

Unión Internacional de Telecomunicaciones

# UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN  
DE LAS TELECOMUNICACIONES  
DE LA UIT

# J.212

(11/2006)

SERIE J: REDES DE CABLE Y TRANSMISIÓN DE  
PROGRAMAS RADIOFÓNICOS Y TELEVISIVOS,  
Y DE OTRAS SEÑALES MULTIMEDIA

Sistemas interactivos para distribución de televisión digital

---

**Interfaz externa de capa física en sentido  
descendente para sistemas modulares de  
terminación de módem de cable**

Recomendación UIT-T J.212

UIT-T





## **Recomendación UIT-T J.212**

### **Interfaz externa de capa física en sentido descendente para sistemas modulares de terminación de módem de cable**

#### **Resumen**

En esta Recomendación se definen una interfaz denominada la interfaz externa PHY en sentido descendente (DEPI) y los requisitos de protocolo correspondientes, para el transporte en sentido descendente (hacia el usuario) de información de usuario entre el "M-CMTS principal" y el EQAM. Se describen las características de la interfaz DEPI, se proporcionan los requisitos que deben ser acatados por el M-CMTS principal y por el EQAM, e igualmente se describen diversos aspectos de índole técnica que forman parte de la implementación y puesta en marcha de un sistema DOCSIS con la arquitectura M-CMTS.

#### **Orígenes**

La Recomendación UIT-T J.212 fue aprobada el 29 de noviembre de 2006 por la Comisión de Estudio 9 (2005-2008) del UIT-T por el procedimiento de la Recomendación UIT-T A.8.

## PREFACIO

La UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) es el organismo especializado de las Naciones Unidas en el campo de las telecomunicaciones. El UIT-T (Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT) es un órgano permanente de la UIT. Este órgano estudia los aspectos técnicos, de explotación y tarifarios y publica Recomendaciones sobre los mismos, con miras a la normalización de las telecomunicaciones en el plano mundial.

La Asamblea Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (AMNT), que se celebra cada cuatro años, establece los temas que han de estudiar las Comisiones de Estudio del UIT-T, que a su vez producen Recomendaciones sobre dichos temas.

La aprobación de Recomendaciones por los Miembros del UIT-T es el objeto del procedimiento establecido en la Resolución 1 de la AMNT.

En ciertos sectores de la tecnología de la información que corresponden a la esfera de competencia del UIT-T, se preparan las normas necesarias en colaboración con la ISO y la CEI.

## NOTA

En esta Recomendación, la expresión "Administración" se utiliza para designar, en forma abreviada, tanto una administración de telecomunicaciones como una empresa de explotación reconocida de telecomunicaciones.

La observancia de esta Recomendación es voluntaria. Ahora bien, la Recomendación puede contener ciertas disposiciones obligatorias (para asegurar, por ejemplo, la aplicabilidad o la interoperabilidad), por lo que la observancia se consigue con el cumplimiento exacto y puntual de todas las disposiciones obligatorias. La obligatoriedad de un elemento preceptivo o requisito se expresa mediante las frases "tener que, haber de, hay que + infinitivo" o el verbo principal en tiempo futuro simple de mandato, en modo afirmativo o negativo. El hecho de que se utilice esta formulación no entraña que la observancia se imponga a ninguna de las partes.

## PROPIEDAD INTELECTUAL

La UIT señala a la atención la posibilidad de que la utilización o aplicación de la presente Recomendación suponga el empleo de un derecho de propiedad intelectual reivindicado. La UIT no adopta ninguna posición en cuanto a la demostración, validez o aplicabilidad de los derechos de propiedad intelectual reivindicados, ya sea por los miembros de la UIT o por terceros ajenos al proceso de elaboración de Recomendaciones.

En la fecha de aprobación de la presente Recomendación, la UIT no ha recibido notificación de propiedad intelectual, protegida por patente, que puede ser necesaria para aplicar esta Recomendación. Sin embargo, debe señalarse a los usuarios que puede que esta información no se encuentre totalmente actualizada al respecto, por lo que se les insta encarecidamente a consultar la base de datos sobre patentes de la TSB en la dirección <http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>.

© UIT 2007

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse por ningún procedimiento sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

## ÍNDICE

	<b>Página</b>
1 Alcance .....	1
2 Referencias .....	2
2.1 Referencias normativas .....	2
2.2 Referencias informativas .....	3
2.3 Fuentes de las referencias .....	3
3 Términos y definiciones .....	3
4 Abreviaturas, siglas o acrónimos .....	6
4.1 Siglas y acrónimos .....	6
4.2 Convenios .....	9
5 Descripción Técnica .....	10
5.1 Arquitectura del sistema .....	10
5.2 Modelo de servicios reunidos .....	14
5.3 Modelo de varios servicios .....	14
6 Arquitectura DEPI .....	15
6.1 Trayecto de datos DEPI .....	15
6.2 Aspectos relativos a la red .....	20
6.3 Aspectos de temporización del sistema .....	22
7 Plano de control DEPI .....	22
7.1 Topología .....	22
7.2 Direccionamiento .....	23
7.3 Formato de mensaje de control .....	24
7.4 Señalización .....	29
7.5 Definiciones AVP .....	35
8 Plano de reenvío DEPI .....	49
8.1 Formato de paquete de transporte L2TPv3 .....	49
8.2 Modo MPT DOCSIS .....	52
8.3 Modo PSP .....	53
8.4 Encabezamiento de subcapa de medición de latencia DEPI .....	54
8.5 Velocidad de salida del M-CMTS .....	56
Anexo A – MTU DEPI .....	57
A.1 Tamaño de cabida útil de capa inferior L2TPv3 .....	57
A.2 Tamaño máximo de trama para la DEPI .....	57
A.3 Descubrimiento de la MTU de trayecto .....	57
Anexo B – Parámetros y constantes .....	59

	<b>Página</b>
Apéndice I – Calidad de funcionamiento del sistema DEPI y DOCSIS.....	60
I.1    Introducción.....	60
I.2    Tiempo de ida y vuelta y calidad de funcionamiento.....	60
I.3    Elementos que componen el tiempo de ida y vuelta .....	60
I.4    Características de la CIN .....	63
I.5    Retardos de puesta en cola en los elementos de red.....	64
I.6    Prioridad de tráfico y retardos de red .....	64
I.7    Persistencia de colas en flujos DEPI .....	65
I.8    Modo PSP .....	67
Apéndice II – Utilización en el pasado de los dispositivos EQAM y su evolución .....	68
II.1    Desarrollo de los EQAM: Categoría A (sin DTI) .....	68
II.2    Desarrollo de los EQAM: Categoría B (con DTI).....	68
II.3    Fases probables del desarrollo de las características M-CMTS .....	69
II.4    Capa UDP facultativa .....	70

## Recomendación UIT-T J.212

### Interfaz externa de capa física en sentido descendente para sistemas modulares de terminación de módem de cable

#### 1 Alcance

Esta Recomendación forma parte de la familia de especificaciones DOCSIS<sup>®</sup> que definen una arquitectura de sistemas modulares de terminación de módem de cable (M-CMTS<sup>™</sup>) para componentes de extremo de cabecera conformes a DOCSIS.

En las Recomendaciones DOCSIS [J.122] se definen los requisitos que han de cumplir los dos componentes fundamentales que conforman un sistema de transmisión de datos por cable a alta velocidad, a saber el módem de cable (CM, *cable modem*) y el sistema de terminación de módem de cable (CMTS, *cable modem termination system*). La arquitectura M-CMTS se diseñó como una extensión de las Recomendaciones DOCSIS que permite que ciertas funciones CMTS sean más flexibles y se puedan utilizar independientemente a distintas escalas, y que los operadores puedan utilizar más eficazmente los recursos de red.

Una de las características clave de la arquitectura M-CMTS es la separación de la modulación QAM en la capa física en sentido descendente (hacia el usuario) de las funciones de conversión elevación del CMTS, y la puesta de dicha funcionalidad en un dispositivo "QAM de borde" (EQAM, *edge-QAM*). De esta manera, es posible el desarrollo de productos EQAM que soporten tanto el vídeo como el DOCSIS, con lo cual los operadores podrán emplear los mismos recursos de red para prestar varios tipos de servicios, como el de datos, el de voz y el de vídeo.

En esta Recomendación se definen una interfaz denominada la interfaz PHY externa en sentido descendente (DEPI, *downstream external PHY interface*) y los requisitos de protocolo correspondientes, para el transporte en sentido descendente (hacia el usuario) de información de usuario entre el "M-CMTS principal" y el EQAM. Se describen las características de la interfaz DEPI, se proporcionan los requisitos que deben ser acatados por el M-CMTS principal y por el EQAM, e igualmente se describen diversos aspectos de índole técnica que forman parte de la implementación y puesta en marcha de un sistema DOCSIS con la arquitectura M-CMTS.

En la arquitectura M-CMTS se dispone de dos posibles frecuencias de reloj regente (o maestro). En la primera, un reloj regente a 10,24 MHz se utiliza en América, en Europa y en otras regiones. La segunda, cuya frecuencia es 9,216 MHz, se emplea en Japón. La conformidad con esta Recomendación implica la conformidad con una de estas dos implementaciones, aunque no con ambas. No se exige que los equipos construidos para funcionar con una de esas dos opciones interfaccionen con los construidos para la otra.

A continuación, se enumeran los documentos de la familia de Recomendaciones sobre la interfaz CMTS modular.

Designación	Título
J.212	Interfaz PHY externa en sentido descendente
J.211	Interfaz de temporización DOCSIS
CM-SP-ERMI	Edge Resource Manager Interface, CM-SP-ERMI-I02-051209, 9 de diciembre de 2005, Cable Television Laboratories, Inc.
CM-SP-M-OSSI	M-CMTS Operations Support Interface, CM-SP-M-OSSI-I02-051209, 9 de diciembre de 2005, Cable Television Laboratories, Inc.

## 2 Referencias

### 2.1 Referencias normativas

Las siguientes Recomendaciones del UIT-T y otras referencias contienen disposiciones que, mediante su referencia en este texto, constituyen disposiciones de la presente Recomendación. Al efectuar esta publicación, estaban en vigor las ediciones indicadas. Todas las Recomendaciones y otras referencias son objeto de revisiones por lo que se preconiza que los usuarios de esta Recomendación investiguen la posibilidad de aplicar las ediciones más recientes de las Recomendaciones y otras referencias citadas a continuación. Se publica periódicamente una lista de las Recomendaciones UIT-T actualmente vigentes. En esta Recomendación, la referencia a un documento, en tanto que autónomo, no le otorga el rango de una Recomendación.

- [H.222.0] Recomendación UIT-T H.222.0 (2006) | ISO/CEI 1318-1:2007, *Tecnología de la información – Codificación genérica de imágenes en movimiento e información de audio asociada: Sistemas.*
- [J.83] Recomendación UIT-T J.83 (1997), *Sistemas digitales multiprogramas para servicios de televisión, sonido y datos de distribución por cable.*
- [J.122] Recomendación UIT-T J.122 (2002), *Sistemas de transmisión de segunda generación para los servicios interactivos de televisión por cable – Módems de cable para protocolo Internet.*
- [J.210] Recomendación UIT-T J.210 (2006), *Interfaz de radiofrecuencia hacia el destino en sistemas de terminación de módem de cable.*
- [J.211] Recomendación UIT-T J.211 (2006), *Interfaz de sincronización en sistemas de terminación de módem de cable.*
- [IANA-PORTS] IANA (2004), *Port Numbers.*
- [IEEE-802.1Q] IEEE Std 802.1Q-2005, *IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks – Virtual Bridged Local Area Networks.*
- [IEEE-802.3] IEEE Std 802.3-2005, *IEEE Standard for information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 3: Carrier Sense Multiple Access With Collision Detection (CSMA/CD) Access Method And Physical Layer Specification.*
- [RFC-IP] IETF RFC 791 (1981), *Internet Protocol – DARPA Internet Program – Protocol specification.*
- [RFC-L2TP-DSCP] IETF RFC 3308 (2002), *Layer Two Tunnelling Protocol (L2TP) Differentiated Services Extension.*
- [RFC-L2TPv3] IETF RFC 3931 (2005), *Layer Two Tunnelling Protocol – Version 3 (L2TPv3).*
- [RFC-MTU] IETF RFC 1191 (1990), *Path MTU Discovery.*
- [RFC-PHBID-AF] IETF RFC 2597 (1999), *Assured Forwarding PHB Group.*
- [RFC-PHBID-EF] IETF RFC 3246 (2002), *An Expedited Forwarding PHB (Per-Hop Behaviour).*
- [RFC-UDP] IETF RFC 768 (1980), *User Datagram Protocol.*

## 2.2 Referencias informativas

- [DVB-RF] ETSI EN 300 429 V1.2.1 (1998), *Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for cable systems*.
- [ERMI] *Edge Resource Manager Interface*, CM-SP-ERMI-I02-051209, 9 de diciembre de 2005, Cable Television Laboratories, Inc.
- [ISO 8802-2] ISO/IEC 8802-2:1998 (IEEE Std 802.2:1994) – *Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 2: Logical link control*.
- [MOSSI] *DOCSIS M-CMTS Operations Support Interface*, CM-SP-M-OSSI-I02-051209, 9 December 2005, Cable Television Laboratories, Inc.
- [RFC-DSCP-1] IETF RFC 2983 (2000), *Differentiated Services and Tunnels*.
- [RFC-DSCP-2] IETF RFC 3260 (2002), *New Terminology and Clarifications for DiffServ*.
- [VCCV] IETF draft-ietf-pwe3-vccv-12.txt, *Pseudo Wire Virtual Circuit Connectivity Verification (VCCV)*, enero de 2007.

## 2.3 Fuentes de las referencias

- Cable Television Laboratories, Inc., Internet: <http://www.cablelabs.com/>;  
<http://www.cablemodem.com/specifications/>
- The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc, Internet: <http://standards.ieee.org>
- Internet Engineering Task Force (IETF), Internet: <http://www.ietf.org>
- Internet Assigned Numbers Authority, IANA, Internet: <http://www.iana.org>
- European Telecommunications Standards Institute, ETSI, <http://www.etsi.org>

## 3 Términos y definiciones

En esta Recomendación se definen los términos siguientes.

**3.1 canales unidos:** Canal lógico que contiene varios canales.

**3.2 módem de cable (CM, *cable modem*):** Modulador-demodulador en las instalaciones del abonado para uso en comunicaciones de datos en un sistema de televisión por cable.

**3.3 red interconectada con convergencia:** Red (suele tratarse de la Ethernet gigabits) que conecta un M-CMTS principal a un EQAM.

**3.4 equipo en las instalaciones del cliente (CPE, *customer premises equipment*):** El equipo en las instalaciones del usuario de extremo; puede ser proporcionado por el usuario de extremo o por el proveedor de servicio.

**3.5 velocidad de datos:** Caudal, datos transmitidos por unidad de tiempo, que se expresa por lo general en bits por segundo (bit/s).

**3.6 decibelios (dB):** Cociente entre dos niveles de potencia, expresado matemáticamente como  $\text{dB} = 10\log_{10}(P_{\text{OUT}}/P_{\text{IN}})$ .

**3.7 decibelio-milivoltio (dBmV):** Unidad de potencia RF expresada en decibelios por 1 milivoltio, donde  $\text{dBmV} = 20\log_{10}(\text{valor en mV}/1 \text{ mV})$ .

**3.8 sentido descendente; sentido hacia el usuario; sentido de ida (DS, *downstream*):**

- 1) Transmisiones del CMTS al CM, incluida la transmisión del M-CMTS principal al EQAM, así como transmisiones RF del EQAM al CM.
- 2) Espectro de RF que sirve para transmitir señales desde el extremo de cabecera o central de un operador de cable hasta los abonados.

**3.9 modulador QAM de borde (EQAM, *edge QAM modulator*):** Dispositivo de extremo de cabecera o central que recibe paquetes de vídeo o datos digitales. Rehace los paquetes de vídeo o de datos en forma de trenes de transporte MPEG y modula digitalmente, utilizando la modulación de amplitud en cuadratura (QAM), el tren de transporte en una portadora RF en sentido descendente.

**3.10 flujo:** Tren de paquetes en la DEPI empleado para transportar datos de cierta prioridad desde el M-CMTS principal hasta determinado canal QAM del EQAM. En el modo de funcionamiento PSP, puede haber varios flujos por cada canal QAM.

**3.11 GigE (GE):** Gigabit Ethernet (1 Gbit/s).

**3.12 sistema híbrido de fibra óptica/cable coaxial (HFC, *hybrid fibre/coax*):** Sistema de transmisión bidireccional con medios compartidos, de banda ancha, que utiliza circuitos troncales de fibra óptica entre la cabecera y los nodos de fibra óptica, y distribución por cable coaxial desde los nodos de fibra óptica hasta las instalaciones del cliente.

**3.13 Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE):** Organización de participación voluntaria que, entre otras actividades, patrocina comités de normalización y está acreditada por el American National Standards Institute (ANSI).

**3.14 grupo de tareas especiales de ingeniería en Internet (IETF, *Internet Engineering Task Force*):** Organismo que, entre otras actividades, está a cargo de la elaboración de normas para uso en Internet.

**3.15 protocolo Internet (IP, *Internet protocol*):** Protocolo de capa de red en Internet.

**3.16 concentrador de acceso L2TP (LAC, *L2TP access concentrator*):** Cuando se utiliza un punto extremo de conexión de control L2TP (LCCE, *L2TP control connection endpoint*) para conectar directamente una sesión L2TP a un enlace de datos, se dice que hay un concentrador de acceso L2TP (LAC, *L2TP access concentrator*). Un LCCE puede actuar ya sea como servidor de red L2TP (LNS, *L2TP network server*) para algunas sesiones o bien como un LAC para otras, con lo cual estos términos sólo se han de emplear dentro del contexto de un determinado conjunto de sesiones, salvo si el LCCE sirve a un solo propósito para una determinada topología.

**3.17 par valor atributo L2TP (AVP, *L2TP attribute value pair*):** Concatenación L2TP de longitud variable de un Atributo único (representado por un entero), un campo de longitud, y un Valor que contiene el valor real identificado por el atributo.

**3.18 conexión de control L2TP:** Canal de control fiable que sirve para establecer, mantener y liberar L2TP, así como para el control de conexión propiamente dicho.

**3.19 punto extremo de conexión de control L2TP (LCCE, *L2TP control connection endpoint*):** Nodo L2TP que existe en ambos extremos de una conexión de control L2TP. También se conoce como un LAC o un LNS, en función de si las tramas tunelizadas se están procesando en el enlace de datos (LAC) o en la capa de red (LNS).

**3.20 ID de conexión de control L2TP:** Campo de 32 bits que contiene el identificador de la conexión de control. El AVP del ID de conexión de control atribuida, Tipo de atributo 61, contiene el ID que el remitente ha atribuido a esta conexión de control. El ID de conexión de control especificado en el AVP debe incluirse en el campo ID de conexión de control de todos los paquetes de control enviados al par durante la duración de la conexión de control. Dado que en este caso se emplea un valor de 0 para el ID de conexión de control, no se debe enviar el valor cero como ID de conexión de control atribuida.

- 3.21 mensaje de control L2TP:** Mensaje L2TP utilizado por el control de conexión.
- 3.22 mensaje de datos L2TP:** Mensaje L2TP utilizado por el canal de datos.
- 3.23 punto extremo L2TP:** Nodo que actúa como un extremo de un túnel L2TP.
- 3.24 servidor de red L2TP (LNS, *L2TP network server*):** Cuando una determinada sesión L2TP se termina en el nodo L2TP y el paquete de capa de red (L3) encapsulado se procesa en una interfaz virtual, se dice que este nodo L2TP es un servidor de red L2TP (LNS, *L2TP network server*). Un LCCE puede actuar ya sea como LNS para algunas sesiones o bien como un LAC para otras, con lo cual estos términos sólo se han de emplear dentro del contexto de un determinado conjunto de sesiones, salvo si el LCCE sirve a un solo propósito para una determinada topología.
- 3.25 pseudoalambre (PW, *pseudowire*) L2TP:** Circuito que se emula a medida que atraviesa una red con conmutación de paquetes. Hay un PW por cada sesión L2TP.
- 3.26 tipo de pseudoalambre L2TP:** Tipo de cabida útil que se transporta en una sesión L2TP. Por ejemplo PPP, Ethernet y de retransmisión de tramas.
- 3.27 sesión L2TP:** Entidad que se crea entre dos LCCE, a fin de intercambiar parámetros para una conexión emulada L2 y mantenerla. Puede haber varias sesiones asociadas con una sola conexión de control.
- 3.28 ID de sesión L2TP:** Campo de 32 bits que contiene un identificador diferente de cero para una sesión. Las sesiones L2TP se denominan mediante identificadores que sólo tienen significado local. En otras palabras, una sesión lógica tendrá varios ID de sesión durante su vida útil, uno asignado por cada conexión de control. Cuando se utiliza la conexión de control L2TP para el establecimiento de sesión, los ID de sesión se escogen e intercambian como AVP de ID de sesión local durante la creación de la sesión. El ID de sesión proporciona el contexto necesario para el procesamiento ulterior de los paquetes, incluidos la presencia, el tamaño y el valor de la Cookie, el tipo de la subcapa específica de L2 y el tipo de cabida útil que se está tunelizando.
- 3.29 dominio MAC:** Agrupación de dispositivos de capa 2 que pueden comunicarse entre sí, sin necesidad de puente o encaminamiento. En DOCSIS, es el grupo de CM que están utilizando los canales en el sentido ascendente y en el descendente, interconectados mediante una entidad de reenvío MAC.
- 3.30 unidad de transmisión máxima (MTU, *maximum transmission unit*):** La cabida útil de capa 3 de una trama de capa 2.
- 3.31 control de acceso a medios (MAC, *media access control*):** Sirve para referirse a los elementos de la capa 2 del sistema que incluirían entramado y señalización DOCSIS.
- 3.32 tasa de errores de modulación (MER, *modulation error ratio*):** Cociente entre la potencia promedio de símbolo y la potencia promedio de error.
- 3.33 subcapa dependiente del medio físico (PMD, *physical media dependent*):** Subcapa de la capa física que está relacionada con la transmisión de bits o grupos de bits por tipos particulares de enlaces de transmisión entre sistemas abiertos y sistemas que implican procedimientos eléctricos, mecánicos y de toma de contacto.
- 3.34 canal QAM (QAM *ch*):** Canal RF analógico que utiliza la modulación de amplitud en cuadratura (QAM, *quadrature amplitude modulation*) para transportar información.
- 3.35 modulación de amplitud en cuadratura (QAM, *quadrature amplitude modulation*):** Técnica de modulación en la cual se varían la amplitud y la fase de la señal analógica, a fin de transportar información, por ejemplo datos digitales.
- 3.36 radio frecuencia (RF):** En sistemas de televisión por cable, se refiere a las señales electromagnéticas entre 5 y 1000 MHz.

**3.37 interfaz de radiofrecuencia (RFI, *radio frequency interface*):** Expresión que abarca las interfaces de radiofrecuencia en ambos sentidos, ascendente y descendente.

**3.38 petición de comentarios (RFC, *request for comments*):** Documento de carácter técnico del IETF; se puede acceder a estos documentos en el sitio <http://www.rfc-editor.org/>.

**3.39 sesión:** Conexión del plano de datos L2TP desde el M-CMTS principal hasta el canal QAM. Debe haber una sesión por cada canal QAM. Hay un tipo de pseudoalambre DEPI por sesión. Puede haber un flujo MPT o uno o varios flujos PSP por sesión. Se pueden vincular varias sesiones a una sola conexión de control.

**3.40 notificación de interrupción de conexión de control (StopCCN):** Mensaje de notificación de interrupción de conexión de control L2TPv3.

**3.41 convertidor ascendente (*Upconverter*):** Dispositivo que sirve para modificar el intervalo de frecuencia de una señal analógica, por lo general convirtiendo una frecuencia local de oscilador en una frecuencia de transmisión RF.

**3.42 sentido ascendente, sentido de retorno (US, *upstream*):**

- 1) Transmisiones desde el CM hasta el CMTS. Incluye transmisión desde el EQAM hasta el M-CMTS principal, al igual que las transmisiones de RF del CM al EQAM.
- 2) Espectro RF utilizado para transmitir señales desde la posición de abonado hacia la cabecera o central del operador.

**3.43 descriptor de canal en sentido ascendente (UCD, *upstream channel descriptor*):** El mensaje de gestión MAC utilizado para comunicar las características de la capa física en sentido ascendente hacia el origen a los módems de cable.

**3.44 sistema de vídeo a la carta (VoD, *video on demand*):** Sistema que permite a personas escoger y visualizar contenido de vídeo en una red, a través de un sistema de televisión interactivo.

