

# Resumen 2do Parcial

Parciales - Google Drive Carpeta de parciales by ailu <3

Echazu - Google Drive mnachito

## Arquitectura WAN

Composición

- Enlaces de Comunicaciones.
- Nodos de red
- Equipos terminales

### Tipos de enlaces.

Segun los puntos → punto a punto, punto a multipunto

Segun las **características** → Dedicados (sin conmutador), conmutados  
tipos de conmutación → circuitos, paquetes

| En wan vamos a hablar del **circuito virtual**

Cuando es conmutada, tengo elementos en el medio que son los conmutadores. **El medio se comparte.**

**Orientado a conexión** → mantiene el orden del tráfico, es como un tubo/sistema telefónico (**circuito virtual**)



EL CIRCUITO VIRTUAL DE WAN ES ORIENTADO A CONEXION

**Sin conexión** → Encaminamiento independiente, no siempre mantiene el orden del tráfico, es como una carta/sistema postal (datagrama)

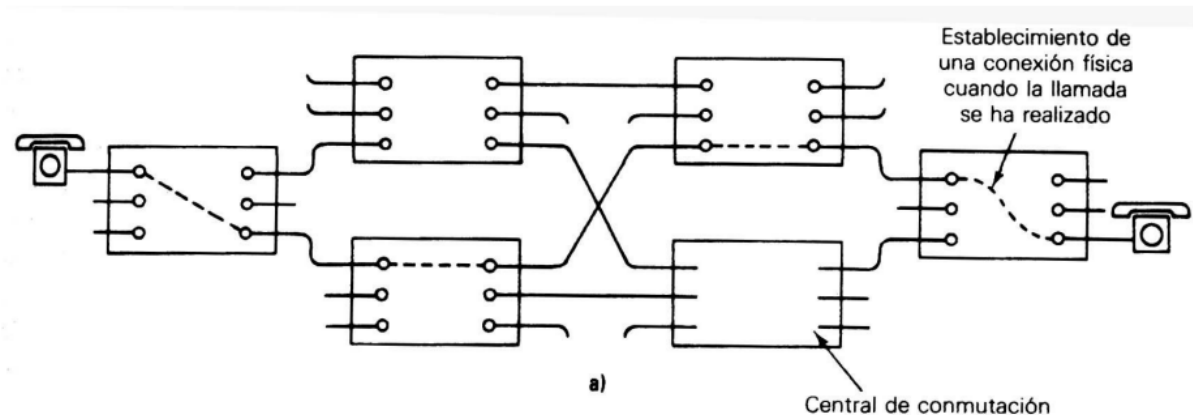
### Tipos de conmutación - según como se conmutan los nodos

## Conmutación de Circuitos

Me queda armado un camino con **monopolio**.

**Nadie puede usar el recurso mientras este este circuito.**

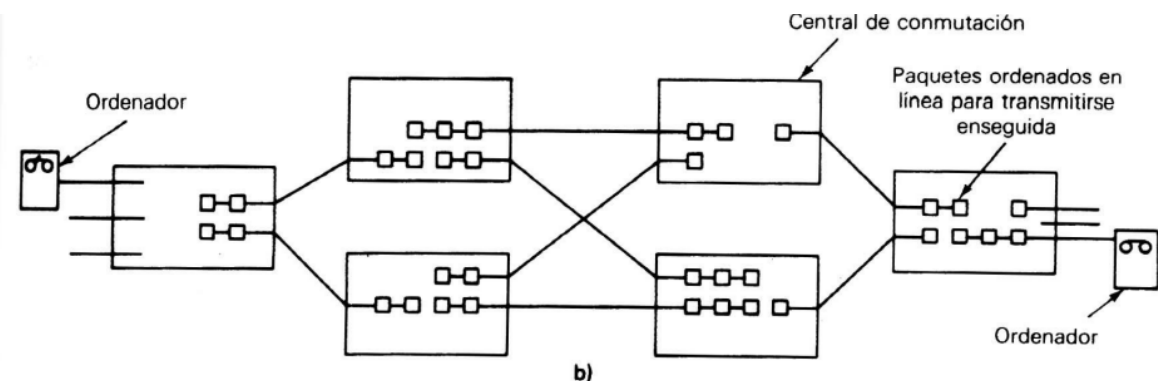
**Con conexión (establezco, mantengo y libero)**



## Conmutación de Paquetes

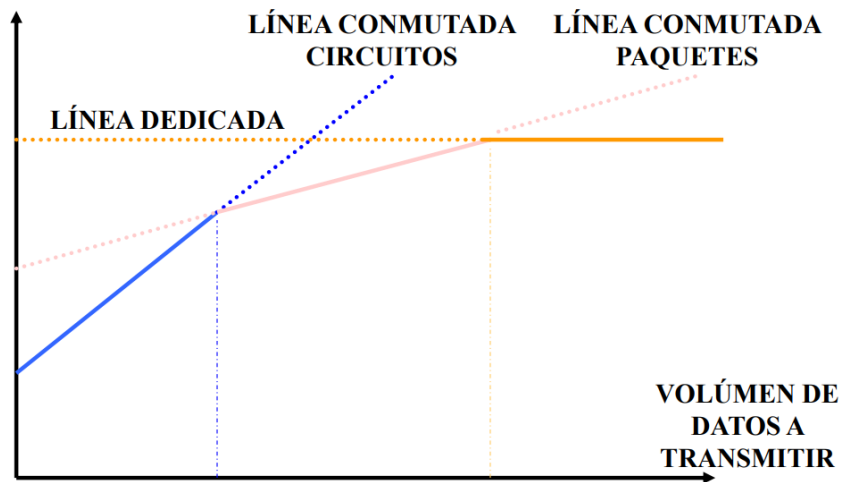
Entre paquete y paquete hay espacios/tiempo que se pueden utilizar por otros paquetes de otras comunicaciones

No monopolio. **Comparto el recurso de conmutación** y de los enlaces.



**⚠ Circuito virtual** → Establezco un único camino y todos los paquetes van por ahí (TCP). No hay decisiones de encaminamiento por bloque, se establece una ruta de extremo a extremo. Ruta no dedicada

**Datagrama** → (IP, UDP). No hay determinación anticipada de rutas, encaminamiento independiente. Capacidad de ruteo, más trabajo, pero más robusta y mejor capacidad de adaptación



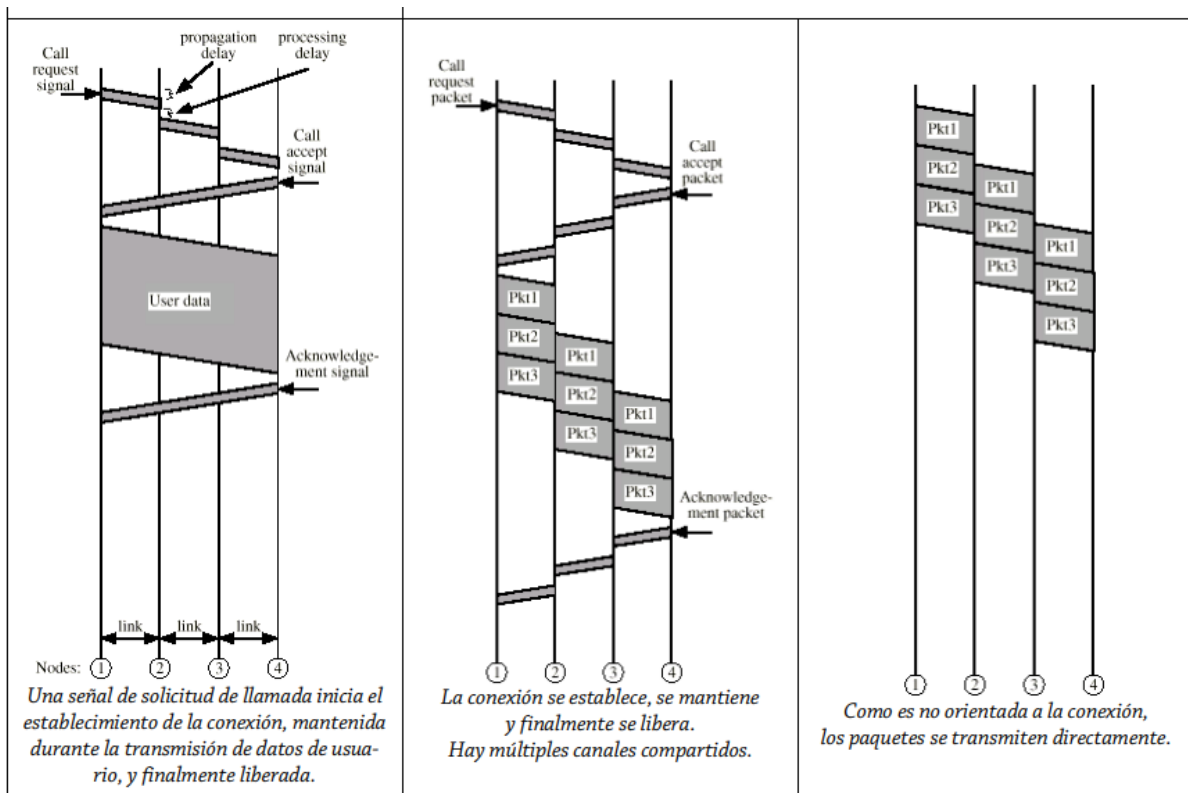
Costo vs volumen de datos

Costo fijo de conmutación de paquetes es mayor, pero varía menos con más volumen que la conmutación de circuitos.

## Comparación de los tipos de conmutación

En paquetes es más eficiente transmitir datos

| Conmutación de Circuitos  | Conmutación de Paquetes (Circuitos Virtuales)                                    | Conmutación de Paquetes (Datagramas)                            |
|---|--|---|
| Con conexión física.  | Con conexión virtual.  | Sin conexión virtual.   |
| Ruta dedicada.  | Ruta no dedicada.  | No hay ruta.  |
| La ruta se establece para toda la transmisión.                      |  | Cada paquete tiene su propio encaminamiento.                    |
| El encaminamiento es más rígido, ya que siempre es un único camino. | El encaminamiento es por la ruta menos costosa en retardos y cantidad de saltos. |   |
| Los datos transmitidos llegan en orden.                             |  | Los datos transmitidos no llegan en orden.                      |
| Transmisión en forma continua.                                      | Transmisión paquetizada.   |   |
| En general, uso eficiente para voz, pero ineficiente para datos.    | En general, uso eficiente para datos, pero menos eficiente para voz.             |   |
| Se cobra por tiempo y distancia.                                    | Se cobra por cantidad de paquetes y tiempo. La distancia, en general, no pesa.   |   |
| El mensaje no se almacena.  | Los paquetes se almacenan hasta su envío.  | Los paquetes se pueden almacenar hasta su envío.                |
| Puede haber retardo en el establecimiento de la conexión.           |  | Puede haber retardo durante la transmisión de paquetes.         |
| La congestión bloquea el establecimiento de la conexión.            |  | La congestión aumenta el retardo de la transmisión de paquetes. |
| Ancho de banda fijo.  | Uso dinámico del ancho de banda. Mejor aprovechamiento del ancho de banda.       |   |



En datagrama los paquetes se transmiten directamente y punto. Los otros tienen más demora.

## Tamaño de los paquetes

El tamaño de los paquetes es una decisión de ingeniería → impacta en la eficiencia.



