

# ADSL

Area de Ingeniería Telemática  
<http://www.tlm.unavarra.es>

Grado en Ingeniería en Tecnologías de  
Telecomunicación, 3º

# Temario

1. Introducción
2. Tecnologías LAN
3. Tecnologías WAN
- 4. Redes de acceso**
  1. El problema de la primera milla
  2. Tecnologías cableadas
  3. Tecnologías inalámbricas

# Objetivos

- Conocer la arquitectura ADSL
- Comprender las diferencias básicas entre las alternativas de corrección de errores en ADSL
- Conocer la técnicas de encapsulación típicas en escenarios con DSLAM ATM y sus implicaciones en la arquitectura de red

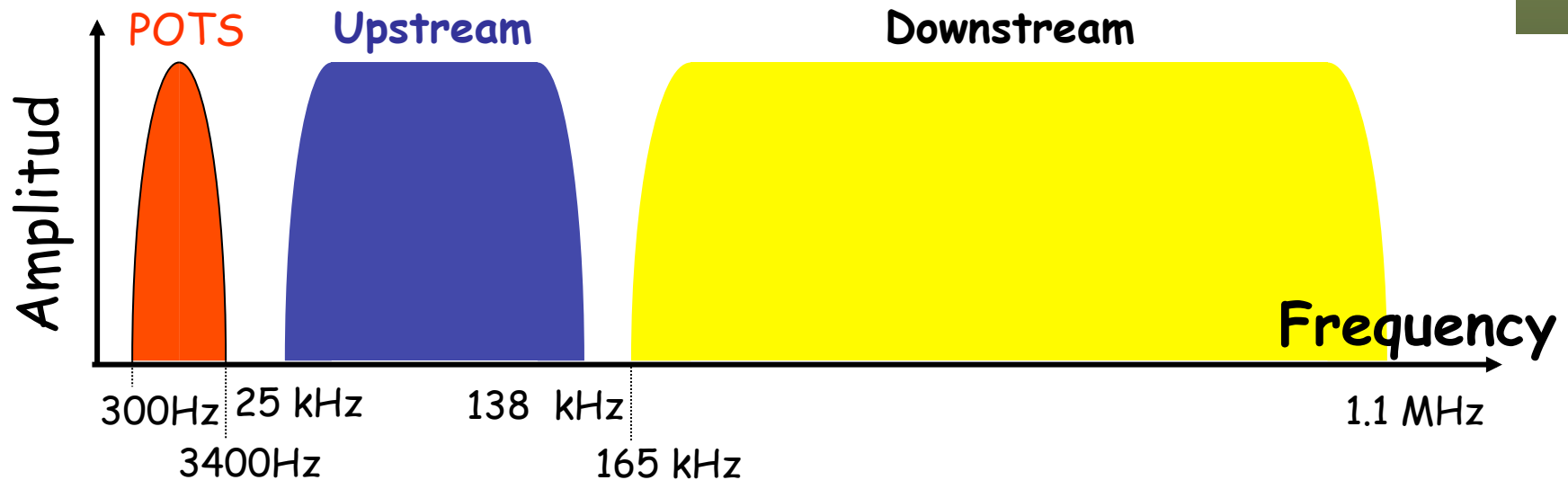
# ADSL

- ITU-T G.992.1
- Solución para el enlace usuario-red sobre par de cobre de calidad de voz
- El enlace se sincroniza (inicialización y acondicionamiento) a una velocidad upstream y otra downstream
- Una vez sincronizado no es adaptable
- La modulación permite mantener el canal ante ciertas cantidades de ruido
- G.992.1 contempla la posibilidad de un DRA (Dynamic Rate Adaptation) para cambios ocasionales (lentos)
- Si no puede mantener la tasa se des-sincroniza
- Downstream al menos debe soportar 6Mbps y puede llegar hasta 8Mbps

# Modulación en ADSL

## DMT = Discrete MultiTone

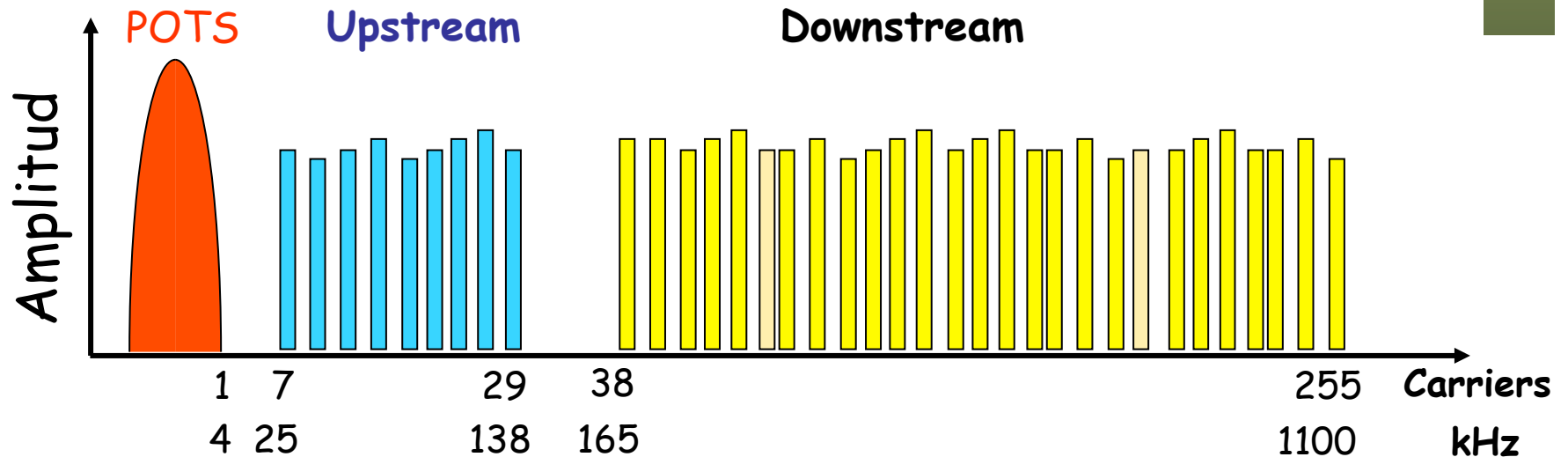
- 255 portadoras en las frecuencias  $n \times 4.3215$  KHz
- 32 upstream, 250 downstream (solape y cancelación de eco)
- 32 upstream, 218 downstream (sin solape, FDM)
- ADSL2+ 512 portadoras
- VDSL2 4096 portadoras



# Modulación en ADSL

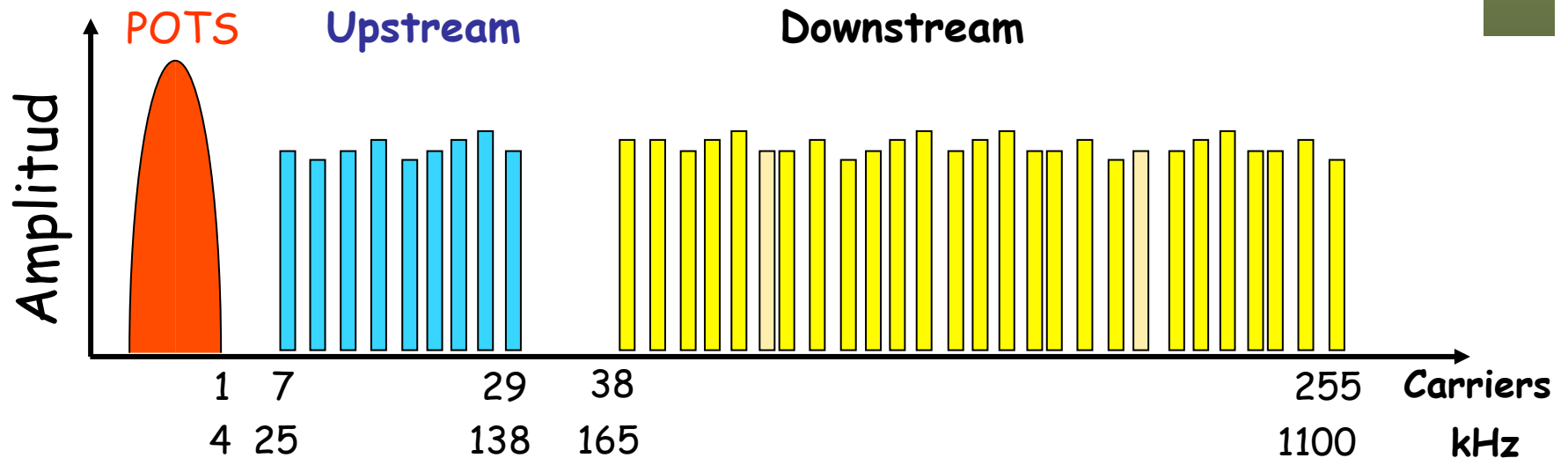
## DMT = Discrete MultiTone

- 255 portadoras en las frecuencias  $nx4.3215$  KHz
- 32 upstream, 250 downstream (solape y cancelación de eco)
- 32 upstream, 218 downstream (sin solape, FDM)
- ADSL2+ 512 portadoras
- VDSL2 4096 portadoras



# Modulación en ADSL

- Cada portadora 4000 baudios
- Normalmente cada una desde 4-QAM (2bits/símbolo) a 256-QAM (8bits/símbolo)
- 8bits por símbolo, 4000 baudios → 32Kbps por portadora
- Una portadora hasta 15 bits por símbolo
- Tasas en múltiplos de 32Kbps
- Ruido en una portadora hace que los bits que transporta sean transferidos a otra próxima (*bit-swapping*)



# Arquitectura ADSL

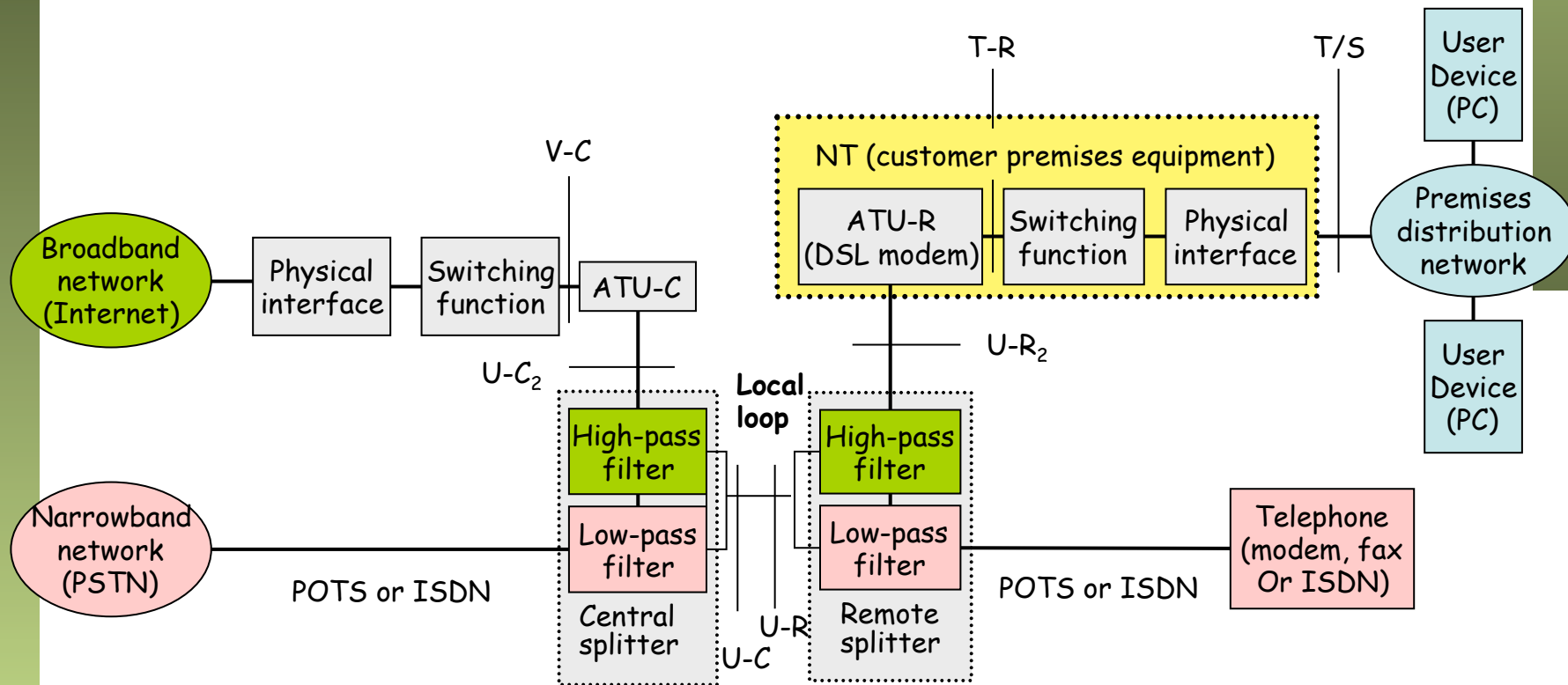
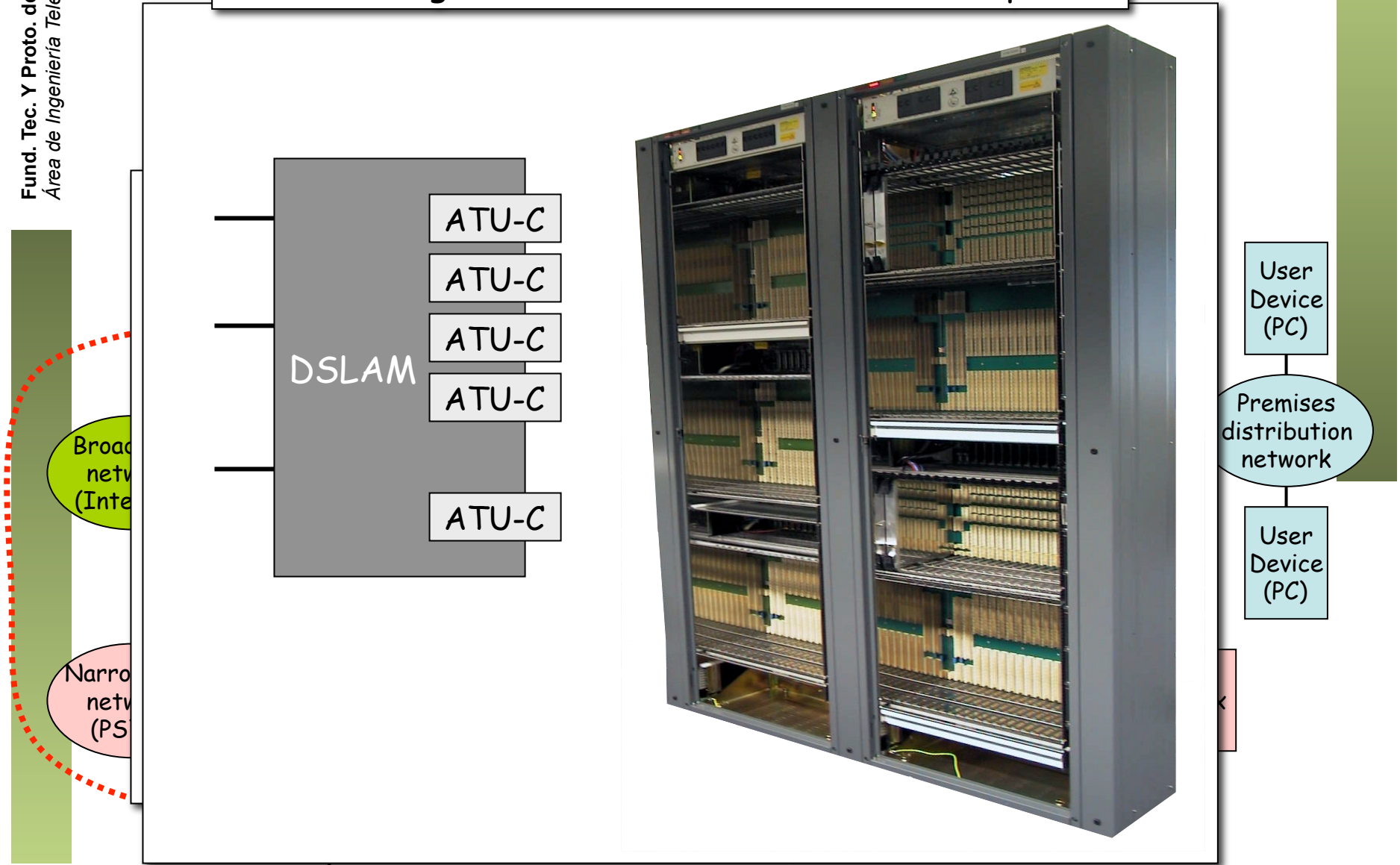


