ESTANDARES DEL MEDIO FÍSICO.

A continuación, podrá observar los distintos estándares que fueron definidos para el medio físico.

EIA/TIA-232: Estándar de la interfaz de la capa física, desarrollado por EIA y TIA, que soporta circuitos no balanceados a velocidades de señal de hasta 64 kbps. Se asemeja bastante a la especificación V.24. Su antiguo nombre era RS-232. Este estándar se utiliza desde hace varios años.

EIA/TIA-449: Interfaz de la capa física de uso generalizado, desarrollada por EIA y TIA. Esencialmente, es una versión más veloz (hasta 2 Mbps) de EIA/TIA-232, que admite tendidos de cable más extensos.

EIA/TIA-612/613: Estándar que describe la Interfaz serial de alta velocidad (HSSI), que suministra acceso a servicios a velocidades de T3 (45 Mbps), E3 (34 Mbps) y red óptica síncrona (SONET) STS-1 (51,84 Mbps). La velocidad real de la interfaz depende de la DSU externa y del tipo de servicio al que está conectada.

V.24: Estándar de UIT-T para una interfaz de la capa física entre el DTE y el DCE.

V.35: Estándar de UIT-T que describe un protocolo de la capa física, síncrono, que se utiliza para las comunicaciones entre un dispositivo de acceso de red y una red de paquetes.

X.21; Estándar de UIT-T para la comunicación serial a través de líneas digitales síncronas. El protocolo X.21 se utiliza principalmente en Europa y Japón.

G.703: Especificación mecánica y eléctrica de UIT-T para conexiones entre el equipo de la compañía telefónica y el DTE que utiliza conectores BNC (British Naval Conector) y que opera a velocidades de datos E1.

EIA-530: Dos implementaciones eléctricas de EIA/TIA-449: RS-422 (para transmisión balanceada) y RS-423 (para transmisión no balanceada).

EIA/TIA-232: Estándar de la interfaz de la capa física, desarrollado por EIA y TIA, que soporta circuitos no balanceados a velocidades de señal de hasta 64 kbps. Se asemeja bastante a la especificación V.24.

Su antiguo nombre era RS-232. Este estándar se utiliza desde hace varios años.

EIA/TIA-449: Interfaz de la capa física de uso generalizado, desarrollada por EIA y TIA.
Esencialmente, es una versión más veloz (hasta 2 Mbps) de EIA/TIA-232, que admite tendidos de cable más extensos.

EIA/TIA-612/613: Estándar que describe la Interfaz serial de alta velocidad (HSSI), que suministra acceso a servicios a velocidades de T3 (45 Mbps), E3 (34 Mbps) y red óptica síncrona (SONET) STS-1 (51,84 Mbps). La velocidad real de la interfaz depende de la DSU externa y del tipo de servicio al que está conectada.

V.24: Estándar de UIT-T para una interfaz de la capa física entre el DTE y el DCE.

V.35: Estándar de UIT-T que describe un protocolo de la capa física, síncrono, que se utiliza para las comunicaciones entre un dispositivo de acceso de red y una red de paquetes.

X.21; Estándar de UIT-T para la comunicación serial a través de líneas digitales síncronas. El protocolo X.21 se utiliza principalmente en Europa y Japón.

G.703: Especificación mecánica y eléctrica de UIT-T para conexiones entre el equipo de la compañía telefónica y el DTE que utiliza conectores BNC (British Naval Conector) y que opera a velocidades de datos E1.

EIA-530: Dos implementaciones eléctricas de EIA/TIA-449: RS-422 (para transmisión balanceada) y RS-423 (para transmisión no balanceada).

REDES ADMINISTRATIVAS

UNIDAD 1: REDES WAN

Generalidades

La tecnología y la infraestructura de redes es fundamental para hacer realidad que la información viaje alrededor de todo el mundo.

Es posible clasificar a una red de distintas maneras de acuerdo con su alcance, la relación funcional de sus componentes y su método de conexión. La noción de red WAN se enmarca en la clasificación de una red según su alcance.

WAN es la sigla de Wide Área Network, una expresión en lengua inglesa que puede traducirse como Red de Área Amplia.

Esto quiere decir que la red WAN es un tipo de red que cubre distancias de entre unos 100 y unos 1.000 kilómetros, lo que le permite brindar conectividad a varias ciudades o incluso a un país entero.

Las redes WAN pueden ser desarrolladas por una empresa o una organización para un uso privado, o incluso por un proveedor de

Internet (ISP, Internet Service Provider) para brindar conectividad a todos sus clientes.

Por lo general, la red WAN funciona punto a punto, por lo que puede definirse como una red de paquete conmutado. Estas redes,

por otra parte, pueden utilizar sistemas de comunicación de radio o satelitales.

Entre los componentes de la red WAN podemos nombrar:

- Los equipos que se dedican a ejecutar los programas de usuario y que reciben el nombre de hosts.
- Los enrutadores que concretan la división entre las líneas de transmisión y los elementos de conmutación.
- Las subredes formadas a partir de la interconexión de varios hosts.
- Su velocidad de transmisión se encuentra entre 1 Mbps y 1 Gbps, aunque este último límite puede cambiar drásticamente con los avances tecnológicos.

La red WAN se utiliza para establecer comunicaciones privadas y los principales medios de transmisión en los que se basa son la fibra óptica y el cable de teléfono.

Entre las características que poseen las Redes WAN enumeraremos 6 características:

1-Suministra velocidad parcial y continua.

2-Operan dentro de un área geográfica extensa.

3-Conecta dispositivos separados por grandes distancias, incluso a nivel mundial.

4-Permite el acceso a través de interfaces seriales que operan a velocidades más bajas.

5-Tiene maquinas dedicadas a la ejecución de programas de usuario.

6-Posee elementos de conmutación de datos como, por ejemplo, enrutadores.

La comunicación a través de una red se realiza en un medio. El medio proporciona el canal a través del cual viaja el mensaje desde el origen hasta el destino.

Las redes modernas utilizan principalmente los siguientes tres tipos de medios para interconectar dispositivos y proporcionar la vía por la cual se pueden transmitir los datos:

- Hilos metálicos dentro de los cables.
- Fibras de vidrio o plástico (cable de fibra óptica).
- Transmisión inalámbrica.

Figura 1 Medios

No todos los tipos de medios de red tienen las mismas características o son apropiados para el mismo propósito.

Los criterios para elegir los medios de red son:

- La distancia que los medios pueden transportar con éxito una señal.

- El entorno en el que se instalarán los medios.

- La cantidad de datos y la velocidad a la que deben transmitirse.
- El costo de los medios y la instalación.

REPRESENTACIONES

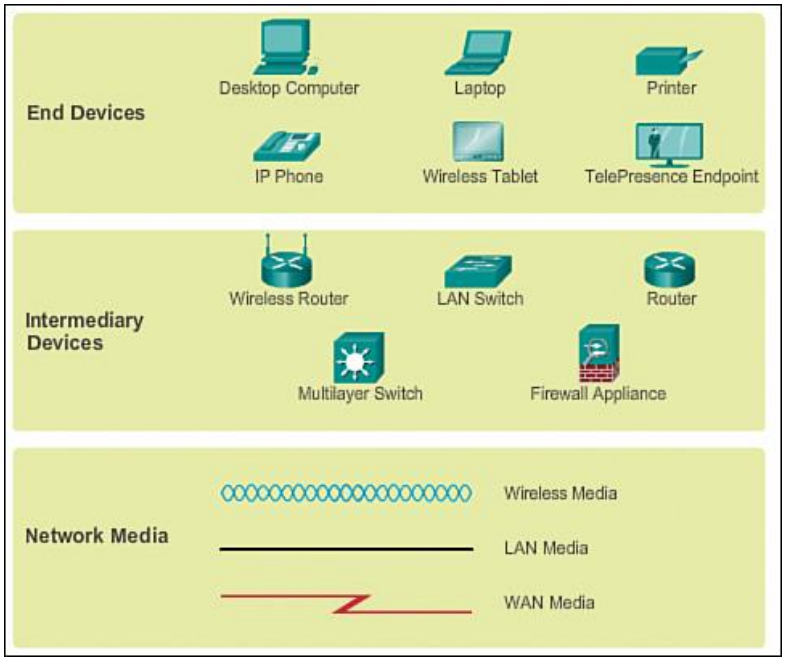
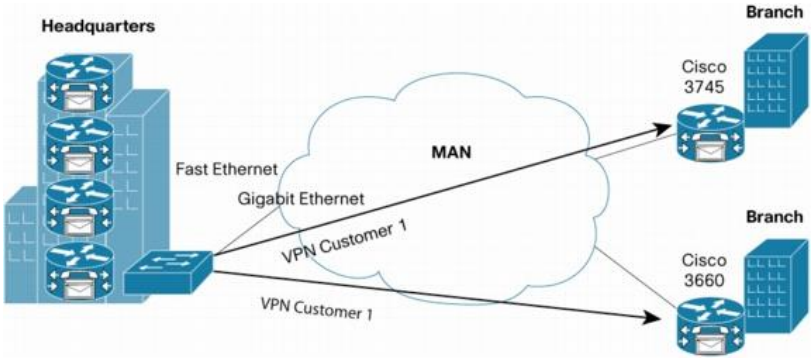


Figura 2 Representaciones

La capacidad de reconocer las representaciones lógicas de los componentes físicos de la red es fundamental para poder visualizar la organización y el funcionamiento de una red.

MAN, Red de área metropolitana, es una red que cubre un área mayor que una LAN, pero más pequeña de una WAN. Por ejemplo, Una ciudad. Este tipo de red es operada normalmente por organizaciones como una empresa o u organismo público.



Wireless LAN (WLAN): Es similar a una red LAN, pero interconecta a los usuarios de manera inalámbrica en un área geográfica pequeña.

Las redes WAN funcionan en un ámbito geográfico más amplio que una LAN o MAN y pueden interconectara varias redes LANs.

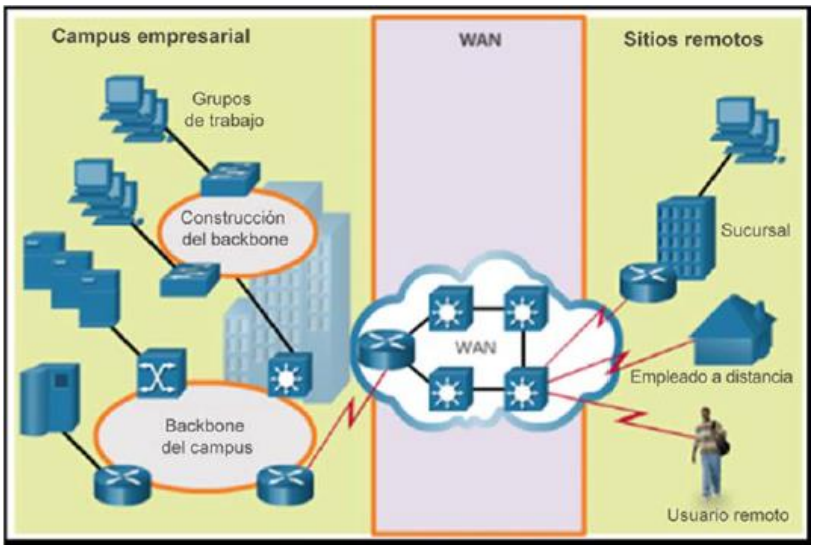


Figura 3 RED WAN

A menudo, las WAN utilizan instalaciones de transmisión provistas por los proveedores de servicios de telecomunicaciones comunes, por ejemplo: las compañías telefónicas.

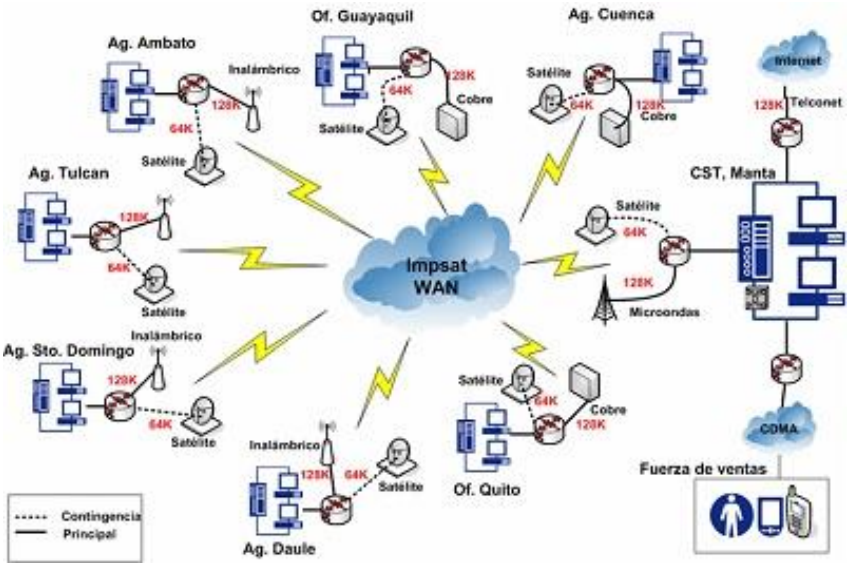


Figura 4 Red WAN interconectada

Las WAN se diferencian de las LAN en varios aspectos. Mientras que una LAN conecta computadoras, dispositivos periféricos y otros dispositivos de un solo edificio u de otra área geográfica pequeña, una WAN permite la transmisión de datos a través de distancias geográficas mayores.

Además, la empresa debe suscribirse a un proveedor de servicios WAN para poder utilizar los servicios de red de portadora de WAN mientras que las LAN normalmente son propiedad de la empresa o de la organización que las utiliza.

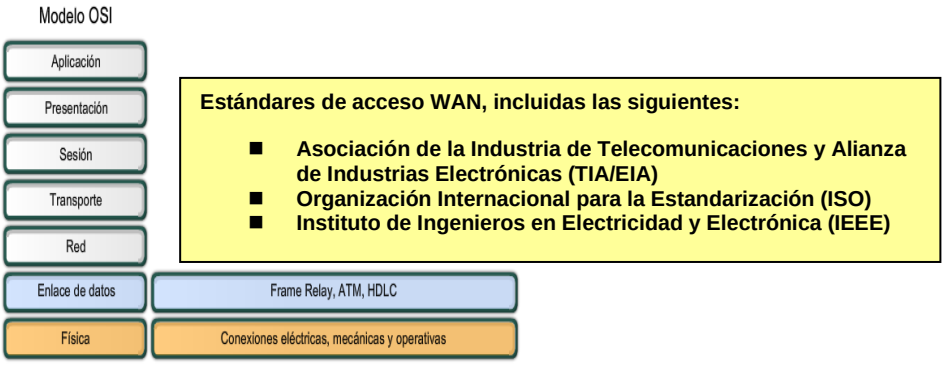


figura 5 Capas del modelo OSI

Las operaciones de una WAN se centran en las Capas 1 y 2.

Los estándares de acceso WAN normalmente describen tanto los métodos de entrega de la capa física como los requisitos de la capa de enlace de datos, incluyendo la dirección física, el control del flujo y la encapsulación. Estas definiciones están a cargo de autoridades como TIA y la EIA.

Los protocolos de capa 1 describen la manera de proporcionar conexiones eléctricas, mecánicas, operativas y funcionales a los servicios de un proveedor de servicios de comunicación.

Los protocolos de capa 2 definen la forma en que se encapsulan los datos para la transmisión a una ubicación remota, así como los mecanismos para la transferencia de las tramas.

Se usa una variedad de tecnologías diferentes, como el protocolo punto a punto (PPP), Frame Relay y ATM.

Algunos de estos protocolos usan el mismo entramado básico o un subconjunto del mecanismo de control de enlace de datos de alto nivel (HDLC).

La mayoría de los enlaces WAN son punto a punto. Por este motivo, no se suele utilizar el campo de dirección de la trama de capa 2.

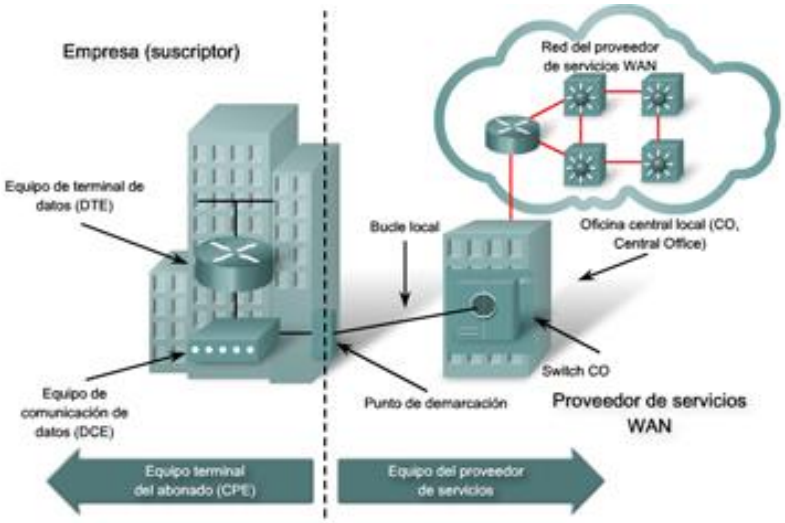


Figura 5 Frontera

Una de las diferencias primordiales entre una WAN y una LAN es que una empresa u organización debe suscribirse a un proveedor de servicio WAN externo para utilizar los servicios de red de una portadora WAN.

Una WAN utiliza enlaces de datos suministrados por los servicios de una operadora para acceder a Internet y conectar los sitios de una organización entre sí, con sitios de otras organizaciones, con servicios externos y con usuarios remotos.

EQUIPAMIENTO.

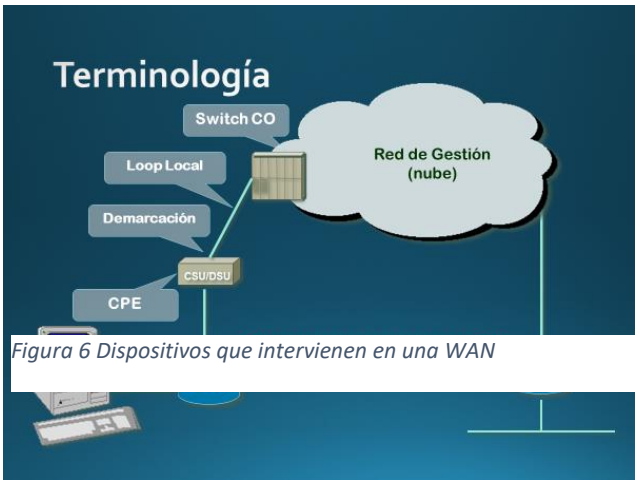


Figura 6 Dispositivos que intervienen en una WAN

El CPE es el equipamiento que el proveedor del servicio instala en la casa del cliente. Pueden ser SDH Routers, Switches MetroEthernet, o bien Modems SHDSL y Router y el cableado interno que están conectados con un canal de telecomunicaciones de una portadora.

El DCE, Equipo de comunicación de datos (DCE, Data Communications Equipment), está compuesto por los dispositivos que ponen los datos en el bucle local y suministra una interfaz para conectar los clientes a un enlace de comunicación en la nube WAN.

El Equipo terminal de datos (DTE, Data Terminal Equipment) son los dispositivos del cliente que pasan datos de la computadora de un cliente para transmisión a través de la WAN.

El DTE se conecta al bucle local a través del DCE.

Físicamente, el punto de demarcación es la caja de empalme del cableado que se encuentra en las instalaciones del cliente y que conecta los cables del CPE con el bucle local.

El punto de demarcación es el lugar donde la responsabilidad de la conexión pasa del usuario al proveedor de servicios.

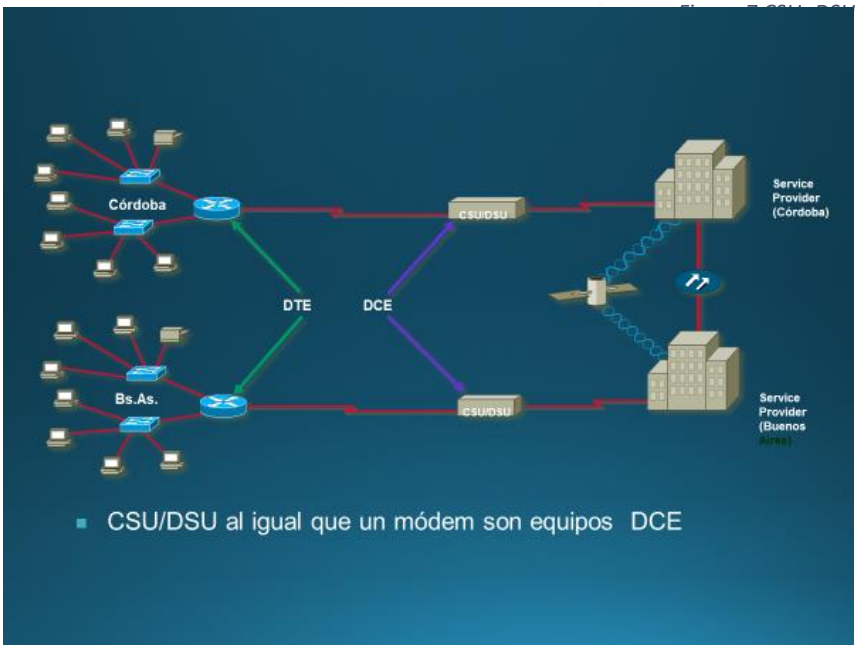
Esto es muy importante porque cuando surgen problemas, es necesario determinar si la resolución o la reparación son responsabilidad del usuario o del proveedor de servicios. Por ejemplo, en el caso de un ISP que instalan routers, es el port Ethernet del equipo de nivel 3.

El buble local, denominado a veces "última milla", es un cable telefónico de cobre o fibra que conecta el CPE del sitio del suscriptor a la CO del proveedor de servicios.

La Oficina central (CO, Central Office) son las instalaciones del proveedor de servicios. Es donde los cables telefónicos se enlazan con las líneas de comunicación de fibra óptica de largo alcance y completamente digitales a través de un sistema de switches y otros equipos.

El CSU – Channel Service Unit es un dispositivo de interfaz digital que conecta el equipamiento del usuario final al bucle telefónico local

El DSU – Data Service Unit es un dispositivo utilizado en la



transmisión digital que adapta la interfaz física en un dispositivo DTE a una facilidad de transmisión E1 o T1. Es también responsable de la temporización de la señal.

Router.

- Proporciona puertos de interfaz de internetworking y acceso WAN que se utilizan para conectarse con la red del proveedor de servicios.
- Estas interfaces pueden ser conexiones seriales u otras interfaces WAN.
- En algunos tipos de interfaces WAN se necesita un dispositivo externo, como una CSU/DSU o un módem (analógico, por cable o DSL) para conectar el router al punto de presencia (POP) local del proveedor.

Router de núcleo.

Es el router que reside en el centro o backbone de la WAN y no en la periferia.

Para cumplir con esta función, el router debe soportar varias interfaces de telecomunicaciones de la mayor velocidad que se utilice en el núcleo de la WAN y debe poder reenviar los paquetes IP a la velocidad máxima por todas esas interfaces.

El router también debe admitir los protocolos de enrutamiento que se utilizan en el núcleo.

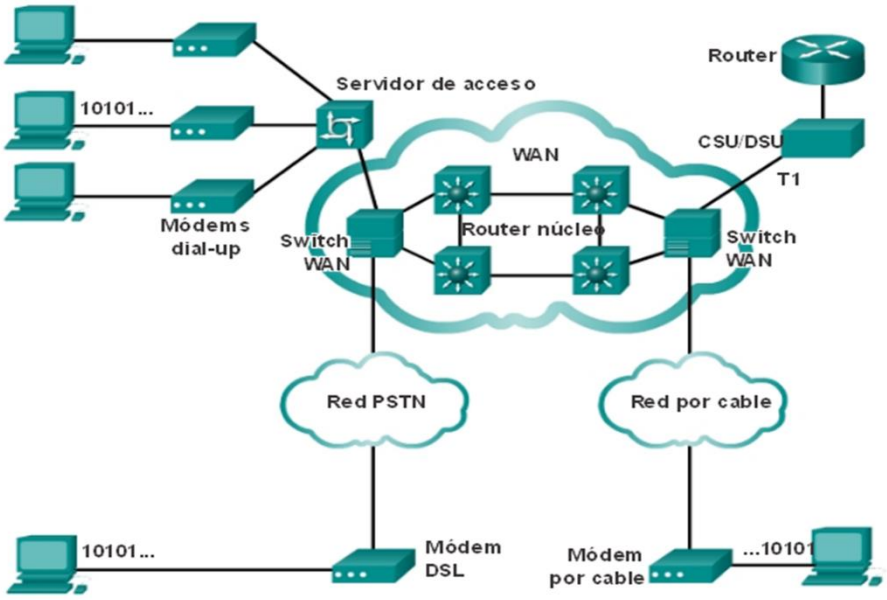
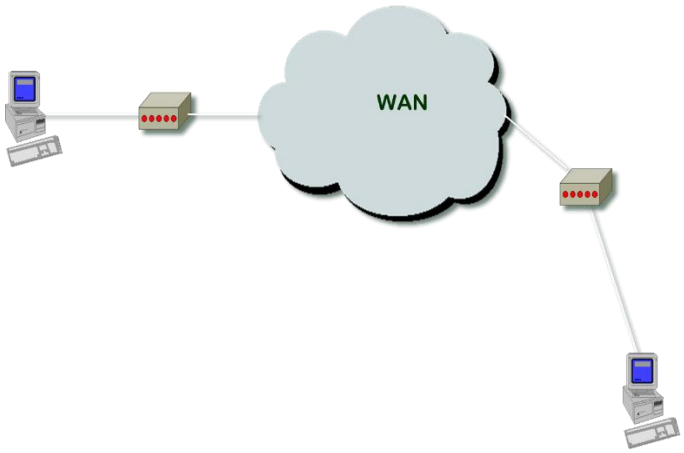


Figura 8 Router de núcleo

Modem.



Modula una señal portadora analógica para codificar información digital y demodula la señal portadora para decodificar la información transmitida.

Un módem de banda de voz convierte las señales digitales producidas por una computadora en frecuencias de voz que se pueden transmitir a través de las líneas analógicas de la red de telefonía pública.

En el otro extremo de la conexión, otro módem vuelve a convertir los sonidos en una señal digital para que ingrese a una computadora o a una conexión de red.

Los módems más rápidos, por ejemplo, los módems por cable y los módems DSL, transmiten mediante el uso de frecuencias de banda ancha mayores

Las líneas digitales, como T1 o T3, necesitan una unidad de servicio de canal (CSU, channel service unit) y una unidad de servicio de datos (DSU, data service unit).

Con frecuencia, las dos se encuentran combinadas en una sola pieza del equipo, llamada CSU/DSU.

La CSU proporciona la terminación para la señal digital y garantiza la integridad de la conexión mediante la corrección de errores y la supervisión de la línea.

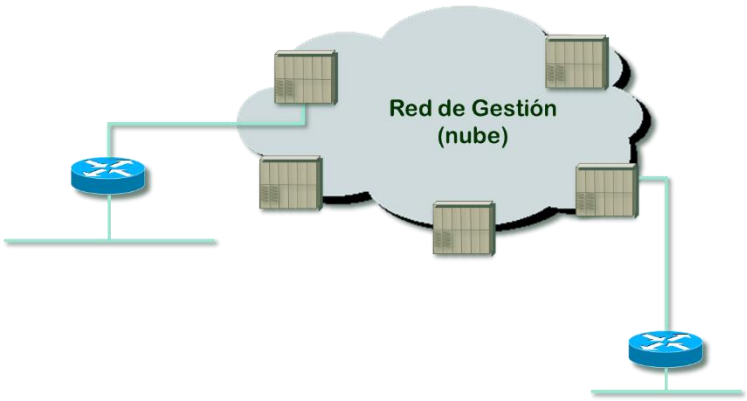
La DSU convierte las tramas de la línea Portadora T en tramas que la LAN puede interpretar y viceversa. a través de un sistema de switches y otros equipos.

Dispositivo de internetworking de varios puertos que se utiliza en redes portadoras.

Estos dispositivos normalmente conmutan el tráfico, como Frame Relay, ATM o X.25, y operan en la capa de enlace de datos del modelo de referencia OSI.

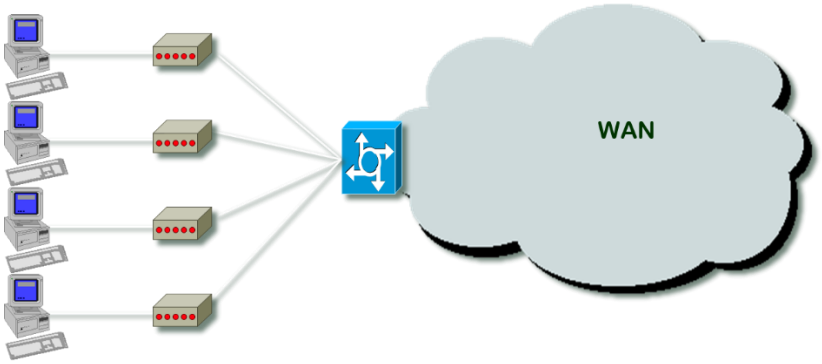
Dentro de la nube también es posible utilizar switches de red pública de telefonía conmutada (PSTN) para conexiones de conmutación de circuitos, por ejemplo, red (ISDN) o conexión telefónica analógica.

Switch LAN.



- Es un Dispositivo de internetworking multipuerto utilizado en las redes portadoras.
- Conmutan tráfico tal como Frame Relay, X.25, y SMDS
- Operan en la capa de enlace de datos

Comunication Server.



Es un Dispositivo punto de concentración para las conexiones telefónicas hacia el interior y el exterior de una red.

REDES DE CONMUTACION.

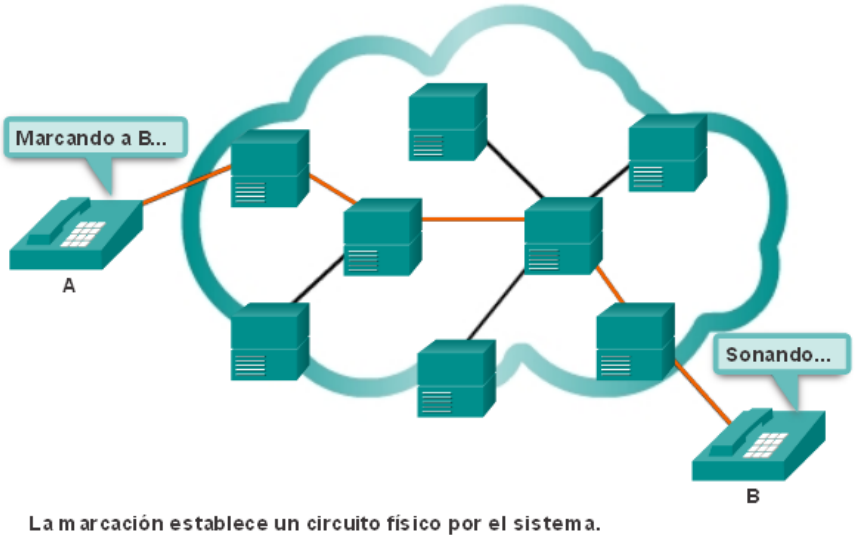


Figura 12 circuitos de conmutación

Las redes de conmutación de circuitos son las que establecen un circuito (o canal) dedicado entre los nodos y las terminales antes de que los usuarios puedan comunicarse.

Cuando un suscriptor realiza una llamada telefónica, el número marcado se utiliza para realizar conmutaciones en los puntos de intercambio a lo largo de la ruta de la llamada, de modo que haya un circuito continuo entre quien hace la llamada y quien la recibe.

Debido a la operación de conmutación usada para establecer el circuito, el sistema telefónico se conoce como red conmutada por circuito.

La conmutación de paquetes divide los datos del tráfico en paquetes que se envían a través de una red compartida. No requieren que se establezca un circuito y permiten que muchos pares de nodos se comuniquen a través del mismo canal.

Los switches de una red conmutada por paquetes determinan el siguiente enlace por donde se debe enviar el paquete en función de la información de direccionamiento de cada paquete.

Hay dos maneras de determinar este enlace: sin conexión u orientada a conexión.

Sistemas sin conexión: se debe transportar toda la información de direccionamiento en cada paquete.

Cada switch debe evaluar la dirección para determinar adónde enviar el paquete. Un ejemplo de sistema sin conexión es Internet.

Sistemas orientados a la conexión: la red predetermina la ruta para un paquete, y cada paquete solo tiene que transportar un identificador.

El switch determina la ruta siguiente al buscar el identificador en las tablas almacenadas en la memoria.El conjunto de entradas en las tablas identifica una ruta o un circuito particular a través del sistema.

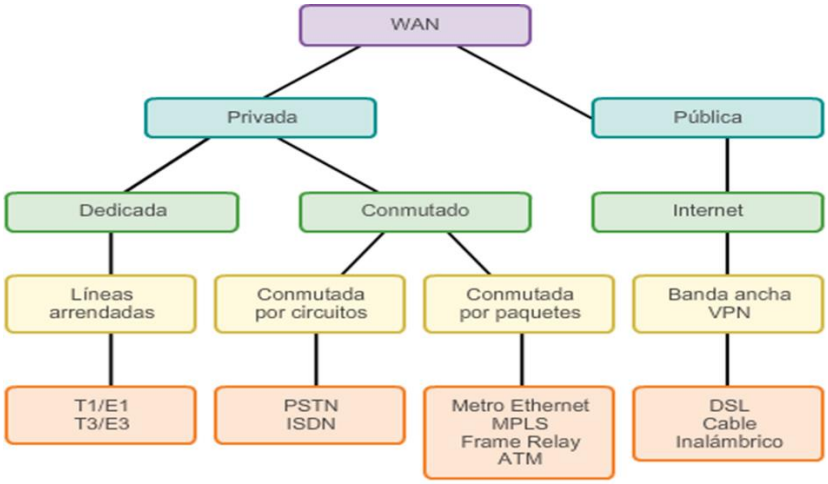
Si el circuito se establece en forma temporal mientras un paquete viaja a través de él y luego se divide nuevamente, se lo denomina "circuito virtual" (VC).

Debido a que varios usuarios comparten los enlaces internos entre los switches, el costo de la conmutación de paquetes es inferior al de la conmutación de circuitos.

Sin embargo, los retrasos (latencia) y la variabilidad de retraso (vibración) son mayores en las redes de conmutación de paquetes que en las redes de conmutación de circuitos

A pesar de la latencia y la vibración inherentes en las redes compartidas, la tecnología moderna permite el transporte satisfactorio de las comunicaciones de voz y video en estas redes.

OPCIONES DE ENLACE.



- **Líneas dedicadas**. El enlace está dedicado de forma permanente con un caudal reservado, se use o no.Son sensitivas a la distancia, no son fácilmente escalables y son más costosas. El Precio está basado en: el ancho de banda y la distancia entre los dos puntos.Conmutación de circuitos. La conexión solo se establece cuando se necesita, pero mientras hay conexión el caudal está reservado al usuario tanto si lo usa como si no. Se aprovecha mejor la infraestructura.
    - DDR
    - Línea telefónica de respaldo
    - ISDN

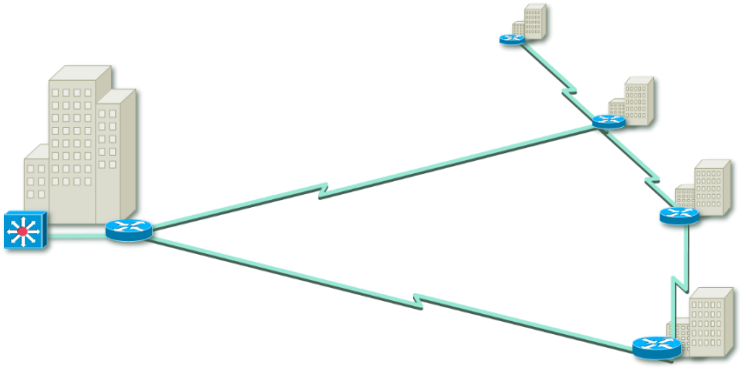


Figura 13 Líneas dedicadas

Conmutación de paquetes (o de circuitos virtuales). El ancho de banda disponible es compartido por diversos circuitos, de forma que se multiplexa tráfico de diferentes usuarios; el ancho de banda no está reservado y la infraestructura se aprovecha de manera óptima.

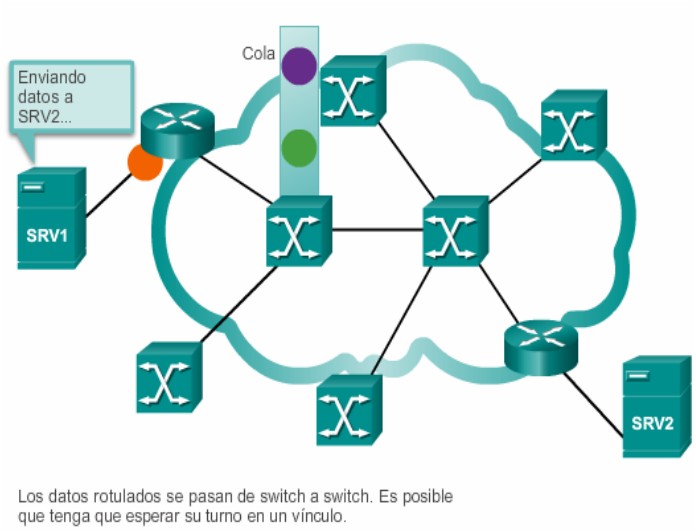


Figura 14 Conmutación de paquetes

- Frame Relay
- X-25
- SMDS

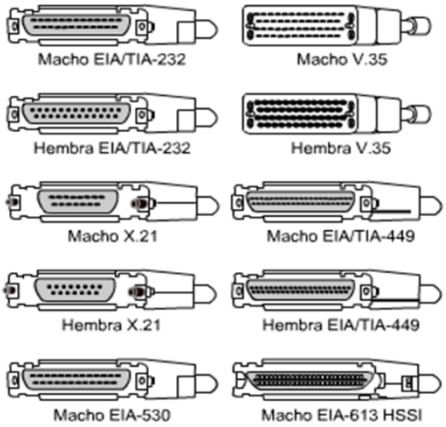
- Conmutación por celdas. Un dispositivo divide los datos en celdas de 53 bytes antes de transmitirlos.
  - ATM

CAPA FÍSICA DE LA RED WAN.

- La mayoría de las WAN requieren una interconexión proporcionada por:
  - – Un proveedor de servicios de comunicaciones
    - Una portadora alternativa (como un proveedor de servicios de Internet)
  - - Una entidad de administración postal, de telégrafos y teléfonos (PTT).

■Varios estándares de la capa física definen las normas que rigen la interfaz entre el DTE y el DCE.

- ❑EIA/TIA-232:
- ❑EIA/TIA-449:
- ❑EIA/TIA-612/613:
- ❑V.24:
- ❑V.35:
- ❑X.21:
- ❑G.703:
- ❑EIA-530:



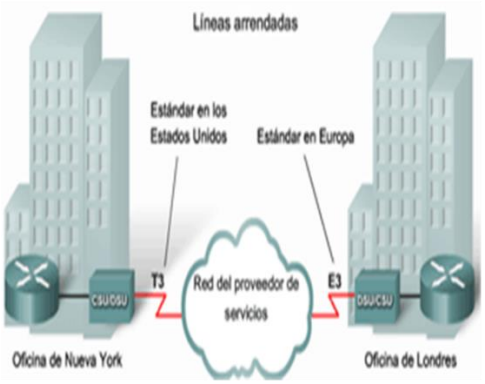
Puede observar el documento de estándares de medio físico para mayor detalle.

Líneas arrendadas.

Cuando se necesitan conexiones dedicadas permanentes, se utiliza un enlace punto a punto para proporcionar rutas de comunicación WAN preestablecidas desde las instalaciones del cliente a través de la red del proveedor hasta un destino remoto.

Las líneas punto a punto se alquilan por lo general a una operadora y se denominan líneas alquiladas.

Las líneas arrendadas están disponibles en diferentes capacidades y en general el precio depende del ancho de banda requerido y de la distancia entre los dos puntos conectados.



Tipo de línea	Capacidad de la velocidad de transmisión
56	56 kbps
64	64 kbps
T1	1.544 Mbps
E1	2.048 Mbps
J1	2.048 Mbps
E3	34.064 Mbps
T3	44.736 Mbps
OC-1	51.84 Mbps
OC-3	155.54 Mbps

Tipo de línea	Capacidad de la velocidad de transmisión
OC-9	466.56 Mbps
OC-12	622.08 Mbps
OC-18	933.12 Mbps
OC-24	1244.16 Mbps
OC-36	1866.24 Mbps
OC-48	2488.32 Mbps
OC-96	4976.64 Mbps
OC-192	9953.28 Mbps
OC-768	39813.12 Mbps

Figura 15 Líneas arrendadas

Conexión telefónica análoga.

- Cuando se necesitan transferencias de datos de bajo volumen e intermitentes, los módems y las líneas telefónicas analógicas ofrecen conexiones conmutadas dedicadas y de baja capacidad.
- La telefonía tradicional utiliza un cable de cobre llamado bucle local para conectar el equipo telefónico que se encuentra en las instalaciones del suscriptor a la CO.
- Los bucles tradicionales locales pueden transportar datos informáticos binarios a través de la red telefónica de voz mediante un módem.
- Las características físicas del bucle local y su conexión a la PSTN limitan la velocidad de la señal a menos de 56 kbps.

CAPA DE ENLACE DE DATOS.

Habíamos comentado que la capa de enlace de datos de la WAN define la forma en que se encapsulan los datos para su transmisión a sitios remotos.

Los protocolos de enlace de datos de las WAN describen cómo se transportan las tramas entre sistemas a través de una sola ruta de datos.

Los datos de la capa de red se envían a la capa de enlace de datos para ser transmitidos a través de un enlace físico que normalmente es de punto a punto sobre una conexión WAN.

La capa de enlace de datos crea una trama alrededor de los datos de la capa de red, de modo que se apliquen los controles y verificaciones necesarias.

Cada tipo de conexión WAN utiliza un protocolo de Capa 2 para encapsular un paquete mientras atraviesa el enlace WAN.

Para asegurarse de que se esté utilizando el protocolo de encapsulación correcto, se debe configurar el tipo de encapsulación de Capa 2 utilizado en cada interfaz serial del router.

El protocolo de encapsulación que se debe usar depende de la tecnología WAN y del equipo.

HDLC fue propuesto en 1979 y, por este motivo, la mayoría de los protocolos de entramado que se desarrollaron después se basan en él.

Todos los encapsulamientos de línea serial comparten un formato de trama común, con los siguientes campos, tal como se indica en las figuras anteriores:

PPP

Señalador	Dirección	Control	Protocolo	Datos	FCS	Señalador

HDLC

Señalador	Dirección	Control	Proprietario	Datos	FCS	Señalador

Campos de la trama PPP.

Señalador: Indica el comienzo de la trama y usa el modelo hexadécimal (base 16) 7E.

Dirección: Campo de 1 o 2 bytes para direccionar la estación final en entornos multipunto.

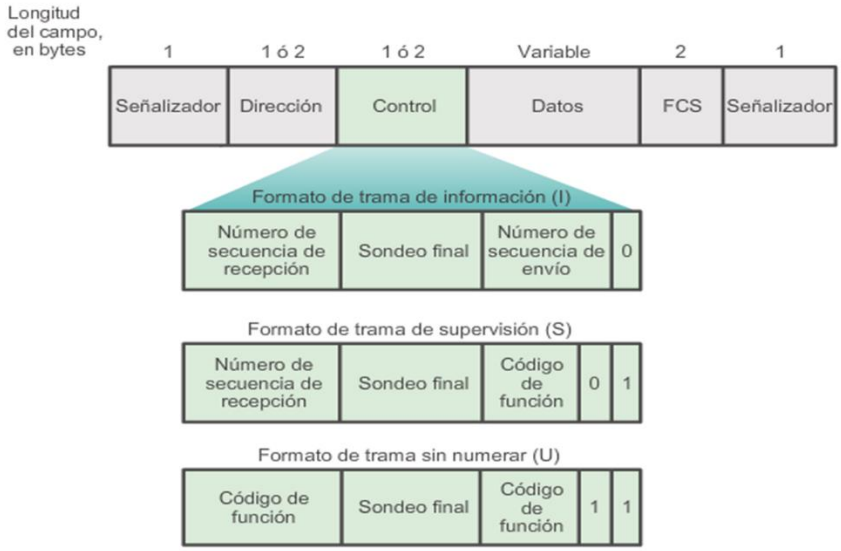
Control: Indica si la trama es de información, supervisión o sin numerar También contiene códigos de función específicos.

Datos: Datos encapsulados.

FCS: Secuencia de verificación de trama (FCS).

Señalador: Identificador de señalador de información final 7E.

Encapsulamiento HDLC.



HDLC es un protocolo sincrónico de capa de enlace de datos orientado a bits desarrollado por la Organización Internacional para la Estandarización (ISO).

El estándar actual para HDLC es ISO 13239. HDLC se desarrolló a partir del estándar de control de enlace de datos síncronos (SDLC) propuesto en la década de los setenta. HDLC proporciona servicio orientado a la conexión y sin conexión.

HDLC define una estructura de trama de capa 2 que permite el control del flujo y de errores mediante el uso de acuses de recibo.

Cada trama presenta el mismo formato ya sea una trama de datos o una trama de control.

HDLC utiliza la transmisión síncrona serial y brinda una comunicación entre dos puntos libre de errores.

Cuando las tramas se transmiten por enlaces síncronos o asíncronos, esos enlaces no tienen ningún mecanismo para marcar ni el principio ni el fin de las tramas. Por este motivo, HDLC utiliza un delimitador de trama, o indicador, para marcar el principio y el fin de cada trama.

Existen 3 tipos de tramas, con diferente formato de campo de control:

Tramas de información (tramas I): transportan los datos que se transmitirán para la estación. Se cuenta con control adicional de flujo y de errores y los datos pueden ser adicionados a una trama de información.

Tramas de supervisión (tramas S): proporcionan los mecanismos de petición/respuesta cuando no se utiliza el adicionar datos.

Tramas no enumeradas (tramas U): brindan funciones de control de enlace suplementarias tales como configuración inicial de la conexión. El campo del código identifica el tipo de trama U.

Más en detalle…

1. Señalizador

El campo Indicador que inicia y termina la verificación de errores.

La trama siempre comienza y termina con un campo Indicador de 8 bits. El patrón de bits es 01111110.

Debido a que existe una probabilidad de que este patrón ocurra en los datos propiamente dichos, el sistema HDLC emisor siempre inserta un bit 0 después de cada cinco 1 consecutivos en el campo de datos, de modo que, en la práctica, la secuencia de indicadores solo se puede producir en los extremos de la trama.

El sistema receptor elimina los bits introducidos.

Cuando las tramas se transmiten en forma consecutiva, el indicador de fin de la primera trama se utiliza como indicador de inicio de la trama siguiente.

Dirección

El campo Dirección contiene la dirección HDLC de la estación secundaria.

Esta dirección puede contener una dirección específica, una dirección de grupo o una dirección de difusión.

Una dirección principal es un origen o un destino de comunicación, lo que elimina la necesidad de incluir la dirección de la estación principal.

Control

El campo Control utiliza tres formatos diferentes, según el tipo de trama HDLC que se use:

Trama de información (I): las tramas I transportan información de capa superior y determinada información de control. Esta trama envía y recibe números de secuencia, y el bit de sondeo final (P/F) realiza el control del flujo y de errores. El número de secuencia de envío se refiere al número de la trama que se debe enviar a continuación.

El número de secuencia de recepción proporciona el número de la trama que se recibe a continuación. Tanto el emisor como el receptor mantienen números de secuencia de envío y recepción.

Las estaciones principales usan el bit P/F para informarles a las secundarias si requieren una respuesta inmediata. Las estaciones secundarias usan el bit P/F para informarles a las principales si la trama actual es la última en su respuesta actual.

Trama de supervisión (S): las tramas S proporcionan información de control. Las tramas S pueden solicitar y suspender la transmisión, informar sobre el estado y confirmar la recepción de las tramas I. Las tramas S no tienen un campo de información.

Trama sin numerar (U): las tramas U admiten funciones de control y no son secuenciales. Según la función de la trama U, el campo de control es de 1 byte o 2 bytes. Algunas tramas U tienen un campo de información.

Datos

El campo de datos contiene una unidad de información de ruta (PIU) o información de identificación de intercambio (XID).

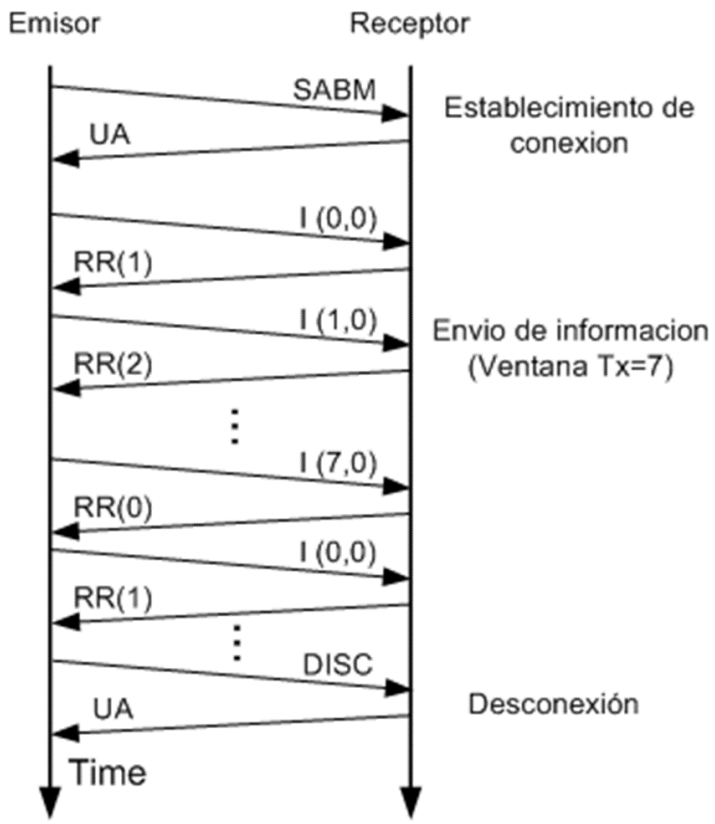
Secuencia de verificación de trama (FCS, Frame Check Sequence)

La FCS precede al delimitador del indicador de fin y generalmente es un resto del cálculo de la comprobación de redundancia cíclica (CRC).

El cálculo de CRC se vuelve a realizar en el receptor.

Si el resultado difiere del valor en la trama original, se supone que existe un error.

Ejemplo de Mensaje entre el emisor y receptor.



Fin de la clase
UAI
Universidad Abierta
Interamericana

Jose Carlos Roncero Blanco

Protocolos PPP, PAP y CHAP

PPP

Point-to-point Protocol (en español Protocolo punto a punto), también conocido por su acrónimo PPP, es un protocolo de nivel de enlace estandarizado en el documento RFC 1661. Por tanto, se trata de un protocolo asociado a la pila TCP/IP de uso en Internet.

El protocolo PPP permite establecer una comunicación a nivel de la capa de enlace TCP/IP entre dos computadoras. Generalmente, se utiliza para establecer la conexión a Internet de un particular con su proveedor de acceso a través de un módem telefónico. Ocasionalmente también es utilizado sobre conexiones de banda ancha (como PPPoE o PPPoA). Además del simple transporte de datos, PPP facilita dos funciones importantes:

- **Autenticación**. Generalmente mediante una clave de acceso.
- **Asignación dinámica de IP**. Los proveedores de acceso cuentan con un número limitado de direcciones IP y cuentan con más clientes que direcciones. Naturalmente, no todos los clientes se conectan al mismo tiempo. Así, es posible asignar una dirección IP a cada cliente en el momento en que se conectan al proveedor. La dirección IP se conserva hasta que termina la conexión por PPP. Posteriormente, puede ser asignada a otro cliente.

PPP también tiene otros usos, por ejemplo, se utiliza para establecer la comunicación entre un módem ADSL y la pasarela ATM del operador de telecomunicaciones.

También se ha venido utilizando para conectar a trabajadores desplazados (p. ej. ordenador portátil) con sus oficinas a través de un centro de acceso remoto de su empresa. Aunque está aplicación se está abandonando en favor de las redes privadas virtuales, más seguras.