Si el BER es alto, paquetes chicos (menos eficientes por mas encabezados)

Si BER bajo, paquetes grandes las chances de retransmitir todo son bajas

## Red de conmutación de circuitos

Una vez que se establece el circuito. se convierte en un canal dedicado

Fases → Establecimiento del circuito, Transferencia de datos, Desconexión de circuito

Componentes

- Abonados
- Bucle local (lazo abandonado)
- Centrales → tienen los conmutadores
- Líneas principales/troncales

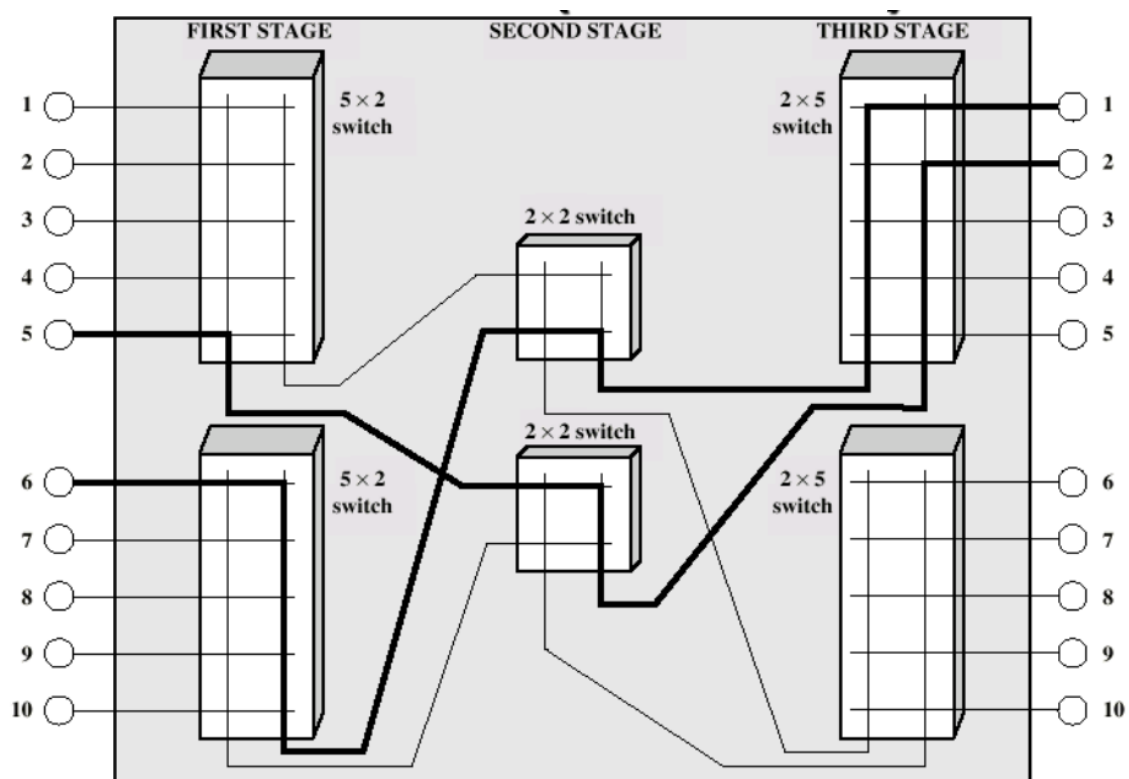
## Tipos d conmutación por circuitos

### Por division en el espacio

(antiguo) inicialmente analógicos

Las rutas q se establecen son físicamente independientes entre si

**En el mejor caso, la capacidad de comunicaciones simultaneas es la cantidad de puertos**



En este caso, no podría tener 10 simultaneas por la "segunda etapa" de 2 switch de  $2 \times 2$  → la cantidad maxima es 4

### Por division en el tiempo

Se basa en sistemas digitales y multiplexion por division de tiempo (TDM)

Canales de menor velocidad son muestreados a una mayor velocidad para integrarse en un bus TDM

La cantidad d comunicaciones simultaneas máximas es un porcentaje.

## Protocolo PPP

Enmarca el IP cuando se envía a traves de una línea serial

CAPA 2, deriva de HDLC

Del nivel de enlace entre **dos dispositivos (pto a pto)**

Usado para formar VPNs

Funciones:

- Transporte de datos, asegura el enlace y recepción ordenada. **ARQ Sliding Windows**
- Provee autenticación
- Asignación dinámica de dir IP

**En comunicaciones satelitales se usa PPP para encapsular IP**

## PDU PPP

|                          |                               |                             |                                   |                |                    |                          |
|--------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|----------------|--------------------|--------------------------|
| <i>8 b</i>               | <i>8 b</i>                    | <i>8 b</i>                  | <i>16 b</i>                       | <i>0 a N b</i> | <i>16 b o 32 b</i> | <i>8 b</i>               |
| <b>Bandera de Inicio</b> | <b>Campo de Dirección (*)</b> | <b>Campo de Control (*)</b> | <b>Identificador de Protocolo</b> | <b>INFO</b>    | <b>FCS</b>         | <b>Bandera de Cierre</b> |

**Bandera de inicio:** elementos para el sincronismo de bloque; símil “preámbulo” de la trama Ethernet.

**Dirección:** lleva la dirección **estándar de difusión** (son dos estaciones). Puede ser eliminado por negociación.

**Control:** tipo de trama no numerada. Puede ser eliminado

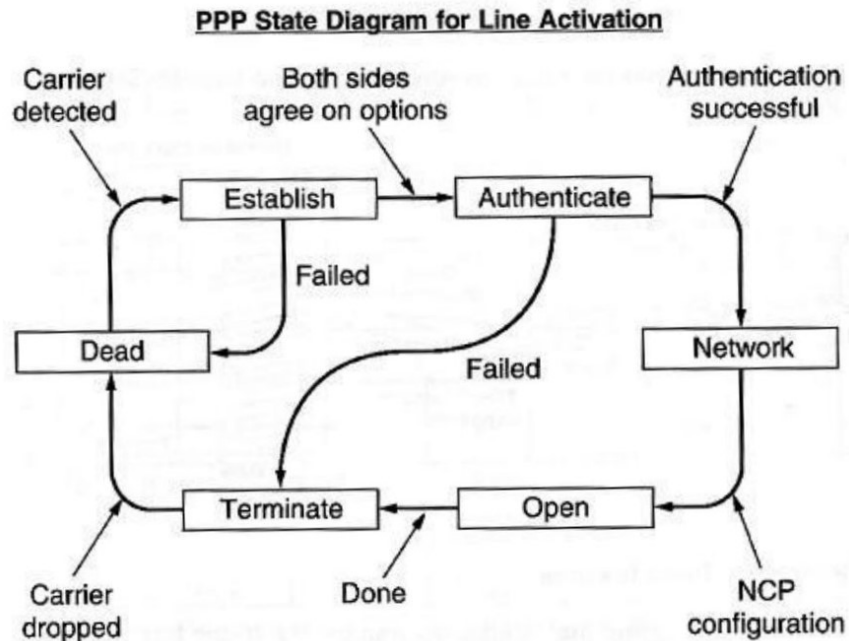
**Protocolo:** puede asociarse a varios: IP, LCP, PAP, CHAP (lo d autenticación se cumple aca)

**Info:**

**FCS:** mediante CRC 16 o CRC 32.

**Bandera d cierre:** para el sincronismo de bloque

## Funcionamiento



1 - **Establecimiento de la conex** → se negocian los parámetros del enlace (tam de datagramas, método de autenticación, etc) usando el protocolo LCP.

2 - **Autenticación** → no obligatoria. Puede ser por **PAP** (la contraseña se envía sin cifrar; no recomendado) y **CHAP** (la contraseña se manda cifrada).

Si falla la autenticación, se termina.

3 - **Configuración de Red** → se negocian parámetros dependientes del protocolo de red que se esté usando.

4 - **Transmisión** → se manda y se recibe la información de red.

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

## SLIP - Serial Line IP

Protocolo viejo. Protocolo de proceso de tramas usado para envíos IP a través de una línea serial

## Ventajas de PPP

- Permite la conexión mediante líneas síncronas y asíncronas.
- Permite la asignación dinámica de dir IP en ambos extremos.

- Permite el transporte de varios protocolos de red sobre él. SLIP permitía IP solamente.
- Implementa un mecanismo de control de red NCP.
- Puede usarse también para crear VPN cifradas y no cifradas, pero si se quiere cifrada se debe implementar por debajo de PPP

## Protocolo X.25

Conjunto de protocolos de la UIT version 1980, 1984.

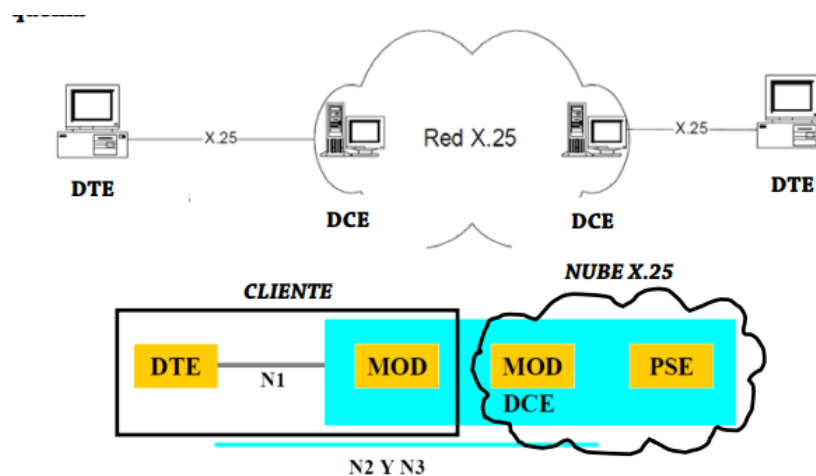
Protocolo de conmutación de paquetes

**Transmisión Sincrónica (tiene bloques)**

Para enlaces poco confiables con interface Usuario - Red (CTE-CDE)

Comprende los niveles **N1, N2 y N3 del modelo OSI** con significado local

**Servicio orientado a la conexión (circuitos virtuales)**



X.25 resuelve la falta de confiabilidad en los enlaces con: detección de errores (Capa 2) y corrección de errores (Capa 3), vía ARQ

## Empaquetamiento



| Capa<br>Modelo OSI | Nombre<br>PDU        |                      |                       |                      |             |                       |                      |
|--------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-------------|-----------------------|----------------------|
| 3                  | Paquete              | Cabeza               |                       | Datos                |             |                       |                      |
| 2                  | Trama                | Bandera<br>de Inicio | Campo de<br>Dirección | Control<br>Operativo | Información | Control<br>de Errores | Bandera<br>de Cierre |
| 1                  | Secuencia<br>de Bits | Secuencia de Bits    |                       |                      |             |                       |                      |

## Nivel Físico (1)

Define características mecánicas eléctricas, funcionales y procedurales para la conexión entre el DCE y DTE

Comprende X.21 (enlace digital) y el X/21 Bis (enlace analógico) (deriva de V.24 y V.35)

|                           | X.21                                    | X.21 bis  |
|---------------------------|---|---|
| <b>Trabaja con ...</b>    | enlaces digitales, señales balanceadas. | ... enlaces analógicos, señales desbalanceadas. |
| <b>Velocidad máxima</b>   | 64 Kbps.                                | 20 Kbps.  |
| <b>Conector utilizado</b> | DB-15 (15 pines).                       | DB-25 (25 pines)                                |

Se usa en el cajero automático

## HDLC → High Level Data Link Control

Protocolo de enlace de ISO N2

LLC y PPP

Sincrónico orientado al Bit (usa patrones de bits, no caracteres) con ARQ Sliding Windows

Pensado para arquitecturas jerárquicas (cliente-servidor, por ejemplo), en donde hay órdenes y respuestas

En Capa 2 hago detección y corrección (ARQ Sliding Windows) de errores

### Formato de la trama - TAM MAX 1080 bits (135Bytes)

|                |                             |                         |                  |              |                |
|----------------|-----------------------------|-------------------------|------------------|--------------|----------------|
| 8 bits         | 8 bits                      | 8 o 16 bits             | Entre 0 y N bits | 16 o 32 bits | 8 bits         |
| <b>Bandera</b> | <b>Dirección de Destino</b> | <b>Campo de Control</b> | <b>INFO</b>      | <b>FCS</b>   | <b>Bandera</b> |

**Banderas** → usadas para el sincronismo de bloque.

**Dirección de Destino** → identifica al destino → puede ser innecesario.

**Campo de Control** → puede ser de 8 bits o 16 bits:

**8 bits:** modulo 8

| De Información |      |   |   |   |     |      |   | De Supervisión |   |   |     |      |   |   |   | No numeradas |   |   |     |   |   |   |   |
|----------------|------|---|---|---|-----|------|---|----------------|---|---|-----|------|---|---|---|--------------|---|---|-----|---|---|---|---|
| 1              | 2    | 3 | 4 | 5 | 6   | 7    | 8 | 1              | 2 | 3 | 4   | 5    | 6 | 7 | 8 | 1            | 2 | 3 | 4   | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 0              | N(S) |   |   |   | P/F | N(R) |   | 1              | 0 | S | P/F | N(R) |   |   |   | 1            | 1 | M | P/F | M |   |   |   |

*N(S): número de secuencia de envío – P/F: bit de sondeo/final – N(R): número de secuencia de recepción.*

**16 bits** modulo 128. aumento la cantidad e numeros de secuencia

| De Información |   |      |   |   |   |   |   |   |     |    |      |    |    |    |    | De Supervisión |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |     |  |      |  |  |  |  |  |  |
|----------------|---|------|---|---|---|---|---|---|-----|----|------|----|----|----|----|----------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|-----|--|------|--|--|--|--|--|--|
| 1              | 2 | 3    | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10  | 11 | 12   | 13 | 14 | 15 | 16 | 1              | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |     |  |      |  |  |  |  |  |  |
| 0              |   | N(S) |   |   |   |   |   |   | P/F |    | N(R) |    |    |    |    |                |   | 1 |   | 0 |   | S |   | 0 |    | 0  |    | 0  |    | 0  |    | P/F |  | N(R) |  |  |  |  |  |  |

*N(S): número de secuencia de envío – P/F: bit de sondeo/final – N(R): número de secuencia de recepción.*

**FCS** → CRC. CRC 16 serian 2 bytes, CRC 32 serian 4 bytes

### Tipos de tramas

- No Numeradas → establecimiento y desconexión. No tiene Num de secuencia
- De Información → para envío de datos. Tiene num de secuencia
- De Supervisión → Control de errores y flujo, tiene Num de secuencia

### **Delimitación**

**Línea Activa** → 01111111

**Bandera** → 01111110

### **Bit Stuffing - Transparencia**

si 11111 se inserta 0 en el TX. si 111110 se elimina 0 en el Rx

Si en el campo INFORMACIÓN hay una secuencia de bits 01111110, el receptor la interpretará erróneamente como bandera y no como información enviada.