Figura 1-1/G.992.1 - Modelo de referencia del sistema ADSL



# Arquitectura ADSL

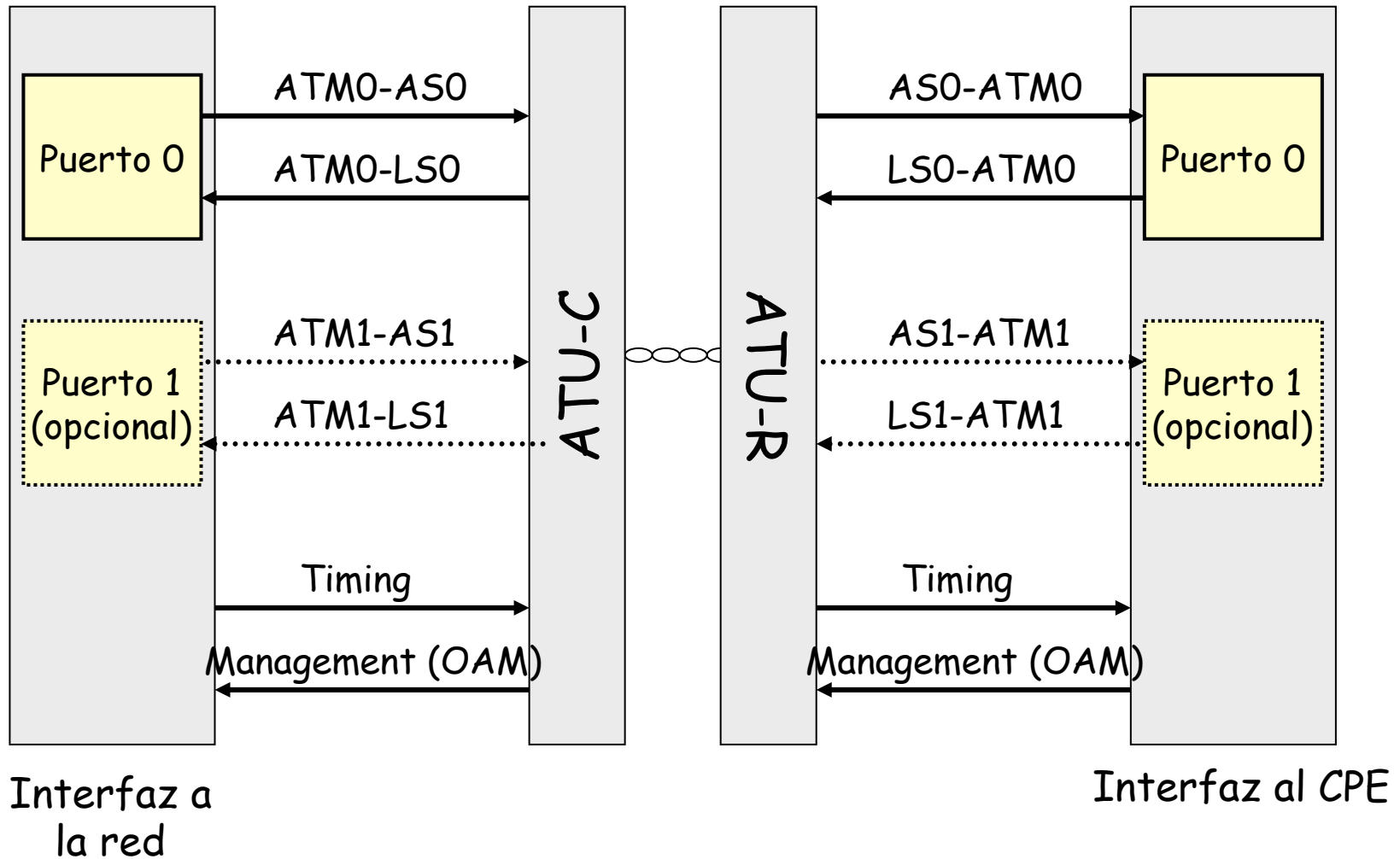
DSLAM = Digital Subscriber Line Access Multiplexer



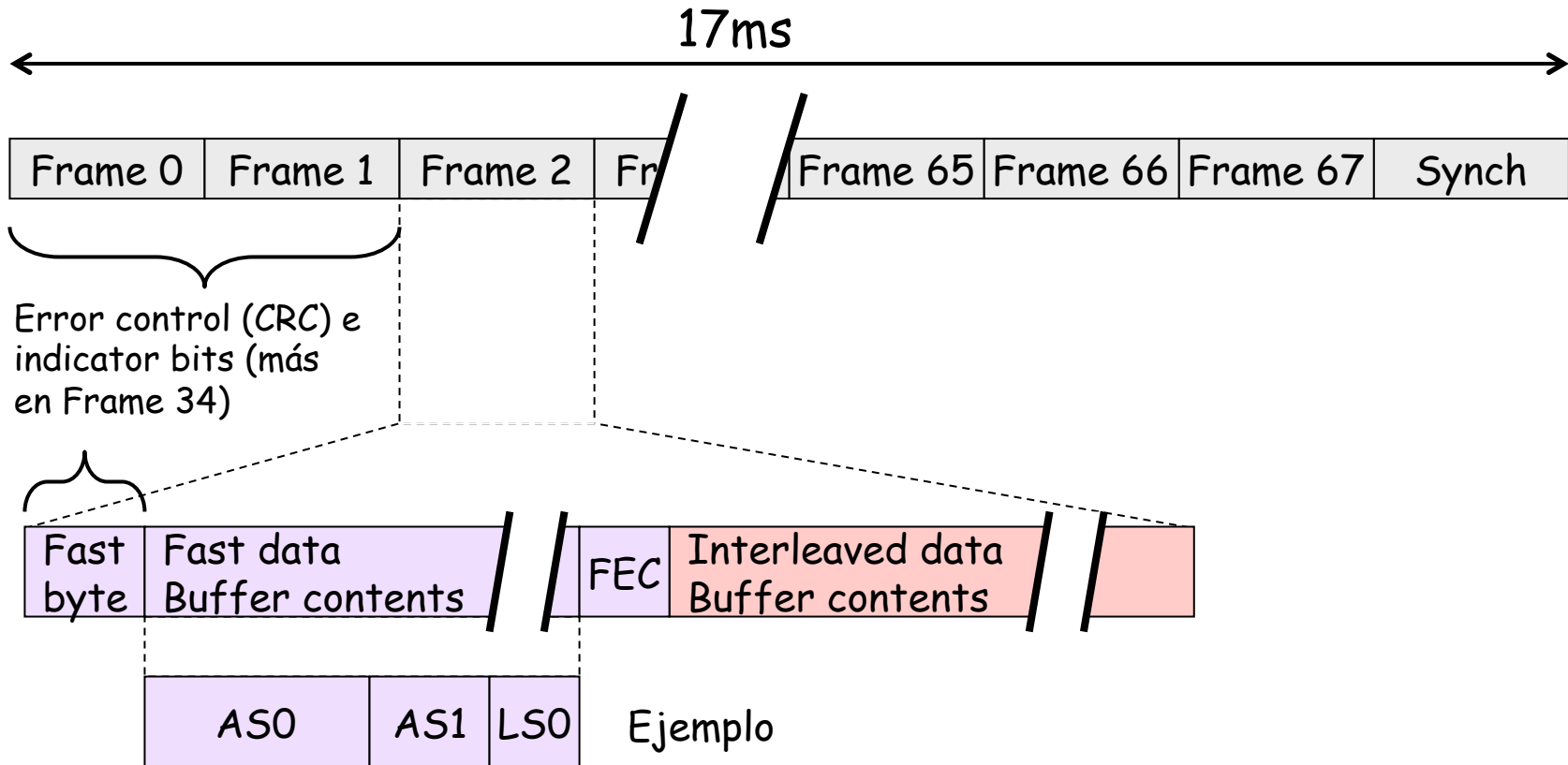
# Capacidad de transporte

- El sistema ADSL puede transportar datos en modo STM o ATM aunque ambos a la vez no está recogido en el estándar
- Puede haber hasta 7 trenes ( “bearers ”) de datos:
  - Hasta 4 canales símplex en sentido descendente (AS0-AS3)
  - Hasta 3 canales dúplex (pueden ser símplex y de velocidad independiente) (LS0-LS2)
  - Son canales lógicos, todos en el mismo ADSL
- Hoy en día normalmente:
  - Se emplea el modo ATM
  - Solo canal AS0 en descendente y LS0 en ascendente (los únicos obligatorios)
  - Latencia simple “rápida/fast” o “intercalada/interleaved” (en modo ATM es opcional soportar los dos simultáneamente)
  - Downstream: 32 a 6,144 Kbps en múltiplos de 32Kbps
  - Upstream: 32 a 640Kbps en múltiplos de 32Kbps