Funcionamiento

PPP consta de las siguientes fases:

- Establecimiento de conexión. Durante esta fase, una computadora contacta con la otra y negocian los parámetros relativos al enlace usando el protocolo LCP. Este protocolo es una parte fundamental de PPP y por ello está definido en el mismo RFC. Usando LCP se negocia el método de autenticación que se va a utilizar, el tamaño de los datagramas, números mágicos para usar durante la autenticación,...

- Autenticación. No es obligatorio. Existen dos protocolos de autenticación. El más básico e inseguro es PAP, aunque no se recomienda dado que manda el nombre de usuario y la contraseña en claro. Un método más avanzado y preferido por muchos ISPs es CHAP, en el cual la contraseña se manda cifrada.

- Configuración de red. En esta fase se negocian parámetros dependientes del protocolo de red que se esté usando. PPP puede llevar muchos protocolos de red al mismo tiempo y es necesario configurar individualmente cada uno de estos protocolos. Para configurar un protocolo de red se usa el protocolo NCP correspondiente. Por ejemplo, si la red es IP, se usa el protocolo IPCP para asignar la dirección IP del cliente y sus servidores DNS

- Transmisión. Durante esta fase se manda y recibe la información de red. LCP se encarga de comprobar que la línea está activa durante periodos de inactividad. Obsérvese que PPP no proporciona cifrado de datos.

- Terminación. La conexión puede ser finalizada en cualquier momento y por cualquier motivo.

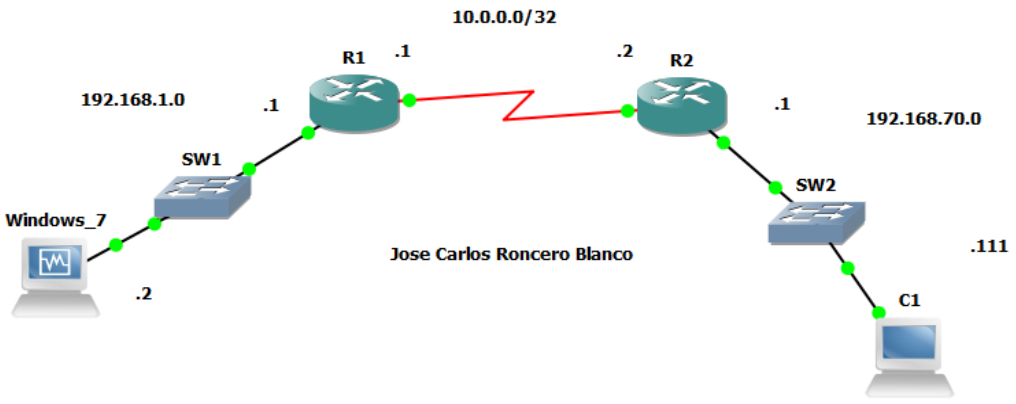
PAP

PAP son las siglas de Password Authentication Protocol un protocolo simple de autenticación para autenticar un usuario contra un servidor de acceso remoto o contra un proveedor de servicios de internet. PAP es un subprotocolo usado por la autenticación del protocolo PPP (Point to Point Protocol), validando a un usuario que accede a ciertos recursos. PAP transmite contraseñas o passwords en ASCII sin cifrar, por lo que se considera inseguro. PAP se usa como último recurso cuando el servidor de acceso remoto no soporta un protocolo de autenticación más fuerte.

CHAP

CHAP es un método de autentificación usado por servidores accesibles vía PPP. CHAP verifica periódicamente la identidad del cliente remoto usando un intercambio de información de tres etapas. Esto ocurre cuando se establece el enlace inicial y puede pasar de nuevo en cualquier momento de la comunicación. La verificación se basa en un secreto compartido (como una contraseña).

Vamos a pasar a realizar la interconexión entre los redes según los protocolos PPP, PAP y CHAP. Para ello nos crearemos una red como esta:



Realizare un enrutamiento estático en los routers y pondré las direcciones ip para tenerlo guardado ya para los 3 tipos de conexiones

R1

enable

conf t

interface s1/0

ip address 10.0.0.1 255.255.255.252

no shutdown

exit

interface f2/0

ip address 192.168.1.1 255.255.255.0

no shutdown

end

enable

conf t

ip route 192.168.70.0 255.255.255.0 10.0.0.2

end

copy run sta

```
R1#enable
R1#conf t
Enter configuration commands, one per line.  End with CNTL/Z.
R1(config)#interface s1/0
R1(config-if)#ip address 10.0.0.1 255.255.255.252
R1(config-if)#no shutdown
R1(config-if)#exit
R1(config)#interface f2/0
R1(config-if)#ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
R1(config-if)#no shutdown
R1(config-if)#end
R1#enable
R1#conf t
Enter configuration commands, one per line.  End with CNTL/Z.
R1(config)#ip route 192.168.70.0 255.255.255.0 10.0.0.2
R1(config)#end
R1#copy run sta
*Jan 31 18:43:53.547: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Serial1/0, changed state to down
*Jan 31 18:43:54.123: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
*Jan 31 18:43:54.175: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
R1#copy run sta
*Jan 31 18:43:55.959: %LINK-3-UPDOWN: Interface FastEthernet2/0, changed state to up
R1#copy run sta
```

R2

enable

conf t

interface s1/0

ip address 10.0.0.2 255.255.255.252

no shutdown

exit

interface f2/0

ip address 192.168.70.1 255.255.255.0

no shutdown

end

enable

conf t

ip route 192.168.1.0 255.255.255.0 10.0.0.1

end

copy run sta

```
R2
R2#enable
R2#conf t
Enter configuration commands, one per line.  End with CNTL/Z.
R2(config)#interface s1/0
R2(config-if)#ip address 10.0.0.2 255.255.255.252
R2(config-if)#no shutdown
R2(config-if)#exit
R2(config)#interface f2/0
R2(config-if)#ip address 192.168.70.1 255.255.255.0
R2(config-if)#no shutdown
R2(config-if)#end
R2#enable
R2#conf t
Enter configuration commands, one per line.  End with CNTL/Z.
R2(config)#ip route 192.168.1.0 255.255.255.0 10.0.0.1
R2(config)#end
R2#copy run sta
*Jan 31 18:47:34.639: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
*Jan 31 18:47:34.715: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
R2#copy run sta
*Jan 31 18:47:36.191: %LINK-3-UPDOWN: Interface Serial1/0, changed state to up
*Jan 31 18:47:36.195: %ENTITY_ALARM-6-INFO: CLEAR INFO Se1/0 Physical Port Administrative State Down
*Jan 31 18:47:36.459: %LINK-3-UPDOWN: Interface FastEthernet2/0, changed state to up
R2#copy run sta
```

Pasaremos a realizar la encapsulación PPP en los routers. Se quedara así:

encapsulacion ppp R1

enable

conf t

interface s1/0

encapsulacion ppp

no shutdown

end

copy run sta

```
R1
Connected to Dynamips VM "R1" (ID 0, type c7200) - Console port
Press ENTER to get the prompt.

Destination filename [startup-config]?
?Bad filename
%Error parsing filename (Bad file number)
R1#enable
R1#conf t
Enter configuration commands, one per line.  End with CNTL/Z.
R1(config)#interface s1/0
R1(config-if)#encapsulation ppp
R1(config-if)#
*Jan 31 18:53:13.039: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Serial1/0, changed state to down
R1(config-if)#no shutdown
R1(config-if)#end
R1#copy run s
*Jan 31 18:53:18.963: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
R1#copy run sta
```

encapsulacion ppp R2

enable

conf t

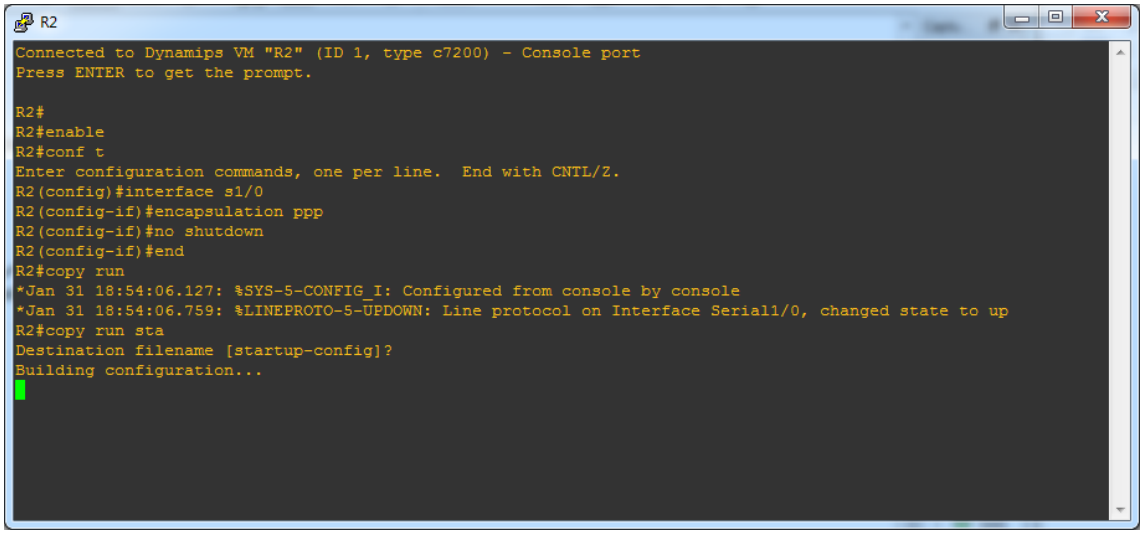
interface s1/0

encapsulacion ppp

no shutdown

end

copy run sta



ping entre equipos

Jose Carlos Windows 7 (2) [Corriendo] - Oracle VM VirtualBox

Máquina Ver Dispositivos Ayuda

C:\Windows\system32\cmd.exe

```
Microsoft Windows [Versión 6.1.7601]
Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

C:\Users\JoseCarlos>ping 192.168.70.111

Haciendo ping a 192.168.70.111 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.70.111: bytes=32 tiempo=38ms TTL=126
Respuesta desde 192.168.70.111: bytes=32 tiempo=38ms TTL=126
Respuesta desde 192.168.70.111: bytes=32 tiempo=38ms TTL=126
Respuesta desde 192.168.70.111: bytes=32 tiempo=39ms TTL=126

Estadísticas de ping para 192.168.70.111:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
    Mínimo = 38ms, Máximo = 39ms, Media = 38ms

C:\Users\JoseCarlos>
```

Administrador: C:\Windows\system32\cmd.exe - ping 192.168.1.1

```
Microsoft Windows [Versión 6.1.7601]
Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

C:\Users\portatil1>ping 192.168.1.1

Haciendo ping a 192.168.1.1 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.1.1: bytes=32 tiempo=46ms TTL=254
Respuesta desde 192.168.1.1: bytes=32 tiempo=55ms TTL=254
Respuesta desde 192.168.1.1: bytes=32 tiempo=35ms TTL=254
```

autenticacion pap con encapsulacion ppp

R1

enable

conf t

username jose password inves

interface s1/0

encapsulation ppp

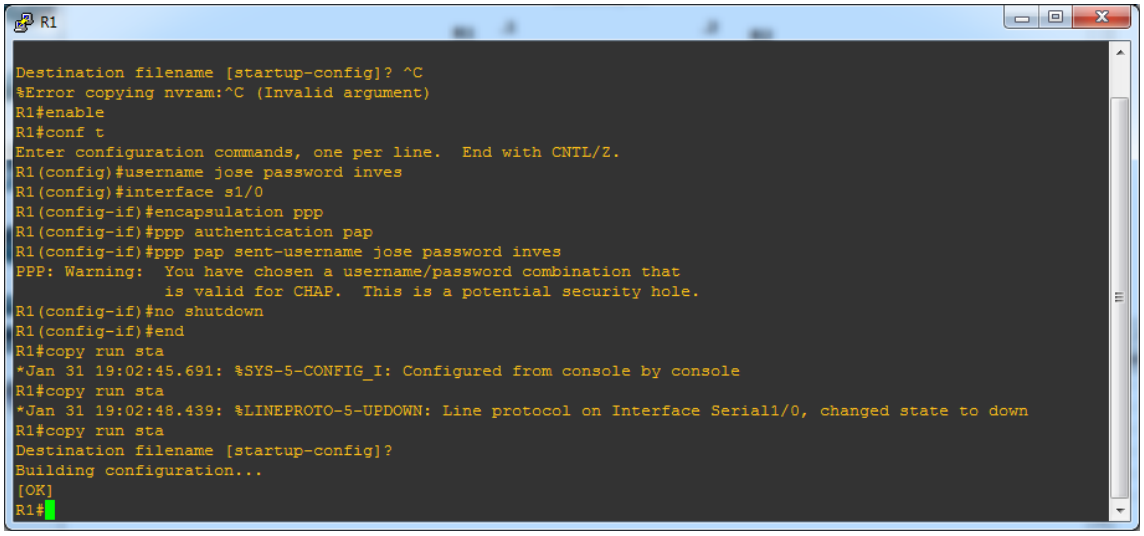
ppp authentication pap

ppp pap sent-username jose password inves

no shutdown

end

copy run sta



```
R1
Destination filename [startup-config]? ^C
%Error copying nvram:^C (Invalid argument)
R1#enable
R1#conf t
Enter configuration commands, one per line.  End with CNTL/Z.
R1(config)#username jose password inves
R1(config)#interface s1/0
R1(config-if)#encapsulation ppp
R1(config-if)#ppp authentication pap
R1(config-if)#ppp pap sent-username jose password inves
PPP: Warning:  You have chosen a username/password combination that
               is valid for CHAP.  This is a potential security hole.
R1(config-if)#no shutdown
R1(config-if)#end
R1#copy run sta
*Jan 31 19:02:45.691: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
R1#copy run sta
*Jan 31 19:02:48.439: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Serial1/0, changed state to down
R1#copy run sta
Destination filename [startup-config]?
Building configuration...
[OK]
R1#
```

R2

enable

conf t

username jose password inves

interface s1/0

encapsulation ppp

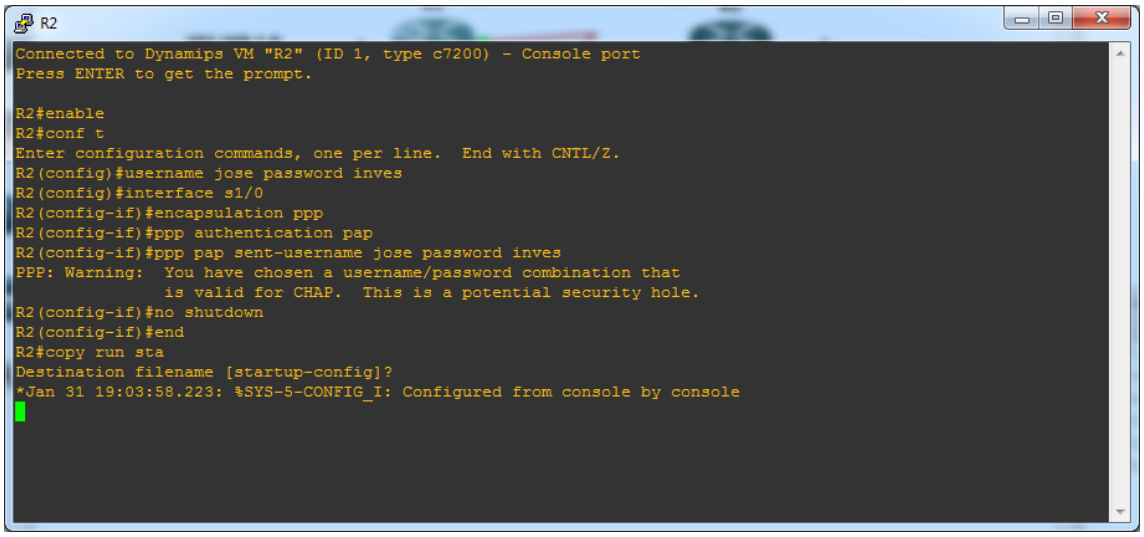
ppp authentication pap

ppp pap sent-username jose password inves

no shutdown

end

copy run sta



```
R2
Connected to Dynamips VM "R2" (ID 1, type c7200) - Console port
Press ENTER to get the prompt.

R2#enable
R2#conf t
Enter configuration commands, one per line.  End with CNTL/Z.
R2(config)#username jose password inves
R2(config)#interface s1/0
R2(config-if)#encapsulation ppp
R2(config-if)#ppp authentication pap
R2(config-if)#ppp pap sent-username jose password inves
PPP: Warning:  You have chosen a username/password combination that
               is valid for CHAP.  This is a potential security hole.
R2(config-if)#no shutdown
R2(config-if)#end
R2#copy run sta
Destination filename [startup-config]?
*Jan 31 19:03:58.223: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
```

Ip entre equipos

Administrador: C:\Windows\system32\cmd.exe

```
C:\Users\portatil1>ping 192.168.1.1

Haciendo ping a 192.168.1.1 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.1.1: bytes=32 tiempo=66ms TTL=254
Respuesta desde 192.168.1.1: bytes=32 tiempo=75ms TTL=254
Respuesta desde 192.168.1.1: bytes=32 tiempo=74ms TTL=254
Respuesta desde 192.168.1.1: bytes=32 tiempo=33ms TTL=254

Estadísticas de ping para 192.168.1.1:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
    Mínimo = 33ms, Máximo = 75ms, Media = 62ms

C:\Users\portatil1>
```

7 (2) [Corriendo] - Oracle VM VirtualBox

sitivos Ayuda

y - Acceso directo

C:\Windows\system32\cmd.exe - ping 192.168.70.111

```
Microsoft Windows [Versión 6.1.7601]
Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

C:\Users\JoseCarlos>ping 192.168.70.111

Haciendo ping a 192.168.70.111 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.70.111: bytes=32 tiempo=34ms TTL=126
Respuesta desde 192.168.70.111: bytes=32 tiempo=42ms TTL=126
Respuesta desde 192.168.70.111: bytes=32 tiempo=37ms TTL=126
```

Windows 7
Compilación 7601
Esta copia de Windows no es origina

Reproductor de Windows Media

Chap con encapsulación ppp

R1

enable

conf t

username jose password inves

interface s1/0

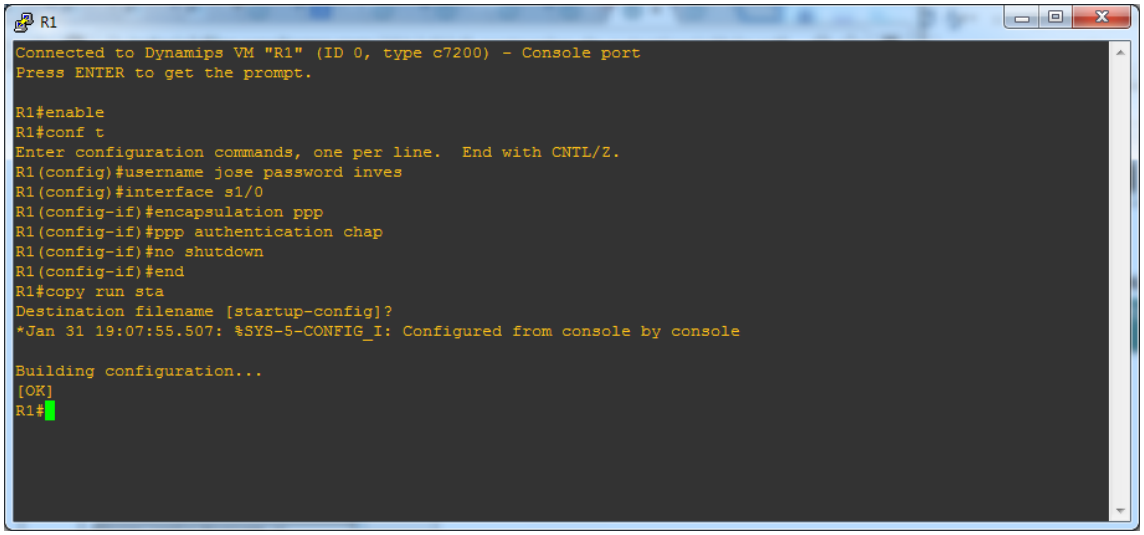
encapsulation ppp

ppp authentication chap

no shutdown

end

copy run sta



R2

enable

conf t

username jose password inves

interface s1/0

encapsulation ppp

ppp authentication chap

no shutdown

end

copy run sta

```
R2
Connected to Dynamips VM "R2" (ID 1, type c7200) - Console port
Press ENTER to get the prompt.

R2#enable
R2#conf t
Enter configuration commands, one per line.  End with CNTL/Z.
R2(config)#username jose password inves
R2(config)#interface s1/0
R2(config-if)#encapsulation ppp
R2(config-if)#ppp authentication chap
R2(config-if)#no shutdown
R2(config-if)#end
R2#copy run sta
Destination filename [startup-config]?
Building configuration...

*Jan 31 19:09:01.231: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
*Jan 31 19:09:02.175: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Serial1/0, changed state to down
```

Ping entre equipos

```
C:\Users\JoseCarlos>ping 192.168.70.111

Haciendo ping a 192.168.70.111 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.70.111: bytes=32 tiempo=34ms TTL=126
Respuesta desde 192.168.70.111: bytes=32 tiempo=42ms TTL=126
Respuesta desde 192.168.70.111: bytes=32 tiempo=37ms TTL=126
Respuesta desde 192.168.70.111: bytes=32 tiempo=38ms TTL=126

Estadísticas de ping para 192.168.70.111:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
    Mínimo = 34ms, Máximo = 42ms, Media = 37ms

C:\Users\JoseCarlos>_
```

Administrador: C:\Windows\system32\cmd.exe

```
C:\Users\portatil1>ping 192.168.1.1

Haciendo ping a 192.168.1.1 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.1.1: bytes=32 tiempo=66ms TTL=254
Respuesta desde 192.168.1.1: bytes=32 tiempo=75ms TTL=254
Respuesta desde 192.168.1.1: bytes=32 tiempo=74ms TTL=254
Respuesta desde 192.168.1.1: bytes=32 tiempo=33ms TTL=254

Estadísticas de ping para 192.168.1.1:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
    Mínimo = 33ms, Máximo = 75ms, Media = 62ms

C:\Users\portatil1>
```

REDES ADMINISTRATIVAS

UNIDAD 1: REDES WAN

CLASE 2. Protocolos HDLC - PPP

Bienvenidos a la clase 2. Hoy veremos los protocolos HDLC y PPP.

- Los datos de la capa de red se envían a la capa de enlace de datos para ser transmitidos a través de un enlace físico que normalmente es de punto a punto sobre una conexión WAN.
- La capa de enlace de datos crea una trama alrededor de los datos de la capa de red, de modo que se apliquen los controles y verificaciones necesarias.
- Cada tipo de conexión WAN utiliza un protocolo de Capa 2 para encapsular un paquete mientras atraviesa el enlace WAN.
- Para asegurarse de que se esté utilizando el protocolo de encapsulación correcto, se debe configurar el tipo de encapsulación de Capa 2 utilizado en cada interfaz serial del router.
- El protocolo de encapsulación que se debe usar depende de la tecnología WAN y del equipo.
- HDLC fue propuesto en 1979 y, por este motivo, la mayoría de los protocolos de entramado que se desarrollaron después se basan en él.
- Los dos encapsulamientos WAN punto a punto más comunes son HDLC y PPP.

HDLC es un protocolo sincrónico de capa de enlace de datos orientado a bits desarrollado por la Organización Internacional para la Estandarización (ISO).

El estándar actual para HDLC es ISO 13239. HDLC se desarrolló a partir del estándar de control de enlace de datos síncronos (SDLC) propuesto en la década de los setenta. HDLC proporciona servicio orientado a la conexión y sin conexión.

HDLC define una estructura de trama de capa 2 que permite el control del flujo y de errores mediante el uso de acuses de recibo.

Cada trama presenta el mismo formato ya sea una trama de datos o una trama de control.

HDLC utiliza la transmisión síncrona serial y brinda una comunicación entre dos puntos libre de errores.

Cuando las tramas se transmiten por enlaces síncronos o asíncronos, esos enlaces no tienen ningún mecanismo para marcar ni el principio ni el fin de las tramas. Por este motivo, HDLC utiliza un delimitador de trama, o indicador, para marcar el principio y el fin de cada trama.

Existen 3 tipos de tramas, con diferente formato de campo de control:

1. **Tramas de información (tramas I):** transportan los datos que se transmitirán para la estación. Se cuenta con control adicional de flujo y de errores y los datos pueden ser adicionados a una trama de información.
2. **Tramas de supervisión (tramas S):** proporcionan los mecanismos de petición/respuesta cuando no se utiliza el adicionar datos.
3. **Tramas no enumeradas (tramas U):** brindan funciones de control de enlace suplementarias tales como configuración inicial de la conexión. El campo del código identifica el tipo de trama U.

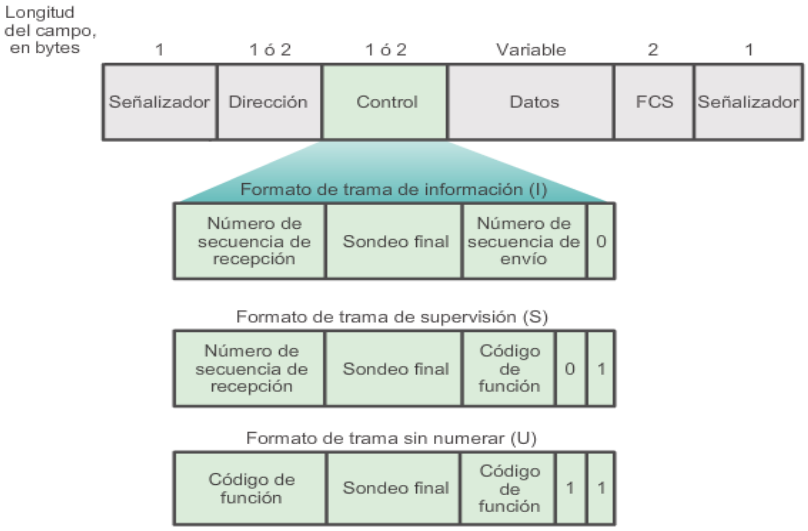


Figura 1 HDLC tramas

El campo dirección contiene la dirección HDLC de la estación secundaria. Esta dirección puede contener una dirección específica, una dirección de grupo de difusión.

Una dirección principal de un origen o un destino de comunicación, lo que elimina la necesidad de incluir la dirección de la estación principal.

El campo control utiliza tres formatos diferentes de acuerdo con el tipo de trama.

Trama de información(i): las tramas I transportan información de la capa superior y también alguna información de control.
Esta trama envía y recibe los números de secuencia y el bit de sondeo final (P/F) realiza el control de flujo y errores.

El número de secuencia de envío se refiere al numero de la trama que se debe enviar a continuación.

El número de secuencia de recepción proporciona el número de la trama que se recibe a continuación.

Tanto el emisor como el receptor mantienen números de secuencia de envío y recepción.

Las estaciones principales usan el bit P/F para informarles a las secundarias si requieren una respuesta inmediata. Las estaciones secundarias usan el bit P/F para informarles a las principales si la trama actual es la última en su respuesta actual.

Trama de supervisión (S).
Propocionan información de control. Las tramas S pueden solicitar y suspender la transsmisión, informarsore el estado y confirmar a recepción de las tramas I.

Las tramas(S), not tienen un campo de información.

Trama sin numerar (U).
Las tramas U admiten funciones de control y bo son secuenciales. Segpun la función de la trama U, el campo de control es de 1 o 2 ytes. Algunas tramass U tienen un campo de información.

El campo de datos **Datos** contiene una unidad de información de ruta (PIU) o información de identificación de intercambio (XID).

Secuencia de verificación de trama (FCS, Frame Check Sequence)

La FCS precede al delimitador del indicador de fin y generalmente es un resto del cálculo de la comprobación de redundancia cíclica (CRC).

El cálculo de CRC se vuelve a realizar en el receptor.

Si el resultado difiere del valor en la trama original, se supone que existe un error.

HDLC tiene tres modos de operación.

NRM (Normal) Ej: LAP
ARM (Asincrónico) Ej: LAP

ABM (Asincrónicos balanceados) Ej: LAPB

En el modo NRM, la configuración es desbalanceada. La estación siempre inicia la transferencia mientras que la estación secundaria sólo puede transmitir datos en respuesta a los comandos de la estación primaria. Comunicación half-duplex.

El modo ABM (Asynchronous Balanced Mode).
Su configuración es balanceada.

Cualquier estación puede iniciar la transmisión sin recibir permiso. Es muy utilizado. Su comunicación puede ser full o half duplex.

Asynchronous Response Mode (ARM)

Su configuración es desbalanceada. La terminal secundaria puede iniciar la transmisión sin permiso del primero. No es muy utilizado. Su comunicación sigue siendo Half-duplex

Cuales son los tipos de estación?

- **Estacion Primaria**
  Controla el enlace
  Las tramas que envia se llaman COMANDOS
  Mantiene enlaces logicos separados con cada secundaria
- **Estacion Secundaria**
  Bajo el control de la estacion primaria
  La tramas que emite se llaman RESPUESTAS
- **Estacion Combinada**
  Puede enviar comandos y respuestas

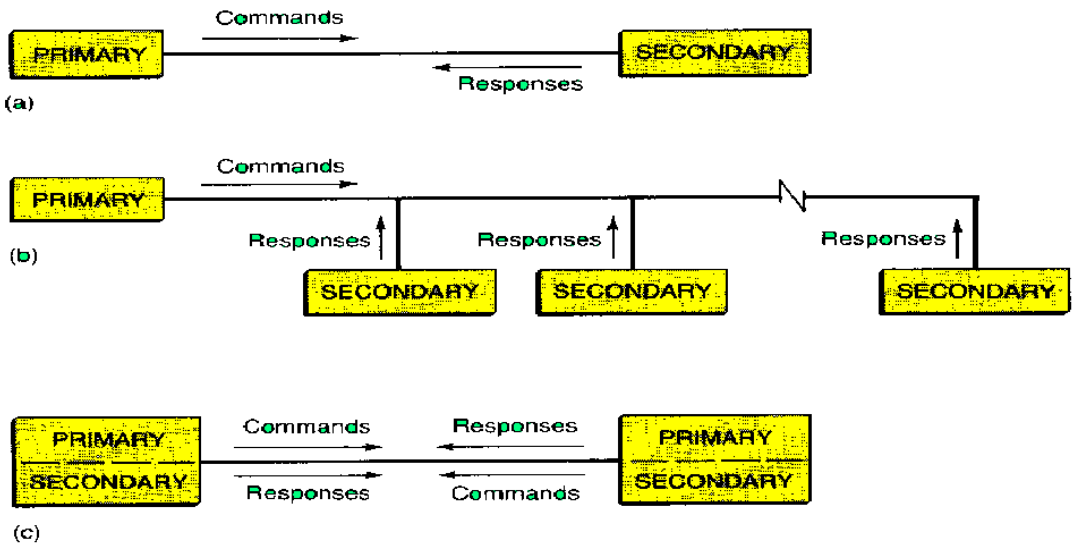


figura 1 Esquema de estaciones

Repetimos el significado de las configuraciones desbalanceadas y debalanceadas.

- **Desbalanceadas**
  Un primario y una o más estaciones secundarias
  Soporta full duplex y half duplex
- **Balanceadas**
  Dos estaciones combinada
  Soporta full duplex y half duplex

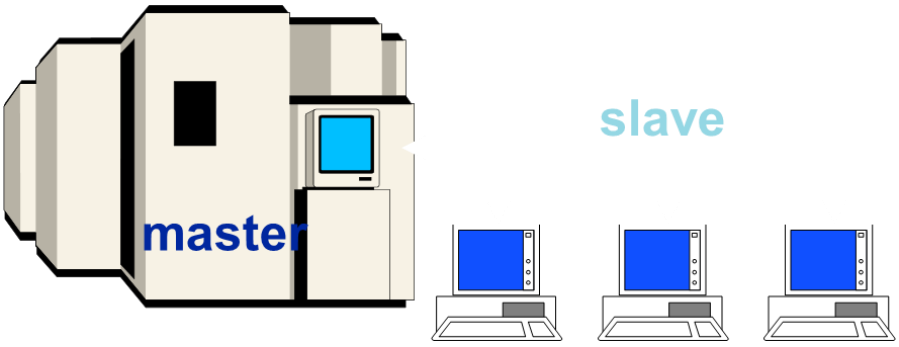


figura 2 Estaciones primarias y secundarias

Aclaración sobre los flags:

Los Flag delimitan ambos extremos de la trama y se utiliza como flag la siguiente cadena de bits: 01111110

En ciertos casos pueden cerrar una trama y abrir otra. Y se utilizan para sincronizar.

¿Que es el bit stuffing?.

El Bit stuffing se usa para evitar confusiones con datos que contenga 01111110.

Se inserta un 0 después de una secuencia de cinco 1s.
Si el receptor detecta 5 1s, chequea el próximo bit, si es un 0 entonces es eliminado si es un 1 seguido por 7 0, lo acepta como flag.
El sexto y séptimo bits están en 1 en una indicación de aborto.

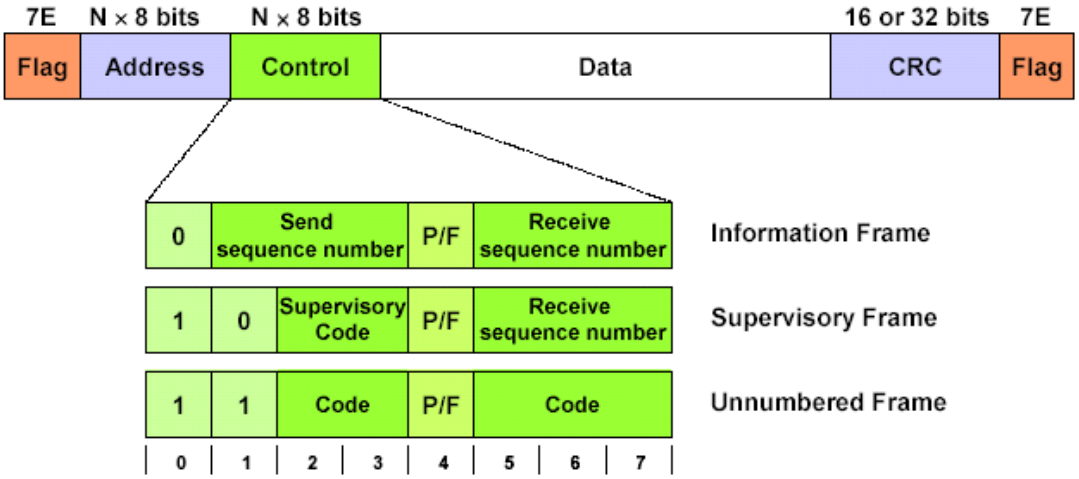


figura 3 Formato control

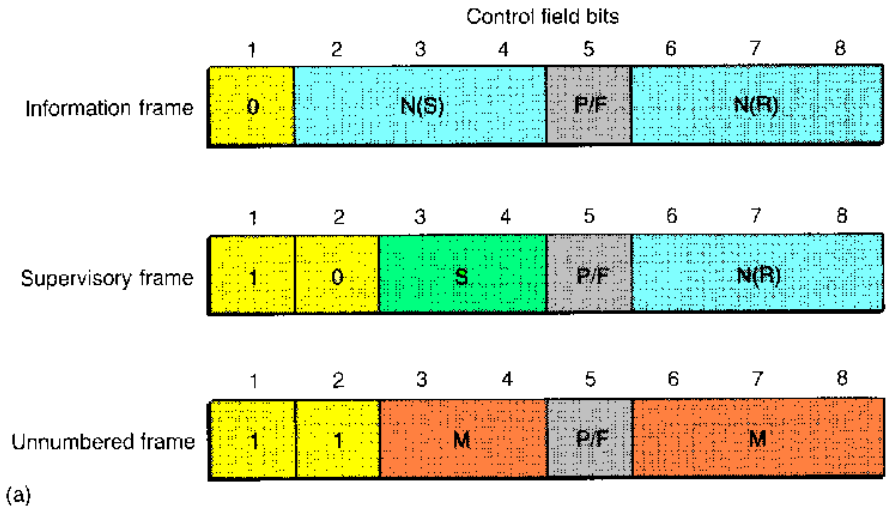


figura 4 campos de control básicos

Códigos de la trama de supervisión.

1	0	Supervisory Code	P/F	Receive sequence number

0 0	RR (Receiver Ready)
0 1	REJ (Reject)
1 0	RNR (Receiver Not Ready)
1 1	SREJ (Selective Reject)

figura 5 códigos de supervisión

Tramas no enumeradas.

1	1	Code	P/F	Code

						Command	Response
0	0		0	0	0	UI	UI
0	0		0	0	1	SNRM	
0	0		0	1	0	DISC	RD
0	0		1	0	0	UP	
0	0		1	1	0		UA
0	1		0	0	0	NR0	NR0
0	1		0	0	1	NR1	NR1
0	1		0	1	0	NR2	NR2
0	1		0	1	1	NR3	NR3
1	0		0	0	0	SIM	RIM
1	0		0	0	1		FRMR
1	1		0	0	0	SARM	DM
1	1		0	0	1	RSET	
1	1		0	1	0	SARME	
1	1		0	1	1	SNRME	
1	1		1	0	0	SABM	
1	1		1	0	1	XID	XID
1	1		1	1	0	SABME	

figura 6 Códigos no numerados

Singnificados.

La siguiente figura muestra el significado de los códigos de la trama:

Legend:

DISC – Disconnect
DM – Disconnect Mode
FRMR – Frame Reject
NR0 – Non-reserved 0
RD – Request Disconnect
RIM – Request Initialization Mode
RSET – Reset
SABM – Set ABM
SABME – Set ABM Extended
SARM – Set ARM
SARME – Set ARM Extended
SIM – Set Initialization Mode
SNRM – Set NRM
SNRME – Set NRM Extended
UI – Unnumbered Information
UA – Unnumbered Acknowledgement
UP – Unnumbered Poll
XID – Exchange Identification

Pull final bit.

- El uso depende del contexto
- Comandos
  P bit
  1 to solicit (poll) pide respuesta.
- Respuestas
  F bit
  1 indica la respuesta que le fue solicitada.

FRAME CHECK SECUENCE FIELD.

La FCS precede al delimitador del indicador de fin y generalmente es un resto del cálculo de la comprobación de redundancia cíclica (CRC).
El cálculo de CRC se vuelve a realizar en el receptor.
Si el resultado difiere del valor en la trama original, se supone que existe un error.

OPERACION HDCL.

La operación tiene tres fases.

1. Initialization
2. Data transfer
3. Disconnect

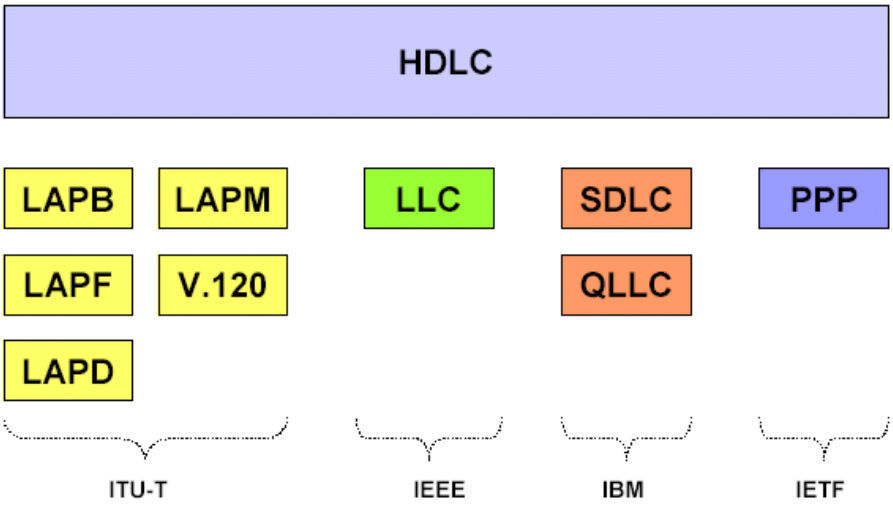
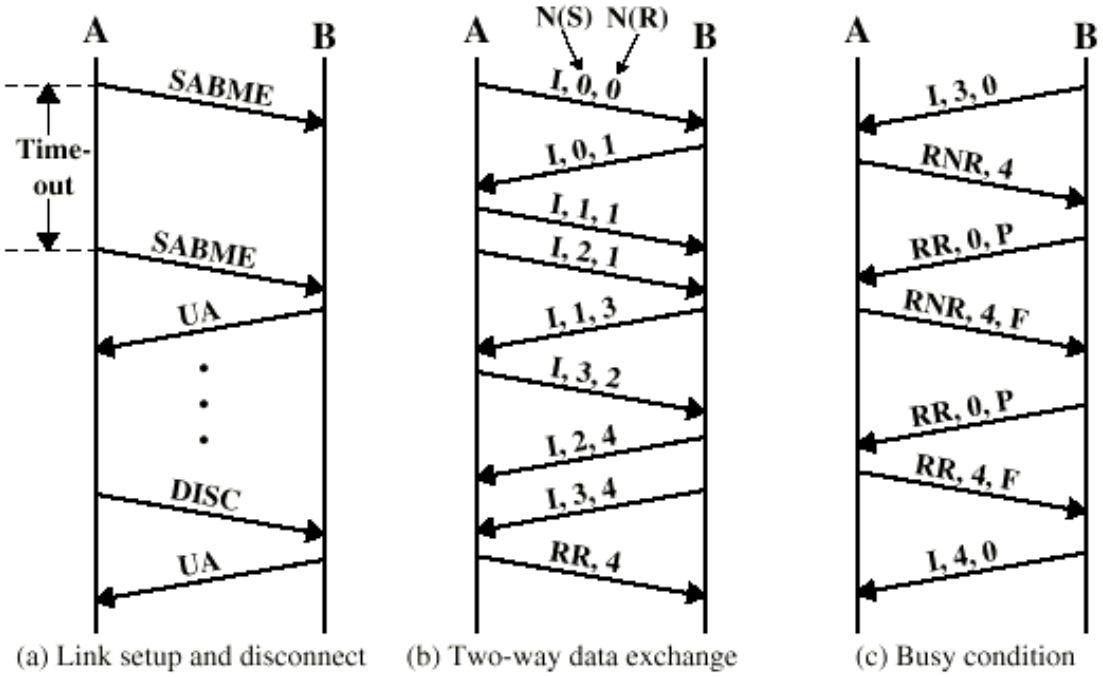
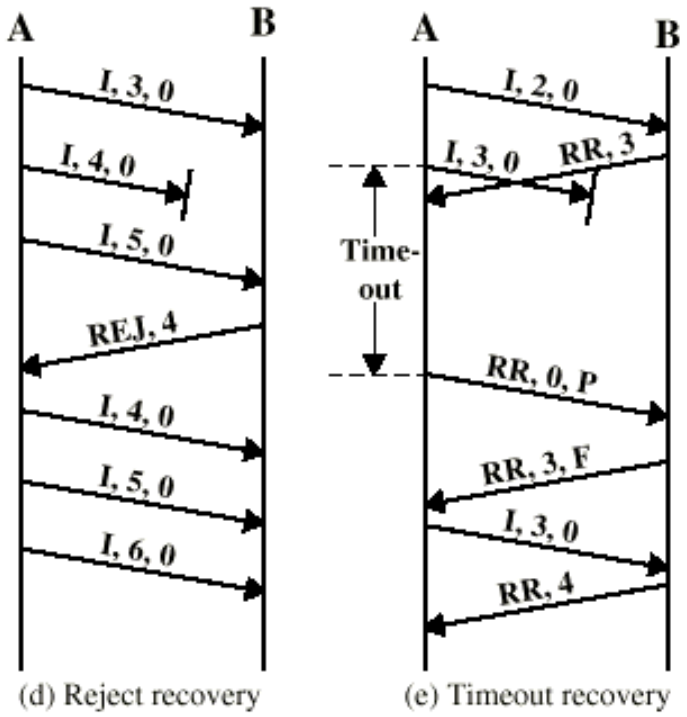
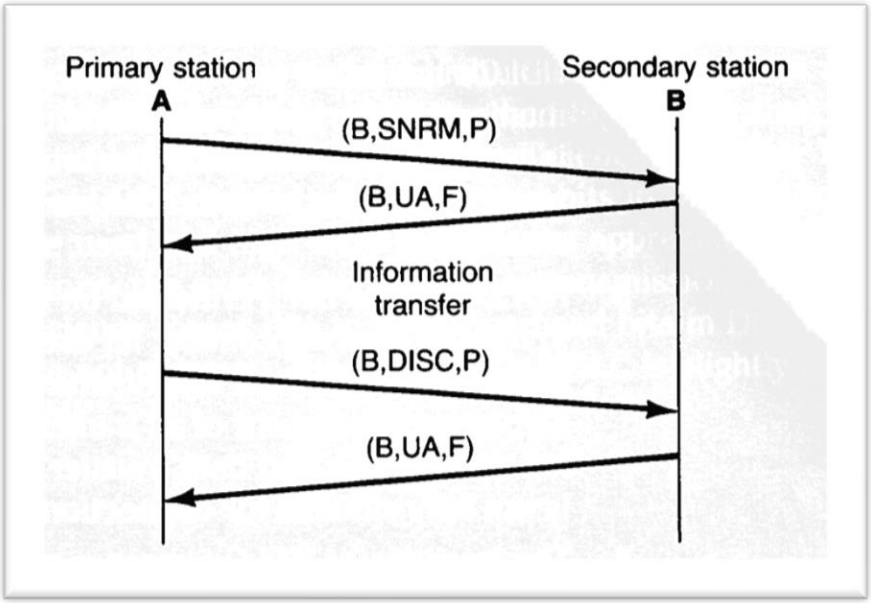


figura 7 Famila de HDLC

Ejemplo de la operación.





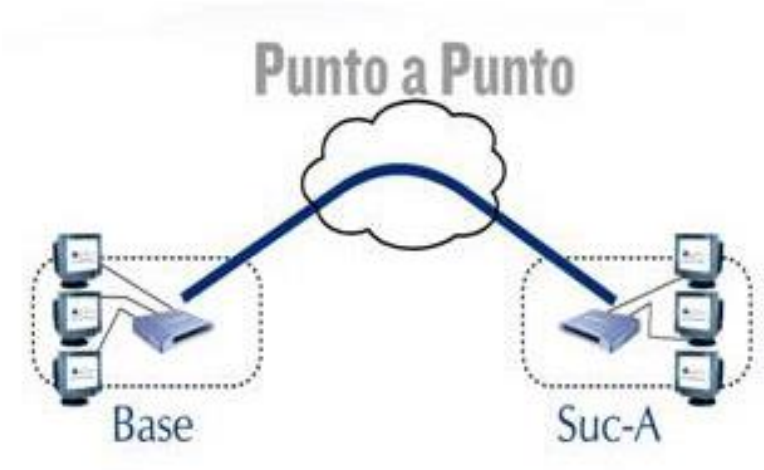


Tarea de investigación.
Investigue el significado del intercambio de mensajes visto en las figuras anteriores y exponga sus conclusiones en el foro de debate.

PROTOCOLO PUNTO A PUNTO (PPP).

Proporciona un método estándar para transportar datagramas multiprotocolo sobre enlaces simples punto a punto**:**

- **Líneas dedicadas punto a punto**
- **Conexiones analógicas o digitales**
- **Conexiones de alta velocidad sobre enlaces SONET/SDH**



El primer protocolo diseñado para este propósito fue el Protocolo de Internet de línea serie (SLIP)

Sin embargo, SLIP tiene algunas deficiencias: no soporta protocolos diferentes al protocolo Internet (IP), no permite que la dirección IP sea asignada dinámicamente y no soporta la autenticación del usuario.

PPP reemplaza a SLIP (Protocolo de Internet de línea serial) y es un protocolo de capa de enlace. (RFC 1661)

PPP permite:

- Asignar direcciones IP dinámicas.
- El uso de múltiples protocolos.
- Suministra conexiones router–router y de host a red a través de circuitos síncronos y asíncronos.
- Detección de errores.

Puede ser empleado para comunicaciones síncronas, como asíncronas.

Utiliza Link Control Protocol -LCP- para mantener y construir conexiones, y Network Control Protocol -NCP- para permitir la utilización simultánea de diversos protocolos de nivel 3.

PPP puede, entre otras cosas, verificar la calidad del enlace durante el establecimiento de la conexión.

Además, tiene soporte para autenticación a través del protocolo de autenticación de contraseña (PAP) y el protocolo de autenticación de saludo (CHAP).

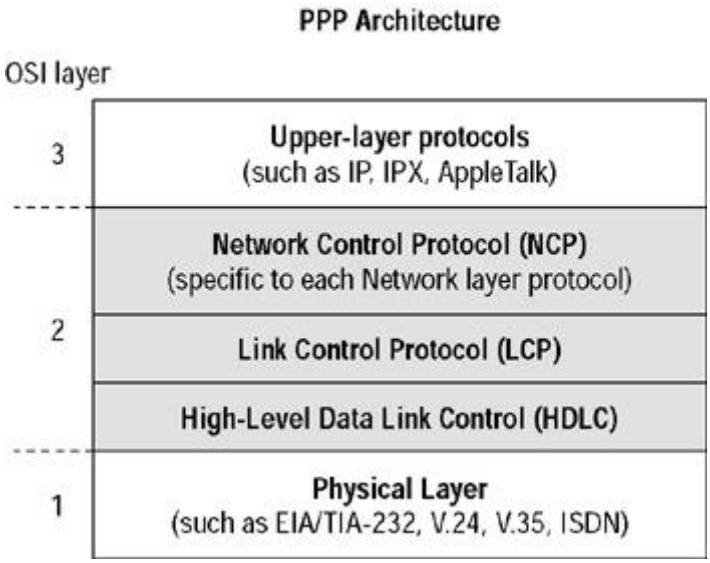
Tabla comparativa entre SLIP y PPP

SLIP	PPP
Fácil de implementar.	Más complejo.
Adiciona muy pocos bytes de *overhead*	Mayor *overhead*
No es un estándar aprobado de Internet	Estándar de facto
No efectúa detección ni corrección de errores.	Suma de verificación (CRC) en cada marco según entramado.
Solo reconoce IP	Múltiples protocolos
Debe conocerse la dirección IP de cada extremo.	Permite la asignación dinámica de direcciones IP.
No proporciona verificación de autenticidad	Proporciona verificación de autenticidad
Estático	Configurable a través de LCP.

Variantes del protocolo PPP

- PPPoE: PPP sobre ethernet
- PPPoa: PPP sobre ATM

Pila de protocolos.



- Capa HDLC: emplea el HDLC ST, para poder enviar los paquetes sobre un vínculo serial.
- Capa LCP: se utiliza para construir las conexiones.
- Capa NCP: se utiliza para proveer a PPP de funciones que le permiten transportar otros protocolos de nivel 3.

NCP está diseñado para permitir el uso simultáneo de múltiples protocolos de capa de red. los más comunes son IP, Appletalk, IPX, SNA y el protocolo de control de compresión.

Arquitectura del protocolo PPP

Utiliza una arquitectura dividida en capas.

Con las funciones de nivel inferior puede utilizar:

- Medios físicos síncronos, como los que conectan las redes de la Red digital de servicios integrados.
- Medios físicos asíncronos, como los que utilizan el servicio telefónico básico para las conexiones de acceso telefónico del módem

Mediante sus funciones de nivel superior, PPP soporta o encapsula varios protocolos de capa de red con los NCP.

Estos protocolos de nivel superior incluyen los siguientes:

- BCP - Protocolo de control de puente
- – IPCP - Protocolo de control de protocolo Internet
- IPXCP - Protocolo de control de intercambio de paquetes de internetworking.