El bit stuffing soluciona eso. Ante el quinto 1 consecutivo [11111] en el campo INFORMACIÓN, inserta un bit 0 (bit de inserción) del lado del transmisor (→ si el receptor espera recibir X cantidad de bits –según lo indicado en el Campo de Control– pero recibe X+3 bits, el receptor elimina los 3 bits de inserción).

El problema que acarrea el bit stuffing es que, si en el campo de información hay una secuencia 111110, y el 0 forma parte de la información enviada, el receptor lo interpreta erróneamente como bit de inserción y no como bit de información **(esto lo soluciona la capa superior)**

## **Bit P/F - pull / final → sondeo y escrutinio (polling)**

Con el campo de control pido y doy confirmación

Si la trama va de la estación primaria a la secundaria → modo de pedir confirmación.

Si la trama va de la estación secundaria a la primaria → modo de dar confirmación.

- Bit = 1 en un comando, indica que el receptor debe confirmar (se pide confirmación).
- Bit = 1 en una respuesta, indica que el receptor está confirmando (da confirmación).

## **Configuraciones**

**Órdenes** → de la estación primaria a la estación secundaria.

**Respuestas** → de la estación secundaria a la estación primaria.

---

**Balanceada** → hay 2 estaciones primarias.

**No balanceada** → Hay 1 estación primaria solamente, puede haber varias secundarias. Permite un enlace pto a pto o pto a multipunto. Es restrictivo porque solo se transmite cuando lo indica la primaria

## **Modos de Operación**

|                                      | <b>NRM</b><br><b>Respuesta Normal</b>           | <b>ARM</b><br><b>Respuesta Asíncrona</b> | <b>ABM</b><br><b>Balanceado Asíncrono</b>                                   |
|--------------------------------------|---|--|---|
| <b>Configuración</b>                 | No balanceada.                                  | No balanceada.                           | Cada estación se puede comportar como primaria y secundaria alternadamente. |
| <b>La Transmisión se realiza ...</b> | ... sólo cuando lo indica la estación primaria. | ... sin permiso de la estación primaria. |   |
| <b>Tipo de Enlace</b>                | Punto-a-Punto.<br>Punto-a-Multipunto.           | Punto-a-Punto.                           | Punto-a-Punto.  |
| <b>Tipo de Comunicación</b>          | <i>Half-Duplex.</i>                             | <i>Full-Duplex.</i>                      | <i>Full-Duplex.</i>   |

*No balanceada* → permite un enlace punto-a-punto o bien un enlace punto-a-multipunto.

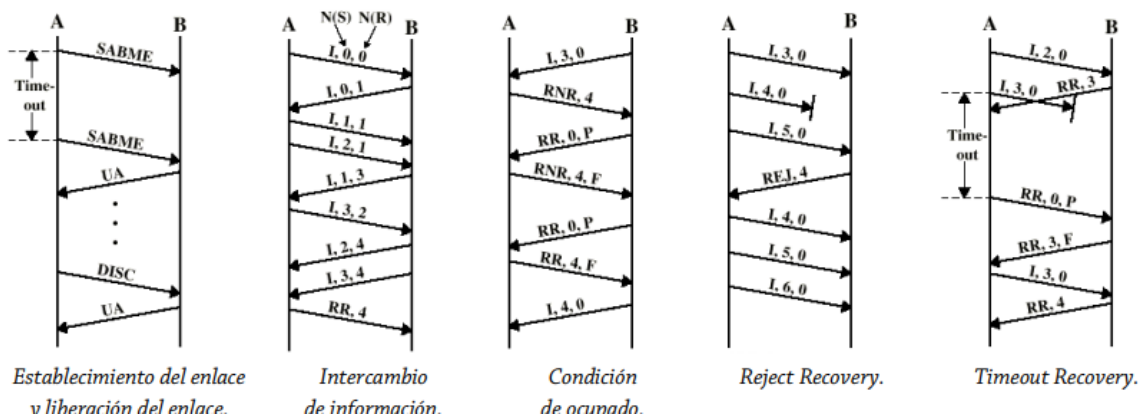
*Asíncrono/Asíncrona* → no requiere el permiso de la estación primaria → no se puede tener multipunto.

## Direcccionamiento

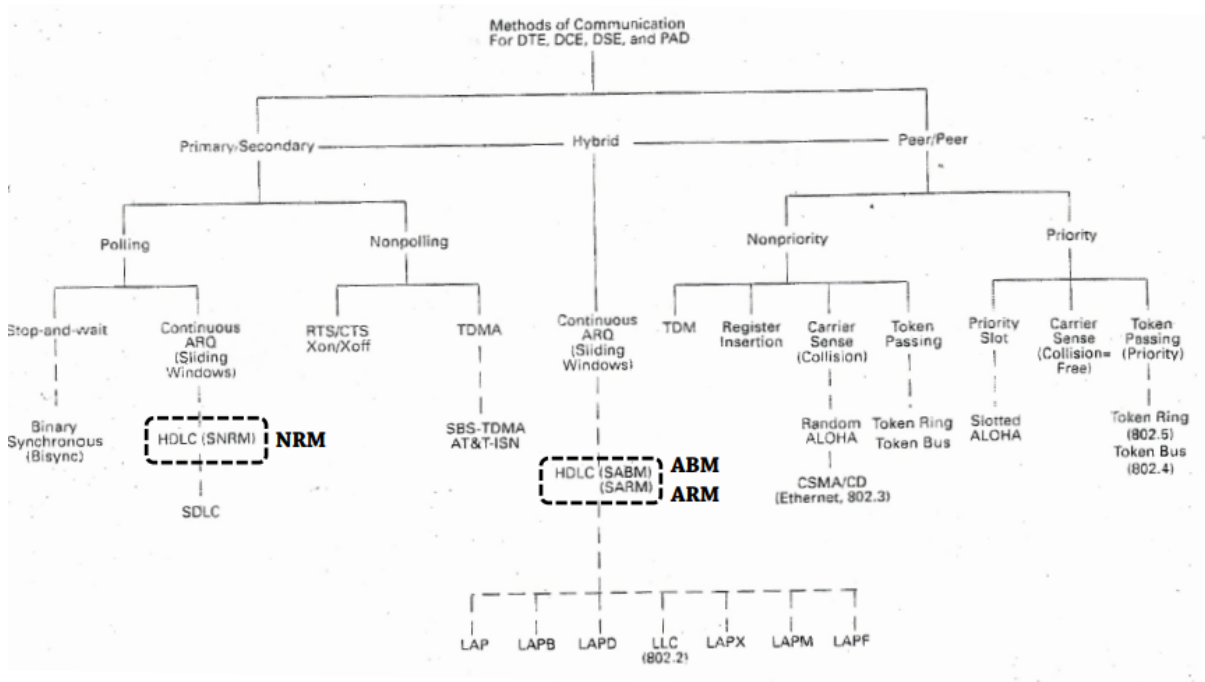
tiene sentido en los punto a multipunto, ya que en pto a pto no hace falta

Está previsto para grupo (multicast) y para broadcast

## Ejemplo de funcionamiento (intercambio d tramas en capa 2)



## Clasificación de los protocolos de información



el LAPB es el de x.25

## Capa 2 (enlace)

Define los procedimientos para tener un enlace libre de errores

PDU → Trama

Protocolo HDC version AP-b → prod de acceso a enlace, **balanceado**, **pto a pto**

Transmisión full duplex, ARQ sliding windows.

Confirmación superpuesta mediante **piggyback**

Modo balanceado asincrónico (ABM)

## Capa 3 (red)

GESTIONA LOS CIRCUITOS VIRTUALES.

Define el formato de los paquetes (hace la conmutación)

Define los procedimientos de intercambio y establecimiento/supervision en la DTE/DCE de circuito virtuales con los DTE remotos

PDU → paquete

Maneja los VC y LCs

En cada enlace hay uno o mas Logical Channels.

Canal Lógico → multiplexación del enlace nivel 2 en varios canales nivel 3.  
Se numeran con un LCI (Identificador LC) y existen localmente en el DTE/CDE

Circuito Virtual → Asociación lógica de múltiples canales lógicos entre origen y destino, significado extremo a extremo. Pueden ser PVC (Circ Virt **Permanente**) o SVC (Circ Virt Conmutado)

SVC → es a demanda el circuito.

## Formato Paquete

| HEADER     |            |            |            |            |   | DATOS DE USUARIO |
|------------|------------|------------|------------|------------|---|------------------|
| 14 b       | 12 b       | 8 b        |            |            |   |                  |
| <b>GFI</b> | <b>LCI</b> | <b>TPI</b> | <b>ADD</b> | <b>FAC</b> | * | -                |

**GFI - Identificador de formato general** → para numerar paquetes. ES **4 B NO 14 !!!**

modulo 8, de 0 a 7 y modulo 128 de 0 a 127

**LCI - Identificador de canal lógico** → para numerar canales lógicos.

De 0 a 4095 ( $2^{12}$ )

**TPI - Identificador de tipo de paquete** → puede ser de llamada, de supervisión, de confirmación, de interrupción, de control de flujo y datos.

**ADD - Campo de Direcciones** → opcional (en paquetes de llamadas):

Únicamente tiene sentido con SVC.

Plan de numeración → usado para número telefónico.

15 dígitos como máximo → 4 para internacional, 9 para nacional, 2 para dispositivos.

Recomendación de norma → X.21.

**FAC - Campo de Facilidades** → opcional (en paquetes de llamadas):

Cobro revertido.

Grupo cerrado de usuarios (CUG) → útil para seguridad, VPNs.

Selección rápida.

Negociación de tamaño de ventana, de paquete y de clase de tráfico.

\* - Campo de datos de usuario de llamada → opcional → identifica protocolo superior.

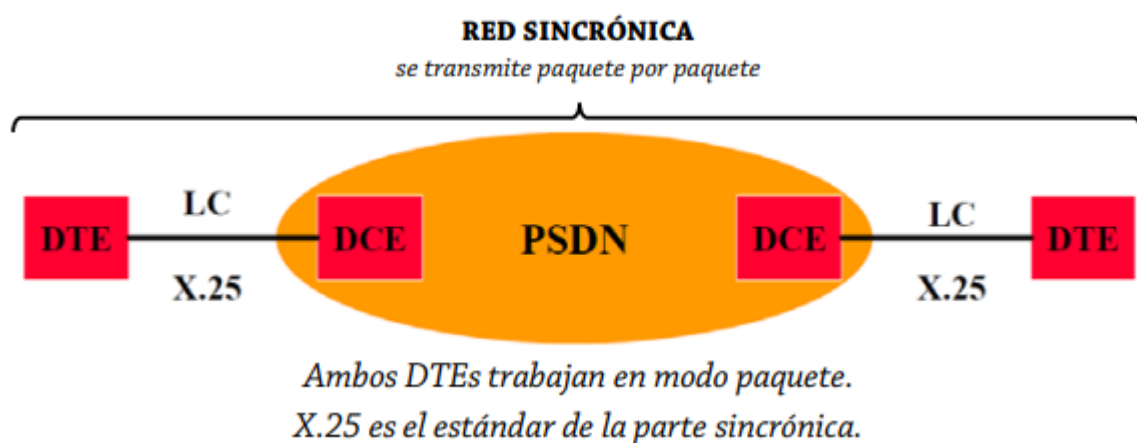
Datos del usuario → Se negocia cuando uno contrata el servicio

## Parámetros de red a considerar – Facilidades

- Costos fijos y variables → no dependen de la distancia sino de paquetes (salvo en tarifa plana que es siempre el mismo costo).
- Tamaños de paquete y de ventana.
- Throughput → velocidad real de transferencia de datos (sin errores) →  
 $v_{tx} > v_{realtx}$
- Cantidad de LCs y tipo de LCs (entrante, saliente o bidireccional).
- Grupo cerrado de usuarios.
- Si se va a trabajar con PVC o SCV.
- Si se va a trabajar con selección rápida → “marcación rápida” en el teléfono.
- Cobro revertido → no se le cobra al transmisor sino al receptor

## Modos de operación

**Modo paquete - Sincrónico Total → VC PVC o SVT**



### Caracter

Sincrónico con partes asincrónicas



DTE en modo paquete y DTE-C en modo carácter

X.25 es el estándar de lo sincrónico, X.3 es el estándar PAD y X.28 el estándar asincrónico

PAD → ensamblador/desensamblador de paquetes. Vincula la parte sincrónica con la asincrónica. 1 a muchos

## Frame relay - Relevamiento de cuadro

**x.25, frame relay y atm son tecnologías wan**

x.25 tiene un BER de  $10^{-4}$  y FR un BER de  $10^{-7}$

Frame Relay divide el trafico → datos de red x un lado y info de los usuarios x otro

**Tecnica de fast packet switching.**

Trabaja sobre enlaces de alta calidad, (mejor que BER  $10^{-7}$  asociado a la fibra óptica)

Se usa para reemplazar líneas punto a punto (dedicadas), por líneas **conmutadas de recursos compartidos**

Las estaciones terminadas dan cobertura de errores y control de secuencia y flujo.