# Subcanales en ATM sobre ADSL

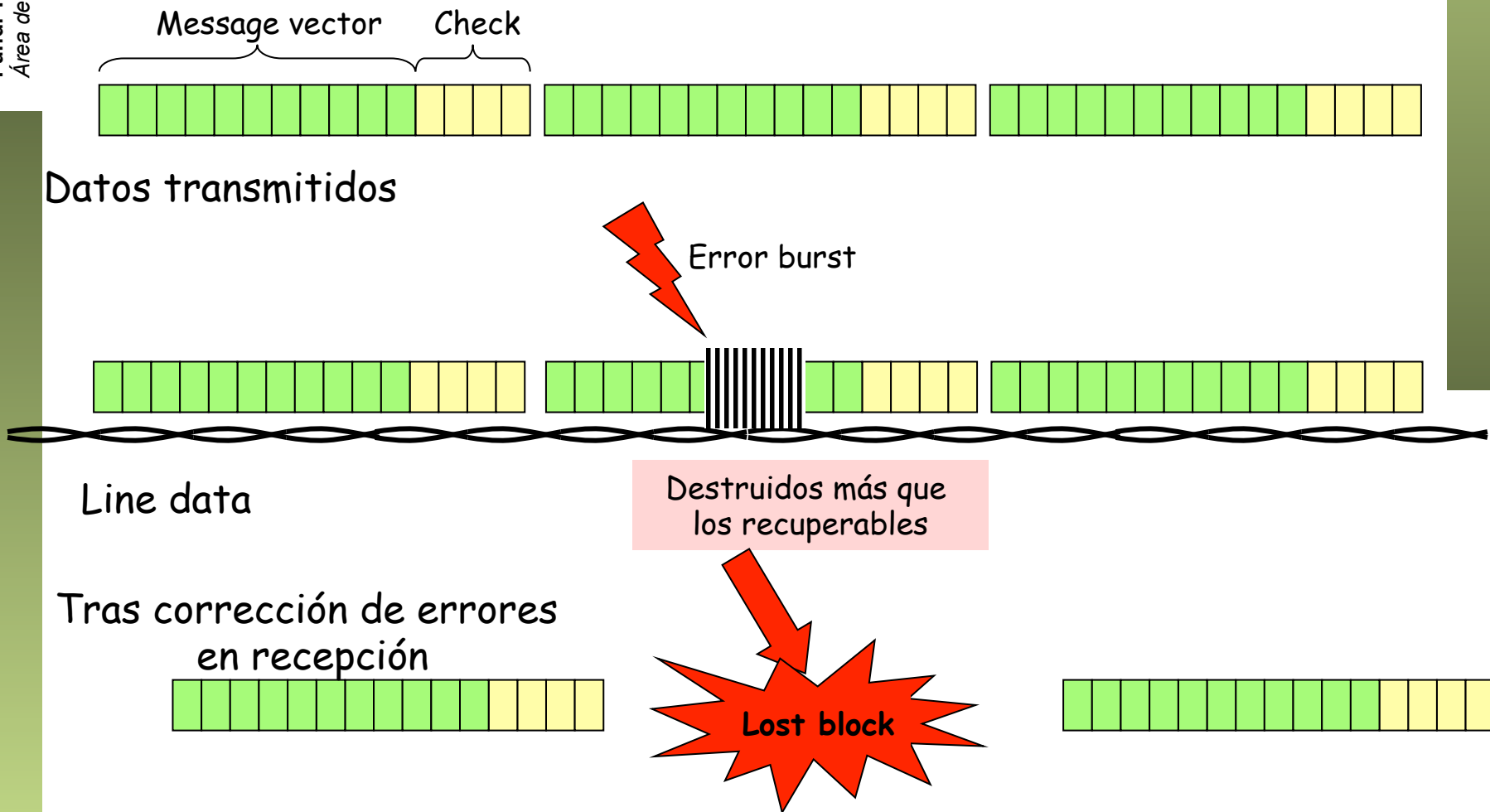


# Supertrama ADSL



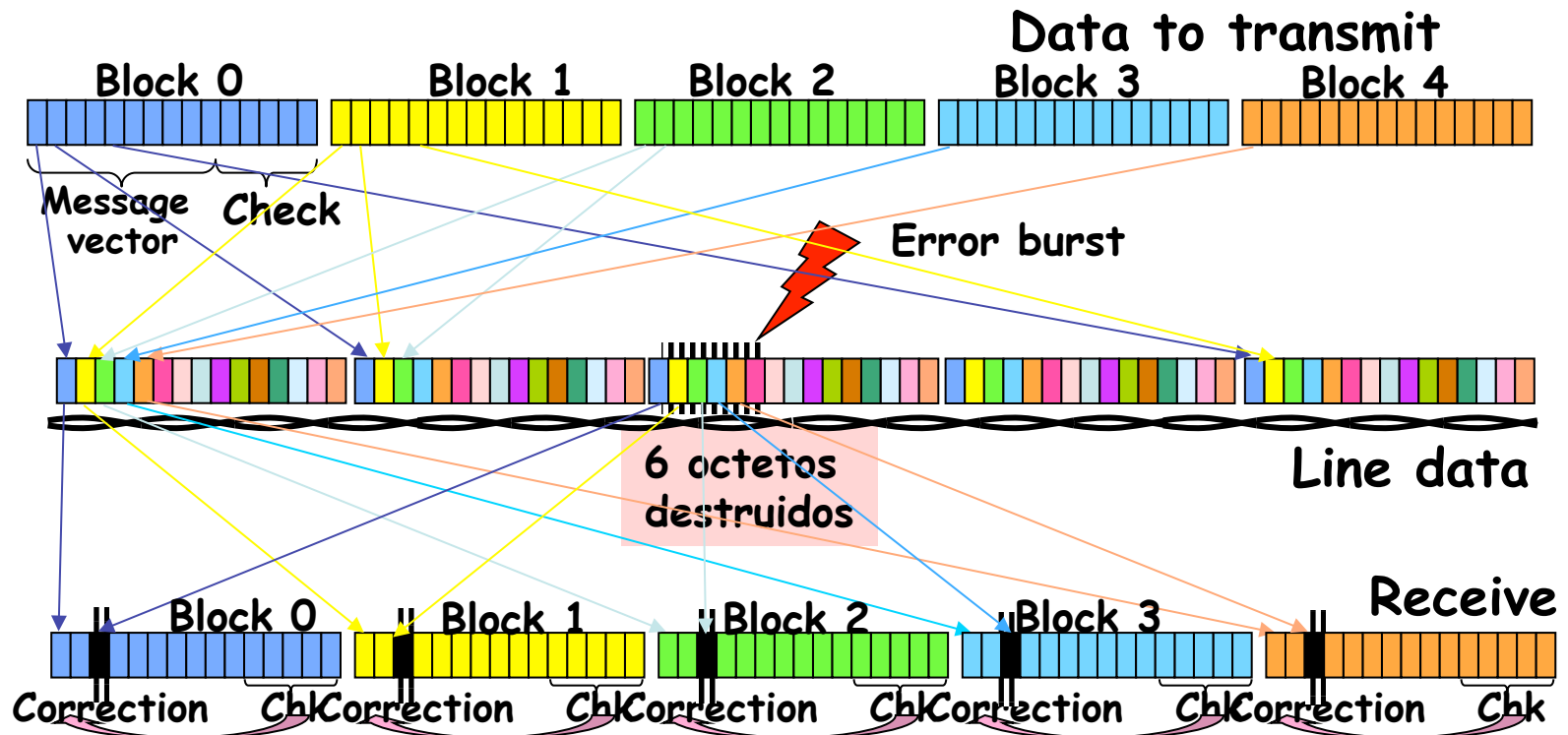
# Corrección de errores

- Código Reed-Solomon
- Dos modos:
  - “rápido/fast” (opcional): baja latencia (2-28 ms)



# Corrección de errores

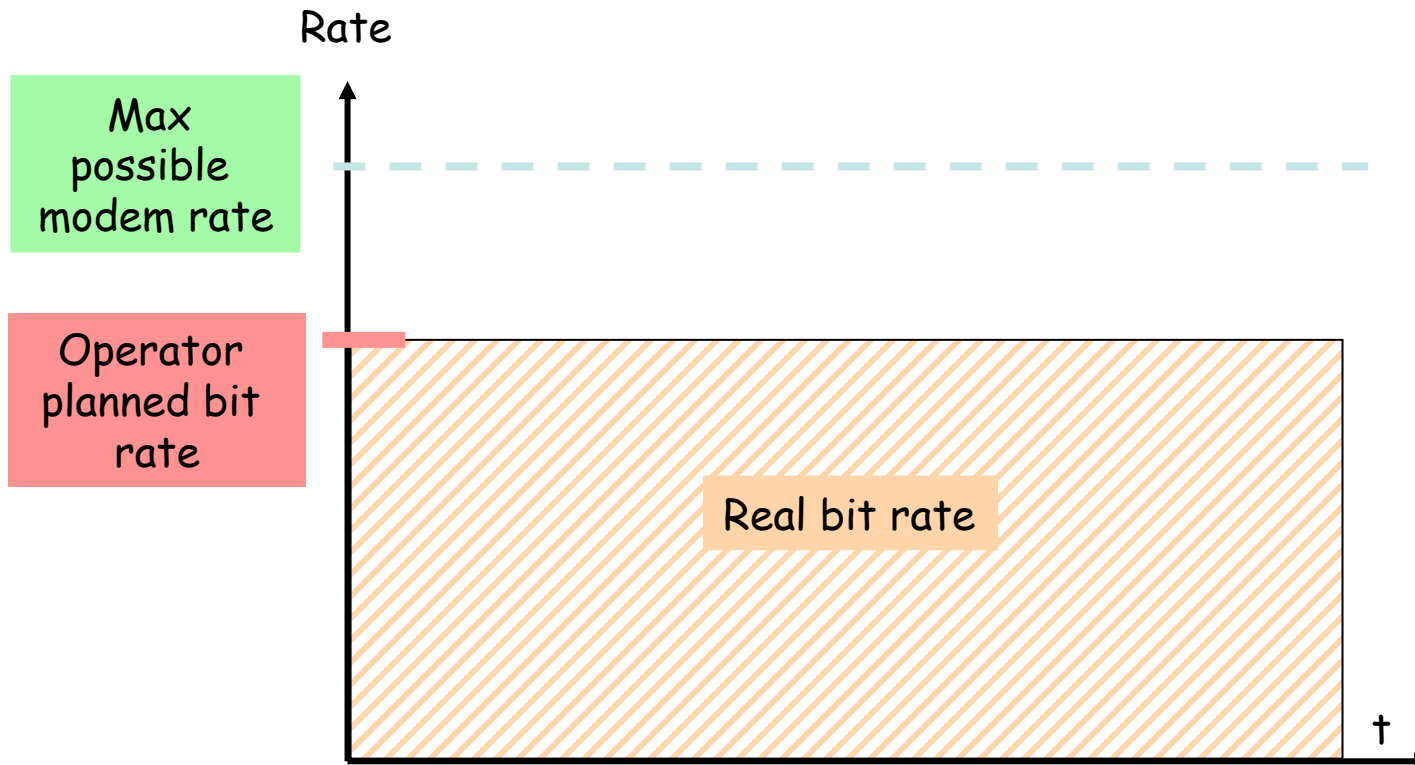
- Código Reed-Solomon
- Dos modos:
  - “intercalado/interleaved”
    - Más tiempo (retardo) para construir los bloques a transmitir
    - Más tiempo para reconstruirlos
    - Retardo 6-52 ms



# Ajuste de velocidad

## En la inicialización

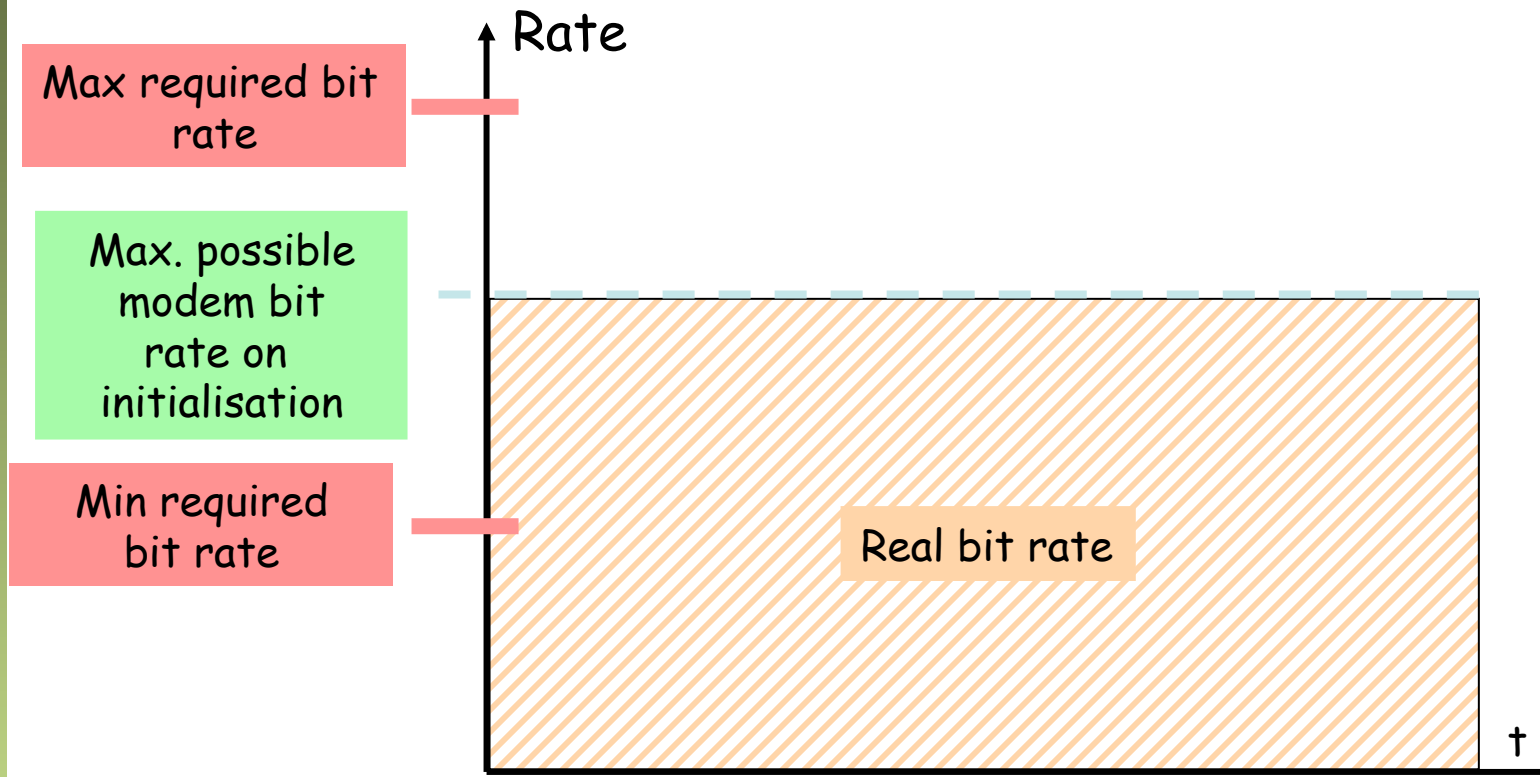
- "planned rate": velocidad requerida por el operador
- Para un margen de ruido mayor del especificado y  $BER \leq 10^{-7}$
- El modem debe mantener la velocidad