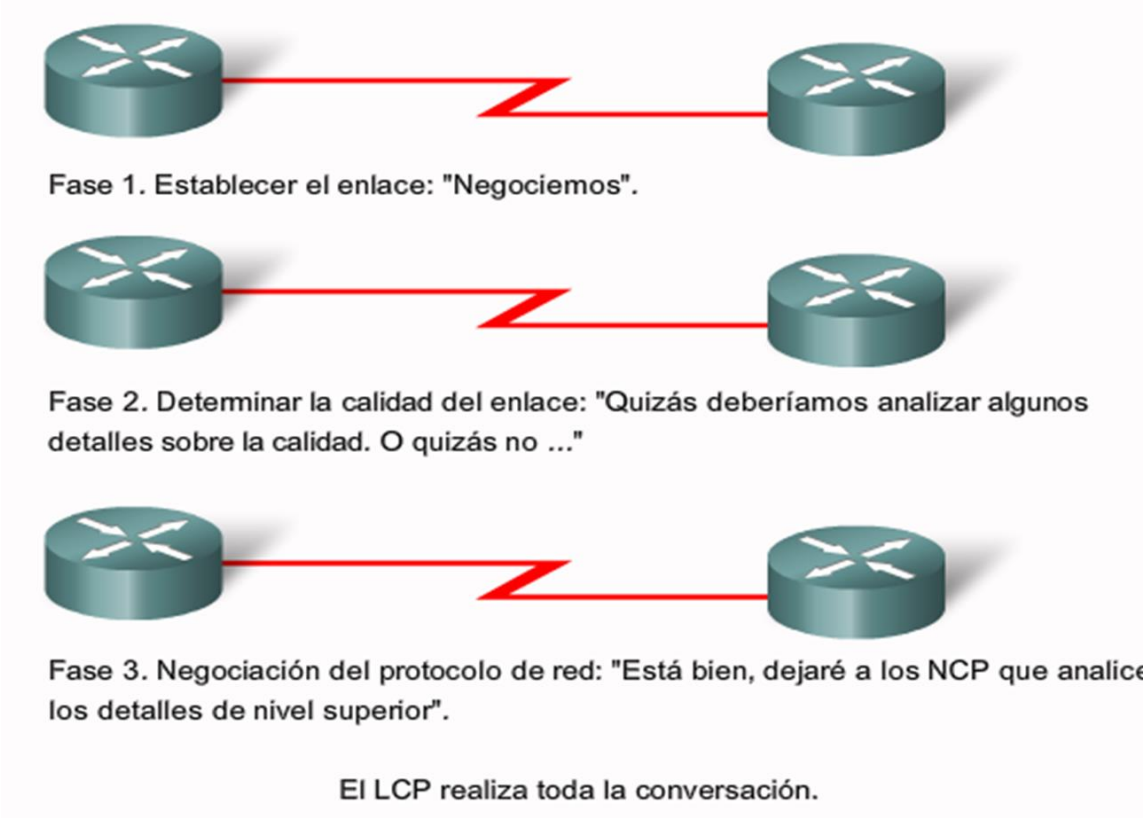
Campos de la trama PPP.

1	1	1	1 ó 2	Variable	2 ó 4	1
Delimitad. 01111110	Dirección 11111111	Control 00000011	Protocolo	Datos	CRC	Delimitad. 01111110

- Dirección: siempre 11111111. (No asigna direcciones de estaciones individuales.)
- Control: 00000011 (Corresponde a un servicio sin conexión - Trama no numerada – funcionamiento sin ACK)
- Protocolo: Protocolo que encapsula.
- Datos: máximo 1500 bytes
- FCS: Para control de errores.
- Al inicio se negocia omitir los campos dirección y control.

PPP consta de las siguientes fases:

- Establecimiento de conexión.
- Autenticación.
- Configuración de red.
- Transmisión.
- Terminación.



Fase 1.

- **Establecimiento del enlace y negociación de la configuración:** antes de que el PPP intercambie cualquier datagrama de capa de red (por ejemplo, IP), el LCP primero debe abrir la conexión y negociar los parámetros de configuración.
- Esta fase se completa cuando el router receptor envía una trama de acuse de recibo de configuración de vuelta al router que inicia la conexión.

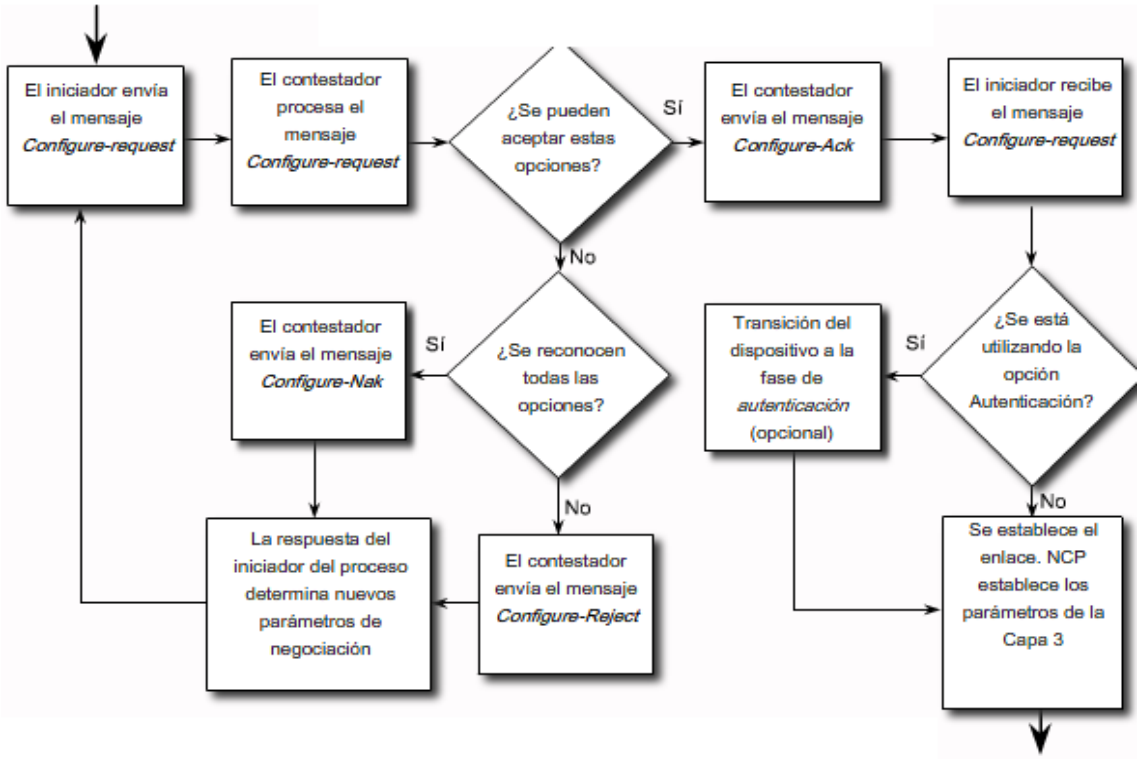
Fase 2.

- **Determinación de la calidad del enlace (opcional):** el LCP prueba el enlace para determinar si su calidad es suficiente para establecer los protocolos de capa de red.
- El LCP puede demorar la transmisión de la información del protocolo de capa de red hasta que esta fase se complete.

Fase 3.

- **Negociación de la configuración del protocolo de capa de red:** después de que el LCP haya finalizado la fase de determinación de la calidad del enlace, el NCP adecuado puede configurar, de manera separada, los protocolos de capa de red, y activarlos y desactivarlos en cualquier momento.
- Si el LCP cierra el enlace, informa a los protocolos de la capa de red para que puedan tomar las medidas adecuadas.

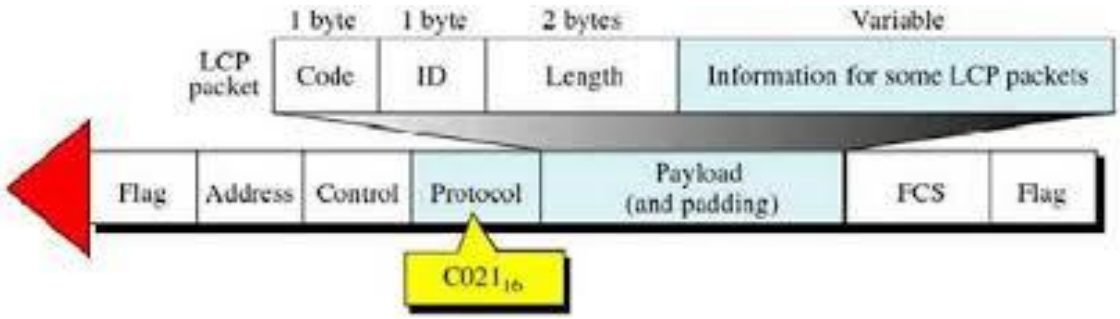
PROCESO DE NEGOCACION DE LCP EN PPP



LCP (Link Control Protocol).

Cada dispositivo PPP envía paquetes LCP para configurar y establecer el enlace de datos. Utiliza tres tipos de trama:

- Tramas de establecimiento de enlace:
  Se utilizan para establecer y configurar un enlace.
- Tramas de mantenimiento del enlace:
  Se utilizan para administrar y depurar un enlace.
- Tramas de terminación del enlace:
  Se utilizan para terminar un enlace.



Los paquetes del protocolo LCP son transportados en la trama PPP. C02116 indica que la trama está transportando un paquete LCP.

Campos de la trama LCP.

- **Campo código**
  Ocupa un byte y sirve para identificar el tipo de paquete LCP. Cuando se recibe un paquete con un campo de código desconocido, se transmite un paquete de "rechazo de código".

- **Campo identificador**
  Es de un byte y ayuda en la comparación de las solicitudes y respuestas.

- **Campo longitud**
  Es de dos bytes e indica la longitud del paquete LCP, incluyendo los campos código, identificador, longitud y datos. La longitud no debe exceder la MRU del enlace .Los bytes fuera del rango del campo longitud son tratados como relleno e ignorados al ser recibidos.

- **Campo datos**
  Pueden ser 0 o más bytes, indicados por el campo longitud. El formato de los datos es determinado por el campo código.

ESTABLECIMIENTO DE LA CONEXIÓN.

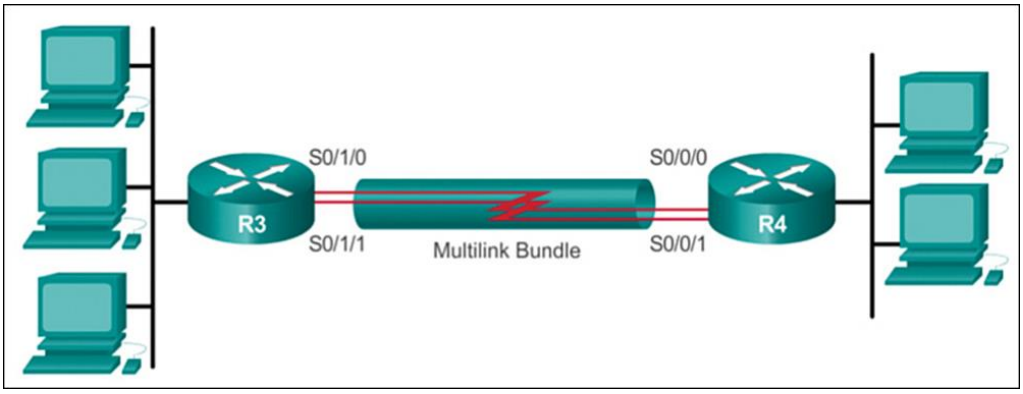
Los paquetes LCP contienen un campo de **opción** de configuración que permite negociar:

- El MRU (Unidad máxima de recepción)
- La compresión de determinados campos PPP
- El protocolo de autenticación de enlace.
- Detección de errores.
- Multilink.
- Callback.
  Si no se incluye ninguna opción se adopta el valor por defecto.

Detección de errores.

- Identifica las condiciones de falla.
- Las opciones Calidad y Número mágico ayudan a garantizar un enlace de datos fiable y sin bucle.
- El campo Magic Number ayuda a detectar enlaces que están en una condición de loop-back.
- Los números mágicos se generan al azar en cada extremo de la conexión.
- Hasta que la opción de configuración del número mágico se haya negociado de manera exitosa, el número mágico se debe trasmitir como cero.

Multilink.
Proporciona un método para distribuir el tráfico a través de múltiples enlaces WAN físicos, como se muestra en la Figura.



Multilink PPP también ofrece la fragmentación de paquetes y volver a montar, la secuencia apropiada, interoperabilidad entre varios proveedores, y balanceo de carga en el tráfico entrante y saliente.

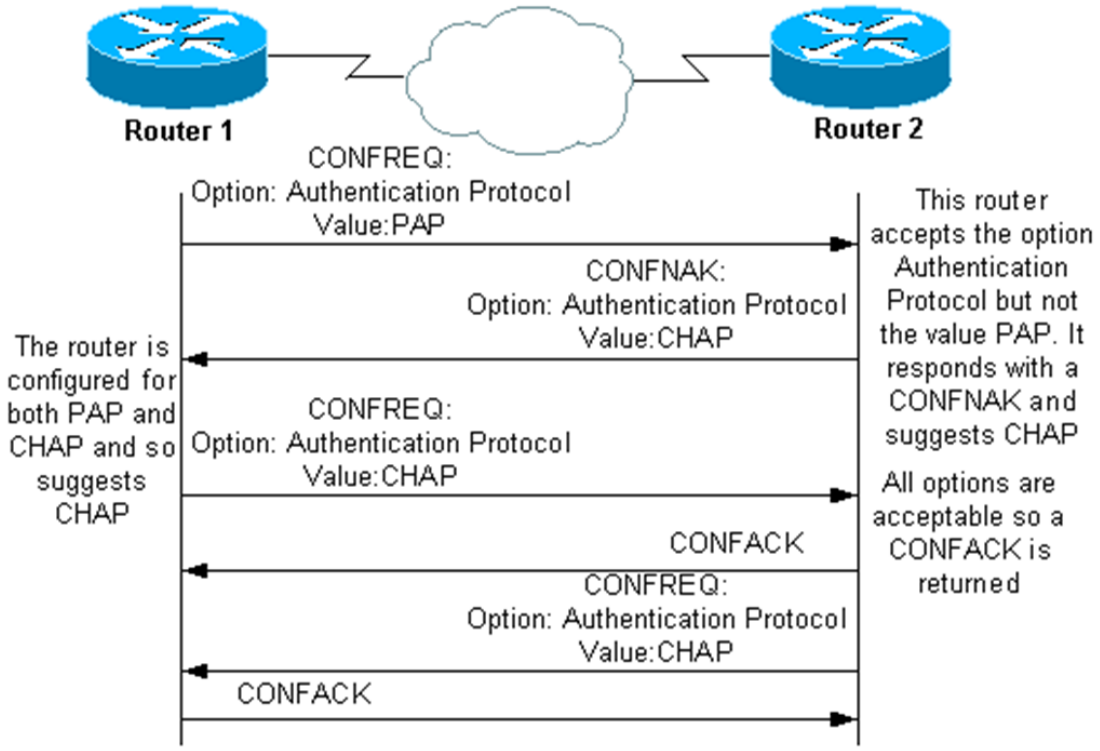
PPP Callback Mejora la seguridad.
Un enrutador Cisco puede actuar como un cliente de devolución de llamada o un servidor de devolución de llamada.

- El cliente realiza la llamada
- Solicita al servidor que lo devuelva
- El enrutador responde y realiza la llamada de devolución según la configuración

Códigos de LCP para el establecimiento de la conexión.

LCP Code	LCP Packet Type	Description
1	Configure-Request	Sent to open or reset a PPP connection. Configure-Request contains a list of LCP options with changes to default option values.
2	Configure-Ack	Sent when all of the values of all of the LCP options in the last Configure-Request received are recognized and acceptable. When both PPP peers send and receive Configure-Acks, the LCP negotiation is complete.
3	Configure-Nack	Sent when all the LCP options are recognized, but the values of some options are not acceptable. Configure-Nack includes the offending options and their acceptable values.
4	Configure-Reject	Sent when LCP options are not recognized or not acceptable for negotiation. Configure-Reject includes the unrecognized or non-negotiable options.
5	Terminate-Request	Optionally sent to close the PPP connection.
6	Terminate-Ack	Sent in response to the Terminate-Request.
7	Code-Reject	Sent when the LCP code is unknown. The Code-Reject message includes the offending LCP packet.
8	Protocol-Reject	Sent when the PPP frame contains an unknown Protocol ID. The Protocol-Reject message includes the offending LCP packet. Protocol-Reject is typically sent by a PPP peer in response to a PPP NCP for a LAN protocol not enabled on the PPP peer.
9	Echo-Request	Optionally sent to test the PPP connection.
10	Echo-Reply	Sent in response to an Echo-Request. The PPP Echo-Request and Echo-Reply are not related to the ICMP Echo Request and Echo Reply messages.
11	Discard-Request	Optionally sent to exercise the link in the outbound direction.

Este diagrama proporciona una vista conceptual de una entrada en contacto del LCP:



Opciones de configuración.

Autenticación:

- Los routers pares intercambian mensajes de autenticación.
- Dos opciones de autenticación son el Protocolo de autenticación de contraseña (PAP) y el Protocolo de autenticación de intercambio de señales (CHAP).

La autenticación no es obligatoria y entra en esta etapa sólo si necesita autenticar.

- PAP : Inseguro. Envía el nombre de usuario y la contraseña en claro.
- CHAP: Envía la contraseña cifrada.

  CHAP (Challenge Handshake Authentication Protocol).
  Verifica periódicamente la identidad del cliente remoto.
  Esto ocurre cuando se establece el enlace inicial y puede pasar de nuevo en cualquier momento de la comunicación.
  La verificación se basa en un secreto compartido (como una contraseña).

LCP puede retardar la transmisión de la información del protocolo de capa de red hasta que esta fase se haya completado.

PAP sólo se autentica una vez.
CHAP realiza retos periódicos para asegurarse de que el nodo remoto aún tiene un valor válido de contraseña.
Una vez completada la fase de establecimiento del enlace PPP, el enrutador local envía un mensaje de desafío al nodo remoto.

El nodo remoto responde con un hash de ese mensaje y contraseña.
Si los valores coinciden, el nodo iniciador reconoce la autenticación.
De lo contrario, termina inmediatamente la conexión.

Ambos protocolos se describen en detalle en RFC 1334, "Protocolos de autentificación PPP".

Compresión:

- Aumenta el rendimiento efectivo en conexiones PPP al reducir la cantidad de datos en la trama que debe viajar a través del enlace.
- El protocolo descomprime la trama al llegar a su destino.
- Dos protocolos de compresión disponibles en los routers Cisco son Stacker y Predictor.

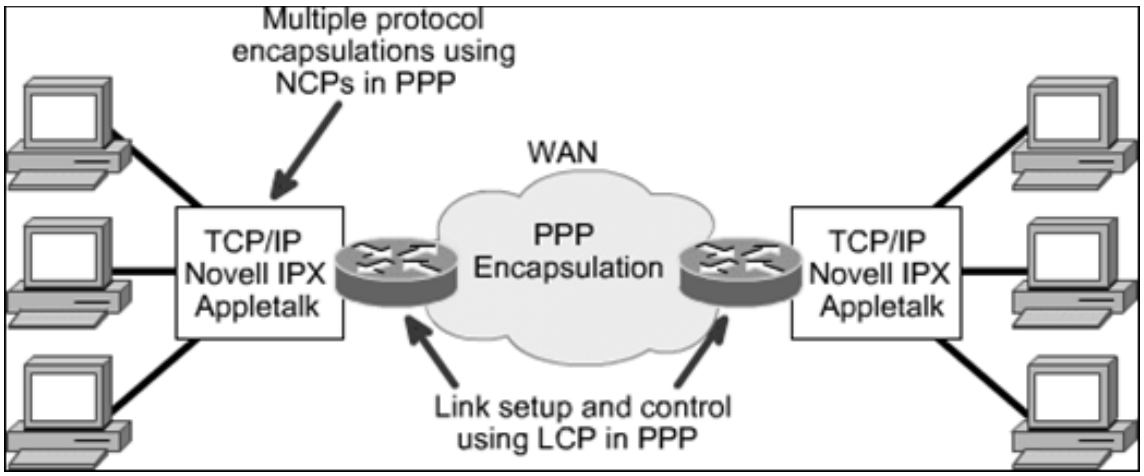
Detección de errores:

- Identifica condiciones defectuosas.
- Las opciones de Calidad y Número mágico ayudan a garantizar un enlace de datos confiable y sin bucles.
- El campo Número mágico ayuda a detectar enlaces que se encuentran en una condición de loopback.

- Hasta que la opción de configuración del número mágico se haya negociado de manera exitosa, el número mágico se debe trasmitir como cero.

- Los números mágicos se generan de manera aleatoria en cada extremo de la conexión.

Para configurar un protocolo de red se usa el protocolo NCP correspondiente (network control protocol).



- En esta fase se negocian parámetros dependientes del protocolo de red que se esté usando.
- PPP puede llevar varios protocolos de red al mismo tiempo y es necesario configurar individualmente cada uno de estos protocolos.
- El protocolo negociado más común es el IP.
- Los routers intercambian mensajes de IP Control Protocol (IPCP) para negociar opciones específicas del protocolo (en este ejemplo, IP).

TRANSMISION.

Finalmente, Se envía y recibe la información de red.
LCP se encarga de comprobar que la línea está activa durante periodos de inactividad.

PPP no proporciona cifrado de datos.

TERMINACION.

- LCP puede terminar el enlace en cualquier momento.
- Esto generalmente se realiza
- A pedido del usuario.
- Debido a un suceso físico, como la pérdida de una portadora .
- Debido a la expiración de un límite de tiempo.

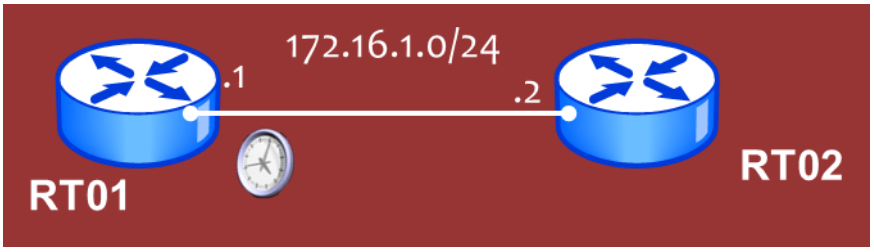
Ventajas de PPP.

- Mejor fiabilidad, por los mecanismos de mantenimiento del enlace, aunque ambos incorporen detección de errores con FCS (CRC).
- Puede utilizarse en todas las conexiones WAN, por ejemplo en T1, RDSI y conexiones de MODEM con enlace de datos síncronas y/o asíncronas.
- PPP es descrito en **RFC 1332 y RFC 1661**, mientras ***HDLC no***.
- Existe un campo de control en HDLC que difiere para cada fabricante, siendo por tanto propietario.
- Permite opcionalmente la seguridad y autentificación con los protocolos PAP y/o CHAP en la parte del cliente (llamante).
- Por negociación de NCP permite múltiples protocolos como IP, con manejo de direcciones IP dinámicas e IPX.
- Permite la multiplexación por la identificación del campo de protocolo en las tramas PPP.
- Implementa la negociación de compresión de datos.

La única desventaja pueda ser un mayor uso de ancho de banda por temas administrativos, no para datos.

Un ejemplo práctico.

Veamos cómo se configura PPP, en los routers Cisco, basándonos en la siguiente topología.



RT01(config)#int ser1/0

RT01(config-if)#ip add

RT01(config-if)#ip address 172.16.1.1 255.255.255.0

RT01(config-if)#encapsu

RT01(config-if)#encapsulation ppp

RT01(config-if)#clock rate 128000

RT01(config-if)#no shut

RT02 (config)#int s1/0

RT02(config-if)#encap ppp

RT02 (config-if)#ip add

RT02 (config-if)#ip address 172.16.1.2 255.255.255.0

RT02(config-if)#no shut

VERIFICACION DE la CONFIGURACION

Comando	Descripción
`show interfaces`	Muestra estadísticas de todas las interfaces configuradas en el router.
`show interfaces serial`	Muestra información sobre una interfaz serial.

```
R2# show interfaces serial 0/0/0
Serial0/0/0 is up, line protocol is up
  Hardware is GT96K Serial
  Internet address is 10.0.1.2/30
  MTU 1500 bytes, BW 1544 Kbit/sec, DLY 20000 usec,
     reliability 255/255, txload 1/255, rxload 1/255
  Encapsulation PPP, LCP Open
  Open: IPCP, IPV6CP, CCP, CDPCP, loopback not set
  Keepalive set (10 sec)
  CRC checking enabled
  Last input 00:00:02, output 00:00:02, output hang never
  Last clearing of "show interface" counters 01:29:06
  Input queue: 0/75/0/0 (size/max/drops/flushes); Total output
drops: 0
```

.

Fin de la clase
UAI
Universidad Abierta
Interamericana

REDES ADMINISTRATIVAS

UNIDAD 2: REDES OPTCICAS DE TRANSPORTE

CLASE 3. PDH - SDH - SONET

PDH -JERARQUIA DIGITAL PLESIOCRONA

El término del griego plesio, que significa cercano, y chronos, que significa tiempo.

PDH es una tecnología usada en telefonía que permite enviar varios canales sobre un mismo medio (ya sea cable coaxial, radio o microondas) usando técnicas de multiplexación por división de tiempo y equipos digitales de transmisión.

También puede enviarse sobre fibra óptica, aunque no está diseñado para ese fin. Para ello suele usarse el SDH

- PDH funcionan en un estado donde diferentes partes de la red no están completamente sincronizadas. Utiliza técnicas de multiplexación por división de tiempo.

PDH se basa en canales de 64 kbps (Kbits/s).

En cada nivel de multiplexación se van aumentando el número de canales sobre el medio físico.

Es por eso por lo que las tramas de distintos niveles tienen estructuras y duraciones diferentes.

Además de los canales de voz, en cada trama viaja información de control que se añade en cada nivel de multiplexación, por lo que el número de canales transportados en niveles superiores es múltiplo del transportado en niveles inferiores, pero no ocurre lo mismo con el régimen binario.

Estándares PDH.

Existen tres jerarquías PDH:

- la europea
- la norteamericana
- la japonesa.

La europea usa la trama descrita en la norma G.732 de la ITU-T mientras que la norteamericana y la japonesa se basan en la trama descrita en G.733.

Al ser tramas diferentes habrá casos en los que para poder unir dos enlaces que usan diferente norma haya que adaptar uno al otro, en este caso siempre se convertirá la trama al usado por la jerarquía europea.

Jerarquías:

- **Norteamericano**

  T1: Consiste en 24 canales de 64 Kbps (canales DS-0) dando una capacidad total de 1.544 kbps

- **Europeo**

  E1: Consiste en 33 canales de 64 Kbps y 2 canales reservados para la señalización y sincronía, la capacidad total nos da 2.048 kbps

- **Japonés**

  J1: Con una velocidad de transmisión de 1.544 kbps consistente de 24 canales de 64 Kbps.

En la tabla que sigue se muestran los distintos niveles de multiplexación PDH utilizados en Norteamérica (Estados Unidos y Canadá), Europa y Japón.

Nivel	Norteamérica			Europa			Japón		
	Circuitos	Kbps	Denominación	Circuitos	Kbps	Denominación	Circuitos	Kbps	Denominación
1	24	1,544	T1	30	2,048	E1	24	1,544	J1
2	96	6,312	T2	120	8,448	E2	96	6,312	J2
3	672	44,736	T3	480	34,368	E3	480	32,064	J3
4	2016	274,176	T4	1920	139,264	E4	1440	97,728	J4

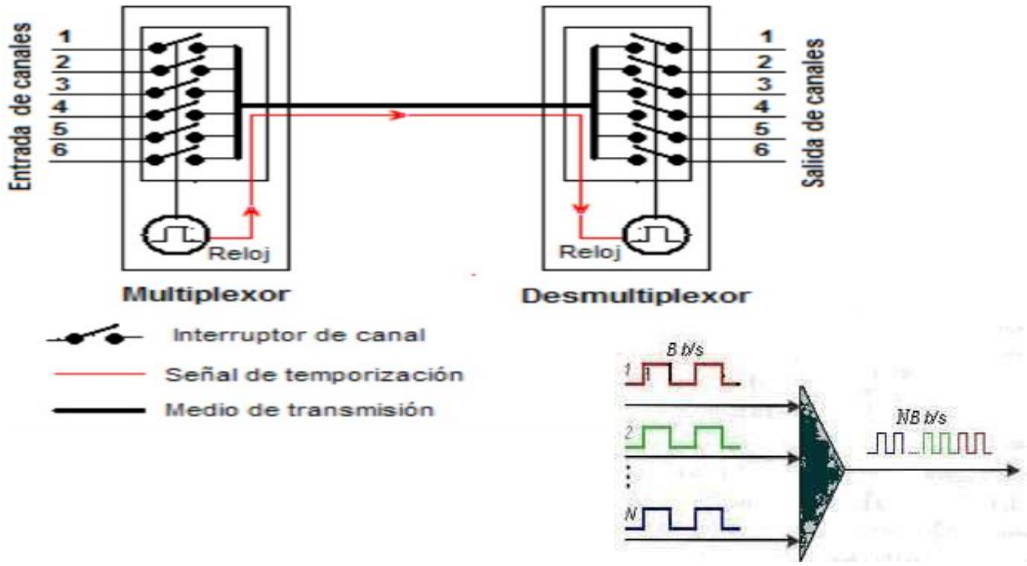
MULTIPLEXACION

Es la combinación de dos o más canales de información en un solo medio de transmisión usando un dispositivo llamado multiplexor (es un circuito que equivale a un conmutador).

El Proceso Inverso se conoce como desmultiplexación.

MUTIPLEXACIÖN TDM.

- La multiplexación por división de tiempo (Time División Múltiple Access o TDM) es el más utilizado en la actualidad
- El ancho de banda total del medio de transmisión es asignado a cada canal durante una fracción del tiempo total.



En este circuito, las entradas llegan a los interruptores de canal, los cuales se cierran de forma secuencial, controlados por una señal de reloj, de manera que cada canal es conectado al medio de transmisión

durante un tiempo determinado por la duración de los impulsos de reloj.

En el extremo distante, el demultiplexor realiza la función inversa, esto es, conecta el medio de transmisión, secuencialmente, con la salida de cada uno de los seis canales mediante interruptores controlados por el reloj del demultiplexor.

Este reloj del extremo receptor funciona de forma sincronizada con el del multiplexor del extremo emisor mediante señales de temporización que son transmitidas a través del propio medio de transmisión o por un camino.

- A partir 1960, las redes de comunicaciones fueron pasando gradualmente a la tecnología digital en los años siguientes.
- Para poder soportar la demanda de mayores velocidades binarias surgió la jerarquía PDH.
- Al tener distintas jerarquías de transmisión, las pasarelas entre redes de ambos tipos son compleja y costosa.

Debilidades de PDH.

- No existe un estándar.
- Capacidad limitada de administración.
- La conexión es imposible a nivel óptico.
- No es síncrona.

SDH-JERARQUIA DIGITAL SINCRONA

Para evitar estas limitaciones se desarrolló en EEUU SONET o red óptica síncrona, que fue la fuente para el desarrollo de SDH.

Es un conjunto de protocolos de transmisión de datos y se puede considerar como la revolución de los sistemas de transmisión, como consecuencia de la utilización de la fibra óptica como medio de transmisión, así como de la necesidad de sistemas más flexibles y que soporten anchos de banda elevados.

HISTORIA DE SDH.

Antes de SDH no existían estándares definidos.

Se dificultaba mucho lograr una compatibilidad a altas velocidades de transmisión porque cada fabricante utilizaba especificaciones propietarias para este tipo de tecnologías, con lo cual era necesario mantener el mismo fabricante a ambos extremos de un enlace de este tipo y adicionalmente esto generaba costos exagerados.

El objetivo que lleva a este desarrollo fue tener un estándar de transmisión a través de medios de fibra óptica. simple, económica, flexible y escalable.

- En el año 1988 fue aprobado el primer estándar SDH a través de las recomendaciones G707, G708 y G709.
- Define funcionalidades y prestaciones de los sistemas de transmisión basados en los principios de la multiplexación sincrónica.
-

PDH y SDH - comparación.

PDH.

- PDH es un sistema pleosiócrono, requiere bits de justificación y bits de sincronía.
- No puede agregar canales.
- Diseñado para enlaces punto a punto.
- No tiene capacidad de monitoreo de carga útil.
- Poca administración y supervisión de la red.
- A nivel de transmisión compatibilidad limitada entre diferentes fabricantes.
- Está orientado a servicio de voz.

SDH.

- Es síncrono, es decir, todos los elementos de la red utilizan un reloj común.
- Es compatible con PDH (Estándar Americano o europeo).
- Normalizado con respecto a medios de transmisión.
- Soporta PDH y ATM.
- Realiza una multiplexación visible que permite agregar señales.
- Tiene canales para administración de la red.

- Control centralizado de todos los elementos de la red.
-

SDH CARACTERISTICAS GENERALES

- SDH es similar a SONET
- Su objetico: transportar y gestionar gran cantidad de tipos de tráfico diferentes sobre la misma infraestructura física.
- SDH es visto como un protocolo de capa física.
- Puede transportar paquetes tales como ATM o IP.
- SDH permite la transmisión de voz, video, multimedia, y paquetes de datos como los que genera IP.

SDH actúa como portador de aplicaciones de las capas 2 a la 4.

Es un protocolo de capa 1 del modelo OSI, basado en la existencia de una referencia temporal común (Reloj primario), que multiplexa diferentes señales dentro de una jerarquía común flexible, y gestiona su transmisión de forma eficiente, con mecanismos internos de protección.

En este papel, actúa como el portador físico de aplicaciones de nivel 2 a 4, esto es, es el camino en el cual tráfico de superiores niveles tales como **IP** o **ATM** (Asynchronous Transfer Mode) se transporta.

Las transmisiones **SDH** son como tuberías las cuales portan tráfico en forma de paquetes de información. **ATM** o **IP**.

Gestiona el ancho de banda eficientemente mientras porta varios tipos de tráfico, detecta fallos y recupera de ellos la transmisión de forma transparente para las capas superiores.

Multiplexación digital:
Es la técnica que permite que las señales de comunicaciones analógicas sean transmitidas en formato digital.

Las señales digitales pueden ser transmitidas mucho más eficientemente y permiten monitorización de errores, para propósitos de calidad.

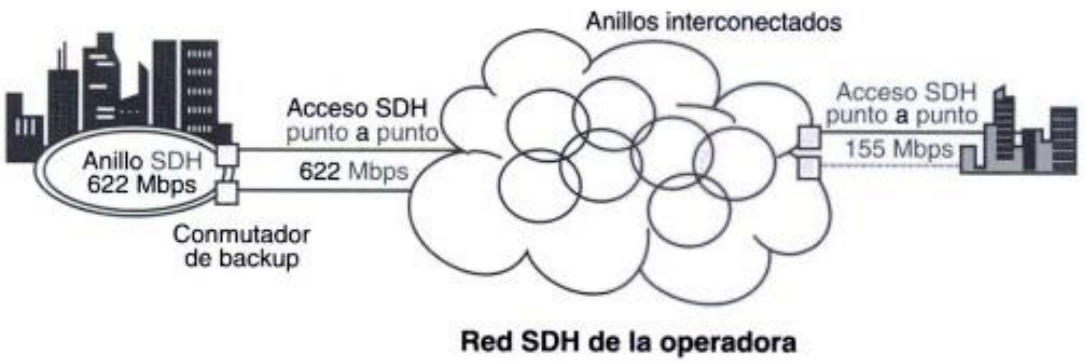
Fibra óptica:
Es el medio físico desplegado en las redes de transporte actuales.

Esquemas de protección:
En caso de ocurrir una falla o una rotura en un enlace de fibra el flujo de información podría ser conmutado automáticamente a una ruta alternativa.

Los servicios de una red SDH pueden ser de 2 tipos. Punto a punto o anillos de doble circuito.

En caso de que ocurra la pérdida de un enlace siempre existe otro camino alternativo por el otro lado del anillo.

lo que la hace la topología más implementada en el ambiente WAN para redes de transporte.
Esta topología además ayuda a los proveedores de servicios a minimizar el número de enlaces y de fibras ópticas que se requiere desplegar en la red.



RECUPERACION DE AVERIAS EN ANILLOS SDH

Las topologías en anillo tienen dos grandes ventajas:

- Permiten crear una red mallada utilizando tan solo un enlace más que en una topología de estrella, que sería el mínimo imprescindible para interconectar todos los nodos.
- Por otro la sencillez de la topología simplifica mucho la elección de la ruta alternativa en caso de fallo de algún enlace, lo cual permite tomar la decisión con gran rapidez.

Sin embargo, el anillo simplex que antes hemos descrito no permite la resistencia a fallos.

Para ello es preciso constituir un doble anillo, tendiendo dos fibras en cada línea entre los ADMs.

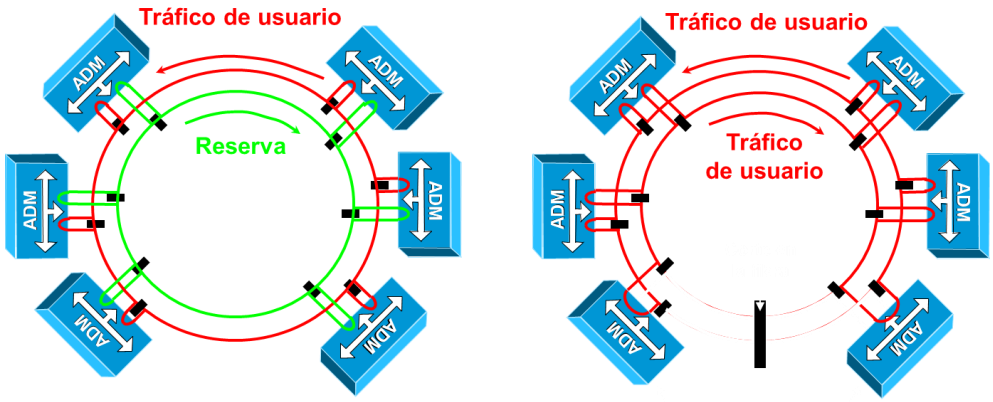
Como se muestra en la parte izquierda de la figura, en condiciones normales un anillo SONET/SDH utiliza únicamente uno de los anillos (el de color rojo), ya que como hemos visito esto es suficiente para constituir rutas full duplex.

El otro anillo (verde) se encuentra en situación de reserva o 'stand-by', a la espera de entrar en funcionamiento en el momento en que se produzca una avería.

Cuando se produce una avería (un corte en la fibra o el fallo de un ADM, por ejemplo) los ADMs más próximos al punto de fallo detectan la pérdida de conectividad entre ellos por el anillo principal y proceden a restaurar la comunicación conectándolo con el de reserva; la combinación de ambos crea un nuevo anillo que da servicio a toda la red, excepto a la parte averiada.

Si el fallo se debe a un corte en la fibra el servicio se mantendrá plenamente operativo, mientras que si el fallo se ha producido en un ADM se verán afectadas las rutas que tengan en el uno de sus extremos.

En caso de que se produzca una segunda avería en el mismo anillo los procedimientos de recuperación entrarán de nuevo en funcionamiento, quedando entonces dos anillos operativos, pero aislados entre sí.



Detalle de la electrónica de un ADM STM-1 (topología de anillos)

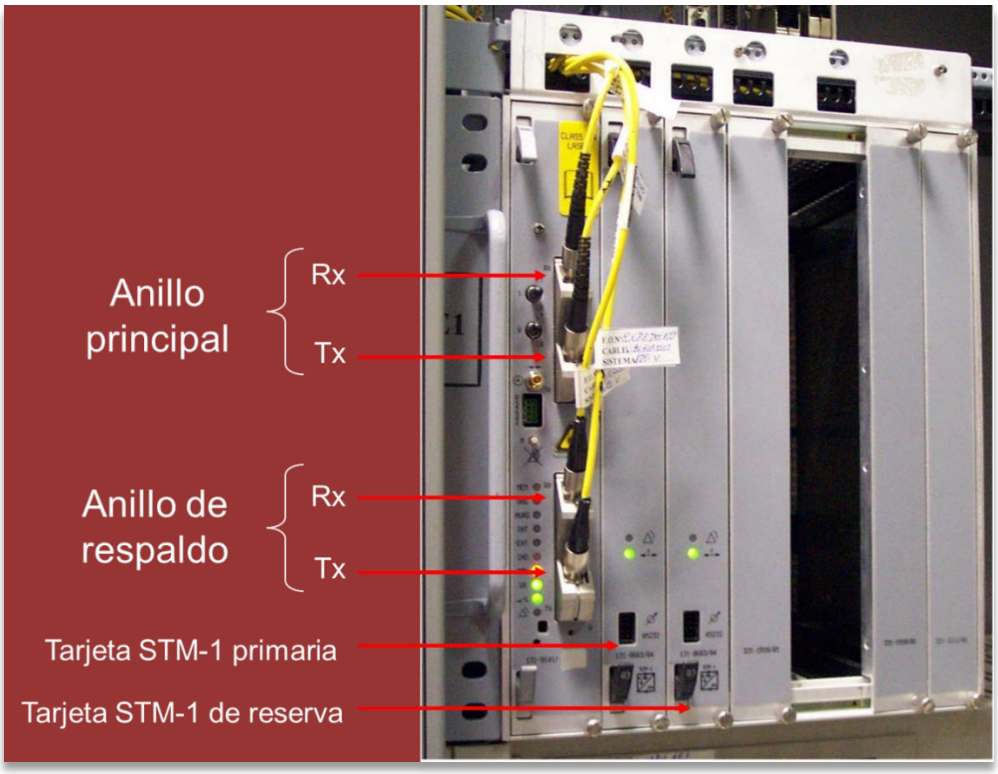
En la siguiente fotografía se muestra un detalle de la electrónica de un ADM STM-1 con topología de doble anillo.

Como puede verse por las conexiones de fibra monomodo cada anillo está formado por un receptor y un emisor.

Un anillo está participando activamente en la transmisión de datos, mientras que el otro se encuentra en modo de respaldo, es decir está dispuesto para entrar en funcionamiento de forma inmediata en caso de fallo del principal.

Este equipo, de la marca Ericsson, se encuentra ubicado en el Servicio de Informática de la Universidad de Valencia y provee un circuito de 155 Mb/s que une la Comunidad Valenciana a RedIRIS.

Como es habitual en estos casos se encuentra ubicado en un bastidor provisto de baterías de 48 voltios y fuentes de alimentación redundantes.



Para la sincronización en SDH se toman en cuenta las normas G.803 yG.811 entre otras como la G.822, G.812, etc.

Todos los elementos deben estar sincronizados **con un "reloj maestro "para que no se pierda datos entre nodos**.

El reloj maestro de una zona de sincronización debe cumplir los requisitos descritos en la Recomendación UIT-T G.811.

La sincronización es importante para lograr mantener las altas velocidades de transmisión que se emplean.

- Todos los elementos en la red SDH operan bajo una misma señal de reloj suministrada por un reloj de referencia primario (PRC), que se encuentra en un equipo de la red de comunicación vinculada a la fuente primaria.

- La distribución de la señal de reloj se realiza a lo largo de la red SDH mediante configuraciones específicas.

- Los elementos "intermedios", tal como regeneradores, multiplexores ADM, etc., son operados en el "modo esclavo", el cual utiliza un componente de señal de reloj extraído de la señal STM-N recibida.

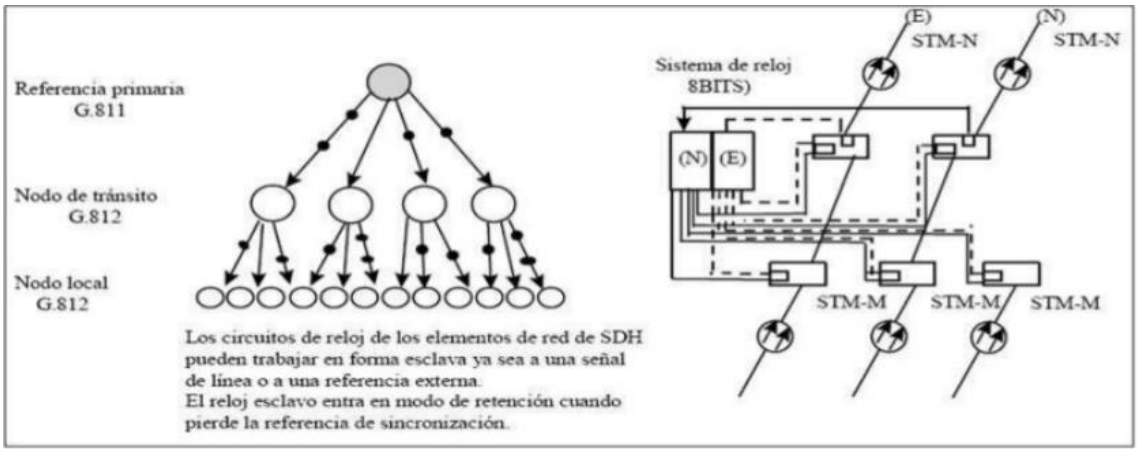


Figura 1 Arquitectura de sincronización

GESTION DE LA RED

- Este tipo de redes permite una gestión centralizada.

- Se gestiona todos los nodos de la red y las rutas que toman los datos de manera sencilla.

- Un administrador de red puede gestionar una gran variedad de funciones de administración.

DEFINICION DE SDH

- SDH es un estándar para redes de telecomunicaciones de "alta velocidad, y alta capacidad ".
- Los canales están identificados por etiquetas.
- Comparado con los sistemas PDH tradicionales, es mucho más fácil extraer o insertar canales de menor velocidad en las señales compuestas SDH de alta velocidad.

- En SDH todos los canales están perfectamente identificados por medio de una especie de "etiquetas" que hacen posible conocer exactamente la posición de los canales individuales.

En PDH para poder llegar a un canal de 64Kb/s (canal de voz), habría que desarmar toda la señal PDH. Habría que poner una cadena de multiplexores y demultiplexores, con el incremento de costo que esto significa.

El objetivo de la jerarquía SDH, nacida en los años 80, era subsanar estas desventajas inherentes a los sistemas PDH, y normalizar las velocidades superiores a 140Mb/s que hasta el momento eran propietarias de cada compañía.

Función simplificada de inserción extracción.

- Es mucho más fácil extraer o insertar canales de menor velocidad en las señales compuestas SDH de alta velocidad que PDH.

- No hace falta demultiplexar y volver a multiplexar la estructura plesiócrona, procedimiento que en el mejor de los casos era complejo y costoso.

- Esto se debe a que en la jerarquía SDH todos los canales están perfectamente identificados por medio de una especie de "etiquetas" que hacen posible conocer exactamente la posición de los canales individuales.

Principales recomendaciones ITU-T.

Existen una gran cantidad de recomendaciones definida por la ITU-T para esta área de tecnología, sin embargo, presentaremos a continuación, algunas de las principales:

G.707	Definición de los niveles estándar y estructura del multiplexado.
G.708	Descripción de la trama básica.
G.781	Estructura de las recomendaciones correspondientes a los equipos.
G.782/G.783	Tipos y características generales de los equipos.
G.784	Administración de la red.
G.810	Definiciones de terminología para redes sincrónicas.
G.811	Características de temporización del los relojes primarios.
G.813	Características de temporización del los relojes secundarios.

Última modificación: año 2004

ELEMENTOS DE UNA RED SDH

En SDH se pueden distinguir estos elementos básicos:

- Multiplexores Síncronos (MUX)
- Demultiplexers
- Enrutador Digital (SDXC)
- Multiplexor para agregar/insertar (ADM)
- Regeneradores Síncronos (REG)

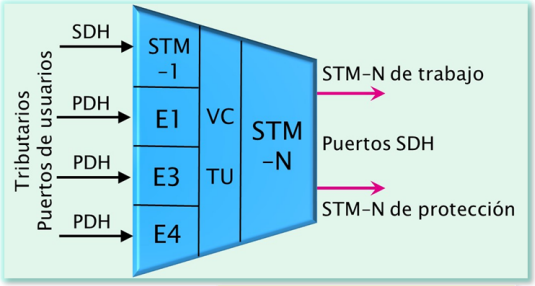
EQUIPOS SDH	
●Se dispone de **5 equipos básicos SDH**, con los cuales, adecuadamente combinados, se pueden crear diferentes tipos de **redes SDH**, y usarlas como red troncal de alta velocidad para transportar datos de usuario (carga) entre nodos de una red conmutada de circuitos o de paquetes.	
Equipos SDH	Tipo de red SDH
●Multiplexor STM + Demultiplexor STM	●Lineal punto a punto.
●Multiplexor STM + Demultiplexor STM + Multiplexor ADM	●Lineal punto a multipunto
●Multiplexores ADM	●En anillo
●Multiplexores ADM + Conector cruzado DXC	●En malla
●Repetidor R (opcional)	

MULTIPLEXOR/DEMULTIPLEXOR STM

Son equipos de terminación de ruta.

MULTIPLEXOR/DEMULTIPLEXOR STM
Descripción
●Marcan los puntos de **inicio** y **final** de un enlace SDH. Proporcionan la **interfaz** entre una red tributaria eléctrica y la red óptica.
●**El multiplexor** multiplexa señales eléctricas (PDH o SDH) y genera la señal óptica.
●**El demultiplexor** demultiplexa la señal óptica en sus señales eléctricas (PDH o SDH).
¿Hasta dónde llegan?
●Hasta el **sitio del usuario** con nodos multiservicio TDM y Ethernet.

Función del multiplexor STM-N



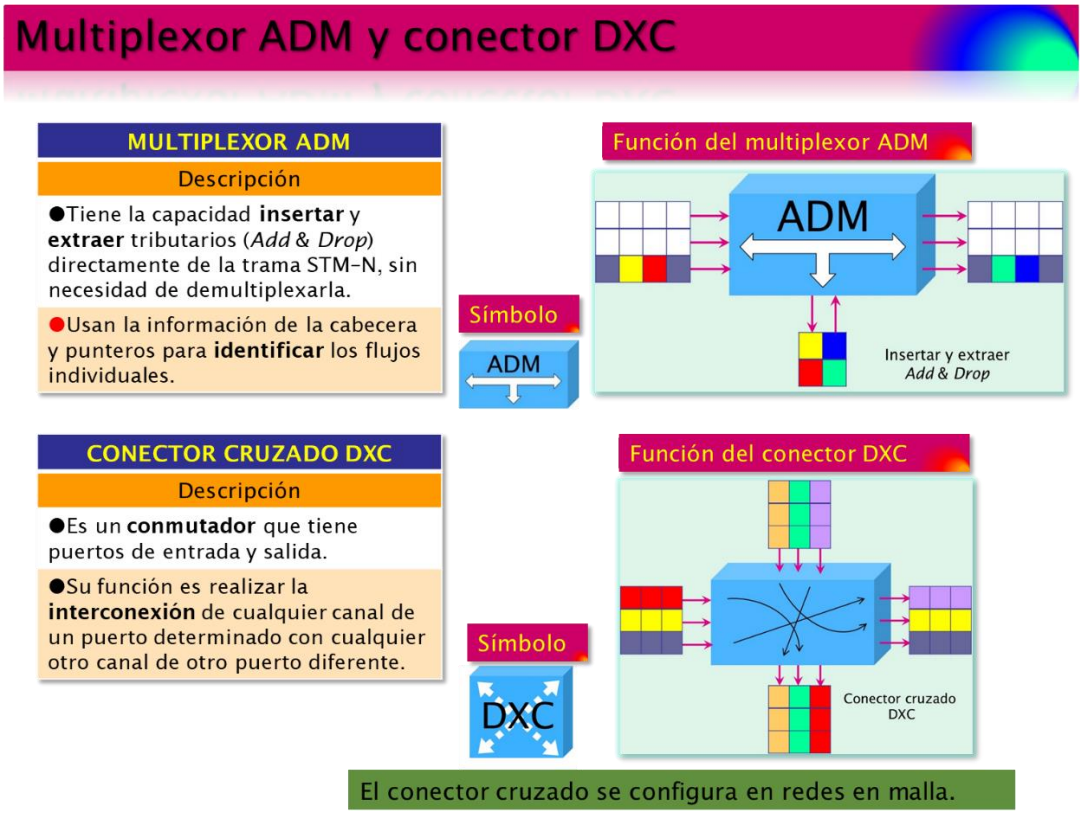
●El demultiplexor STM-N realiza las operaciones contrarias.

Símbolo

De ellos se dice que son multiplexores ADM subequipados, porque no necesitan equiparse para el mapeo pasante.

MULTIPLEXOR ADM Y CONECTOR DXC

Los ADM se configuran en redes lineales y en anillos.



REPETIDOR R

Extiende la longitud del enlace.
Reacondiciona, Resincroniza y amplifica la señal.

Inicialmente se ubicaba cada 50 Km y actualmente se logran distancias de hasta 150 Km entre multiplexores sin necesidad de un repetidor.