## 4 Abreviaturas, siglas o acrónimos y convenios

### 4.1 Siglas y acrónimos

En esta Recomendación se utilizan las siguientes abreviaturas, siglas o acrónimos:

ACK	Mensaje de acuse explícito L2TPv3 ( <i>explicit acknowledgement message</i> )
AVP	Par valor atributo L2TPv3 ( <i>attribute value pair</i> )
CDN	Mensaje de notificación de desconexión de llamada L2TPv3 ( <i>call-disconnect-notify</i> )
CIN	Red interconexión con convergencia ( <i>converged interconnect network</i> )
CLI	Interfaz de línea de instrucción ( <i>command line interface</i> )
CM	Módem de cable ( <i>cable modem</i> )
CMCI	Interfaz de CPE de módem de cable ( <i>cable modem CPE interface</i> )
CMTS	Sistema de terminación de módem de cable ( <i>cable modem termination system</i> )
CPE	Equipo en las instalaciones del cliente ( <i>customer premises equipment</i> )
CRC	Verificación por redundancia cíclica ( <i>cyclic redundancy check</i> )
CRC-16	CRC de longitud 16
CSMA	Acceso múltiple por detección de portadora ( <i>carrier sense multiple access</i> )
DEPI	Interfaz PHY externa en sentido descendente ( <i>downstream external-PHY interface</i> )

DOCSIS	Especificaciones de interfaz del servicio de datos por cable ( <i>data-over-cable service interface specifications</i> )
DOCSIS-MPT (D-MPT)	Modo MPT DOCSIS
DRFI	Interfaz de radiofrecuencia en sentido descendente ( <i>downstream radio frequency interface</i> )
DS	Sentido descendente; sentido hacia el usuario; sentido de ida ( <i>downstream</i> )
DSCP	Punto de código de servicios diferenciados ( <i>differentiated services code point</i> )
DTI	Interfaz de temporización DOCSIS ( <i>DOCSIS timing interface</i> )
DTS	Indicación de tiempo DOCSIS ( <i>DOCSIS time stamp</i> ), 32 bits
EQAM	QAM de borde ( <i>edge QAM</i> )
ERM	Gestor de recursos de borde ( <i>edge resource manager</i> )
ERMI	Interfaz de gestor de recursos de borde ( <i>edge resource manager interface</i> )
ETSI	Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones ( <i>European Telecommunications Standards Institute</i> )
FQDN	Nombre de dominio totalmente cualificado ( <i>fully qualified domain name</i> )
GE	Gigabit Ethernet (Gig E)
HELLO	Mensaje Hello L2TPv3
HFC	Híbrido de fibra óptica/cable coaxial ( <i>hybrid fibre/coax</i> )
ICCN	Mensaje llamada entrante – conectada L2TPv3 ( <i>incoming-call-connected message</i> )
ICRP	Mensaje llamada entrante – respuesta L2TPv3 ( <i>incoming-call-reply message</i> )
ICRQ	Mensaje llamada entrante – petición L2TPv3 ( <i>incoming-call-request message</i> )
IEEE	Institute of Electrical and Electronic Engineers
IETF	Grupo de tareas especiales de ingeniería en Internet ( <i>Internet Engineering Task Force</i> )
IP	Protocolo Internet ( <i>Internet protocol</i> )
IPv4	Versión 4 del protocolo Internet
ISO	Organización Internacional de Normalización ( <i>International Organization for Standardization</i> )
L2TP	Protocolo de transporte de capa 2 ( <i>layer 2 transport protocol</i> )
L2TPv3	Versión 3 del protocolo de transporte de capa 2 ( <i>layer 2 transport protocol – version 3</i> )
L3	Capa 3 ( <i>layer 3</i> )
LAC	Concentrador de acceso L2PT ( <i>L2TP access concentrator</i> )
LCCE	Punto extremo de conexión de control L2TP ( <i>L2TP control connection endpoint</i> )
LNS	Servidor de red L2TP ( <i>L2TP network server</i> )
LSB	Bit menos significativo ( <i>least significant bit</i> )
MAC	Control de acceso a medios ( <i>media access control</i> )

M-CMTS	Sistemas modulares de terminación de módem de cable ( <i>modular cable modem termination system</i> )
MER	Tasa de errores de modulación ( <i>modulation error ratio</i> )
MIB	Base de información de gestión ( <i>management information base</i> )
M/N	Relación entre los números enteros M y N, que representa el cociente entre la velocidad de reloj de símbolos en sentido descendente y la velocidad de reloj regente DOCSIS
MPEG	Grupo de expertos en imágenes en movimiento ( <i>moving picture experts group</i> )
MPEG-TS	Tren de transporte MPEG ( <i>moving picture experts group transport stream</i> )
MPT	Modo MPEG-TS de la DEPI ( <i>MPEG-TS mode of DEPI</i> )
MPTS	Tren de transporte multiprograma ( <i>multi-program transport stream</i> )
MSB	Bit más significativo ( <i>most significant bit</i> )
MTU	Unidad de transmisión máxima (MTU, <i>maximum transmission unit</i> )
OSSI	Interfaz de soporte de sistema de operaciones ( <i>operations system support interface</i> )
PCR	Referencia de reloj de programa ( <i>program clock reference</i> ). Indicación de tiempo en el tren de transporte de vídeo a partir de la cual se calcula la temporización del decodificador.
PHY	Capa física ( <i>physical layer</i> )
PID	Identificador de paquete ( <i>packet identifier</i> ); PID (sistema): valor entero único que sirve para identificar trenes elementales de un programa en un tren de transporte único o multiprograma, como se describe en 2.4.3 de [H.222.0   ISO 13818-1]
PMD	Subcapa dependiente del medio físico ( <i>physical media dependent sublayer</i> )
PPP	Protocolo punto a punto
PSI	Información específica de programa ( <i>program specific information</i> )
PSP	Protocolo de flujo continuo de paquetes ( <i>packet streaming protocol</i> )
PW	Seudoalambre ( <i>pseudowire</i> )
QAM	Modulación de amplitud en cuadratura ( <i>quadrature amplitude modulation</i> )
RF	Radiofrecuencia
RFC	Petición de comentarios ( <i>request for comments</i> )
RFI	Interfaz de radiofrecuencia ( <i>radio frequency interface</i> )
SCCCN	Mensaje Iniciar control de conexión – conectada L2TPv3 ( <i>L2TPv3 start-control-connection-connected message</i> )
SCCRP	Mensaje Iniciar control de conexión – respuesta L2TPv3 ( <i>L2TPv3 start-control-connection-reply message</i> )
SCCRQ	Mensaje Iniciar control de conexión – petición L2TPv3 ( <i>L2TPv3 start-control-connection-request message</i> )
S-CDMA	Acceso síncrono múltiple por división de código ( <i>synchronous code division multiple access</i> )
SLI	Mensaje de información de configuración de enlace L2TPv3 ( <i>L2TPv3 set link info message</i> )

SPTS	Flujo de transporte de programa único ( <i>single program transport stream</i> )
StopCCN	Mensaje Terminar control de conexión – notificación L2TPv3 ( <i>L2TPv3 stop-control-connection-notification message</i> )
TSID	ID de tren de transporte MPEG2 ( <i>MPEG2 transport stream ID</i> )
UCD	Descriptor de canal en sentido ascendente ( <i>upstream channel descriptor</i> )
UDP	Protocolo de datagrama de usuario ( <i>user datagram protocol</i> )
UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones
UIT-T	Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT
US	Sentido ascendente, sentido de retorno ( <i>upstream</i> )
VoD	Vídeo a la carta ( <i>video-on-demand</i> )

## 4.2 Convenios

En esta Recomendación siempre que aparezca un campo en una figura debe leerse de izquierda a derecha, y luego de arriba a abajo, y en primer lugar el MSB, mientras que el LSB debe ser el último.

En toda la Recomendación, las expresiones que indican la importancia de un determinado requisito se escriben en mayúsculas. Estas palabras son:

"OBLIGACIÓN FIRME"	La OBLIGACIÓN FIRME se expresa con el futuro simple del verbo principal (futuro de mandato), el verbo auxiliar "DEBER" (DEBE, DEBERÁ) o el adjetivo "OBLIGATORIO". En algunos casos también pueden utilizarse otras expresiones con significado de OBLIGACIÓN.
"PROHIBICIÓN FIRME"	La PROHIBICIÓN FIRME se expresa mediante la negación de la OBLIGACIÓN FIRME e indica que el aspecto en cuestión se prohíbe firmemente en esta Recomendación
"CONVENIENCIA"	La CONVENIENCIA se expresa con el tiempo condicional del verbo modal "DEBER" (DEBERÍA) u otros verbos con significado de CONVENIENCIA (aconsejar, recomendar, ser conveniente) o mediante el adjetivo "RECOMENDADO". Hay que entender plenamente y sopesar las consecuencias que tendría la inobservancia de una determinada disposición, aunque en ciertas circunstancias pueda haber razones fundamentadas para ello.
"INCONVENIENCIA"	La NO CONVENIENCIA indica que si bien puede haber motivos válidos en ciertas circunstancias que hagan aceptable el aspecto de que se trata, se deberían entender completamente sus implicaciones y sopesar adecuadamente los posibilidades, antes de implementarlo
"OPCIÓN"	La OPCIÓN se expresa mediante el verbo "PODER" (PUEDE, PODRÁ), u otras expresiones que indican posibilidad o probabilidad ("ser posible"), o los adjetivos "FACULTATIVO" u "OPCIONAL", que se refieren a la libertad de elegir. Un proveedor puede incluir un elemento porque el mercado lo exige o porque mejora el producto, mientras que otro puede optar por no hacerlo.

## 5 Descripción Técnica

Esta cláusula tiene carácter informativo.

### 5.1 Arquitectura del sistema

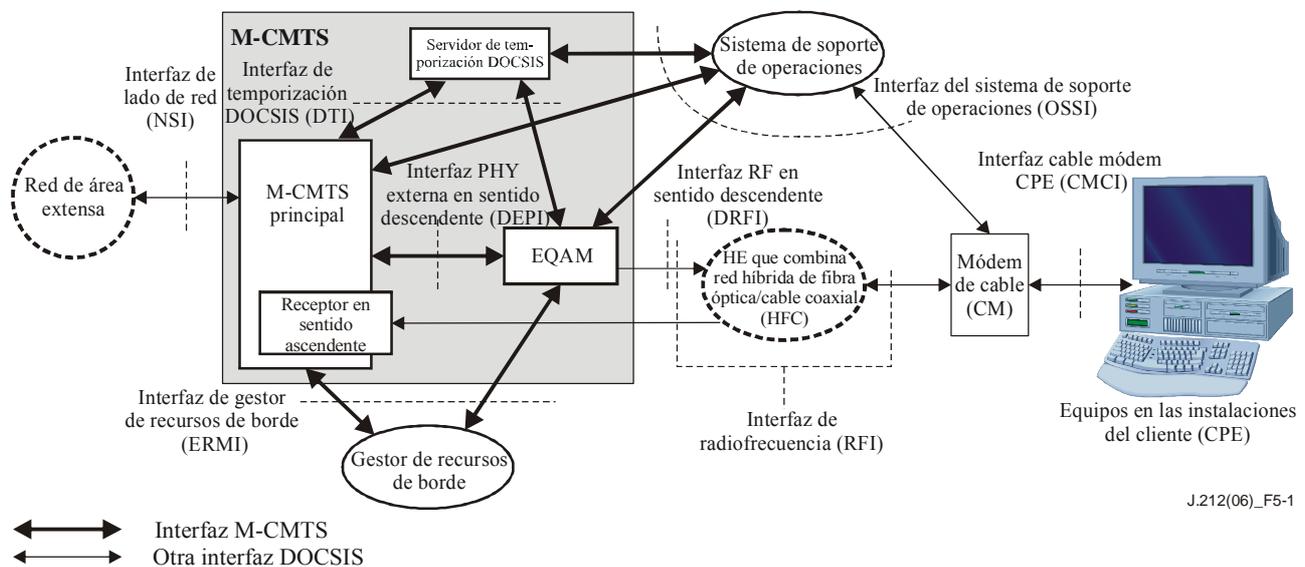


Figura 5-1/J.212 – Arquitectura de referencia del CMTS modular

En la arquitectura M-CMTS, un dispositivo que se conoce como M-CMTS principal contiene el DOCSIS MAC, incluidas todas las funciones de señalización, la calendarización de ancho de banda en sentido descendente y el entramado DOCSIS. La caja EQAM contiene en particular todos los circuitos relacionados con la PHY, como los moduladores QAM y la lógica de tunelización, que sirven para conectarse al M-CMTS principal.

#### 5.1.1 Arquitectura de referencia

En la figura 5-1 se muestra la arquitectura de referencia de un sistema CMTS modular. Esta arquitectura incluye varios equipos y las interfaces entre ellos, que se describirán brevemente en la presente cláusula.

**El dispositivo de borde QAM**, o EQAM, proviene del entorno VoD. A menudo tiene una o más interfaces gigabit Ethernet y varios moduladores QAM y convertidores ascendentes RF. Se ha venido adaptando este EQAM para emplearlo en el entorno CMTS modular. La salida de cada uno de dichos dispositivos se suele denominar canal QAM en lugar de la combinación "modulador QAM y convertidor ascendente RF".

**El M-CMTS principal** contiene todos los componentes de un CMTS tradicional, salvo las funciones que se ejecutan en el EQAM. El M-CMTS principal incluye el MAC en sentido descendente y todo el software relacionado con la inicialización y el funcionamiento DOCSIS.

Aunque en el diagrama se muestran dentro del M-CMTS principal los receptores en sentido ascendente de los canales DOCSIS en el mismo sentido, nada impide que un CMTS modular emplee una interfaz privada externa en sentido ascendente. En el futuro, se podrá definir una interfaz entre el M-CMTS principal y los receptores externos en sentido ascendente.

**El servidor de interfaz de temporización DOCSIS (DTI)** proporciona una frecuencia común de reloj regente y una indicación de tiempo DOCSIS a otros elementos M-CMTS.

**La DEPI**, o interfaz PHY externa en sentido descendente, es la interfaz entre el M-CMTS principal y el EQAM. En particular, es un túnel IP entre el MAC y la PHY en un sistema CMTS modular que contiene tanto información de trayecto para tramas DOCSIS como un trayecto de control para el establecimiento, el mantenimiento y la interrupción de sesiones.

**La DRFI**, o interfaz de radiofrecuencia en sentido descendente, tiene como fin englobar los requisitos de RF actuales y futuros en el sentido descendente, para los sistemas integrados DOCSIS CMTS, los sistemas modulares DOCSIS CMTS y los sistemas VoD EQAM.

**La DTI**, o interfaz de temporización DOCSIS, es una interfaz punto a punto entre el servidor DTI y otros elementos M-CMTS. En la Recomendación sobre la DTI [J.211] se definen los comportamientos y protocolos de servidor DTI y cliente DTI. El servidor DTI es el generador de señal de temporización, mientras que cada M-CMTS principal y EQAM tiene un cliente DTI. El servidor DTI distribuye un reloj regente DOCSIS y una indicación de tiempo DOCSIS utilizando un par trenzado sin cubierta (UTP, *unshielded twisted pair*). El protocolo DTI compensa automáticamente el efecto de la longitud del cable y garantiza que todos los elementos M-CMTS tienen la misma percepción de tiempo y frecuencia.

**La ERMI**, o interfaz de gestión de recursos de borde [ERMI], se compone de tres interfaces: una de registro entre un EQAM y un gestor de recursos de borde (ERM, *edge resource manager*), una de control entre un EQAM y un ERM, y una de control entre un M-CMTS principal y un ERM. La primera sirve para registrar y anular registros de recursos EQAM (es decir, canales QAM) ante un ERM. La segunda le es útil a un ERM para solicitar a un EQAM recursos de canal QAM, y a un EQAM para proporcionar recursos a un ERM. La tercera es utilizada por el M-CMTS principal para solicitar al ERM recursos específicos de canal QAM, y por el ERM para responder a dicha petición con la ubicación de los recursos de canal QAM.

**La MOSSI**, o interfaz del sistema de soporte de operaciones CMTS modular [MOSSI], suministra la interfaz de gestión con cada componente. Es una extensión de la OSSI definida en las Recomendaciones DOCSIS para la supervisión de la gestión de las funciones CMTS. Se podría utilizar esta interfaz, en lugar de un ERM y la ERMI, para configurar estáticamente y hacer corresponder recursos de canal QAM con M-CMTS principales. Esta interfaz permite la modificación de un parámetro de capa física de canal QAM, bien sea el M-CMTS principal o el EQAM, y proporciona un mecanismo para que el operador pueda "bloquear" ciertos parámetros del EQAM, de tal manera que sólo puedan ser modificados allí. En este documento se definen los mecanismos necesarios para comunicar a la otra parte los valores de estos parámetros.

**La NSI**, o interfaz del lado de red, que no se modifica, es la interfaz física utilizada por el CMTS para conectarse a la red medular. Actualmente, se suele tratar de Ethernet a 100 Mbit/s o a 1 Gbit/s.

**La CMCI**, o interfaz cable módem-equipos en las instalaciones del cliente, tampoco se modifica, y suele ser Ethernet o USB 10/100 Mbit/s.

### 5.1.2 Funcionamiento de la DEPI

La DEPI es un túnel IP que existe entre el DOCSIS MAC en el M-CMTS principal y la DOCSIS PHY presente en el EQAM. La DEPI se encarga de transportar tramas DOCSIS formateadas o paquetes MPEG a través de la red de capa 2 o de capa 3, y entregarlas al EQAM para su transmisión.

El protocolo de base que emplea la DEPI es el protocolo de tunelización de capa 2, versión 3, o L2TPv3 (*layer 2 tunnelling protocol version 3*) [RFC-L2TPv3]. El L2TPv3 es un protocolo genérico IETF que permite crear un pseudoalambre (*pseudowire*), es decir un mecanismo para el transporte transparente de un protocolo de capa 2 a través de una red de capa 3. El L2TPv3 soporta, por ejemplo, los siguientes protocolos: ATM, HDLC, Ethernet, retransmisión de tramas, PPP, etc.

En la cláusula 8.1, "Formato de paquete de transporte L2TPv3", se especifica el formato de los paquetes de datos L2TPv3, cada uno de los cuales contiene un ID de sesión de 32 bits, que

corresponde a un solo canal QAM en el EQAM. El encabezamiento UDP es facultativo en el protocolo L2TPv3. En el protocolo DEPI, tanto el EQAM como el M-CMTS principal deben soportar la capacidad de incluir el encabezamiento UDP en el plano de control y en el plano de reenvío (véase 7.3). El soporte del funcionamiento DEPI sin encabezamiento UDP es facultativo en ambos casos, para el EQAM y para el M-CMTS principal, y se puede emplear si ambos extremos lo soportan, conforme a lo descrito en las cláusulas 7.3 y 8.

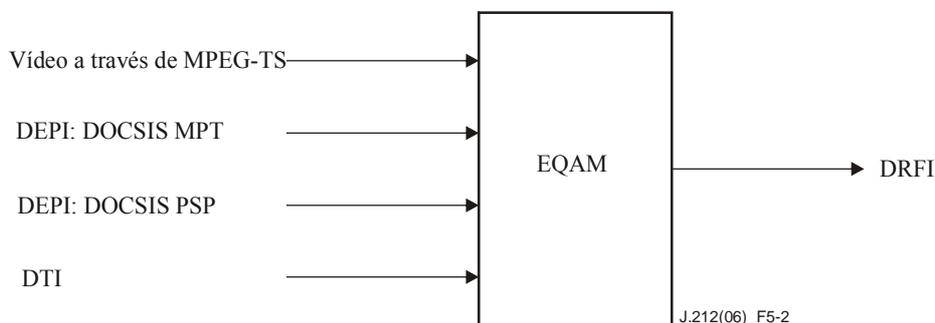
Por consiguiente, el L2TPv3 permite que haya un subencabezamiento cuya definición es función de la cabida útil que se esté transportando. A través del canal de control se pueden enviar mensajes de señalización de control entre el M-CMTS principal y el EQAM. Los mensajes de control más comunes establecerán una "conexión de control" entre el M-CMTS principal y el EQAM, y varias sesiones de datos (una por cada canal QAM en sentido descendente). Cada sesión puede utilizar diferentes puntos de código de servicio DiffServ (DSCP, *DiffServ code points*), y aceptar diversos protocolos de encapsulado.

Se definen dos técnicas básicas de tunelización para la DEPI. La primera, denominada modo D-MPT, transporta varios paquetes MPEG-TS de 188 bytes, poniéndolos en la cabida útil del L2TPv3 con un solo subencabezamiento que contiene una secuencia de números, de tal manera que se puedan detectar los paquetes abandonados. En el M-CMTS principal se lleva a cabo el encapsulado de las tramas DOCSIS en los paquetes MPEG-TS. La segunda técnica, denominada protocolo de flujo continuo de paquetes (PSP, *packet-streaming-protocol*), transporta tramas DOCSIS en la cabida útil L2TPv3. Luego, las tramas DOCSIS se encapsulan en paquetes MPEG-TS dentro del EQAM. El modo PSP permite que las tramas DOCSIS se concatenen, mejorando así el desempeño de la red, y se fragmenten, siempre y cuando los paquetes tunelizados rebasen el tamaño MTU de la red.

Uno de los aspectos técnicos a tener en cuenta cuando se habla de la arquitectura CMTS modular es su repercusión en el tiempo de retardo de ida y vuelta de una petición-concesión, que es el tiempo transcurrido desde que un CM solicita ancho de banda, mediante una petición (REQ) de ancho de banda sin competencia, hasta cuando recibe un mensaje MAP que contiene la oportunidad de transmisión concedida.

A fin de evitar que otro tráfico en la CIN vaya a ralentizar el MAP, se puede enviar el tráfico DOCSIS (o un subconjunto que contenga los mensajes MAP) en un flujo independiente L2TPv3 que tenga un DSCP único. Este DSCP tendrá un "comportamiento por salto (PHB, *per hop behaviour*)" con lo cual los MAP poseerán la prioridad más alta y la menor latencia de servicio.

### 5.1.3 Funcionamiento del EQAM



**Figura 5-2/J.212 – Diagrama de bloques del EQAM**

En la figura 5-2 se muestra un diagrama general de bloques de un EQAM que tiene la capacidad de procesar tráfico de vídeo MPEG o tráfico DOCSIS. "D-MPT" es el acrónimo de transporte MPEG DOCSIS (*DOCSIS MPEG transport*).

La primera interfaz que se muestra es el transporte VoD. Los trenes VoD SPTS o MPTS se reciben con un formato de paquetes MPEG sobre UDP/IP. A menudo, las funciones de procesamiento incluyen la cancelación de la fluctuación de fase (*de-jittering*), la reconstrucción de la correspondencia del PID de remultiplexación, la inserción MPEG-2 PSI y la corrección de indicación de tiempo PCR. Estas funciones no se definen en esta Recomendación.

El próximo conjunto de interfaces lo conforman las interfaces DEPI.

La primera interfaz que se define es la D-MPT. Se trata de un modo en el que el EQAM debe buscar entre las tramas D-MPT entrantes los mensajes DOCSIS SYNC, y corregir el valor de indicación de tiempo en dichos mensajes, basándose en la indicación de tiempo DOCSIS interna del EQAM que se ha calculado a partir de la DTI. Las tramas D-MPT que así se obtienen se copian luego en el canal QAM sin más interpretación o modificación. Este modo está destinado a tramas DOCSIS en las que se ha incorporado el MAP en el tren, y cuando ni la latencia de red ni la fluctuación de fase representan un problema.

Puesto que el modo D-MPT encapsula todo el tráfico DOCSIS en un solo flujo DEPI, no es posible la diferenciación de QoS entre varios tipos de tráfico, ya sea a través de la CIN o dentro del EQAM. Por ejemplo, cuando se utiliza este modo no se pueden acelerar los MAP con respecto a otros datos DOCSIS. A pesar de ello, aún es posible obtener una calidad de funcionamiento aceptable cuando el operador estime que el retardo y la fluctuación de fase introducidos en los paquetes DEPI por la CIN y el EQAM son suficientemente bajos.

Puede ocurrir que ciertas condiciones o arquitecturas de red reduzcan el retardo o la fluctuación de fase de red, con lo cual es más probable que el modo DOCSIS MPT conlleve una calidad de funcionamiento aceptable. Por ejemplo:

- las redes que tienen un número muy pequeño de saltos (por ejemplo, 1 ó 2), especialmente si éstos son todos conmutadores (que suelen introducir menos retardo y fluctuación de fase que los encaminadores);
- las redes compartidas en gran medida con tráfico de vídeo de servidores VoD a EQAM, en las cuales la mayor parte del tráfico es vídeo y se acepta dar prioridad en la red a todo el tráfico DEPI con respecto a todo el tráfico de vídeo VoD;
- las redes que son poco utilizadas y en las que, por ende, no cabe esperar retardos debidos a congestiones.

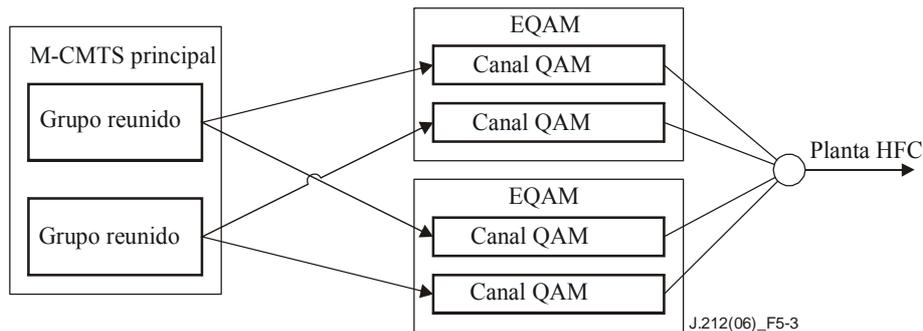
Si bien es posible que en las CIN actuales se den dichas condiciones, esto será cada vez menos probable a medida que las configuraciones sean más densas y el tráfico IP se incremente. Es potestad del operador evaluar las condiciones de red en su dominio y tomar las medidas del caso acerca de los niveles aceptables de calidad de funcionamiento con el modo DOCSIS MPT.

La siguiente interfaz es la DOCSIS PSP. Esta interfaz transporta los datos DOCSIS y los MAP en flujos independientes que el M-CMTS principal une en un tren de bytes uniforme. La máquina de reensamblado del PSP suprime esta tara y recupera las tramas DOCSIS. Luego, el calendarizador PSP permite que se pongan los MAP en orden, antes de los datos y los mensajes SYNC. En el modo PSP, el EQAM genera todos los mensajes SYNC, como se indica en 6.1.1. El resultado se entrega entonces a la capa de convergencia de transmisión, que lo convierte en un tren DOCSIS MPEG.

La última interfaz es la DTI, que proporciona una frecuencia y una indicación de tiempo DOCSIS comunes. La referencia sirve para sincronizar la velocidad de símbolos en sentido descendente con la indicación de tiempo DOCSIS, para poder emplearla con módems de cable DOCSIS. La indicación de tiempo se utiliza para la corrección DOCSIS SYNC.

El EQAM produce un tren de tramas MPEG que transportan vídeo y/o datos DOCSIS, y se modulan en una portadora RF, conforme a la Recomendación sobre la DRFI [J.210].

## 5.2 Modelo de servicios reunidos



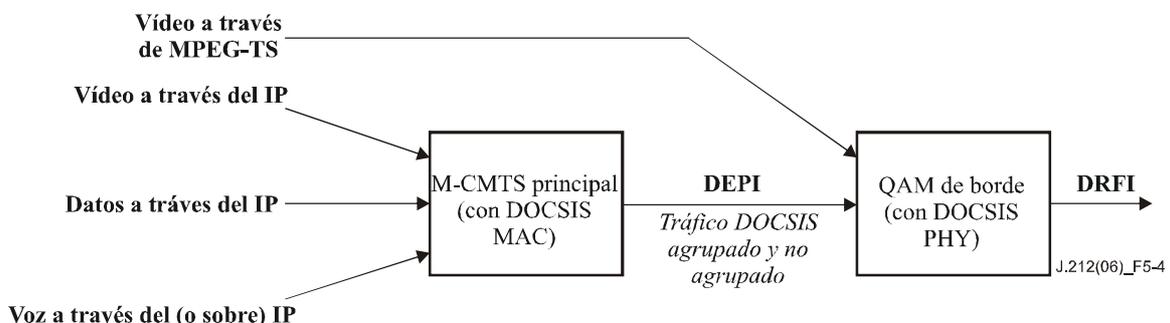
**Figura 5-3/J.212 – Modelo de servicios reunidos**

La agrupación de canales en sentido descendente se refiere al reenvío de un tren de tramas DOCSIS a través de varias portadoras QAM.