# Ajuste de velocidad

## En la inicialización

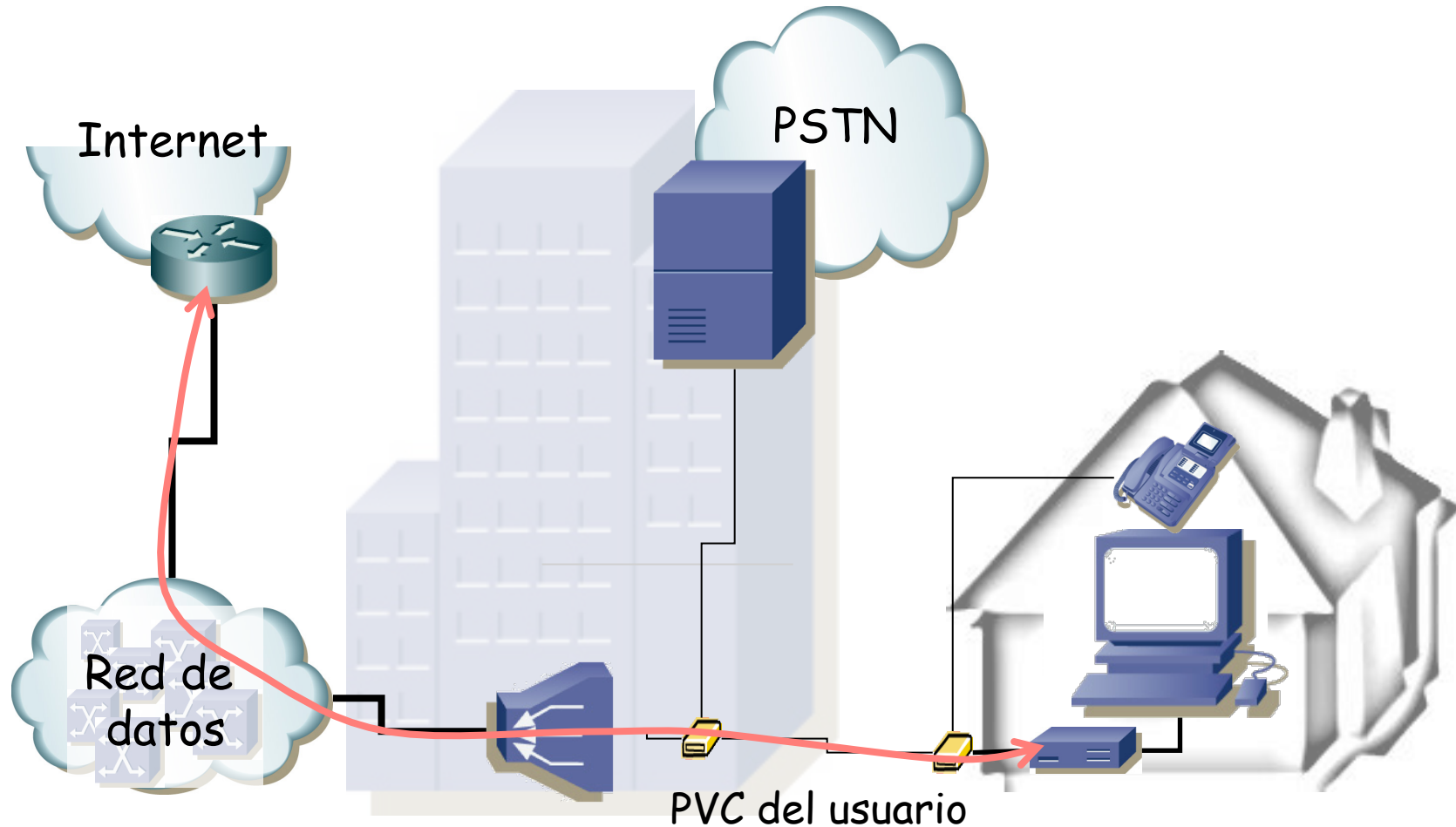
- Mínimo y máximo impuesto por el operador
- Para un margen de ruido mayor del especificado y  $BER \leq 10^{-7}$
- Si no puede garantizar el mínimo no funciona y lo notifica
- El modem debe mantener la velocidad



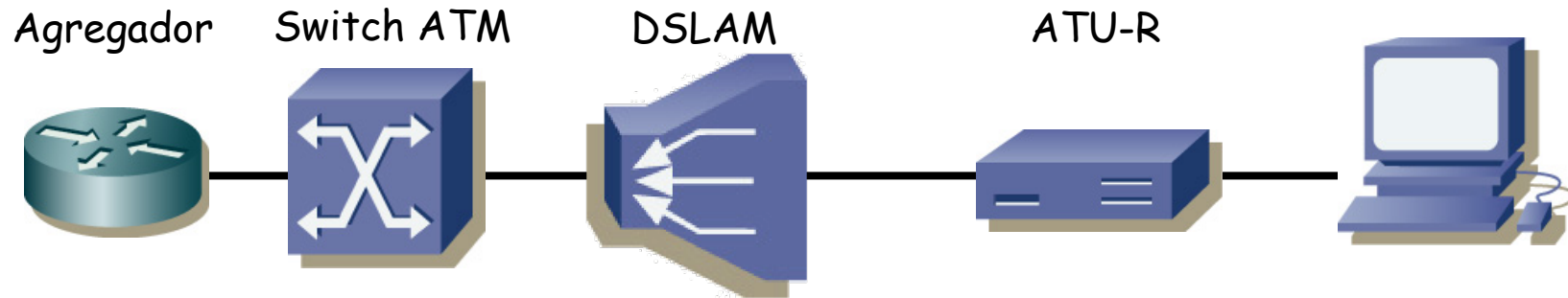


# Arquitectura de red

- DSLAM ATM
- Básicamente un conmutador ATM
- Conmuta las celdas del PVC del usuario (...)



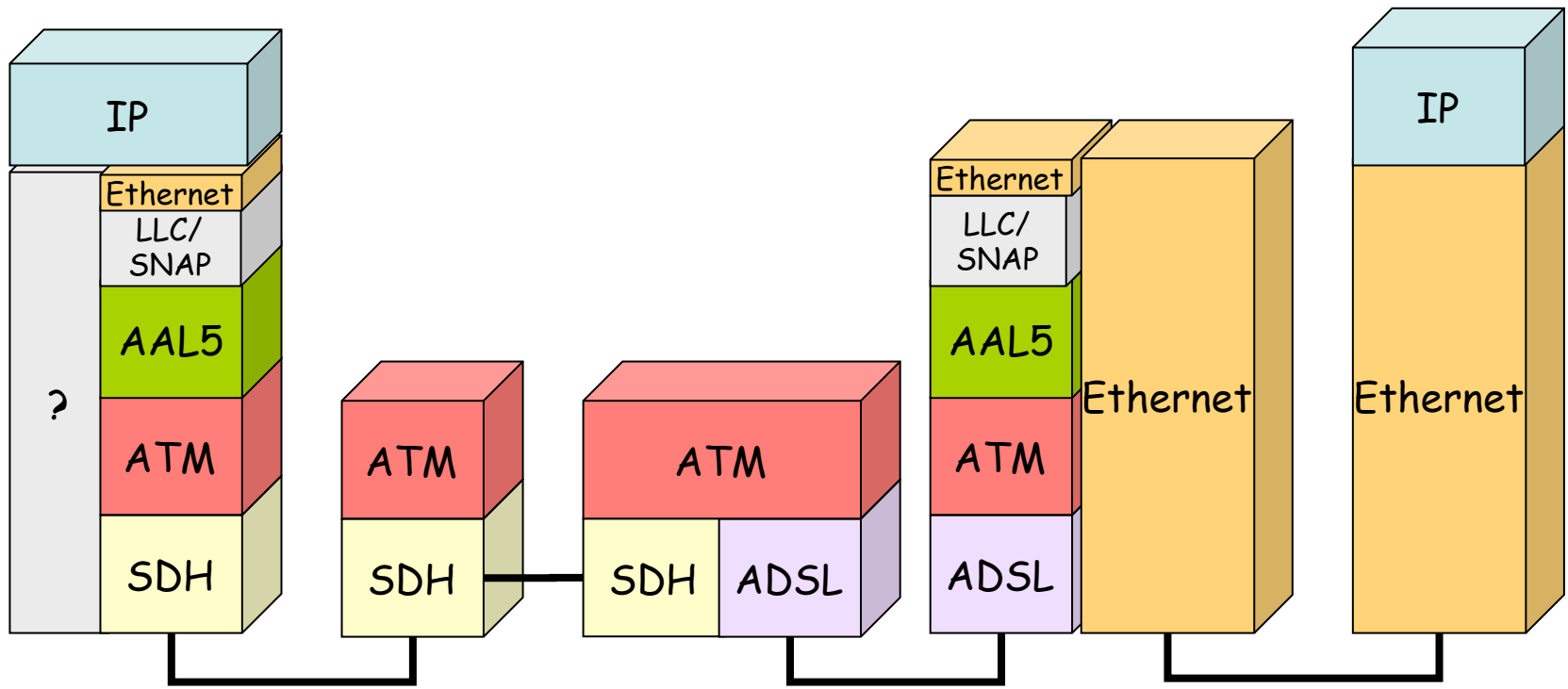
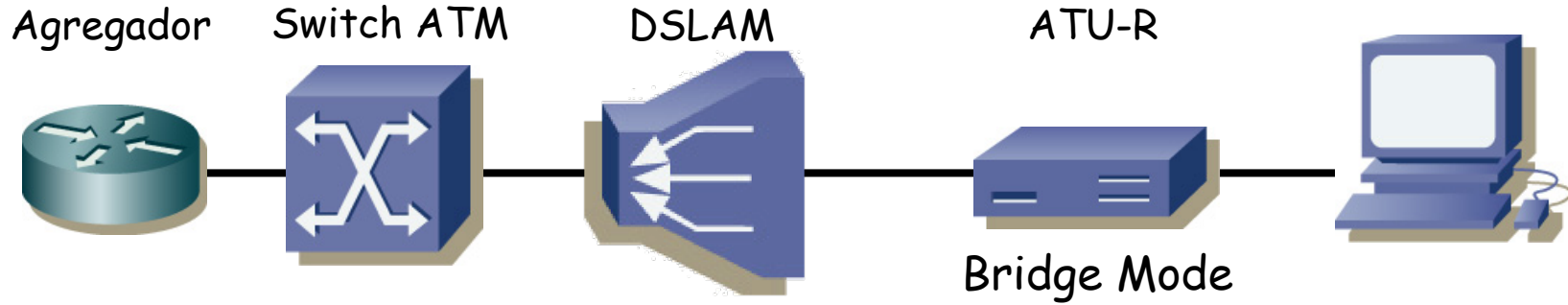
# Bridged Mode



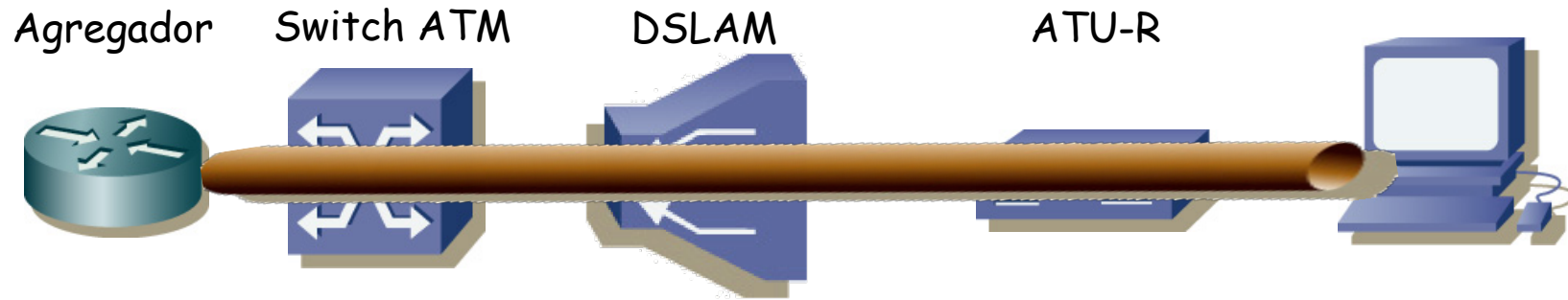
- Encapsulado RFC 2684 (*Bridged Ethernet*)
- ATU-R actúa como un puente
- Funciona con todos los ATU-R (simple)
- Varios PCs pueden compartir el PVC
- No incluye directamente forma de *accounting*
- El usuario no puede tener un servidor DHCP pues el ATU-R es un puente

# Bridged Mode

Fund. Tec. Y Proto. de Red  
 Área de Ingeniería Telemática



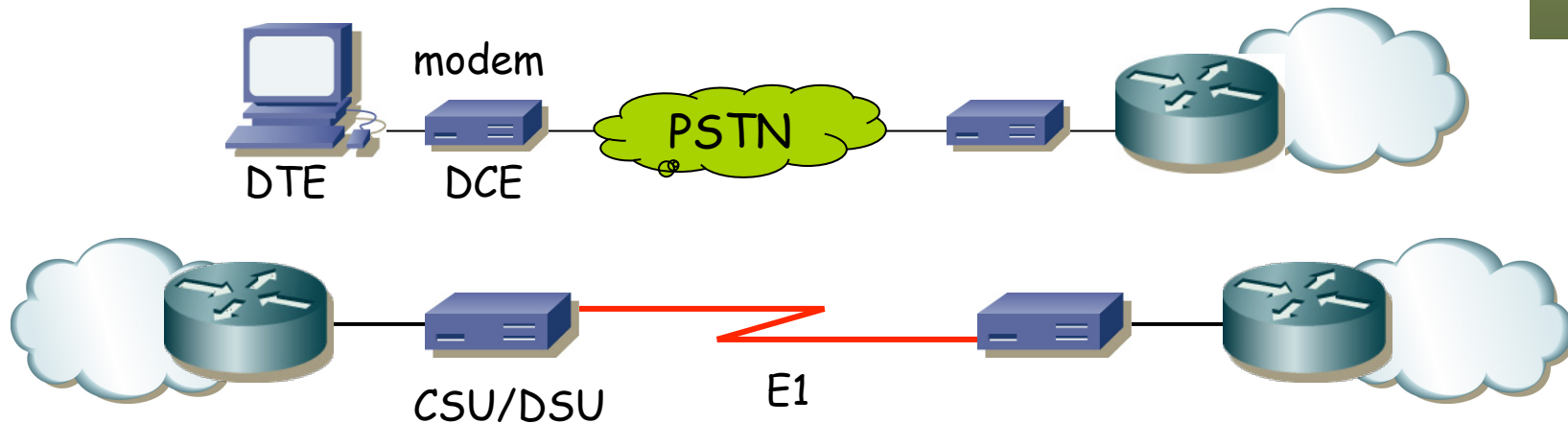
# Bridged Mode con PPPoE



- Crear una sesión PPP entre los dos extremos
- Sobre las tramas Ethernet puenteadas (RFC 2684)
- ¿ PPP ? (...)