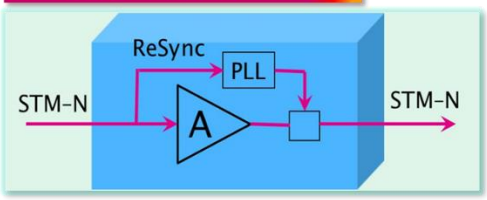
REPETIDOR R

Descripción

- reacondicionar
resincronizar amplificar

- Inicialmente se ubicaban cada 50 km, actualmente se logran distancias de **hasta 120 km** entre multiplexores sin necesidad de repetidor,

Función del repetidor R



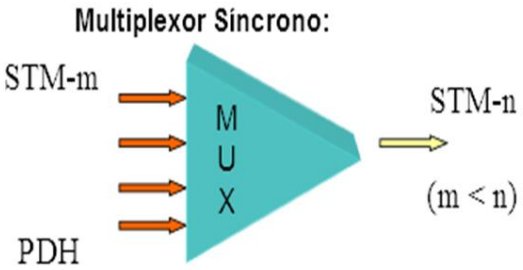
Símbolo

Fibra óptica

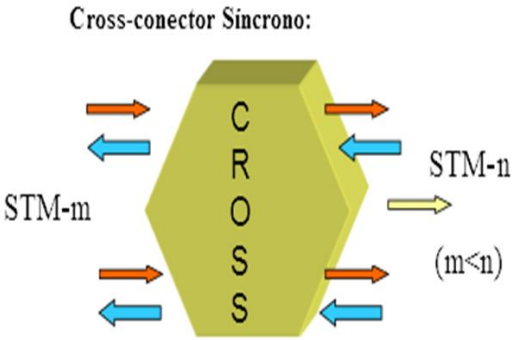
- El medio físico que conecta todos los equipos

Actualmente los repetidores se ubican cada 120 km.

- El multiplexor simplemente integra diferentes tributarios en una sola señal SDH. Tipos de tributarios:
  - PDH - 1.5 a 140 M de norma Europea/Americana.
  - SDH - de velocidad menor a la salida.



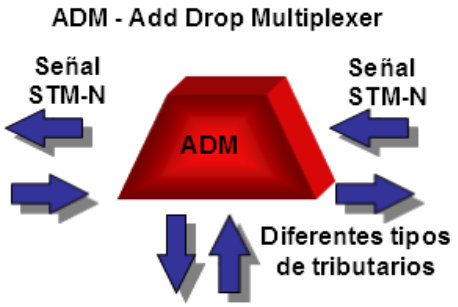
- El crossconector es un elemento de conmutación cuyas I/O son señales STM-N.
- Su función consiste en enrutar los VC de diferentes tamaños contenidos en los STM de un puerto a otro.



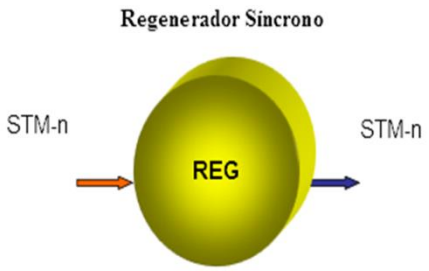
El ADM permite extraer / insertar tributarios de una señal STM en tránsito.

Tipos de tributarios:

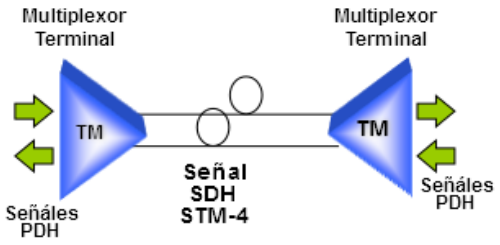
1. - PDH 1.5 a 140 M de norma europea / americana.
2. - SDH de velocidad menor a las salidas.



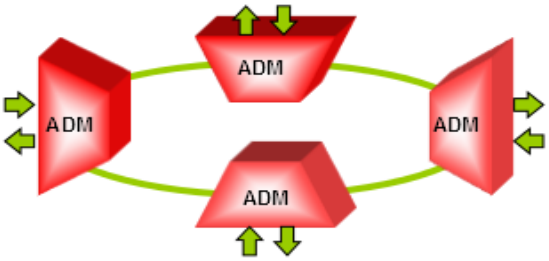
- La función del regenerador se limita a la restauración del nivel óptico de la señal óptica a fin de cubrir mayores distancias.
- Sin embargo, en SDH los regeneradores cuentan con cierta inteligencia pues son parte activa de las funciones de administración y mantenimiento.



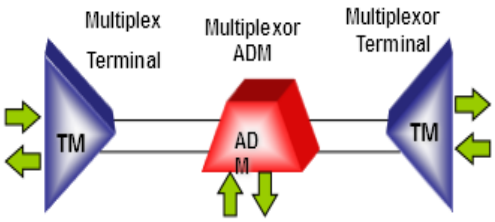
Ejemplos de topología.



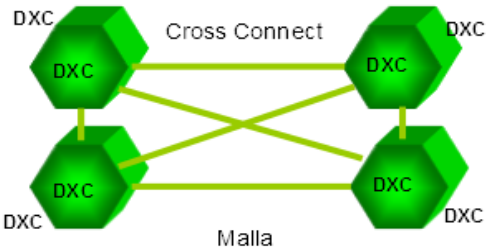
Bus Punto-Punto



Anillo Extracción/Inserción



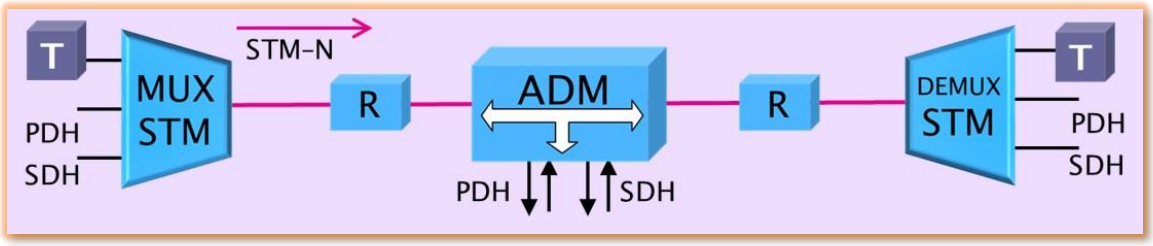
Bus Extracción/Inserción



Tran

La transmisión SDH se basa en equipos básicos interconectados por fibra óptica:

- ▶**MUX/DEMUX STM**: multiplexor y demultiplexor STM,
- ▶**ADM**: multiplexor de inserción/extracción,
- ▶**R**: repetidor y
- ▶**DXC**: conector cruzado.



El terminal T es el dispositivo de usuario que usa servicios SDH.

Conexiones
▪ **Ruta**: tramo que une un circuito completo. ▪ **Línea**: une 2 MUX contiguos. ▪ **Sección**: une 2 dispositivos.

LOS TRIBUTARIOS

Una red de transporte es un conjunto de enlaces y dispositivos asociados que transmiten información entre dos clientes o nodos en una red.

- A una red de transporte se les puede asociar diferentes tipos de tráfico de capas superiores.
- Las terminales de red son dispositivos localizados en cada nodo de la red de transporte SDH las cuales realizan tareas sobre el tráfico.

Tributario es un flujo de datos determinado.

Este flujo se combina con otros flujos tributarios mediante funciones de multiplexación para dar lugar a un único flujo de datos salientes en el que todos los tributarios son contenidos.

Las terminales soportan diferentes tipos de tributarios.

Por ejemplo, una terminal de red puede aceptar alguno de los siguientes tributarios para transportarlos directamente en su estructura de trama:

- Tramas PDH de 2 Mbps, 34 Mbps y/o 140 Mbps.
- Canales de voz analógicos.
- Tramas Ethernet que toman datos IP o datos provenientes de LAN.
- RDSI / ADSL.

Las terminales soportan diferentes tipos de tributarios. Que permiten el transporte eficiente de datos de distinto origen.

Los tributarios de una terminal SDH son las tramas, paquetes o datos con los que se puede ingresar a esa terminal SDH.

LOS CONTENEDORES

La señal tributaria es empaquetada en un módulo de transporte sincrónico, de modo que éste pueda ser transportado y gestionado a través de la red.

El contenedor es una entidad lógica cuya capacidad está definida de forma tal que asegura la transmisión de señales tributarias definidas en la jerarquía plesiócrona (PDH).

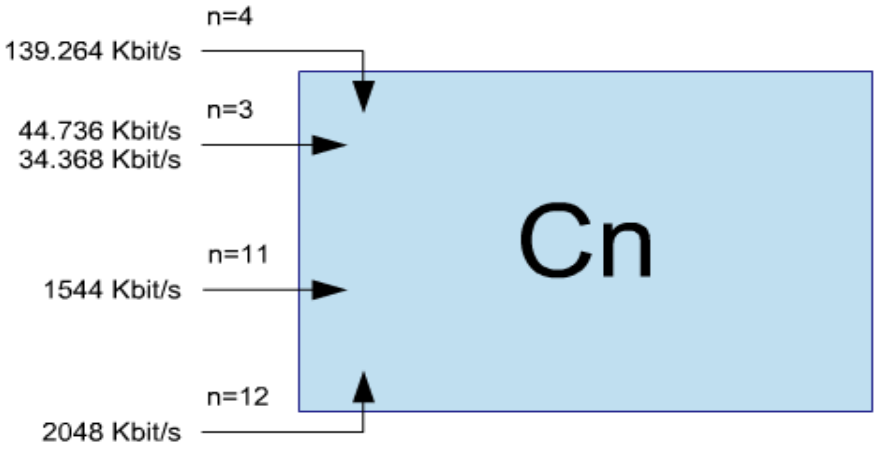
Cada señal transmitida por la red sincrónica es previamente encapsulada dentro de un contenedor, el cual está preparado para albergar esta señal y mantener la estructura de trama sincrónica.

Existen diferentes tipos de contenedores, cada uno de los cuales se corresponde con una señal de diferente tasa de transmisión.

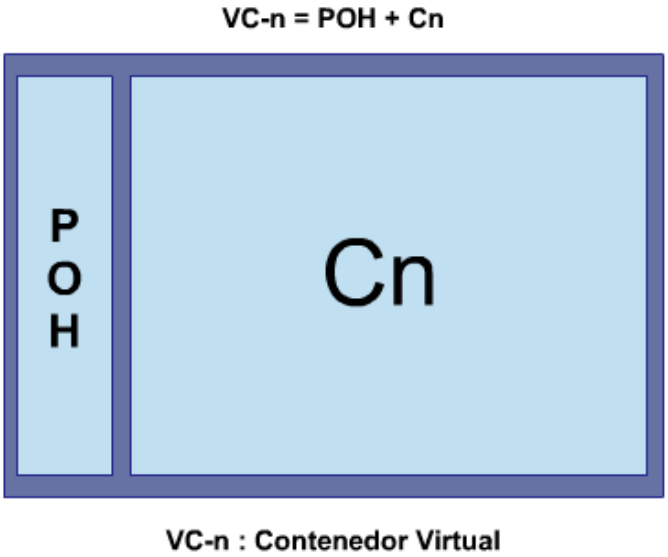
CONTENEDORES VIRTUALES

Cada contenedor posee algún tipo de control sobre la información asociada a él.

Esta información permite etiquetar el tráfico, así como trazar la señal a través de la red e identificarla para propósitos de protección y monitorización de cuentas de errores.



A este campo de control se lo denomina cabecera de ruta (POH - Path OverHead).



Una red SDH se utiliza como red troncal de alta velocidad para transportar carga entre nodos de redes conmutadas.

A la asociación de un contenedor Cn con una cabecera de camino (POH – Path OverHead) se la denomina contenedor virtual (VC).

Pueden ser:

- VC de bajo orden
- VC de alto orden

Los Contenedores virtuales de bajo orden son los VC-2 y los VC-1 (agrupados como VC-11, VC-12) y los VC-3.

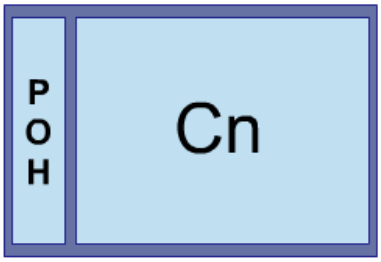
Los Contenedores virtuales de alto orden son los VC-3 y VC-4.

Esta distinción es importante debido a que los VC de bajo orden son formados por un contenedor y su POH correspondiente, pero los VC de alto orden contienen a VCs de bajo orden.

En la figura se empieza a desarrollar la generación de la trama STM-1 y además se detallan para cada orden "n", el VC-n que le corresponde.

En la siguiente figura se aprecia los distintos niveles de contenedores virtuales.

Contenedor virtual



VC-n = POH + Cn

Contenedor Cn	Contenedor Virtual (VC-n)	Trama PDH
C11	VC-11	1,5Mbps
C12	VC-12	2Mbps
C2	VC-2	6,3Mbps
C3	VC-3	45Mbps 34Mbps
C4	VC-4	140Mbps

MODULO DE TRANSPORTE SINCRONO

Ya vimos que una señal tributaria a ser transportada por una trama SDH es introducida antes en un contenedor virtual, pero ¿cómo es transportada en un enlace óptico?

La respuesta ha esto la encontramos en los módulos de transporte sincrónico (STM - Synchronous Transport Module).

- El VC es transportado a través de la red junto a otros VCs, ubicándolos en un STM. (Synchronous Transport Module).
- El contenedor virtual se ubica en el área de carga útil (Payload Area) del STM.
- La unidad básica de SDH es la estructura STM-1.
- Cuatro STM-1 son multiplexados para generar un STM-4 el cual tiene una mayor tasa de transmisión.
- STM -16 y STM-64 ofrecen tasas de transmisión mayores y consecuentemente soportan un número mayor de señales en su área de carga útil.
- De esta forma, los STM-4, STM-16 y STM-64 pueden ser vistos como tuberías más gruesas.

STM-N	Velocidad de Transmision
STM-1	155Mbps = 8000*(270octetos*8bits*9filas)
STM-4	622Mbps = 4*8000*(270octetos*8bits*9filas)
STM-16	2.5Gbps = 16*8000*(270octetos*8bits*9filas)
STM-64	10Gbps = 64*8000*(270octetos*8bits*9filas)

Como se dijo anteriormente, los datos se empaquetan en contenedores, que a su vez son estructuras que se transportan por la red SDH.

La trama STM-1 incluye un sistema de contenedores C en los cuales se empaquetan las tramas que contienen los datos de los usuarios para ser transportados por la red SDH.

Si al contenedor le agregamos una cabecera de ruta POH, se convierte en un contenedor virtual VC.

La cabecera se agrega en el nodo de origen y se retira En el de destino, permitiendo etiquetar el tráfico.

Los contenedores distintos tipos de tráfico además de PDH:

- IP de internet.
- ATM
- IP/MPLS

Existen diferentes **tipos**, en correspondencia con las velocidades de las tramas PDH:

TIPOS DE CONTENEDOR		
Contenedor	Velocidad Mbps	Trama PDH
●C-11	1,544	T1
●C-12	2,048	E1
●C-2	6,312	T2
●C-3	34,368 / 44,736	E3 / T3
●C-4	139,264	E4

La unidad básica de SDH es la estructura STM-1 y es la menor velocidad prevista para la transmisión.

La duración de transmisión de cada trama es de 125µs, la cual corresponde a una frecuencia de repetición de trama de 8000 Hz.

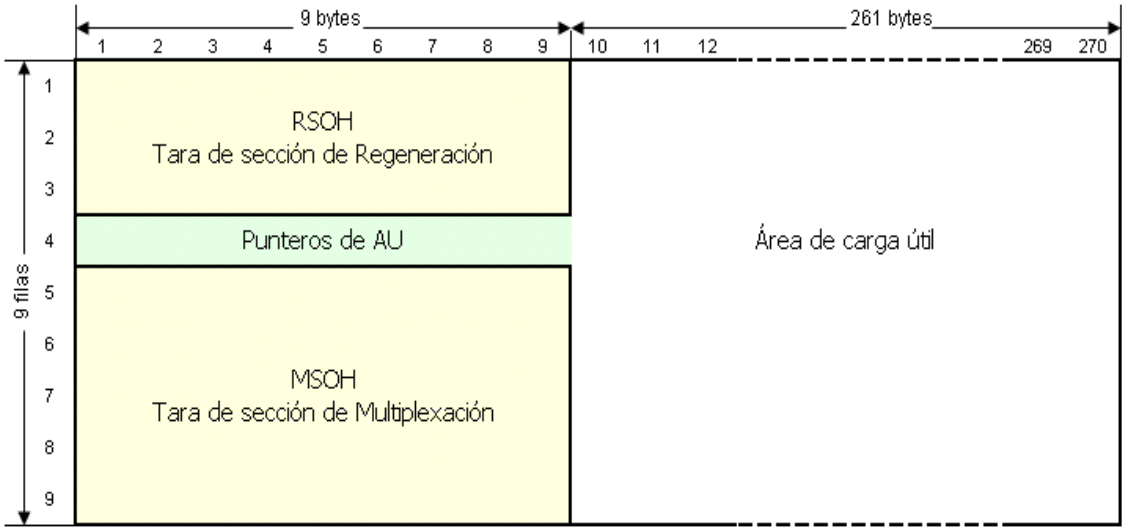
Esta matriz de la trama SMT-1debe ser recorrida en izquierda a derecha, y en sentido descendente, para así ir siguiendo la secuencia en serie.

La capacidad de transmisión de un byte individual es de 64Kb/s.

No hay que perder de vista que esta es solamente una representación, en realidad los bits van siguiendo una secuencia en serie, es decir cuando terminamos de recorrer una matriz, comenzaría la siguiente.

TRAMA SMT-1

Esta trama está formada por 270 octetos de 9 filas de bits transmitidas 8000 veces por segundo por lo tanto cada nivel es STM-1 (270x8) (9 filas) (8000) = 155 Mbps.



El utilizar 9 filas hace posible que todos los bytes en una columna pertenezcan a una misma señal tributaria.

Está estructurada como 270 columnas (bytes) por 9 filas en las que las nueve primeras columnas de la estructura corresponden con la cabecera de sección (SOH), y las restantes 261 columnas son el área de payload. En el área de payload viaja el CV.

Orden de transmisión.

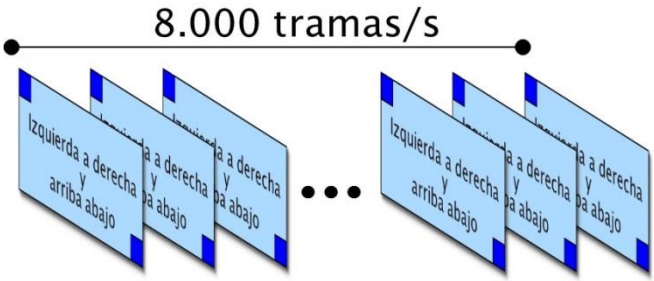
Para cada trama, los bytes se transmiten de izquierda a derecha y de arriba abajo. Para cada byte, los bits se transmiten desde el más significativo al menos significativo (de izquierda a derecha).

Información que transporta.

SDH se diseñó para que cada byte en una trama STM–1 transporte los datos de un canal de voz de 64 kbps. La voz se muestrea a 8.000 muestras/s y se codifica a 8 bits por muestra.

Velocidad de la trama.

Por tanto, una trama STM–1 transporta simultáneamente 2.430 canales de voz de 64 kbps; su velocidad es = 2.430 × 64 kbps = 155,52 Mbps, es decir 8.000 tramas/s.



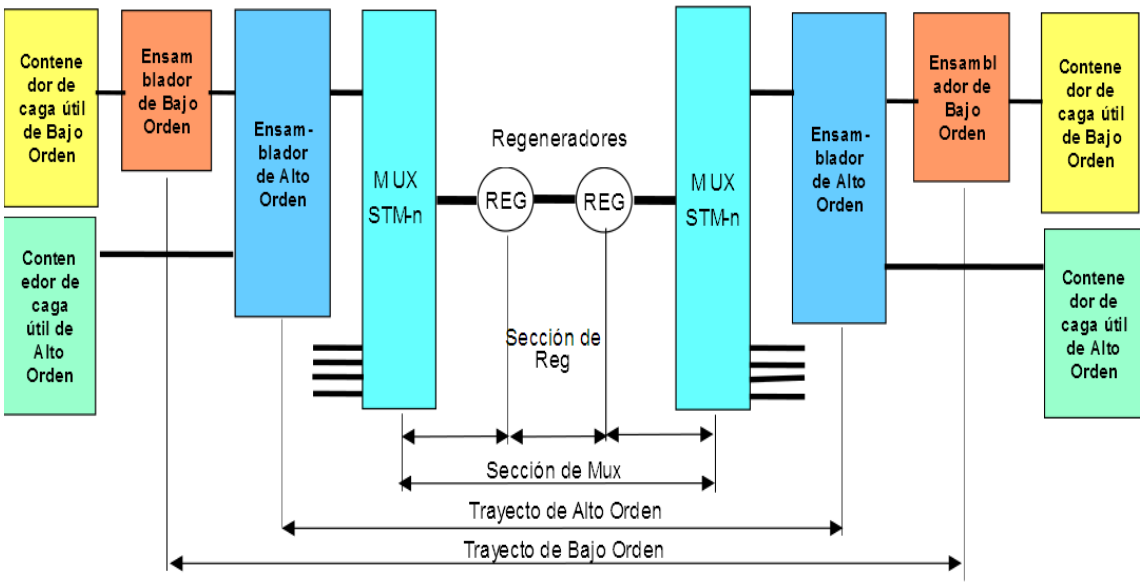
STM-16 y STM-64 ofrecen tasas de transmisión mayores y consecuentemente soportan un número mayor de señales en su área de carga útil.

De esta forma, los STM-4, STM-16 y STM-64 pueden ser vistos como tuberías más gruesas.

LOS ENCABEZADOS

Los encabezados son utilizados por el sistema para supervisión y mantenimiento y están presentes en:

- Sección de regeneración.
- Sección de multiplexaje.
- Trayectoria de punta a punta.



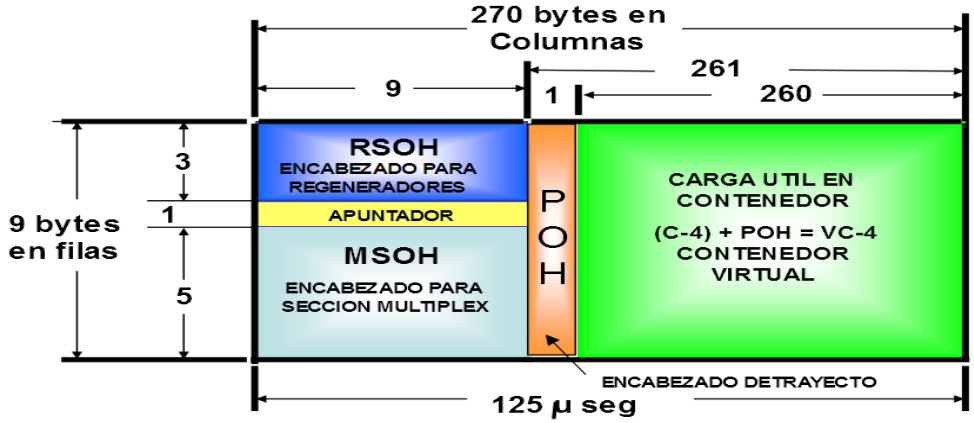
Los tributarios de 2Mbps de las tramas PDH son multiplexados a una trama STM-1 en un solo paso.

Para mantener la compatibilidad se utiliza la subdivisión del área de payload de la trama STM-1 en varias formas, de modo que estas puedan transportar diversas combinaciones de señales tributarias, tanto síncronas como plesiócronas.

Usando este método, los sistemas de transmisión síncronos pueden manejar señales generadas por dispositivos de jerarquía digital plesiócronos (PDH)

Para los propósitos de la red de gestión y mantenimiento, la red de SDH puede ser descripta en función de tres diferentes sectores dentro de la red.

Estas son la Multiplexer section overhead (MSOH), Regenerator section overhead (RSOH), y Path overhead (POH).



La cabecera de sección (SOH – Sección OverHead) es un conjunto de bytes de información para proveer un canal de comunicación entre nodos adyacentes, lo que habilita el control de la transmisión sobre el enlace.

Las cabeceras de sección son las que permiten a los dos nodos "hablar" entre sí ante la presencia de una falla en la sección.

El camino o ruta es un circuito punto a punto para conducir el tráfico. Es la trayectoria seguida por un contenedor virtual a través de la red.

Una "sección" es definida como el enlace de transporte entre dos nodos adyacentes.

Un camino o ruta a su vez está compuesto una o varias secciones.

El tráfico de los usuarios finales será transportado en contenedores virtuales por un determinado camino, a través de varias secciones.

Una trama STM está dedicada a una única sección y es procesada en cada nodo y un nuevo STM con nuevas cabeceras es construido para enviar la información a través de la siguiente sección.

El contenedor virtual, por el contrario, sigue un camino o ruta a través de múltiples secciones, de modo que la cabecera de camino del VC permanece con el contenedor de extremo a extremo del camino.

ESTRUCTURA DE MULTIPLEXACION SDH

- **Contenedor (C-n):**
  Estructura que forma la carga útil de información.
- **Contenedor virtual (VC-n):**
  Estructura de información usada para establecer conexiones entre los diferentes niveles del trayecto.
- **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):**
  Agrega apuntadores a los contenedores virtuales.
- **Grupo de unidades administrativas(AUG-n):**
  Agrupa varios AUs que van juntos para formar un SDH de primer orden.

- Módulo de transporte síncrono (STM-n):
  Estructura que agrega facilidades para supervisión y mantenimiento.

La construcción del área de carga de la trama STM es definida por la estructura SDH.

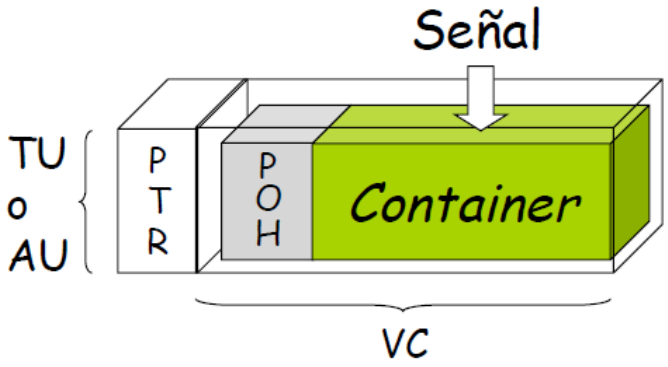
Las tasas de transmisión de los clientes son mapeadas a contenedores (Cn) de diferentes niveles y a cada uno se le añade una cabecera de ruta (POH) para dar lugar a un contenedor virtual (VC-n).

Los VC forman unidades tributarias (TU – Tributary Units) que consisten en la suma de los contenedores virtuales más el puntero asociado, donde el puntero indicará la posición del contenedor virtual dentro de la unidad tributaria.

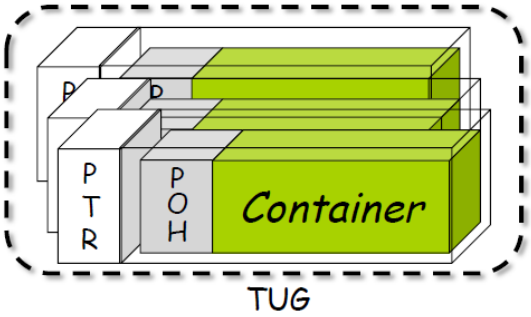
ENTRAMADO

Un VC de orden inferior puede transportarse dentro de uno de orden superior pero la asincronía puede ser un problema.

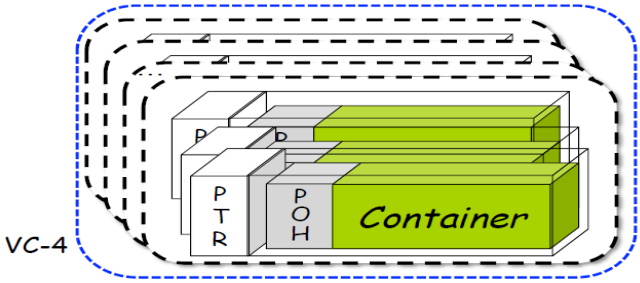
- Se localiza un VC dentro de otro gracias a un Puntero
- VC + Puntero = Tributary Unit (TU)



Varios TUs pueden agruparse en un Tributary Unit Group (TUG) sin mayor sobrecarga (es una agrupación solo en gestión).

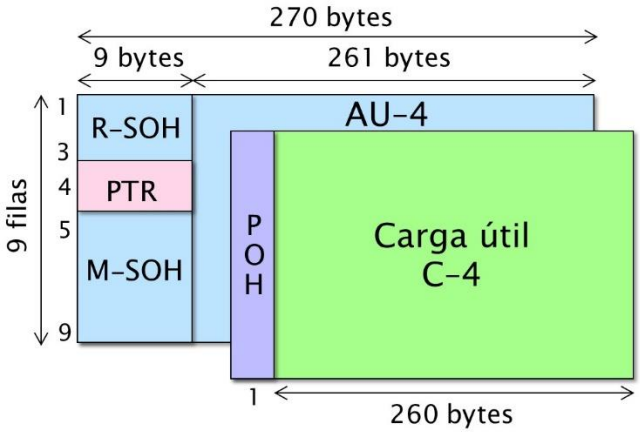


Agrupando TUGs se llega a formar un Contenedor de orden superior (VC-4)



El contenedor visto de manera esquemática:

La trama SMT-1



Observe en la figura que el contenedor C–4 es el que contiene la carga útil de usuario que se transporta en una trama STM–1.

9 x 260= 2.340 bytes= 18720 bits.

La cabecera de ruta POH se usa para etiquetar la información de usuario entre los nodos de la red.

9 x 1=9 bytes = 72 bits.

El puntero PTR, indica el inicio de la unidad tributaria empaquetada en un contenedor.

1x9= 9 bytes= 72 bits.

La cabecera de sección de regeneración R-SOH y de multiplexación M-SOH, Se usan para tareas de gestión, mantenimiento, Re-enrutamiento, monitorización, etc.

8x9=72 bytes=576 bits.

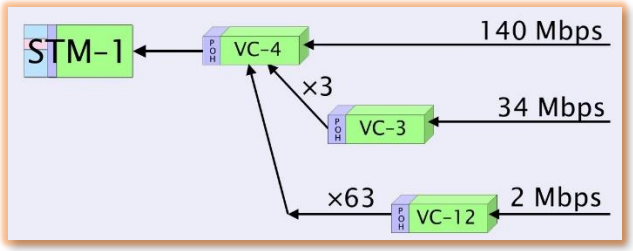
Sumando, obtenemos que la trama tiene un total de 2.430 bits.

Diferentes opciones para llenar un contenedor C-4

RELLENO DEL C-4

●Existen diferentes opciones de **mapeo PDH** para rellenar el contenedor **C–4** a partir de contenedores de orden inferior.

Opción	C–12 E1≈2 Mbps	C–3 E3≈34 Mbps	C–4 E4≈140 Mbps
●1	–	–	1
●2		3	
●3	21	2	–
●4	42	1	
●5	63	–	–



La figura muestra 3 opciones de mapeo para rellenar el VC–4:

- con un solo flujo de **140 Mbps**,
- con 3 flujos de **34 Mbps** y
- con 63 flujos de **2 Mbps**.

Son posibles también otras combinaciones.

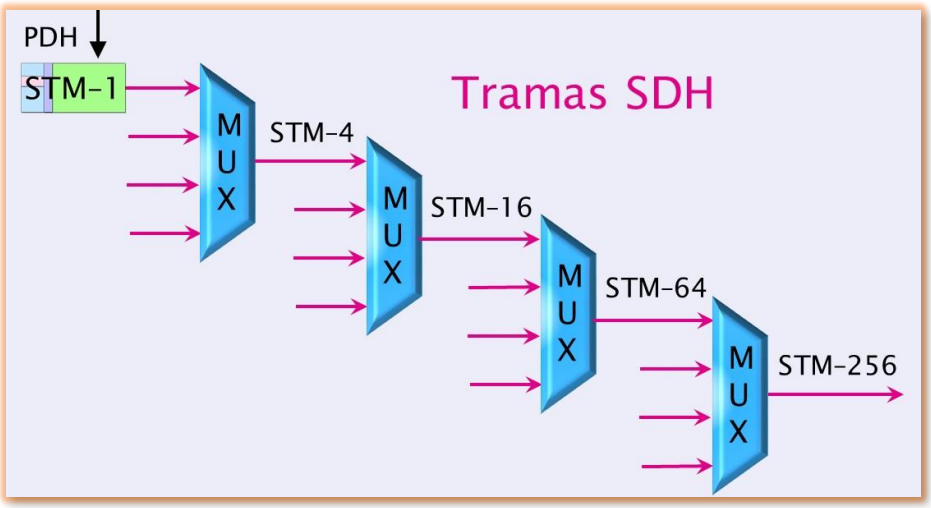
Transporte de telefonía.

SDH se usa ampliamente en las compañías telefónicas, ya que permite la transmisión de múltiples **canales telefónicos**. La trama STM-1 tiene la capacidad de transportar simultáneamente **63 flujos E–1**, es decir **1.890 llamadas telefónicas**.

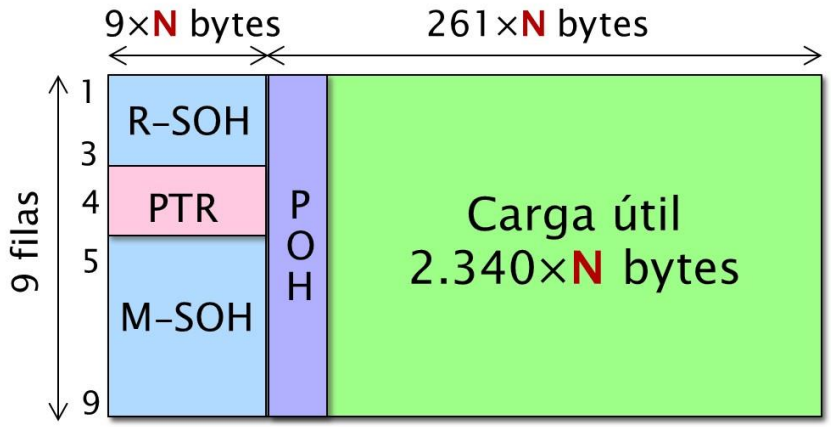
MULTIPLEXACION STM

Las tramas de menor velocidad se multiplexan por TDM para generar una trama de mayor velocidad. La multiplexación se realiza byte a byte.

La multiplexación con TDM es **síncrona**. Todos los relojes de las redes están sincronizados con un **reloj maestro** para conseguir la sincronización.



Formato de la trama STM-N



Las tramas STM-Npueden transportan varios flujos E1.

Se sugiere realizar este pequeño ejercicio.

Suponga que necesita diseñar una **red óptica SDH** entre las ciudades A y B, para el transporte de 30.000 llamadas telefónicas que, en forma simultánea, se realizan en la hora pico.

a) Determine el tipo de **trama STM** a utilizar y su velocidad.

b) Calcule la cantidad de **tributarios E1** que puede transportar la trama.

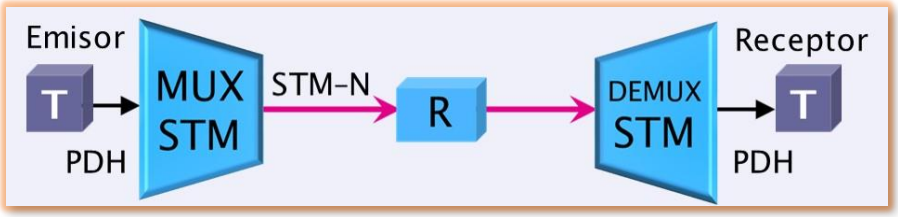
c) Calcule la cantidad de **bytes** que tiene la trama.

d) Calcule la **duración** de la trama.

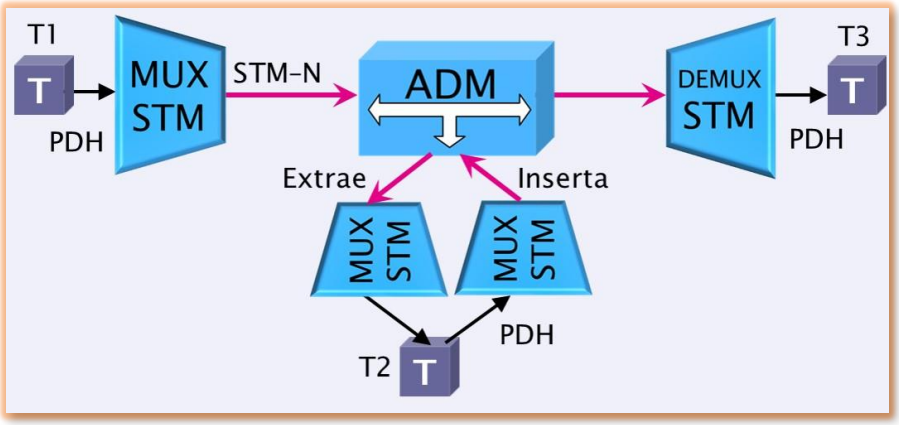
e) Dibuje un diagrama de bloques con los **equipos** que intervienen en el enlace. Incluya la modulación óptica.

SDH - REDES LINEALES

Red lineal punto a punto:



Red Lineal punto a multipunto.



Usa un ADM para permitir la comunicación entre varios terminales.

Cada terminal puede enviar datos a 1 o más terminales; el ADM extrae la señal que pertenece al terminal conectado al mismo.

Normalmente es utilizada en geografías con sitios de interconexión que siguen una **vía terrestre**, **fluvial** o **costa marítima** y donde la densidad demográfica de zonas adyacentes en cientos de km no justifica otra topología.

Fin de la clase
UAI
Universidad Abierta
Interamericana

REDES ADMINISTRATIVAS

UNIDAD 2: REDES OPTICAS DE TRANSPORTE

CLASE 4 Multiplexación WDM CWDM DWDM FDDI

Bienvenidos a la clase 4, en esta ocasión continuamos viendo las redes ópticas de transporte.

La tecnología conocida como Multicanalización por división de longitud de onda (WDM), es hoy uno de los temas de mayor interés dentro del área de la infraestructura de redes ópticas, debido a la necesidad cada vez más creciente de ampliar las capacidades de transmisión en las redes de telecomunicaciones.

Esta tecnología multiplexa varias señales sobre una sola fibra óptica mediante portadoras ópticas de diferente longitud de onda, usando luz procedente de un láser o un LED.

FOTONICA

Actualmente, se está llegando a los límites de miniaturización de los circuitos electrónicos.

Además, el límite de la conmutación electrónica se estima en 50 giga bits por segundo.

Se necesitan velocidades de Terabits por segundo para acomodar el rápido crecimiento de la Red Internet y su demanda de ancho de banda. Por lo que las tecnologías basadas en la multiplexación por división de tiempo (TDM) usada en la mayor cantidad de redes por fibra óptica se hace muy costosa para alcanzar el crecimiento de tráfico demandado.

Las redes ópticas sincronizadas SONET y la jerarquía Digital Sincronizada (SDH), operan a 40 giga Bits por segundo en su mayor capacidad y tienen limitaciones en las fuentes de rayos láser.

El enlace por fibra óptica permite más ancho de banda que el de cable.

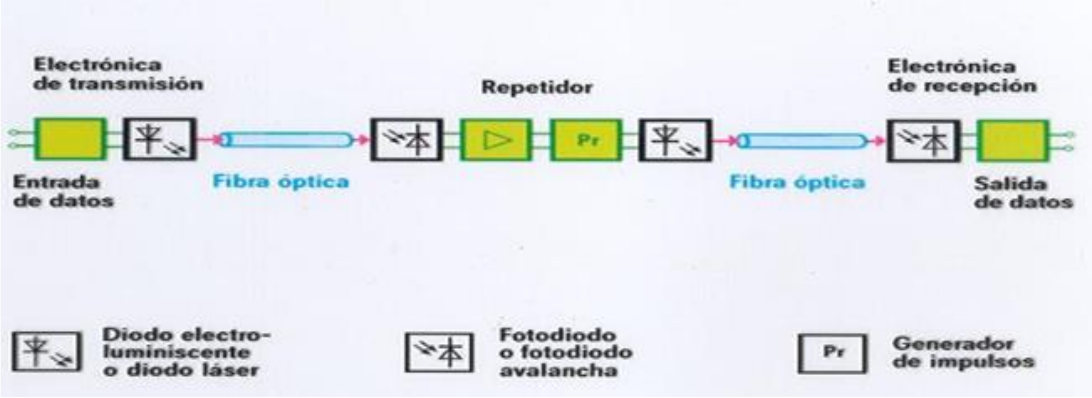


figura 1 tecnología optoelectrónica.

El procesamiento electrónico de la señal siempre se tiene:

- al procesar la señal de información en el transmisor
- al crear la señal óptica
- al regenerar la señal en el repetidor
- al procesar la señal en el receptor

Se pretende que la señal tenga el menor ancho de espectro posible.

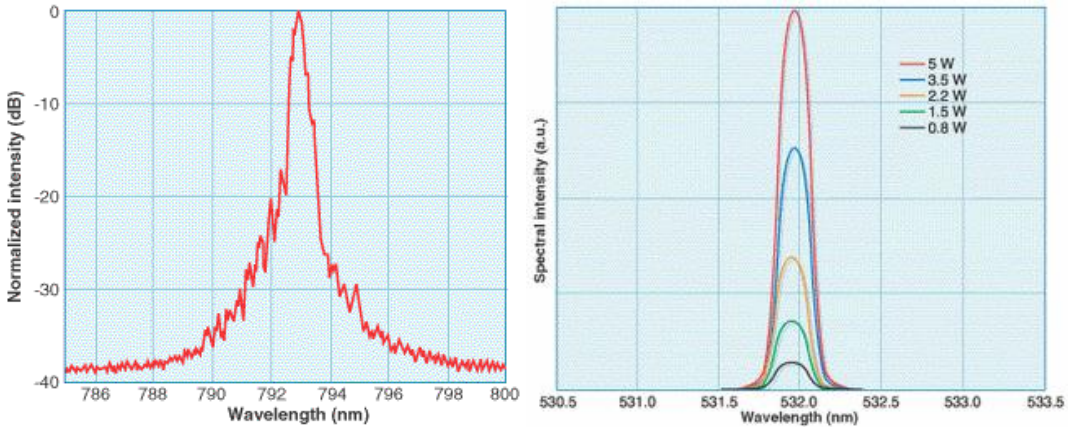


figura 2 Diodo Laser

Existen distintas clasificaciones de las fibras ópticas de acuerdo con su aplicación. Puede ser según el modo de propagación, según el índice de refracción y también según los materiales de fabricación como plástico y de **SiO_2** con distintos materiales dopantes como B_2O_3, GeO_2 o P_2O_5).

En el siguiente esquema se resumen distintos tipos de fibra óptica.

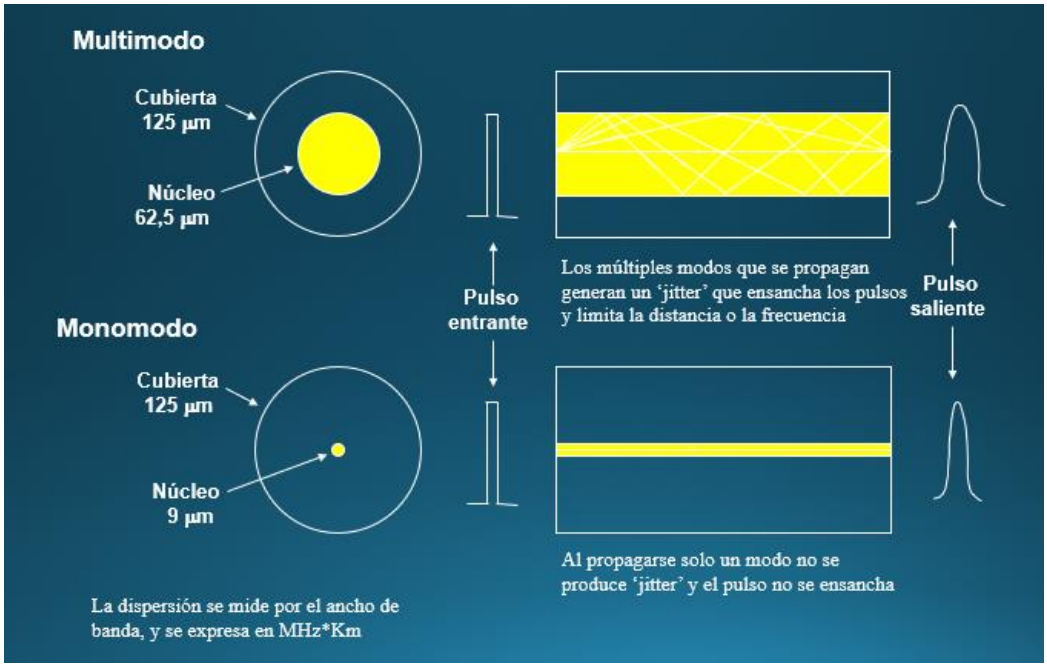


figura 3 tipos de fibra óptica

DISPERSION CROMATICA

La velocidad de la luz en el vidrio depende de su índice de refracción. El índice de refracción depende de la longitud de onda, por lo que las diferentes componentes de un pulso viajan a diferente velocidad (las frecuencias mayores viajan más rápido. Como consecuencia de esto el pulso se ensancha.

Para atenuar este efecto se han desarrollado en los últimos años fibras especiales:

- DSF (Dispersion Shifted Fiber)
- NZDS (Non-Zero Dispersion Shifted)
- DCF (Dispersion Compensating Fiber)

El efecto de la dispersión cromática es más importante cuanto mayor es la frecuencia de los pulsos (es decir, la tasa en bits/s) y la distancia física que la señal ha de recorrer en la fibra.

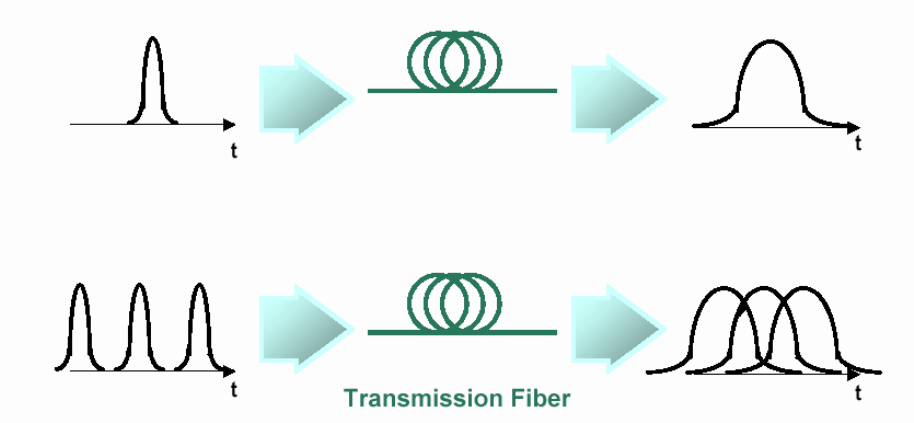


figura 4 frecuencia y distancia de la señal

El efecto de la tasa de bits en la dispersión no es lineal. La dispersión aumenta con el cuadrado de la tasa de bits.

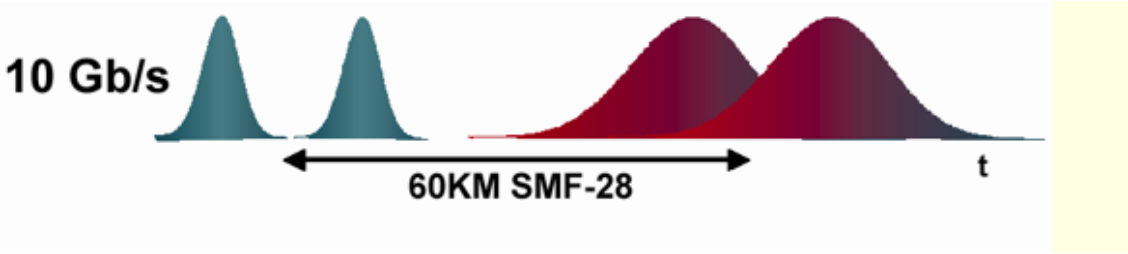
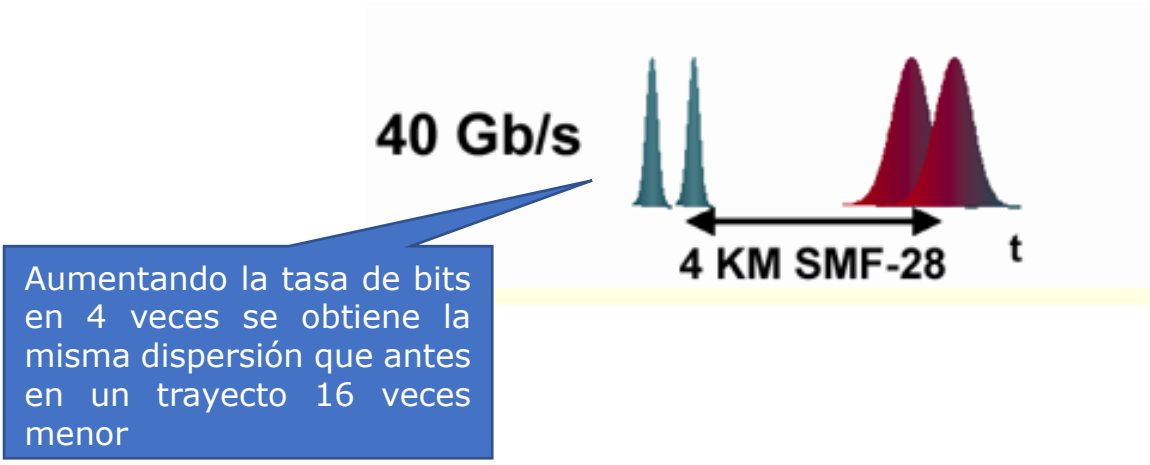


figura 5 Dispersión no lineal



ATENUACION SEGÚN LA LONGITUD DE ONDA

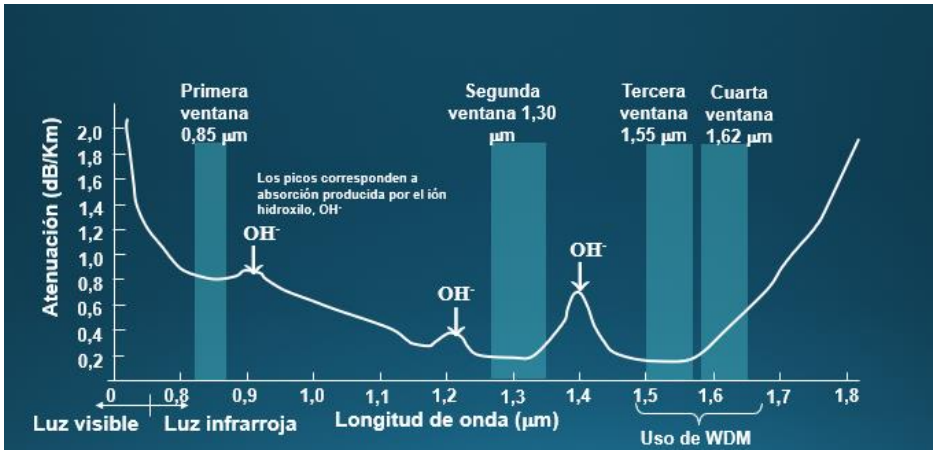


figura 6 Atenuación en fibra óptica

Aquí se puede observar la atenuación de la fibra óptica en función de la longitud de onda. Como se indica en la figura las crestas que aparecen se deben a la absorción debida al ion hidroxilo, OH-. A medida que las técnicas de fabricación de fibra óptica van mejorando la altura de esas crestas disminuye.

Se espera que en el futuro se pueda reducir la cresta de 1,4 micras, lo cual permitirá ensanchar la segunda y tercera ventana.

VENTANAS DE LA FIBRA OPTICA

La fibra óptica no es igualmente transparente a todas las λ (longitudes de onda); hay cuatro ventanas en las que es más transparente:

Ventana	λ (nm)	Atenuac.(dB /Km)	Alcance (Km)	Costo opto-electrónica	Usos
1ª	820 900	2,3	2	Bajo	LAN (GE)
2ª (banda S)	1280 1350	0,5	40	Medio	LAN (GE, 10GE), WAN (SONET)
3ª (banda C)	1530 1565	0,28	160	Elevado	LAN (GE, 10GE), WAN (SONET,WDM)
4ª (banda L)	1565 1625	0,35		Muy elevado	DWDM

figura 7 Ventanas

Cada ventana tiene una atenuación diferente, lo que condiciona el alcance máximo de la señal luminosa.