En la arquitectura CMTS modular se implementa en el M-CMTS la agrupación de canales en sentido descendente. En el M-CMTS principal se ponen los paquetes provenientes de la troncal IP en una trama DOCSIS, que a su vez se envía a uno de los canales QAM del grupo de canales reunidos. La trama se puede transportar utilizando D-MPT o PSP.

En este sistema, el EQAM no sabe que está efectuando la agrupación ni conoce los detalles del protocolo empleado para llevarla a cabo.

## 5.3 Modelo de varios servicios



**Figura 5-4/J.212 – Modelo de varios servicios**

La arquitectura modular CMTS (M-CMTS) es el resultado de un esfuerzo realizado para reunir las aplicaciones de vídeo a la carta (VoD, *video-on-demand*) y de datos a alta velocidad (HSD, *high speed data*). Este esfuerzo se anticipa al hecho de que si se tuvieran dos redes de transmisión independientes que alimentasen la planta de cable, sería posible obtener mayores eficiencias. En particular, con el M-CMTS se ha redistribuido la arquitectura tradicional CMTS, de tal manera que la tecnología de transmisión que es común a ambos entornos, el del VoD y el del HSD, podrá compartir los mismos dispositivos EQAM.

En un sistema de vídeo, se utiliza el EQAM para entregar trenes de vídeo con el formato MPEG-TS a decodificadores multimedia en los locales del cliente. Esta funcionalidad se seguirá utilizando en el futuro y es independiente de cualquier otro procesamiento que se describa aquí. La arquitectura M-CMTS añade nuevas interfaces que son propias del servicio HSD. Estas interfaces aceptan tanto

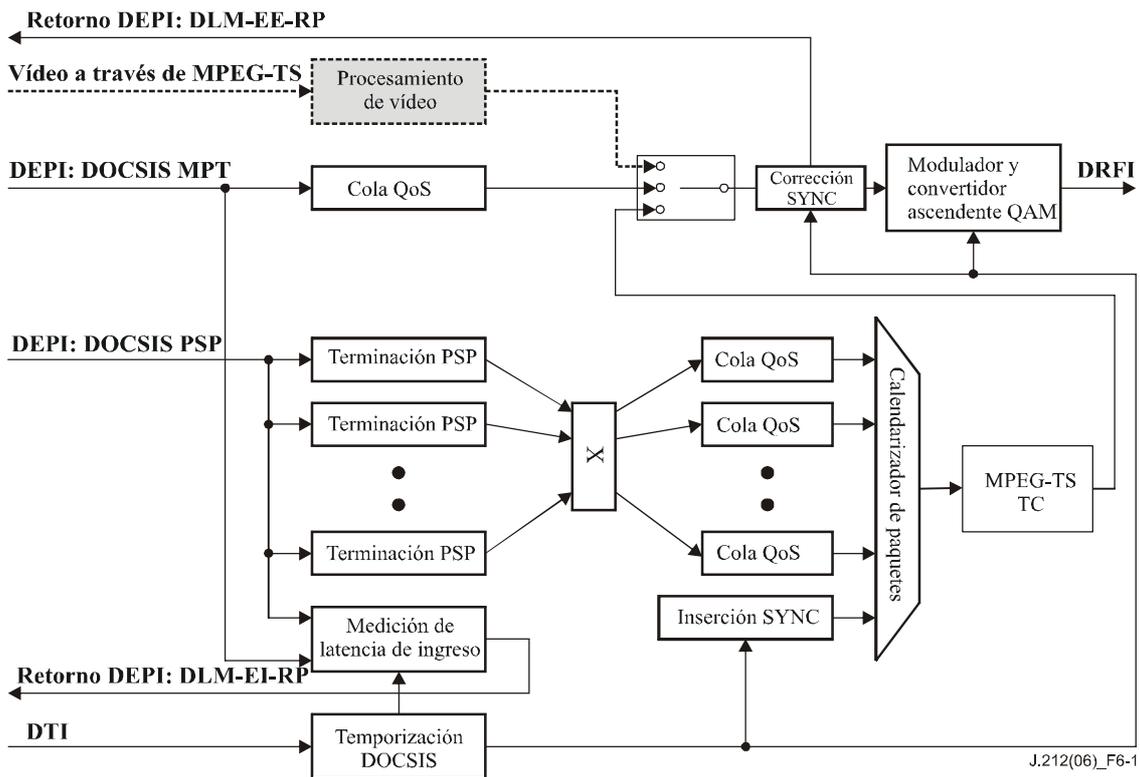
las cabidas útiles DOCSIS tradicionales como las DOCSIS multicanal (agrupadas) que reciben del dispositivo M-CMTS principal.

El M-CMTS principal proporciona la funcionalidad de pasarela entre la red medular basada en el IP y la CIN. Siendo así, permite soportar muchos servicios – incluidos, aunque no limitados a, el vídeo a través del IP, la voz por el IP (VoIP, *voice-over-IP*), el correo electrónico, los juegos, la telefonía de vídeo, etc.

## 6 Arquitectura DEPI

Esta cláusula es normativa.

### 6.1 Trayecto de datos DEPI



**Figura 6-1/J.212 – Diagrama de bloques EQAM en sentido descendente**

En la figura 6-1 se presenta un diagrama lógico de bloques simplificado del trayecto de datos del EQAM.

Se suele aceptar, aunque no lo especifica esta Recomendación, que el EQAM puede recibir trenes elementales que no sean DOCSIS MPEG y que han sido encapsulados en paquetes MPEG y puestos en un datagrama UDP. En esta Recomendación no se definen requisitos para el transporte de este tipo de vídeo MPEG tradicional. No obstante, se reconoce que las implementaciones M-CMTS EQAM pueden ser (y probablemente serán) capaces de transportar vídeo MPEG tradicional (bien sea intercalado con tráfico DOCSIS en un solo canal QAM, o bien en canales QAM independientes con el mismo chasis EQAM).

El M-CMTS principal DEBE soportar el modo PSP, el modo D-MPT o ambos. El EQAM DEBE soportar el modo PSP, el modo D-MPT o ambos.

En una sesión, el M-CMTS principal DEBE soportar un nivel de prioridad del D-MPT o por lo menos dos niveles de prioridad del PSP, cada uno de los cuales tendría un diferente DSCP. El M-CMTS principal PROPORCIONARÁ un mecanismo para hacer corresponder tráfico DOCSIS con los diversos niveles de prioridad PSP. El M-CMTS principal NO DEBE tratar de establecer una sesión que incluya ambos flujos, los PSP y los D-MPT.

En una sesión, el EQAM SOPORTARÁ un nivel de prioridad del D-MPT o por lo menos dos niveles de prioridad del PSP, cada uno de los cuales tendría un diferente DSCP. El EQAM no está originalmente destinado a soportar simultáneamente el D-MPT y el PSP en una misma sesión, y RECHAZARÁ todo intento de establecerla. Cada nivel de prioridad para cada tipo DEPI corresponde a uno o varios flujos DEPI. El EQAM TENDRÁ que soportar el establecimiento de un solo flujo DEPI por nivel de prioridad. El EQAM PUEDE soportar el establecimiento de más de un flujo DEPI por nivel de prioridad. La correspondencia de los flujos con los niveles de prioridad (colas de QoS) depende de cada fabricante (véase la figura 7-3). La correspondencia de los flujos se hará a través de la configuración local de interfaz de línea de instrucción (CLI, *command line interface*) EQAM.

Para ambos modos, el D-MPT y el PSP, el EQAM INSERTARÁ paquetes MPEG nulos cuando no tenga datos para enviar. El EQAM NO DEBERÍA insertar un paquete MPEG nulo si tiene datos para enviar. Obsérvese que la inserción nula de MPEG debería tener lugar antes de la corrección del mensaje DOCSIS SYNC (véase 6.1.1).

#### **6.1.1 Trayecto de datos DOCSIS D-MPT**

Los flujos DEPI DOCSIS D-MPT contienen tramas DOCSIS que utilizan el formato descrito en 8.2. Todas las tramas DOCSIS, las basadas en paquetes y las basadas en gestión MAC, se ponen en un flujo D-MPT. El EQAM busca la cabida útil D-MPT en todos los mensajes DOCSIS SYNC y efectúa las correcciones SYNC, según se describe en 6.1.3.2, y luego reenvía el paquete D-MPT a la interfaz RF.

En el modo D-MPT se pretende que el EQAM pueda recibir los paquetes MPEG y reenviarlos directamente a la interfaz RF sin tener que terminar ni regenerar el entramado MPEG. La única manipulación que se realiza a la cabida útil D-MPT es la corrección SYNC.

#### **6.1.2 Trayecto de datos PSP**

El protocolo de flujo continuo de paquetes (PSP, *packet stream protocol*) es un protocolo de capa de convergencia de la capa 3, que permite la puesta consecutiva de paquetes en flujo continuo, uno tras otro, que puede fragmentarse en cualquier frontera arbitraria. El modo PSP pretende favorecer la calidad de servicio, y se ha de utilizar para el transporte de datos y mensajes de señalización DOCSIS tradicionales que emplean uno o varios valores DSCP. Por ejemplo, a fin de reducir la latencia petición-concesión, se pueden enviar los mensajes de gestión MAP MAC con un DSCP o un flujo PSP diferentes de los del resto del canal DOCSIS. En 6.2.1 se describe lo anterior con más detalle. El EQAM DEBE soportar por lo menos dos receptores PSP por modulador QAM, con los que se pretende permitir la implementación de un flujo PSP de alta latencia y de uno de baja latencia.

Cada flujo PSP se termina y se extraen las tramas DOCSIS que hay dentro de él. Estas últimas se ponen en las colas QoS de salida correspondientes. El resultado de las colas QoS va entonces a un calendarizador de paquetes, que decide a cuál se ha de atender basándose en el PHB (negociado entre el M-CMTS principal y el EQAM) del flujo PSP que transportaba las tramas DOCSIS. El calendarizador de paquetes también se encarga de insertar mensajes DOCSIS SYNC durante el intervalo de tiempo especificado por el DOCSIS SYNC Control AVP (véase la figura 7-31), y DEBERÍA soportar un calendarizador estricto de prioridades. El calendarizador de paquetes PUEDE soportar otras metodologías de calendarización de colas.

Por "calendarizador de paquetes" se entiende, en general, un método de atribución de prioridades a diferentes colas, a medida que se desplazan los paquetes de las diversas colas de entrada hacia la cola de salida. Un ejemplo de un tal algoritmo es la puesta en cola justa ponderada (WFQ, *weighted fair queuing*) en la que se da prioridad a algunos trenes sobre otros, aunque sólo hasta un cierto límite. No hay que confundir lo anterior con el calendarizador DOCSIS en sentido ascendente, más complejo, que se encarga de las peticiones y las concesiones.

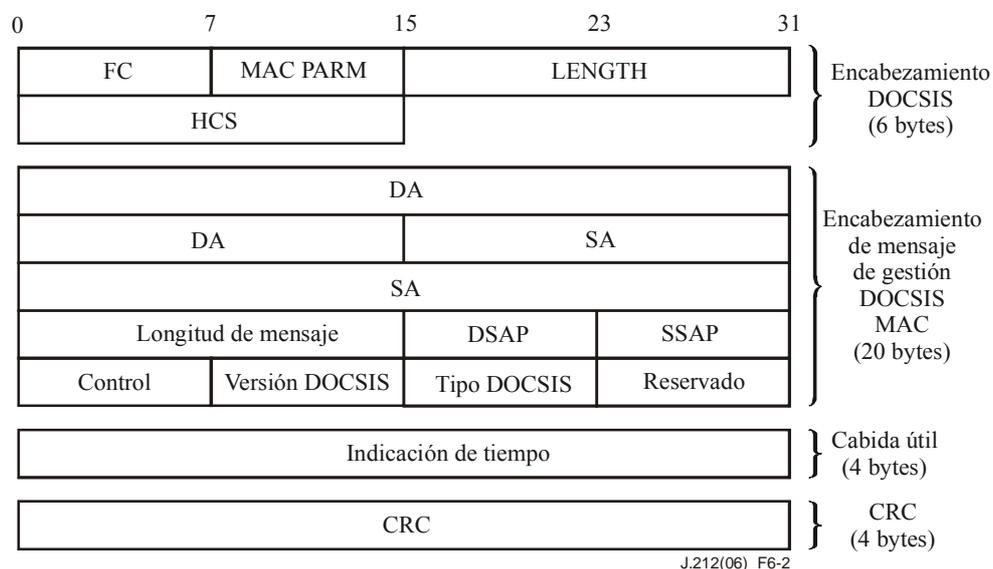
El resultado del calendarizador de paquetes pasa a una máquina de convergencia de transmisión (TC, *transmission convergence*) que pone a su vez las tramas DOCSIS en paquetes MPEG, con arreglo a los requisitos especificados en [J.210]. Esto incluye la inserción de bytes de relleno y del mensaje DOCSIS SYNC, como se indica en 6.1.3. El resultado de la TC se envía a la interfaz RF.

El modo PSP permite, en principio, la aceleración de los MAP a través de la red, en un intento de reducir la latencia petición-concesión. Este modo será más útil cuando todo el tráfico, o la mayoría de él, haya migrado a DOCSIS y, por tanto, los MAP tengan mayor indicación de QoS, si se los compara con otro tráfico DOCSIS que se necesita para proporcionar menor latencia para los MAP, cuando pasan por una red completamente abonada. Por consiguiente, el PSP tiene valor en el largo plazo y se incluye con el fin de tratar el caso en el que todo el tráfico, o la mayoría de él, se transporta hacia el hogar utilizando DOCSIS.

### 6.1.3 Mensaje DOCSIS SYNC

#### 6.1.3.1 Formato de mensaje SYNC

Un sistema CMTS modular transmite periódicamente el mensaje MAC de sincronización de tiempo DOCSIS (SYNC) para establecer una temporización de subcapa MAC en los módems de cable. En este mensaje se DEBE emplear un campo FC, cuyo FC\_TYPE sea igual al encabezamiento específico MAC y cuyo FC\_PARM sea igual al encabezamiento MAC de temporización. Lo anterior DEBE anteceder a una PDU de paquete con el formato mostrado en la figura 6-2.



**Figura 6-2/J.212 – Formato de un mensaje DOCSIS SYNC MAC**

Los campos se DEBEN definir de la siguiente manera:

**FC, MAC PARM, LEN, HCS:** Encabezamiento común de trama MAC con campo FC\_PARM que indica un encabezamiento de temporizador – para más detalles véase J.122.

**Dirección de destino (DA, *destination address*):** Se pone a la dirección de multidifusión DOCSIS MAC 01-E0-2F-00-00-01.

**Dirección de origen (SA, *source address*):** Dirección MAC del M-CMTS principal. En el modo PSP, el EQAM aprende la dirección MAC apropiada del M-CMTS principal, a través de la señalización explícita que tiene lugar durante el establecimiento de sesión L2TPv3.

**Longitud de Msg:** Longitud del mensaje MAC desde el DSAP hasta el final de la cabida útil.

**DSAP:** El destino nulo LLC del SAP (00), conforme a [ISO 8802-2].

**SSAP:** El origen nulo LLC del SAP (00), conforme a [ISO 8802-2].

**Control:** Trama de información no numerada (03), conforme a [ISO 8802-2].

**Versión DOCSIS:** Se pone a 1.

**Tipo DOCSIS:** Se pone a 1 para indicar un mensaje SYNC.

**Indicación de tiempo CMTS:** Estado de un contador incremental binario de 32 bits, sincronizado con un reloj regente especificado en [J.211].

La indicación de tiempo CMTS representa el valor (estado de cuenta) en el instante en que se transfiere el primer byte (o un desplazamiento de tiempo fijo a partir del primer byte) del mensaje de gestión MAC de sincronización de tiempo desde la subcapa de convergencia de transmisión en sentido descendente, hasta la subcapa dependiente de medios físicos en sentido descendente, como se describe en [J.210].

### 6.1.3.2 Corrección e inserción

El EQAM DEBE calcular una indicación de tiempo DOCSIS local a partir del cliente DTI especificado en [J.211]. El EQAM SOPORTARÁ ya sea una frecuencia de reloj regente de 10,24 MHz o una de 9,216 MHz en función de en cuál región esté funcionando. En el modo D-MPT, el EQAM ha de poder corregir todo mensaje SYNC en el tren DOCSIS. En el caso del modo DOCSIS PSP, el EQAM DEBE poder insertar mensajes DOCSIS SYNC, sobre la base de su indicación interna de tiempo, en el tren MPEG-TS en sentido descendente, conforme a las especificaciones de 6.1.3.3. En el modo PSP, el EQAM INSERTARÁ el mensaje SYNC empezando por el 6º byte de la trama MPEG-TS (el quinto byte sería el MPEG pointer\_field). Al hacer referencia a una base de tiempo para la corrección o inserción de una indicación de tiempo SYNC, el EQAM DEBE utilizar una base de tiempo que tenga un retardo de tiempo entre 0 y 100 ciclos de reloj (aproximadamente 10 µs) del reloj regente, comparado con el tiempo comunicado mediante la salida del puerto de prueba de cliente DTI.

Se espera que esta diferencia entre el tiempo comunicado a través de la salida del puerto de prueba de cliente y el de referencia aplicado por un EQAM sea esencialmente constante. Se siguen aplicando todos los requisitos de temporización y de fluctuación de fase de esta Recomendación y [J.210]. Los requisitos de esta Recomendación no excluyen que el EQAM pueda tardar más de 100 ciclos de reloj para procesar el tiempo transportado en el DTI, aunque, de ser el caso, el EQAM tendría que ajustar internamente la base de tiempo aplicada, de tal manera que se retarde entre cero y 100 ciclos de reloj a partir de la base de tiempo transportada por la DTI.

Cuando se utilice el modo D-MPT, el M-CMTS principal GENERARÁ mensajes SYNC y los INCLUIRÁ en la cabida útil D-MPT. El M-CMTS principal DEBE insertar el mensaje SYNC empezando por el 6º byte de la trama MPEG-TS (el quinto byte sería el MPEG pointer\_field). Con ello se pretende simplificar la implementación del EQAM, permitiéndole que verifique solamente el bit payload\_unit\_start\_indicator y los bytes quinto y sexto (que juntos contendrán 0x00C0) del paquete MPEG-TS, para ubicar un mensaje DOCSIS SYNC. Cabe observar que no se requiere que la indicación de tiempo CMTS, en el mensaje SYNC generado por el M-CMTS principal, refleje con precisión la indicación de tiempo en vigor, recibida a través del cliente DTI en el M-CMTS principal. Así, por ejemplo, se puede admitir que el M-CMTS principal utilice un valor cero para la indicación de tiempo CMTS en todos los mensajes SYNC. Si se emplea el modo DOCSIS PSP, el M-CMTS principal NO DEBE generar mensajes SYNC como parte de la cabida útil PSP.

### 6.1.3.3 Fluctuación de fase de indicación de tiempo

La fluctuación de fase de indicación de tiempo DOCSIS SERÁ menor que 500 ns entre cresta y cresta a la salida de la subcapa de convergencia de transmisión en sentido descendente. Esta fluctuación de fase se refiere a una subcapa ideal de convergencia de transmisión en sentido descendente que transfiere el paquete MPEG a la subcapa dependiente de medios físicos en sentido descendente, con un reloj perfectamente continuo y sin interrupciones, a la velocidad de paquetes MPEG. El procesamiento de subcapa dependiente de medios físicos en sentido descendente NO DEBE considerarse en la generación de la indicación de tiempo ni en su transferencia a la subcapa dependiente de medios físicos en sentido descendente.

Es decir, cualesquiera dos indicaciones de tiempo,  $N1$  y  $N2$  ( $N2 > N1$ ), que se hayan transferido desde la subcapa dependiente de medios físicos en sentido descendente en los tiempos  $T1$  y  $T2$ , respectivamente, satisfarán la siguiente desigualdad:

$$|(N2 - N1)/f_{\text{CMTS}} - (T2 - T1)| < 500 \times 10^{-9}$$

En donde se supone que el valor de  $(N2 - N1)$  tiene en cuenta el efecto de reinicio del contador de base de tiempo, y  $T1$  y  $T2$  representan el tiempo, en segundos.  $f_{\text{CMTS}}$  es la frecuencia real de la base de tiempo regente CMTS y puede incluir un desplazamiento de frecuencia fijo con respecto a la frecuencia nominal del reloj regente. Este desplazamiento de frecuencia está limitado por un requisito adicional que se explica más adelante.

La fluctuación de fase incluye falta de precisión en el valor de indicación de tiempo y de la fluctuación de fase, en todos los relojes. Toda fluctuación de fase introducida por la subcapa dependiente de medios físicos en sentido descendente DEBE tener como resultado la reducción de los 500 ns que se aceptan para la fluctuación de fase en la salida de la subcapa de convergencia de transmisión en sentido descendente.

NOTA – La fluctuación de fase es el error respecto al reloj regente CMTS (es decir, medido con relación a él).

### 6.1.4 Requisitos de latencia y de asimetría

#### 6.1.4.1 Latencia

Tratándose de sesiones PSP DEPI, se define la latencia como la diferencia absoluta en tiempo desde que el último bit de un paquete DEPI, que contiene el último bit de una trama DOCSIS MAC, entra en el puerto EQAM DEPI, hasta que el primer bit de la trama DOCSIS MAC sale del puerto EQAM RFI. En el caso de sesiones D-MPT DEPI, se define la latencia como la diferencia absoluta en tiempo desde que el último bit de un paquete DEPI entra en el puerto EQAM DEPI hasta que el primer bit del paquete MPEG contenido dentro del paquete DEPI en cuestión sale del puerto EQAM RFI. A la entrada del EQAM, se emplea el último bit del paquete DEPI que llega, debido a que la interfaz de capa 2 del EQAM (por ejemplo, puerto GigE Ethernet) debe recibir todo el paquete antes de que el EQAM pueda empezar a procesarlo. A la salida del EQAM, se utiliza el primer bit del paquete MPEG (en modo D-MPT) o de la trama DOCSIS (en modo PSP) dentro del paquete DEPI para garantizar que los datos sean conformes a la definición de "paquetes aislados" (véase el párrafo siguiente). Si no se hiciera así, la medición podría verse afectada por retardos acaecidos como resultado de la puesta en cola de los datos detrás de otros paquetes destinados a la misma interfaz RF. El EQAM DEBERÍA reservar suficiente memoria temporal como para que cada canal QAM pueda poner allí por lo menos 20 ms equivalentes de tráfico, en todas las sesiones L2TPv3 destinadas a dicho canal QAM.

En las sesiones PSP DEPI, los diversos flujos que soporta el EQAM permiten un acceso al modulador con prioridad. En ausencia de tráfico más prioritario, y sin importar la carga de tráfico de menor prioridad, el EQAM REENVIARÁ los paquetes aislados en cada flujo DEPI con una latencia menor que 500  $\mu$ s más el retardo del intercalador. Los paquetes aislados se separan de tal

manera que, a la velocidad binaria nominal en sentido descendente, el EQAM pueda completar la transmisión de los paquetes en curso antes de que llegue el próximo paquete.

#### **6.1.4.2 Asimetría**

Se define la asimetría como la diferencia entre las latencias máxima y mínima a través del EQAM, medida a partir de los dos bits de referencia en la interfaz de red, comparados con los dos mismos bits en dos salidas independientes de la RF. Hay que medirla con los parámetros PHY puestos iguales en los canales QAM en los que se realiza la medición.

La asimetría entre cualesquiera dos canales QAM agrupados dentro de un EQAM SERÁ menor que 500  $\mu$ s. Los requisitos de asimetría para el EQAM se satisfacen implícitamente cuando el EQAM cumple los de latencia que se especifican en 6.1.4.1. Este requisito está destinado a la transmisión de tráfico sensible a la asimetría, como el tráfico agrupado.

### **6.2 Aspectos relativos a la red**

#### **6.2.1 Utilización del comportamiento por salto**

Los dispositivos de red utilizan el identificador de comportamiento por salto (PHBID, *per hop behaviour identifier*) para señalar el comportamiento por salto (PHB, *per hop behaviour*) correcto entre ellos. Con el PHB se pueden emplear el reenvío acelerado (EF, *expedited forwarding*) que se describe en [RFC-PHBID-EF], el reenvío asegurado (AF, *assured forwarding*) que se describe en [RFC-PHBID-AF], o el mejor reenvío posible (*best effort forwarding*) de [RFC-PHBID-AF]. El M-CMTS principal DEBE soportar el PHBID con reenvío acelerado para el modo PSP. El M-CMTS principal DEBE soportar el PHBID con el mejor reenvío posible para ambos modos DEPI. El EQAM DEBE soportar el PHBID con EF para el modo PSP. El EQAM DEBE soportar el PHBID con el mejor reenvío posible para ambos modos DEPI.

La interfaz DEPI soporta varios tipos de tráfico incluido el DOCSIS MAC y el de datos DOCSIS. Con ambos tipos de tráfico puede haber diferentes niveles de prioridad. En el funcionamiento PSP, el M-CMTS principal DEBERÍA proporcionar un mecanismo para hacer corresponder tráfico con diferentes prioridades con flujos DEPI con diferentes valores de PHB. El M-CMTS principal NO DEBERÍA utilizar el mismo PHB en varios flujos DEPI dentro de una sesión.

Conviene que la CIN proporcione el comportamiento por salto adecuado para los tipos de tráfico diferenciado. Si bien el nivel de granularidad atribuido a cada tráfico diferenciado viene dado por el operador de red, se espera que sea tal que, como mínimo, los mensajes DOCSIS MAP y el tráfico de datos VoIP tengan prioridad sobre el tráfico de mejor esfuerzo.

El EQAM utiliza el PHB señalado en el establecimiento del flujo DEPI cuando se programan varios flujos DEPI PSP en un canal QAM, conforme a 6.1.2.

#### **6.2.2 Utilización del punto de código DiffServ**

El DSCP es un valor que se encuentra en el campo DiffServ de 6 bits del encabezamiento IP. El DSCP del paquete L2TPv3 DEBERÍA atribuirse a la salida del M-CMTS principal, a fin de proporcionar la calidad de servicio para el tráfico DEPI en la CIN. El DSCP PUEDE utilizarse a la entrada del EQAM.

El M-CMTS principal DEBE marcar todos los paquetes dentro de un flujo DEPI de una sesión L2TPv3 con el mismo DSCP.

Es posible que las tramas DOCSIS encapsuladas en paquetes L2TPv3 contengan paquetes IP los cuales, a su vez, también tienen un DSCP atribuido. No se requiere que el EQAM calendarice paquetes basándose en el DSCP contenido en la trama DOCSIS.