# ¿ PPP ?

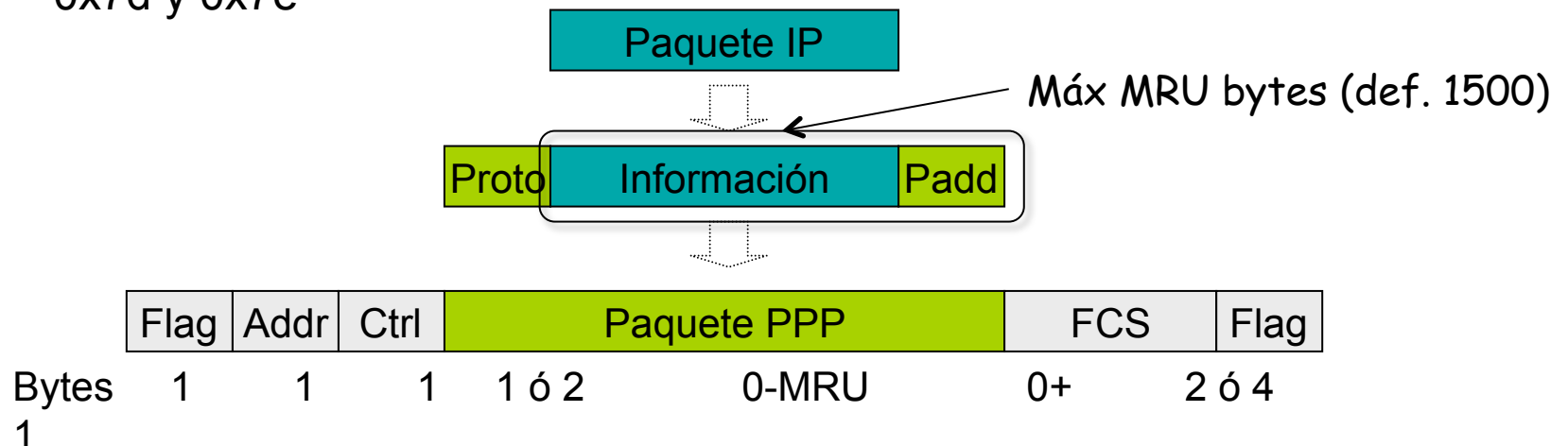
- *Point-to-Point Protocol* (RFC 1661)
- Creado para la conexión usuario-a-red
- Empleado también en red-a-red
- Ofrece:
  - Framing
  - Protocolo de control del enlace (LCP) para establecer, configurar y comprobar el enlace de datos
  - Protocolos de control específicos para cada protocolo de red (NCP)
- Se emplea sobre enlaces full-duplex que mantienen el orden



CSU/DSU = Channel Service Unit/Data Service Unit

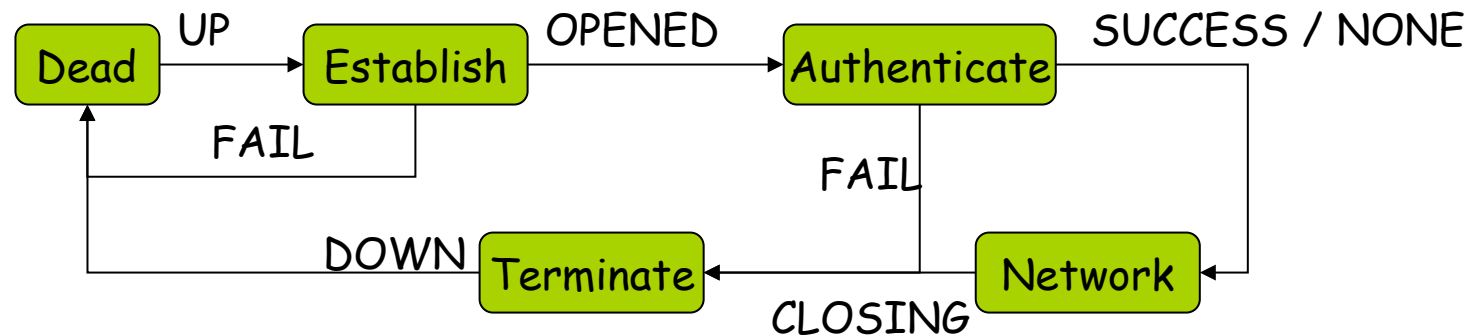
# PPP: encapsulación

- Puede transportar múltiples protocolos simultáneamente
- Marca el comienzo y final de cada trama
- Por defecto encapsulación HDLC (RFC 1662)
  - Flag (0x7e)
  - Address (solo 0xff = All-Stations)
  - Control (solo 0x03 = Unnumbered Information con bit Poll/Final a cero)
  - FCS (calculado desde el campo Address)
- Byte Stuffing
  - Carácter de escape = 0x7d
  - En la secuencia entre los Flags se escapan todos los caracteres 0x7d y 0x7e



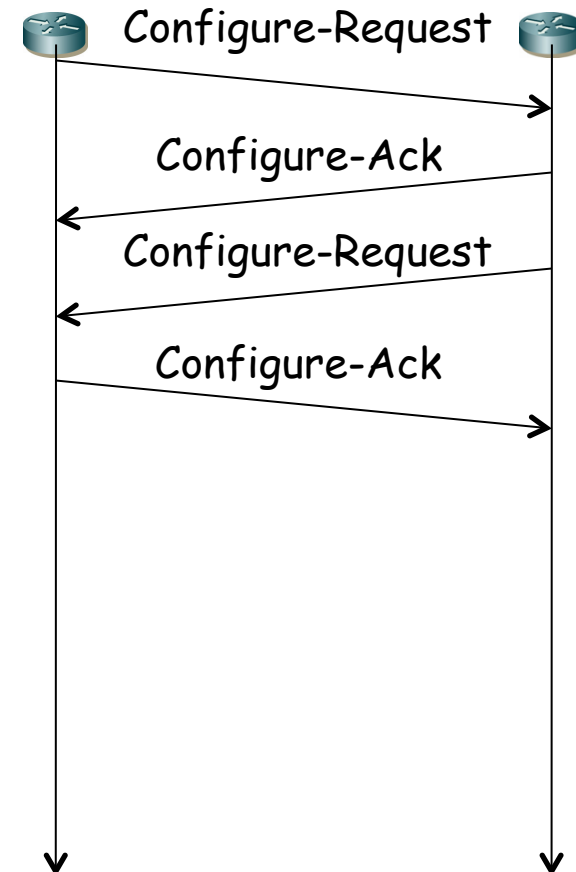
# PPP: LCP

- *Link Control Protocol*
- Permite que los extremos
  - Acuerden el formato de encapsulado
  - Terminen el enlace
  - Autenticación (opcional)
  - Determinar si el enlace funciona correctamente
  - Negocien opciones
- Fases:



# LCP : Link Establishment

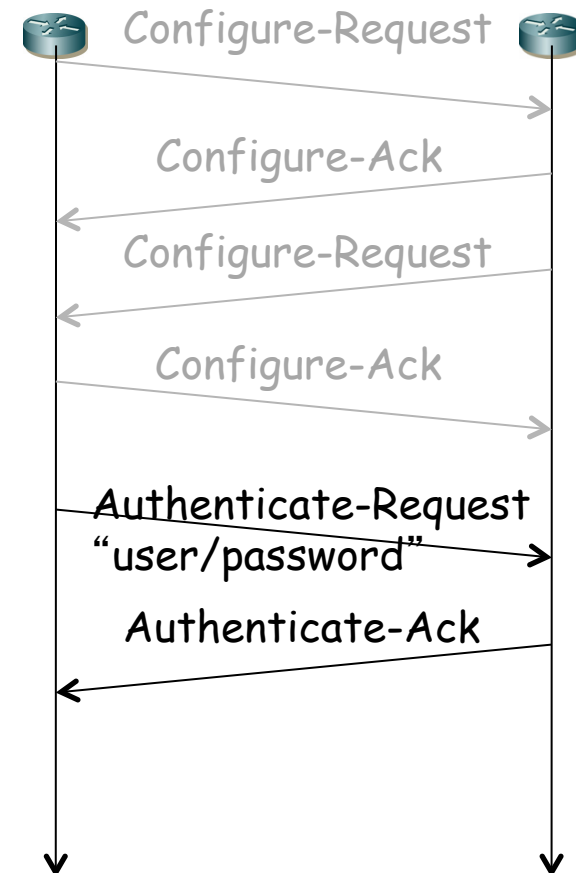
- Negociación y establecimiento del enlace
- Mensaje *Configure-Request* contiene opciones a negociar
- Respuesta es un *Configure-Ack* o un *Configure-Nack* (no se acepta algún valor de opción) o un *Configure-Reject* (no se conoce alguna opción)
- Cada extremo manda las opciones para su sentido de transmisión





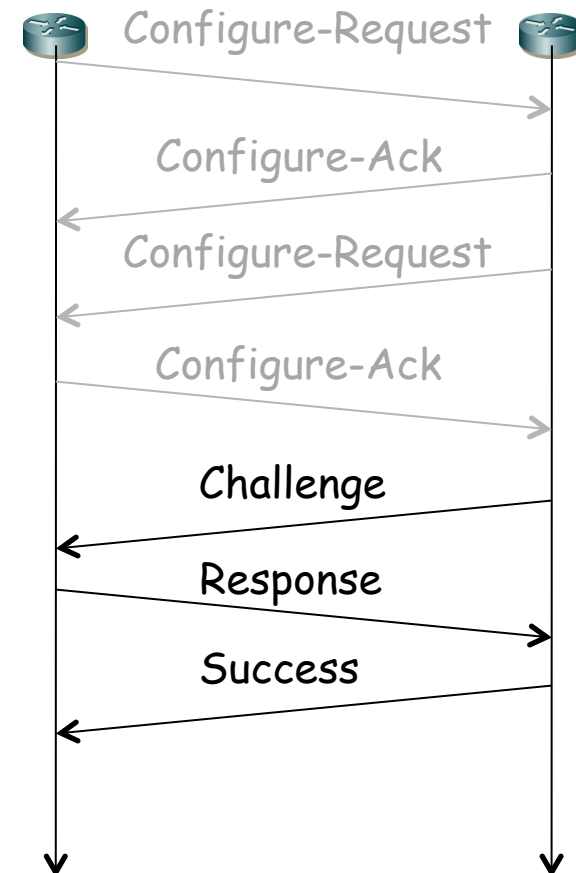
# LCP : Autenticación

- Opcional
- Solicitada mediante opción en el establecimiento
- Los protocolos básicos de autenticación son PAP y CHAP
- PAP = Password Authentication Protocol (RFC 1334)
- Extremo que debe autenticarse envía mensaje *Authenticate-Request* con usuario/password
- La respuesta es un *Authenticate-Ack* o un *Authenticate-Nack*
- Puede que ambos extremos hayan solicitado autenticación y haya un doble intercambio
- Ante éxito se pasa a la fase de “Network”
- En “Network” ya se pueden negociar los protocolos de nivel de red



# LCP : Autenticación

- CHAP = Challenge Handshake Authentication Protocol (RFC 1994)
- Nunca se envía la password
- Un extremo envía un *challenge*
- Se responde con el hash MD5 de la concatenación del desafío y la contraseña (el secreto)
- Su respuesta es de Éxito o Fracaso

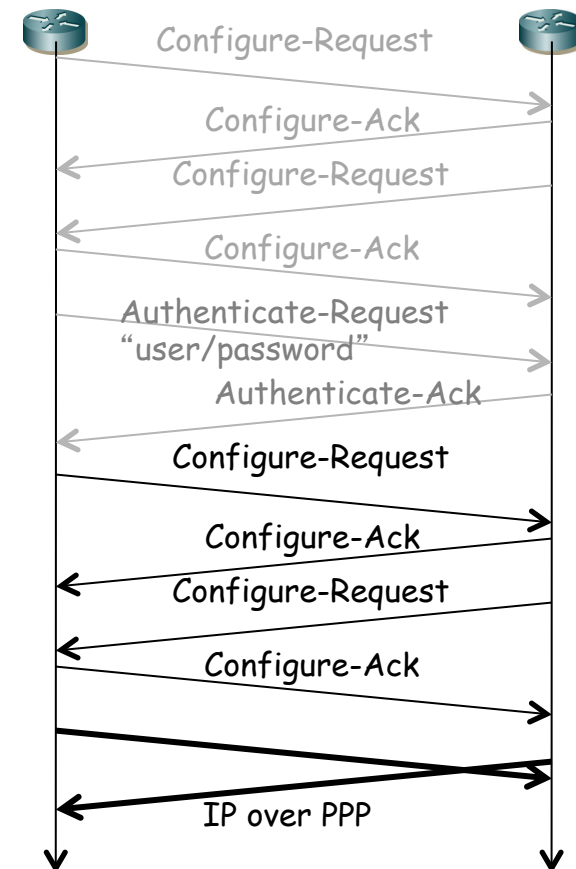


# LCP: Network

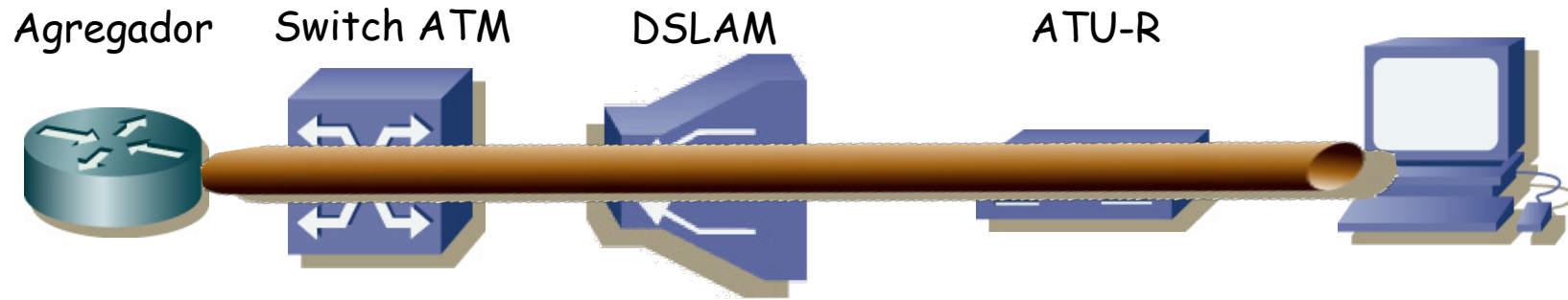
- Llegada esta fase pueden entrar en funcionamiento otros protocolos
- Si se ha negociado usar compresión empezará la negociación de CCP
  - Compression Control Protocol (RFC 1962)
  - Negocia el algoritmo de compresión y opciones
  - Si no llegan a un acuerdo los dos extremos no se usará compresión pero puede seguir funcionando el enlace
  - Pueden comprimirse varios paquetes de red en la misma trama PPP
  - Una vez completa la negociación las tramas PPP van marcadas en el campo protocolo como comprimidas, pero no indican con qué algoritmo
- El protocolo de nivel de red emplea un NCP (Network Control Protocol) para configurarse y activarse