Las longitudes de onda mayores tienen atenuaciones menores, por lo que las conexiones de largo alcance se suelen hacer en tercera ventana.

Muy recientemente se ha empezado a utilizar también una cuarta ventana un poco más allá de la tercera, en la zona de los 1625 nm.

Para largas distancias (más de 2 Km) o altas velocidades (más de 600 Mb/s) se emplean emisores láser exclusivamente. Los emisores más sencillos y baratos son los de primera ventana; los más complejos y caros son los de tercera y cuarta.

REDES DE COMUNICACIÓN OPTICA

El incremento de la demanda de ancho de banda en las comunicaciones junto con el costo elevado del despliegue de cables nuevos conduce a la búsqueda de métodos para incrementar o aprovechar la capacidad de la fibra óptica existente.

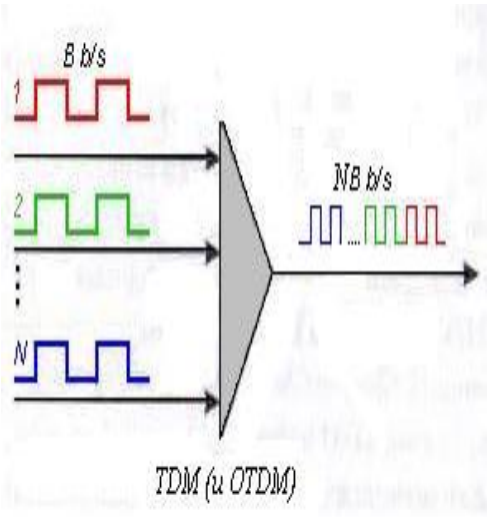
La multiplexación es una técnica empleada para combinar información de diferentes orígenes sobre un medio de comunicación común, logrando reducir los costos y la complejidad de la red de comunicaciones.

Existen diferentes técnicas de multiplexación que pueden ser combinadas, para aumentar la capacidad de transmisión de un enlace óptico:

- **TDM**, time division multiplexing.
- **SDM**, space division multiplexing.
- **WDM**, wavelength division multiplexing.
- **SCM**, subcarrier multiplexing.
- **CDM**, code division multiplexing.

MULTIPLEXACION POR DIVISION DE TIEMPO. TDM

La técnica de multiplexación por división en el tiempo (TDM, Time División Multiplexing), como muestra la siguiente figura, logra incrementar la velocidad de transmisión binara intercalando datos de distintos canales, formando una cadena de datos de mayor velocidad.



Los dos principales problemas de la TDM son la dispersión cromática y la PMD (Polarization mode dispersion). Estos efectos limitan la capacidad de incremento de la tasa binaria conseguida mediante la TDM
Otra limitación de la TDM viene dada por la velocidad a la que operan los circuitos electrónicos, que se supera mediante la multiplexación en el dominio óptico, OTDM.

MULTIPLEXACION POR DIVISION DE ESPACIO. SDM

Esta técnica tiene dos inconvenientes que afectan al costo del sistema de comunicaciones en el que se emplea.

El primero inconveniente surge a la hora de ampliar el número de fibras en un enlace existente.

Esta operación es muy cara, incluso en distancias cortas, en el caso de que sea necesario poner cables nuevos.

Por ello, cuando se instala un nuevo enlace óptico, el cable contiene cientos de fibras ópticas para evitar la instalación de futuros cables.

La segunda desventaja de SDM es que por cada fibra se requiere un equipo de amplificación o repetidores por lo que el costo de la infraestructura se incrementa considerablemente para enlaces de grandes distancias.

Las técnicas de multiplexación TDM y WDM permiten compartir los amplificadores y/o repetidores entre varios canales reduciendo así el costo.

La SDM es una técnica competitiva cuando las distancias en las que se va a emplear son tan cortas que no se requieren equipos de amplificación o repetidores.

MULTIPLEXACION POR DIVISION EN LONGITUDES DE ONDA. WDM

¿Cuál es su función?

Enviar varias señales a diferentes longitudes de onda, es decir diferentes λ por una misma fibra (luz de varios 'colores').

WDM puede ser:

- **Densa** (DWDM, 'Dense' WDM): se utilizan 16 o más λ
- **Ligera** (CWDM 'Coarse' WDM): se utilizan 2 o 4 λ

WDM transmite por una misma fibra varias señales cada una en una longitud de onda diferente y con la misma tasa binaria, sin que interfieran entre sí ya que están lo suficientemente separadas.

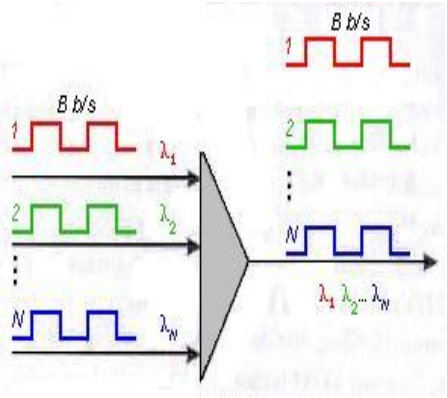


figura 8 MUX WDM

La técnica consiste en emplear varias fibras ópticas entre los dos extremos de un enlace, una para cada canal de comunicación.

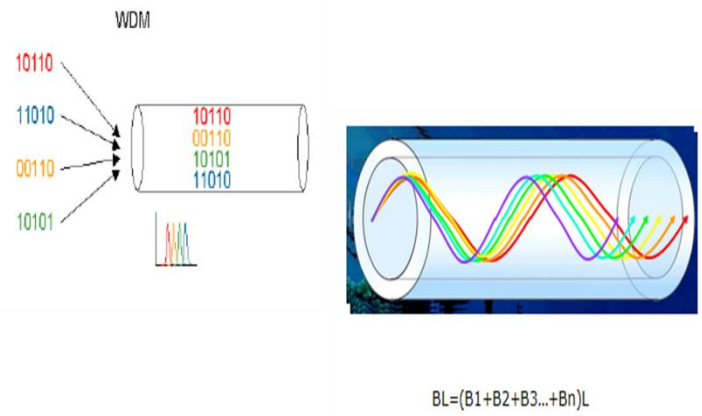


figura 9 Funcionamiento de WDM

COMPOSICIÓN Y DESCOMPOSICIÓN ÓPTICA APLICADO EN WDM.

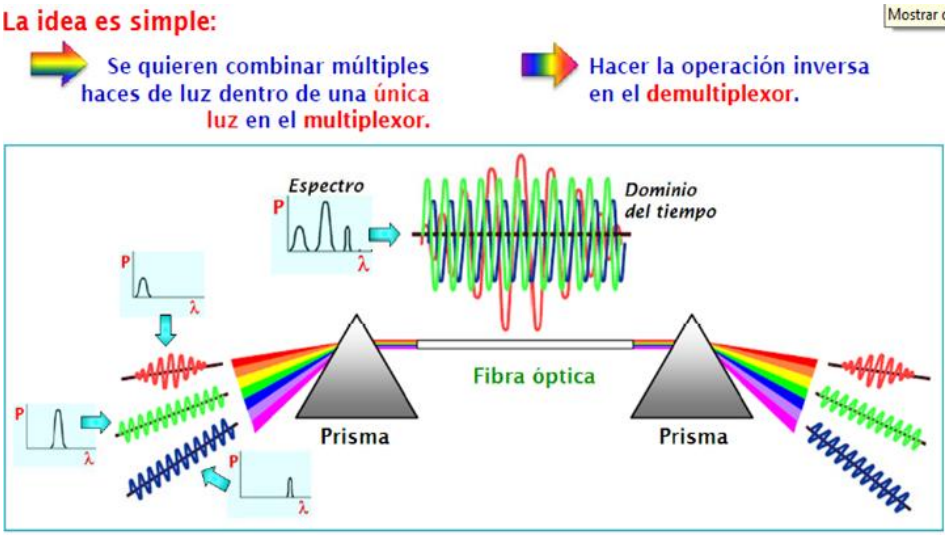


Figura 10 Composición y descomposición WDM

Los transmisores están constituidos con láser monomodo (SLM) con modulación externa para reducir el chirp (variación temporal de la frecuencia de la luz (del azul al rojo o del rojo al azul).

Las señales de cada canal se combinan mediante un multiplexor WDM antes de ser introducidas en la fibra óptica.

A lo largo del enlace se emplean EDFAs para contrarrestar la atenuación.

En el receptor los canales son separados mediante un demultiplexor WDM y conducidos a un receptor.

Además, se puede extraer un canal específico en un punto intermedio del trayecto mediante multiplexadores ópticos de inserción/extracción (OADM, Optical Add-Drop Multiplexer).

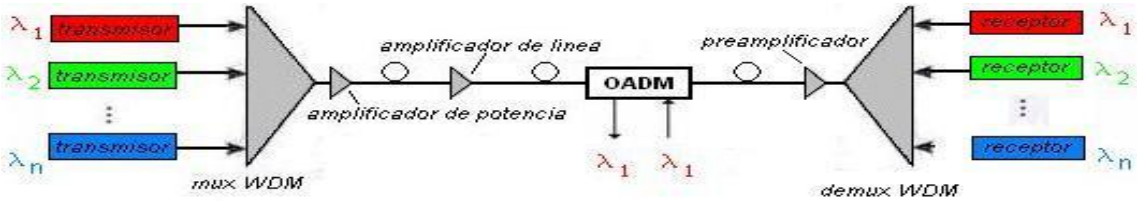


figura 10 Esquema de WDM

Las señales monocromáticas de diferentes λ son generadas por láseres y conducidas por n fibras hasta le multiplexor.

El multiplexor combina las señales que le lleguen en una señal policromática que se envía a una sola fibra para su transmisión.

El demultiplexor separa las diferentes λ de la señal policromática para su correspondiente procesamiento.

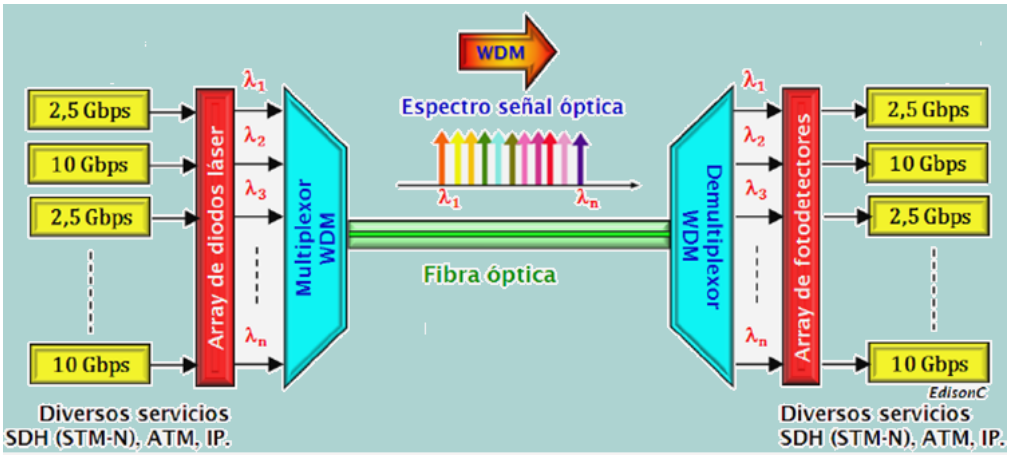


figura 11 Multiplexación y demultiplexación WDM

ENLACES PUNTO A PUNTO

En un enlace punto a punto de fibra óptica existe una fuente de luz localizada en el extremo transmisor y un fotodetector en el extremo receptor.

La capacidad alta del enlace depende de la separación entre los canales adyacentes.

Existen factores que limitan la separación entre canales.
Estos son:

- Estabilidad y sintonía de láser DFB
- Degradación de la señal durante la transmisión por efectos no lineales
- Crosstalk intercanal durante el multiplexing

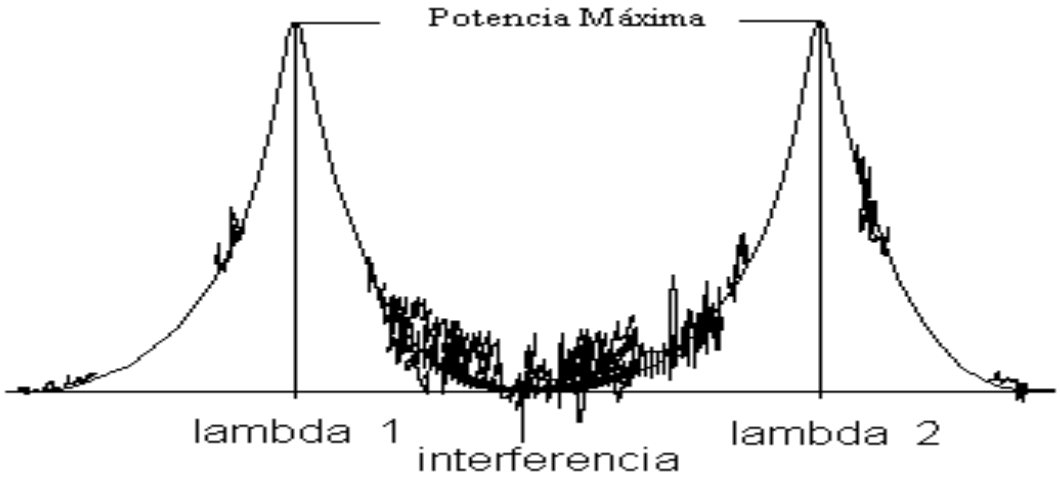


figura 12 Limitación entre canales

Las fibras que mantienen la polarización guían la luz hacia dos ejes de propagación principales ortogonales. Es posible que la luz de un eje principal cambie al otro por desalineación.

Dentro de los sistemas WDM existen dos subtipos:

- Los sistemas SWDM (WDM simple), en los cuales las longitudes de onda de las portadoras se encuentran distanciadas ampliamente; por ejemplo, utilizando una portadora a 1550 nm y otra a 1310nm.
- Sistemas DWDM (WDM denso), en estos sistemas el espaciado entre las longitudes de onda de los canales es muy reducido, dando lugar a una gran densidad de canales. Estos sistemas consiguen la máxima eficiencia en el uso de la fibra. Cuando se habla de sistema WDM sin indicar la categoría se hace referencia a este segundo grupo de sistemas.

Para garantizar la compatibilidad de los productos de distintos fabricantes y diseñadores de equipos se estableció un estándar por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). Éste establece una malla o rejilla de longitudes de onda para la ubicación de los canales WDM.

EVOLUCION DE WDM

Generación	**Ventana**	**Número de λ**	**Denominación**	**Separación**	**Años**
1ª (WDM)	2ª y 3ª	2	Wideband WDM	240 nm	Finales de los 80
2ª (WDM)	3ª	2-8	Narrowband o Coarse WDM	400 GHz (3,2 nm)	Principios de los 90
3ª (DWDM)	3ª	16-40	Dense WDM	100-200 GHz (0,8-1,6 nm)	Mediados de los 90
4ª (DWDM)	3ª	64-160	Dense WDM	25-50 GHz (0,2-0,4 nm)	Finales de los 90

LAS VENTAJAS DE WDM SOBRE TDM

Con esta técnica se aprovecha mejor el ancho de banda de la fibra óptica.

Las tasas de transmisión binaria de cada canal son más bajas que la de la señal multiplexada TDM, por lo que la distancia de transmisión límite impuesta por la dispersión cromática es mayor que en un sistema

TDM. De la misma manera la limitación que impone la PDM no es tan grave.

Además, la distancia entre repetidores y amplificadores es mucho mayor al poder empelarse EDFAs por operar en la tercera ventana.

El sistema es más escalable. Es decir, la capacidad de transmisión se puede incrementar de forma modular añadiendo nuevas longitudes de onda.

El diseño de los sistemas WDM es transparente al formato y velocidad de transmisión de los datos. Lo cual es la principal ventaja de esta técnica.

En redes complejas es más sencillo emplear WDM frente a TDM porque la extracción y la inserción de canales es más sencilla gracias a los elementos ópticos como los OADM.

LOS INCONVENIENTES DE WDM.

Los sistemas WDM no son apropiados en fibras DSF debido a las consecuencias del efecto no lineal de FWM (*four-wave mixing*).

Los amplificadores ópticos empleados en WDM requieren un perfil de la ganancia plano, además de proporcionar una ganancia independiente del número de longitudes de onda.

WDM requiere disponer de un receptor y un láser para cada longitud de onda, lo cual incrementa su coste. Aunque en TDM basta con un único láser y receptor, la electrónica asociada a la multiplexación y demultiplexación es más cara.

La transparencia de los sistemas WDM es también un inconveniente a la hora de monitorizar las señales pues no se desconoce el formato y la tasa binaria de cada canal. Lo que dificulta el monitoreo de la tasa de error de bit (BER, *bit error rate*).

Los efectos no lineales y las diafonías aumentan, pues se están enviando muchas señales muy próximas en diferentes longitudes de onda y con elevada potencia. Así como la dispersión, ya que se transmiten señales a una elevada tasa de transmisión.

FACTORES LIMITANTES

¿Qué factores limitan el rendimiento de la fibra óptica monomodo en dwdm?

Mezclado de cuatro ondas (FWM, Four Wave Mixing) que consiste en una diafonía (crosstalk) entre canales contiguos.

Afecta a sistemas DWDM si disminuye el espaciado entre canales mientras aumenta la potencia de la señal.

Para reducirlo se pueden utilizar canales de anchura desigual o incrementar la dispersión cromática.

Aunque parezca extraño en DWDM no interesa tener dispersión cero en ninguna longitud de onda pues entonces el efecto de FWM se hace muy notable y el rendimiento decae.

LA FIBRA NZDSF

La fibra DSF se diseñó pensando en transmitir una sola λ en 3ª ventana con una dispersión lo más pequeña posible.

La dispersión tan baja a ciertas λ provoca efectos no lineales e introduce interferencias cuando se utiliza DWDM. Por eso la fibra DSF no es adecuada en este tipo de aplicaciones

Para resolver este problema se desarrollaron a mediados de las 90 fibras denominadas NZDSF (Non Zero Dispersion Shifted Fiber) que por diseño tienen dispersión no nula en la 3ª y 4ª ventana.

Esta fibra es la más utilizada actualmente en larga distancia. La fibra DSF ya no se utiliza.

CWDM

Los equipos WDM altamente sofisticados utilizados por las operadoras en enlaces de larga distancia permiten un elevado número de canales con una separación estrecha entre ellos. Esto es lo que se conoce como DWDM (Dense WDM).

Existen en el mercado otros equipos con una capacidad más reducida en cuanto al número de canales pero que tienen un costo más reducido. Estos equipos tienen también un alcance menor, por lo que resultan idóneos en redes de ámbito metropolitano. Esto se conoce a veces como 'Coarse' WDM.

DWDM se utiliza en enlaces de largo alcance y gran capacidad, porque en este caso es más rentable.

En pequeñas distancias el ahorro en fibras no compensa el costo de los equipos, pero se pueden usar otros de menos λ (4-8) que tienen un costo muy inferior.

La CWDM (de 4-8 λ) es interesante en enlaces de ámbito metropolitano.

CWDM no usa amplificadores ópticos. Para distancias superiores a 50 Km se usan repetidores.

A medida que la tecnología avance aumentará el número de λ tanto en CWDM como en DWDM.

En la figura 14 vemos un ejemplo de aplicación de CWDM.

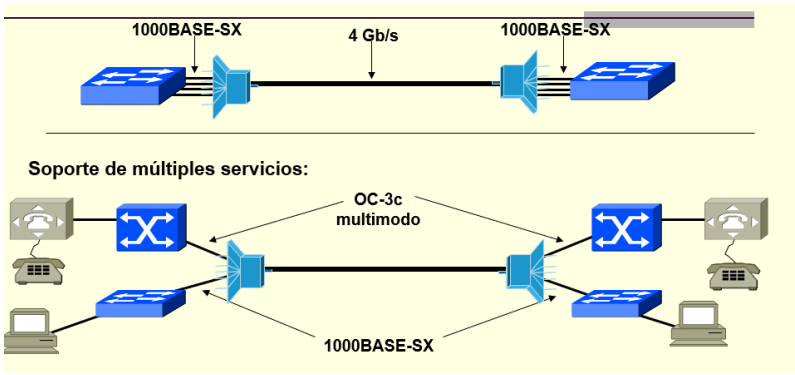


figura 13 Aplicación de CWDM

En el primer caso se utiliza para agregar cuatro enlaces Gigabit Ethernet a través de un par de fibras y suministrar así una capacidad agregada de 4 Gb/s full duplex entre las dos redes.

En el segundo caso se utiliza el equipo para transmitir por la misma fibra dos señales diferentes, una de Gigabit Ethernet y la otra de ATM a 155 Mb/s. De esta forma se puede efectuar la conexión de centralitas con toda la funcionalidad y garantías de calidad de servicio de ATM y a

la vez aprovechar el rendimiento y bajo costo de Gigabit Ethernet, sin tener que utilizar para ello dos pares de fibras.

Además del ahorro de fibras que supone el uso de WDM permite utilizar en los equipos interfaces de corto alcance y bajo costo, utilizando los caros transceptores de tercera ventana únicamente en la conexión entre los equipos WDM.

TRANSMISION EN FIBRA OPTICA A LARGA DISTANCIA

En fibra óptica existe, como en cualquier otro medio físico, una distancia máxima a la que puede transmitirse la señal con un determinado nivel de fiabilidad. Esa distancia máxima es mayor en tercera ventana que en segunda ventana gracias a su menor atenuación.

Cuando se supera ese valor máximo se puede recurrir a amplificadores o repetidores. Los amplificadores actúan de manera analógica sobre la señal óptica, sin convertirla en señal eléctrica. En cambio, los repetidores la convierten en señal eléctrica, la amplifican, sincronizan y le dan forma (la hacen de nuevo 'cuadrada').

En 2ª ventana no hay amplificadores, por lo que se utilizan siempre repetidores, teniendo que colocar uno cada 40 Km aproximadamente.

En 3ª y 4ª ventana se pueden utilizar amplificadores, que resultan más baratos y sencillos, pero la señal se degrada gradualmente por lo que cada cierto número de amplificadores es necesario instalar repetidores.

La aparición de amplificadores de 3ª ventana ha sido crucial para el desarrollo de WDM, ya que los amplificadores actúan sobre toda la banda de forma transparente e independientemente del tipo de señales transmitidas y del número de canales utilizados.

En cambio, el uso de repetidores requiere desmultiplexar los canales de la fibra y regenerar cada uno independientemente para volver a multiplexarlos después hasta el siguiente repetidor.

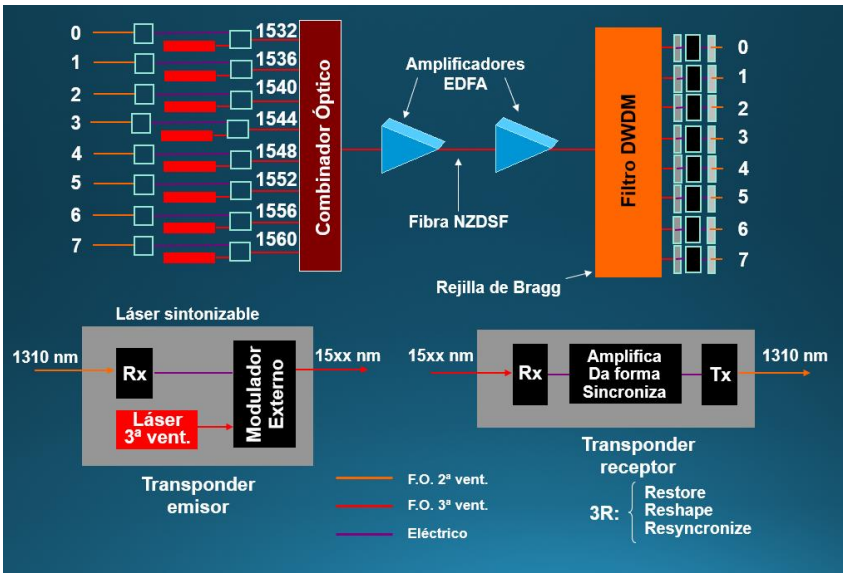


figura 14 Funcionamiento de un multiplexor DWDM

En este esquema se muestra cómo funciona un equipo multiplexor DWDM de ocho canales.

Por la izquierda llegan ocho señales todas ellas a 1310 nm (segunda ventana) que corresponde a la longitud de onda estándar de SONET/SDH. Esas señales llegan por ocho fibras diferentes.

Cada una de las señales es recibida por un transponder, que se encarga de convertirla en una señal eléctrica y generar a partir de ella una señal óptica con un láser de tercera ventana; mediante un modulador externo esta señal óptica se genera en la longitud de onda que le corresponde a ese transponder de acuerdo con la asignación de canales efectuada previamente.

De esta forma se generan ocho señales a longitudes de onda ligeramente diferentes, que se combinan en una misma fibra mediante el combinador óptico. Dependiendo de la distancia a cubrir puede ser necesario utilizar amplificadores EDFA intermedios.

En el trayecto se utilizará fibra NZ-DSF para reducir el efecto de dispersión debido a la distancia y velocidad.

Una vez recibido el haz luminoso se ha de dividir en las ocho componentes iniciales, para lo cual se emplea una Rejilla de Bragg, un filtro DWDM que básicamente funciona como un prisma separando la luz por longitudes de onda. Cada una de las ocho señales es recibida entonces por un transponder diferente que se ocupa de convertirla en señal eléctrica y regenerarla a nivel digital como si fuera un repetidor

(3R, amplificarla, darle forma y sincronizarla). Después se genera a partir de esa señal eléctrica una señal óptica en segunda ventana, equivalente a la señal inyectada en el lado del emisor.

Por supuesto en un sistema DWDM bidireccional (como son la mayoría) habrá una serie equivalente de dispositivos para la transmisión en sentido opuesto.

AMPLIFICADORES EDFA

Con DWDM interesa que los amplificadores tengan un comportamiento lo más lineal posible en todo el rango de λ utilizado.

De lo contrario la señal se distorsiona demasiado y habrá que poner repetidores más a menudo (más costo)

En 3ª y 4ª ventana se usan amplificadores EDFA (Erbium Doped Fiber Amplifier) que tienen fibra óptica dopada con erbio (metal usado en algunas aleaciones).

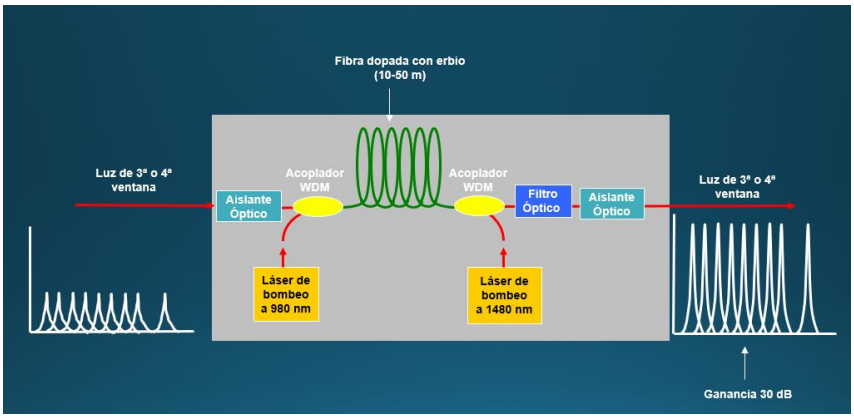


figura 15 Diseño de un amplificador EDFA

Los amplificadores de WDM tienen una bobina de 10 a 50 metros de una fibra óptica especial que contiene pequeñas cantidades de un metal denominado erbio.

Esta fibra óptica se ilumina con dos fuentes láser de 980 y 1480 nm.

Los átomos de erbio tienen la propiedad de absorber la energía transmitida por este láser y pasar a un estado denominado 'excitado'.

Los átomos de erbio liberan la energía que tienen almacenada cuando pasa por la fibra un haz láser de tercera ventana, y la liberan generando luz láser precisamente de la misma frecuencia que la luz recibida, con lo que el dispositivo se convierte en la práctica en un amplificador de luz.

Para que el sistema funcione de forma continuada es preciso inyectar continuamente la luz de 980 y 1480 nm, por lo que el amplificador requiere una constante aportación de energía externa.

GANACIA DE UN EDFA en 3era VENTANA

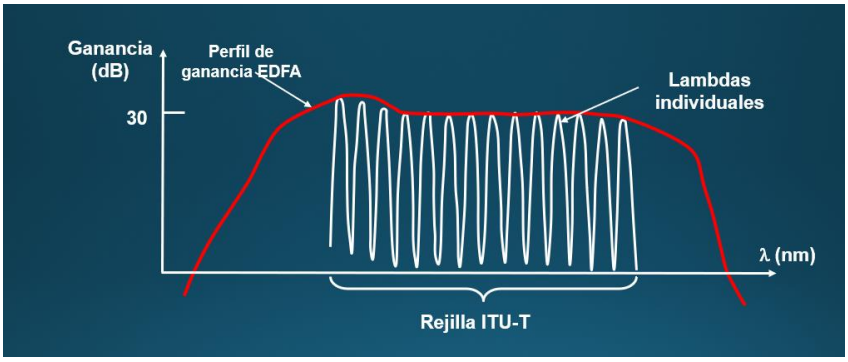
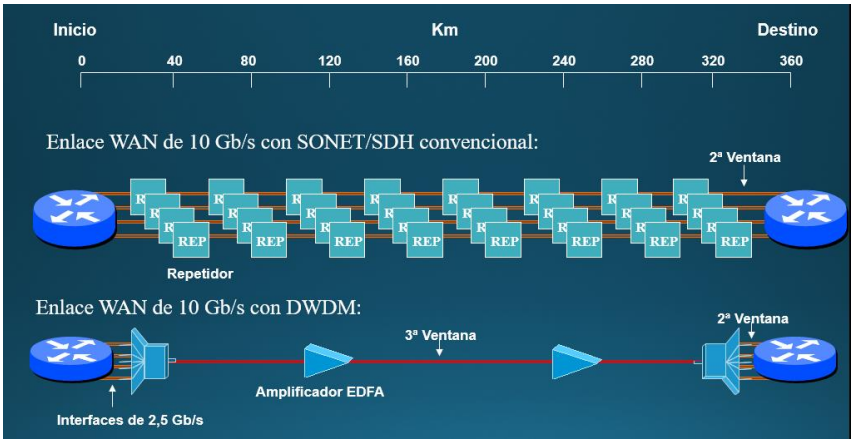


figura 16 Perfil de ganancia EDFA

Para que la señal no se distorsione demasiado cuando se utilizan varios amplificadores en serie es preciso que la curva de ganancia de un amplificador sea lo más plana posible dentro del rango de longitudes de onda utilizado. Afortunadamente los amplificadores EDFA cumplen esta condición, como puede verse por la gráfica.

VENTAJAS DE DWDM CON AMPLIFICADORES EDFA



Esta figura muestra de manera gráfica la diferencia entre el equipamiento necesario para establecer cuatro enlaces SONET/SDH OC-48 (2,5 Gb/s) a la manera tradicional, o mediante DWDM.

En el primer caso se utilizan cuatro pares de fibras, uno para cada enlace. Además, al utilizar equipos de segunda ventana es necesario colocar cada 40 Km un repetidor para cada uno de los cuatro enlaces, por lo que se necesitan en total 32 repetidores.

En el segundo caso se instala un equipo DWDM en cada extremo, con lo que los cuatro enlaces utilizan el mismo par de fibras. Al utilizar equipos de tercera ventana solo es necesario instalar dos amplificadores en todo el trayecto.

Cada amplificador actúa simultáneamente sobre todos los canales que se transmiten.

Si más tarde fuera necesario aumentar el número de enlaces en el primer caso habría que instalar 8 repetidores por cada nuevo enlace (suponiendo que hubiera fibras ópticas libres).

En cambio, en el segundo caso solo sería necesario incorporar el módulo correspondiente en los equipos DWDM de los extremos, sin realizar ninguna modificación en los equipos intermedios.

VIDEOS SUGERIDOS

Para completar con el tema de hoy los invito a ver los siguientes videos sobre WDM.

WDM HUAWEI https://www.youtube.com/watch?v=5gWWuwZ101o

REDES ADMINISTRATIVAS

UNIDAD 2: REDES OPTICAS DE TRANSPORTE

CLASE 5 Multiplexación DWDM FDDI

Bienvenidos a la clase 5, en esta ocasión continuamos viendo los temas restantes de la unidad 2.

ESTANDARES ITU-T PARA DWDM

El estándar G.692 fija unas longitudes de onda o 'canales' utilizables para DWDM.

Estos canales se conocen como rejillas ITU o 'ITU grids'

Las rejillas se especifican en frecuencia con espaciados constantes de 100, 50, 25 ó 12,5 GHz (40, 80, 160 o 320 canales, respectivamente)

La rejilla ITU abarca las bandas S, C y L, aunque los equipos DWDM actuales solo usan las C y L para poder utilizar amplificadores EDFA

Los sistemas comerciales llegan como máximo a 160 canales. A veces se denominan UDWDM (Ultra-Dense Wavelength Division Multiplexing)

A medida que aumenta la densidad de canales se complica la tecnología y se reduce el alcance y la velocidad máxima de cada canal.

SERVICIOS DE λ OSCURA

Los servicios de λ oscura son el equivalente en DWDM de los servicios de fibra oscura. Permiten al operador literalmente 'realquilar' la misma fibra a diferentes usuarios.

Una vez el operador decide instalar equipamiento DWDM en sus enlaces pasa a tener una gran cantidad de canales no utilizados, por lo que este servicio se puede ofrecer a los usuarios sin prácticamente realizar ninguna inversión adicional en la red.

Evidentemente la rentabilidad será mayor cuanto mayor sea la distancia.

Dado que los equipos actualmente disponibles para DWDM en el mercado soportan sobre todo transporte SONET/SDH es condición necesaria que el usuario utilice algún transporte compatible con esta tecnología, por ejemplo, ATM o POS.

En previsión de la difusión de este tipo de servicios los estándares de 10 Gigabit Ethernet especifican una forma de transportar tramas Ethernet a través de enlaces SONET/SDH OC-192. Esto pone de manifiesto (por si quedaba alguna duda) como Ethernet se va convirtiendo cada vez más en una tecnología válida no solo para LAN sino también para WAN.

El operador alquila al usuario una longitud de onda determinada dentro de la fibra.

Los equipos DWDM de las grandes redes tienen muchos canales sin utilizar.

La rentabilidad aumenta con la distancia.

Es similar a los servicios de fibra oscura, pero permite la reutilización de una misma fibra.

Normalmente el transporte ha de ser SONET/SDH, pues es para lo que están preparados la mayoría de los equipos DWDM.

10Gigabit Ethernet tiene una especificación WAN que es compatible con OC-192c. En vez de ir a 10 Gb/s va a 9,58 Gb/s (carga útil de OC-192c).

CDWM posee espaciamiento de frecuencias de 2.500 GHz (20nm) y 18 longitudes de onda, definidas en el intervalo de 1270 a 1610 nm.

Los CWDM actuales tienen su límite de velocidad de transferencia 2,5 Gbps.

En cuanto a las distancias que cubren llegan hasta unos 80 km.

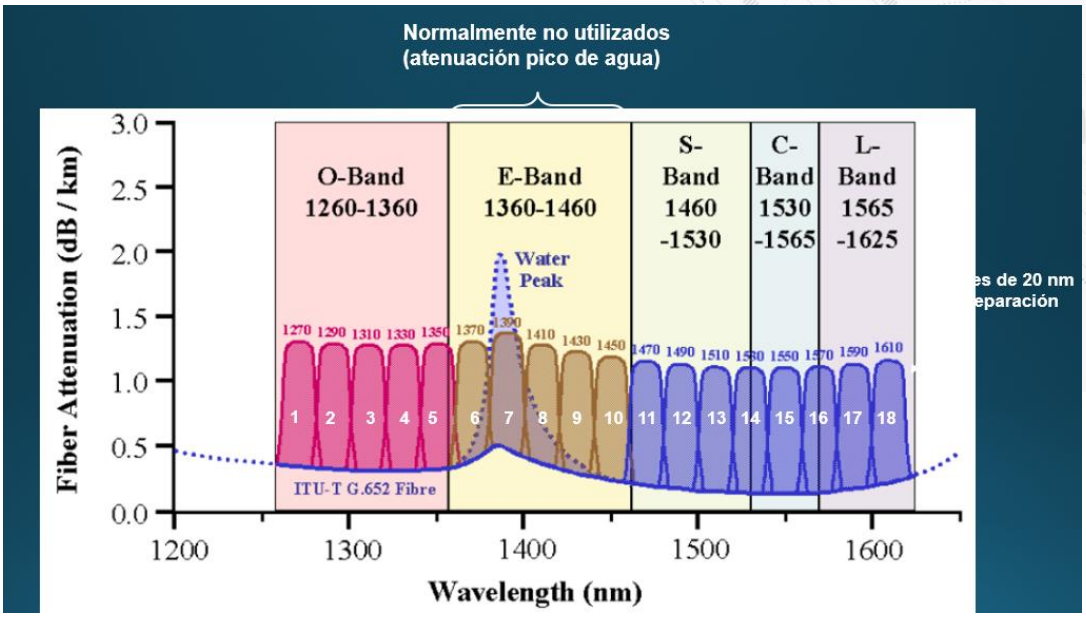


figura 1 metro CWDM ITU-T G.694.2

DWDM se utiliza generalmente en enlaces de largo alcance porque es donde sale más rentable. En distancias medias o cortas el ahorro en fibras generalmente no compensa el costo de los equipos.

Para alcances de hasta unos 100 Km hay una tecnología alternativa nueva más barata llamada CWDM (Coarse WDM) que se diferencia de la DWDM en que:

- No utiliza amplificadores
- Utiliza canales mucho más separados (20 nm frente a 0,4-0,8 nm)
- Emplea un rango de longitudes de onda mucho más amplio. Se pueden llegar a usar todas las bandas desde la 2ª hasta la 4ª ventana. Esto ha sido posible gracias a las fibras LWP (Low Water Peak)

El uso de canales más anchos reduce el costo de los emisores láser en 4-5 veces.

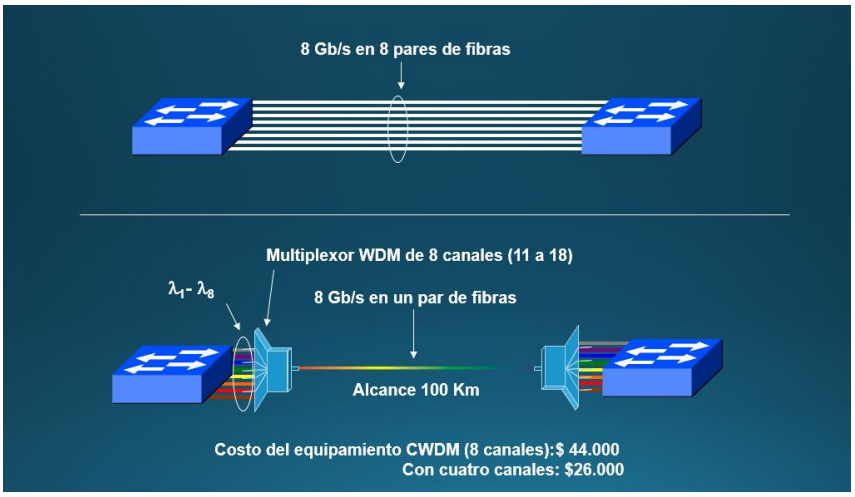


figura 2 Enlace punto a punto CWDM

Aquí tenemos un sencillo ejemplo de aplicación de CWDM.

En el primer caso se establecen ocho enlaces Gigabit Ethernet para lo cual se necesita disponer de ocho pares de fibras.

En el segundo caso se consigue el mismo rendimiento, pero esta vez utilizando únicamente un par de fibras, gracias al empleo de un multiplexor CWDM.

En este caso el multiplexor es un dispositivo pasivo, las ocho señales ya salen del conmutador en láseres de diferentes lambdas, utilizando los canales 11 a 18 de la rejilla CWDM de la ITU

Este enlace CWDM se puede establecer sin necesidad de repetidores hasta una distancia máxima de unos 100 Km.

Tabla comparativa entre tecnologías WDM según el tipo de aplicación.

Aplicación/parámetro	CWDM acceso/MAN	DWDM MAN/WAN	DWDM largo alcance
Canales por fibra	4-16	32-80	80-160
Espectro utilizado	O, E, S, C, L	C, L	C, L, S
Espaciado entre canales	20 nm (2500 GHz)	0,8 nm (100 GHz)	0,4 nm (50 GHz)
Capacidad por canal	2,5 Gbit/s	10 Gbit/s	10-40 Gbit/s
Capacidad de la fibra	20-40 Gbit/s	100-1000 Gbit/s	>1 Tbit/s
Distancia	hasta 80 km	cientos de km	miles de km

TOPOLOGIASS DE REDES DWDM

La topología física de una red es el conjunto de nodos y enlaces ópticos entre los nodos, no necesariamente adyacentes.

Un **lightpath**, o camino óptico, es una conexión totalmente óptica con un ancho de banda grande (de 1 a 2.4 Gb/s) entre dos nodos a través de la red, a la cual se le asigna una longitud de onda.

Aquellos caminos ópticos que compartan el mismo enlace en la red deben tener longitudes de onda distintas.

Al conjunto de los nodos de una red y los caminos ópticos establecidos sobre ella se denomina topología lógica de una red.

El número de caminos ópticos que puede soportar un enlace depende de las limitaciones impuestas por el número de transmisores y receptores disponibles en los nodos y por la cantidad de información que éstos pueden manipular.

Típicamente un enlace puede soportar de 4 a 32 longitudes de onda, aunque este número crece según mejora la tecnología.

El **grado físico** de un nodo es el número de nodos a los que está conectado directamente.

El **grado lógico saliente** de un nodo es el número de caminos ópticos que tienen su origen en ese nodo

El **grado lógico entrante** es el número de caminos ópticos que finalizan en el nodo

Las redes de múltiples accesos ofrecen acceso bidireccional aleatorio a cada suscriptor.

En términos generales, las redes WDMA se clasifican en dos categorías: Single Hop y Multi hop.

Con DWDM se pueden crear topologías muy similares a las de SONET/SDH.

Por ejemplo, una conexión entre dos equipos DWDM como las que hemos descrito anteriormente, posiblemente con amplificadores intermedios, es equivalente a una configuración punto a punto de SONET/SDH.

En el siguiente nivel de complejidad nos encontramos los OADM (Optical Add-Drop Multiplexor) que equivalen a los ADMs de SONET/SDH; en este caso se extrae o inserta una determinada longitud de onda de la fibra.

Básicamente un OADM es un dispositivo capaz de extraer un canal de la fibra e insertar otro en su lugar, sin alterar para nada los restantes.

Estas conversiones se realizan todas sin convertir las señales a formato eléctrico. Los canales que no son extraídos de la fibra por el OADM sufren una pequeña atenuación como consecuencia de su paso por el equipo, por lo que cuando hay muchos OADMs en un trayecto óptico la atenuación de la señal puede llegar a ser un problema.

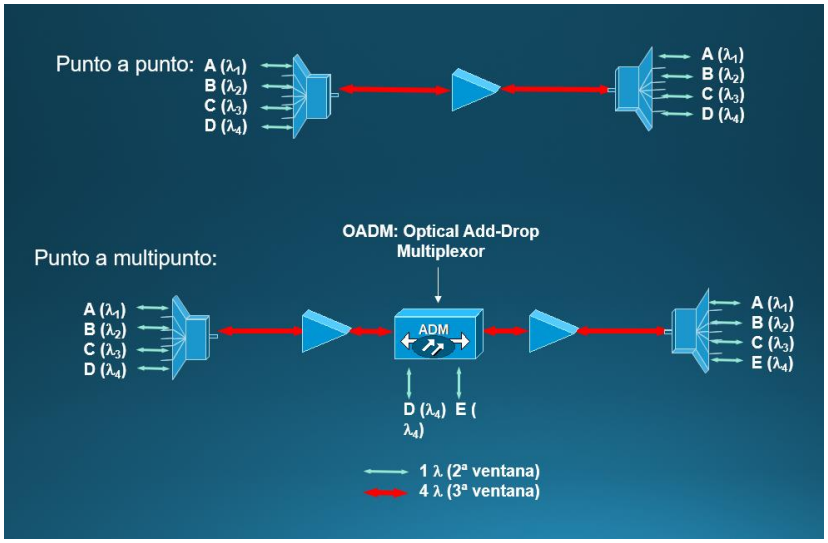


figura 3 Topologías de redes DWDM

En este ejemplo se utiliza λ_1 para establecer el enlace entre A y B, λ_2 para el B-C, λ_3 para el C-D y λ_4 para el D-A.

Como ocurría en SONET/SDH cada enlace es full dúplex, con los datos girando en el mismo sentido a la ida y a la vuelta.

De esta forma con cuatro λ posible podemos establecer los cuatro enlaces utilizando una sola fibra (Como en SONET/SDH).
La segunda fibra está de reserva, como ocurría entonces.

Aunque en este ejemplo hemos conectado routers directamente a los OADMs también sería posible conectar ADMs, y constituir cuatro anillos SONET/SDH superpuestos, cada uno utilizando una λ diferente.

Para esto habría que colocar cuatro ADMs detrás de cada OADM. Los ADMs permitirían por ejemplo configurar en cada anillo cuatro circuitos OC-12.

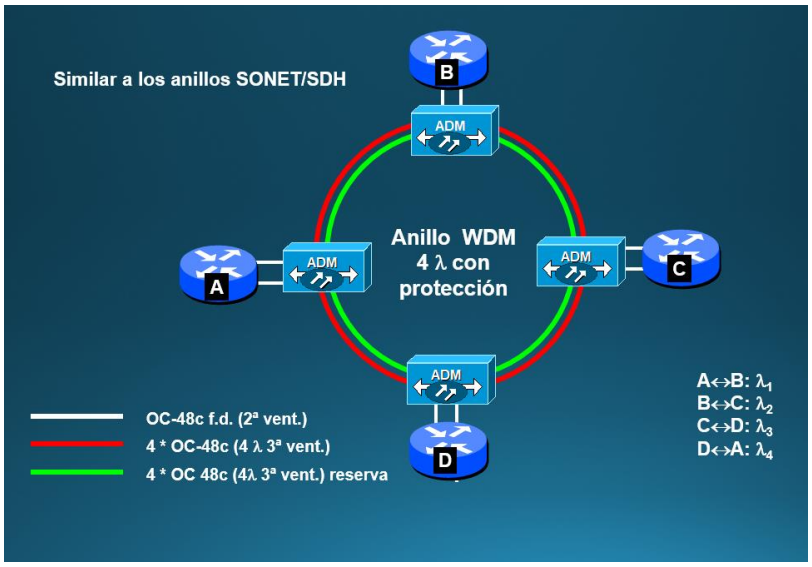


figura 4 Anillo DWDM

Tipos de OXC.

Para la interconexión de anillos WDM o para constituir topologías más complejas se utilizan los OXC (Optical Cross-Connect), que equivalen en WDM a los Digital Cross-Connect de SONET/SDH.

Con los OXC se puede fijar la ruta para un determinado circuito de forma que viaje por la parte de la red que se considere más adecuada, por ejemplo la ruta más corta o la que tenga más λ libres.

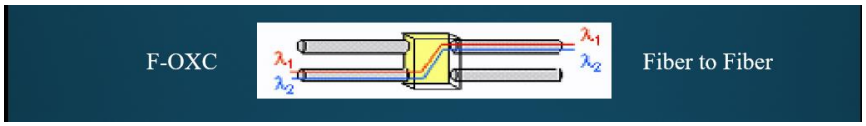
El valor de λ puede variar a lo largo del trayecto en función de los canales que haya libres en cada tramo, por lo que fijar la ruta de un circuito a través de la red es algo bastante similar a definir un PVC en una red ATM o Frame Relay.

Una vez fijada la ruta esta no es modificable dinámicamente.

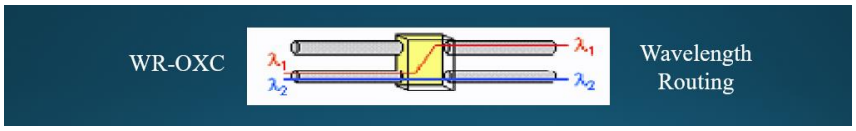
Los primeros OXC realizaban una conversión eléctrica de las señales para realizar la conmutación, pero los equipos más modernos suelen hacer la conmutación de forma totalmente óptica.

Existen diferentes dispositivos Optical Cross Connect.

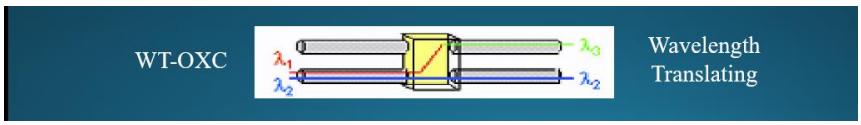
f-OXC Para fibra a fibra.

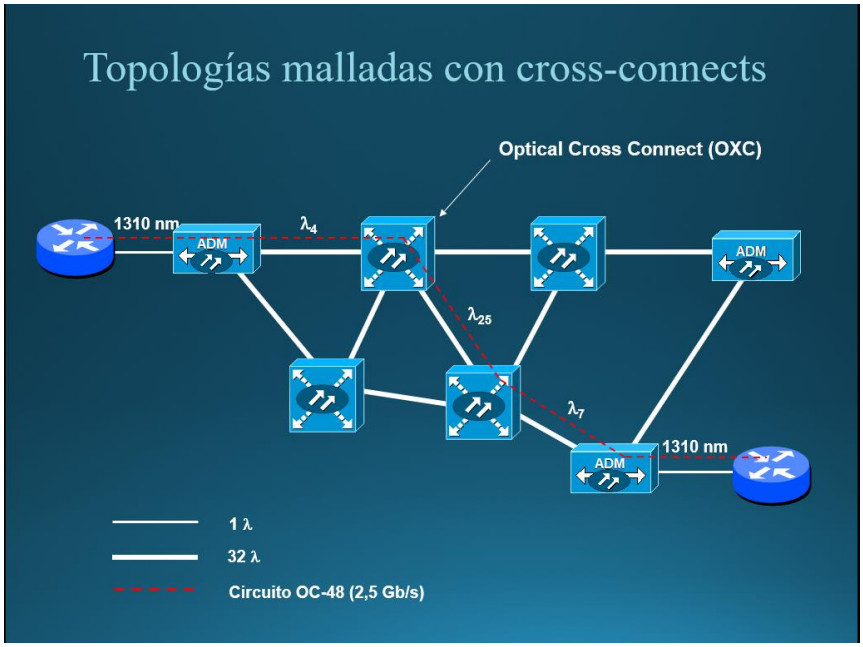


WR-OXC Para enrutamiento por longitud de onda.



WT-OXC para cambio de longitud de onda de cada sección multiplexada.





CONVERTIDORES DE LONGITUD DE ONDA

Estos dispositivos cambian la longitud de onda de una señal de entrada en una nueva longitud de onda, sin modificar los datos contenidos en la señal.

Pueden ser regeneradores opto electrónicos o Conversores basados en amplificadores laser semiconductores (SLA).

TRANSMISORES Y RECEPTORES WDM

Transmisores WDM consisten en fuentes laser multilongitud de ondas con capacidad de sintonía.

Receptores WDM integran arreglos de fotodiodos (PIN) con dispositivos demultiplexores.

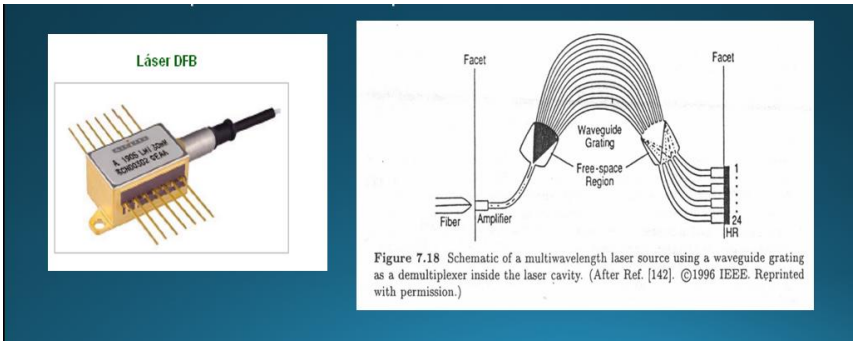


Figure 7.18 Schematic of a multiwavelength laser source using a waveguide grating as a demultiplexer inside the laser cavity. (After Ref. [142]. ©1996 IEEE. Reprinted with permission.)