Necesitan más inteligencia

Las intermedias retransmiten información





# Características

Alta velocidad (respecto a x.25) y baja latencia

Basado en VC de nivel 2 de tipo permanente PVC

Se reemplaza el CL de x.25 por DLCI (Data Link Connector Identifier)

El VC es una asociación lógica de DLCIs

El DLCI tiene significador local

La conmutación se produce a nivel de **cuadro** → **EL PDU (en X.25 se produce en Capa 3, a nivel de paquete)**

Uso **dinámico** del ancho de banda, se ocupa cuando hay información para transmitir → lo voy adaptando a la demanda.

Orientado a trafico por ráfagas (tipo LAN)

Define la interfaz entre CPE (equipo en la instalación del cliente) y POP (punto de presencia)

CPE son enrutadores o FRAD (disp de acceso a FR)

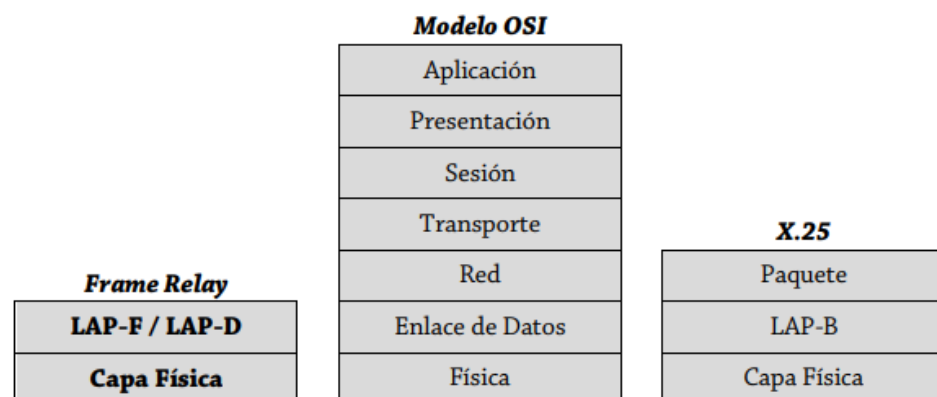
**NIVEL 2** → **LAP D** (usado para datos de red) y **LAPF** (subconj de lapd, usado para la info de aps de usuario). Ambos son version del HDLC

FR es soportado sobre **ISDN** banda angosta

ISDN → red digital servicios integrados. Enlace BRI (vel básica) o PRI (vel primaria). dependiendo el enlace, la cant d dispositivos que puedo tener.

El banda angosta es **capa 1**.

## Ubicación respecto al Modelo OSI



# Arquitectura d protocolos

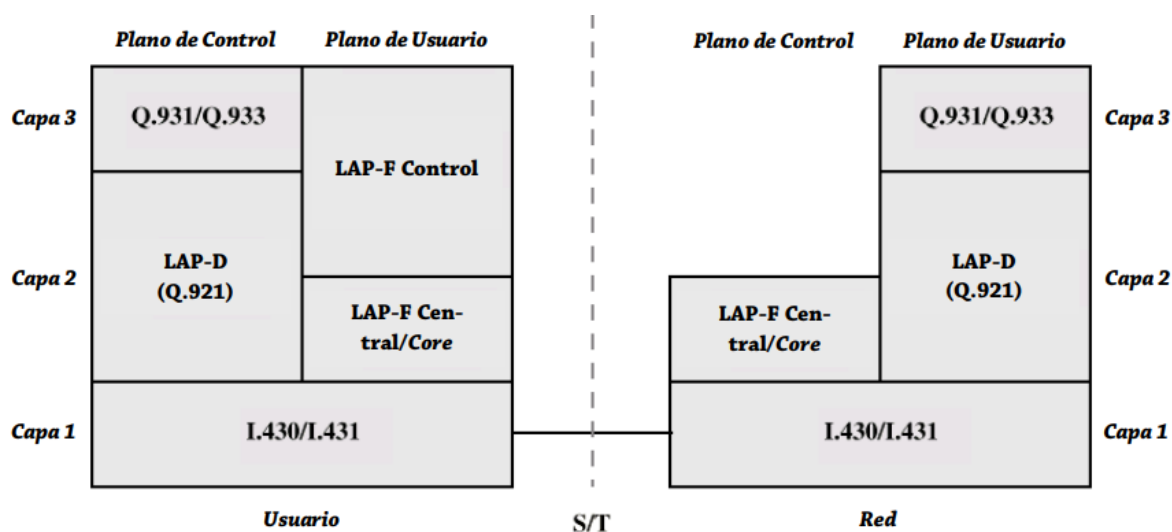
Hay dos planos de operación:

- **Plano de Control** → establecimiento/liberación de conexiones lógicas → se implementa entre usuario y red.

Trabaja con **LAP-D**.

- **Plano de Usuario** → transferencia de datos de usuarios → funcionalidad de extremo a extremo.

Trabaja con **LAP-F**



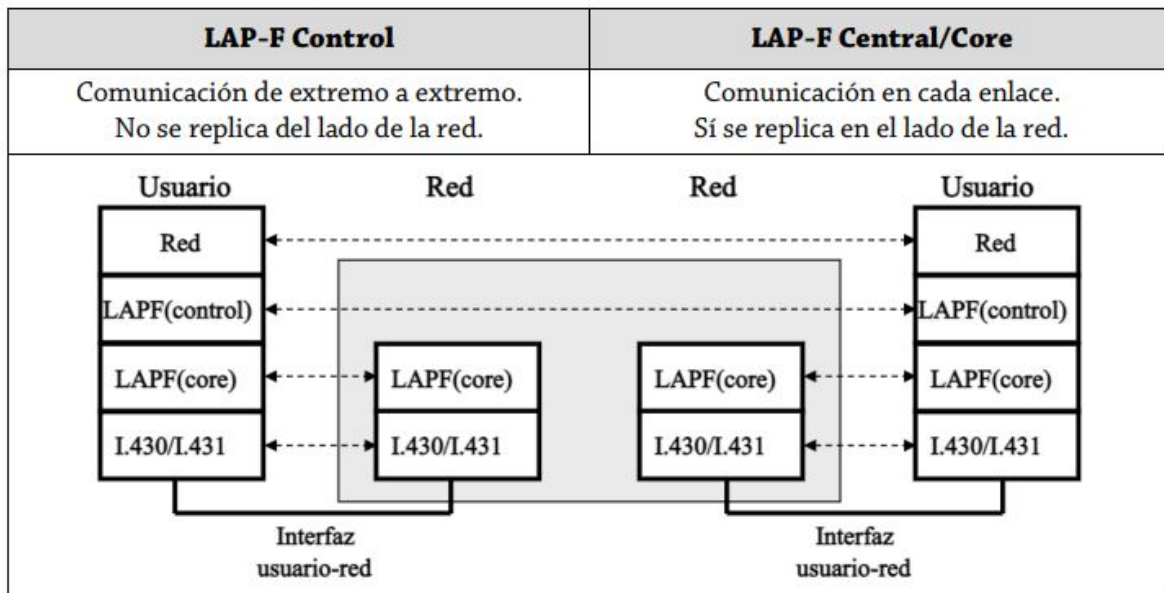
En el del de usuario y red se realiza el control de errores y control de congestión.

LAPF control se realiza en el extremo, no dialoga con el POP por eso no está del lado de red.

I.430 y I.431 → protocolos para ISDN

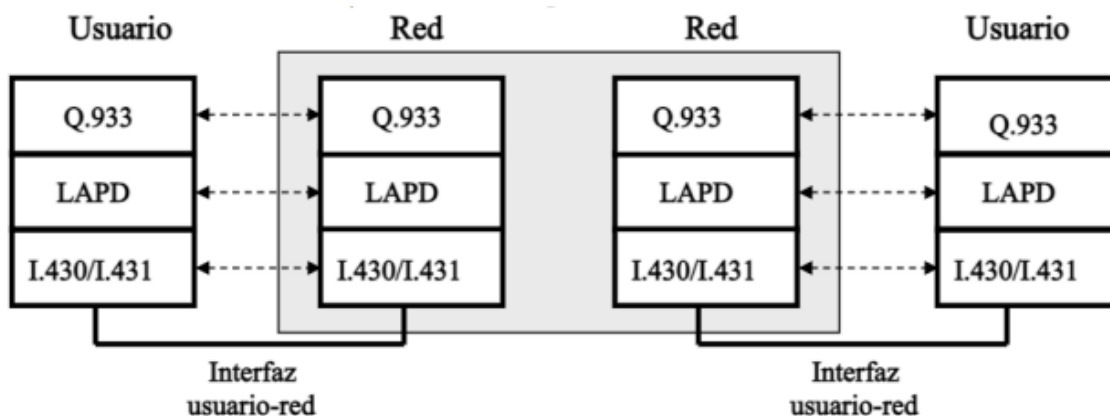
## Transferencia de datos FR

El **Plano de Usuario** trabaja sobre canales B con LAP-F Control o LAP-F Central/Core



El **Plano de Control**, sobre el canal D, usa:

- LAP-D (estándar Q.921) en Capa 2 → tanto en el lado del usuario como en el lado de la red.
- Otros estándares (Q.931 y Q.933) en Capa 3 → tanto en el lado del usuario como en el lado de la red.



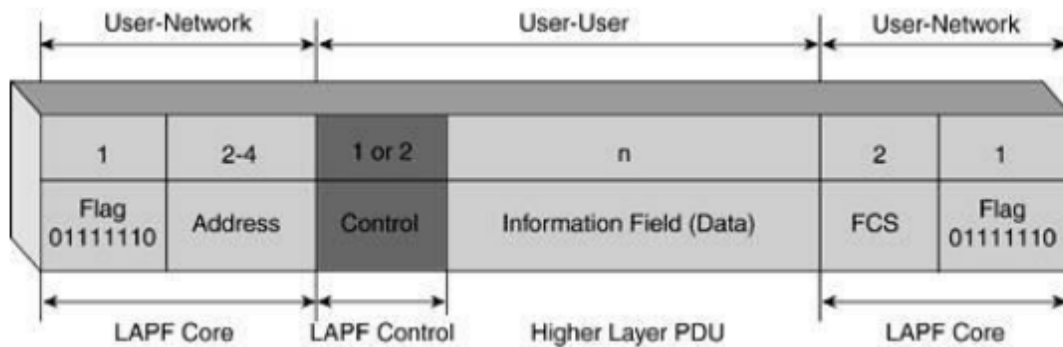
## Trama LAPD

Equivalente a la trama LAP B y a la trama de HDLC



FCS → CRC

## Estructura PDU de LAPF control



El Campo de Control está presente únicamente en LAP-F Control → en LAP-F Central/Core, no está.

El LAP-F Central/Core maneja otras cosas en el Campo de Dirección.