### 6.2.3 Establecimiento de secuencias de paquetes

Para un tren de paquetes transmitido en un flujo DEPI, por cada paquete que se envíe se incrementará el número de secuencia de paquete en una unidad, conforme a 8.2 y 8.3. Si el EQAM detecta una discontinuidad en los números de secuencia de paquetes, lo que indica que se han descartado o retrasado uno o varios paquetes, se registra un error y el EQAM DEBERÍA transferir el paquete que procesa actualmente al canal QAM sin esperar los paquetes faltantes. Si el EQAM detecta una discontinuidad en los números de secuencia de paquetes, lo que indica que uno o varios paquetes han llegado tarde, dichos paquetes DEBERÍAN descartarse. El EQAM NO DEBE reenviar paquetes que no se tuvieron en cuenta debido a una discontinuidad en los números de secuencia. Estos requisitos no prohíben que se almacenen y reordenen los paquetes de tal manera que puedan ser entregados al canal QAM siguiendo la secuencia correcta, y el EQAM PUEDE efectuar dicho reordenamiento, siempre y cuando se satisfagan los requisitos de latencia de 6.1.4.

### 6.2.4 MTU de red

La red entre el M-CMTS principal y el EQAM tendrá una determinada unidad de transmisión máxima. Si hubiera que poner en un túnel una trama DOCSIS de tamaño máximo, desde el M-CMTS principal hasta el EQAM, sin fragmentación, el tamaño del paquete que resultaría podría ser demasiado grande para la CIN. En ambos modos, el D-MPT y el PSP, se evita este problema ofreciendo la transmisión continua y la fragmentación, con lo cual no es necesaria la fragmentación IP. Esta última tampoco es deseable si se considera que el EQAM puede reenviar paquetes basándose en el puerto UDP de destino, y éste sólo está disponible en el primer fragmento IP.

El MTU que se ha de utilizar en el túnel L2TPv3 entre el M-CMTS principal y el EQAM se establece en dos etapas. La primera se lleva a cabo como parte del establecimiento de sesión L2TPv3 (véase la cláusula 7) gracias a los DEPI MTU AVP. Cuando el M-CMTS principal arranca el establecimiento de sesión con un mensaje ICRQ, DEBE proporcionar al DEPI MTU AVP local un tamaño de cabida útil que sea menor que sus capacidades de recepción y que las capacidades de recepción definidas para la capa inferior a él. Las capacidades de recepción del M-CMTS principal se definen en función de sus restricciones internas y de cualquier máximo configurado. Las capacidades de recepción que se definen para su capa inferior provienen de un cálculo, que se basa en la referencia de las restricciones de tamaño de cabida útil de la interfaz por debajo de la cual se crea el túnel, conforme a A.1. El M-CMTS principal SOPORTARÁ un tamaño MTU de por lo menos 1500 bytes. El EQAM DEBE enviar tramas L2TPv3 cuyo tamaño de cabida útil es menor o igual que dicho máximo. Si el EQAM no puede satisfacer este criterio, DEBE interrumpir la creación de sesión generando un mensaje CDN. El EQAM debe tener en cuenta el mismo criterio al calcular su MTU. El EQAM DEBE soportar un tamaño MTU de por lo menos 1500 bytes, conforme a A.1. El EQAM INSERTARÁ el DEPI MTU AVP distante en el mensaje ICRP con su tamaño MTU. El M-CMTS principal DEBE enviar tramas L2TPv3 con un tamaño de cabida útil menor o igual que su máximo. Si el M-CMTS principal no puede satisfacer este criterio, DEBE interrumpir la creación de sesión generando un mensaje CDN.

La segunda etapa consiste en calcular el MTU del trayecto entre el M-CMTS principal y el EQAM. El M-CMTS principal DEBE soportar un mecanismo que impida que se envíen paquetes mayores que el MTU de red, lo cual DEBERÍA hacerse empleando el descubrimiento de MTU de trayecto que se describe en [RFC-MTU]. En la cláusula A.3 se resume brevemente el protocolo de descubrimiento de MTU de trayecto. De otra parte, esto se PUEDE hacer gracias a una opción de configuración estática. Tanto el M-CMTS principal como el EQAM MUST pueden configurar estáticamente una MTU para cada sesión L2TPv3. A fin de evitar la fragmentación IP, el M-CMTS principal y el EQAM PONDRÁN el bit "No fragmentar" (DF, *don't fragment*) en el encabezamiento IPv4 para todas las transmisiones en el pseudoalambre L2TPv3.

### 6.3 Aspectos de temporización del sistema

Para garantizar un funcionamiento adecuado del sistema, el M-CMTS principal DEBERÍA emplear una base de tiempo cuyo retardo esté dentro del rango que va de 0 a 100 ciclos del reloj regente (aproximadamente 10  $\mu$ s), comparado con el tiempo comunicado a través de la salida del puerto de prueba de cliente DTI. El M-CMTS principal SOPORTARÁ ya sea una frecuencia de reloj regente de 10,24 MHz o una de 9,216 MHz, en función de en cuál región está funcionando.

Se espera que esta diferencia de tiempo entre el tiempo comunicado a través de la salida del puerto de prueba de cliente DTI y la referencia de tiempo aplicada por un M-CMTS principal sea esencialmente constante. Los requisitos de esta Recomendación no excluyen que un M-CMTS principal pueda tardar más de 100 ciclos de reloj en el proceso del tiempo transportado en el DTI, aunque, de ser el caso, el M-CMTS principal tendría que ajustar internamente la base de tiempo aplicada, de tal manera que se retarde entre cero y 100 ciclos de reloj a partir de la base de tiempo transportada por la DTI.

## 7 Plano de control DEPI

NOTA – Esta cláusula es normativa.

El plano de control DEPI se basa en la señalización L2TPv3. En esta Recomendación se pretende seguir las disposiciones de [RFC-L2TPv3]. En esta cláusula se presentan algunos ejemplos de utilización de la señalización L2TPv3, y se incluyen las extensiones e interpretaciones de la especificación [RFC-L2TPv3], cuando se aplica a DOCSIS.

El M-CMTS principal y el EQAM DEBEN satisfacer todos los requisitos especificados en [RFC-L2TPv3] salvo si en la presente Recomendación se indica explícitamente que determinado requisito de [RFC-L2TPv3] no es necesario.

### 7.1 Topología

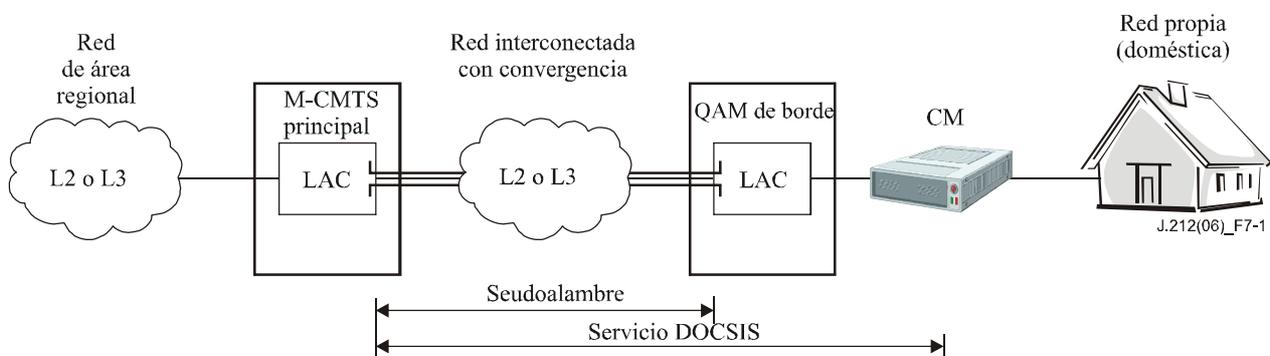


Figura 7-1/J.212 – Topología L2TP para CMTS modular

En la figura 7-1 se muestra cómo se corresponde la arquitectura CMTS modular con la topología L2TP. En la nomenclatura L2TPv3, el M-CMTS principal y el EQAM se denominan concentradores de acceso L2TP (LAC, *L2TP access concentrator*). El M-CMTS principal y el EQAM se consideran como pares y también se les puede llamar nodos L2TP o puntos extremos de conexión de control L2TP (LCCE, *L2TP control connection endpoints*). A los efectos definidos en esta Recomendación, cada LCCE se identifica en la red mediante una sola dirección IP. Las conexiones entre dos LCCE se denominan seudoalambres (PW, *pseudowires*).

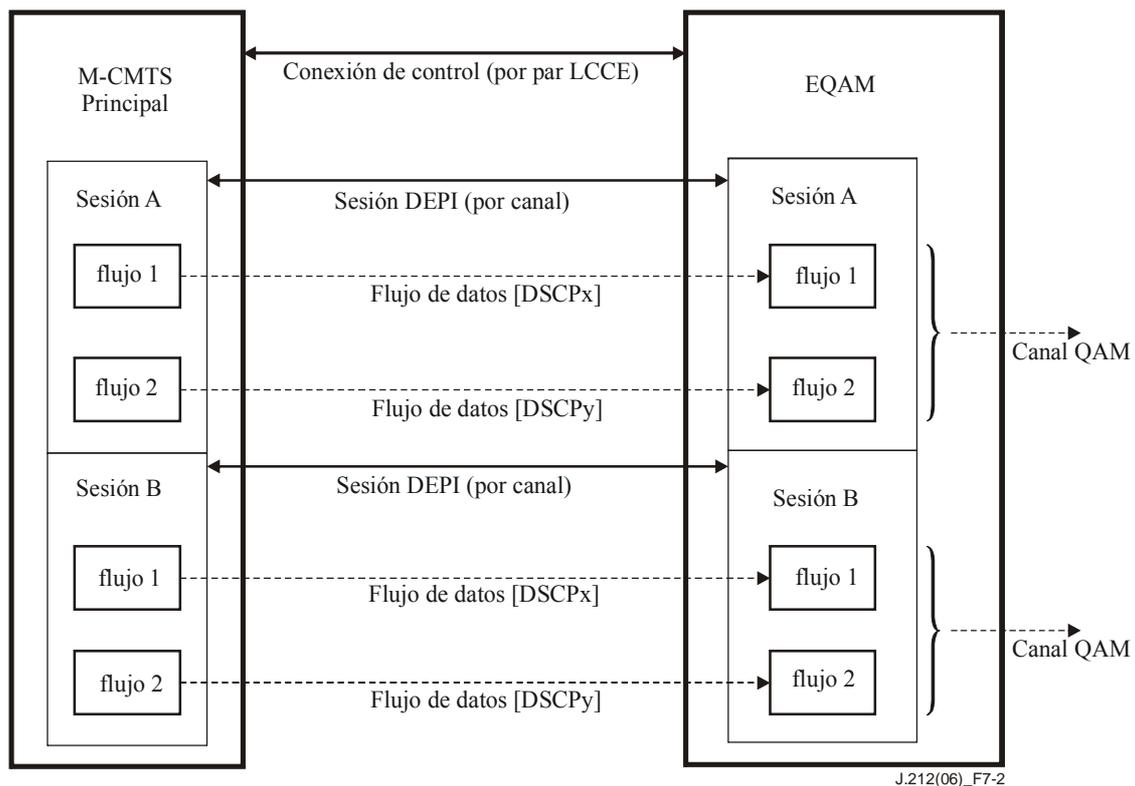
El L2TP soporta el trayecto de datos y el trayecto de control en banda. En la nomenclatura L2TPv3, los mensajes de datos se envían a través del canal de datos, y los de control a través de la conexión de control.

Se establece primero una conexión de control entre los dos LCCE, y luego una sesión. Una sesión L2TP se establece antes de que el L2TP empiece a reenviar tramas de sesión para datos. Es posible que haya varias sesiones vinculadas a una conexión de control.

## 7.2 Direccionamiento

El M-CMTS principal DEBERÍA emplear la dirección IP del EQAM y el TSID del canal QAM para identificar unívocamente un canal QAM dentro de un EQAM, durante la configuración inicial.

El M-CMTS principal ESTABLECERÁ por lo menos una conexión de control por cada par LCCE. Esta conexión de control gestionará todas las sesiones entre el M-CMTS principal y el EQAM. Si se está utilizando el encabezamiento UDP, la conexión de control DEBERÍA servirse del puerto 1701 UDP.

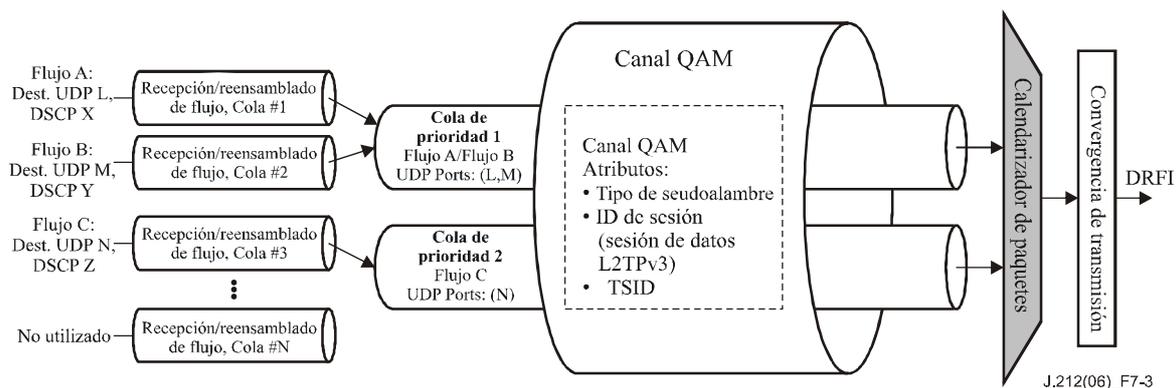


**Figura 7-2/J.212 – Jerarquía de direccionamiento DEPI**

El M-CMTS principal DEBE soportar la creación de una sola sesión por canal QAM. El EQAM DEBE soportar una sola sesión por canal QAM. Cada sesión DEPI emplea uno de los tipos pseudoalambre que se describen en 7.5.1.1. Conforme a [RFC-L2TPv3], el M-CMTS principal y el EQAM atribuyen un ID único de sesión L2TPv3 a cada sesión. El M-CMTS principal NO DEBE intentar crear una sesión en un canal QAM para el cual el M-CMTS principal ya tenga una sesión activa. Salvo si se configura específicamente para aceptarlo, el EQAM RECHAZARÁ todo intento de establecimiento de sesión a un canal QAM para el cual ya se ha establecido una sesión.

El M-CMTS principal PUEDE crear varios flujos PSP por sesión. Es posible que implementaciones diferentes del EQAM soporten cantidades diferentes de flujos PSP en una sesión DEPI dada, algo que se trata con detalle en 6.1. Durante el establecimiento de sesión L2TPv3, el EQAM ATRIBUIRÁ a cada flujo un ID único. El reensamblado, si lo hubiere, se hace por ID de flujo en el EQAM. El EQAM PUEDE atribuir a cada flujo un puerto único de destino UDP. El M-CMTS principal DEBE dirigir los paquetes DEPI utilizando el puerto de destino UDP (si se utiliza el

encabezamiento UDP), el ID de sesión L2TPv3 y el ID de flujo atribuidos por el EQAM. Lo anterior se resume en la figura 7-2 y se explica con más detalle en la figura 7-3.



**Figura 7-3/J.212 – Jerarquía de direccionamiento DEPI**

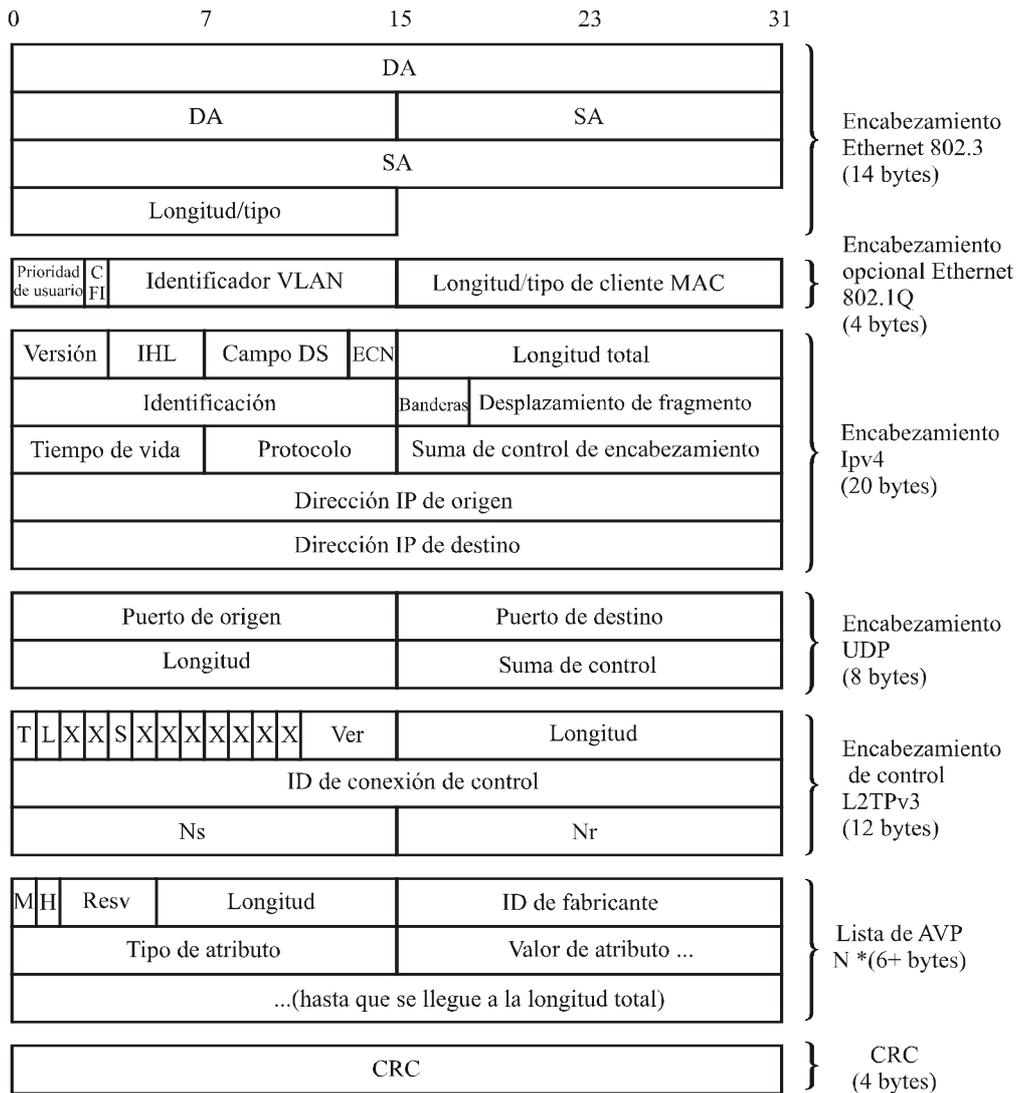
### 7.3 Formato de mensaje de control

El formato de un paquete de control DEPI, conforme a las figuras 7-4 y 7-5, se basa en [RFC-L2TPv3], con extensiones para DOCSIS. En 8.1 se describen los campos que son comunes con el paquete de datos DEPI, mientras que a continuación se describen los campos que tienen una utilización diferente o que son nuevos. A menos que se indique lo contrario, todos los valores se muestran en notación decimal.

La decisión de utilizar o no un encabezamiento UDP es asunto de configuración del sistema y no es un parámetro negociado DEPI. La versión UDP de DEPI sirve en sistemas que emplean el puerto UDP para hacer corresponder flujos a un canal QAM dentro de un EQAM. La versión no UDP de DEPI está destinada a sistemas que utilizan el ID de sesión L2TPv3 para hacer corresponder flujos con un QAM dentro de un EQAM.

El M-CMTS principal SOPORTARÁ DEPI con un encabezamiento UDP. El M-CMTS PUEDE soportar DEPI sin encabezamiento UDP. El EQAM PUEDE soportar DEPI sin encabezamiento UDP. El EQAM SOPORTARÁ DEPI con un encabezamiento UDP.

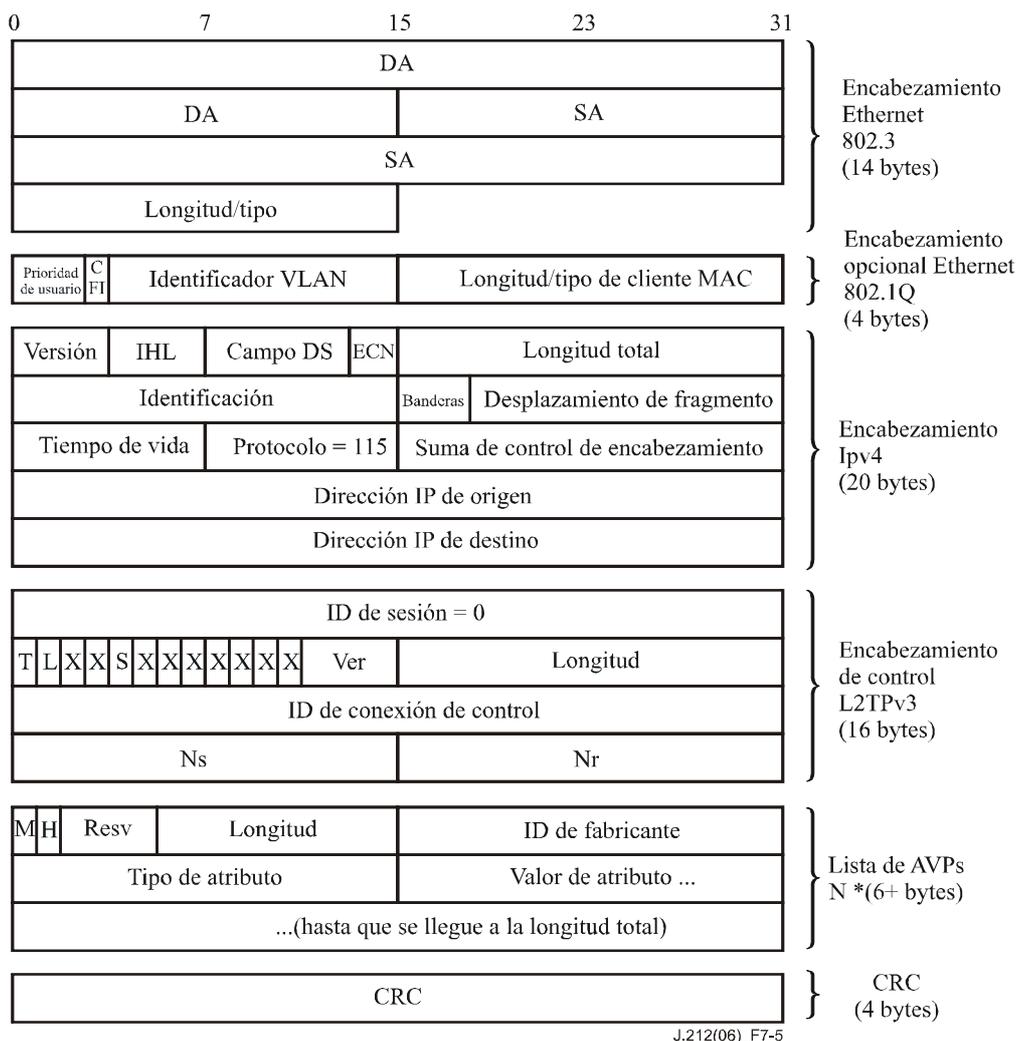
### 7.3.1 Mensaje de control con un encabezamiento UDP



J.212(06)\_F7-4

**Figura 7-4/J.212 – Paquete de control DEPI con UDP**

## 7.3.2 Mensaje de control sin encabezamiento UDP



**Figura 7-5/J.212 – Paquete de control DEPI con UDP**

## 7.3.3 Encabezamientos comunes para los mensajes de control y los de datos

### 7.3.3.1 Encabezamiento Ethernet 802.3

El encabezamiento Ethernet se define en [IEEE-802.3]. La dirección de destino Ethernet es una dirección única. No se especifica el funcionamiento con la DEPI a través de un grupo de direcciones Ethernet. Es posible administrar la dirección de destino Ethernet localmente o mundialmente.

Al transmitir esta trama el M-CMTS principal, la dirección de destino Ethernet será la dirección Ethernet del EQAM o del encaminador del próximo salto. Cuando la recibe el EQAM, la dirección de origen Ethernet será la dirección Ethernet del puerto de salida del M-CMTS principal o del encaminador del salto anterior.

Si la interfaz de red es Ethernet, tanto el M-CMTS principal como el EQAM DEBEN soportar el encabezamiento Ethernet. Si se estuviera utilizando otra interfaz de capa física, que no sea Ethernet, se reemplazarían los encabezamientos Ethernet por el formato correspondiente a dicha interfaz.

### 7.3.3.2 Encabezamiento Ethernet 802.1Q

El encabezamiento Ethernet 802.1Q se define en [IEEE-802.1Q]. La utilización de este encabezamiento, que es facultativa, permite contar con la prioridad de tramas y el soporte de VLAN

en la capa 2. El M-CMTS principal DEBE poder soportar el encabezamiento Ethernet 802.1Q. El M-CMTS principal DEBERÍA soportar la correspondencia de la prioridad de usuario 802.1Q de los paquetes puestos en túnel, basándose en el valor DSCP de un paquete IP de túnel. El EQAM DEBERÍA soportar el encabezamiento Ethernet 802.1Q.

#### **7.3.3.3 Encabezamiento IPv4**

El encabezamiento IP se define en [RFC-IP]. La dirección IP de origen es una dirección IP que pertenece al M-CMTS principal. Actualmente, la dirección IP de destino es unidifusión y pertenece al EQAM. No se especifica aquí el funcionamiento con la DEPI que utiliza la multidifusión IP.

A los efectos de la implementación, y a fin de coexistir con las políticas de red incompatibles con la fragmentación IP, no es necesario que los EQAM efectúen el reensamblado IP. El M-CMTS principal NO DEBE utilizar fragmentación IP. El M-CMTS principal FIJARÁ el bit DF (sin fragmentación) del IP.

El M-CMTS principal DEBE soportar un DSCP de 6 bits que se ha de emplear en el campo DS. El campo DS y el DSCP se describen en [RFC-DSCP-1] (RFC 2983) y [RFC-DSCP-2] (RFC 3260).

El M-CMTS principal SOPORTARÁ el encabezamiento IPv4. El EQAM DEBE soportar el encabezamiento IPv4.

#### **7.3.3.4 Encabezamiento UDP**

El encabezamiento UDP se define en [RFC-UDP]. Los valores del puerto de origen y del puerto de destino UDP se determinan a través del plano de control L2TPv3 entre el M-CMTS principal y el EQAM. Dichos valores DEBERÍAN ser conformes a [IANA-PORTS].