ROUTER DE LONGITUD DE ONDA

Con WDM se puede enrutar el circuito del usuario eligiendo la λ por separado en cada línea (parte del trayecto).

Los <u>routers por longitud de onda</u> ('wavelength routers') eligen una λ libre para cada línea y convierten el flujo de datos a la nueva λ en caso necesario.

Se trata realmente de un servicio de conmutación de circuitos y la selección se puede hacer de forma manual (routing estático) o automática, mediante un protocolo de routing.

¿QUE ES SCM?

Consiste en modular una portadora cuya frecuencia está situada en el rango de las microondas.

Se pueden multiplexar diferentes cadenas de datos en una única señal óptica y cada usuario tiene la posibilidad de ser atendido por una única subportadora.

ANALOGICOS.

Se emplean para la transmisión de video.

Requieren de una alta SNR en el receptor y estricta linealidad en la fuente óptica y canales de comunicación.

La señal se distorsiona por Intermodulación que se produce por fenómenos no lineales.

Para un buen desempeño requiere una buena CNR (relación de potencia RMS de la portadora y el ruido en el receptor).

DIGITALES.

La técnica más empleada en combinación con SCM es QAM (modulación de amplitud en cuadratura).

QAM combina la modulación en amplitud y fase y aprovecha el hecho de que se puede transmitir dos señales simultáneamente sobre la misma portadora si es que están en cuadratura y desfasadas en 90º.

SISTEMAS SCM - WDM

Varias portadoras ópticas son transmitidas por la misma fibra mediante WDM. Cada portadora tiene subportadoras para cada canal que permite mezclar señales análogas y digitales empleando distintas portadoras y subportadoras.

El factor limitante es el Crosstalk resultante de procesos lineales y no lineales.

Los sistemas SCM-WDM son muy útiles para aplicaciones LAN y MAN.

Ellos pueden ofrecer múltiples servicios con un solo transmisor y receptor ópticos por usuario debido a que estos pueden utilizar diferentes subportadoras de microondas para diferentes longitudes de onda.

CDM Multiplexación por División de Codigo.

CDM está basado en el uso de distintas codificaciones para cada canal y cada uno de estos puede ser transmitido compartiendo tiempo y frecuencia de manera simultánea.

Cada canal se codifica de tal forma que su espectro se extiende por una región mucho más amplia que la ocupada por la señal original.

Codificación por secuencia directa.

Se ensancha el espectro de manera que se emplea una región espectral mayor a la mínima necesaria para la transmisión de la señal original.

Este ensanchamiento se consigue mediante el empleo de un código único e independiente de la señal que es asignado a cada usuario.

La recuperación de las señales individuales que comparten el mismo ancho de banda que requiere secuencia de firma proceden de una familia de códigos ortogonales.

La naturaleza ortogonal de esos códigos asegura que cada señal puede ser decodificada con precisión en el receptor final.

El receptor recupera los mensajes para descifrar la señal recibida usando la misma secuencia de firma que se utilizó en el transmisor.

Codificación espectral.

Se puede extender el espectro puede ser realizado usando la técnica de salto de frecuencia en la cual la frecuencia portadora se desplaza periódicamente de acuerdo con un código preasignado.

A los distintos usuarios se les asigna diferentes modalidades de saltos de frecuencia (o códigos) para asegurarse de que dos no transmitan en la misma frecuencia durante el mismo horario.

La codificación espectral requiere un rápido cambio de la frecuencia portadora.

FDDI INTERFAZ DE DATOS DISTRIBUIDOS POR FIBRA

A mediados de los años ochenta, las estaciones de trabajo de alta velocidad para uso en ingeniería habían llevado las capacidades de las tecnologías Ethernet y Token Ring existentes hasta el límite de sus posibilidades.

Para solucionar estos problemas, la comisión normalizadora ANSI X3T9.5 creó el estándar Interfaz de datos distribuida por fibra (FDDI)

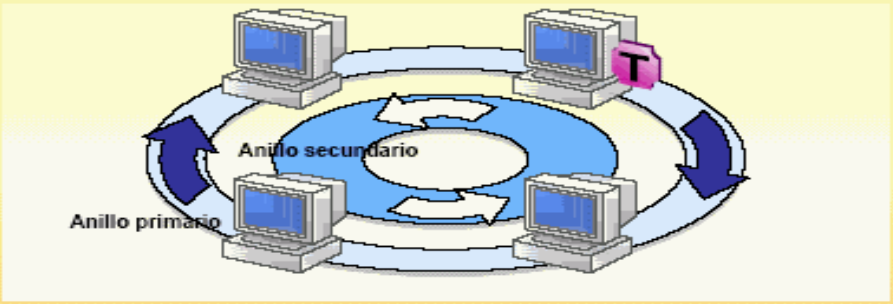
Una red de Interfaz de datos distribuidos por fibra (Fiber Distributed Data Interface, FDDI) proporciona conexiones de alta velocidad para varios tipos de redes.

FDDI fue diseñado para su uso con equipos que requieren velocidades mayores que los 10 Mbps disponibles de Ethernet o los 4 Mbps disponibles de Token Ring.

Una red FDDI está formada por dos flujos de datos similares que fluyen en direcciones opuestas por dos anillos.

Existe un anillo primario y otro secundario.

Si hay un problema con el anillo primario, como el fallo del anillo o una rotura del cable.



Características	Descripción
Método de acceso	Paso de testigo
Velocidad de transferencia	Fibra óptica de 155 Mbps a 622 Mbps

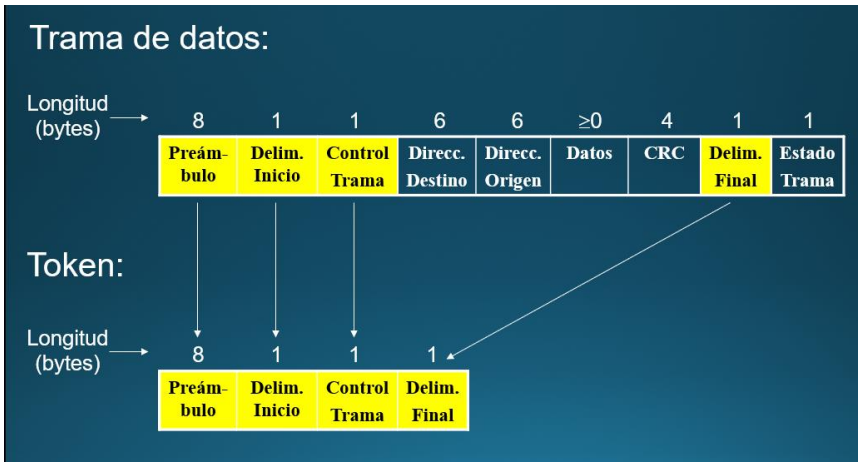


figura 5 Estructura de trama y token de FDDI

Topología de anillo doble paralelo:

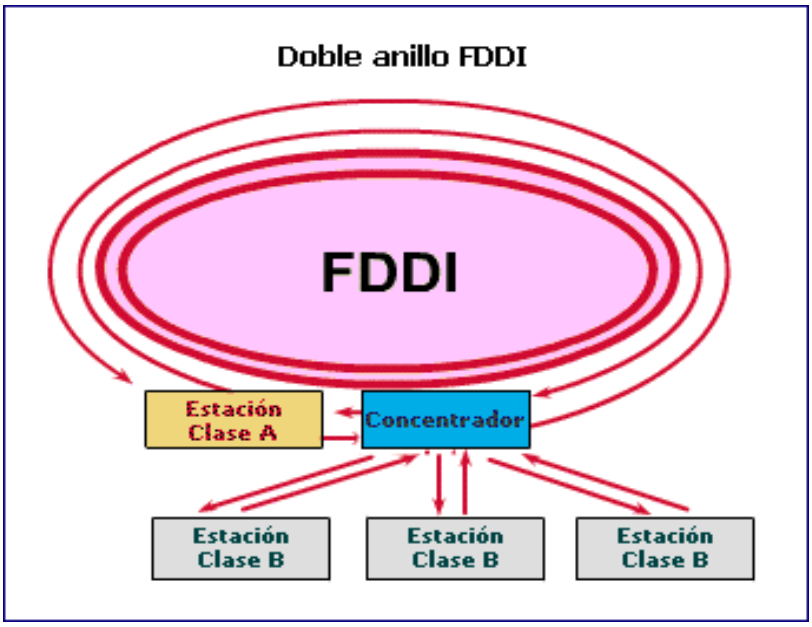
- Rotación de los datos en sentidos inversos.
- Al anillo primario se le denomina "A", y "B" al secundario.
- El anillo A es usado normalmente por los datos que viajan a través de la red.
- El anillo secundario es utilizado como backup, en caso de algún fallo en el anillo A, de una forma totalmente automática, y sin intervención por parte del usuario.

Las estaciones conectadas a la red FDDI pueden ser SAS (Single-Attached Station), DAS (Dual-Attached Station), SAC (Single-Attached Concentrator) o DAC (Dual-Attached Concentrator).

Las estaciones FDDI de clase A (DAS o DAC), usan ambos anillos, ya que tienen la capacidad de reconfigurarse en caso de interrupción del servicio en el primer anillo.

Por el contrario, las estaciones de clase B (SAS y SAC), sólo pueden enlazarse al anillo primario, como solución de conexión de bajo coste, en caso de equipos en los que no es crítica la interrupción del servicio.

Por lo general se emplea un DAC para interconectar múltiples estaciones SAS.



Existen dos tipos de tráfico:

- Síncrono: capacidad de transmisión continua
- Asíncrono. Permite el uso de prioridades.

La FDDI se usa con frecuencia como una tecnología backbone y para conectar los computadores de alta velocidad en una LAN.

ESPECIFICACIONES DE FDDI

FDDI tiene cuatro especificaciones:

Control de acceso al medio (MAC).

Define la forma en que se accede al medio, incluyendo:

- formato de trama
- tratamiento del token
- direccionamiento
- algoritmo para calcular una verificación por redundancia cíclica y mecanismos de recuperación de errores.

Protocolo de capa física (PHY).

Define los procedimientos de codificación o decodificación, incluyendo:

- requisitos de reloj
- entramado
- otras funciones

Medio de capa física (PMD).

Define las características del medio de transmisión, incluyendo:

- enlace de fibra óptica
- niveles de energía
- tasas de error en bits
- componentes ópticos
- conectores

Administración de estaciones (SMT).

Define la configuración de la estación FDDI, incluyendo:

- configuración del anillo
- características de control del anillo
- inserción y eliminación de una estación
- inicialización
- aislamiento y recuperación de fallas
- programación
- recopilación de estadísticas

METODOS DE ACCESO

El método de acceso utilizado en una red FDDI es el paso de testigo.

Un equipo en una red FDDI puede transmitir tantos paquetes como pueda producir en un tiempo predeterminado antes de liberar el testigo.

Tan pronto como un equipo haya finalizado la transmisión o después de un tiempo de transmisión predeterminado, el equipo libera el testigo.

Como un equipo libera el testigo cuando finaliza la transmisión, varios paquetes pueden circular por el anillo al mismo tiempo. Este método de paso de testigo es más eficiente que el de una red Token Ring, que permite únicamente la circulación de una trama a la vez Y proporciona un mayor rendimiento de datos a la misma velocidad de transmisión.

VELOCIDAD DE TRANSFERENCIA

La velocidad de transferencia en una red FDDI se encuentra entre 155 y 622 Mbps.

La velocidad de transferencia en una red Token Ring se encuentra entre 4 y 16 Mbps.

La velocidad de transferencia en una red Ethernet puede ser:

- Ethernet estándar 10Mbps
- Fast Ethernet 100Mbps
- Gigabit Ethernet 1Gbps

En teoría una fibra podría obtener una velocidad de 10 GBps.

VIDEOS SUGERIDOS

Para completar con el tema de hoy los invito a ver los siguientes videos sobre WDM.

WDM HUAWEI

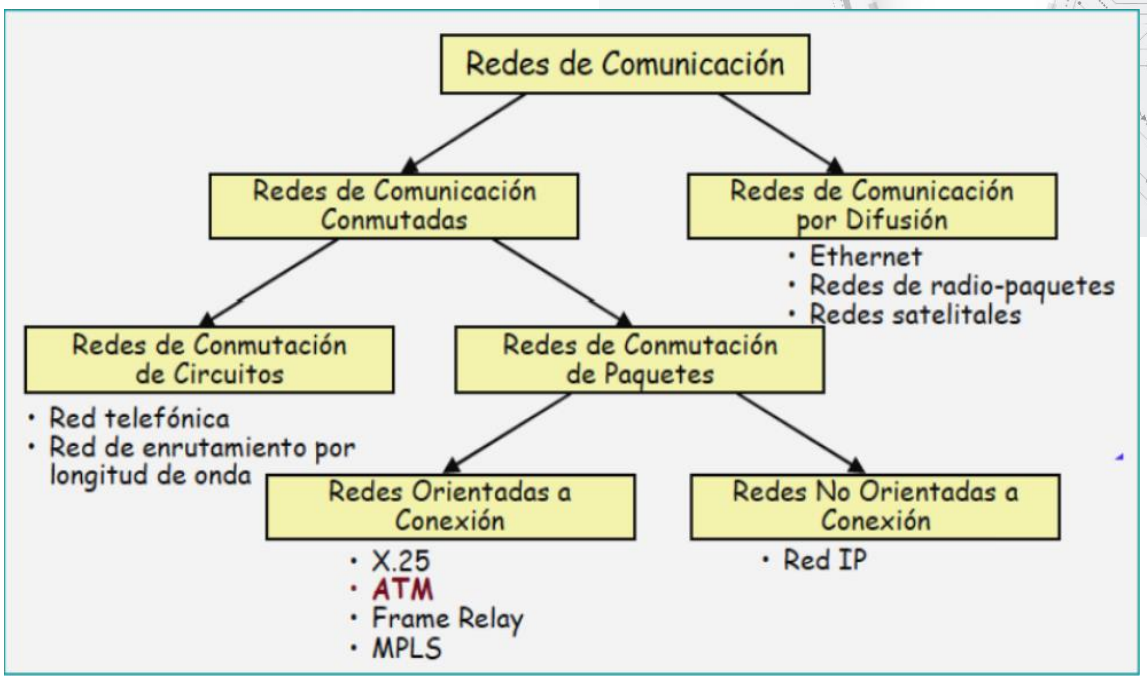
https://www.youtube.com/watch?v=5gWWuwZ101o

REDES ADMINISTRATIVAS

UNIDAD 3: REDES DE CONMUTACION

CLASE 5 X25 y FRAME RELAY

REDES DE CONMUTACION-clasificación



BANDA ESTRECHA

La conexión básica de banda estrecha es la conexión por módem telefónico (Dial-up).

Un módem adapta las señales informáticas producidas por la computadora a otro tipo de serial que se puede introducir por la línea telefónica; así mismo, convierte la señal que llega a través de la línea telefónica en información comprensible para el ordenador.

Los módems telefónicos realizan la comunicación en el espacio de frecuencias disponible para una llamada telefónica.

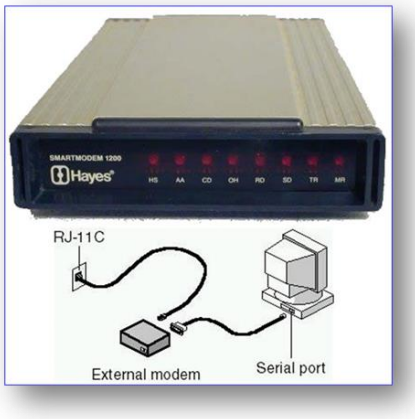


Figura 1 Modem

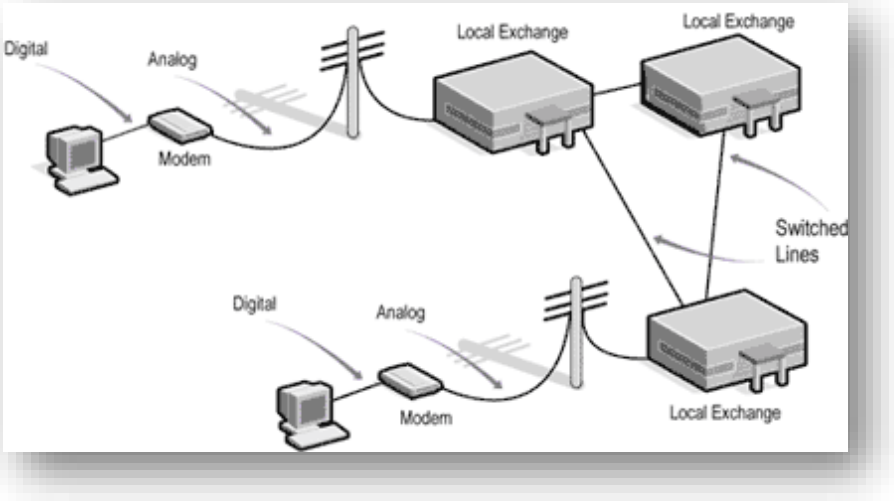


Figura 2 Configuración típica

En el mundo de las conexiones a Internet, las conexiones de banda estrecha hacen referencia a un tipo de conexión que utiliza un ancho de banda muy reducido.

La conexión más típica de banda estrecha que existe es la conexión por módem telefónico (Dial-up).

Un módem adapta las señales informáticas producidas por la computadora a otro tipo de serial que se puede introducir por la línea telefónica; así mismo, convierte la señal que llega a través de la línea telefónica en información comprensible para el ordenador.

Los módems telefónicos realizan la comunicación en el espacio de frecuencias disponible para una llamada telefónica

- Ese espacio es muy reducido, lo que provoca que la velocidad de conexión no supere los 56 kbps (kiloblts por segundo). Debido a la baja velocidad que desarrollan, este tipo de conexión recibe el nombre de banda estrecha.

- Actualmente, las conexiones por banda estrecha están siendo sustituidas por modernas conexiones de mayor ancho de banda (llamadas conexiones de banda ancha).

- El hecho de no tener que utilizar el espacio de frecuencias de voz hace que la capacidad pueda ser de 128 kbps o superior.

- Además, las conexiones de banda ancha permiten mantener la conexión a Internet al mismo tiempo que la línea telefónica es utilizada.

- Las conexiones de banda ancha más populares son el ADSL y las de Cable módem

X25

El protocolo X.25 es el conjunto de estándares que gobiernan la interfaz entre los DTE (Data Terminal Equipment / Equipo Terminal de Datos) y los DCE (Data Communication Equipment / Equipo de Comunicación de Datos) para terminales que funcionan en modo paquete sobre redes públicas.

X.25 define una interacción punto a punto entre un DTE y un DCE.Este protocolo está orientado a conexión, es decir, debe establecerse una conexión entre dos DTE para transmitir datos.

Es un protocolo estándar para la comunicación en una WAN, define como deben ser establecer y mantener las conexiones entre los dispositivos del usuario y los dispositivos de la red.

X.25 está diseñado para operar efectivamente sin importar los tipos de sistemas conectados a la red. Se utiliza en las redes de conmutación de paquetes.
Inicialmente fue desarrollado por los carriers en 1970 y la última actualización fue en el año 1984.

Actualmente se administra como un estándar internacional por la ITU-T.

Utiliza las tres capas inferiores del modelo OSI y el conjunto de protocolos X25 sólo tiene significado local.

Especifica sólo la interfaz

DISPOSITIVOS

Se clasifican en tres categorias.

- DTE. Data terminal equipment
- DCE. Data circuit terminating equipment
- PSE. packet switching Exchange

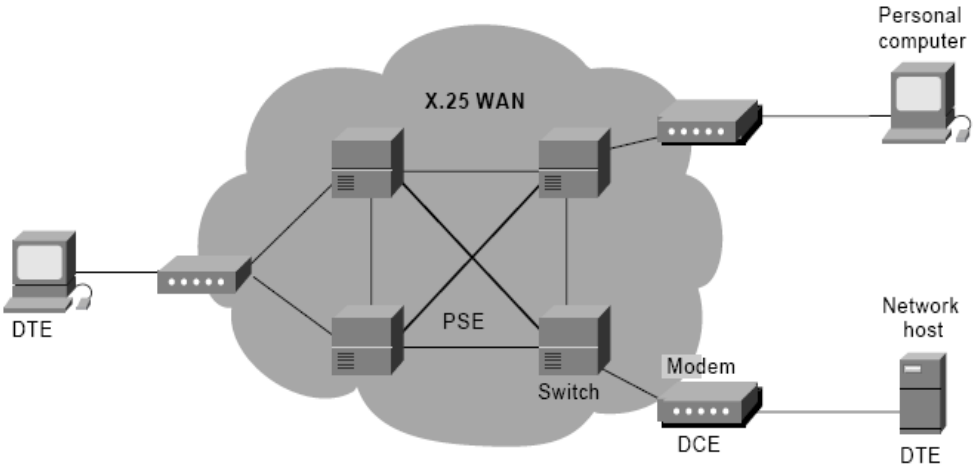


Figura 3 Dispositivos de x25

Define como deben ser establecer y mantener las conexiones entre los dispositivos del usuario y los dispositivos de la red.

X.25 está diseñado para operar sin importar los tipos de sistemas conectados a la red y se utiliza en redes de conmutación de paquetes.

- Diseñado para medios físicos poco fiables. Comprobación de datos a nivel de enlace (protocolo de ventana deslizante).
- No apto para tráfico en tiempo real
- Paquetes de hasta 128 bytes normalmente.
- Servicio orientado a conexión. Orden garantizado.
- Costo proporcional al tiempo (normalmente SVC) y al tráfico (número de paquetes).

- Velocidades típicas de 9,6 a 64 Kbps.
- Servicio poco interesante en la actualidad

Es un conjunto de estándares que gobiernan la interfaz entre los DTE (Equipos terminales de datos y los DCE (equipos de comunicación de datos) para terminales que funcionan en modo paquete sobre redes públicas.

Es decir que define una interacción punto a punto entre DTE y DCE. Orientado a la conexión porque primero debe establecer la conexión para luego transmitir los datos.

Capa	Descripción
Paquete	Se usa en la capa de Red del Modelo OSI. Se le conoce como X.25 PLP (Package Layer Protocol / Protocolo de la Capa de Paquete) y establece el método de comunicación entre dos DTE, ya sea por PVC o por SVC.
Bloque	Se usa en la capa de Enlace de datos del Modelo OSI. En esta capa se intercambian los datos entre el DTE y la red pública conmutada. Asegura que se lleve a cabo una comunicación fiable entre DTE y DCE Los protocolos utilizados en esta capa son LAP (Link Access Protocol / Protocolo de Enlace de Acceso) y LAPB (Link Access Protocol Balanced / Protocolo de Enlace de Acceso Balanceado).
Física	Correspondiente a la capa Física del Modelo OSI. Utiliza la recomendación X.21 para definir el estándar RS-232 para la transmisión asíncrona de datos, así como para la transmisión síncrona bidireccional íntegra de punto a punto entre el DTE y una red pública conmutada.

Figura 4 Capas de X25

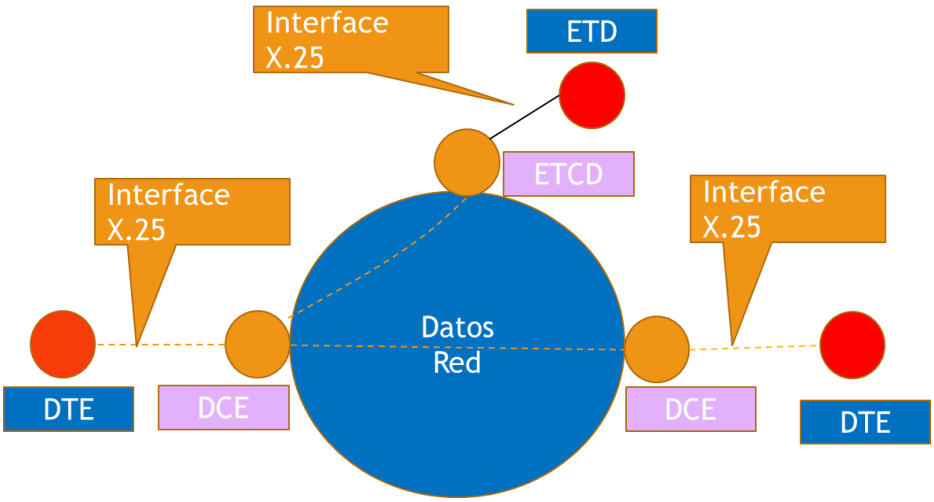


Figura 5 Concepto general

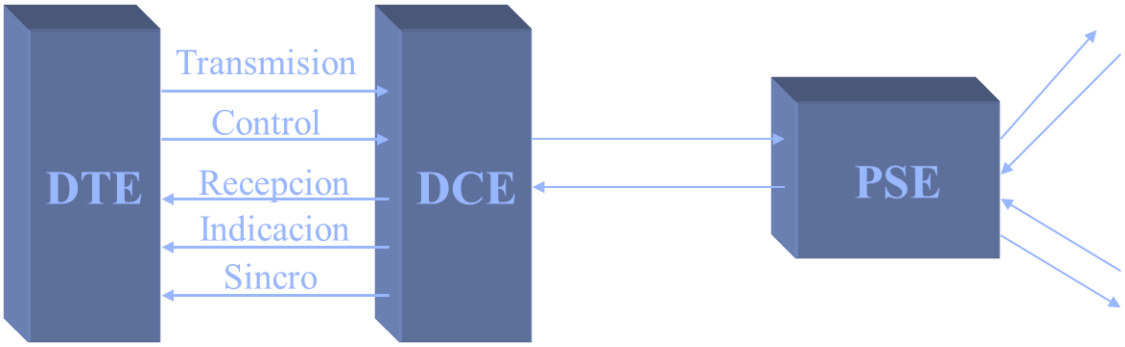
CAPA FISICA

Especifica la interfaz eléctrica, mecánica, procedimental y funcional entre DTE y DCE.

Realmente X.25 no los define, sino que referencia a los estándares **X.21** y **X.21 bis**, que definen interfaces digitales y analógicas, respectivamente.

El X.21 bis es el usado temporalmente hasta tener redes digitales disponibles a gran escala. Básicamente se trata de **RS-232-C**.

Los circuitos de intefaz se definen en X24



CAPA DE ENLACE DE DATOS

- Proporciona a la capa de **Paquete** un recurso de transporte confiable.
- No conoce de Circuitos Virtuales
- Utiliza el protocolo **LAPB** (ABM)
- Tanto DTE como PSE operan en forma sincronica

- Se encarga de asegurar una comunicación confiable entre DTE y DCE,aunque estén conectados por una línea telefónica con ruido. Utiliza los protocolos **LAP** y **LAPB**.

CAPA DE RED

- Se ofrecen servicios mediante de *primitivas*.
- Se intercambian parametros
- Maneja QoS (calidad servicio)
- Valores Minimo aceptables
- Valores Deseables con respecto a:

  - Retardo de Transito
  - Probabilidad de error
  - Prioridad
  - Costo
  - Ruta

Maneja conexiones entre pares de DTEs.
Existen dos formas de conexión:
Llamadas Virtuales y **Circuitos Virtuales Permanentes**.

Una llamada virtual consiste en establecer-usar-liberar una conexión.

Un CV permanente es como una línea alquilada: siempre disponible y cualquier DTE puede comenzar a transmitir sin establecer conexión (son aconsejables para grandes volúmenes de datos, envíos inconstantes, ...).

LIMITACIONES ARQUITECTONICAS

- Cada nodo requiere la totalidad del paquete antes de encaminarlo al nodo siguiente
- Diseñado para trabajar entre 600 bps y 64Kbps

Pensado para redes de alta tasa de error (10^{-5} 10^{-6})

Procedimiento de almacenamiento y envio

PAD (Packet Assembler/Dissasembler)

PAD es un dispositivo muy comun en las redes X.25.

Se utilizan cuando el dispositivo DTE es muy simple como para implementar todas las funcionalidades de X.25.

Realiza tres funciones primarias:

- Buffering. Almacena los datos hasta que el dispositivo esta listo para transmitir.
- Ensambla paquetes.- forma paquetes con los datos para enviarlos hacia el DCE.
- Desensambla paquetes. Los paquetes de entrada los desensambla antes de enviarlos al DTE

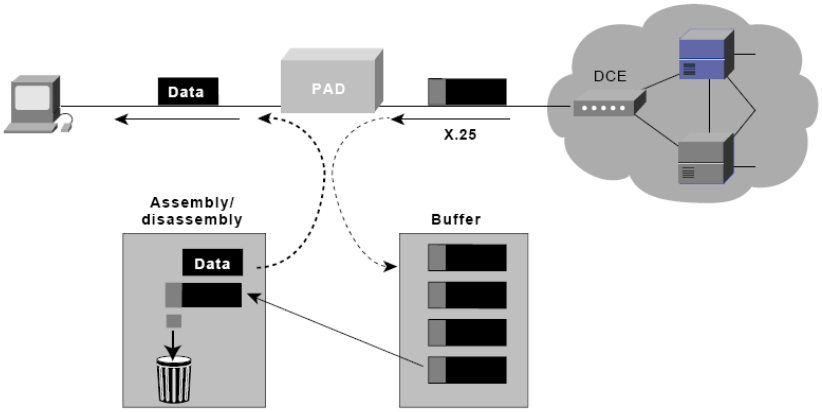


Figura 6 PAD

SERVICIOS DE X25

X.25 es orientada a conexión y ofrece principalmente estos servicios.

PVC. Circuitos virtuales permanentes.

Es el equivalente a una línea dedicada, es definido de manera estática y siempre esta disponible, mientras la red lo este. Equivale a líneas privadas.

SVC. Circuitos Virtuales Conmutados.

Es equivalente a una llamada. La red establece e una conexión en un circuito virtual, transfiere paquetes y libera la conexión.

Equivalente a las llamadas telefónicas.

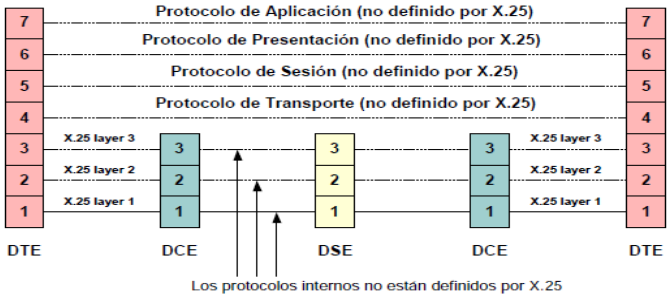
CIRCUITOS VIRTUALES

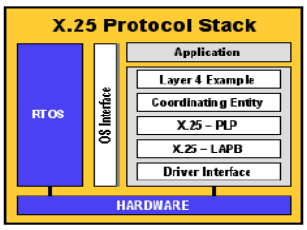
Define la existencia de un camino lógico y bidireccional de un DTE a otro a través de la red X.25.

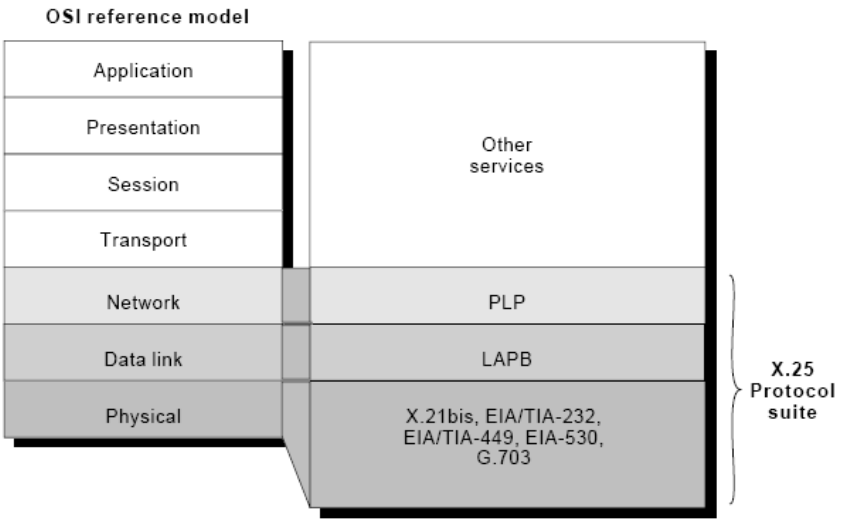
Físicamente, la conexión puede pasar por muchos nodos intermedios como DCE y PSE.

Varios circuitos virtuales pueden ser multiplexados en un solo circuito físico.

PROTOCOLOS X25 y OSI







TRANSFERENCIA DE DATOS

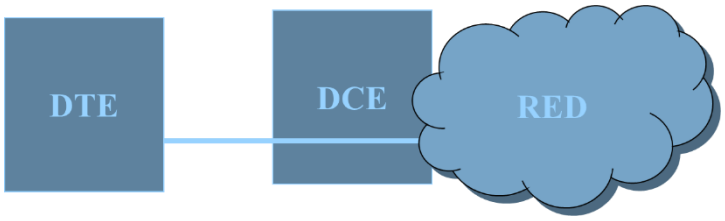
- La maxima cantidad de datos es 128 octetos
  - Para dar rapidez
  - Puede producir fragmentacion
- Control de Flujo
  - Los paquetes se transmiten gracias a la capa de enlace (Confiable)

ASIGNACION DE NUMEROS

Las llamadas entrantes son asignadas por el DCE y se asigna se asigna el número mas bajo disponible.

Las llamadas salientes son asignadas por el DTE y Se asigna el número mas alto disponible.

Recuerde que la numeración solo tiene signficado local.



Este algoritmo, puede traer conflictos.

ATM

HISTORIA.

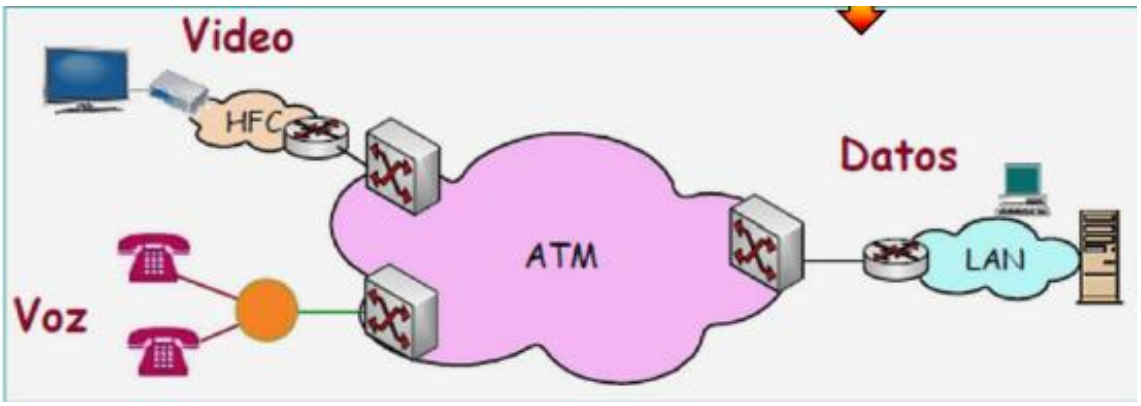
ATM pretende resolver dos problemas: mayor ancho de banda y rápida conmutación que permita tomar bits de un enlace y llevarlos velozmente a otro enlace de la misma red.

Surgen en 1986 como idea de un grupo de ingenieros de compañías telefónicas.

Los primeros resultados se hicieron públicos en 1988, con la publicación, por parte de CCITT, de unos estándares como parte de los "libros azules", relativos a una familia de redes troncales digitales basadas en fibra y con estrategias de multiplexado y conmutación para conectar dichos troncales (SDH (Synchronous Digital Hierarchy), también conocidos como SONET).

INTRODUCCIÓN.

El modo de transferencia asincrona ATM es una red de conmutación de paquetes basada en circuitos virtuales que envía paquetes (celdas ATM) de longitud fija a través de LAN o WAN, en lugar de paquetes de longitud variable utilizados en otras tecnologías.



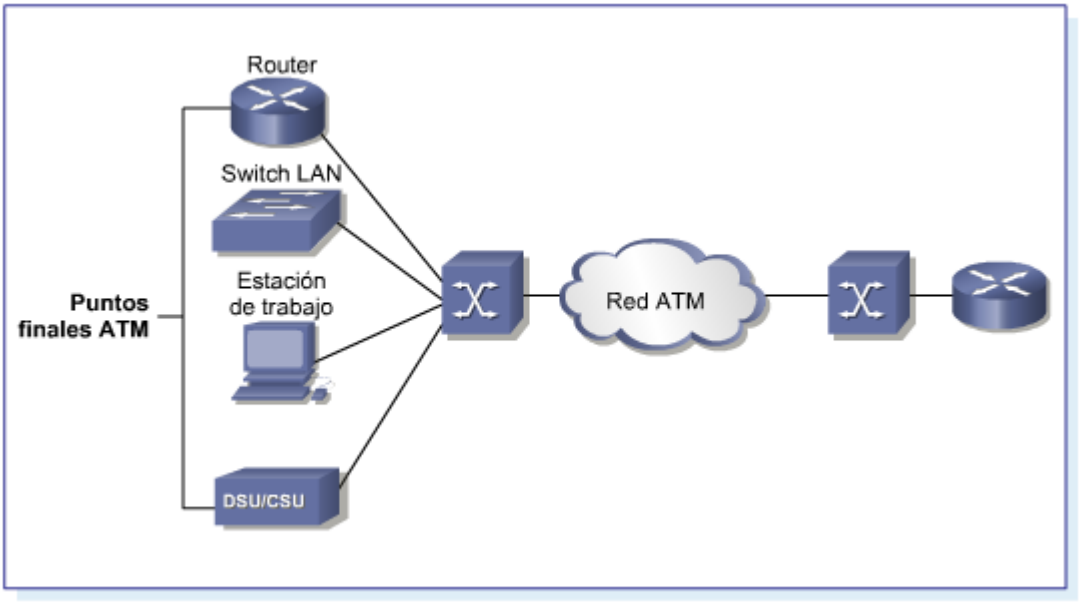
DISPOSITIVOS ATM

Una red ATM se encuentra conformada por uno o más switches ATM y por los terminadores ATM.

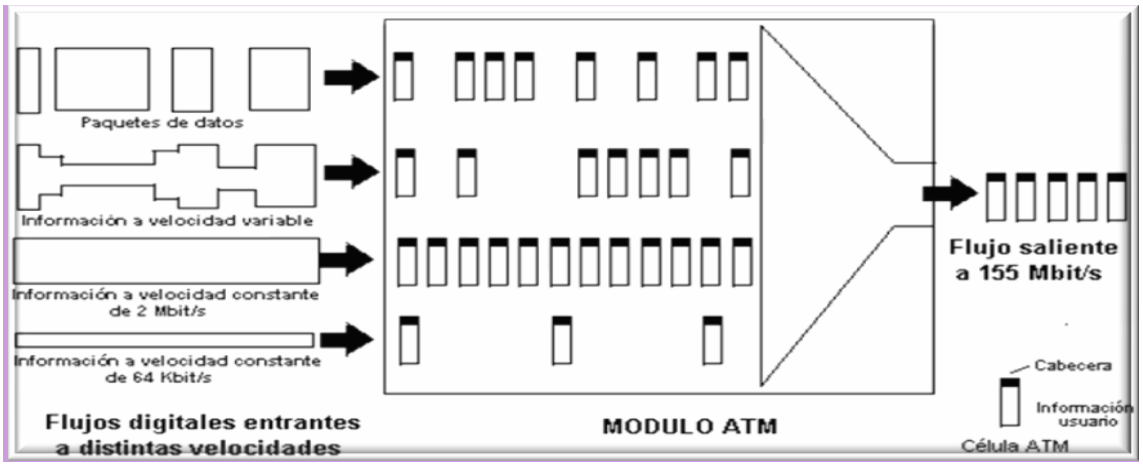
La tarea de un switch ATM se basa en aceptar las celdas entrantes desde un terminador ATM o switch ATM, luego lee y actualiza la información del encabezado de la celda y conmuta la celda hacia la interfaz de salida adecuada.

Un terminador ATM es aquel que contiene una interfaz ATM, ejemplos de estos pueden ser:

- Routers
- Terminales de datos
- DSU/CSUs
- Switches LAN.

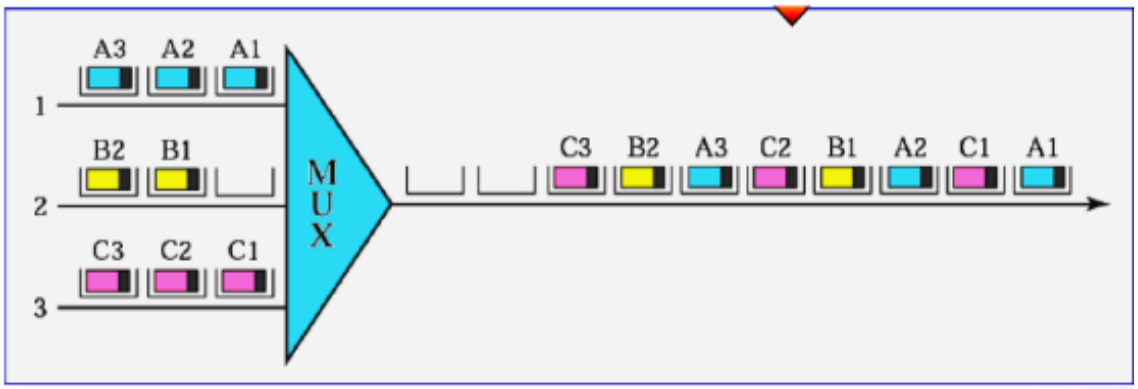


Con la finalidad de aprovechar al máximo la capacidad de los sistemas de transmisión, la información no es transmitida y conmutada a través de canales asignados en permanencia, sino en forma de cortos paquetes (celdas ATM) de longitud constante.



MULTIPLEXACION ASINCRONICA

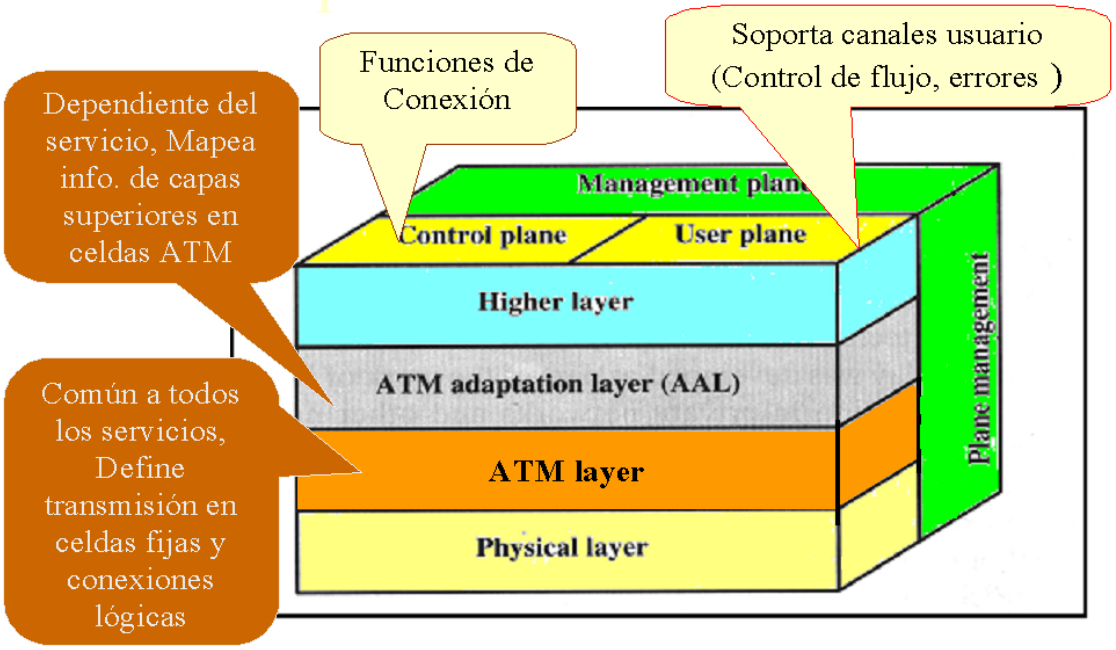
- ATM la utiliza para multiplexar las celdas que vienen diferentes canales.
- Por eso se denomina modo de transferencia asincrono.



MODELO DE REFERENCIA DE ATM

- La funcionalidad de ATM se corresponde con la capa física y parte de la capa de enlace del modelo de referencia OSI

Arquitectura

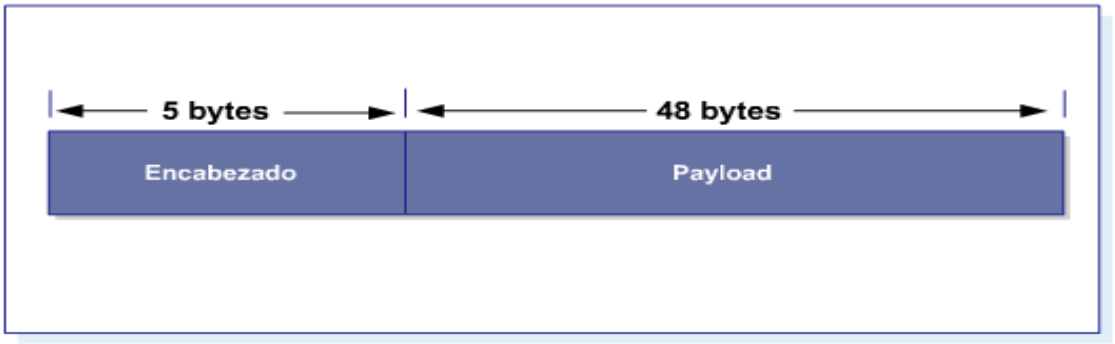


- **Control**. Este plano es responsable de generar y de manejar las peticiones de señalización.
- **Usuario**. Este plano es responsable de manejar la transferencia de datos.

ESTRUCTURA BASICADE LA CELDA

- Una celda ATM consta de una cabecera de 5 bytes y una carga útil de 48 bytes.
- La cabecera ATM proporciona información sobre el tipo enrutamiento, y el destino de una celda.
- La carga útil de una celda ATM transporta ya sea información de usuario o información de gestión de la capa.

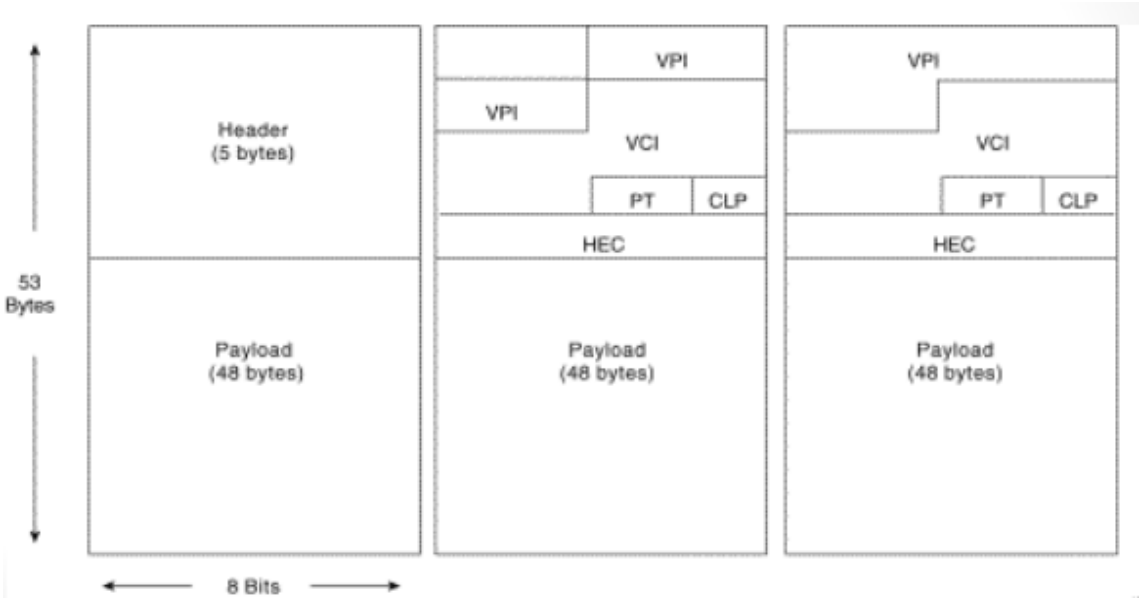
- Al igual que en otras tecnologías basadas en conmutación de paquetes, existen celdas de propósito especial que dan lugar a la aparición de los distintos tipos de celdas.



Los ATM encabezados de celdas incluyen los siguientes campos:

- **Virtual Path Identifier (VPI)**
- **Virtual Channel Identifier (VCI)**
- **Payload Type Identifier (PTI)**
- **Header Error Control (HEC)**
- **Cell Loss Priority (CLP)**

TIPOS DE INTERFAZ.



ENCABEZADO DE LA CELDA

- GFC (Generic Flow Control): provee funciones locales, como control de flujo entre un equipo terminador ATM y el switch ATM. Este campo no se utiliza actualmente.

- VPI (Virtual Path Identifier) y VCI (Virtual Chanel Identifier): juntos, identifican el próximo paso de una celda mientras ésta viaja a través de varios switches ATM hasta su destino final.

- PT (Payload Type): el primer bit del PT indica si la celda contiene datos de usuario o datos de control.

- Si la celda contiene datos de usuario (seteado a 0) entonces el segundo bit indica si existe congestión (seteado a 1) sobre el enlace o no (seteado a 1) y el tercero indica si ésta es la última de una serie de celdas que representan una trama.

- Si la celda contiene datos de control, entonces el segundo y tercer bit indican mantenimiento o administración del flujo de información.

- CLP (Cell Loss Priority): indica si la celda debe ser descartada si existe un caso extremo de congestión mientras ésta viaja a través de la red.

- HFC (Header Error Control): calcula una suma de comprobación sólo de los primeros 4bytes del encabezado.

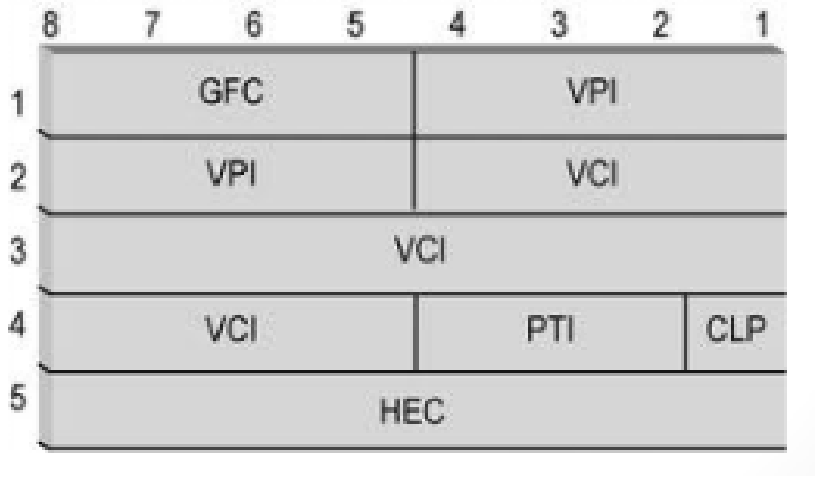
GFC (Generic Flow Control):

- El campo GFC es un campo de 4-bit.

- La intención es que el GFC podría ser utilizado para proporcionar control de flujo desde el usuario a la red (y viceversa).

- Este parámetro no se utiliza en la red pública y se sobrescribe con los nodos de red.

- El campo GFC es de relevancia local y sólo se sobrescribe en el lado de la red.



RUTAS Y CANALES VIRTUALES

Las redes ATM son redes orientadas a la conexión.
Las conexiones virtuales ATM son de dos tipos:

- **Circuitos Virtuales Permanentes (PVC)**
  Un PVC permite la conectividad directa entre sitios. Es similar a una línea dedicada.
  Ventaja: No requiere call setup entre los switches.
  Desventaja: Conectividad estática y configuración manual.

- **Circuitos Virtuales Conmutados (SVC**)
  Un SVC es creado y liberado dinámicamente y se usa solamente mientras exista información que transmitir.
  Es similar a una llamada telefónica.
  El control de llamadas dinámicas requiere de un protocolo entre el endpoint y el switch.
  Ventaja: Flexibilidad de conexión y el call setup puede ser colgado automáticamente por los equipos.
  Desventaja: Tiempo para llevar a cabo el call setup.

Una ruta virtual es un conjunto de canales virtuales, donde cada uno de ellos es conmutado en forma transparente a través de la red ATM y agrupados a través del mismo valor de VPI.