LAPF control es extremo a extremo



**LAPF CORE → CONTROL D CONGESTION**

**LAPF CONTROL → CONTROL DE LFUJO**

## Trama LAPF central/core

Entre 1600 B y 4096 B

|                |                           |                    |            |                |
|----------------|---------------------------|--------------------|------------|----------------|
| 1B             | 2B, 3B o bien 4B          |                    | 2B         | 1B             |
| <b>Bandera</b> | <b>Campo de Dirección</b> | <b>INFORMACIÓN</b> | <b>FCS</b> | <b>Bandera</b> |

- Campo de Dirección de 2B:**

|             |            |            |             |          |          |           |            |
|-------------|------------|------------|-------------|----------|----------|-----------|------------|
| 6 bits      | 1 bit      | 1 bit      | 4 bits      | 1 bit    | 1 bit    | 1 bit     | 1 bit      |
| <b>DLCI</b> | <b>C/R</b> | <b>EA0</b> | <b>DLCI</b> | <b>F</b> | <b>B</b> | <b>DE</b> | <b>EA1</b> |

**DLCI** → identificador de canal de enlace de datos. - 6 bits

**C/R** → comando/respuesta (uso por la aplicación). 1 bit

**EA0/EA1** → bit de extensión del campo de dirección (ubicado siempre al final de cada byte): 1 bit

- EA = 0 → hay otro byte para campo de dirección; éste no es el último byte.
- EA = 1 → éste es el último byte del campo de dirección.



Que pasa si em viene un 1 en el EA del medio? es una **inconsistencia del protocolo, PORQUE SI O SI TIENE QUE SEGURME MAS VALORES DEL CAMPO DE DIREC. el ea1 va al final.**

DLCI → 4 bits

F · FECN → notificación de congestión explícita hacia adelante: 1 bit

- F = 1 → hay congestión hacia adelante.
- F = 0 → no hay congestión hacia adelante.

B · BECN → notificación de congestión explícita hacia atrás 1 bit

- B = 1 → hay congestión hacia atrás.
- B = 0 → no hay congestión hacia atrás.

DE → elegido para descarte: 1bit

- DE = 1 → si hay congestión en la red, el cuadro se descartará.
- DE = 0 → el cuadro no está elegido para descarte, no se descartará

| Campo de Dirección de 2B  | Campo de Dirección de 3B        | Campo de Dirección de 4B        |   |      |      |      |      |   |            |  |  |  |  |  |     |      |            |  |  |  |      |      |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |            |  |  |  |  |  |     |      |      |  |  |  |      |      |    |      |                               |  |  |  |  |  |     |      |  |   |   |   |   |   |   |   |   |            |  |  |  |  |  |     |      |      |  |  |  |      |      |    |      |      |  |  |  |  |  |      |  |                               |  |  |  |  |  |     |      |
|---|---------------------------------|---------------------------------|---|------|------|------|------|---|------------|--|--|--|--|--|-----|------|------------|--|--|--|------|------|----|------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|------------|--|--|--|--|--|-----|------|------|--|--|--|------|------|----|------|-------------------------------|--|--|--|--|--|-----|------|--|---|---|---|---|---|---|---|---|------------|--|--|--|--|--|-----|------|------|--|--|--|------|------|----|------|------|--|--|--|--|--|------|--|-------------------------------|--|--|--|--|--|-----|------|
| 10 bits para direccionar DLCIs.   | 16 bits para direccionar DLCIs. | 23 bits para direccionar DLCIs. |   |      |      |      |      |   |            |  |  |  |  |  |     |      |            |  |  |  |      |      |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |            |  |  |  |  |  |     |      |      |  |  |  |      |      |    |      |                               |  |  |  |  |  |     |      |  |   |   |   |   |   |   |   |   |            |  |  |  |  |  |     |      |      |  |  |  |      |      |    |      |      |  |  |  |  |  |      |  |                               |  |  |  |  |  |     |      |
| <table><tr><td>8</td><td>7</td><td>6</td><td>5</td><td>4</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td></tr><tr><td colspan="6">Upper DLCI</td><td>C/R</td><td>EA 0</td></tr><tr><td colspan="4">Lower DLCI</td><td>FECN</td><td>BECN</td><td>DE</td><td>EA 1</td></tr></table> | 8                               | 7                               | 6 | 5    | 4    | 3    | 2    | 1 | Upper DLCI |  |  |  |  |  | C/R | EA 0 | Lower DLCI |  |  |  | FECN | BECN | DE | EA 1 | <table><tr><td>8</td><td>7</td><td>6</td><td>5</td><td>4</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td></tr><tr><td colspan="6">Upper DLCI</td><td>C/R</td><td>EA 0</td></tr><tr><td colspan="4">DLCI</td><td>FECN</td><td>BECN</td><td>DE</td><td>EA 0</td></tr><tr><td colspan="6">Lower DLCI or DL-CORE control</td><td>D/C</td><td>EA 1</td></tr></table> | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | Upper DLCI |  |  |  |  |  | C/R | EA 0 | DLCI |  |  |  | FECN | BECN | DE | EA 0 | Lower DLCI or DL-CORE control |  |  |  |  |  | D/C | EA 1 | <table><tr><td>8</td><td>7</td><td>6</td><td>5</td><td>4</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td></tr><tr><td colspan="6">Upper DLCI</td><td>C/R</td><td>EA 0</td></tr><tr><td colspan="4">DLCI</td><td>FECN</td><td>BECN</td><td>DE</td><td>EA 0</td></tr><tr><td colspan="6">DLCI</td><td colspan="2">EA 0</td></tr><tr><td colspan="6">Lower DLCI or DL-CORE control</td><td>D/C</td><td>EA 1</td></tr></table> | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | Upper DLCI |  |  |  |  |  | C/R | EA 0 | DLCI |  |  |  | FECN | BECN | DE | EA 0 | DLCI |  |  |  |  |  | EA 0 |  | Lower DLCI or DL-CORE control |  |  |  |  |  | D/C | EA 1 |
| 8   | 7                               | 6                               | 5 | 4    | 3    | 2    | 1    |   |            |  |  |  |  |  |     |      |            |  |  |  |      |      |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |            |  |  |  |  |  |     |      |      |  |  |  |      |      |    |      |                               |  |  |  |  |  |     |      |  |   |   |   |   |   |   |   |   |            |  |  |  |  |  |     |      |      |  |  |  |      |      |    |      |      |  |  |  |  |  |      |  |                               |  |  |  |  |  |     |      |
| Upper DLCI  |                                 |                                 |   |      |      | C/R  | EA 0 |   |            |  |  |  |  |  |     |      |            |  |  |  |      |      |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |            |  |  |  |  |  |     |      |      |  |  |  |      |      |    |      |                               |  |  |  |  |  |     |      |  |   |   |   |   |   |   |   |   |            |  |  |  |  |  |     |      |      |  |  |  |      |      |    |      |      |  |  |  |  |  |      |  |                               |  |  |  |  |  |     |      |
| Lower DLCI  |                                 |                                 |   | FECN | BECN | DE   | EA 1 |   |            |  |  |  |  |  |     |      |            |  |  |  |      |      |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |            |  |  |  |  |  |     |      |      |  |  |  |      |      |    |      |                               |  |  |  |  |  |     |      |  |   |   |   |   |   |   |   |   |            |  |  |  |  |  |     |      |      |  |  |  |      |      |    |      |      |  |  |  |  |  |      |  |                               |  |  |  |  |  |     |      |
| 8   | 7                               | 6                               | 5 | 4    | 3    | 2    | 1    |   |            |  |  |  |  |  |     |      |            |  |  |  |      |      |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |            |  |  |  |  |  |     |      |      |  |  |  |      |      |    |      |                               |  |  |  |  |  |     |      |  |   |   |   |   |   |   |   |   |            |  |  |  |  |  |     |      |      |  |  |  |      |      |    |      |      |  |  |  |  |  |      |  |                               |  |  |  |  |  |     |      |
| Upper DLCI  |                                 |                                 |   |      |      | C/R  | EA 0 |   |            |  |  |  |  |  |     |      |            |  |  |  |      |      |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |            |  |  |  |  |  |     |      |      |  |  |  |      |      |    |      |                               |  |  |  |  |  |     |      |  |   |   |   |   |   |   |   |   |            |  |  |  |  |  |     |      |      |  |  |  |      |      |    |      |      |  |  |  |  |  |      |  |                               |  |  |  |  |  |     |      |
| DLCI  |                                 |                                 |   | FECN | BECN | DE   | EA 0 |   |            |  |  |  |  |  |     |      |            |  |  |  |      |      |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |            |  |  |  |  |  |     |      |      |  |  |  |      |      |    |      |                               |  |  |  |  |  |     |      |  |   |   |   |   |   |   |   |   |            |  |  |  |  |  |     |      |      |  |  |  |      |      |    |      |      |  |  |  |  |  |      |  |                               |  |  |  |  |  |     |      |
| Lower DLCI or DL-CORE control   |                                 |                                 |   |      |      | D/C  | EA 1 |   |            |  |  |  |  |  |     |      |            |  |  |  |      |      |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |            |  |  |  |  |  |     |      |      |  |  |  |      |      |    |      |                               |  |  |  |  |  |     |      |  |   |   |   |   |   |   |   |   |            |  |  |  |  |  |     |      |      |  |  |  |      |      |    |      |      |  |  |  |  |  |      |  |                               |  |  |  |  |  |     |      |
| 8   | 7                               | 6                               | 5 | 4    | 3    | 2    | 1    |   |            |  |  |  |  |  |     |      |            |  |  |  |      |      |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |            |  |  |  |  |  |     |      |      |  |  |  |      |      |    |      |                               |  |  |  |  |  |     |      |  |   |   |   |   |   |   |   |   |            |  |  |  |  |  |     |      |      |  |  |  |      |      |    |      |      |  |  |  |  |  |      |  |                               |  |  |  |  |  |     |      |
| Upper DLCI  |                                 |                                 |   |      |      | C/R  | EA 0 |   |            |  |  |  |  |  |     |      |            |  |  |  |      |      |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |            |  |  |  |  |  |     |      |      |  |  |  |      |      |    |      |                               |  |  |  |  |  |     |      |  |   |   |   |   |   |   |   |   |            |  |  |  |  |  |     |      |      |  |  |  |      |      |    |      |      |  |  |  |  |  |      |  |                               |  |  |  |  |  |     |      |
| DLCI  |                                 |                                 |   | FECN | BECN | DE   | EA 0 |   |            |  |  |  |  |  |     |      |            |  |  |  |      |      |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |            |  |  |  |  |  |     |      |      |  |  |  |      |      |    |      |                               |  |  |  |  |  |     |      |  |   |   |   |   |   |   |   |   |            |  |  |  |  |  |     |      |      |  |  |  |      |      |    |      |      |  |  |  |  |  |      |  |                               |  |  |  |  |  |     |      |
| DLCI  |                                 |                                 |   |      |      | EA 0 |      |   |            |  |  |  |  |  |     |      |            |  |  |  |      |      |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |            |  |  |  |  |  |     |      |      |  |  |  |      |      |    |      |                               |  |  |  |  |  |     |      |  |   |   |   |   |   |   |   |   |            |  |  |  |  |  |     |      |      |  |  |  |      |      |    |      |      |  |  |  |  |  |      |  |                               |  |  |  |  |  |     |      |
| Lower DLCI or DL-CORE control   |                                 |                                 |   |      |      | D/C  | EA 1 |   |            |  |  |  |  |  |     |      |            |  |  |  |      |      |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |            |  |  |  |  |  |     |      |      |  |  |  |      |      |    |      |                               |  |  |  |  |  |     |      |  |   |   |   |   |   |   |   |   |            |  |  |  |  |  |     |      |      |  |  |  |      |      |    |      |      |  |  |  |  |  |      |  |                               |  |  |  |  |  |     |      |

## Control de errores y congestion FR

**Control de errores** → Solo detección por FCS en los extremos. Capas superiores se ocupan de la corrección

No hay secuenciamiento de cuadros, porque no hay campo de control. LAPF hace ese control

**Prevención de congestion** → mediante FECN y BECN

Problema que ocurre en la nube que generan retardos o imposibilidad de generar una conexión

FECN se setea en 1 cuando la congestion es en el sentido que va el cuadro

BECN se setea en 1 cuando a congestion es en el sentido contrario del cuadro

Los POP setean estos bits y los CPE y admin de red los detectan

**Control de congestion** → Mediante datos elegidos para descarte (DE). Se rechazan los cuadros

**Control de flujo** → lo hace **LAPF control**.

## Tráfico por Ráfagas – Definiciones y Parámetros

**Puertos** → Permite el ingreso a la red, los POPs los proveen. Los PVC nacen de ellos

$Tc[s]$  → Intervalo de medición (con o sin actividad). **tiempo comprometido**.