Al transmitir paquetes, tanto el EQAM como el M-CMTS principal DEBEN soportar la generación de sumas de control UDP, conforme a [RFC-UDP]. El remitente PUEDE poner la suma de control igual a 0 para los mensajes de datos L2TPv3. En [RFC-UDP] se reserva este valor para indicar que no se ha calculado la suma de control. El remitente NO DEBE poner la suma de control UDP igual a 0 para los mensajes de control L2TPv3. El que recibe DEBE soportar la validación del campo suma de control UDP, con arreglo a [RFC-UDP].

El M-CMTS principal SOPORTARÁ el encabezamiento UDP. El EQAM DEBE soportar el encabezamiento UDP.

#### **7.3.3.5 CRC**

La CRC es del tipo CRC-32 definido en [IEEE-802.3].

El M-CMTS principal DEBE soportar el campo CRC. El EQAM DEBE soportar el campo CRC.

### **7.3.4 Encabezamientos específicos para mensajes de control**

#### **7.3.4.1 Encabezamiento de control L2TPv3**

Estos campos, que se definen en [RFC-L2TPv3] y se repiten aquí como referencia, significan lo siguiente:

- |            |  |
|------------|--|
| <b>T</b>   | Bit de tipo. Se DEBE poner a 1, para indicar que se trata de un mensaje de control.                              |
| <b>L</b>   | Bit de longitud. Se DEBE poner a 1, para indicar que está presente el campo Longitud.                            |
| <b>S</b>   | Bit de secuencia. Se DEBE poner a 1, para indicar que están presentes números de secuencia (Ns y Nr).            |
| <b>X</b>   | Bits reservados. Todos los bits reservados SE DEBEN poner a 0 en mensajes salientes, e ignorar en los entrantes. |
| <b>Ver</b> | Versión. 4 bits. Se pone a 3.  |

<b>Longitud</b>	2 bytes. Indica la longitud total del mensaje en octetos, que siempre se calcula desde el inicio del encabezamiento del mensaje de control propiamente dicho, empezando por el bit T. No incluye el ID de sesión (mostrado en la figura 7-5) si lo hubiere.
<b>CCID</b>	Identificador de control de conexión. 4 bytes. Se negocia para cada conexión de control.
<b>Ns</b>	Número de secuencia de envío. 2 bytes. Indica la secuencia de envío de este mensaje de control.
<b>Nr</b>	Número de secuencia de recepción. 2 bytes. Indica la próxima secuencia de recepción que se espera.

#### 7.3.4.2 Pares valor atributo (AVP)

Puede haber uno o varios pares valor atributo (AVP, *attribute value pairs*) por cada mensaje de control DEPI. Los campos tienen el siguiente significado:

<b>M</b>	Bit obligatorio ( <i>mandatory</i> ). Si se pone a 1 y se rechaza este AVP, se interrumpirá la sesión de conexión de control o el establecimiento de sesión en que se transporta el AVP.
<b>H</b>	Bit escondido ( <i>hidden</i> ). Se pone a 1 cuando el contenido del mensaje AVP está criptado y a 0 cuando no lo está. En la DEPI no se requiere la criptación de los mensajes AVP.
<b>Resv</b>	Reservado. 4 bits. Se pone a todo ceros durante la transmisión. Se ignora en recepción.
<b>Longitud</b>	10 bits. Igual a la longitud del campo valor atributo más 6 bytes.
<b>ID de fabricante</b>	2 bytes. Para los AVP que se definen en [RFC-L2TPv3] este campo se pone a 0. Tratándose de los AVP definidos en esta Recomendación, se pone al ID de fabricante atribuido por IANA: 4491 (0x118B). En el caso de los AVP que se definen por fuera del alcance de esta Recomendación, es posible ponerlo a un ID específico del fabricante.
<b>Tipo de atributo</b>	2 bytes.
<b>Valor de atributo</b>	N bytes.
<b>Reservado</b>	8 bits. Si un AVP tiene un campo reservado, los bits de este campo se deberían poner a 0 durante la transmisión e ignorar en recepción.

Si un LCCE recibe un AVP cuyo ID de fabricante no reconoce, DEBE descartar discretamente el AVP o terminar la sesión, dependiendo del valor del bit Obligatorio.

## 7.4 Señalización

En el cuadro 7-1 se muestran los mensajes L2TPv3 que soporta el plano de control DEPI:

**Cuadro 7-1/J.212 – Mensajes de control DEPI**

#	Ayuda nemotécnica	Nombre
<b>Gestión de conexión de control</b>		
1	SCCRQ	Iniciar control de conexión – petición ( <i>Start-Control-Connection-Request</i> )
2	SCCRP	Iniciar control de conexión – respuesta ( <i>Start-Control-Connection-Reply</i> )
3	SCCCN	Iniciar control de conexión – conectada ( <i>Start-Control-Connection-Connected</i> )
4	StopCCN	Iniciar control de conexión – notificación ( <i>Stop-Control-Connection-Notification</i> )
6	HELLO	Hello
20	ACK	Acuse ( <i>acknowledgement</i> ) explícito
<b>Gestión de sesión</b>		
10	ICRQ	Petición de llamada entrante ( <i>Incoming-Call-Request</i> )
11	ICRP	Respuesta de llamada entrante ( <i>Incoming-Call-Reply</i> )
12	ICCN	Llamada entrante – conectada ( <i>Incoming-Call-Connected</i> )
14	CDN	Notificar desconexión de llamada ( <i>Call-Disconnect-Notify</i> )
16	SLI	Información de establecimiento de enlace ( <i>Set Link Info</i> )

No es necesario soportar los mensajes de llamada saliente L2TPv3 (OCRQ, OCRP, OCCN) ni el mensaje notificar error (WEN, *WAN-error-notify*).

Hay un mecanismo fiable de entrega de mensajes de control que se lleva a cabo ya sea enviando un mensaje de acuse explícito (ACK) después de cualquiera de los mensajes de control, o bien remolcando un acuse de recibo con los campos Nr y Ns en un mensaje posterior de control. Si no se acusa recibo de mensajes de control antes de que expire el temporizador de mensaje de control (véase el anexo B), se DEBE retransmitir el mensaje de control tantas veces como lo indique la cuenta de reensayos del mensaje de control (*control message retry count*, véase el anexo B). Por ejemplo, hay que retransmitir el mensaje de control 10 veces utilizando un valor de variación exponencial del tiempo de espera que comience en 1 segundo y aumente hasta un máximo de 8 segundos.

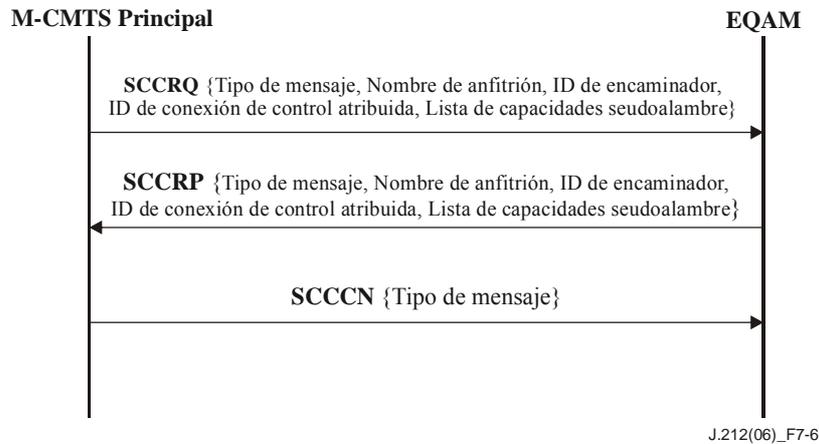
NOTA – Habrá 7 intervalos de 8 segundos en este esquema.

Se PUEDE soportar la autenticación de mensajes de control, en cuyo caso habría que seguir los métodos descritos en la sección 5.4.1 de [RFC-L2TPv3].

En el siguiente diagrama de flujo se muestra un intercambio característico de mensajes DEPI, junto con los AVP requeridos desde el L2TPv3 y la DEPI. Si bien puede haber AVP opcionales, éstos no se muestran.

## 7.4.1 Señalización de control de conexión

### 7.4.1.1 Establecimiento de control de conexión

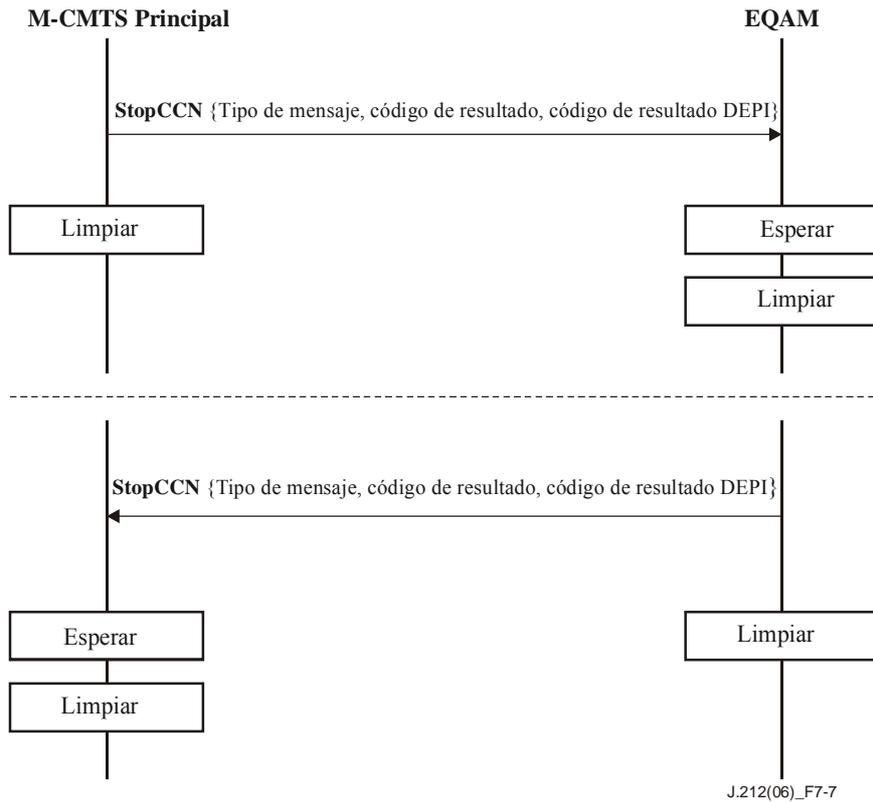


**Figura 7-6/J.212 – Establecimiento de control de conexión DEPI**

Para poder poner en un túnel las tramas DOCSIS a través del IP y utilizando L2TPv3, se establece en primer lugar una conexión de control L2TPv3, como se describe en [RFC-L2TPv3]. Dicho establecimiento de conexión de control involucra un intercambio de AVP que identifican el par y sus capacidades. Cada conexión de control tiene un ID de conexión atribuido por el destinatario, y negociado con los AVP de ID de conexión durante la creación de una conexión de control.

El M-CMTS principal SOPORTARÁ la capacidad de iniciar la señalización de conexión de control (remitente L2TPv3). El EQAM DEBE soportar la capacidad de recibir peticiones entrantes de conexión de control del M-CMTS principal (destinatario L2TPv3). La DEPI no requiere el establecimiento de conexiones de control por el EQAM, y queda fuera del alcance de esta Recomendación.

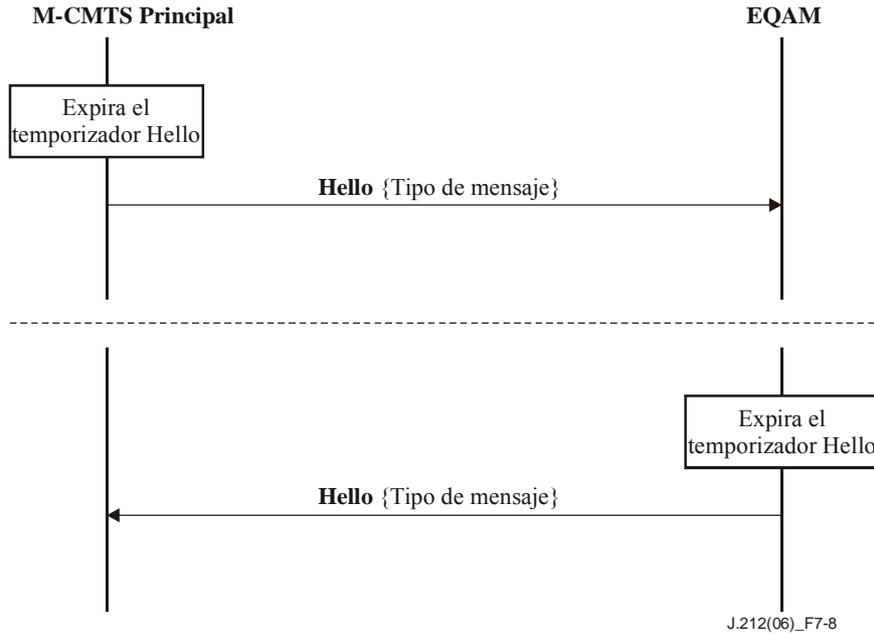
### 7.4.1.2 Supresión de conexión de control



**Figura 7-7/J.212 – Supresión de conexión de control DEPI**

Cualquiera de los LCCE puede iniciar la supresión de conexión de control, que se logra enviando un solo mensaje de control StopCCN. Es posible que, al enviar el StopCCN, en una implementación se suprima una conexión completa de control y todas las sesiones correspondientes. Es decir, no es necesario parar cada sesión independientemente cuando se suprime toda la conexión de control. El par que recibe el mensaje StopCCN DEBE mantener el estado de sesión y control durante un periodo de tiempo igual al tiempo de expiración de temporizador StopCCN (anexo B), tras acusar recibo del StopCCN. Esta disposición tiene como fin permitir encargarse de acusos de recepción perdidos.

### 7.4.1.3 Mantenimiento en actividad de la conexión de control

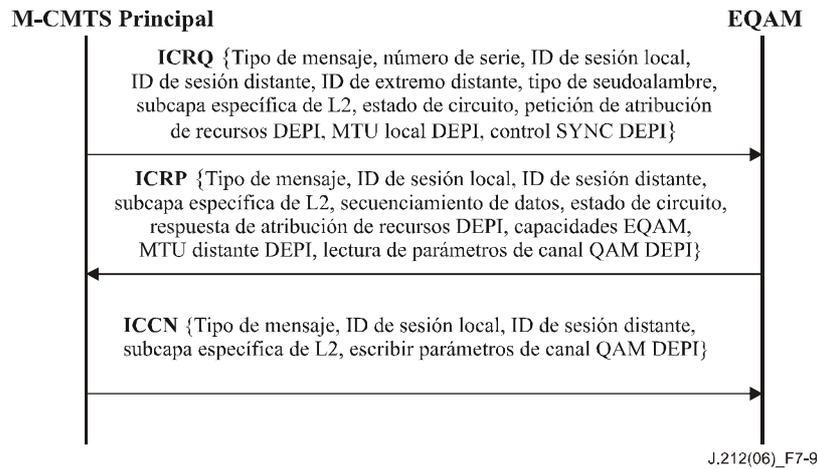


**Figura 7-8/J.212 – Mantenimiento en actividad DEPI**

Se pone en marcha un mantenimiento en actividad periódico para la conexión de control, enviando un mensaje Hello cuando haya transcurrido un tiempo conocido como el temporizador Hello (véase el anexo A) sin recibir mensajes (de datos o de control) del par.

### 7.4.2 Señalización de sesión

#### 7.4.2.1 Establecimiento de sesión



**Figura 7-9/J.212 – Establecimiento de sesión DEPI**

Tras el establecimiento con éxito de la conexión de control, se pueden crear las sesiones, cada una de las cuales corresponde a un solo tren de datos entre dos LCCE. Además de los AVP obligatorios y opcionales de [RFC-L2TPv3], se emplean los siguientes AVP específicos de la DEPI como parte del establecimiento de sesión.

La ICRQ contiene el AVP ID de extremo distante que a su vez incluye el TSID del canal QAM al que está destinada la sesión.

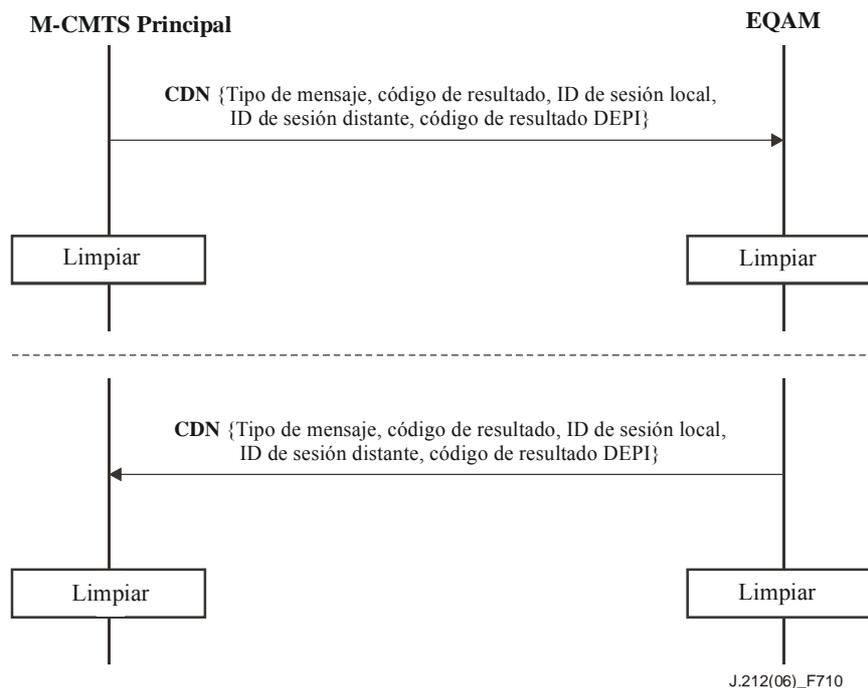
La ICRP contiene el AVP de sesión distante que indica el ID de sesión que el EQAM quiere utilizar. La ICRP también contiene una serie de AVP de canal QAM (véase la subcláusula 7.5.2) que indica la configuración actual del EQAM, cuáles parámetros se pueden modificar, las capacidades EQAM y valores atribuidos, como los valores de puerto UDP. Si estos valores no son aceptables para el M-CMTS principal, éste devolverá un mensaje CDN que contenga el código de error apropiado.

La ICCN contiene los parámetros que quiere cambiar el M-CMTS principal. Si estos parámetros son aceptables para el EQAM, éste devolverá un ACK (explícito o implícito). Si no lo son, el EQAM devolverá un mensaje CDN que contenga el código de error adecuado.

La recepción y el procesamiento de la ICCN provocan la activación de la iniciación del reenvío de datos en el EQAM para la sesión. El EQAM NO DEBE transmitir datos a través del canal QAM mientras no se haya configurado la sesión, conforme a los parámetros presentes en el mensaje ICCN. El EQAM NO DEBERÍA almacenar datos en la memoria intermedia mientras se esté configurando la sesión.

El M-CMTS principal DEBE soportar la capacidad de generar señalización de establecimiento de sesión. El EQAM SOPORTARÁ la capacidad de recibir peticiones de establecimiento de sesión entrante del M-CMTS principal. El establecimiento de sesiones L2TP por el EQAM está fuera del alcance de esta Recomendación.

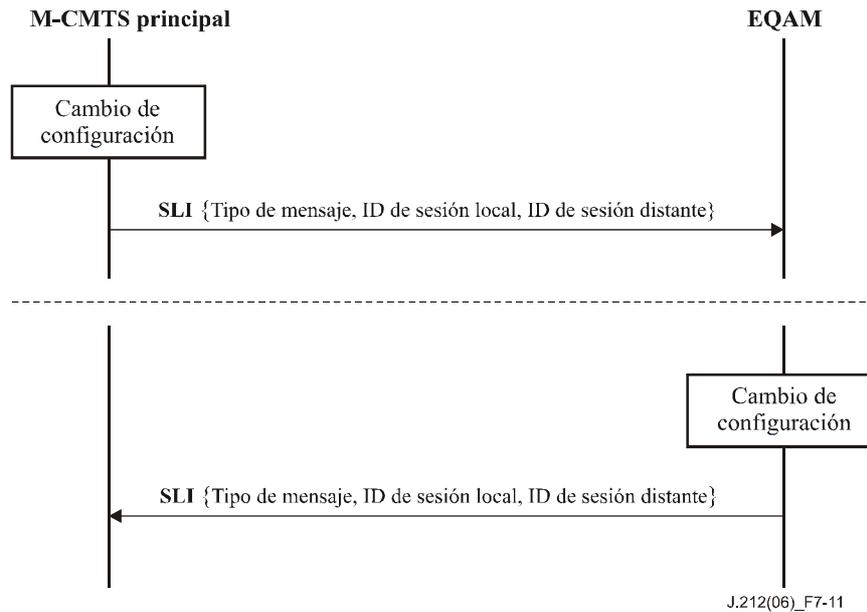
#### 7.4.2.2 Supresión de sesión



**Figura 7-10/J.212 – Supresión de sesión DEPI**

Cualquiera de los LCCE puede iniciar la supresión de sesión, que se logra enviando un solo mensaje de control CDN. Es posible que, al enviar el StopCCN, una implementación suprima una conexión completa de control y todas las sesiones correspondientes. Es decir, no es necesario parar cada sesión independientemente cuando se suprime toda la conexión de control.

### 7.4.2.3 Actualizaciones de sesión



**Figura 7-11/J.212 – Actualizaciones de sesión DEPI**

En caso de cambio de configuración de uno de los parámetros EQAM descrito por un DEPI AVP, el M-CMTS principal ENVIARÁ el AVP actualizado al EQAM con el mensaje Información de establecimiento de enlace (SLI, *set-link-info*). De haber un cambio de configuración en uno de los parámetros del EQAM descritos por un DEPI AVP, el EQAM DEBERÁ enviar el AVP actualizado al M-CMTS utilizando un mensaje SLI.

### 7.4.3 AVP requeridos y facultativos

Además de los AVP obligatorios y opcionales que se enumeran en [RFC-L2TPv3] y que se modifican en la figura 7-3, los siguientes DEPI AVP enumerados en el cuadro 7-2 DEBEN estar presentes en el mensaje de control DEPI si son obligatorios, y PUEDEN estar presentes si son facultativos.

**Cuadro 7-2/J.212 – AVP obligatorios y facultativos DEPI**

<b>Mensaje de control DEPI</b>	<b>AVP obligatorios DEPI</b>	<b>AVP facultativos DEPI</b>
ICRQ	Petición de atribución de recursos DEPI MTU DEPI local Control DOCSIS SYNC de canal QAM DS	Puerto UDP local
ICRP	Respuesta de atribución de recursos DEPI MTU DEPI distante Capacidades EQAM Frecuencia de canal QAM DS Potencia de canal QAM DS Modulación de canal QAM DS Canal QAM DS, anexo a la J.83 Velocidad de símbolos de canal QAM DS Profundidad de intercalado de canal QAM DS Silencio RF de canal QAM DS	Grupo TSID de canal QAM DS
ICCN		Frecuencia de canal QAM DS Potencia de canal QAM DS Modulación de canal QAM DS Canal QAM DS, anexo a la J.83 Velocidad de símbolos de canal QAM DS Profundidad de intercalado de canal QAM DS Silencio RF de canal QAM DS
CDN		Código de resultado DEPI
SLI		Control DOCSIS SYNC de canal QAM DS Frecuencia de canal QAM DS Potencia de canal QAM DS Modulación de canal QAM DS Canal QAM DS, anexo a la J.83 Velocidad de símbolos de canal QAM DS Profundidad de intercalado de canal QAM DS Silencio RF de canal QAM DS

## 7.5 Definiciones AVP

### 7.5.1 AVP L2TPv3 convencionales

En el cuadro 7-3 se muestran los tipos de AVP de [RFC-L2TPv3] y [RFC-L2TP-DSCP] que se soportan como parte de esta Recomendación.

**Cuadro 7-3/J.212 – AVP L2TPv3 soportados por la DEPI**

Tipo de atributo	Control, Sesión	Descripción	Requerido	No requerido
0	C, S	Tipo de mensaje	●	
1	S	Código de resultado	●	
5	C, S	Desempate control/sesión		●
7	C	Nombre de anfitrión	●	
8	C	Nombre de fabricante		●
10	C	Tamaño de ventana en recepción		●
15	S	Número de serie	●	
25	S	ID de canal físico		●
34	S	Errores de circuito		●
36	C, S	Vector aleatorio		●
47	C	DSCP de conexión de control		●
48	S	DSCP de sesión		●
58	C, S	AVP ID ampliado de fabricante		●
59	C, S	Resumen de mensaje		●
60	C	ID de encaminador	●	
61	C	ID atribuido de conexión de control	●	
62	C	Lista de capacidades pseudoalambre	●	
63	S	ID de sesión local	●	
64	S	ID de sesión distante	●	
65	S	Cookie atribuida		●
66	S	ID de extremo distante	●	
68	S	Tipo de pseudoalambre	●	
69	S	Subcapa específica L2	●	
70	S	Secuenciamiento de datos	●	
71	S	Estado de circuito	●	
72	C	Idioma preferido		●
73	C	Autenticación de mensaje de control Nonce		●
74	S	Velocidad de conexión Tx		●
75	S	Velocidad de conexión Rx		●

A continuación se describen los AVP convencionales, cuya utilización es específica de la DEPI. En [RFC-L2TPv3] se pueden encontrar más detalles al respecto, así como los requisitos para los AVP convencionales.

**7.5.1.1 Tipo de mensaje (Todos los mensajes)**

0	7	15	23	31
M	H	Resv	Longitud = 8	ID de fabricante = 0
Tipo de atributo = 0			Tipo de mensaje	

**Figura 7-12/J.212 – AVP Tipo de mensaje**

De esta manera se identifica el mensaje de control L2TPv3 particular. Siempre es el primer AVP.

### 7.5.1.2 Código de resultado (StopCCN, CDN)

0		7		15		23		31	
M	H	Resv	Longitud = 8 + N			ID de fabricante = 0			
Tipo de atributo = 1						Código de resultado			
Código de error (facultativo)						Mensaje de error ...			
... Mensaje de error (Optional)									

**Figura 7-13/J.212 – AVP Código de resultado**

Este mensaje contiene códigos de resultado, códigos facultativos de error y mensajes facultativos de error, cuando se suspende una conexión de control o una sesión.

### 7.5.1.3 Nombre de anfitrión (SCCRQ, SCCRQ)

0		7		15		23		31	
M	H	Resv	Longitud = 6 + N			ID de fabricante = 0			
Tipo de atributo = 7						Anfitrión ...			
... Nombre ...									

**Figura 7-14/J.212 – AVP Nombre de anfitrión**

A menudo, el nombre de anfitrión es el nombre de dominio totalmente cualificado (FQDN, *fully qualified domain name*) de cada dispositivo.