# IPCP

- Internet Protocol Control Protocol (RFC 1332)
- El NCP para configurar, activar y desactivar el módulo IP en ambos extremos de un enlace punto a punto
- Mismo esquema de funcionamiento que LCP (*Configure-Request*, *Configure-Ack*)
- Hasta que no alcance el estado *Opened* no se pueden enviar paquetes IP
- Permite negociar parámetros de IP:
  - Compresión (habitualmente de cabeceras)
  - Direcciones IP

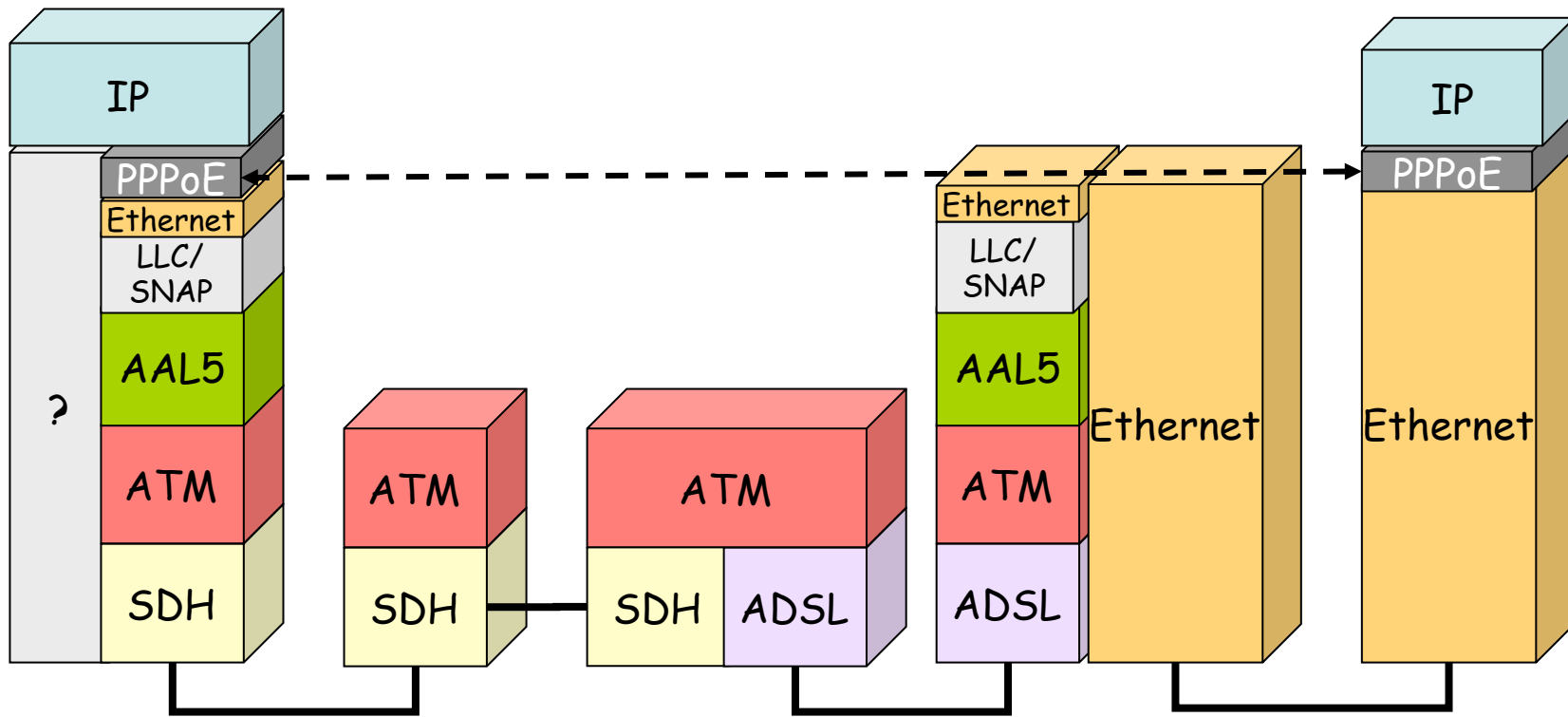
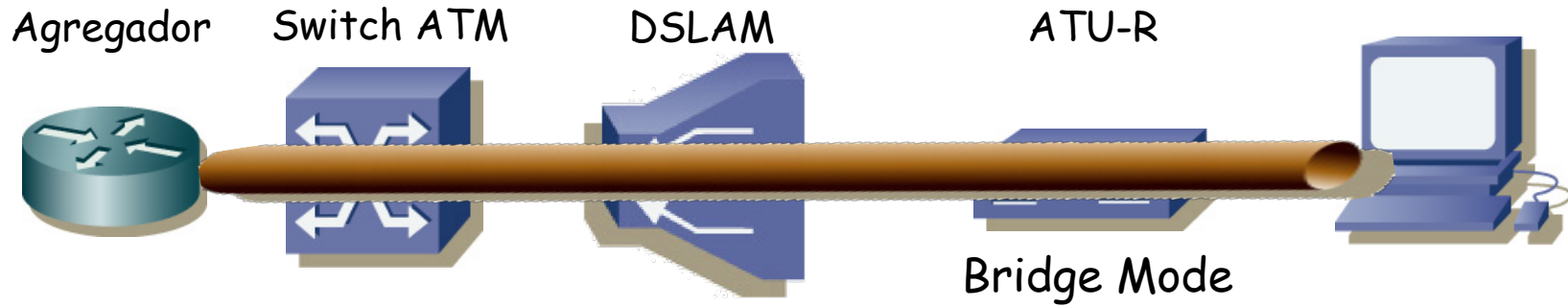


# Bridged Mode con PPPoE

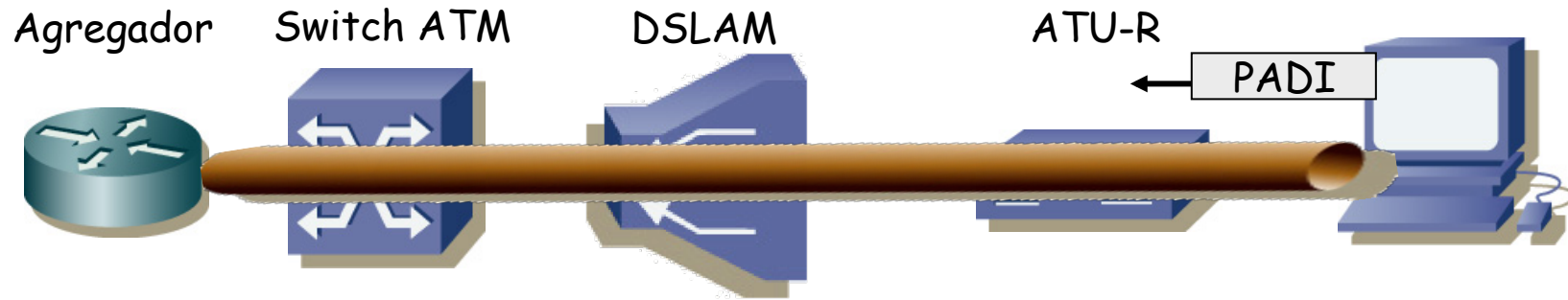


- Crear una sesión PPP entre los dos extremos
- Sobre las tramas Ethernet puenteadas (RFC 2684)
- ¿ PPP ? (...)
- PPP over Ethernet (RFC 2516)
- Permite autenticación y *accounting*
- Control del estado del enlace con LCP

# Bridged Mode con PPPoE



# Bridged Mode con PPPoE



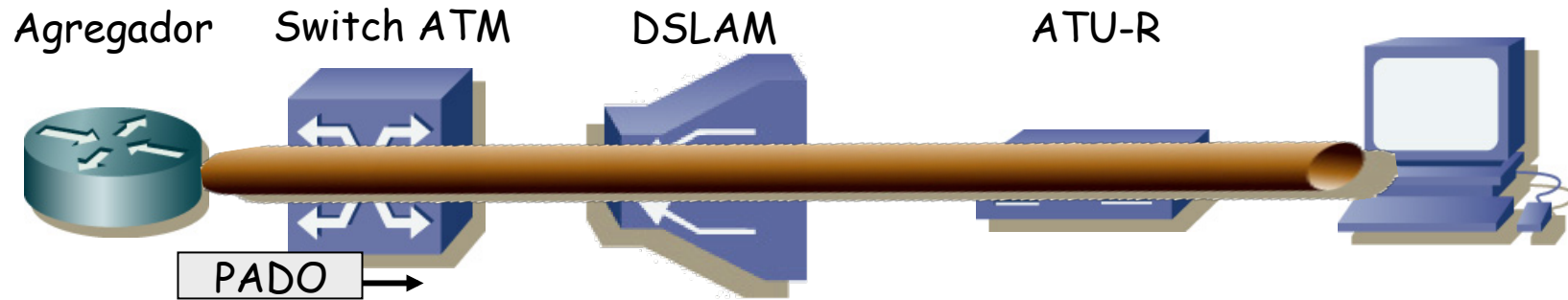
## Sesión PPPoE

**Discovery Stage:** Encontrar al otro extremo para la sesión

1. Host envía un *PPPoE Active Discovery Initiation (PADI) packet*  
Destino *Broadcast Ethernet*

**Discovery Stage:** Encontrar al otro extremo para la sesión PPP

# Bridged Mode con PPPoE



## Sesión PPPoE

**Discovery Stage:** Encontrar al otro extremo para la sesión

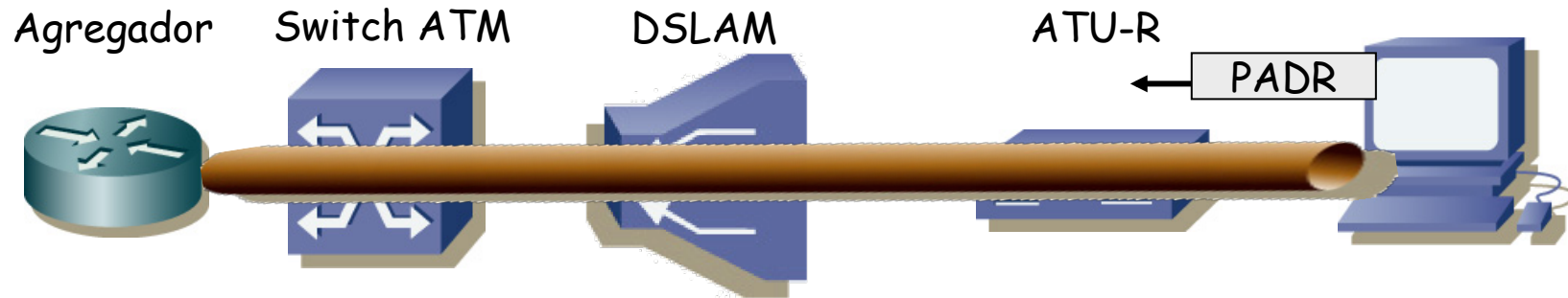
1. Host envía un *PPPoE Active Discovery Initiation (PADI) packet*
2. Servidor envía un *PPPoE Active Discovery Offer (PADO) packet*

Destino *Unicast* al host

Host puede recibir varios PADOs de diferentes servidores



# Bridged Mode con PPPoE

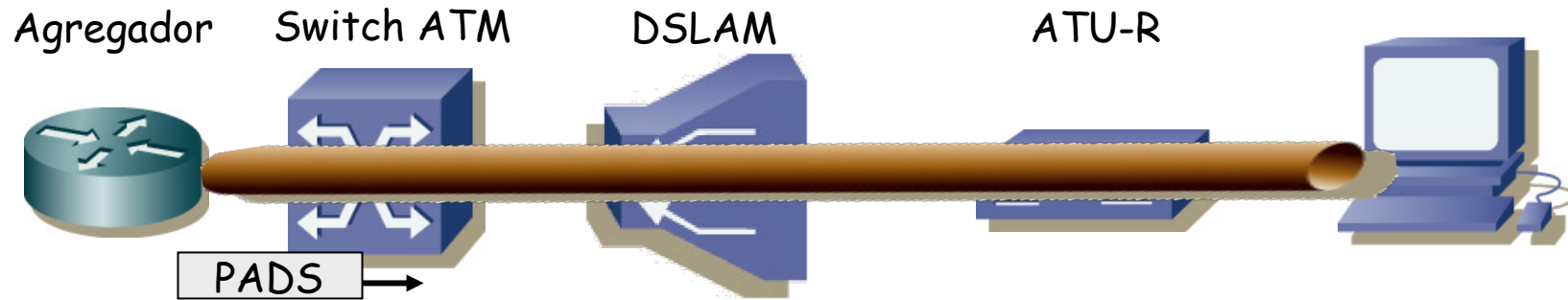


## Sesión PPPoE

**Discovery Stage:** Encontrar al otro extremo para la sesión

1. Host envía un *PPPoE Active Discovery Initiation (PADI) packet*
2. Servidor envía un *PPPoE Active Discovery Offer (PADO) packet*
3. Host envía un *PPPoE Active Discovery Request (PADR) packet*  
Unicast al servidor seleccionado