BC

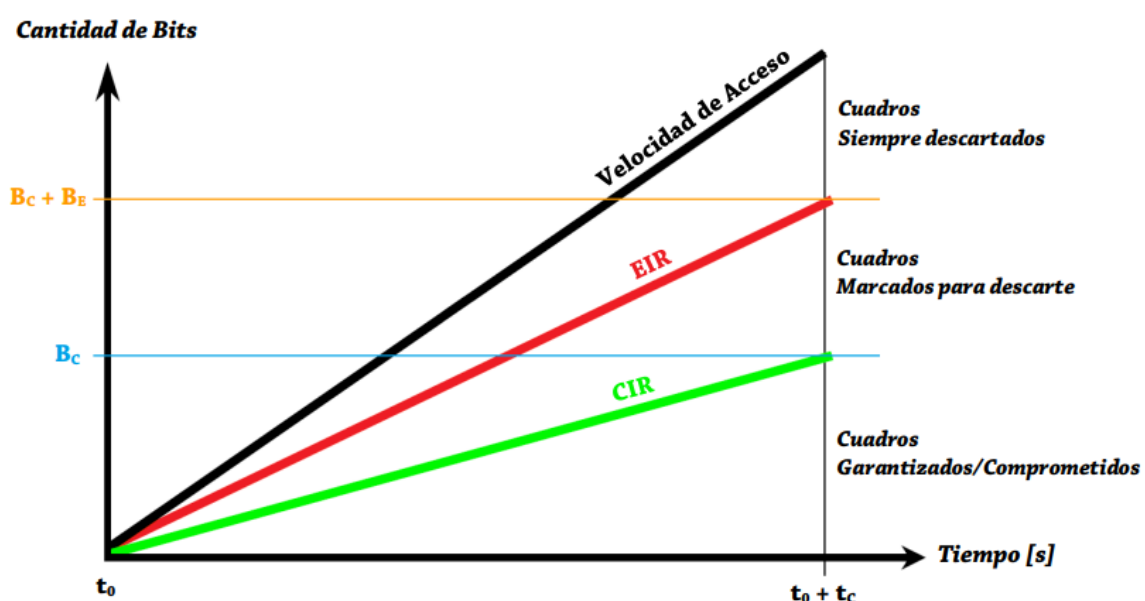
$[bit]$  → Tamaño comprometido de ráfaga. (bits comprometidos)

Cantidad **mínima** de bits que se transmiten por un PVC en un tiempo **TC** en condiciones normales.

Be  $[bit]$  → Tamaño en exceso de ráfaga, cantidad no comprometida en TC en condiciones normales. **Los bits que sobran, hasta donde podría llegar la ráfaga**



Si la ráfaga supera el numero de BE, lo que se excede se descarta.



VEL Puerto VP [**bps**] → velocidad máxima de entrada a la red Frame Relay.  
 velocidad de acceso, velocidad de puerto

- Rango: entre 56-64 Kbps y 1,5-2 Mbps.

**CIR [**bps**]** → velocidad de información comprometida/garantizada para el PVC en condiciones normales. COMMITTED INFORMATION RATE

full CIR ⇒ VP = CIR

**EIR [**bps**]** → velocidad de información en exceso para el PVC en condiciones normales. EXTENDED INFORMATION RATE

$$CIR = \frac{BC}{TC} \quad EIR = \frac{BE}{TC} \quad v_{puerto} = \frac{BC+BE}{TC} = CIR + EIR$$

|  |   |  |   |
|--|---|--|---|
| <p>"Full CIR"</p> <p><math>CIR = 100\% \text{ de } v_{puerto}</math></p>                   | <p><math>CIR = 50\% \text{ de } v_{puerto}</math></p> <p><math>CIR &lt; v_{puerto}</math></p> <p><math>v_{puerto} = \frac{B_c + B_E}{t_c}</math></p> <p><math>v_{puerto} = CIR + EIR</math></p> | <p><math>v_{puerto} &gt; \frac{B_c + B_E}{t_c}</math></p> <p><math>v_{puerto} &gt; CIR + EIR</math></p>          | <p><math>B_c = 0</math></p> <p><math>CIR = 0</math></p>                                 |
|  |   |  |   |
| <p>No hay cantidad en exceso.<br/>No hay cantidades que se descarten en forma directa.</p> | <p>No hay descarte directo.</p>   | <p>El proveedor garantiza algo.<br/>Algo queda marcado para descarte y el resto queda para descarte directo.</p> | <p>El proveedor no garantiza nada.<br/>Todo lo que pase está marcado para descarte.</p> |



**Sobresuscripción** → cuando la suma de los CIR de cada PVC supera la velocidad de puerto.

Hay asignación dinámica del ancho de banda a los PVC (Multuiplex estadístico)

## Voz sobre Fr → VoFR

La voz va sobre el cuadro

Es tolerante a perdidas, pero no a retardos (a diferencia de los datos)

Menor QoS, menor costo (20 a 30% -) frente a comunicaciones telefónicas convencionales

No acepta retransmisiones → interrupciones

Aprovecha los silencios

Uso de voz sin comprimir (64 Kbps PCM) y comprimida.

La voz comprimida (por ADTM) se resuelve: priorizando el tráfico y el uso de DLCI especial para voz; utilizando menor tamaño de cuadros (para evitar fragmentación); utilizando rutas con pocos saltos (para evitar retardos)

Prioriza tráfico y uso de DLCI para voz

Los cuadros tienen menor tamaño, se usa fragmentación

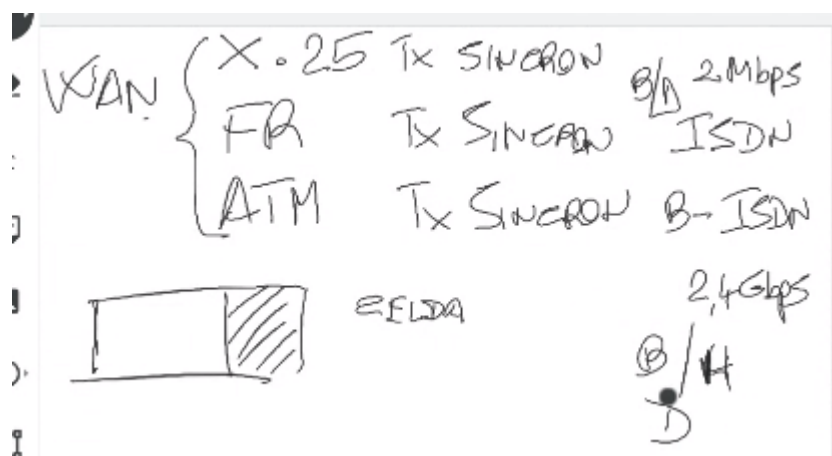
rutas con pocos saltos (3 o 4), menor retardo en la red

FRADs o routers para voz y datos

| VoFR  | VoIP  |
|---|---|
| La voz viaja sobre cuadros <i>Frame Relay</i> . | La voz viaja sobre datagramas IP.                 |
| Trabaja en Capa 2.                              | Trabaja en Capa 3, generando mayor procesamiento. |
| VoFR es más confiable que VoIP.                 | VoIP tiene mayor alcance que VoFR.                |
| Con conexión (CVs).                             | Sin conexión.                                     |

## ATM - Asynchronous Transference Mode

La evolución de Frame Relay



- Resultado de nuevas necesidades y cambios en el negocio de telecom
- Montado sobre redes ISDN Banda Ancha, basado en tecnologías SDH
- Permite velocidades binarias de más de 2.4Gbps por la alta calidad de los vínculos

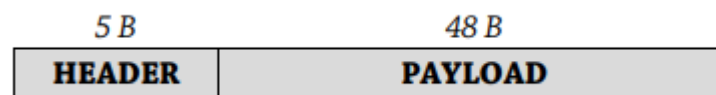


- **PDU → Celda-Célula. Tamaño fijo 53 bytes**
- Permite transportar todo tipo de servicio (voz, video, datos, combinaciones)
- Usa capas de adaptación para integrar servicios
- **Permite conmutación rápida con bajos retardos**
- Reducción de funcionalidad en los nodos y delegación de funciones a los extremos
- **Protocolo orientado a la conexión (formato circuito virtual)**
- Normalizado por la UIT (LXXX) y por el forum atm

Por qué "asincrónico"?

- o La red es sincrónica → las celdas se transportan sobre canales sincrónicos.
- o No hay sincronización con respecto a ningún usuario.
- o Las posiciones dentro de una ráfaga no son fijas, sino que se asignan a demanda

## Celda ATM PDU - 53 bytes



Por ser chica tiene menos retardos y su procesamiento es sencilla

**Header** → información de enrutamiento y prioridad. Identifica celdas de un mismo camino

**Payload** → Video, voz, o datos. Traps de extremo a extremo

**OVM** → va en la carga

### Header

La estructura depende de si se utiliza una UNI o NNI



UNI → Interfaz de red - usuario

NNI → Interface red - red

| UNI (interfaz usuario-red) |     |      |     |     |     | NNI (interfaz red-red) |      |     |     |     |
|----------------------------|-----|------|-----|-----|-----|------------------------|------|-----|-----|-----|
| 4 b                        | 8 b | 16 b | 3 b | 1 b | 8 b | 12 b                   | 16 b | 3 b | 1 b | 8 b |
| GFC                        | VPI | VCI  | PT  | CLP | HEC | VPI                    | VCI  | PT  | CLP | HEC |

GFC → control de flujo genérico → únicamente está presente en UNI (no está en NNI).

VPI → identificador de trayecto virtual.

VCI → identificador de circuito virtual.

PT → tipo de carga útil (de usuario o de gestión de red / mantenimiento).

CLP → prioridad de pérdida de celda → CLP=0, alta; CLP=1, puede descartar la red.

HEC → control de errores de HEADER (detección y, a veces, corrección error simple (32 bits de header. frase de 8 bits en CRC)

## Asincrónico

Las celdas se transportan en canales sincrónicos

Es asincrónico porque no están sincronizadas respecto a ningún usuario.

Las posiciones en el flujo se asignan por demanda (tráfico en ráfaga)

## Trayectos y canales virtuales

VC (canal virtual) = Fuente con 1 o más destinos

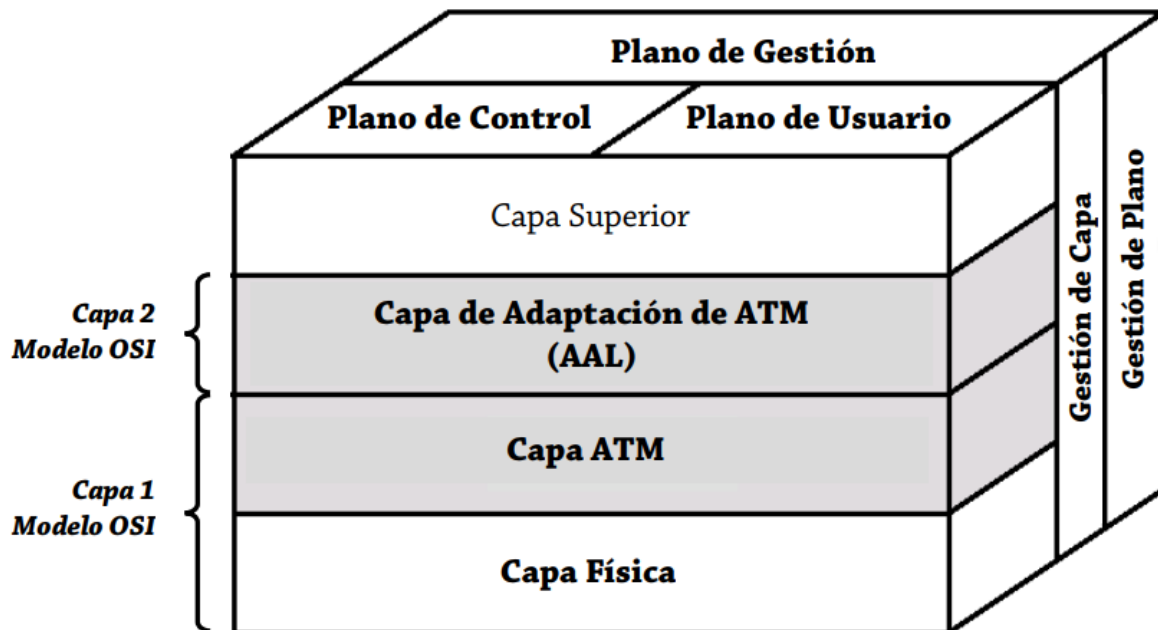
Es similar al circuito virtual de x.25 y frame relay