### 7.5.1.4 Nombre de fabricante (SCCRQ, SCCRQ)

0		7		15		23		31	
M	H	Resv	Longitud = 6 + N			ID de fabricante = 0			
Tipo de atributo = 8						Fabricante ...			
... Nombre ...									

**Figura 7-15/J.212 – AVP Nombre de fabricante**

El M-CMTS principal DEBERÍA identificarse empleando una cadena ASCII de ID de fabricante durante el mensaje SCCRQ. El EQAM DEBERÍA identificarse empleando una cadena ASCII de ID de fabricante durante el mensaje SCCRQ. Cabe observar que se trata de un AVP facultativo en [RFC-L2TPv3].

### 7.5.1.5 Número de serie (ICRQ, OCRQ)

0		7		15		23		31	
M	H	Resv	Longitud = 10			ID de fabricante = 0			
Tipo de atributo = 15						Serie ...			
... Nombre									

**Figura 7-16/J.212 – AVP Número de serie**

El remitente del mensaje atribuye este número, que es conceptualmente similar a un ID y que sirve especialmente para encontrar errores en los flujos de mensaje.

### 7.5.1.6 ID de encaminador (SCCRQ, SCCRP)

0		7		15		23		31	
M	H	Resv	Longitud = 10			ID de fabricante = 0			
Tipo de atributo = 60						Encaminador ...			
... ID									

**Figura 7-17/J.212 – AVP ID de encaminador**

El ID de encaminador suele ser la dirección IP de cada punto extremo.

### 7.5.1.7 ID atribuido de conexión de control (SCCRQ, SCCRP, StopCCN)

0		7		15		23		31	
M	H	Resv	Longitud = 10			ID de fabricante = 0			
Tipo de atributo = 61						Control de conexión ...			
... ID									

**Figura 7-18/J.212 – AVP ID atribuido de conexión de control**

Se trata del ID de conexión para DEPI. Durante SCCRQ, el M-CMTS principal emplea este AVP para informar al EQAM del valor del ID de conexión de control que ha de utilizar en el encabezamiento de control L2TPv3, para los mensajes de control que tienen su origen en el EQAM. Durante SCCRP, el EQAM se sirve de este AVP para informar al M-CMTS principal del valor del ID de conexión de control que ha de utilizar en el encabezamiento de control L2TPv3, para los mensajes de control que tienen su origen en el M-CMTS principal. Dado que el EQAM no ha informado el M-CMTS principal antes del primer mensaje SCCRQ, el M-CMTS principal emplea un valor 0 para el ID de conexión de control en el encabezamiento de control L2TPv3 del mensaje SCCRQ.

### 7.5.1.8 Lista de capacidades pseudoalambre (SCCRQ, SCCRP)

0		7		15		23		31	
M	H	Resv	Longitud = 6 + 2N			ID de fabricante = 0			
Tipo de atributo = 62						Tipo de pseudoalambre 0			
Tipo de pseudoalambre 1						Tipo de pseudoalambre N			

**Figura 7-19/J.212 – AVP Lista de capacidades pseudoalambre**

La lista de capacidades pseudoalambre identifica las capacidades del M-CMTS principal y del EQAM. Se definen dos tipos de PW para la DEPI. Véase el cuadro 7-4.

**Cuadro 7-4/J.212 – Tipos de pseudoalambre**

Tipo de pseudoalambre	Ayuda nemotécnica	Valor
Seudoalambre MPT	MPTPW	0x000C*
Seudoalambre PSP	PSPPW	0x000D*
* Hay que considerarlos como valores temporales, mientras la IANA los atribuye oficialmente.		

El M-CMTS principal DEBE indicar que soporta los modos PSP y D-MPT, mediante la inclusión de un tipo PW DEPI, o ambos, en la lista de capacidades pseudoalambre. El EQAM INDICARÁ que soporta los modos PSP y D-MPT, mediante la inclusión de un tipo PW DEPI, o ambos, en la lista de capacidades pseudoalambre.

### 7.5.1.9 ID de sesión local (ICRQ, ICRP, ICCN, CDN, SLI)

0	7	15	23	31
M	H	Resv	Longitud = 10	ID de fabricante = 0
Tipo de atributo = 63				Sesión local ...
... ID				

**Figura 7-20/J.212 – AVP ID de sesión local**

Cuando se establece una sesión, el M-CMTS principal y el EQAM escogen cada uno su propio ID de sesión y se los comunican entre sí por medio de este AVP. Siendo así, el establecimiento de una sesión implica el establecimiento de dos sesiones unidireccionales, una en cada sentido.

### 7.5.1.10 ID de sesión distante (ICRQ, ICRP, ICCN, CDN, SLI)

0	7	15	23	31
M	H	Resv	Longitud = 10	ID de fabricante = 0
Tipo de atributo = 64				Sesión distante ...
... ID				

**Figura 7-21/J.212 – AVP ID de sesión distante**

Cuando el M-CMTS principal o el EQAM se envían mensajes de sesión mutuamente, se pone el ID de sesión distante igual al ID que se obtuvo antes a partir del ID de sesión local. Si no se conoce aún el ID de sesión distante, se pone a 0.

### 7.5.1.11 ID de extremo distante (ICRQ)

0	7	15	23	31
M	H	Resv	Longitud = 8	ID de fabricante = 0
Tipo de atributo = 66				ID distante = TSID

**Figura 7-22/J.212 – AVP ID de extremo distante**

DEPI utiliza el TSID del canal QAM como ID de extremo distante. El TSID es un entero sin signo de dos octetos que sirve para vincular una sesión a un canal QAM.

### 7.5.1.12 Tipo de pseudoalambre (ICRQ)

0	7	15	23	31
M	H	Resv	Longitud = 8	ID de fabricante = 0
Tipo de atributo = 68				Tipo de pseudoalambre

**Figura 7-23/J.212 – AVP Tipo de pseudoalambre**

DEPI utiliza los valores de tipo de pseudoalambre definidos en 7.5.1.8 para indicar cuál es el tipo de sesión DEPI solicitada.

### 7.5.1.13 Subcapa específica L2 (ICRQ, ICRP, ICCN)

0	7	15	23	31
M	H	Resv	Longitud = 8	ID de fabricante = 0
Tipo de atributo = 69				Tipo de subcapa específica L2

**Figura 7-24/J.212 – AVP Subcapa específica L2**

El M-CMTS principal DEBE incluir el AVP subcapa específica L2 en los mensajes ICRQ e ICCN, indicando el tipo de encabezamiento de subcapa específica L2 compatible con el tipo de pseudoalambre para el flujo DEPI. El EQAM DEBE incluir el AVP subcapa específica L2 en el mensaje ICRP, indicando el tipo de encabezamiento de subcapa específica L2 compatible con el tipo de pseudoalambre para el flujo DEPI.

**Cuadro 7-5/J.212 – Tipos de subcapa específica L2**

Tipo de subcapa específica L2	Valor
Subcapa específica MPT	3*
Subcapa específica PSP	4*
* Hay que considerarlos como valores temporales, mientras la IANA los atribuye oficialmente.	

#### 7.5.1.14 Secuenciamiento de datos (ICRP)

0	7	15	23	31
M	H	Resv	Longitud = 8	ID de fabricante = 0
Tipo de atributo = 70				Nivel de secuenciamiento de datos = 2

**Figura 7-25/J.212 – AVP Secuenciamiento de datos**

El EQAM INCLUIRÁ el AVP secuenciamiento de datos en el mensaje ICRP, con lo cual indica que se requiere el nivel 2 de secuenciamiento de datos (todos los paquetes de datos entrantes requieren secuenciamiento).

#### 7.5.1.15 Estado de circuito (ICRQ, ICRP, ICCN, SLI)

0	7	15	23	31
M	H	Resv	Longitud = 8	ID de fabricante = 0
Tipo de atributo = 71				Reservado
				N   A

**Figura 7-26/J.212 – AVP Estado de circuito**

- N** 1 bit – El bit Nuevo permite saber si la indicación de estado se refiere a una nueva sesión DEPI (1) o a una existente (0). El bit Nuevo DEBERÍA fijarse la primera vez que se establece la sesión DEPI tras la configuración.
- A** 1 bit – El bit Activo indica si la sesión DEPI está activa (1) o no (0). Una vez el M-CMTS se entera de que la sesión DEPI no está activa, NO DEBE intentar pasar tráfico de datos a través de ella.

DEPI se sirve del AVP estado de circuito para indicar si una sesión DEPI está activa y puede transmitir tráfico de datos, o inactiva e incapaz de transmitir dicho tráfico. El ID de estado de circuito no controla la salida RF del canal QAM. Cabe observar que tanto el M-CMTS principal como el EQAM envían el AVP estado de circuito.

#### 7.5.2 AVP específicos de DEPI

En el cuadro 7-6 se muestran los tipos de AVP definidos específicamente para DEPI. Se reserva el intervalo de tipos de atributo de 0 a 99 para los AVP específicos de DEPI. Estos AVP se utilizan solamente en mensajes de sesión L2TP.

**Cuadro 7-6/J.212 – Los AVP de sesión general definida para DEPI**

Tipo de atributo	Descripción
0	Reservado
1	Código de resultado DEPI
2	Petición de atribución de recursos DEPI
3	Respuesta de atribución de recursos DEPI
4	MTU DEPI local
5	Control DOCSIS SYNC
6	Bits de capacidad EQAM
7	MTU DEPI distante
8	Puerto UDP DEPI local

### 7.5.2.1 Código de resultado y de error DEPI (CDN, SLI)

0		7	15	23	31
M	H	Resv	Longitud = 8 + N	ID de fabricante = 4491	
Tipo de atributo = 1			Código de resultado		
Código de error (facultativo)			Mensaje de error ...		
... Mensaje de error (facultativo)					

**Figura 7-27/J.212 – AVP Código de resultado y de error DEPI**

El formato del campo de este AVP es idéntico al del campo en los AVP normalizados código de error y de resultado L2TPv3, salvo que el campo ID de fabricante vale 4491 en lugar de 0. Los códigos de resultado y de error para este AVP son exclusivos de DEPI, también hay códigos de resultado y de error que se describen en [RFC-L2TPv3].

Los siguientes códigos de resultados, códigos de error y mensajes de error nuevos se requieren específicamente con DEPI:

Código de resultado	Descripción de resultado
0	Sesión no establecida – Referencia AVP DEPI incorrecta
1	Sesión no establecida – Petición AVP PHY incorrecta
2	Sesión no establecida o desconectada por el motivo indicado en el código de error

Código de error	Descripción de error
0	El dispositivo no está listo aún o no ha sido configurado adecuadamente
1	Intento de modificar un parámetro PHY bloqueado
2	Fallo de intento de modificar un parámetro PHY – valor fuera de la gama aceptada
3	No se soportan los PHBID de flujo PSP solicitados
4	La sesión utiliza un tipo incorrecto de pseudoalambre
NOTA – Una posible razón para tener el código de error 0 podría ser que el EQAM no tiene configurados los valores de M y N para la velocidad de símbolos de canal QAM.	

### 7.5.2.2 Petición de atribución de recursos DEPI (ICRQ)

0		7		15		23		31				
M	H	Resv	Longitud = 6 + N			ID de fabricante = 4491						
Tipo de atributo = 2					X	X	PHBID 1		X	X	PHBID N	

**Figura 7-28/J.212 – AVP Petición de atribución de recursos DEPI**

**M** 1 bit. El bit obligatorio DEBE ponerse a 1.

**Longitud** 10 bits. 6 bytes más uno adicional por cada flujo que se solicita.

**Tipo de atributo** 2 bytes. Se pone a 2.

Cada petición de flujo está compuesta por:

**PHBID** 6 bits. Identificador del comportamiento por salto que solicita el M-CMTS principal. En 6.2.1 se definen los comportamientos por salto.

En el mensaje ICRQ, el M-CMTS principal solicita cierta cantidad de flujos para una sesión. Cada byte de la cabida útil de atributo representa una petición de un solo flujo. Cada petición contiene el PHBID que empleará dicho flujo. En el caso del funcionamiento con el modo D-MPT, el M-CMTS principal DEBE solicitar un solo flujo.

### 7.5.2.3 Respuesta de atribución de recursos DEPI (ICRP)

0		7		15		23		31	
M	H	Resv	Longitud = 8 + 4 * N			ID de fabricante = 4491			
Tipo de atributo = 3					Reservado				
X	X	PHBID 1	Reservado	ID de flujo 1	Puerto de destino 1				
X	X	PHBID N	Reservado	ID de flujo N	Puerto de destino UDP N				

**Figura 7-29/J.212 – AVP Respuesta de atribución de recursos DEPI**

**M** 1 bit. El bit obligatorio DEBE ponerse a 1.

**Longitud** 10 bits. 8 bytes más 4 adicionales por cada flujo.

**Tipo de atributo** 2 bytes. Se pone a 3.

Cada respuesta de flujo está compuesta por:

**PHBID** 6 bits. Identificador del comportamiento por salto solicitado por el M-CMTS principal. En 6.2.1 se definen los comportamientos por salto.

**ID de flujo** 3 bits. Es el ID de flujo atribuido por el EQAM. El ID de flujo es único dentro de una sesión.

**Puerto de destino UDP** 2 bytes. Es el puerto de destino UDP, especificado por el EQAM, que DEBE emplear el M-CMTS principal para el encabezamiento de sesión, si se han configurado el M-CMTS y el EQAM para utilizar un encabezamiento UDP con L2TPv3. Este valor SERÁ único para cada sesión, y PUEDE ser único para cada flujo. Si se ha configurado L2TPv3 para no emplear encabezamientos UDP, el EQAM DEBE poner este campo a todo y el M-CMTS principal lo DEBE ignorar.

En el mensaje ICRP, el EQAM responde creando flujos que correspondan a los flujos solicitados. El EQAM especifica el ID de flujo y el puerto de destino UDP para cada flujo. El PHBID sigue siendo el mismo del campo de petición de flujo. Si el EQAM no soporta un PHBID al que se hace referencia en la petición proveniente del M-CMTS principal, el EQAM puede indicarlo excluyendo dicho PHBID de su

respuesta. Si el EQAM no puede soportar ninguno de los PHBID solicitados por el M-CMTS principal, el EQAM INTERRUMPIRÁ la sesión mediante la emisión de un mensaje CDN.

#### 7.5.2.4 MTU DEPI local (ICRQ)

0		7		15		23		31	
M	H	Resv		Longitud = 8		ID de fabricante = 4491			
Tipo de atributo = 4						MTU DEPI local			

**Figura 7-30/J.212 – AVP MTU DEPI local**

**Longitud** 10 bits. Se pone a 8.

**Tipo de atributo** 2 bytes. Se pone a 4.

**MTU DEPI local** 2 bytes. En el mensaje ICRQ es la MTU (unidad de transmisión máxima) que puede recibir el M-CMTS del EQAM en la interfaz CIN.

La MTU es la cabida útil de capa 3 de una trama de capa 2. En el caso de la DEPI, el MTU debería incluir el encabezamiento y la cabida útil L2TPv3, el encabezamiento UDP, si lo hubiere, y el encabezamiento IP, aunque no el encabezamiento Ethernet o la CRC. Por ejemplo, una trama Ethernet de 1518 bytes (1522 bytes, de haber banderas VLAN) soportaría una MTU de 1500 bytes.

#### 7.5.2.5 Control DOCSIS SYNC de canal QAM en sentido descendente (ICRQ, SLI)

0		7		15		23		31	
M	H	Resv		Longitud = 14		ID de fabricante = 4491			
Tipo de atributo = 5						E	Intervalo DOCSIS SYNC		
MAC SA									
MAC SA									

**Figura 7-31/J.212 – AVP DOCSIS SYNC**

**Longitud** 10 bits. Se pone a 14.

**Tipo de atributo** 2 bytes. Se pone a 5.

**E** 1 bit. SYNC habilitada. Se describe más adelante.

**Intervalo** 15 bits. Intervalo nominal entre mensajes SYNC en pasos de 200  $\mu$ s.

**MAC SA** 48 bits. Dirección IEEE 802 MAC que se ha de utilizar en el campo dirección de origen.

Este AVP se emplea diferentemente si se trata del modo D-MPT que si se trata del PSP.

En el modo D-MPT, si E = 0, el EQAM NO MODIFICARÁ los valores de indicación de tiempo en mensajes DOCSIS SYNC. Si E = 1, el EQAM DEBE encontrar y corregir los valores de indicación de tiempo en mensajes SYNC. El M-CMTS principal pone a todos ceros el intervalo DOCSIS SYNC y el EQAM lo ignora. El M-CMTS principal DEBERÍA poner el campo MAC SA de este AVP igual al valor de dirección MAC de la interfaz DOCSIS que ha asociado con la sesión. El EQAM omite el campo MAC SA.

En el modo PSP, si E = 0, el EQAM NO DEBE transmitir un mensaje DOCSIS SYNC. Si E = 1, el EQAM DEBE insertar y enviar un mensaje DOCSIS SYNC durante un intervalo nominal especificado en el campo Intervalo y con una dirección MAC de origen especificada por el campo MAC SA. El EQAM DEBE soportar valores de intervalo DOCSIS SYNC comprendidos entre 0x000A (2 ms) y 0x03E8 (200 ms). Si bien el tiempo medido entre cualesquiera dos mensajes SYNC puede variar en función del tráfico, DEBE estar en un intervalo de  $\pm 2,5$  ms alrededor del

valor nominal, y NO DEBE rebasar el valor máximo que se define en el anexo B. El M-CMTS principal DEBERÍA fijar el campo MAC SA de este AVP a la dirección MAC de la interfaz DOCSIS que ha asociado con la sesión. El EQAM DEBE utilizar la dirección en el campo MAC SA como dirección de origen en el encabezamiento de gestión MAC para todos los mensajes SYNC posteriores.

El M-CMTS principal DEBE emplear este AVP para transportar el procesamiento de mensajes DOCSIS SYNC por parte del EQAM.

#### 7.5.2.6 AVP capacidades EQAM (ICRQ)

0		7		15		23		31	
M	H	Resv	Longitud = 8		ID de fabricante = 4491				
Tipo de atributo = 6					Campo capacidades EQAM				

**Figura 7-32/J.212 – AVP capacidades EQAM**

**Longitud** 10 bits. Se pone a 8.

**Tipo de atributo** 2 bytes. Se pone a 8.

**Capacidades** 2 bytes. Campo capacidades EQAM. El valor por defecto de todos los bits es 0.

- Bit 0: Un "1" indica que el EQAM soporta paquetes DLM-EE-RQ y DLM-EE-RP. Un "0" indica que el EQAM no soporta esos dos paquetes DLM.
- Bits 1 a 15: Reservados. El remitente debe ponerlos a 0. El destinatario debe omitirlos.

#### 7.5.2.7 MTU DEPI distante (ICRP)

0		7		15		23		31	
M	H	Resv	Longitud = 8		ID de fabricante = 4491				
Tipo de atributo = 7					MTU DEPI distante				

**Figura 7-33/J.212 – AVP Cabida útil máxima de MTU DEPI distante**

**Longitud** 10 bits. Se pone a 8.

**Tipo de atributo** 2 bytes. Se pone a 4.

**DEPI MTU** 2 bytes. En el mensaje ICRP, es la MTU que puede recibir el EQAM desde el M-CMTS principal en la interfaz CIN. La MTU es la cabida útil de capa 3 en una trama de capa 2.

#### 7.5.2.8 Puerto UDP local (ICRQ)

0		7		15		23		31	
M	H	Resv	Longitud = 8		ID de fabricante = 4491				
Tipo de atributo = 8					Puerto UDP local				

**Figura 7-34/J.212 – AVP Puerto UDP local**

**Longitud** 10 bits. Se pone a 8.

**Tipo de atributo** 2 bytes. Se pone a 8.

**Velocidad de conexión** 16 bits. Puerto UDP que han de utilizar los paquetes de sesión que están siendo enviados al LCP local.

El M-CMTS principal emitirá este AVP durante el establecimiento de sesión si está habilitado el UDP y el M-CMTS principal pretende que una sesión de datos utilice un puerto UDP, diferente del

UDP negociado durante le establecimiento de conexión de control, para enviar paquetes de sesión desde el EQAM hasta el M-CMTS principal.

El M-CMTS principal PUEDE soportar el AVP puerto UDP local. El EQAM PUEDE soportar el AVP puerto UDP local P.

### 7.5.3 AVP PHY de canal QAM

En el cuadro 7-7 se muestran los tipos de AVP específicos de la capa física de canal QAM que se definen para la DEPI. Se reserva el intervalo de valores de Tipos de atributo entre 100 y 199 para los AVP PHY de canal QAM. Estos AVP sólo se emplean en los mensajes de sesión L2TP.

**Cuadro 7-7/J.212 – AVP PHY de canal QAM definidos para DEPI**

Tipo de atributo	Descripción
100	Grupo TSID de canal QAM en sentido descendente (DS)
101	Frecuencia de canal QAM DS
102	Potencia de canal QAM DS
103	Modulación de canal QAM DS
104	Canal QAM DS, anexo de J.83
105	Velocidad de símbolos de canal QAM DS
106	Profundidad de intercalador de canal QAM DS
107	Silencio RF de canal QAM DS

Estos AVP definen los parámetros PHY genéricos para un canal QAM. El EQAM envía estos AVP al M-CMTS principal para informarle de su configuración actual y de cuáles valores se pueden modificar. El M-CMTS principal los envía al EQAM para configurar parámetros escogidos del nivel PHY.

Los siguientes campos son pertinentes en todos los AVP de este grupo, por lo que se describen una sola vez:

**M** 1 bit. El bit obligatorio DEBE ponerse a 1, tanto para ICRP como para ICCN (si viene al caso).

**L** 1 bit. Bit de bloqueo. Gracias a este bit, el EQAM puede indicar cuáles elementos han sido bloqueados en la configuración. En el caso de ICRP (del EQAM al M-CMTS principal), un valor 0 indica que el parámetro descrito en el campo Atributo Valor sólo es de lectura (*read-only*). Un valor 1 indica que el parámetro es lectura/escritura (*read/write*). Para ICCN (M-CMTS principal a EQAM), el M-CMTS principal pone este valor a 0 y el EQAM lo omite.

**ID de grupo TSID** 7 bits. Si el atributo al que se hace referencia es común con otros canales QAM, este campo se pone a Grupo TSID, conforme a lo definido en el AVP Grupo TSID. De lo contrario, se pone a todo ceros.

Es posible que las opciones de programación de AVP que se enumeran más adelante en esta Recomendación no estén disponibles en todos los productos EQAM. A los efectos de conformidad con la Recomendación DEPI, un M-CMTS principal o un EQAM DEBEN soportar determinado atributo de AVP de canal QAM solamente si dicho atributo representa una característica disponible en la plataforma en cuestión. Por ejemplo, si un EQAM no soporta J.83/ anexo C como característica, no está obligado a soportar el valor de atributo del anexo C del AVP de canal QAM.

### 7.5.3.1 Grupo TSID de canal QAM en sentido descendente (ICRP)

0		7		15		23		31	
M	H	Resv	Longitud = 8 + 2N		ID de fabricante = 4491				
Tipo de atributo = 100					L	ID de grupo TSID	Reservado		
TSID #1					TSID #2				
TSID #3					TSID #N				

**Figura 7-35/J.212 – AVP Grupo TSID**

- Longitud** 10 bits. Variable. Se pone a  $(8 + 2 * \text{número de entradas TSID})$ .
- Tipo de atributo** 2 bytes. Se pone a 100.
- L** 1 bit. Bit de bloqueo. No se emplea. Se pone a 0.
- ID de grupo TSID** 7 bits. Es el ID del grupo TSID al que pertenecen los TSID en esta lista.
- TSID #1-N** 16 bits. Lista de TSID.

Algunos tipos de atributo de nivel PHY pueden ser comunes a varios canales QAM. Siendo así, la modificación de uno de dichos atributos en un canal QAM puede provocar la modificación del atributo en otro canal QAM. El EQAM indica esta relación a través de grupos TSID. Este AVP se PUEDE repetir con miras a definir más de un grupo TSID. A cada grupo TSID corresponde uno o varios parámetros de nivel PHY, gracias a que se incluye el ID de grupo TSID en el AVP parámetro PHY.

### 7.5.3.2 Frecuencia de canal QAM en sentido descendente (ICRP, ICCN, SLI)

0		7		15		23		31	
M	H	Resv	Longitud = 12		ID de fabricante = 4491				
Tipo de atributo = 101					L	ID de grupo TSID	Reservado		
Frecuencia									

**Figura 7-36/J.212 – AVP frecuencia**

- Longitud** 10 bits. Se pone a 12.
- Tipo de atributo** 2 bytes. Se pone a 101.
- Frecuencia** 4 bytes. Especifica la frecuencia en sentido descendente del canal QAM. Es la frecuencia central, en Hz, del canal en sentido descendente, almacenada como un número binario de 32 bits.

### 7.5.3.3 Potencia de canal QAM en sentido descendente (ICRP, ICCN, SLI)

0		7		15		23		31	
M	H	Resv	Longitud = 10		ID de fabricante = 4491				
Tipo de atributo = 102					L	ID de grupo TSID	Reservado		
Potencia									

**Figura 7-37/J.212 – AVP potencia**

- Longitud** 10 bits. Se pone a 10.
- Tipo de atributo** 2 bytes. Se pone a 102.
- Potencia** 2 bytes. Potencia de transmisión (TX) en dBmV (sin signo 16 bits, 0,1 dB unidades)

### 7.5.3.4 Modulación de canal QAM en sentido descendente (ICRP, ICCN, SLI)

0		7		15		23		31	
M	H	Resv	Longitud = 8		ID de fabricante = 4491				
Tipo de atributo = 103					L	ID de grupo TSID	Resv	Modulación	

**Figura 7-38/J.212 – AVP Modulación**

- Longitud** 10 bits. Se pone a 8.
- Tipo de atributo** 2 bytes. Se pone a 103.
- Modulación** 4 bits. Indica el tipo de modulación del canal QAM en sentido descendente. Los valores de este campo son:
- 0 = 64 QAM
  - 1 = 256 QAM
  - 2-15 = reservado

### 7.5.3.5 Canal QAM en sentido descendente, anexo de J.83 (ICRP, ICCN, SLI)

0		7		15		23		31	
M	H	Resv	Longitud = 8		ID de fabricante = 4491				
Tipo de atributo = 104					L	ID de grupo TSID	Resv	Anexo de J.83	

**Figura 7-39/J.212 – AVP Anexo de J.83**

- Longitud** 10 bits. Se pone a 8.
- Tipo de atributo** 2 bytes. Se pone a 104.
- J.83** 4 bits. Indica que se ha de utilizar el anexo de [ITU-T J.83] en el canal QAM en sentido descendente. En dicho anexo J.83 se definen los valores de:
- Alpha (que a su vez es función del tipo de modulación escogido)
  - Sync de trama de corrección de errores en recepción activa/inactiva
  - Bytes de paridad de corrección de errores en recepción
  - Codificación Trellis habilitada/inhabilitada
- Los valores de este campo son:
- 0 = Anexo A/DVB EN-300429
  - 1 = Anexo B
  - 2 = Anexo C
  - 3-15 = reservado

Cabe observar que es posible que un determinado EQAM soporte solamente un subconjunto de los valores de atributo que se acaban de enumerar. Para más información, véase [J.210].