Cada encabezado de celda contiene los campos VPI y VCI, estos asocian a cada celda en forma explícita con un determinado canal virtual sobre un enlace físico.

Los campos VPI y VCI no son direcciones, como las direcciones MAC usadas en la conmutación de tramas de una LAN.

Los campos VPI y VCI son asignados en forma explícita en cada segmento de la conexión, de esta forma, sólo tienen un significado local a través de un enlace determinado.

Los campos VPI y VCI son mapeados en cada punto de conmutación.

Las conexiones punto a punto conectan dos sistemas ATM y esta conexión puede ser unidireccional o bidireccional.

Una conexión punto a multipunto agrupa un mismo origen (nodo raíz) hacia múltiples extremos remotos.

Este tipo de conexiones pueden ser unidireccionales solamente.

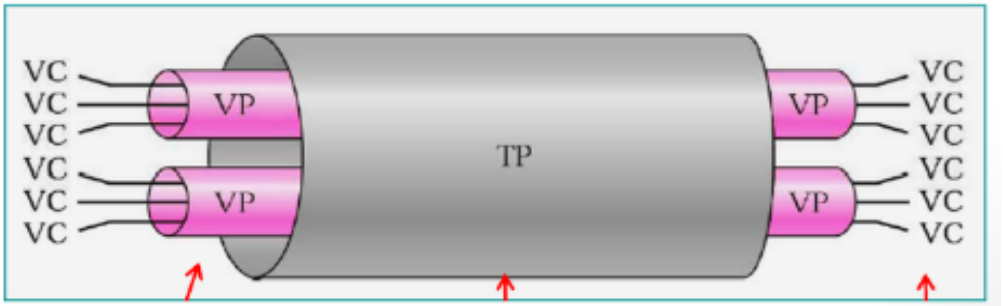
ARQUITECTURA – CONEXIÓN VIRTUAL ATM

Las redes ATM son orientadas a conexión, por lo que se debe establecer un circuito virtual previo que una los extremos de la comunicación.

Un camino de transmisión se divide en varios caminos virtuales (VP) para conectar 2 conmutadores.

Un camino de transmisión (TP) es la conexión física (cable, fibra, satélite, etc. entre un terminal y un conmutador o entre 2 conmutadores.

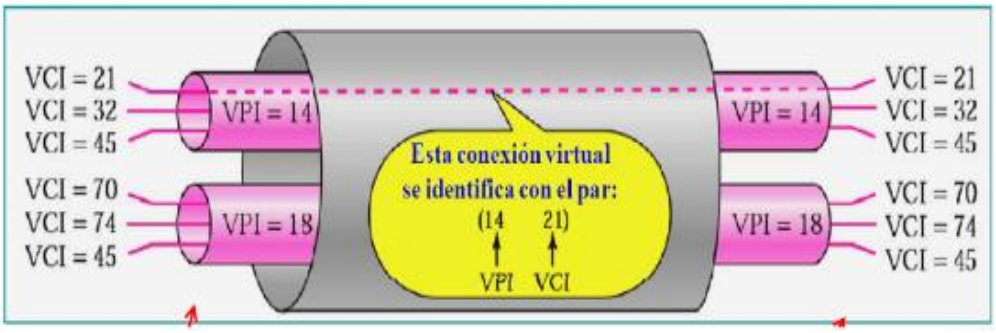
La red está basada en circuitos virtuales (VC).
Todas las celdas que pertenecen a una misma información siguen el mismo VC y mantienen su
orden original hasta que alcanzan su destino.

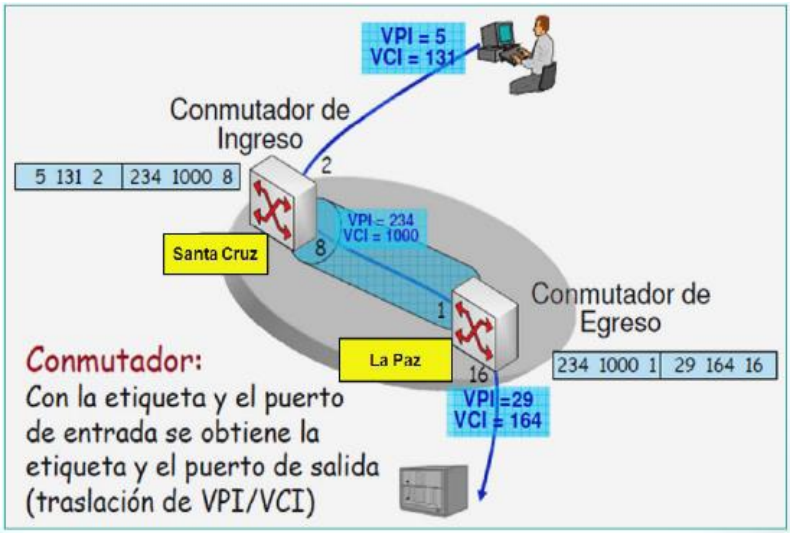


Identificadores:

En una red de circuitos virtuales VC, las conexiones se identifican para enrutar los datos de un conmutador al otro.

- El indicador VPI define el VP concreto. Es el mismo para todas las VC que se enlazan (lógicamente) en un VP.
- El indicador VCI define un VC concreto dentro del VP.





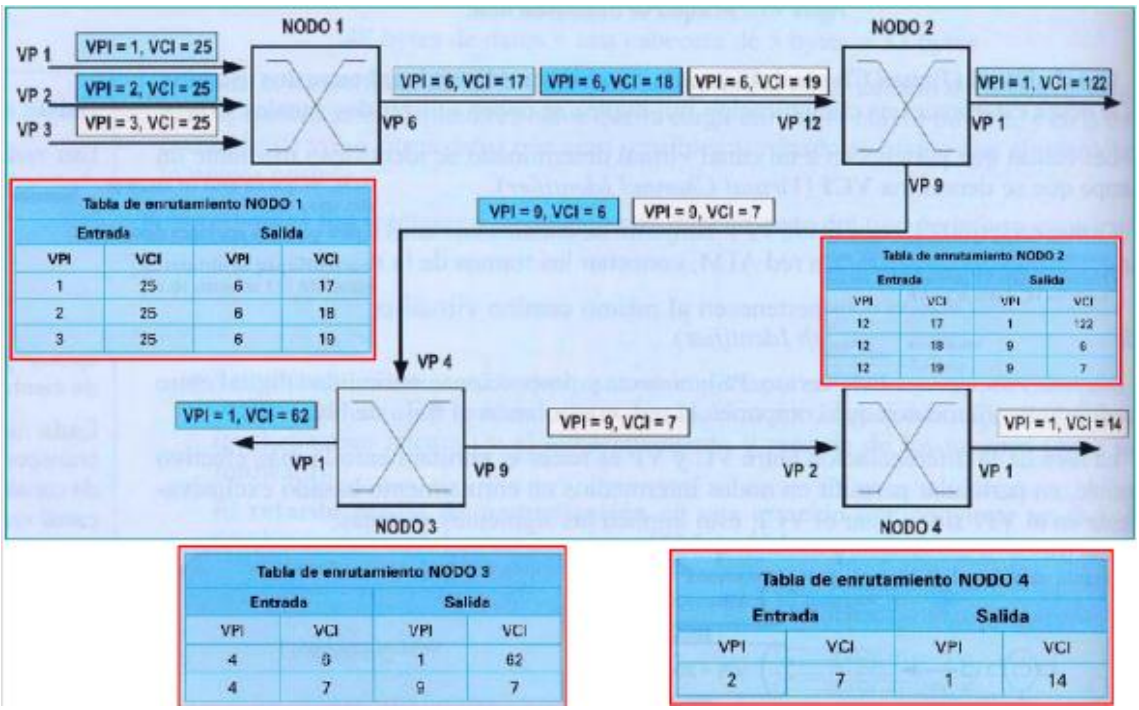


Tabla de enrutamiento NODO 1

Entrada		Salida	
VPI	VCI	VPI	VCI
1	25	6	17
2	25	6	18
3	25	6	19

Tabla de enrutamiento NODO 2

Entrada		Salida	
VPI	VCI	VPI	VCI
12	17	1	122
12	18	9	6
12	19	9	7

Tabla de enrutamiento NODO 3

Entrada		Salida	
VPI	VCI	VPI	VCI
4	6	1	62
4	7	9	7

Tabla de enrutamiento NODO 4

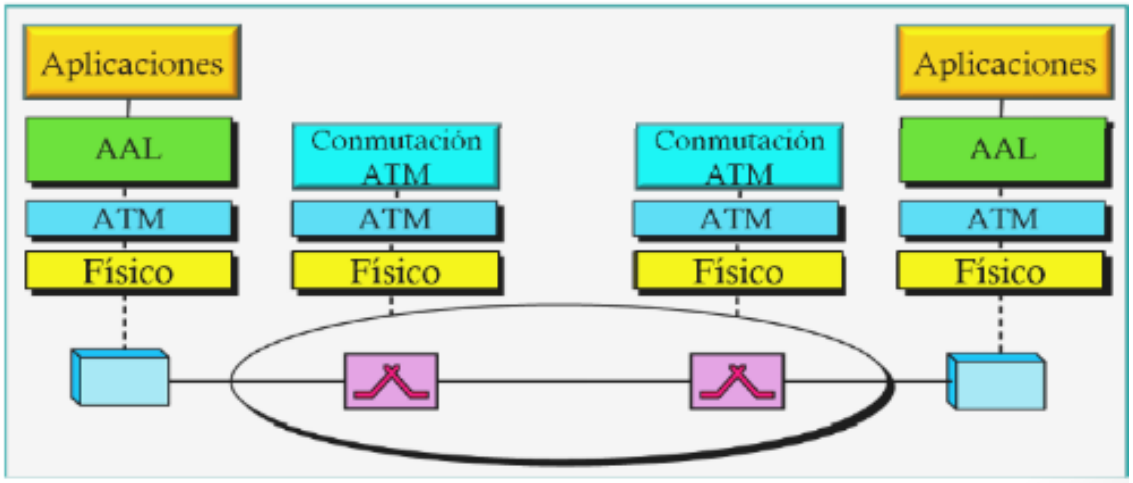
Entrada		Salida	
VPI	VCI	VPI	VCI
2	7	1	14

NIVELES DE ATM

La funcionalidad de ATM se corresponde con el nivel físico y parte del nivel de enlace del modelo OSI de la ISO.

El modelo ATM está compuesto por 3 niveles: AAL, ATM y físico.

Los terminales ATM utilizan los 3 niveles y los conmutadores los 2 inferiores.

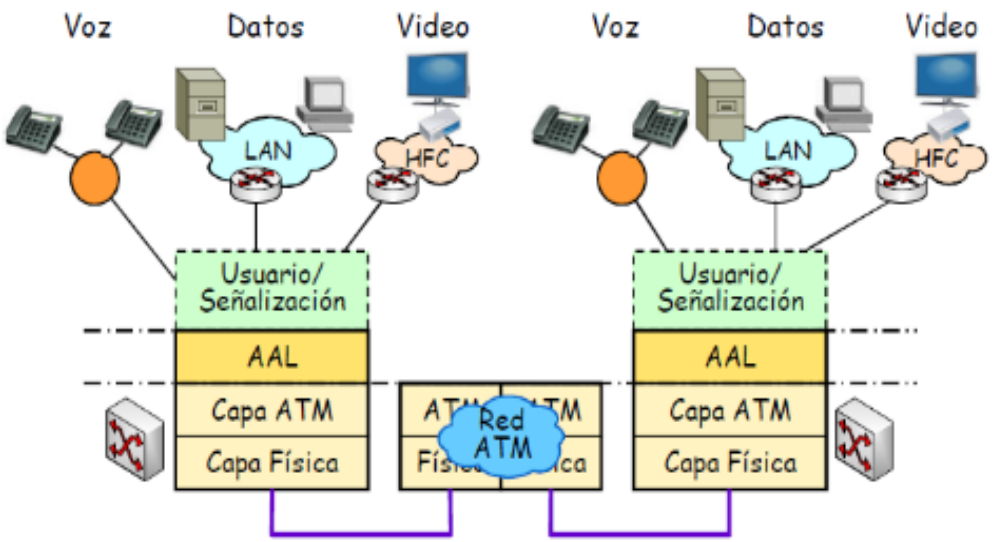


Aplicaciones. Son los niveles que residen sobre AAL. Aceptan los datos de usuario, los clasifican en paquetes, y los pasan a la AAL.

AAL. Nivel de adaptación ATM. Responsable de convertir los datos de aplicaciones a celdas ATM de 48 bytes. Detecta celdas erróneas perdidas. Controla el flujo y la temporización.

Nivel ATM. Responsable del transporte de celdas a través de la red Toma los datos que van a ser enviados y añade la información de cabecera de 5 bytes que asegura el envía de la celda por la conexión correcta.

Nivel físico. Responsable de convertir las celdas al formato óptico o eléctrico apropiado. Define las características ópticas o eléctricas y las interfaces de red.

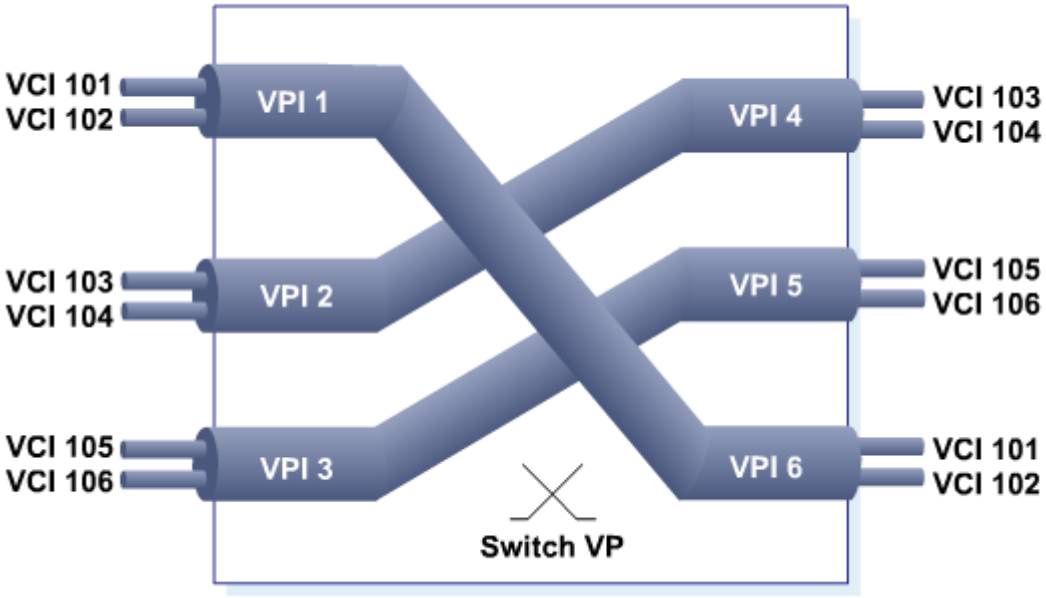


Los servicios se ofrecen en los extremos AAL sólo opera del lado del usuario.

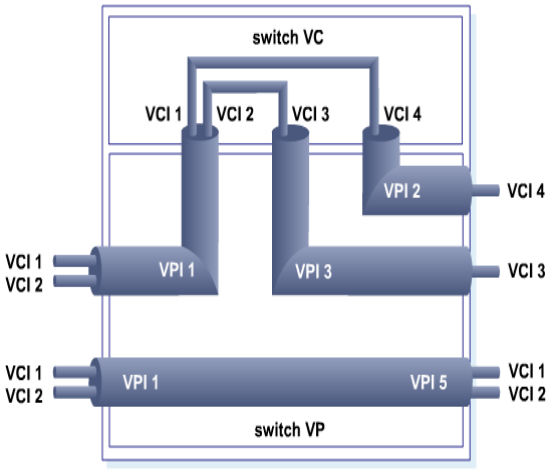
CONMUTACION BASADA EN LA RUTA O EN CANAL VIRTUAL

- La conmutación basada en la ruta virtual es generalmente utilizada a través de las redes de transporte como las redes WAN.
- Las conexiones de rutas virtuales (VPCs) consisten en un conjunto de conexiones de canales virtuales (VCCs) con el

mismo valor de VPI, los cuales atraviesan el switch ATM que realizan la conmutación basada en la ruta virtual.



- En la Figura se muestra un ejemplo de una conmutación basada en los valores de ambos campos (VPI/VCI).
- Debido a que estos valores sólo tienen significado local, estos valores son remapeados en cada switch ATM.

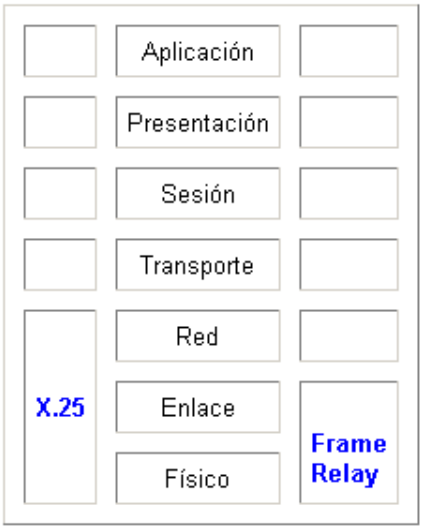


FRAME RELAY

- Versión aligerada del X.25.
- Pensada para combinar con otros protocolos como TCP/IP, y para interconexión multiprotocolo de LANs

- Servicio no fiable; si llega una trama errónea se descarta y el nivel superior (normalmente transporte) ya se enterará y pedirá retransmisión.

COMPARACION X25 - FRAME RELAY



X.25		Frame Relay
Establecimiento de circuito Control de circuito Control de flujo de circuito Direccionamiento	Red	
Control de enlace Creación de tramas Control de errores Control de flujo de enlaces Fiabilidad	Enlace	Direccionamiento Creación de tramas Control de errores Gestión de interfaces
Conexión Física	Físico	Conexión Física

Niveles utilizados por Frame Relay y X.25

En Frame relay La función de direccionamiento se desplaza desde la capa 3 en X .25 a la capa 2. Todas las demás funciones del nivel 3 de X.25 no están incorporadas en el protocolo de Frame Relay.

DESCRIPCION GENERAL

Un proveedor Frame Relay podría utilizar una variedad de tecnologías, como el Modo de Transferencia Asíncrona (ATM) o el Protocolo Punto a Punto (PPP), para desplazar los datos de un extremo de la red al otro.

- Tamaño máximo de paquete (trama) de 1 a 8 KB
- Velocidades de acceso hasta 44.736 Mb/s, típicas de 64 a 1.984 Kb/s
- QoS definida por CIR (Committed Information Rate) y por EIR (Excess Information Rate).

Ofrece servicios rapidos

- Ofrece tasas similares a E1/T1 a menor costo
- Minimiza o elimina funciones
- Permite VPN de altas velocidad
- Se pasan responsabilidades a las WS
- Desempeña pocas funciones de QoS.

originalmente, frame relay fue diseñada para permitir que los equipos ISDN tuvieran acceso a servicios conmutados por paquetes en un canal b.

Actualmente es una tecnología wan de conmutación de paquetes, orientada a conexión y opera en la capa de enlace de datos.

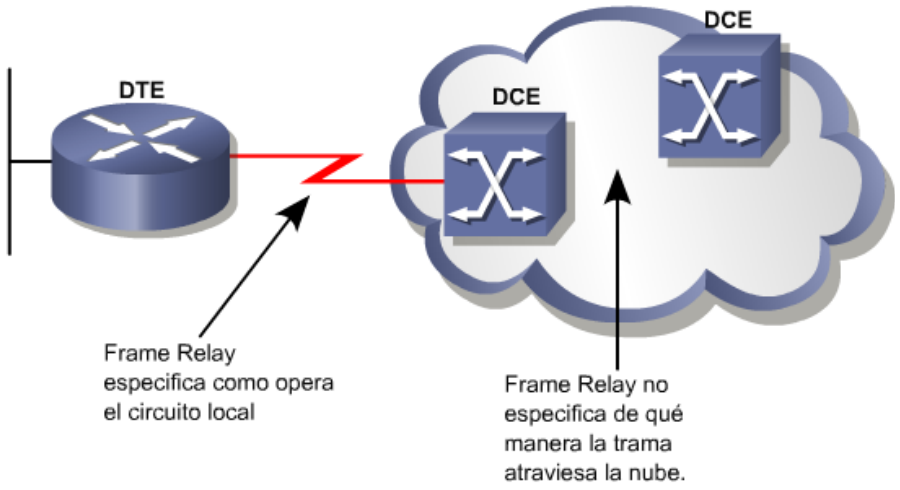
Utiliza un subconjunto del protocolo de control de enlace de datos de alto nivel (hdlc) llamado procedimiento de acceso a enlaces para frame relay (lapf).

Las tramas transportan datos entre los dispositivos de los clientes, llamados equipo terminal de datos (DTE), y el equipo de comunicaciones de datos (DCE) quien actúa como dispositivo de borde de la WAN.

En estos casos, un router en cada una de las LANs será el DTE.

- Una conexión serial, como una línea alquilada T1/E1, conecta el router al switch Frame Relay de la compañía de servicio en su punto de presencia (POP) más cercano al router.

- El switch Frame Relay es un dispositivo DCE. Las tramas se envían y entregan desde un DTE a otro DTE utilizando la red de Frame Relay creada por los DCE del operador.



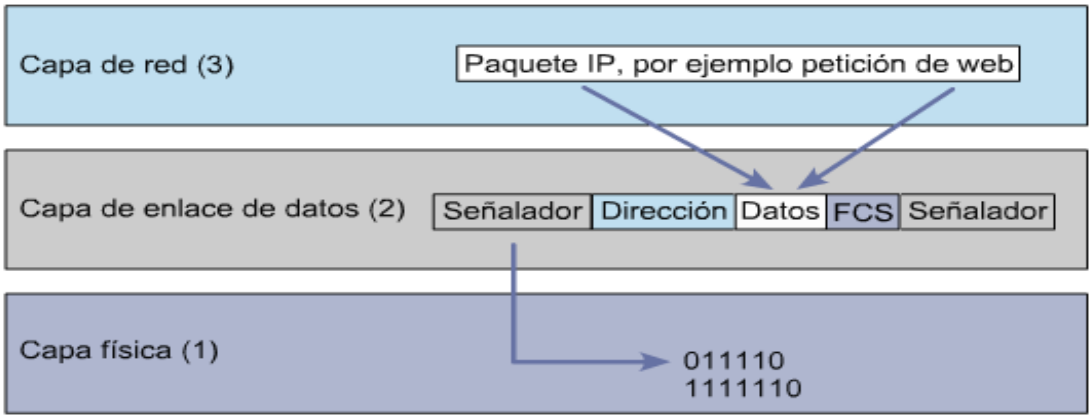
FRAME RELAY DENTRO DE OSI

Opera en las capas física y de enlace de datos del modelo de referencia OSI, pero depende de los protocolos de capa superior como TCP para la corrección de errores.

Modelo de referencia OSI	Frame Relay
Aplicación	
Presentación	
Sesión	
Transporte	
Red	IP/IPX/AppleTalk, etc.
Enlace de Datos	Frame Relay
Fisíca	EIA/TIA-232, EIA/TIA-449, V.35, X.21, EIA/TIA-530

- Frame Relay recibe un paquete de un Protocolo de la capa de red como IP.
- Frame Relay lo envuelve con un campo de dirección (que contiene el DLCI) y un checksum.
- Frame Relay envuelve el paquete en campos de señalador (01111110).
- Frame Relay lo pasa a la capa física para que se envíe como bits por el hilo.

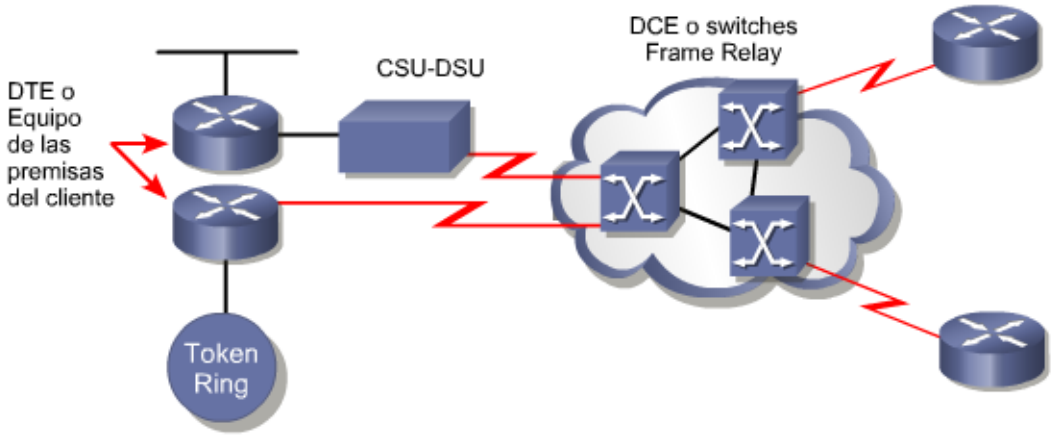
- La tecnología Frame Relay toma los paquetes de datos provenientes de un protocolo de capa de red, como IP.
- Luego encapsula el paquete de capa de red en el campo de datos de una trama Frame Relay, para pasar esta trama a la capa física de forma tal que ésta se pueda enviar a través del medio.



- La secuencia de verificación de trama (FCS – Frame Check Sequence) se utiliza para determinar si durante la transmisión se produjo algún error en el campo de dirección de Capa 2.
- La FCS se calcula antes de la transmisión y el resultado se inserta en el campo de la FCS.
- Cuando la trama llega a destino, se recalcula el valor FCS y se compara con el valor FCS transportado por la trama, aceptando o rechazando al trama

- El control de errores se deja a las capas superiores, debido a esto cualquier trama que presente errores se descarta sin notificar al otro extremo.

DISPOSITIVOS FRAME RELAY



Los DCEs, por lo general, residen dentro de las WANs operadas por la portadora.

Los dispositivos conectados a una red de área amplia (WAN) Frame Relay se clasifican en general como Equipo terminal de datos (DTE).

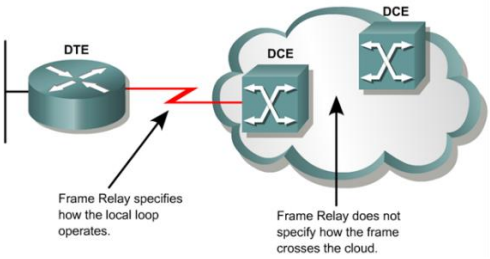
Por lo general se ubican en las instalaciones del cliente.

Ejemplos de dispositivos DTE son los routers y los Dispositivos de Acceso Frame Relay (FRADs).

Equipo de terminación de circuitos (DCE):

Los DCEs generalmente son dispositivos instalados sobre los enlaces troncales de la WAN.

El propósito del equipo DCE es proporcionar servicios de temporización y conmutación en una red.



Los DTE son generalmente considerados los equipos terminales de una red y estan ubicados en las instalaciones del cliente.

El cliente puede adquirir dicho equipamiento.

Ejemplos de dispositivos DTE son los routers and Frame Relay Access Devices (FRADs).

Un FRAD es un dspositivo diseñado especificamente para proveer conexion entre una LAN y una WAN Frame Relay.

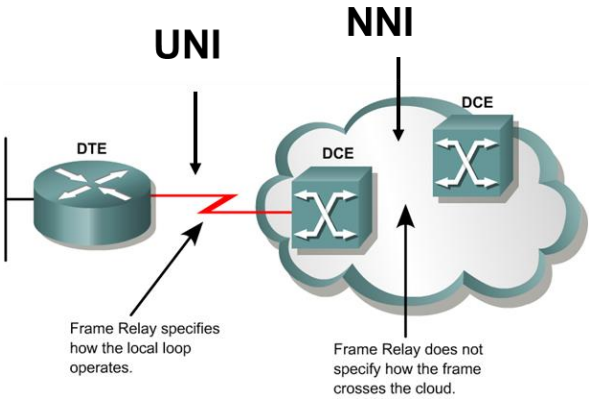
Los **DCE** son dispositivos de interconexion del carrier.

El proposito del equipamiento DCE es el de proveer sincronismo.

En la mayoria de los casos son switches de conmutacion de paquetes, y que transmiten los datos a traves de la WAN.

La conexion entre el cliente y el proveedor de servicios se denomina **User-to-Network Interface (UNI).**

La **Network-to-Network Interface (NNI)** se utiliza para describir como redes frame relay de distintos proveedores se conectan entre si.



Como red de transporte en el centro de la nube es común encontrar tecnología ATM.

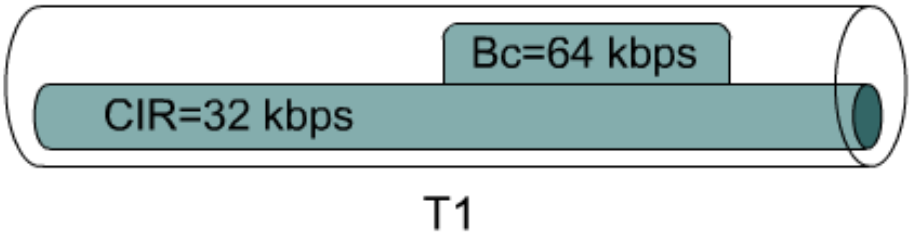
Independientemente de la tecnología utilizada como red de transporte, la conexión entre el cliente y el operador de servicios Frame Relay es aún Frame Relay, a la conexión entre el cliente y el operador de servicios se la conoce como Interfaz Usuario a Red (UNI).

La Interfaz Red a Red (NNI) se utiliza para describir cómo las redes Frame Relay de diferentes operadores se conectan entre sí.

TERMINOLOGÍA DE TRÁFICO PROPIA DE FRAME RELAY

- Para poder avanzar a lo largo de este tema primero debemos poner en claro algunos conceptos que mencionaremos en las próximas secciones.

- **Velocidad de acceso local**: ésta es la velocidad de reloj (clock) o velocidad del puerto de la conexión hacia la nube Frame Relay.
- **Velocidad Comprometida de la Información (CIR):** ésta es la velocidad, en bits por segundos, a la cual el switch Frame Relay acuerda transferir datos.
- Para cada PVC se debe determinar el CIR correspondiente.
- El CIR corresponde al throughput garantizado para cada PVC. Refleja el máximo flujo de información entre los dos extremos que conecta un pvc.
- El CIR de cada pvc no puede exceder la velocidad del puerto al que se encuentra conectado.
- La velocidad es normalmente promediada durante un período de tiempo, llamado intervalo de medición de la velocidad comprometida **(Tc).** En general, la duración del **Tc** es proporcional a la ráfaga de tráfico.



- **Intervalo de Tiempo Comprometido (Tc):** el Tc no es un intervalo de tiempo recurrente.
    - Se utiliza estrictamente para medir los datos entrantes, por lo cual actúa como una ventana deslizante.

Los datos entrantes disparan el intervalo Tc.

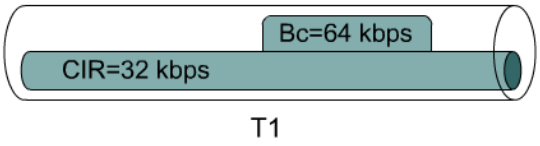
- **Ráfaga Comprometida (Bc):** es la máxima cantidad de bits que el switch acuerda en transferir durante cualquier Tc.

- Cuanto más alta es la proporción Bc-CIR, más tiempo el switch puede manipular una ráfaga sostenida.
- Por ejemplo, si el Tc es de 2 segundos y la CIR es de 32kbps, el Bc es de 64 kbps.
- El cálculo del Tc es Tc = Bc/CIR.

Tc = 2 segundos

Bc = 64 kbps

CIR = 32 kbps

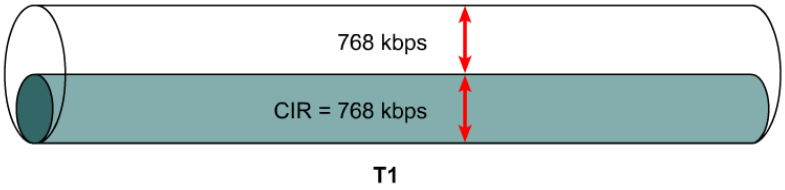


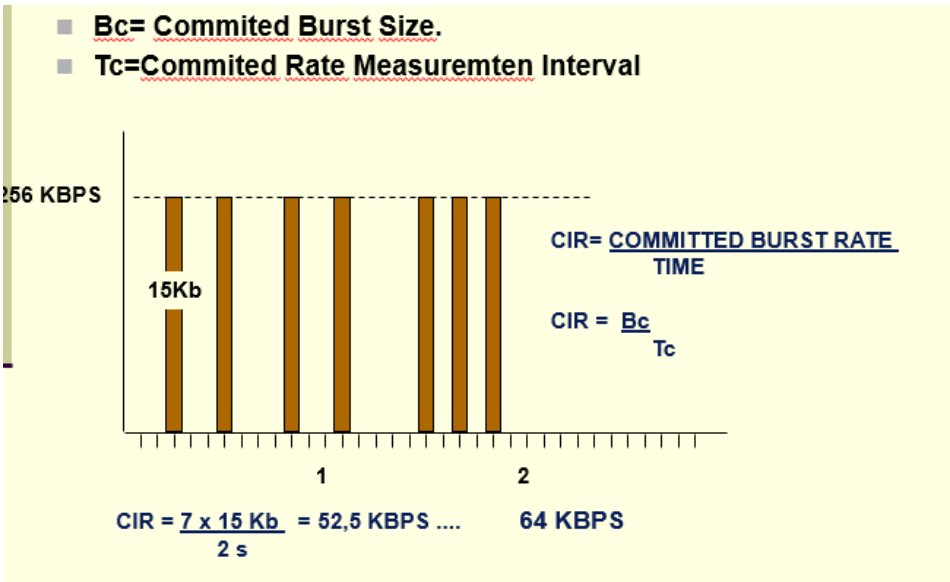
ESTIMANDO EL CIR

- **Vt**: Maxima velocidad de la red
- **CIR** : Velocidad media comprometida
- **BC** : Volumen de trafico garantizado durante el intervalo de referencia (tc)
- **tc** : Intervalo de referencia

Normalmente desde 100ms hasta 4 seg.

- **Ráfaga de Exceso (Be):** ésta es la cantidad máxima de bits no comprometidos que el switch de Frame Relay intenta transferir más allá de la CIR.
  - La Ráfaga de Exceso (Be) depende de las ofertas de servicio disponibles de su fabricante, pero normalmente está limitada a la velocidad del puerto del bucle de acceso local.





En caso de tener un pvc conectando dos puertos de diferente velocidad, limitara la mas baja de los dos puertos.

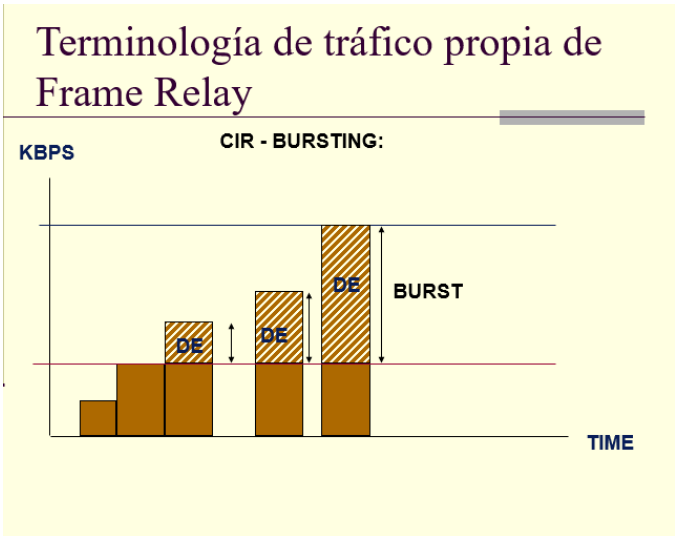
Es posible que un PVC transmita información a una Velocidad superior a su CIR, pero estas tramas que sobrepasen el CIR serán marcadas como descartables.

Es importante programar el CIR conociendo las necesidades y expectativas de los usuarios.

un PVC puede exceder la capacidad asignada en su CIR para lograr transmitir grandes volúmenes de información,

La limitación máxima será dada por la actividad en otros PVC del mismo puerto y por la velocidad máxima del puerto.

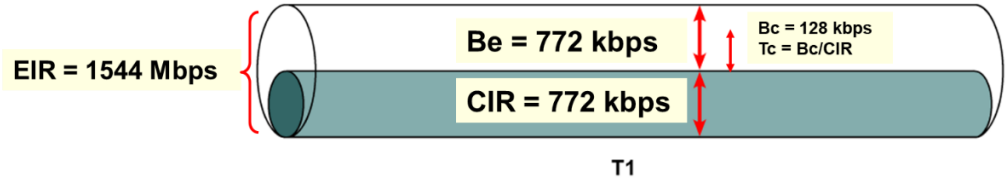
Frame relay especifica marcar como descartables las tramas en exceso del CIR.



Exceso de Velocidad de Información (EIR – Excess Information Rate): define al ancho de banda disponible para el cliente, que es la CIR más la Be.

Normalmente, la EIR está fijada en la velocidad de acceso local

En el caso que el proveedor configure un EIR menor que la tasa de acceso local las tramas mas allá del máximo pueden ser descartadas, aun si no se produce congestión.



- **Notificación de Congestión Explícita Hacia Adelante (FECN – Forward Explicit Congestion Notification):** cuando un switch Frame Relay reconoce una congestión en la red, envía un paquete FECN hacia el dispositivo destino. Este paquete le indica que ha ocurrido una congestión.
- **Notificación de Congestión Explícita Hacia Atrás (BECN – Backward Explicit Congestion Notification):** cuando un switch Frame Relay reconoce una congestión en la red, envía un paquete BECN al router origen. Este paquete sirve para indicar al router origen que disminuya la velocidad de transmisión.

FECN Y BECN INDICAN CONGESTION

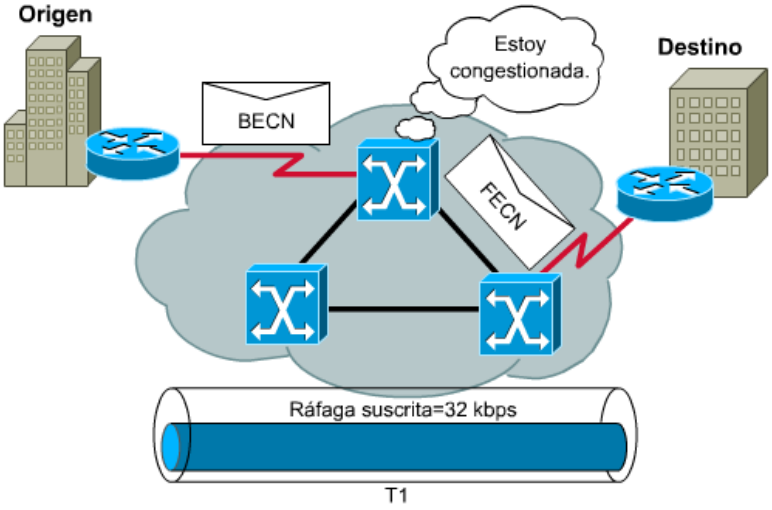
Cuando un switch Frame Relay detecta congestión en la red, envía un paquete BECN al router origen, instruyendo al router para que reduzca la velocidad a la cual está enviando los paquetes.

Si el router recibe cualquier BECN durante el intervalo de tiempo actual, reduce la velocidad de transmisión un 25%.

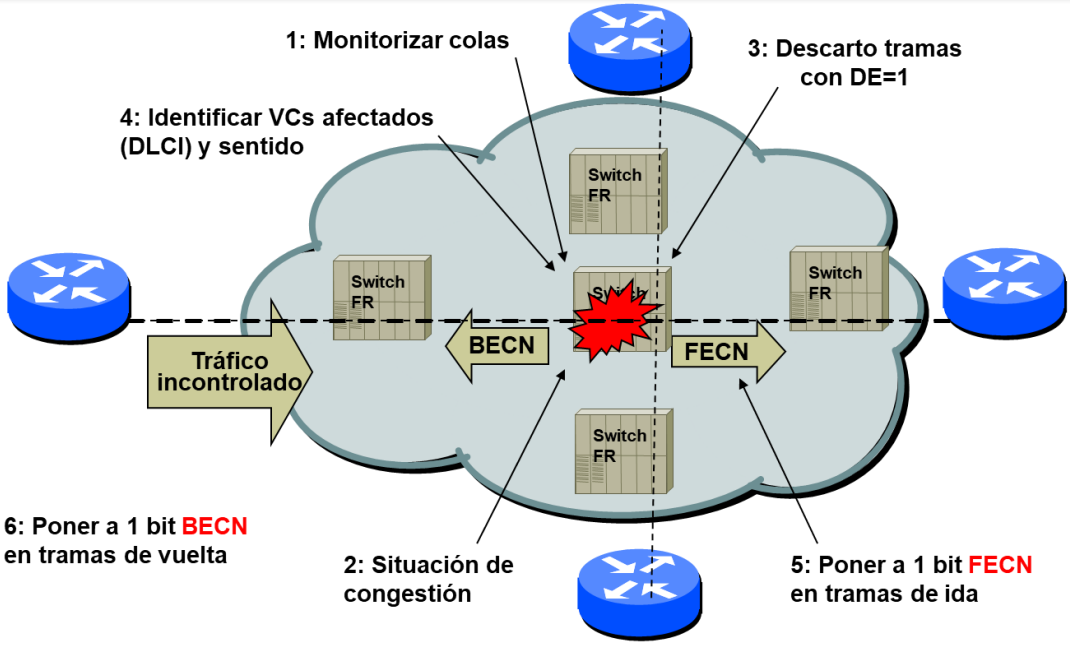
Cuando un switch Frame Relay detecta la existencia de congestión en la red, envía un paquete FECN al dispositivo destino, indicando que se ha producido la congestión.

Notificación explícita de la congestión (FECN): Bit establecido en una trama que notifica a un DTE que el dispositivo receptor debe iniciar procedimientos para evitar la congestión.

Notificación de la congestión retrospectiva (BECN): Bit establecido en una trama que notifica a un DTE que el dispositivo receptor debe iniciar procedimientos para evitar la congestión.



CONTROL DE CONGESTIÓN EN FRAME RELAY



Bit de Elección de Descarte (DE – Discard eligibility): cuando un router o switch detectan congestión en la red, estos pueden marcar el paquete como DE.

El bit DE es fijado en el tráfico que fue recibido después de que se alcanzó la CIR y este tráfico se marca como "Candidato para Descarte".

Generalmente, estos paquetes marcados como DE serán enviados.

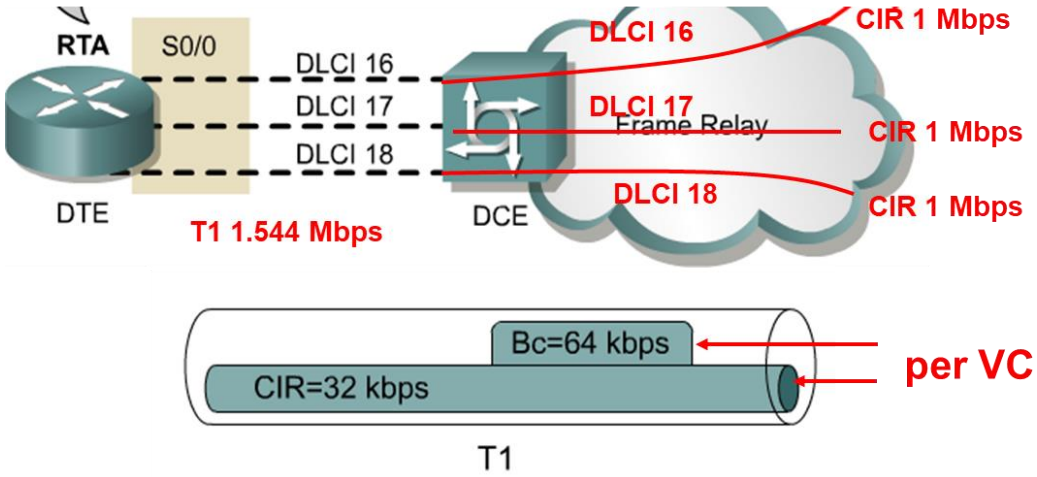
Sin embargo, el switch Frame Relay descartará primero los paquetes con el bit DE fijado ante un periodo de congestión.

Oversubscription: la sobre inscripción sucede cuando la suma de las CIRs en todos los CVs excede a la velocidad del puerto.

En la práctica, esto es una técnica muy usada debido a que generalmente no todos los CVs operan en su máxima velocidad al mismo tiempo.

Realizando una sobre inscripción el operador se asegura un buen aprovechamiento del enlace.

Sin embargo, se debe destacar que la sobre inscripción aumenta la probabilidad de descarte de paquetes.



FUNCIONAMIENTO DE LOS CV

Los PVCs son conexiones establecidas de manera permanente que se utilizan cuando hay una transferencia de datos frecuente y consistente entre dispositivos DTE a través de una red Frame Relay.

Por otro lado, los SVCs son conexiones temporales que sólo se utilizan cuando hay transferencias de datos esporádicas entre dispositivos DTE a través de la red Frame Relay.

Las conexiones SVC requieren un establecimiento y terminación de la llamada para cada conexión.

A cada extremo del circuito virtual en una red Frame Relay, se le asigna un identificador de conexión

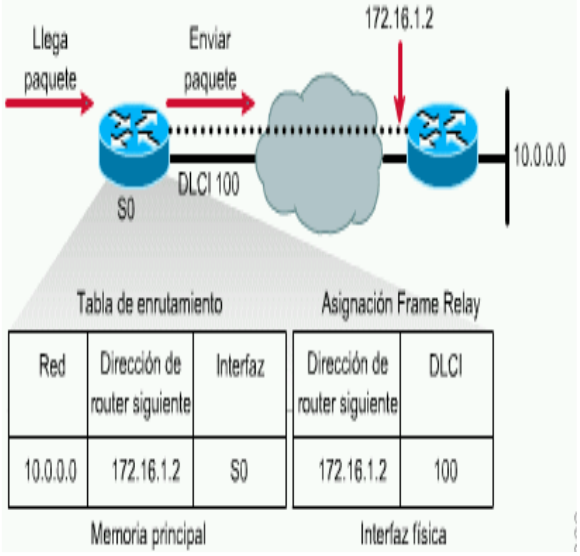
El equipo de conmutación del operador de servicios mantiene una tabla que mapea estos identificadores de conexión con puertos salientes.

Cuando se recibe una trama, el switch Frame Relay analiza el identificador de la conexión y entrega el frame al puerto correcto.

En las redes Frame Relay, es el identificador de la conexión de enlace de datos (DLCI) el que identifica el circuito virtual entre el DCE y el switch Frame Relay.

El switch Frame Relay mapea los DLCIs entre cada par de routers para crear un PVC.

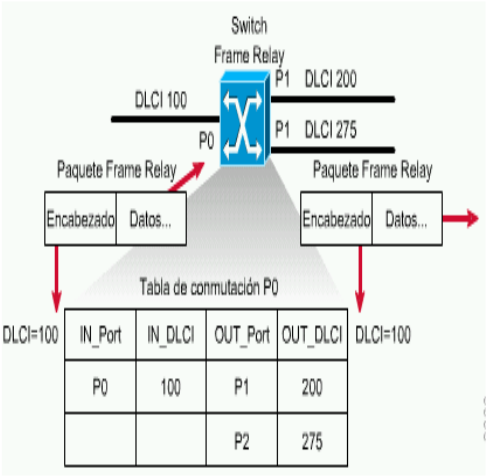
Un DLCI localmente significativo no hace referencia al otro extremo del PVC.



La dirección del router de salto siguiente determinada por la tabla de enrutamiento se debe resolver a un DLCI Frame Relay.

La resolución se realiza mediante una estructura de datos denominada asignación Frame Relay.

La tabla de enrutamiento se utiliza entonces para suministrar la dirección de protocolo del salto siguiente o el DLCI para el tráfico saliente. Esta estructura de datos se puede configurar estáticamente en el router, o bien, la función ARP inverso se puede utilizar para configurar automáticamente la asignación.



IN_Port	IN_DLCI	OUT_Port	OUT_DLCI
P0	100	P1	200
		P2	275

La tabla de conmutación Frame Relay consta de cuatro entradas: dos para el puerto y DLCI entrante, y dos para el puerto y DLCI saliente.

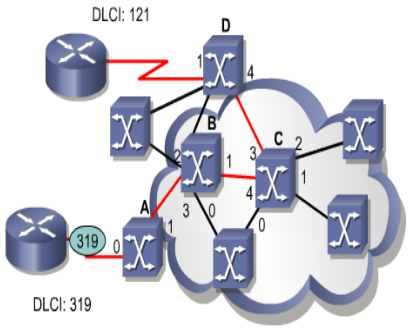
El DLCI se puede, por lo tanto, reasignar a medida que pasa a través de cada switch; el hecho de que se pueda cambiar la referencia de puerto explica por qué el DLCI no cambia aun cuando la referencia de puerto cambia.

Los diversos circuitos virtuales en la línea de acceso única se diferencian mediante un identificador de canal de enlace de datos (DLCI) para cada circuito.

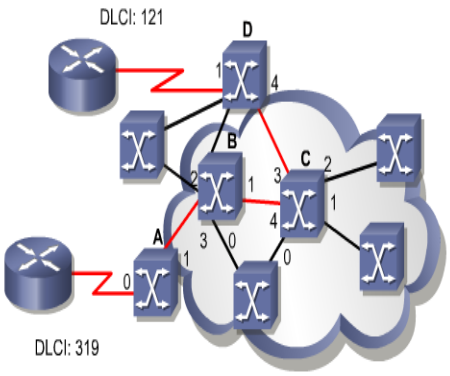
El DLCI se almacena en el campo de dirección de cada trama transmitida.