# Bridged Mode con PPPoE



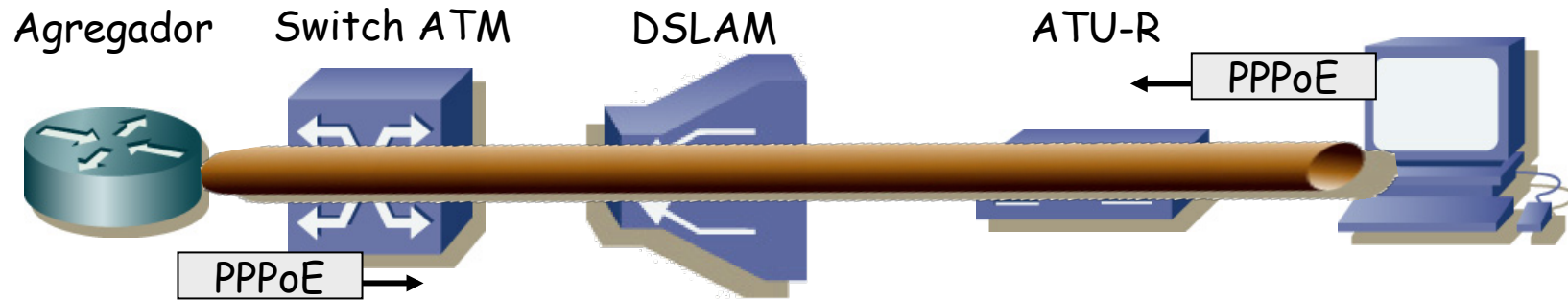
## Sesión PPPoE

**Discovery Stage:** Encontrar al otro extremo para la sesión

1. Host envía un *PPPoE Active Discovery Initiation (PADI) packet*
2. Servidor envía un *PPPoE Active Discovery Offer (PADO) packet*
3. Host envía un *PPPoE Active Discovery Request (PADR) packet*
4. Servidor envía un *PPPoE Active Discovery Session-confirmation (PADS) packet*

Incluye un identificador para la sesión (SESSION\_ID)

# Bridged Mode con PPPoE



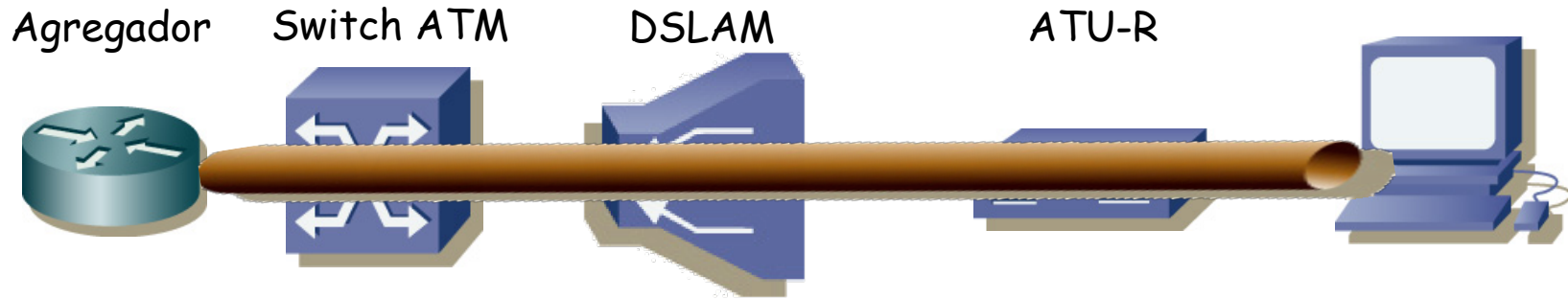
## Sesión PPPoE

**Discovery Stage:** Encontrar al otro extremo para la sesión

**PPP Session Stage:** Tráfico PPP

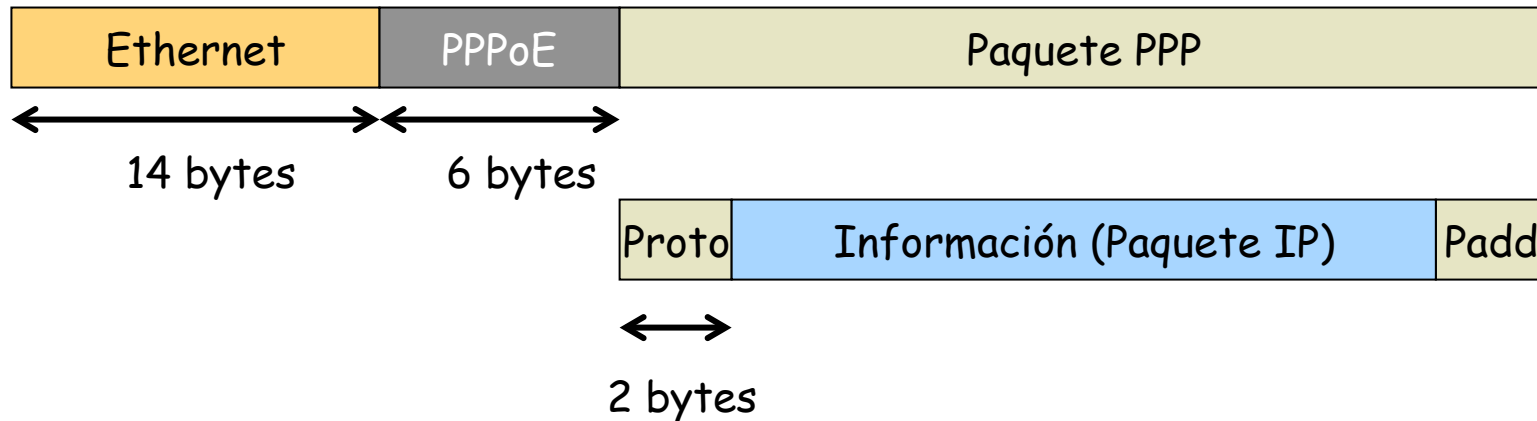
- Tramas Ethernet *unicast* entre los dos extremos
- Dentro PPPoE
- Dentro PPP (desde el campo *Protocol-ID*)
- Dentro IP
- MTU máxima de 1492 bytes (+6 PPPoE +2 PPP = 1500)

# Bridged Mode con PPPoE

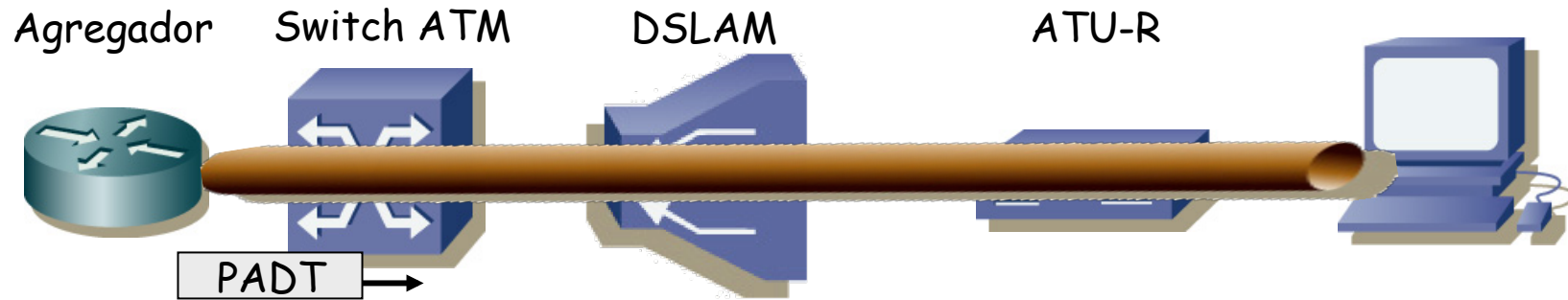


## Formato:

- Ethertype 0x8863 (Discovery Stage) o 0x8864 (PPP Session Stage)
- Ejemplo en la *PPP Session Stage*:



# Bridged Mode con PPPoE



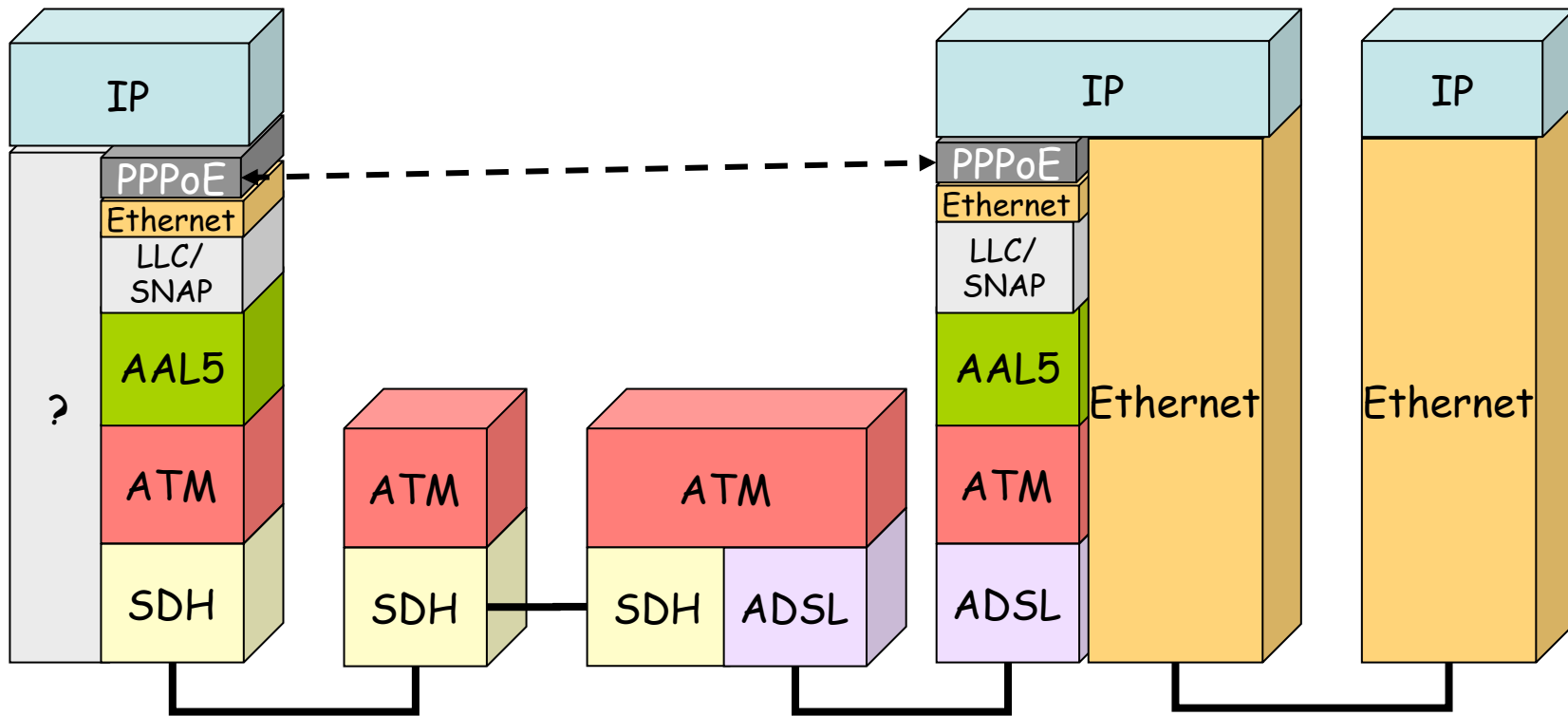
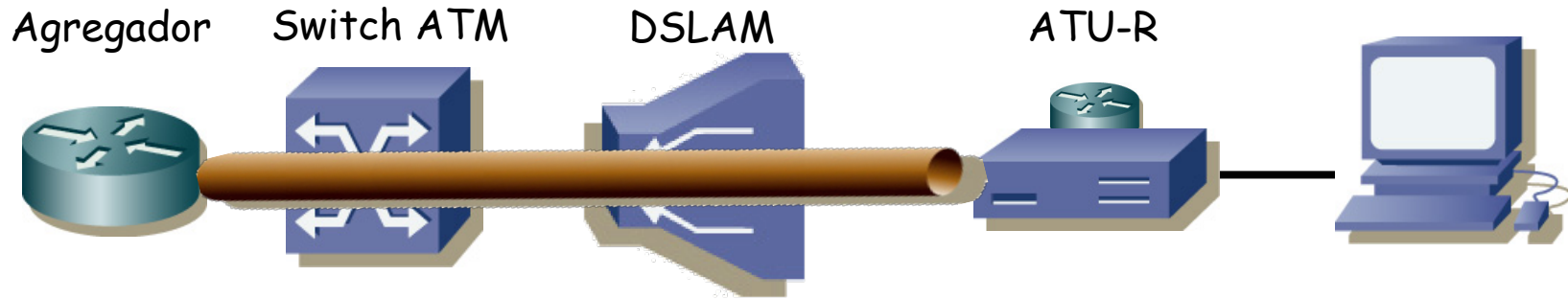
## Sesión PPPoE

**Discovery Stage:** Encontrar al otro extremo para la sesión

**PPP Session Stage:** Tráfico PPP

**Terminar sesión:** Un extremo envía un *PPPoE Active Discovery Terminate (PADT) packet*

# PPPoE desde el ATU-R



# Ejemplo de configuración

**Internet Connection Configuration**

Connections : [ADSL](#) : [MAC Spoofing](#)

**Internet Connection Configuration**

Choose Add to add a Internet connection. Click Delete to delete an existing Internet connection.