### 7.5.3.6 Velocidad de símbolos de canal QAM en sentido descendente (ICRP, ICCN, SLI)

0		7		15		23		31	
M	H	Resv	Longitud = 8 + 4 * N		ID de fabricante = 4491				
Tipo de atributo = 105					L	ID de grupo TSID	Reservado		
M					N				
M					N				

**Figura 7-40/J.212 – AVP Velocidad de símbolos**

- Longitud** 10 bits. Se pone a 8 más 4 veces la cantidad de pares M/N.
- Tipo de atributo** 2 bytes. Se pone a 105.
- M** 2 bytes. Numerador del cociente frecuencia – símbolo.
- N** 2 bytes. Denominador del cociente frecuencia – símbolo.

La velocidad de símbolos en sentido descendente es función de los valores apropiados de M y N:

$$\text{Velocidad de símbolos (Msímb/s)} = f * M/N$$

donde f es la frecuencia de reloj regente del sistema.

En el mensaje ICRP, el EQAM DEBE enumerar todos los pares de valores M y N que se han de soportar por configuración. El EQAM PUEDE incluir un par M/N, cada uno con valor 0xFFFF, a fin de indicar que el EQAM tiene una capacidad de velocidad de símbolos variable, en cuyo caso el M-CMTS principal puede solicitar un valor de M y N que él mismo haya configurado. Obsérvese que se afirma el bit de bloqueo cuando se preconfiguran los valores M/N, y lo contrario cuando se indica una capacidad de velocidad de símbolos variable.

Si no se ha configurado el EQAM con valores de M y N y no se soporta una opción de velocidad de símbolos variable, el EQAM RECHAZARÁ el establecimiento de sesión y devolverá el código de error correspondiente.

En el mensaje ICCN, el M-CMTS principal DEBE escoger uno de dichos pares M y N con el fin de señalar al EQAM cuál velocidad de símbolos ha de emplear. Luego, el M-CMTS utilizará los valores de M y N en el mensaje de gestión UCD MAC.

Cabe observar que, en casos en que se puedan utilizar varios canales en sentido descendente como fuente de sincronización para CM que se encargan de un mismo canal en sentido ascendente, dichos canales en sentido descendente tienen que proporcionar los mismos valores de M/N, puesto que el receptor M-CMTS principal único en sentido ascendente sólo puede funcionar con un valor de M/N.

### 7.5.3.7 Profundidad de intercalador de canal QAM en sentido descendente (ICRP, ICCN, SLI)

0		7		15		23		31	
M	H	Resv	Longitud = 10		ID de fabricante = 4491				
Tipo de atributo = 106					L	ID de grupo TSID	Reservado		
I			J						

**Figura 7-41/J.212 – AVP Profundidad de intercalador**

- Longitud** 10 bits. Se pone a 10.
- Tipo de atributo** 2 bytes. Se pone a 106.
- I** 1 byte. Valor I de la profundidad de intercalador del canal QAM en sentido descendente.
- J** 1 byte. Valor J de la profundidad de intercalador del canal QAM en sentido descendente.

### 7.5.3.8 Silencio RF de canal QAM en sentido descendente (ICRP, ICCN)

0		7		15		23		31	
M	H	Resv	Longitud = 8		ID de fabricante = 4491				
Tipo de atributo = 107					L	ID de grupo TSID	Estado de canal QAM		

**Figura 7-42/J.212 – AVP Silencio RF**

<b>Longitud</b>	10 bits. Se pone a 8.
<b>Tipo de atributo</b>	2 bytes. Se pone a 107.
<b>Estado de canal QAM</b>	1 byte. Bit 0 = 0 para suprimir el silencio de la salida RF del canal QAM. Bit 0 = 1 para silenciar la salida RF del canal QAM. Los bits 7-1 se reservan. Conviene ponerlos a 0 durante la transmisión y omitirlos en recepción.

## 8 Plano de reenvío DEPI

NOTA – Esta cláusula es normativa.

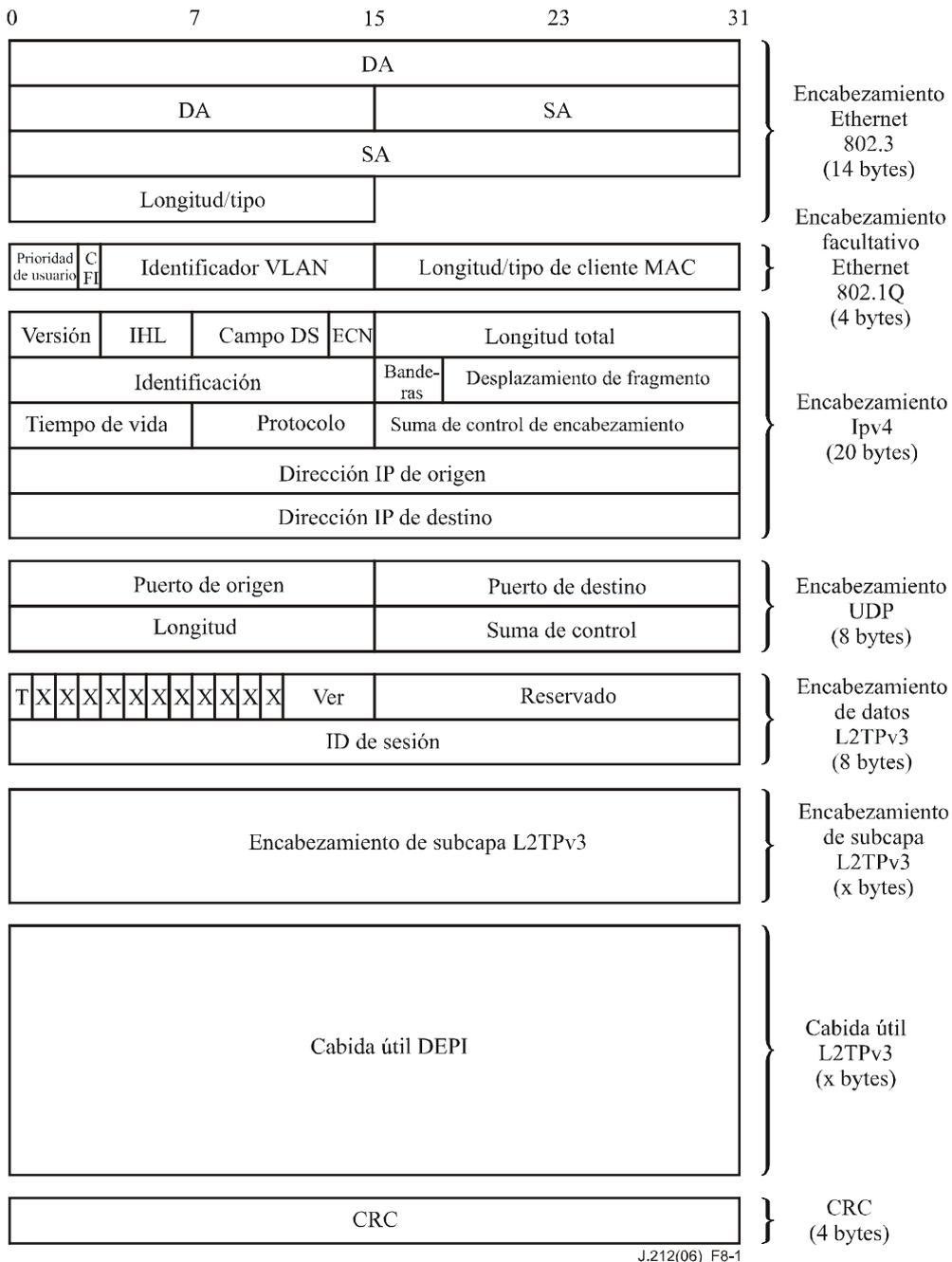
El protocolo DEPI se sirve del protocolo L2TPv3 a través del IP, con o sin encabezamiento UDP. La decisión acerca de emplear dicho encabezamiento depende de la configuración del sistema y es idéntica tanto para los mensajes de control como para los de datos.

Dentro de la cabida útil L2TPv3 hay dos tipos de cabida útil que se utilizan en DEPI. El primero es un formato basado en el tren de transporte MPEG (D-MPT, *MPEG transport stream*), mientras que el segundo se basa en el protocolo de flujo continuo de paquetes (PSP). La selección de uno de los dos es función del tipo de tráfico que se está transportando y de las capacidades negociadas entre el M-CMTS principal y el EQAM.

### 8.1 Formato de paquete de transporte L2TPv3

En esta cláusula se describen los diferentes campos del paquete L2TPv3 cuando de DEPI se trata. En la figura 8-1 y figura 8-2 se muestra el encapsulado exterior del datagrama L2TPv3 con y sin un encabezamiento UDP, respectivamente.

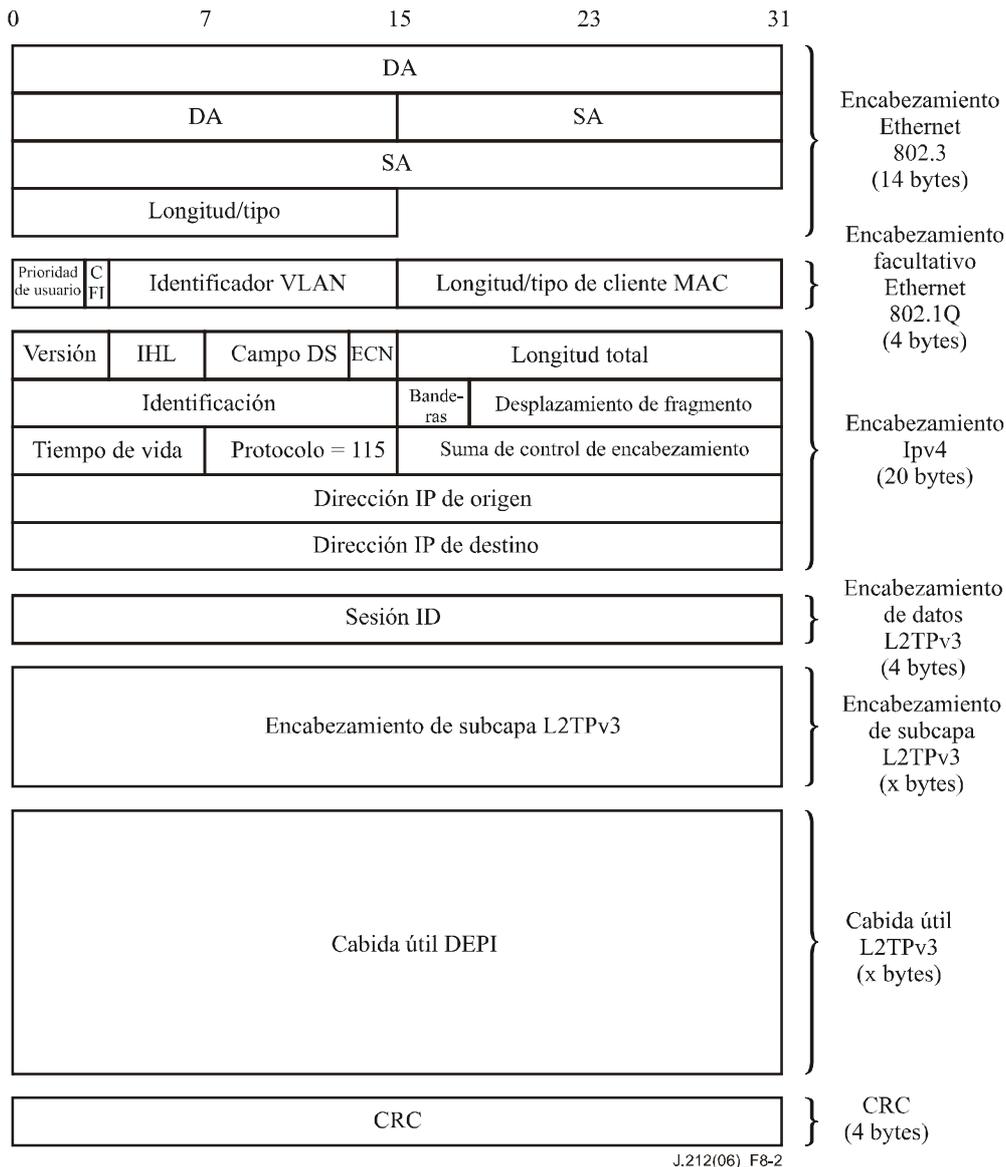
### 8.1.1 Mensaje de datos con un encabezamiento UDP



J.212(06)\_F8-1

**Figura 8-1/J.212 – Encapsulado exterior del paquete de datos L2TPv3 con un encabezamiento UDP**

## 8.1.2 Mensaje de datos sin un encabezamiento UDP



J.212(06)\_F8-2

**Figura 8-2/J.212 – Encapsulado exterior del paquete de datos L2TPv3 sin UDP**

## 8.1.3 Encabezamientos específicos para mensajes de datos

### 8.1.3.1 Encabezamiento de datos L2TPv3

El campo L2TPv3, conforme a su definición en [RFC-L2TPv3], se utiliza de la siguiente manera:

- T** Bit de transporte. 1 bit. Se pone a 0 para indicar que se trata de un mensaje de datos
- X** Bits reservados. 11 bits. El M-CMTS principal lo pone a 0 y el EQAM lo omite.
- Versión** Campo versión. 4 bits. Se pone a 3.
- Reservación** Campo reservado. 16 bits. No se utiliza. El M-CMTS principal lo pone a 0 y el EQAM lo omite.
- ID de sesión** Identificador de sesión. 32 bits. Valor negociado por el plano de control L2TPv3.

No es necesario que se soporte en DEPI el campo cookie L2TPv3.

El M-CMTS principal SOPORTARÁ el encabezamiento de datos L2TPv3. El EQAM SOPORTARÁ el encabezamiento de datos L2TPv3.

### 8.1.3.2 Encabezamiento de subcapa DEPI L2TPv3

DEPI soporta dos tipos de pseudoalambre. El primero, denominado D-MPT, sirve para transportar paquetes MPEG, mientras que el segundo, el PSP, se utiliza para transportar DOCSIS. Cada tipo de pseudoalambre tiene un formato único de encabezamiento de subcapa DEPI L2TPv3. En 8.2 y 8.3 se definen los campos de estos encabezamientos de subcapa. De otra parte, ambos tipos de pseudoalambre soportan un encabezamiento de subcapa de medición de latencia, cuyos campos se definen en 8.4.

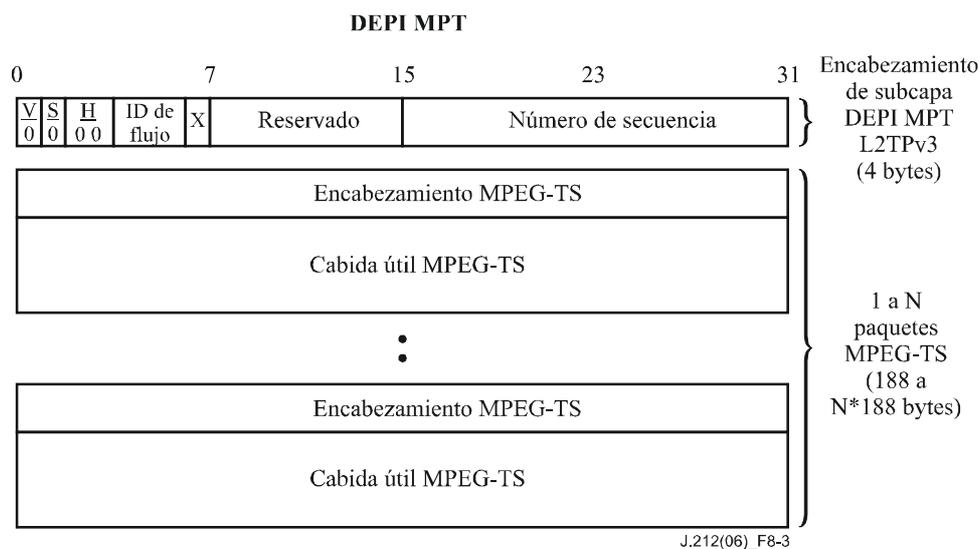
El M-CMTS principal DEBE emplear el encabezamiento de subcapa DEPI adecuado para el tipo de pseudoalambre de la sesión DEPI.

El EQAM DEBE aceptar paquetes provenientes del M-CMTS principal que contengan el encabezamiento de subcapa DEPI adecuado para el tipo de pseudoalambre que se ha negociado. El EQAM ENVIARÁ un mensaje CDN a fin de suspender una sesión en la cual los paquetes se reciben con el tipo errado de pseudoalambre. El EQAM OMITIRÁ los paquetes que no correspondan a estas definiciones de encabezamiento de subcapa DEPI L2TPv3.

### 8.1.3.3 Cabida útil DEPI

La cabida útil contiene uno o varios segmentos. En el modo D-MPT, cada segmento es un paquete MPEG de 188 bytes. En el modo PSP, un segmento incluye ya sea una trama completa DOCSIS o bien una parte de trama DOCSIS.

## 8.2 Modo MPT DOCSIS



**Figura 8-3/J.212 – Encabezamiento y cabida útil de subcapa MPT DOCSIS**

- V** 1 bit. Bit VCCV. Se pone a 0. Reservado a efectos de compatibilidad con [VCCV].
- S** 1 bit. Bit de secuencia. Se pone a 1 para indicar que el campo número de secuencia es válido. Se pone a 0 para indicar que el campo número de secuencia no es válido.
- H** 2 bits. Bits de encabezamiento ampliado. Se pone a '00' para indicar que el encabezamiento no está extendido.
- X** 1 bit. Bit reservado. Se pone a todo ceros en el transmisor y se omite en el receptor.

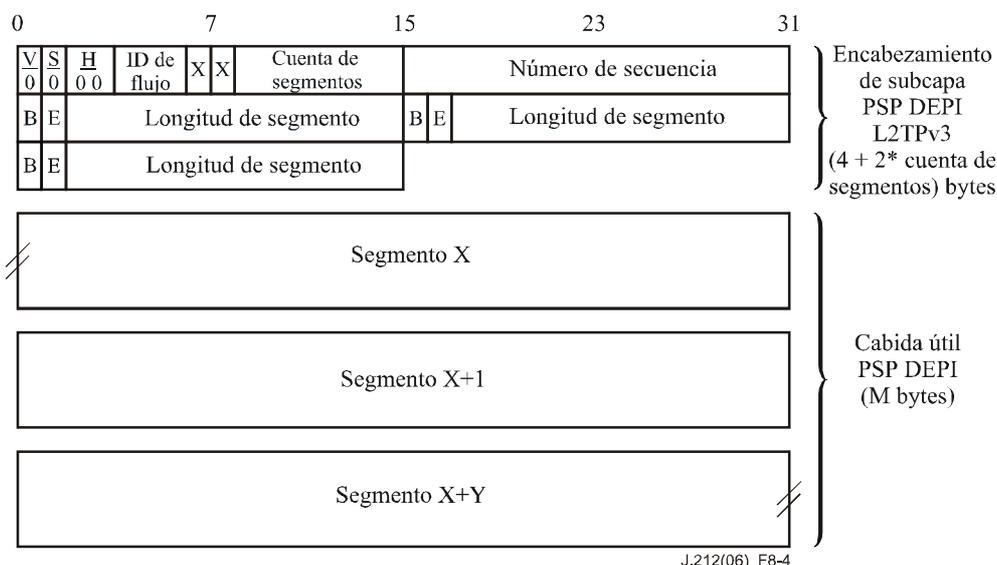
<b>ID de flujo</b>	3 bits. Identificador de flujo.
<b>Reservado</b>	1 byte. Campo reservado. Se pone a todo ceros en el transmisor y se omite en el receptor.
<b>Número de secuencia</b>	2 bytes. Número de secuencia. Se incrementa en una unidad cada vez que se envía un paquete, y puede servir para que el receptor detecte la pérdida de paquetes. El valor inicial del número de secuencia DEBERÍA ser aleatorio (impredecible).

El M-CMTS principal NO DEBE poner bytes de relleno entre el encabezamiento UDP y el primer encabezamiento MPEG-TS o entre dos paquetes MPEG-TS consecutivos. El M-CMTS principal SOPORTARÁ todos los bits en el encabezamiento de subcapa MPT.

El EQAM DEBE aceptar entre uno y siete paquetes MPEG-TS en una cabida útil L2TPv3 cuando la MTU de trayecto tenga una longitud de 1500 bytes. La longitud de una trama Ethernet que contenga siete paquetes MPEG-TS con L2TPv3 en una subcapa L2TPv3 D-MPT, con encabezamientos UDP, IPv4 u 802.1Q, es de 1378 bytes. Si el EQAM, el M-CMTS principal y la red entre ellos aceptan tamaños mayores de MTU, el M-CMTS PUEDE aumentar el número total de paquetes MPEG-TS transmitidos por paquete L2TP.

El M-CMTS principal PUEDE insertar paquetes MPEG nulos en el tren D-MPT. Un paquete MPEG nulo tiene una longitud de 188 bytes y un valor reservado del PID igual a 0x1FFF, conforme a [H.222.0]. El EQAM PUEDE descartar dichos paquetes nulos. Sólo se requiere que el EQAM soporte un flujo por modo MPT.

### 8.3 Modo PSP



**Figura 8-4/J.212 – Encabezamiento y cabida útil de subcapa PSP DEPI**

<b>V</b>	1 bit. Bit VCCV. Se pone a 0. Reservado a efectos de compatibilidad con [VCCV].
<b>S</b>	1 bit. Bit de secuencia. Se pone a 1 para indicar que el campo número de secuencia es válido. Se pone a 0 para indicar que el campo número de secuencia no es válido.
<b>H</b>	2 bits. Bits de encabezamiento ampliado. Se pone a '00' para indicar que el encabezamiento no está extendido.

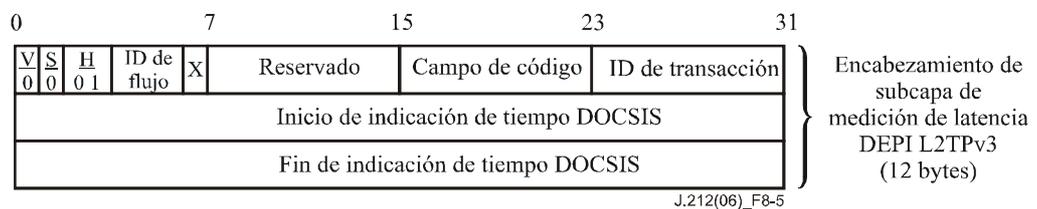
- X** 1 bit. Bit reservado. Se pone a todo ceros en el transmisor y se omite en el receptor.
- ID de flujo** 3 bits. Identificador de flujo.
- Cuenta de segmento** 7 bits. Número de segmentos en la cabida útil PSP DEPI, y también número de entradas de 2 bytes en el cuadro de segmentos PSP.
- Número de secuencia** 2 bytes. Número de secuencia. Se incrementa en una unidad cada vez que se envía un paquete, y puede servir para que el receptor detecte la pérdida de paquetes. El valor inicial del número de secuencia DEBERÍA ser aleatorio (impredecible).
- B** Bit de inicio. 1 bit. Se pone a 1 para indicar que la trama PSP contiene el inicio de una trama DOCSIS. De lo contrario, se pone a 0.
- E** Bit final. 1 bit. Se pone a 1 para indicar que la trama PSP contiene el final de una trama DOCSIS. De lo contrario, se pone a 0.
- Longitud de segmento** 14 bits. Longitud en bytes del segmento DEPI.

El protocolo de flujo continuo de paquetes (PSP) puede tomar una serie de tramas DOCSIS, ponerlas en un tren de tramas DOCSIS espalda a espalda, y luego dividir dicho tren en varias PSP PDU. De esta manera, es posible repartir la primera y última tramas DOCSIS de una PSP PDU en segmentos entre las PSP PDU. No se repartirán las tramas DOCSIS que no sean la primera o la última en una PSP PDU. Una trama DOCSIS puede repartirse entre más de dos segmentos y, por ende, se puede distribuir entre más de dos PSP PDU.

En el cuadro en el que se enumeran los segmentos se proporciona información acerca del contenido de cada trama PSP subsiguiente, incluyendo la indicación de si la trama es una trama DOCSIS del principio, de la mitad o del final, o si es completa.

#### 8.4 Encabezamiento de subcapa de medición de latencia DEPI

El M-CMTS principal y el EQAM se sirven del encabezamiento de subcapa de medición de latencia DEPI (DLM, *DEPI latency measurement*) para medir el retardo y la latencia de la CIN. Esta medición es importante dado que es posible que la red de transición afecte los presupuestos de latencia ya establecidos en [J.122] para dispositivos tradicionales DOCSIS 1.x y 2.0. Para llevar a cabo estas mediciones, se envía un paquete con el encabezamiento de subcapa de medición de latencia DEPI (véase la figura 8-5) al cual responde el receptor. Este encabezamiento de subcapa está destinado a toda sesión L2TPv3 activa entre el M-CMTS y el EQAM. Puede servir con ambos tipos de pseudoalambre, el MPT y el PSP. Se prevé que este intercambio particular de mensajes pueda tener lugar entre dispositivos en cualquier extremo de la interfaz DEPI.



**Figura 8-5/J.212 – Encabezamiento de subcapa DLM**

- V** 1 bit. Bit VCCV. Se pone a 0. Reservado a efectos de compatibilidad con [VCCV].
- S** 1 bit. Bit de secuencia. Se pone a 1 para indicar que el campo número de secuencia es válido. Se pone a 0 para indicar que el campo número de secuencia no es válido.