Además, el DLCI en general sólo cobra validez a nivel local y puede ser distinto en cada extremo de un circuito virtual

Circuitos virtuales

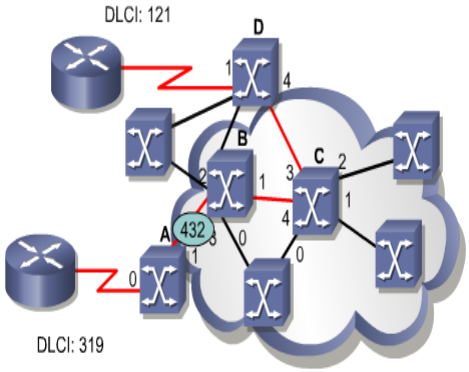


Circuitos virtuales



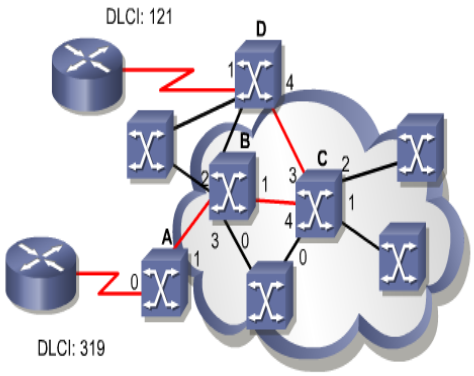
A			
VC	Port	VC	Port
319	0	432	1

Circuitos virtuales



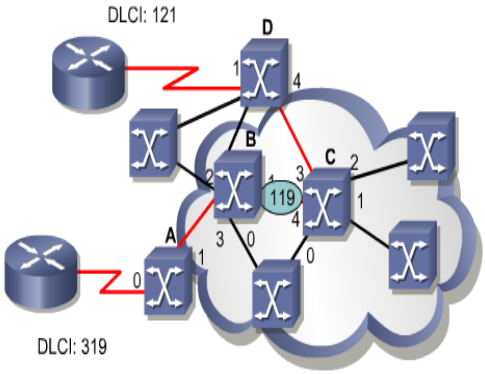
A			
VC	Port	VC	Port
319	0	432	1

Circuitos virtuales



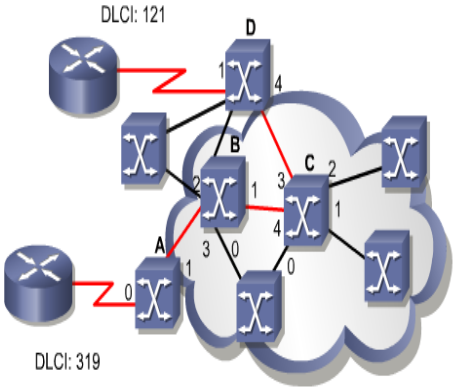
B			
VC	Port	VC	Port
432	3	119	1

Circuitos virtuales



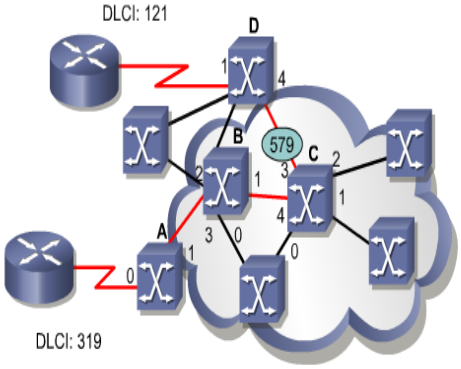
B			
VC	Port	VC	Port
432	3	119	1

Circuitos virtuales



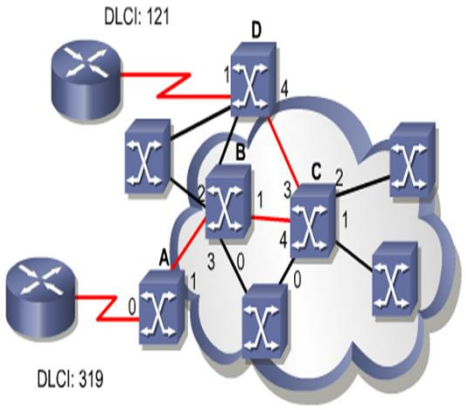
C			
VC	Port	VC	Port
119	4	579	3

Circuitos virtuales



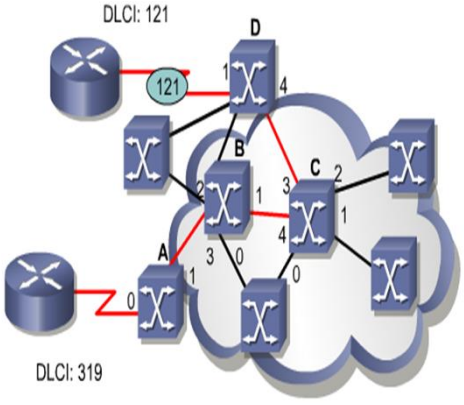
C			
VC	Port	VC	Port
119	4	579	3

Circuitos virtuales



D			
VC	Port	VC	Port
579	0	121	1

Circuitos virtuales



D			
VC	Port	VC	Port
579	0	121	1

CIRCUITOS VIRTUALES MULTIPLES

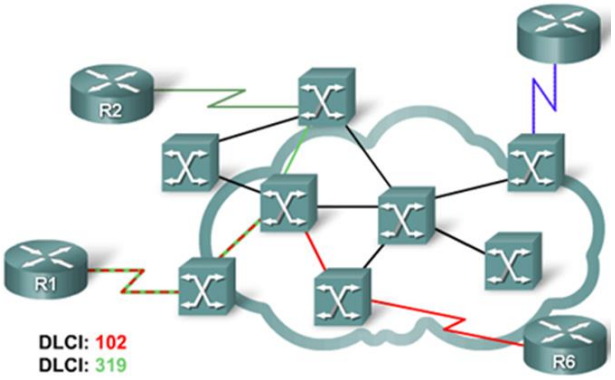
Frame Relay se multiplexa estadísticamente, lo que significa que transmite sólo una trama por vez, pero que pueden coexistir muchas conexiones lógicas en una única línea física.

El dispositivo de acceso Frame Relay (FRAD, Frame Relay Access Device) o el router conectado a la red Frame Relay puede tener varios VC que lo conectan a diversos puntos finales.

Los VC múltiples de una única línea física se distinguen, dado que cada VC tiene su propio DLCI (Identificador de Conexión de enlace de datos).

Recuerde que el DLCI tiene sólo importancia local y puede ser diferente en cada extremo de un VC.

La figura muestra un ejemplo de dos VC en una única línea de acceso, cada uno con su propio DLCI, conectado a un router R1.



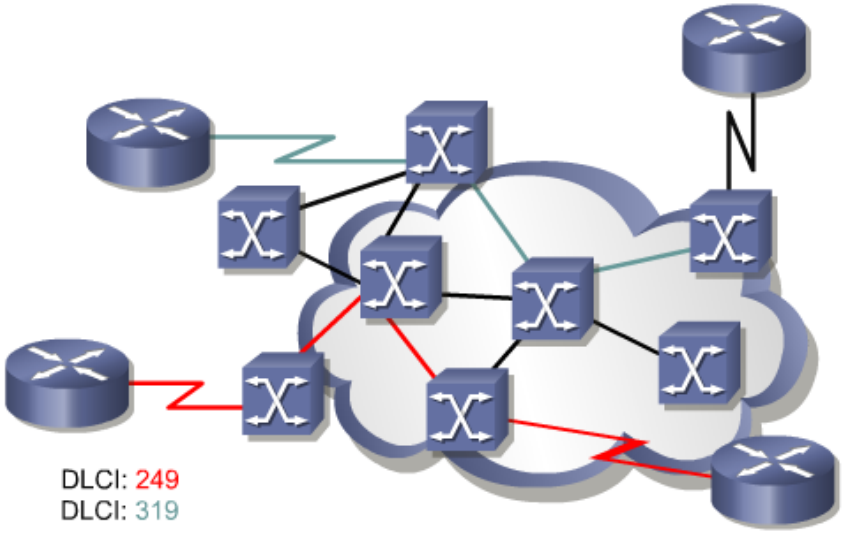
Esta capacidad suele reducir la complejidad del equipo y la red requerida requerida para

conectar varios dispositivos, lo que constituye un reemplazo rentable de una malla de líneas de acceso.

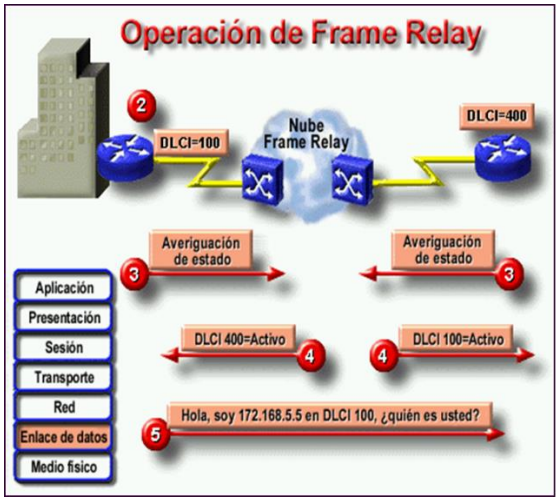
Con esta configuración, cada punto final necesita sólo una línea de acceso única e interfaz.

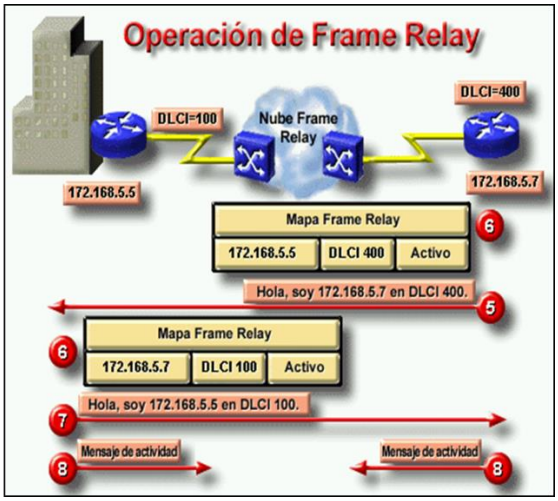
Se generan ahorros adicionales ya que la capacidad de la línea de acceso se establece según las necesidades de ancho de banda promedio de los VC, y no según las necesidades máximas de ancho de banda.

Circuitos virtuales múltiples



El DLCI puede distinguir entre varios circuitos virtuales en el mismo enlace de acceso.





ESTADOS DE CONEXIÓN POSIBLES

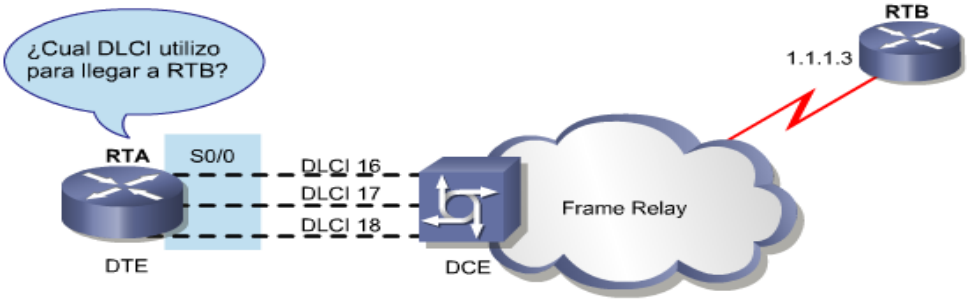
En la tabla de mapeo Frame Relay aparecen tres estados de conexión posibles:

- **Estado activo** – Indica que la conexión está activa y que los routers pueden intercambiar datos.
- **Estado inactivo** – Indica que la conexión local al switch FR está funcionando, pero la conexión del router remoto al switch FR no está funcionando.
- **Estado de borrado** – Indica que no se está recibiendo ningún LMI desde el switch FR o que no está teniendo lugar ningún servicio entre el router CPE y el switch FR.

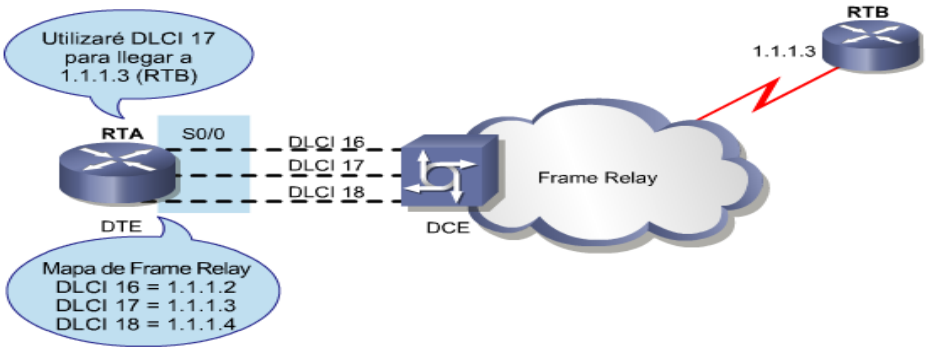
DLCIs FRAME RELAY

Para ilustrar la utilización del los DLCIs tomemos un ejemplo. Dos routers (RTA y RTB) desean comunicarse a través de una red Frame Relay.

RTA sólo puede utilizar uno de tres PVCs configurados para llegar a RTB.

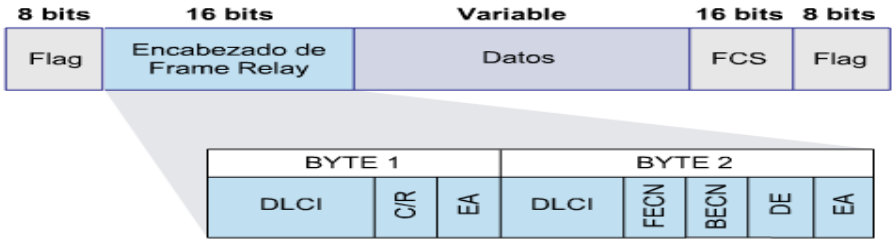


Para que el router RTA sepa qué PVC utilizar, las direcciones de Capa 3 deben mapearse con los números de DLCI. RTA debe mapear las direcciones de Capa 3 con los DLCIs disponibles



Con lo cual el RTA mapea la dirección IP 1.1.1.3 de RTB al DLCI 17. Una vez que RTA sabe qué DLCI utilizar, puede encapsular el paquete IP con un frame Frame Relay que contenga el número de DLCI apropiado para llegar a ese destino.

Formato de trama IETF de Frame Relay



En la trama Frame Relay sólo está incluido un valor DLCI de 10 bits.Los primeros 6 bits del DLCI están separados de los últimos 4 bits del DLCI por los campos C/R y EA.

A través del número DLCI en el encabezado de la trama Frame Relay, RTA puede comunicarse tanto con RTB como con RTC a través del mismo circuito físico.

Esta técnica de permitir múltiples canales lógicos a través de un único circuito físico se denomina multiplexado estadístico.

Esta técnica asocia dinámicamente el ancho de banda a los canales activos, de tal forma que si RTA no tiene paquetes que enviar a RTB, RTA puede utilizar todo el ancho de banda disponible para comunicarse con RTC.

El proveedor de servicios Frame Relay asigna los números DLCI en la WAN.

Usualmente, los DLCIs 0 a 15 y 1008 a 1023 se reservan para propósitos especiales.

Por lo tanto, los proveedores de servicios en general asignan DLCIs en el rango de 16 a 1007.

Los multicasts pueden utilizar los DLCIs 1019 y 1020.

La Interfaz de Administración Local (LMI) utiliza los DLCIs 1023 ó 0.

Para construir un mapeo de DLCIs con direcciones de Capa 3, el router primero debe conocer qué circuitos virtuales se encuentran disponibles.

El proceso de aprender acerca de los circuitos virtuales disponibles y sus valores DLCI se realiza a través del estándar de señalización LMI.

Una vez que los DLCIs para los VCs disponibles son conocidos, el router debe aprender qué direcciones de Capa 3 mapear con qué DLCIs.

El mapeo de direcciones puede configurarse manual o dinámicamente.

Ya sea que el mapeo de un DLCI a una dirección IP remota suceda manual o dinámicamente, el DLCI utilizado no tiene el mismo número a ambos extremos del PVC.

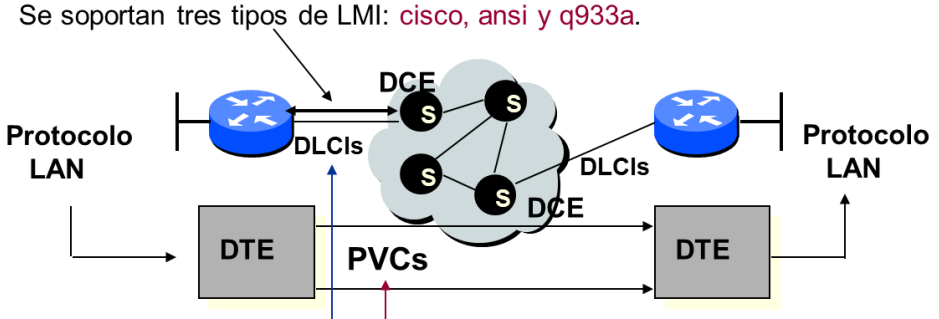
INTERFAZ DE ADMINISTRACIÓN LOCAL LMI

Para el diseño y desarrollo de la tecnología de Frame Relay se omitió todo lo que pudiera contribuir a los retardos debido a la naturaleza de su construcción.

Cuando se lanzo la implementación de Frame Relay como una tecnología independiente de ISDN, se decidió que era necesario disponer de información sobre el estado de la red en forma dinámica.

Interfaz de administración local (LMI). Estándar de señalización entre el equipo terminal del abonado (CPE) y el switch Frame Relay.

Se soportan tres tipos de LMI: cisco, ansi y q933a.



Los **circuitos virtuales permanentes** (PVC) utilizan identificadores de conexión de enlace (DLCIs)

El **Identificador de conexión de enlace de datos** (DLCI), es un número que identifica el extremo final en una red Frame Relay. El switch Frame Relay asigna los DLCI entre un par de routers para crear un PVC.

Esta característica no estaba incluida en el diseño original.

Debido a esta falta en el diseño original se crearon extensiones para habilitar la transferencia de información de estado, a estas extensiones se las denomina como Interfaz de administración local (LMI).

El campo de 10 bits del DLCI permite identificadores de circuitos virtuales que van desde 0 hasta 1023., las extensiones LMI se reservan algunos de estos identificadores reduciendo el número de circuitos virtuales permitidos.

Entonces, básicamente los mensajes LMI se intercambian entre los DTE y los DCE utilizando los DLCI reservados.

Identificadores de circuito virtual	Tipos de circuito virtual
0	LMI (ANSI, ITU)
1..15	Se reserva para uso futuro
992..1007	CLLM
1008..1022	Se reserva para uso futuro (ANSI, UIT)
1019..1022	Multicasting (Cisco)
1023	LMI (Cisco)

Las extensiones LMI incluyen las siguientes:

- El mecanismo de actividad.
- El mecanismo multicast.
- El control de flujo.
- La capacidad de dar significado global a los DLCIs.
- El mecanismo de estado de los VC.

Como ya se menciono, existen tres tipos de LMI y además el tipo de LMI debe coincidir según el switch Frame Relay del operador y el dispositivo DTE del cliente.

Sin embargo, en algunos dispositivos cabe la posibilidad de configurar la detección de LMI en forma automática, logrando que se pueda trabajar con cualquier tipo de LMI.

El switch Frame Relay utiliza LMI para informar el estado de los PVCs configurados.

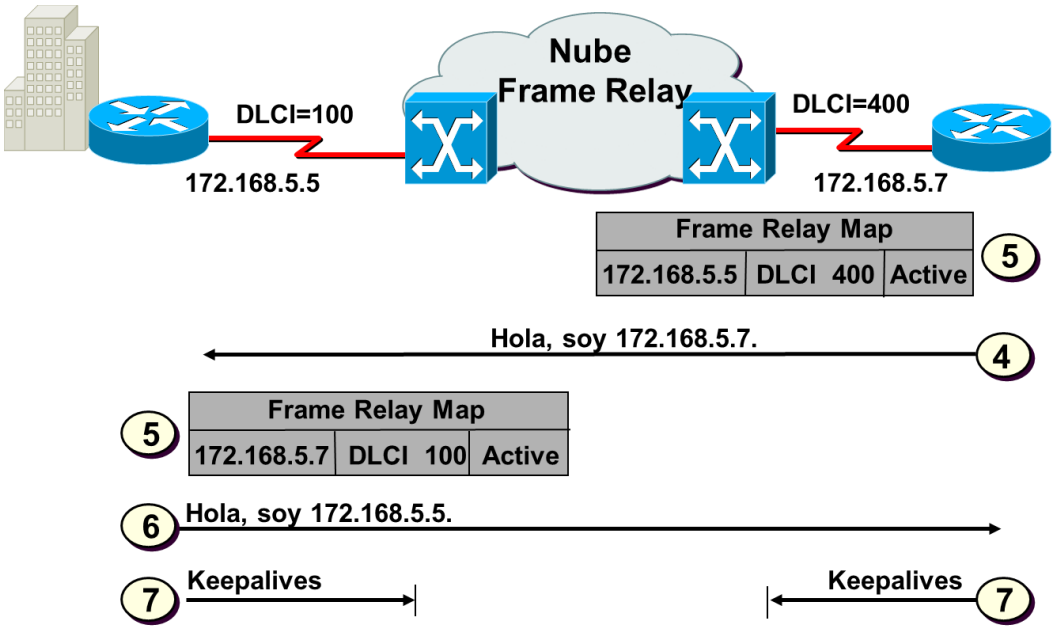
Los tres estados posibles de PVC son los siguientes:

- **Estado activo:** Indica que la conexión está activa y que los routers pueden intercambiar datos.
- **Estado inactivo:** Indica que la conexión local al switch Frame Relay está funcionando, pero que la conexión del router remoto al switch Frame Relay no lo está.
- **Estado borrado:** Indica que no se está recibiendo ningún LMI del switch Frame Relay, o que no hay ningún servicio entre el router CPE y el switch Frame Relay

1. Cada router se conecta al Switch FR través de una CSU/DSU.
2. Cuando está configurado FR en una interfaz, el router envía un mensaje de consulta de estado (status inquiry message) al Switch FR. El mensaje indica al switch el estado del router y pregunta por estado de conexión de los VC de éste.
3. Cuando el Switch recibe la consulta, responde con un mensaje de estado, que incluye los DLCI locales de los PVC hasta los routers remotos a los que el router local puede enviar datos.
4. Para cada DLCI activo, cada router envía un paquete I_ARP presentándose él mismo.
5. *Cuando un router recibe un mensaje I-ARP, añade una entrada en su tabla de asignaciones FR que incluye el DLCI local y la dirección de capa 3 del router remoto. Pueden aparecer tres estados diferentes en la tabla se asignación FR: Activo, Inactivo o Borrado. Si no se dispone de I-ARP, o el router remoto no lo soporta, es necesario configurar asignaciones estáticas (direcciones IP y DLCI)*
6. *Cada 60 segundos los routers envían mensajes I-ARP sobre todos los DLCI activos.*

7. *Cada 10 segundos, el router intercambia información LMI con el switch (keepalives).*

El router cambia el estado de cada DLCI basándose en la respuesta del Switch Frame Relay.



Etapas de ARP inverso y operación de LMI

Cuando un router que está conectado a una red Frame Relay arranca, envía un mensaje de consulta de estado LMI a la red.

La red contesta con un mensaje de estado LMI que contiene los detalles de cada circuito virtual configurado en el enlace de acceso.

Los mensajes de estado LMI combinados con los mensajes del ARP inversos permiten que un router vincule direcciones de capa de red con direcciones de la capa de enlace de datos.

Periódicamente el router repite la consulta de estado, pero las respuestas siguientes sólo incluyen los cambios y no un detalle de todos los circuitos virtuales.

Sin embargo, después de un determinado número de respuestas abreviadas, la red enviará un mensaje de estado detallado.

Cuando un router necesita asignar los circuitos virtuales a las direcciones de capa de red, enviará una petición ARP inversa desde cada circuito virtual.

La petición ARP inversa incluye la dirección de capa de red del router, de modo que el DTE o el router remoto, pueda realizar la vinculación.

La respuesta ARP inversa permite que el router realice los registros necesarios en su tabla de asignaciones de direcciones a DLCIs.

Periódicamente el router repite la consulta de estado, pero las respuestas siguientes sólo incluyen los cambios y no un detalle de todos los circuitos virtuales.

Sin embargo, después de un determinado número de respuestas abreviadas, la red enviará un mensaje de estado detallado.

Ya vimos que los DLCIs pueden mapearse en forma manual a las direcciones de capa de red de un router a través de la correcta configuración.

Sin embargo, construir mapas estáticos puede ser un problema en redes complejas y además, los mapas estáticos no pueden adaptarse a los cambios de la topología.

A través del intercambio LMI, un switch Frame Relay puede anunciar un nuevo circuito virtual con su DLCI correspondiente.

Sin embargo, el direccionamiento de capa de red no se incluye en el mensaje.

Cualquier estación que reciba una indicación de un circuito nuevo aprenderá de la nueva conexión, pero no podrá direccionar tramas al nuevo extremo.

Para solucionar el problema antes descrito fue que se introdujo el Protocolo de Resolución de Direcciones Inverso (ARP Inverso – Address Resolution Protocol). ARP Inverso funciona en forma muy similar a como ARP funciona en una LAN.

Sin embargo, en el caso de ARP, el dispositivo conoce la dirección IP y necesita conocer la dirección MAC remota.

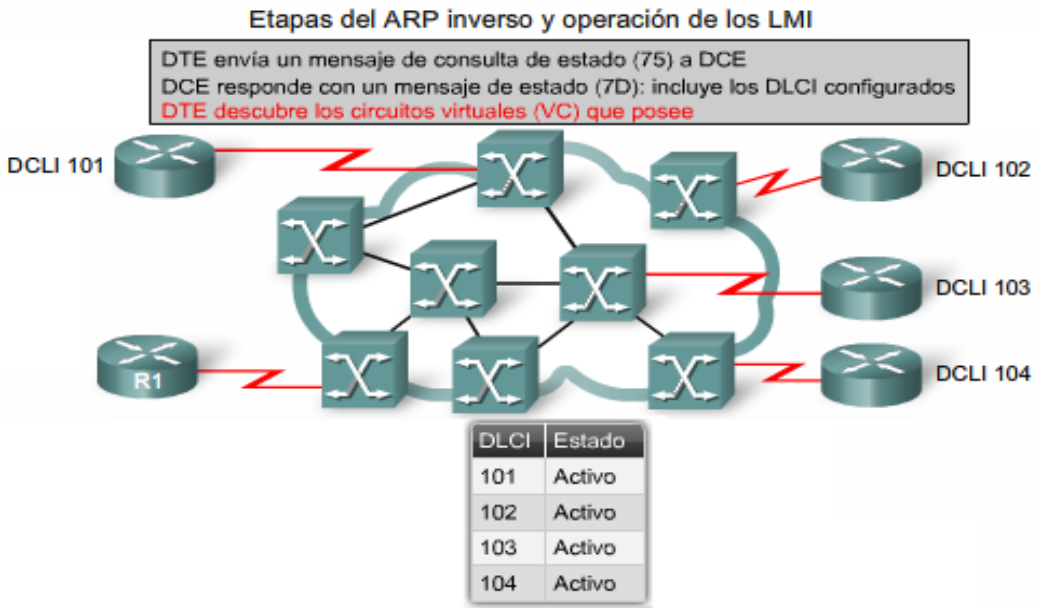
En el caso de ARP Inverso, el router conoce la dirección MAC (Capa 2) que es el DLCI, pero necesita conocer la dirección IP (Capa 3).

Una vez que el router aprende del switch acerca de los PVCs disponibles y sus DLCIs correspondientes, el router puede enviar una solicitud de ARP Inverso al otro extremo del PVC.

Por cada protocolo soportado y configurado en la interfaz, el router envía una solicitud de ARP Inverso para cada DLCI.

En efecto, la solicitud de ARP Inverso pide a la estación remota su dirección de capa de red y al mismo tiempo, proporciona al sistema remoto la dirección de capa de red del sistema local.

USO DE LMI Y ARP INVERSO PARA ASIGNAR DIRECCIONES



Periódicamente, el router repite la consulta de estado, pero las respuestas subsiguientes sólo incluyen los cambios de estado.

Después de una determinada cantidad de respuestas abreviadas, la red envía un mensaje de estado completo.

Si el router necesita asignar los VC a las direcciones de capa de red, envía un mensaje de ARP inverso desde cada VC.

El mensaje de ARP inverso incluye la dirección de capa de red del router, de modo que el DTE o el router remoto puedan realizar la vinculación.

La respuesta de ARP inverso permite al router hacer los registros necesarios en su tabla de asignaciones de direcciones a DLCI.

Si el enlace soporta varios protocolos de capa de red, se envían mensajes de ARP inversos para cada uno de ellos.

Periódicamente, el router repite la consulta de estado, pero las respuestas subsiguientes sólo incluyen los cambios de estado.

Después de una determinada cantidad de respuestas abreviadas, la red envía un mensaje de estado completo.

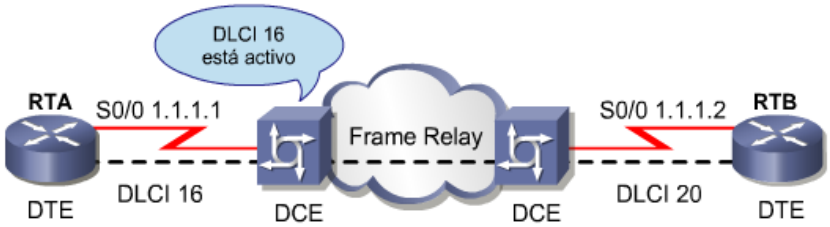
Si el router necesita asignar los VC a las direcciones de capa de red, envía un mensaje de ARP inverso desde cada VC.

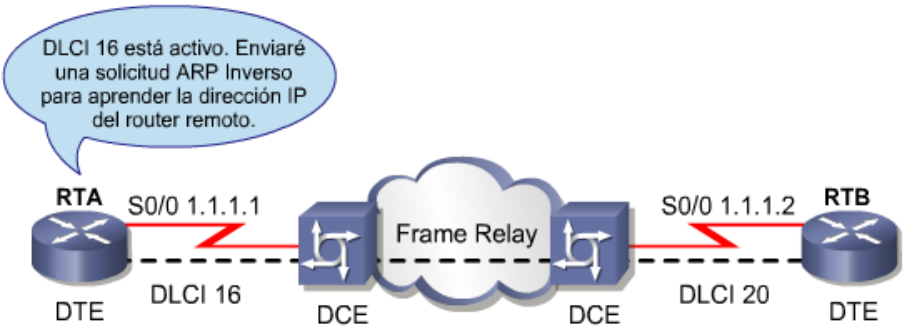
El mensaje de ARP inverso incluye la dirección de capa de red del router, de modo que el DTE o el router remoto puedan realizar la vinculación.

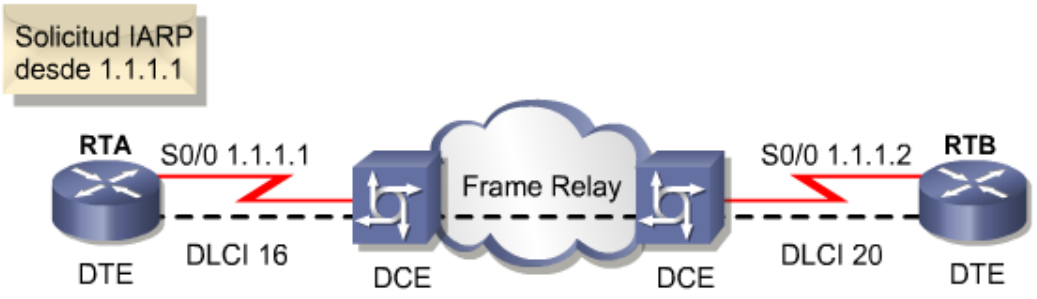
La respuesta de ARP inverso permite al router hacer los registros necesarios en su tabla de asignaciones de direcciones a DLCI.

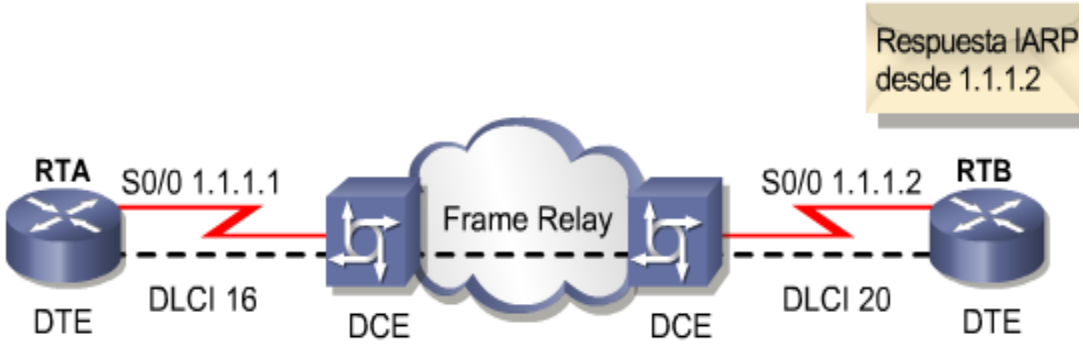
Si el enlace soporta varios protocolos de capa de red, se envían mensajes de ARP inversos para cada uno de ellos.

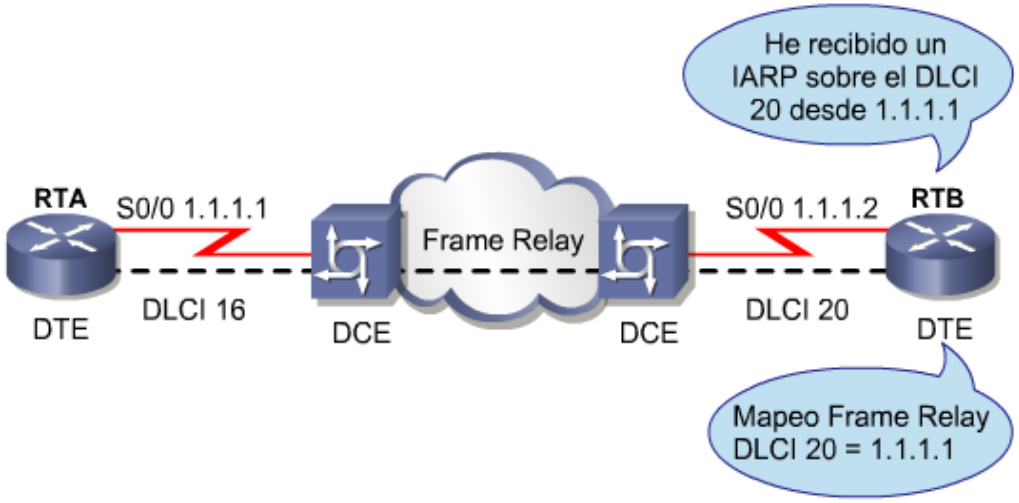
ARP INVERSO

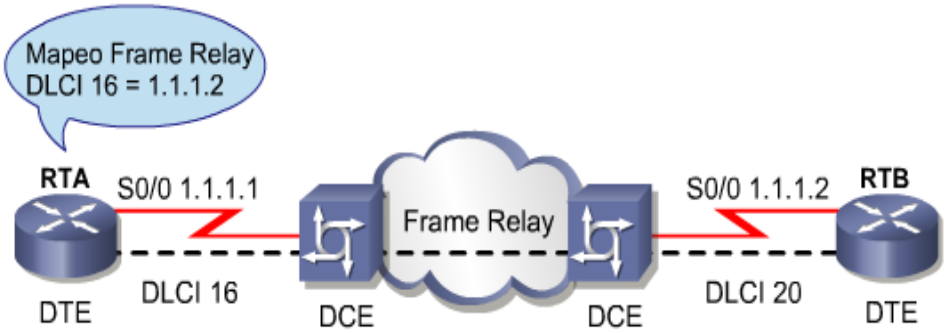





Solicitud IARP desde 1.1.1.1
RTA
S0/0 1.1.1.1
Frame Relay
S0/0 1.1.1.2
RTB
DTE
DLCI 16
DCE
DCE
DLCI 20
DTE


Respuesta IARP desde 1.1.1.2
RTA
S0/0 1.1.1.1
Frame Relay
S0/0 1.1.1.2
RTB
DTE
DLCI 16
DCE
DCE
DLCI 20
DTE


He recibido un IARP sobre el DLCI 20 desde 1.1.1.1
RTA
S0/0 1.1.1.1
Frame Relay
S0/0 1.1.1.2
RTB
DTE
DLCI 16
DCE
DCE
DLCI 20
DTE
Mapeo Frame Relay DLCI 20 = 1.1.1.1

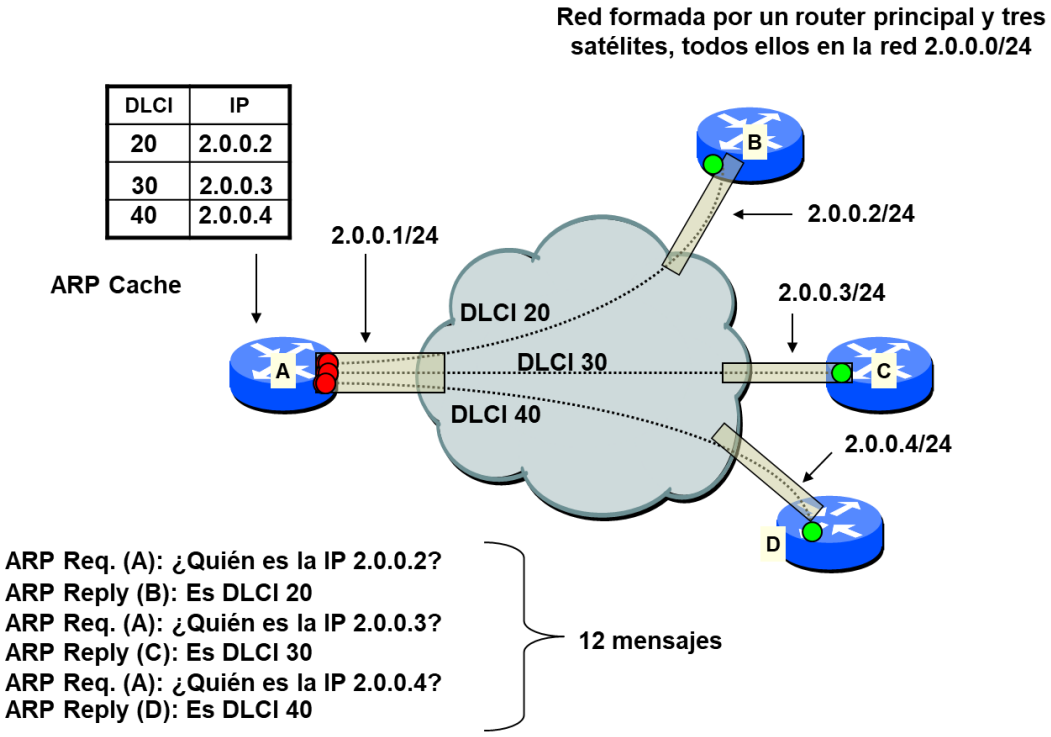


FUNCIONAMIENTO ARP EN FRAME RELAY

Para utilizar el protocolo ARP en Frame Relay es preciso simular un envío broadcast, es decir el DTE (router en este caso) envía el mensaje ARP Request por todos los DLCI que conoce (tres en este ejemplo) y espera recibir la respuesta por alguno de ellos.

En un caso como el de la figura el proceso de identificación de todos los vecinos requiere el envío de 12 mensajes en total.

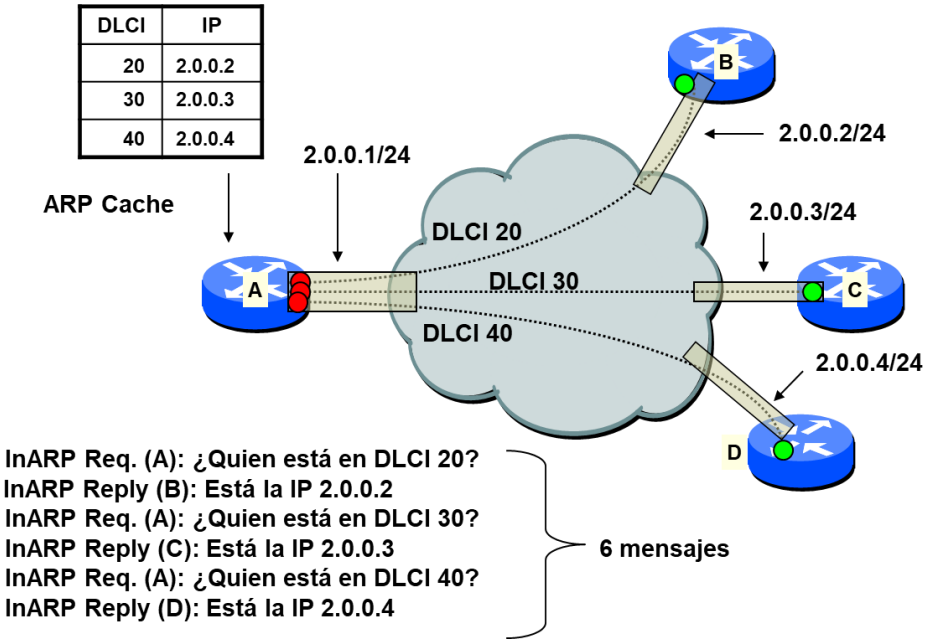
Para un DTE con n vecinos el número de mensajes enviados es igual a n^2+n.



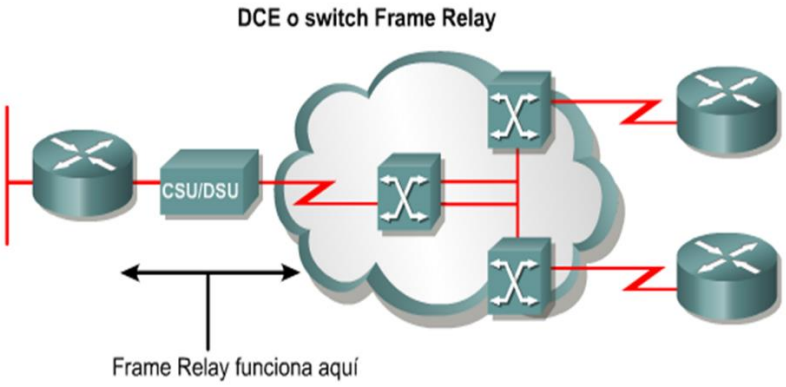
El protocolo Inverse ARP solo hace uso de mensajes unicast. Pregunta por cada DLCI la dirección IP que se encuentra al otro lado, de forma que con el envío de 2n mensajes consigue descubrir todo los vecinos que tiene accesibles a través de la red.

Inverse ARP es similar en cierto sentido a RARP, porque envía una dirección hardware (el DLCI en este caso) y recibe una dirección de red.

Sin embargo la diferencia esencial radica en que en Inverse ARP se está preguntando la dirección IP del equipo remoto, mientras que en RARP la dirección IP que se intenta averiguar es la propia.



Configurar y verificar operaciones con Frame Relay - Configuración del DTE



- Paso 1. Configuración de la dirección IP en la interfaz.
  - En un router Cisco, Frame Relay se admite con mayor frecuencia en las interfaces seriales síncronas.
  - Use el comando ip address para definir la dirección IP de la interfaz.
- Paso 2. Configuración de encapsulación
  - El comando de configuración de interfaz encapsulation frame-relay habilita la encapsulación Frame Relay y permite el procesamiento Frame Relay en la interfaz admitida.
- Paso 3. Establecimiento del ancho de banda
  - Use el comando bandwidth para definir el ancho de banda de la interfaz serial.
  - Especifique el ancho de banda en kbps.
  - Este comando notifica al protocolo de enrutamiento que el ancho de banda se configura estadísticamente en el enlace.
  - Los protocolos de enrutamiento EIGRP y OSPF usan el valor del ancho de banda para calcular y determinar la métrica del enlace.
- Paso 4. Configuración del tipo de LMI (opcional)
  - Es un paso opcional dado que los routers Cisco detectan automáticamente el tipo de LMI.
  - Recuerde que Cisco admite tres tipos de LMI: Cisco, ANSI Anexo D y Q933-A Anexo A, y que el tipo de LMI predeterminado para los routers Cisco es cisco.
  - Opciones de encapsulación.
    - Recuerde que el tipo de encapsulación predeterminado en una interfaz serial de un router Cisco es la versión de HDLC propiedad de Cisco.
    - Para cambiar la encapsulación de HDLC a Frame Relay, use el comando encapsulation frame-relay [cisco | ietf].
    - La encapsulación Frame Relay predeterminada habilitada en las interfaces admitidas es la encapsulación Cisco.
    - El tipo de encapsulación IETF cumple con RFC 1490 y RFC 2427.

- Use esta opción si se conecta a un router no perteneciente a Cisco.

REDES ADMINISTRATIVAS

Total de puntos 25/45

SDH

Respecto a la tecnología de multiplexación WDM: *

0/1

- (●) A. Dense WDM soporta menos canales que Coarse WDM y se usa en distancias más cortas. ✗
- ( ) B. Coarse WDM utiliza luz muy direccional para aprovechar el bajo número de canales
- ( ) C. Dense WDM y Coarse WDM son tecnologías no interoperables
- ( ) D. Coarse WDM alcanza distancias de 1000 km

Respuesta correcta

- (●) B. Coarse WDM utiliza luz muy direccional para aprovechar el bajo número de canales

Las estaciones DAS Y SAC se comunican a través de dos anillos para resolver problemas de conexión

*0/1

- (●) A. Verdadero ✗
- ( ) B. Falso

Respuesta correcta

- (●) B. Falso

Léelo con tu dispositivo

Cuál de estas afirmaciones no es cierta para una red de conmutación de paquetes en modo circuito virtual?: *0/1

- (●) A. La red se asegura de que el orden de entrega de los paquetes es correcto ✗
- ( ) B. Sólo el paquete de llamada lleva en la cabecera información acerca del origen y el destino de la llamada
- ( ) C. El circuito lógico establecido dura lo que dura la llamada
- ( ) D. Es necesario liberar el circuito virtual permanente para finalizar la llamada

Respuesta correcta

- (●) D. Es necesario liberar el circuito virtual permanente para finalizar la llamada

✕ **¿Cuál no es una característica de PPP *** 0/1

- ○ A. Se puede usar en circuitos analógicos
- ◉ B. Solo soporta IP ✕
- ○ C. Es capaz de encapsular varios protocolos
- ○ D. Proporciona corrección de errores

Respuesta correcta

- ◉ D. Proporciona corrección de errores

✕ **Explique al menos 3 de las ventajas de WDM sobre TDM *** .../1

. ✕

Respuestas correctas

-Distancia entre repetidores es mayor

-Es más fácil su implementación en sistemas con mayor complejidad

-Permite agregar más longitudes de onda, por lo que se puede transmitir más información

✓ **El protocolo HDLC *** 1/1

- ○ A. Es un protocolo de nivel físico
- ◉ B. Es un protocolo a nivel de enlace ✓
- ○ C. Es un protocolo a nivel de red

D. Es un protocolo a nivel de transporte

PDH SDH

✓ En PDH * 1/1

- No puede agregar canales
- Tiene administración centralizada
- (●) Está orientado a servicios de voz ✓
- Hay compatibilidad limitada entre proveedores

✗ Indicar la afirmación falsa sobre SDH * 0/1

- Permite compatibilidad hacia adelante y hacia atrás
- No permite la incorporación de otras tecnologías de redes ópticas y de banda ancha
- SDH es el estándar europeo, mientras que SONET es el norteamericano
- (●) Se diseñó para sobrellevar las deficiencias de compatibilidad otros sistemas ✗

Respuesta correcta

- (●) No permite la incorporación de otras tecnologías de redes ópticas y de banda ancha

✕ En SDH * 0/1

- [ ] Todos los dispositivos utilizan un reloj común
- [ ] No es compatible con PDH
- [x] Soporta PDH y ATM ✓
- [x] Control centralizado en toda la red ✓

Respuesta correcta

- [x] Todos los dispositivos utilizan un reloj común
- [x] Soporta PDH y ATM
- [x] Control centralizado en toda la red

✕ El POH forma parte del encabezado de la trama STM-1 * 0/1

- (●) Verdadero ✕
- ( ) Falso

Respuesta correcta

- (●) Falso

✕ El orden de transmisión de la trama STM-1 es * 0/1

- (●) Los bytes se transmiten de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha ✕
- ( ) Los bytes se transmiten de izquierda a derecha y de arriba a abajo

Los bytes se transmiten de izquierda a derecha y de arriba a abajo

Respuesta correcta

- (●) Los bytes se transmiten de izquierda a derecha y de arriba a abajo

✗ Cual es la Jerarquía PDH de 24 canales * 0/1

- [x] Norteamericano ✓
- [ ] Europeo
- [ ] Japonés

Respuesta correcta

- [x] Norteamericano
- [x] Japonés

✗ Cual es la velocidad de transmisión de cada trama STM-1? * .../1

. ✗

✗ Cual es la diferencia entre CV de bajo orden y CV de alto orden? * .../1

.

✓ La velocidad de transmisión de la trama STM-1 es: * 10/10

- ( ) 622 mbps
- ( ) 2.5 gbps
- (●) 155 mbps ✓

✓ SDH permite administración descentralizada 1/1

- ○ Verdadero
- ◉ Falso ✓

✗ Cual es la función del regenerador? * .../1

.

✓ La AU-n agrega apuntadores a los contenedores virtuales * 1/1

- ◉ Verdadero ✓
- ○ Falso

✓ Existen diferentes tipos de contenedores * 1/1

- ◉ Verdadero ✓
- ○ Falso

✓ La cabecera del contenedor virtual permite etiquetar el tráfico * 1/1

- ◉ Verdadero ✓

Verdadero

Falso

✗ Función add and drop * 0/1

- [ ] No hace falta demultiplexar y volver multiplexar la estructura
- [x] Es sencillo agregar , extraer o asignar otro camino a la información transportada ✓
- [ ] Se puede conocer exactamente la posición de los canales individuales

Respuesta correcta

- [x] No hace falta demultiplexar y volver multiplexar la estructura
- [x] Es sencillo agregar , extraer o asignar otro camino a la información transportada
- [x] Se puede conocer exactamente la posición de los canales individuales

✓ Los anillos de fibra óptica SONET/SDH son siempre dobles para: * 1/1

- ( ) Conseguir la comunicación full-duplex; cada anillo transmite datos en un sentido
- (•) Permitir el funcionamiento en caso de producirse un corte en el anillo. En condiciones normales una de las fibras no transmite datos ✓
- ( ) Utilizar una fibra para tráfico de usuario y la otra para gestión
- ( ) Repartir el tráfico entre dos enlaces, para doblar el rendimiento

✗ EL MSOH de la trama SMT-1 es el encabezado para regeneradores * 0/1

- (•) Verdadero ✗
- ( ) Falso

Respuesta correcta

- (●) Falso

✓ Si a un contenedor se le agrega un encabezado de ruta se convierten en un contenedor virtual *1/1

- (●) Verdadero ✓
- ( ) Falso

✗ Un contenedor es lo mismo que un contenedor virtual solo cambia la denominación *0/1

- (●) Verdadero ✗
- ( ) falso

Respuesta correcta

- (●) falso

✓ Los tributarios de una terminal SDH son tramas, datos o paquetes que pueden ingresar a ella *1/1

- (●) Verdadero ✓
- ( ) Falso

✓ Recomendación ITU-T para la descripción de las tramas básicas * 1/1

- (●) G.708 ✓
- ( ) G.781
- ( ) G.810
- ( ) G.811

✗ El contenedor es: * 0/1

- (●) Una unidad fisica cuya capacidad está definida para garantizar la transmisión de las señales tributarias definidas en PDH ✗
- ( ) Una unidad lógica cuya capacidad no garantiza está definida para garantizar la transmisión de las señales tributarias definidas en PDH
- ( ) Una unidad lógica cuya capacidad está definida para garantizar la transmisión de las señales tributarias definidas en PDH
- ( ) Una unidad física cuya capacidad no garantiza la transmisión de las señales tributarias definidas en PDH

Respuesta correcta

- (●) Una unidad lógica cuya capacidad está definida para garantizar la transmisión de las señales tributarias definidas en PDH

✕ Con respecto a la tecnología de Jerarquía Digital Síncrona (SDH) ¿cuál de las expresiones siguientes es INCORRECTA? *0/1

- ○ Las tramas tributarias de las señales de línea pueden ser subdivididas para acomodar cargas plesiócronas, trafico ATM o unidades de menor orden. Esto supone mezclar trance de distinto tipo dando lugar a redes flexibles.
- ◉ El procesamiento de la serial se lleva a cabo a nivel de STM-1, con lo que las señales de velocidades superiores son síncronas entre sí, y están en fase per ser generadas localmente por cada nodo la red ✕
- ○ La inclusión de canales de control dentro de una trama SDH posibilita un control software total de la red
- ○ No sirven para transportar tramas de tipo IP

Respuesta correcta

◉ No sirven para transportar tramas de tipo IP

✕ Con respecto a la tecnología conocida como `SONET` (terminología de EE.UU.) o SDH, ¿cuál de las expresiones siguientes es INCORRECTA? *0/1

- ○ Especialmente concebida para funcionar sobre fibra óptica, con velocidades normalizadas que son múltiplo de una señal base de 155 Mbps denominada STM.
- ○ Proporciona flexibilidad en acceso, capacidad de gestión, seguridad y protección pero no permite integración de voz, datos y multimedia.
- ○ La inclusión de canales de control dentro de una trama SDH posibilita un control software total de la red.
- ◉ En una red SDH los elementos de red se monitorizan extremo a extremo y se gestiona el mantenimiento de la integridad de la misma, lo que permite la inmediata identificación de fallo en un enlace o nodo de la red. ✕

Respuesta correcta

- [x] Proporciona flexibilidad en acceso, capacidad de gestión, seguridad y protección pero no permite integración de voz, datos y multimedia.

✓ SDH gestiona ancho de banda * 1/1

- [x] Verdadero ✓
- [ ] Falso

✓ PDH se basa en canales de * 1/1

- [x] 64 kbps (Kbits/s). ✓
- [ ] 96 kbps (Kbits/s).
- [ ] 128 kbps (Kbits/s).

✓ PDH es una tecnología usada en telefonía que permite enviar varios canales sobre un mismo medio *1/1

- [x] Verdadero ✓
- [ ] Falso

✗ Cual es la diferencia entre multiplexor síncrono y multiplexor add and drop *.../1

.

✓ El tipo de contenedor C-4 tine correspondencia con las tramas PDH * 1/1

- ○ T
- ○ E1
- ○ T2
- ○ E3/T3
- ◉ E4 ✓

✓ SDH permite transportar muchos canales telefónicos. La trama STM-1 puede transportar 1890 llamadas telefónicas *1/1

- ◉ verdadero ✓
- ○ Falso

Google no creó ni aprobó este contenido. - Condiciones del Servicio - Política de Privacidad

Google Formularios