PVC Name	VPI/VCI	Category	Protocol	NAT	WAN IP Address	Edit	Delete
ppp-0 <a href="#">Disconnect</a> »	8/32	UBR	PPPoE LlcBridged	On	83.32.164.172		
ppp-1 <a href="#">Connect</a> »	8/36	UBR	PPPoE LlcBridged	On	Not Assigned		


[Add >](#)

# Ejemplo de configuración

## Internet Connection Configuration

### Configure ATM PVC

Please enter VPI and VCI numbers for the Internet connection which is provided by your ISP.

VPI:  (0-255)  
VCI:  (32-65535)  
Service Category:    
Peak Cell Rate:  cell/s(1-7100)  
Sustainable Cell Rate:  cell/s(1-7099)  
Maximum Burst Size:  cells(1-1000000)

Next >

Cancel



# Ejemplo configuración CPE

## Internet Connection Configuration

### Configure Connection Type

Select the encapsulation type with the ATM PVC that your ISP has instructed you to use.

Encapsulation Type:

LLC/SNAP ▾

Encapsulation Mode:

Bridged ▾

Next >

Cancel

### Configure Broadband User Name and Password

To use your Broadband service, please verify your Broadband user name and password.

Broadband User Name:

adslppp@telefonicanetpa

Password:

\*\*\*\*\*

Confirm Password:

\*\*\*\*\*

Session established by:

Always On

Dial on Demand

Consider Lanside Traffic Only

Disconnect if no activity for 0 minutes

Manually Connect

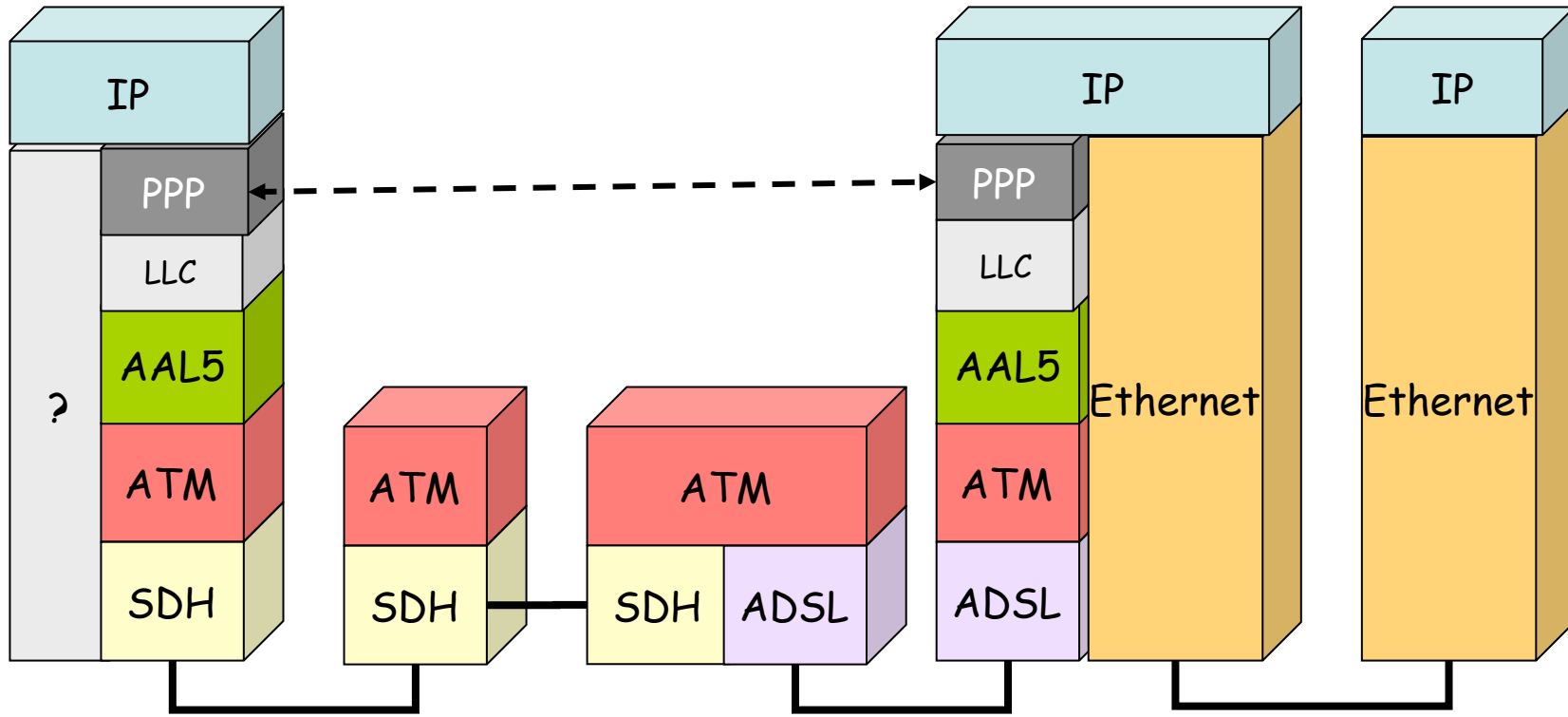
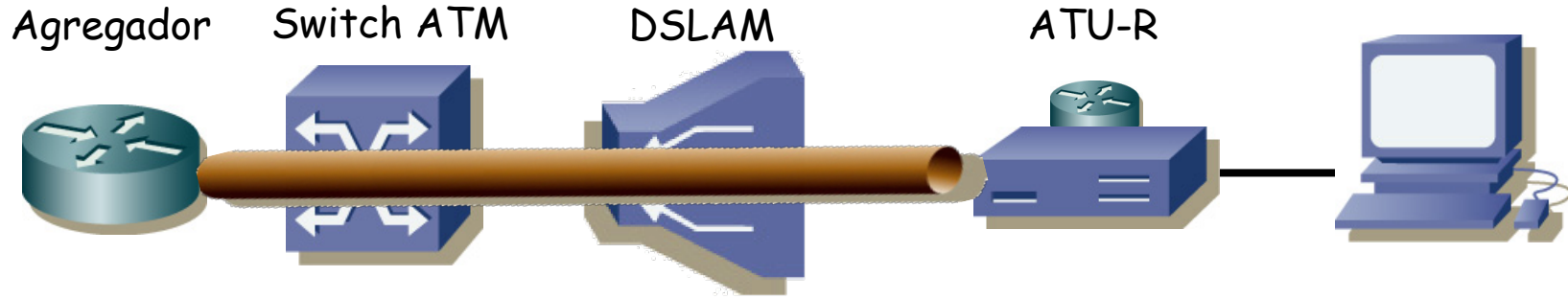
Consider Lanside Traffic Only

Disconnect if no activity for 0 minutes

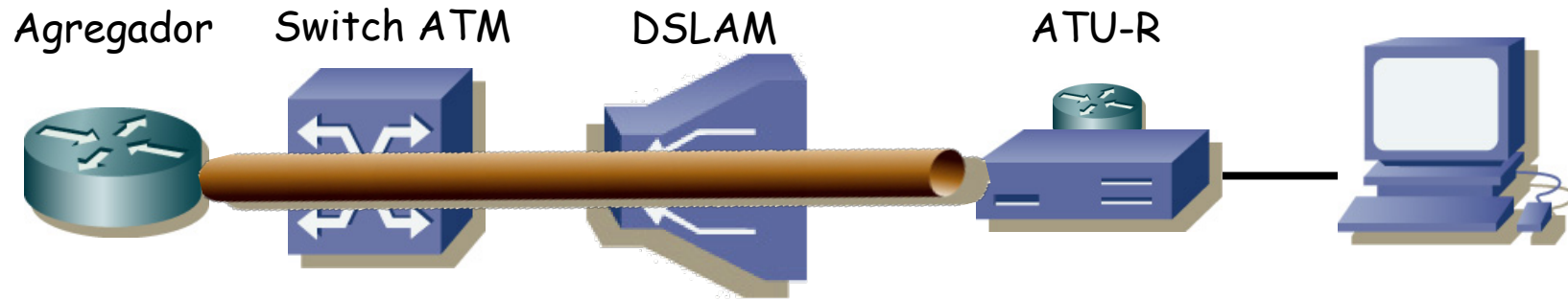
Next >

Cancel

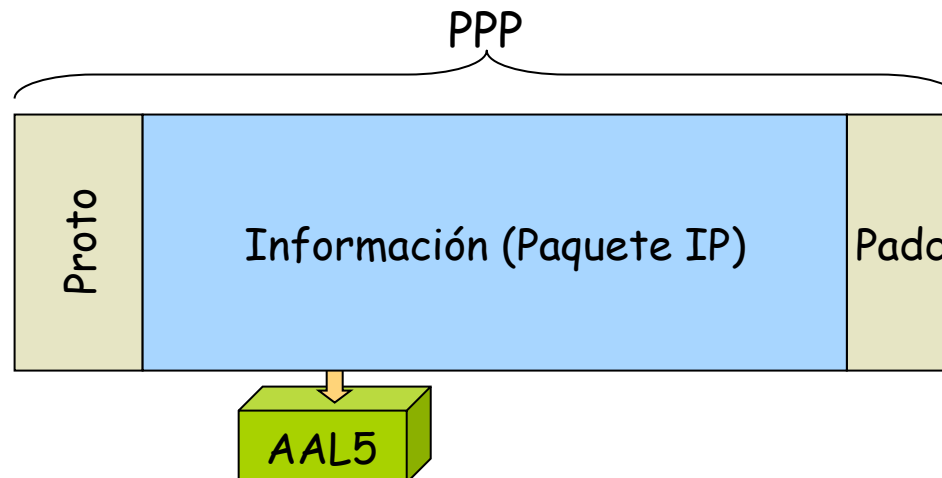
# PPPoA



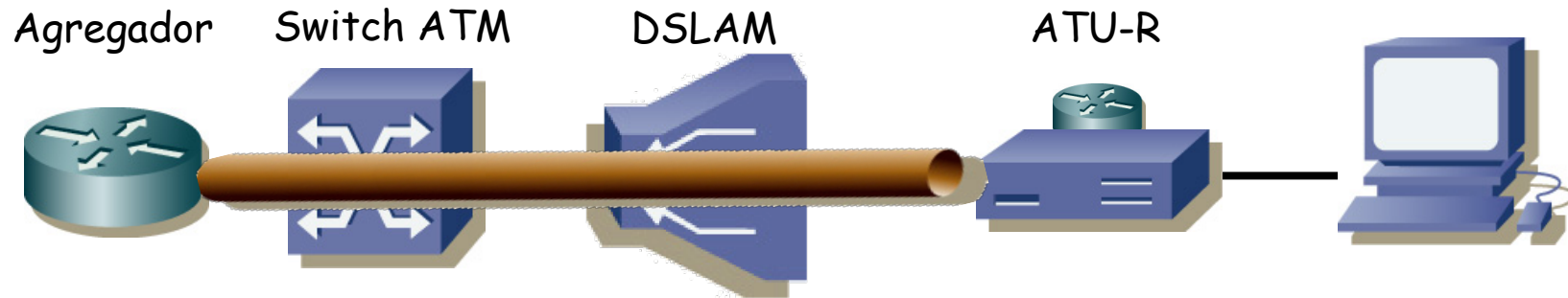
# PPPoA



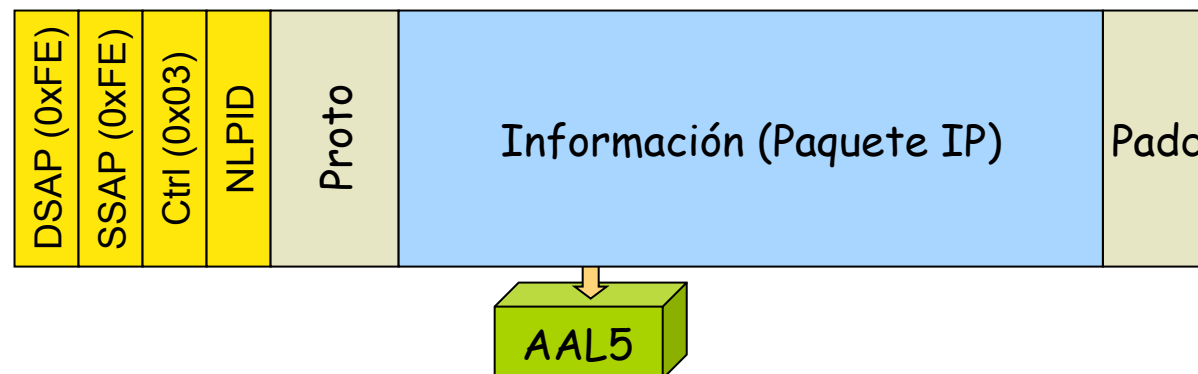
- PPP over AAL5 (RFC 2364)
- Análogo a RFC 2684 (*Multiprotocol Encapsulation over ATM Adaptation Layer 5*)
- Dos modos posibles:
  - *VC Multiplexing*



# PPPoA



- PPP over AAL5 (RFC 2364)
- Análogo a RFC 2684 (*Multiprotocol Encapsulation over ATM Adaptation Layer 5*)
- Dos modos posibles:
  - *LLC Encapsulated PPP Over AAL5*
    - ISO NLPID (Network Layer Protocol ID) 0xCF para PPP



# Resumen

- Solución multiportadora con reparto de carga entre ellas
- Corrección de errores más robusta implica mayor retardo
- Ethernet extremo a extremo, habitualmente con PPPoE
- O directamente PPP sobre ATM extremo a extremo
- En ambos casos, DSLAM ATM