VCI (identificador de VC) se puede repetir

El VP (Trayectos virtuales) está asociado a los destinos. Agrupa los VC con los mismos destinos facilitando la gestión y la comunicación

VPI (identificador de VP) no se pueden repetir

## Arquitectura de Protocolos ATM



### Planos de Operacion

**Plano de Usuario** → transferencia de información de usuarios y controles de flujo y errores.

**Plano de Control** → controles de llamada y de conexión.

**Plano de Gestión/Administración:**

de Plano → coordinación entre planos y como un todo.

de Capa → recursos y parámetros de protocolos

| Modelo OSI | Capas ATM | Subcapas ATM                | Acciones   |
|------------|-----------|-----------------------------|--|
|            | Altas     |                             |  |
| Capa 2     | AAL       | Convergencia                | Homogeniza las diferencias que recibe de las capas superiores. Identifica mensajes. Recupera señal de reloj.   |
|            |           | Segmentación y Reensamblado | Segmenta la información de capas superiores (el emisor segmenta, el receptor reensambla). Permite manejar cuadros de mayor longitud que las celdas, adaptando la información a los 48 B del PAYLOAD. |
| Capa 1     | ATM       |                             | Arma/Desarma las celdas colocando/retirando el HEADER. Hace la conmutación. Control de Congestión y de Flujo.  |
|            | Física    | Convergencia de Transmisión | Regula las velocidades con que llega al medio físico (al trabajar con distintos servicios). Convierte el flujo de celdas ATM en flujos de bits.  |
|            |           | Medio Físico                | Controla las funciones que dependen del medio físico: tipos de cable, conectores, niveles de señales, etc.   |

|       |                      |     |                 |     |        |        |      |
|-------|----------------------|-----|-----------------|-----|--------|--------|------|
| Altas | Tramas de Aplicación | AAL | Carga de Celdas | ATM | Celdas | Física | Bits |
|-------|----------------------|-----|-----------------|-----|--------|--------|------|

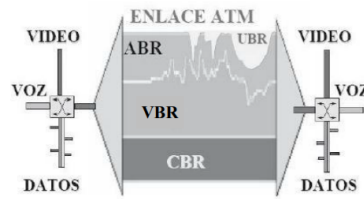
ATM conmuta

Adaptación AAL → se encarga del flujo y del armado de la carga. Arma el pilot

La sub de convergencia homogeniza los servicios de arriba

## Clases de Servicios

| Servicio   | Velocidad             | Acrónimo | Ejemplo   |
|--|-----------------------|----------|---|
| <b>En tiempo real</b><br>(sensible a retardos)                     | Constante             | CBR      | <b>Velocidad constante fija durante toda la conexión y retardo máximo estable.</b><br>Audio y video sin comprimir.<br>Circuito E1 videoconferencia. |
|  | Variable              | rt-VBR   | <b>Fuertes restricciones al retardo y a su variación.</b><br>Transmisión de video (no voz → velocidad variable).<br>Con compresión.                 |
| <b>En no tiempo real</b><br>(no hay criticidad en tener respuesta) | Variable              | nrt-VBR  | <b>Requisitos críticos en respuestas.</b><br>Correo electrónico multimedia.   |
|  | Disponible            | ABR      | <b>Reserva con conocimiento de AB necesario.</b><br>Interconexión de LANs.<br>Transmisión por ráfagas.  |
|  | No especificada       | UBR      | <b>Aprovecha la capacidad sin usar.</b><br>FTP en segundo plano.<br>IP (best effort).   |
|  | De tramas garantizada | GFR      | <b>Servicio a subredes troncales IP.</b>  |



En un tráfico puede haber distintas combinaciones.

## Protocolos AAL

| Requerimiento                 | Clase A                                      | Clase B          | Clase C   | Clase D      |
|-------------------------------|--|------------------|---|--------------|
| Tiempo entre Fuente y Destino | Requerido (sensible a demoras).<br><b>rt</b> |                  | No requerido (no sensible a demoras).<br><b>nrt</b> |              |
| Velocidad (Bit Rate)          | Constante<br><b>CBR</b>                      | <b>rt-VBR</b>    | Variable<br><b>nrt-VBR</b>                          |              |
| Modo de Conexión              | Con conexión                                 | Sin conexión     |   |              |
| Protocolo                     | <b>AAL 1</b>                                 | <b>AAL 2</b>     | <b>AAL 3</b>  | <b>AAL 4</b> |
| Tipos de Datos Transmitidos   | Audio y Video sin comprimir                  | Video comprimido | Datos en general                                    |              |

- **AAL 5** es otro protocolo → servicio con menor *overhead* y mejor detección de errores.
  - Emulación LAN, *Frame Relay*, ATM, IP sobre ATM.

HASTA AAL3 ES ORIENTADO A LA CONEXION, AAL 4 ES EL PRIMERO NO ORIENTADO A CONEX




AAL 3 y AAL 4 manejan datos en general

## Cuadro comparativo por Tecnologías

|   | <b>X.25</b>  | <b>Frame Relay</b>  | <b>ATM</b>  |
|---|--|---|---|
| <b>Niveles de Protocolos</b>            | 1, 2 y 3 del Modelo OSI.                                 | 1 y 2 del Modelo OSI.   | Medio Físico, ATM y AAL.  |
| <b>Velocidad bin. máxima</b>            | 64 Kbps.   | 2 Mbps o más.   | 622 Mbps ~ 2,4 Gbps.  |
| <b>Control de Errores</b>               | Detección y Corrección salto por salto.<br>LAP-B (HDLC). | Nodos intermedios RTX.<br>Los extremos detectan.<br>Las capas superiores corrigen.<br>LAP-D y LAP-F (HDLC). | Sólo de extremo a extremo hay control de HEADER y de CELDA: detecta y a veces corrige.<br>Las capas superiores corrigen.<br>Detecta en el HEADER solamente. |
| <b>Soporte de Comunicaciones</b>        | Red analógica y digital.<br>Baja calidad.                | ISDN.<br>Mejor calidad.   | B-ISDN.<br>Alta calidad.  |
| <b>BER</b>                              | $\sim 10^{-4}$ .   | $\sim 10^{-7}$ .  | $\sim 10^{-12}$ .   |
| <b>Nombre PDU</b>                       | Trama y Paquete.   | Cuadro.   | Celda o Célula  |
| <b>Longitud PDU</b>                     | Grande y variable.<br>16 B / 1024 B.                     | Grande y variable.<br>1600 B / 4096 B.  | Pequeño y fijo.<br>53 B.  |
| <b>Longitud MTU</b>                     | 128 B (Capa 3).  | 4090 B.   | 48 B.   |
| <b>Tipo de Tráfico más adecuado</b>     | File Transfer, Batch, Correo electrónico.                | Ráfagas (LAN), voz.   | Información en tiempo real, voz, video.   |
| <b>Tipo de Servicio</b>                 | Con conexión.  | Con conexión.   | Con conexión.   |
| <b>Conmutación</b>                      | En Capa 3.<br>Por software.<br>Mayor procesamiento.      | En Capa 2.<br>Por software.<br>Menor procesamiento.   | Por hardware.<br>Menor retardo.   |
| <b>Multiplexación e Identificadores</b> | LC (canal lógico).<br>VC (circuit virtual).<br>LCI.      | VC (circuit virtual).<br>DLCI.  | VP (camino virtual).<br>VC (circuit virtual).<br>VPI y VCI.   |
| <b>Eficiencia</b>                       | Asignación fija.   | Asignación por demanda.   | Asignación por demanda.   |

|                       | X.25  | FRAME RELAY  | ATM   |
|-----------------------|---|--|---|
| NIVELES DE PROTOCOLOS | 1,2,3 OSI   | 1,2 OSI  | MEDIO FÍSICO, ATM, AAL               |
| VEL BIN MAX           | 64 Kbps   | 2 Mbps O MÁS ACTUALMENTE   | 622 Mbps Y MÁS (2,4 Gbps)   |
| CONTROL DE ERRORES    | DETECCIÓN Y CORRECCIÓN SALTO POR SALTO<br><br><b>LAP-B (HDLC)</b> | NODOS INTERMEDIOS RTX.<br>EXTREMOS DETECTAN. CAPAS SUPERIORES CORRIGEN.<br><b>LAP-F Y LAP-D (HDLC)</b> | SOLO DE EXTREMO A EXTREMO HAY CONTROL DE HEADER DE CELDA (DETECTA Y PUEDE CORREGIR A VECES). CAPAS SUPERIORES CORRIGEN. |
| SOPORTE COM           | RED ANALÓGICA Y DIGITAL<br>BAJA CALIDAD                           | ISDN<br>MEJOR CALIDAD  | B-ISDN<br>ALTA CALIDAD  |
| PDU                   | TRAMA Y PAQUETE   | CUADRO   | CELDA O CELULA  |
| LONGITUD DE LA PDU    | GRANDE Y VARIABLE<br>(16/1024 B PAQ)                              | GRANDE Y VARIABLE<br>(1600/4096 B)   | PEQUEÑA Y FIJA<br>(53 B)  |

## Comparación de control de errores por niveles

| X.25  | Frame Relay   | ATM   |
|---|---|---|
| Control total, capa por capa, con detección y corrección.                           | Sólo detección en todo el cuadro.   | Sólo detección en la celda.   |
|  |  |  |

El nivel de control va cayendo

## MPLS - Multi Protocol Label Switching

Un estándar del IETE, que puede considerarse:

- Un sustituto de la arquitectura IP sobre ATM
- Un protocolo para hacer túneles
- Una técnica para acelerar el encaminamiento de los paquetes

Integra Capas 2 y 3 del Modelo OSI → combina ventajas de control de enrutamiento (Capa 3 – protocolo IP) y ventajas de una conmutación rápida (Capa 2).

Constituye la evolución de las Tecnologías de integración de n2 y n3 → IP sobre ATM y conmutación sobre IP

Funciona sobre cualquier tecnología de nivel 2 (PPP, LAN, FR, ATM)

Tecnología que busca simplificar o mejorar la eficiencia de las redes.

Puede considerarse como un protocolo para acelerar el encaminamiento de los paquetes

Puede considerarse como un protocolo para hacer túneles. (el camino mas corto)

Proporciona QoS e ingeniería de tráfico a una red global que soporte todo tipo de tráfico.

Es una solución con grandes posibilidades de éxito debido a la facilidad a la hora de migrar una red actual (Frame Relay, ATM, Ethernet, ...) a MPLS, siendo el primer paso para la coexistencia entre ellas mediante software añadido a equipos actuales.

Facilita la migración a IPv6, acortando la distancia entre el nivel de red IP y la fibra óptica.

Permite nuevos servicios que no son posibles con las técnicas actuales de encaminamiento IP (típicamente limitadas a encaminar por dirección de destino)

Para implementar MPLS hay que cambiar todos los routers por routers MPLS

## Componentes

**LSRs (Label Switching Router)** → ROUTERs de alta velocidad con capacidad de conmutación de etiquetas, especializados en el envío de paquetes etiquetados por MPLS

- **LSR internos** → sacan una etiqueta y ponen otra y arman túneles, mejorando la conmutación y el procesamiento, reduciendo la latencia.
- **LSR externos** → agregan/sacan etiquetas → se ocupa de manejar la clasificación por FEC.

**Etiqueta** → identificador corto (de longitud fija).



Se analiza en cada salto (solamente la etiqueta se analiza).

La PDU transferida puede tener una o varias etiquetas, pudiendo **jerarquizarlas**.

**FEC (Forwarding Equivalence Class)** → clase de servicio con la cual se facilitan los intercambios. Es determinado por la QoS

Atributo por el que se clasifican los paquetes que ingresan.

Se asigna en el momento en que el paquete entra a la red (al LSR externo).

Todos los paquetes que tienen el mismo FEC van a viajar por el mismo LSP.

**LSP (Label Switched Path)** → camino de conmutación de etiquetas.

Ruta a través de uno o más LSRs en un nivel de jerarquía que sigue un paquete de un FEC en particular.

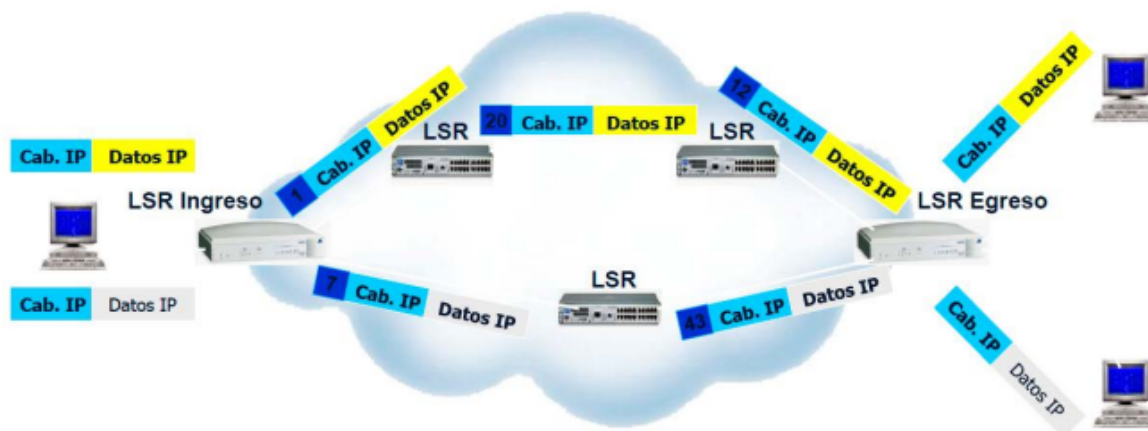
**Formato del HEADER (genérico) → 34 b.**

| Datos de Usuario | HEADER IP | 8 b         | 1 b | 3 b | 20 b     | HEADER Capa 2 |
|------------------|-----------|-------------|-----|-----|----------|---------------|
|                  |           | TTL         | S   | EXP | Etiqueta |               |
|                  |           | HEADER MPLS |     |     |          |               |
|                  | Capa 3    | Capas 2 y 3 |     |     |          | Capa 2        |

Se dice que esta en un nivel 2,5 porque esta entre la capa 2 y 3

- **TTL (Time To Live)** → contador de tiempo de vida → funcionalidad estándar TTL de las redes IP.
- **S** → bit de pila/stack, usado para indicar el apilado de etiqueta de forma jerárquica.
  - S=1 → hay otra etiqueta a continuación.
  - S=0 → hay una única etiqueta.
- **EXP** → identificador de las clases de servicio (CoS).
- **Etiqueta**

## Funcionamiento – Esquema General



1. Los datagramas IP ingresan al LSR de ingreso, donde se determina el FEC.
  - a. Asignado el FEC, se determina el LSP (camino). Y en función del LSR, se aplican las etiquetas.
  - b. Ya en la nube, cada datagrama IP tiene una etiqueta.
2. Cuando el datagrama IP llega a un LSR, se cambia la etiqueta... y se van pasando.
3. Cuando el datagrama IP llega al LSR de egreso, éste le saca la etiqueta. Y ahí finaliza el proceso

## Control de Información

Generación de tablas de envío que establecen los LSPs.

Uso de protocolos de enrutamiento internos IGP → OSPF, ISIS, RIP.

Distribución de la información sobre las etiquetas a los LSRs.

Uso de diversos protocolos con variaciones en el intercambio de etiquetas, como:

- LDP → mapea los destinos IP (unicast) en etiquetas.
- RSVP, CR\_LPD → usado para ingeniería de tráfico y reserva de recursos.
- BGP → para etiquetas externas (VPN).

## Servicios de Voz sobre MPLS

El protocolo MPLS permite sostener distintas redes:

- Voz sobre MPLS.
- Voz troncalizada sobre MPLS.

- IP sobre MPLS.
- ATM sobre MPLS

## **implmentaciones**

Fortinet en la VPN sobre capa 3

# **Seguridad en Redes**

Confidencialidad - privacidad → la info solo la va a ver quien yo quiero que la vea

Autenticidad → que sea autentico, no falso

Integridad de los datos → que no se haya perdido ni una coma de los datos

## **Ataques informáticos**

Interceptación

Fabricación de virus

Modificación de información

Destrucción de información

CIBERSEGURIDAD → busca combatir todo esto

## **Métodos de seguridad**

**Claves de acceso → al sistema o a los recursos. Una puerta que restringe el acceso**

**Encriptado de datos → preserva la confidencialidad**

**Seguridad física de dispositivos → que no puedan destruirse o sabotearse. temperatura adecuada**

Vinculado a los data centers.

## **Firma digital**

Tecnica de seguridad informatica aplicada sobre la información digital que se intercambia en una red. Se basa en:

- **Criptosistema Asimétrico** → **Clave pública** (la tienen los que reciben un mensaje mío) y **clave privada** (solo la tengo yo)  
asimétrica porque hay una pública y otra que es privada
- Función matemática HASH → salida long fija (digest)
- Autoridad certificante → Registra las claves públicas y las distribuye en forma segura

Provee **autenticidad integridad y no repudio**

Puede adicionarse el encriptado completo de un mensaje → con eso agrego **confidencialidad**

Funcion HASH

## Firewall

Sistema que crea una barrera segura entre dos redes. Es un componente de la seguridad de red que debe complementarse con otras acciones

Se compone de hardware y software.

### Beneficios:

- Concentra la seguridad en un único punto
- Controla acceso
- Regula el uso de la red exterior
- Registra el empleo de la red interna y la externa
- Protege de ataques externos
- Limita el tráfico de servicios vulnerables
- Mejora la privacidad del sistema (ej: oculta direcciones IP internas o bloquear servicios)

### Decisiones a tomar si la quiero implementar:

- La política de seguridad de la organización  
Negación de todos los servicios, excepto algunos autorizados  
Permitir libre uso de todo, excepto lo expresamente prohibido  
Medir y auditar el uso de la red
- Nivel de seguridad deseado

Análisis de necesidades con niveles de riesgos aceptables

Nivel de seguridad que satisface. Solución de compromiso

- Evaluación de costos → la mejor relación costo beneficio

### **Tipos de Firewall:**

**Nivel de RED** → direcciones IP y números de puerto (por ej un router, el access point tiene la firewall)

**Nivel de APLICACION** → No permiten tráfico directo entre las redes (ej servidor proxy)

## **Capacitación de usuarios y administradores ESCENCIAL. SOMOS EL ESLABON MAS DEBIL**

Riesgos en base al comportamiento humano:

- Fugas de información → errores humanos o acciones accidentales por exceso de confianza
- Ataques de virus → priorizar beneficios sobre riesgos

A veces se contratan empresas que hacen evaluaciones de penetration attacks para descubrir cuales son los usuarios más vulnerables.

se utilizan los .logs para los análisis. De ahí se arman las capacitaciones

## **Protocolos de seguridad (IP sec)**

Conjunto de protocolos de seguridad que agregan **encriptado** y **autenticación** a la comunicación

**De capa 3 (por ser IP)** Resultando totalmente transparente para las aplicaciones

Se usa frecuentemente en VPN

Modos de aplicación:

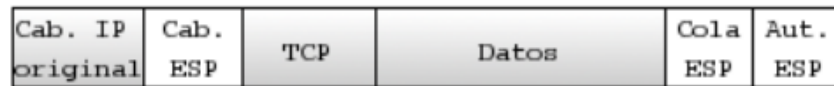
### **Modo transporter**

dentro de capa 3 se encapsula ip sec. El datagrama IP no está protegido. Esta falta de protección me permite ir de extremo a extremo sin problemas de enrutamiento.

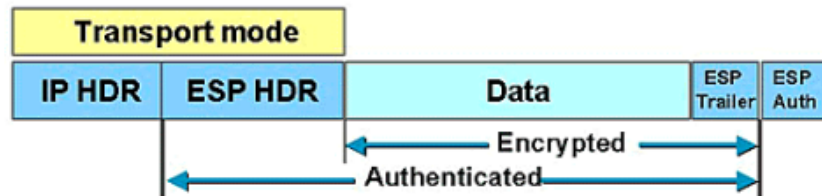
Implementado host a host sin que la red intervenga



(a) Paquete IP original



(b) Modo transporte



Solo se encripta el payload, y se autentica el payload y el **header ESP**

Mas rápido (menos procesamiento, menos latencia)

Menos protección

### Modo Túnel

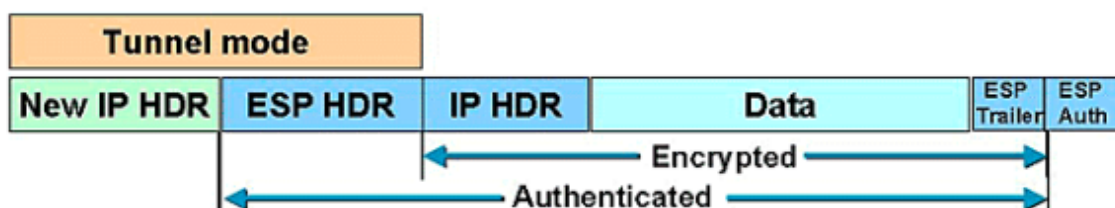
IP protegido dentro de IPsec. Hay que establecer una nueva IP para ese tramo. Mayor latencia, porque hay mayor procesamiento al generar la lista detallada de que ips pueden pasar y cuales no



(a) Paquete IP original



(c) Modo túnel



Se encripta el payload y el header IP

Se autentica el payload, header ip y header **ESP (Encapsulating Security Payload)**

Usa una nueva dir IP que es la unica legible para la red pública, enmascarando la IP original

Este protege más, pero está limitado a un segmento del trayecto (dentro de la WAN)

## Red privada virtual VPN

se logran con enlaces debidamente asegurados, basados en IP Sec.

Red privada dentro de una red publica

## Seguridad por niveles

|                        |  |
|------------------------|--|
| <b>Aplicación</b>      | <ul style="list-style-type: none"><li>• Auditoría de: servidores, accesos remotos, <i>firewall</i>, correos electrónicos, DNS, etcétera.</li><li>• Control de archivos .LOG.</li></ul>   |
| <b>Presentación</b>    | <ul style="list-style-type: none"><li>• Criptografía.</li></ul>  |
| <b>Sesión</b>          | <ul style="list-style-type: none"><li>• Control de acceso.</li></ul>   |
| <b>Transporte</b>      | <ul style="list-style-type: none"><li>• Auditoría del establecimiento de sesiones y de los puertos (cuáles están habilitados).</li><li>• Operación con conexión (TCP) o sin conexión (UDP).</li></ul>  |
| <b>Red</b>             | <ul style="list-style-type: none"><li>• Auditoría de las rutas y direcciones.</li><li>• Trabajo en el ROUTER sobre: contraseñas, configuración, protocolo de ruteo, listas de control de acceso, archivos .LOG, alarmas, etcétera.</li><li>• Auditoría en ARP y direccionamiento IP (estático o dinámico).</li></ul> |
| <b>Enlace de Datos</b> | <p>Es la última capa que encapsula a las capas anteriores.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Uso de analizadores de protocolos → para control de direcciones MAC, de configuraciones, análisis de tráfico (<i>Wireshark</i>) y de colisiones, evaluación de accesos WiFi, etcétera.</li></ul>              |
| <b>Física</b>          | <ul style="list-style-type: none"><li>• Auditoría del canal que se use.</li><li>• Plano de la red.</li><li>• Análisis de la topología.</li><li>• Puntos de acceso físico.</li><li>• Potencias, frecuencias utilizadas.</li></ul>   |

## Seguridad en redes inalámbricas

### WPS (Wifi Protected Setup)

Mecanismo para facilitar la conexión de dispositivos a una red inalámbrica

Ejemplo → intercambio de PIN en bluetooth

### WEP (Wired Equivalent Privacy)

ofrece seguridad similar a la red cableada mediante una encriptación.

## WPA (WiFi Protected Access)

agrega seguridad usando claves dinámicas proporcionadas a cada usuario.

### WPA2

Usa algoritmo de encriptación AES (Advanced Encryption Standard).

### WPA2 PSK (Pre-Shared Key)

Para uso doméstico o de oficinas pequeñas donde se comparte la clave.

### WPA2 TKIP

Usa un protocolo de seguridad de clave temporal

Cambia las claves de un sistema dinámicamente a medida que se utiliza.

**WPA3** → puede verse en equipos WiFi 5 y WiFi 6.

## Comparación WEP, WPA y WPA2

|                              | WEP                                       | WPA                                 | WPA2 |
|------------------------------|---|-------------------------------------|------|
| <b>Encriptación</b>          | RC4.                                      |                                     | AES. |
| <b>Rotación de clave</b>     | Ninguna.                                  | Claves de sesión dinámicas.         |      |
| <b>Distribución de clave</b> | Tipeadas manualmente en cada dispositivo. | Distribución automática disponible. |      |
| <b>Autenticación</b>         | Usa clave WEP.                            | Puede usar 802.1x & EAP.            |      |

## ESCALA DEL MAS AL MENOS SEGURO

WPA2-AES → WPA2-TKIP → WPA-PSK → WEP 128 → WEP 64 → MAC Auth →  
(sin seguridad)