<b>H</b>	2 bits. Bits de encabezamiento ampliado. Se pone a '01' para indicar que el encabezamiento no está extendido.
<b>X</b>	1 bit. Bit reservado. Se pone a todo ceros en el transmisor y se omite en el receptor.
<b>ID de flujo</b>	3 bits. Identificador de flujo.
<b>Reservado</b>	1 byte. Campo reservado. Se pone a todo ceros en el transmisor y se omite en el receptor.
<b>Campo código</b>	1 byte. A continuación se describen los valores permitidos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Un valor 0 indica un paquete DLM-EI-RQ (Petición al ingreso DLM EQAM) originado por el M-CMTS principal, en el que se solicita una medición que ha de efectuarse en el punto de referencia adyacente al puerto de ingreso DEPI del EQAM.</li> <li>• Un valor 1 indica un paquete DLM-EI-RP (Respuesta al ingreso DLM EQAM) originado por el EQAM, con un valor de Fin de indicación de tiempo calculado en el punto de referencia adyacente al puerto de ingreso DEPI del EQAM.</li> <li>• Un valor 2 indica un paquete DLM-EE-RQ (Petición a la salida DLM EQAM) originado por el M-CMTS principal, en el que se solicita una medición que ha de efectuarse en el punto de referencia adyacente al puerto de salida DEPI del EQAM.</li> <li>• Un valor 3 indica un paquete DLM-EE-RP (Respuesta a la salida DLM EQAM) originado por el EQAM, con un valor de Fin de indicación de tiempo calculado en el punto de referencia adyacente al puerto de salida DEPI del EQAM.</li> <li>• Se reservan los valores de 4 a 255.</li> </ul>
<b>ID de transacción</b>	1 byte. Un ID único atribuido por el remitente y devuelto por el destinatario. El ID de transacción es único para cada sesión.
<b>Inicio de indicación de tiempo</b>	4 bytes. Indicación de tiempo enviada por el remitente.
<b>Fin de indicación de tiempo</b>	4 bytes. Indicación de tiempo presente en el receptor.

El M-CMTS principal DEBE soportar el envío de un paquete DLM-EI-RQ y la recepción de un DLM-EI-RP. El M-CMTS principal PUEDE soportar el envío de un paquete DLM-EE-RQ y la recepción de un DLM-EE-RP. El CMTS principal (remitente) DEBE enviar el paquete DLM al EQAM en un flujo de sesión DEPI existente (ya sea PSP o MPT). El M-CMTS principal FIJARÁ los valores DSCP adecuados para el paquete DLM, sobre la base de la sesión DEPI en la que se está efectuando la medición. El M-CMTS principal DEBE proporcionar un mecanismo para configurar el intervalo de muestreo a través de su MIB.

El M-CMTS principal DEBE informar de resultados de mediciones delta que rebasen un umbral configurado a través de la MIB del M-CMTS principal. El M-CMTS principal NO ENVIARÁ un paquete DLM-EI-RQ ni un DLM-EE-RQ a una determinada sesión DEPI si ya hay un paquete pendiente DLM-EI-RQ o DLM-EE-RQ para dicha sesión, o si se ha segmentado una trama DOCSIS en dicho flujo y no se ha enviado la trama DOCSIS completa. El M-CMTS principal DEBE poner el valor actual de indicación de tiempo DOCSIS de 32 bits en el campo inicio de indicación de tiempo del mensaje. El M-CMTS principal DEBERÍA emplear un valor de indicación de tiempo que no difiera en más de 100  $\mu$ s de la de indicación de tiempo actual que se calcula a partir del DTI.

El EQAM SOPORTARÁ la recepción de un paquete DLM-EI-RQ y el envío de un DLM-EI-RP. El EQAM Puede soportar la recepción de un paquete DLM-EE-RQ y el envío de un DLM-EE-RP. El EQAM DEBE soportar la utilización del paquete DLM en toda sesión DEPI activa. No es necesario que el EQAM soporte más de una medición concurrente de latencia por sesión. El EQAM DEBE garantizar que el valor de indicación de tiempo insertado en el campo fin de indicación de tiempo no difiere en más de 100  $\mu$ s del valor actual de indicación de tiempo utilizado en la inserción/corrección de la SYNC.

En el caso de paquetes DLM-EI-RQ, el EQAM DEBE efectuar la inserción de indicación de tiempo antes de poner la trama DEPI en las colas QoS MPT o PSP. Si se trata de paquetes DLM-EE-RQ, si estos se soportan, el EQAM DEBE efectuar la inserción de indicación de tiempo en el punto donde se origina el mensaje SYNC. En la figura 6-1 se describe lo anterior. El EQAM DEVOLVERÁ el paquete de medición de latencia completo al M-CMTS principal que originó la petición de medición, y lo mismo hará con el temporizador DLM EQAM que se especifica en el anexo B.

Un EQAM que no soporte paquetes DLM-EE-RQ DESCARTARÁ discretamente el paquete DLM sin generar un paquete de respuesta.

## **8.5 Velocidad de salida del M-CMTS**

Puede ocurrir que si el M-CMTS principal está enviando paquetes a la misma velocidad que la de cabida útil del canal QAM en sentido descendente, y los paquetes tienen una fluctuación de fase, el EQAM inserte un MPEG-TS nulo. Tras la llegada de los paquetes del M-CMTS principal, habría un retardo de cola de salida que sería igual a la fluctuación de fase más desfavorable presente en la entrada DEPI del EQAM. Dicho retardo de cola no se suprimiría hasta tanto no se interrumpiera la entrada al EQAM y se drenara la cola interna. Además, la velocidad a la que se suprime el retardo se relaciona con la cantidad de fluctuación de fase presente en el tren de entrada, la velocidad máxima de entrada y el tamaño máximo de ráfaga del tren de entrada.

El M-CMTS principal DEBE ser capaz de limitar la velocidad de agrupación de todas las sesiones DEPI destinadas al mismo canal QAM dentro de un EQAM, incluido todo paquete MPEG nulo que haya insertado el M-CMTS principal. La velocidad máxima de esta agrupación DEBE poder configurarse como un porcentaje de la cabida útil de canal QAM. También DEBE ser configurable el tamaño máximo de ráfaga para esta agrupación. El tamaño por defecto de ráfaga DEBE ser el equivalente de tres tramas DEPI por sesión. (Para un tamaño de trama de 1522 bytes, sería 4566 bytes.)

## Anexo A

### MTU DEPI

#### A.1 Tamaño de cabida útil de capa inferior L2TPv3

A menudo, una interfaz calcula su tamaño máximo de cabida útil por defecto preguntando a la interfaz ubicada inmediatamente debajo de ella en la columna interfaz cuál es su máximo tamaño de cabida útil y teniendo en cuenta su propio encapsulado. Por ejemplo, Ethernet tiene un tamaño de trama por defecto de 1518 (sin las VLAN). El encapsulado Ethernet es 18 bytes, con lo cual quedan 1500 bytes de cabida útil (MTU) para su capa superior. El IP sustrae entonces el tamaño de encabezamiento IP (que suele ser de 20 bytes) para llegar a los 1480 bytes disponibles para su capa superior. El UDP debe entonces sustraer el tamaño de encabezamiento UDP de 8 bytes, para llegar a una cabida útil de 1472 bytes. La L2TPv3 debe sustraer el tamaño de encabezamiento de datos L2TPv3 en bytes (8) y lo que resta es su cabida útil (a menudo 1464). Este resto es el tamaño máximo de cabida útil definido para una sesión L2TPv3 que exista en Ethernet/IP/UDP.

#### A.2 Tamaño máximo de trama para la DEPI

En este anexo se dan referencias sobre el tamaño máximo de trama de DEPI cuando se utiliza un pseudoalambre PSP sin fragmentación o concatenación.

**Cuadro A.1/J.212 – MTU de DEPI**

Campo		Tamaño	
Trama DEPI	Encabezamiento Ethernet	14 bytes	
	Encabezamiento 802.1Q	4 bytes	
	DEPI MTU	Encabezamiento IPv4 *	20 bytes
		Encabezamiento UDP	8 bytes
		Encabezamiento L2TPv3	8 bytes
		Encabezamiento DEPI-PSP	6 bytes
		Trama DOCSIS	Encabezamiento DOCSIS
	Encabezamiento Ethernet		14 bytes
	Encabezamiento 802.1Q		4 bytes
	Ethernet PDU		1500 bytes
	Ethernet CRC	4 bytes	
Ethernet CRC	4 bytes		
Total	1592-1832 bytes		
* Actualmente, esta Recomendación sólo requiere el soporte del IPv4. De ser necesario el IPv6 para el transporte, se deberían añadir 20 bytes a la longitud de los encabezamientos de extensión IPv6.			

#### A.3 Descubrimiento de la MTU de trayecto

El descubrimiento de la MTU de trayecto depende de que todos los elementos de red entre el M-CMTS principal y el EQAM soporten este protocolo [RFC-MTU]. Si dichos elementos de red no lo soportan, no se puede utilizar este mecanismo y conviene, en su lugar, emplear la opción de configuración estática.

El descubrimiento de la MTU de trayecto funciona cuando el trayecto entre el M-CMTS principal y el EQAM es menor que el tamaño total de trama generado al utilizar el tamaño de cabida útil

negociado durante el establecimiento de sesión L2TPv3. Siendo así, cuando el M-CMTS principal envíe paquetes más grandes que los que puede soportar la red, los elementos de red entre el M-CMTS principal y el EQAM generarán un mensaje Destino ICMP inalcanzable con el código "es necesaria la fragmentación y DF está activa", con arreglo a [RFC-IP], dirigido hacia el origen del paquete tunelizado. Este mensaje de error incluye los encabezamientos IP y UDP. Conviene que el M-CMTS principal y el EQAM estén en capacidad de hacer corresponder un puerto UDP con un ID de sesión L2TP. El M-CMTS principal y el EQAM deberían reducir la cabida útil máxima de la sesión, a la que se hace referencia en el mensaje Destino ICMP, al tamaño solicitado en el campo MUT de próximo salto del mensaje. El M-CMTS principal y el EQAM pueden tratar de aumentar periódicamente la cabida útil máxima de la sesión hasta su valor máximo negociado y reiniciar este proceso cuando haya cambiado el trayecto a través de la red y se permitan MTU de mayor tamaño. Esta técnica se describe en [RFC-MTU]. El tamaño máximo de cabida útil que se obtiene mediante el proceso mencionado nunca podrá ser mayor que el máximo negociado que se obtiene tras el establecimiento de sesión.

## Anexo B

### Parámetros y constantes

**Cuadro B.1/J.212 – Parámetros y constantes**

Sistema	Nombre	Referencia de tiempo	Valor mínimo	Valor por defecto	Valor máximo
M-CMTS principal, EQAM	Intervalo SYNC	Tiempo nominal transcurrido durante la transmisión de mensajes SYNC			200 ms
M-CMTS principal, EQAM	Temporizador HELLO	L2TPv3 sección 4.4		60 s	
M-CMTS principal, EQAM	Expiración de temporizador de mensaje de control	L2TPv3 sección 4.2	Primer intento: 1 s, segundo intento 2 s, tercer intento: 4 s, cada intento adicional: 8 s.		
M-CMTS principal, EQAM	Cuenta de reensayo del mensaje de control	L2TPv3 sección 4.2			10
M-CMTS principal, EQAM	StopCCN Expiración de temporizador	L2TPv3 sección 3.3.2	31 s		
EQAM	Temporizador EQAM DLM	Tiempo transcurrido entre la recepción y la retransmisión de un paquete DLM.			100 ms

## Apéndice I

### Calidad de funcionamiento del sistema DEPI y DOCSIS

#### I.1 Introducción

La arquitectura M-CMTS permite la interoperabilidad entre los diversos tipos de equipos que llevan a cabo las subfunciones de un CMTS completo. En las arquitecturas anteriores, todas estas funciones se encontraban en una misma carta o armario físicos, con lo cual los retardos de comunicación entre las subfunciones eran efectivamente nulos. El M-CMTS introduce retardos finitos entre dichas subfunciones, los cuales en algunos casos pueden llegar a repercutir en la calidad de funcionamiento del sistema. En particular, si se interpone una CIN entre el M-CMTS principal y el EQAM se incrementa el *tiempo de ida y vuelta* del sistema DOCSIS.

#### I.2 Tiempo de ida y vuelta y calidad de funcionamiento

En general, por tiempo de ida y vuelta se entiende el que transcurre entre una petición del CM y la transmisión por parte de éste de la información correspondiente. Cuanto antes ocurra lo anterior, más pronto podrá el CM transmitir otra petición (por ejemplo, una petición de remolque o *piggyback*), y por consiguiente transmitir más datos, etc.

El tiempo de ida y vuelta limita el desempeño de un módem, pues existe un número máximo de concesiones que éste puede recibir en un determinado instante. Por ejemplo, si el tiempo de ida y vuelta del sistema es 10 ms, un módem no podrá recibir más de 100 concesiones por segundo. Si cada concesión tuviera el tamaño máximo de ráfaga permitido por el módem (configurado mediante, por ejemplo, una ráfaga máxima concatenada [J.122]), sería posible calcular el desempeño máximo del módem, como sigue:

$$\text{Flujo máximo (bits/s)} = \text{Ráfagas máximas (bits)} \cdot 1/[\text{tiempo de ida y vuelta (s)}]$$

En la práctica, al ser necesario compartir el ancho de banda entre varios usuarios y servicios, hay que limitar el tamaño máximo de ráfaga a valores razonables, y por lo general el CMTS no puede otorgar el tamaño máximo de ráfaga en cada concesión, aun si el módem así lo solicitare.

Un tiempo de ida y vuelta más largo implica también una mayor latencia de acceso que percibe un sólo módem – es decir, el tiempo que tarda un módem en obtener acceso al tren ascendente para empezar a transmitir nuevos datos tras un periodo de reposo. De otra parte, si la reducción del tiempo de ida y vuelta facilita un caudal mayor o acelera la apertura de la ventana TCP, las transacciones del módem (por ejemplo, descarga de un fichero FTP o de una página web HTTP) se pueden completar más rápidamente (con el supuesto de que se dispone del ancho de banda en planta para hacerlo). Es posible que estos factores afecten, a su vez, la eficiencia general de utilización de ancho de banda del sistema.

#### I.3 Elementos que componen el tiempo de ida y vuelta

Conviene empezar la medición del tiempo de ida y vuelta en el momento en que un módem empieza la transmisión de una petición, tras lo cual se lo puede medir como el periodo que transcurre desde dicha petición inicial hasta el instante en que empieza a transmitir su próxima petición. Estos eventos pueden ser detectados en un monitor de red.

Se pueden clasificar los elementos que componen el tiempo de ida y vuelta de la siguiente manera:

- *Retardo de propagación en sentido ascendente*: tiempo correspondiente a retardos de planta en sentido ascendente.
- *Tiempo de recepción y de análisis de petición en sentido ascendente*: tiempo que transcurre desde que empieza a llegar una ráfaga al CMTS hasta que se finaliza la recepción y el análisis de la petición. En algunos CMTS es necesario recibir toda la ráfaga antes de

analizarla. Otros, por su parte, pueden reconocer peticiones de remolque cerca del comienzo de una ráfaga, aunque no les haya llegado el final de ésta. Si se cuenta con la corrección de errores en recepción (FEC) para la ráfaga, hay que recibir por lo menos un bloque FEC completo y decodificado antes de que se pueda efectuar cualquier análisis de capa MAC.

- *Retardo de puesta en cola y de procesamiento en el calendarizador*: tiempo que transcurre desde que llega la petición al calendarizador hasta que se completa el mensaje MAP que contiene una concesión correspondiente a la petición. Si la petición llega inmediatamente después de que el calendarizador cree un MAP, la petición se retarda hasta el próximo MAP. De otra parte, si la petición llega justo antes de que el calendarizador acabe de crear un MAP, es posible que la petición experimente un retardo casi nulo. En general, el retardo real durante la puesta en cola es una variable aleatoria cuyos valores están entre cero y el valor del intervalo máximo de MAP. Si bien en algunas condiciones ideales de laboratorio, cuando hay sólo uno o muy pocos CM, es probable que este retardo parezca constante, en un sistema real no se puede suponer que ocurrirá lo mismo. Es posible que en ciertas implementaciones de calendarizadores se cambie el intervalo MAP con el fin de hacer óptimo este retardo.

También se tiene en cuenta aquí el tiempo que requiere el calendarizador para tomar decisiones de calendarización y crear realmente el mensaje MAP. Este factor depende bastante del tipo de implementación.

- *Tiempo de entrega del MAP (a la capa PHY DOCSIS del EQAM)*: tiempo que transcurre desde que se termina la creación del mensaje MAP hasta su entrega a la capa PHY, incluidos el tiempo total utilizado por la función MAC del M-CMTS principal; el encapsulado del MAP en un paquete DEPI; la puesta en cola y la transmisión del paquete DEPI a la salida del M-CMTS; el retardo y la fluctuación de fase en la CIN; los retardos de puesta en cola y de procesamiento dentro del EQAM y todos los retardos que puedan aparecer al insertar el MAP en el tren DOCSIS encapsulado MPEG (por ejemplo, causado por la necesidad de esperar a que se complete la transmisión del paquete anterior).
- *Retardos de capa física en sentido descendente*: incluyen la latencia del modulador en sentido descendente, el retardo de intercalador en sentido descendente y el retardo de propagación física entre el EQAM y el CM.
- *Tiempo de procesamiento del MAP en el CM*: tiempo que transcurre desde la llegada del primer bit del MAP al CM, hasta que el MAP es efectivo. En la cláusula relativa al retardo de procesamiento relativo se especifica un valor mínimo de este tiempo [J.122]. En él se tienen en cuenta todos los retardos internos de procesamiento en el CM.
- *Tiempo hasta la concesión*: si la primera concesión en el MAP no está destinada a este CM, la transmisión real del CM se "retardará" hasta que se presente la concesión correspondiente.
- *Margen*: en la práctica, el CMTS no puede controlar precisamente todos los retardos con el fin de garantizar que los MAP lleguen al módem en el momento justo. Es decir, el CMTS debe contar con un margen para así tener en cuenta el caso más desfavorable de retardos de propagación hacia los módems más alejados, las variaciones en el tiempo de creación del MAP y los retardos en la CIN, etc.

En el cuadro I.1 se proporcionan ejemplos de valores para los anteriores componentes del tiempo de ida y vuelta, que se suministran SOLAMENTE como ejemplo y no conviene interpretarlos como valores representativos aplicables a algún sistema y/o implementación.

**Cuadro I.1/J.212 – Hoja de cálculo de tiempo de ida y vuelta de petición-concesión DOCSIS**

(todos los tiempos en  $\mu$ s)

Fuente de retardo:			Comentarios
	Subtotal	Total	
<b>Tiempo de propagación en sentido ascendente</b>		<b>800</b>	
Retardo de planta física HFC	800		Aprox. 100 millas
<b>Tiempo de recepción/análisis en sentido ascendente</b>		<b>469</b>	
Tiempo de procesamiento PHY en sentido ascendente	369		Tiempo por 1 bloque FEC (236.200) a 5,12 Mbit/s
Tiempo de procesamiento MAC en sentido ascendente	100		
<b>Procesamiento y puesta en cola del calendarizador</b>		<b>1000</b>	
<b>Entrega de MAP a la capa PHY</b>		<b>1338</b>	
Paquetización DEPI en el principal	383		
Retardo CIN	varies		<b>más el retardo CIN</b>
Latencia EQAM	500		Para el modo MPT, tiempo de transmisión de 7 paquetes MPEG
Colas por debajo de la longitud máxima			Según J.212
Paquete durante encapsulado MPEG	455		Tiempo de transmisión de 1518 bytes (anexo B MAQ-64)
<b>Tiempo de transmisión en sentido descendente</b>		<b>1841</b>	
Duración de MAP en el alambre en sentido descendente	61		200B MAP a 64QAM
Retardo de FEC/intercalador en sentido descendente	980		(I, J) = (32,4) en 64QAM
Retardo de propagación en sentido descendente	800		Aprox. 100 millas
<b>Margen de avance de MAP</b>		<b>500</b>	
<b>Tiempo de procesamiento CM</b>		<b>200</b>	TDMA, sin intercalado de byte
<b>Tiempo total de ida y vuelta</b>		<b>6148</b>	
			<b>más el retardo CIN</b>

## I.4 Características de la CIN

En un sistema M-CMTS, la CIN añade un retardo que puede contribuir apreciablemente al tiempo total de ida y vuelta del sistema. El operador configura y gestiona la CIN, cuya extensión puede variar bastante de un sistema a otro: puede ir desde un simple cable Ethernet entre un M-CMTS principal y un EdgeQAM hasta, por ejemplo, una red IP compuesta por varios conmutadores y/o saltos de encaminadores compartidos con otro tráfico (no DEPI) y hacia otros nodos (por ejemplo, vídeo encapsulado IP proveniente de otros servidores VoD).

Todas las redes de paquetes, salvo las más simples, sufren variaciones en el retardo, que resultan de la variabilidad de la longitud y del tiempo de llegada de los paquetes, de los cambios en la carga instantánea, de la puesta en cola de paquetes dentro de los elementos de red, de las diferencias en los parámetros de QoS que se aplican a los distintos paquetes, y otros factores más. Así las cosas, a menudo se desarrollan modelos con un retardo de red aleatorio.

Se suele describir el retardo de red como la suma de dos componentes, a saber un retardo "habitual" que se trata como constante, más un término de "fluctuación de fase" que puede variar de un paquete a otro. Otro método consiste en describir la red como si tuviera un retardo "mínimo" y un retardo "máximo" o "de caso más desfavorable", con lo cual los retardos de los paquetes se distribuyen de alguna manera entre estos dos extremos. Estas metodologías son, con frecuencia, convenientes para aproximarse al comportamiento real de la red.

Para obtener un modelo más riguroso de la red es necesario calcular una función de distribución acumulada (CDF, *cumulative distribution function*) de los retardos de paquete. Esta CDF es una función o un grafo cuyo eje "x" es el retardo,  $D_0$ , y el eje "y" la probabilidad de que el retardo real,  $D$ , de un cierto paquete sea menor que  $D_0$ . Para que sea útil, puede limitarse el alcance de dicha CDF: por ejemplo, puede ir desde un determinado nodo de origen hasta un nodo particular de destino y valer sólo para una cierta clase de tráfico. Es posible, entonces, declarar que cierta fracción de paquetes experimentará un retardo mejor que un cierto valor (por ejemplo, "99,995% de paquetes tendrán un retardo menor que 2 ms", o algo por el estilo). En algunas redes, puede llegar a ser imposible garantizar un límite superior para el retardo de 100% de los paquetes.

Además de la CIN propiamente dicha, en la "red" puede haber conmutación y/o puesta en colas dentro de un M-CMTS principal o un EQAM. Por ejemplo, es posible que un M-CMTS principal que soporte varios canales QAM en sentido descendente tenga varios puertos de salida Gigabit Ethernet, y que por lo tanto tenga que incluir un "conmutador" interno para conectar varios flujos DEPI a diferentes puertos de salida. De haberla, esta función podría igualmente causar retardos por puestas en cola que dependen de la implementación, que cabría incluir en el modelo como parte de la CIN.

A los efectos de caracterización de la CIN, en DEPI se especifica (cláusula 8.4) el subencabezamiento de medición de latencia, el cual se sirve del hecho de que tanto el M-CMTS principal como el EQAM contienen una interfaz DTI que proporciona un reloj común de gran precisión. El M-CMTS principal transmite un paquete de medición de latencia, en una sesión DEPI dada, que contiene su valor actual de indicación de tiempo. Al recibir este mensaje, el EQAM añade su propio valor de indicación de tiempo y devuelve ambos valores al M-CMTS principal, de donde resulta una sola medición del retardo en la CIN (más todos los retardos de puesta en cola en la salida del M-CMTS principal y la entrada del EQAM, en el trayecto entre puntos de inserción de indicación de tiempo) entre el CMTS y el EQAM. El CMTS puede emplear esta información de varias maneras, por ejemplo para el cálculo de la CDF o para ajustar parámetros de red específicos de DOCSIS.

A menudo, el diseño de la CIN es el aspecto variable de la arquitectura M-CMTS que el operador controla completamente. Las decisiones que se tomen con relación al tamaño y a la cantidad de los saltos de red tendrán un efecto directo en la calidad de funcionamiento general de la red DOCSIS.

## **I.5 Retardos de puesta en cola en los elementos de red**

Actualmente, hay muchos conmutadores de capa 2 y de capa 3 que soportan la conmutación de velocidad de línea sin bloqueo. Por "sin bloqueo" se entiende que los paquetes que se están conmutando a través de determinados puertos de origen y de destino no interfieren con los que se están conmutando a través de otros puertos de origen y de destino. Si todo el tráfico dentro del conmutador es sin bloqueo (como suele ocurrir en las pruebas de laboratorio conformes a los RFC del IETF), la conmutación será muy rápida. (Los valores exactos de este "retardo intrínseco en el conmutador" dependen de la implementación). No obstante, si se dirigen paquetes que lleguen simultáneamente de diferentes puertos de origen hacia un mismo puerto de destino, dichos paquetes experimentarán un retardo de puesta en cola dentro del conmutador.

Tratándose de topologías de conmutación muy simples, en las que sólo hay tráfico DEPI, es posible calcular el retardo de puesta en cola más desfavorable, en un determinado puerto, en función del tamaño de paquete y de la cantidad de puertos de origen que conmutan hacia dicho puerto de destino. El cálculo anterior sólo vale para un nodo a la vez dentro de la red. Cuando todos los puertos de origen entreguen simultáneamente un paquete al puerto de destino, el último de dichos en salir del puerto de destino tendrá un retardo equivalente al tiempo necesario para transmitir todos los paquetes precedentes, a saber:

$$\text{Retardo máximo (s)} = (\# \text{ de puertos de origen} - 1) \cdot \text{tamaño de paquete (bits)} / \text{velocidad de línea (bits/s)}$$

Si a este resultado se le añade el retardo intrínseco en el conmutador (que puede llegar a ser, por ejemplo, del orden de 10-100  $\mu$ s) se obtiene un valor máximo razonable para el retardo total más desfavorable a través del conmutador, cuando el M-CMTS limita el tráfico en los puertos de origen basándose en la velocidad de línea. Siendo así, el tráfico agrupado que va al puerto de destino del conmutador no excede la capacidad del puerto. Éste sería el caso más común tratándose de un conmutador dentro de un CMTS o un EQAM, o uno que transporte solamente tráfico DEPI en una red compuesta por uno o dos saltos. En sistemas más complejos, podría presentarse más puesta en colas, con lo cual la latencia en todo el sistema puede fácilmente rebasar 1 ms. Así, es importante aplicar políticas de QoS a todo tráfico sensible a la latencia, a fin de poder evitar la formación de colas. En las cláusulas siguientes, "Prioridad de tráfico" y "Modo PSP", se proporciona más información acerca de la utilización de la QoS en la CIN.

En los últimos años los productos han evolucionado de tal manera que no siempre es clara la distinción entre un "conmutador" y un "encaminador". Es posible que un "conmutador" tenga una funcionalidad de QoS extensiva, mientras que un "encaminador" sea capaz de efectuar grandes cantidades de procesamiento en los equipos y ser tan rápido como algunos conmutadores. En otras palabras, en las topologías CIN más complejas los retardos pueden variar bastante y en la práctica no se prestan para cálculos. Aun los encaminadores o los conmutadores que pueden funcionar con velocidad de línea están expuestos a retardos por la congestión, la formación interna de colas y el procesamiento, los cuales son funciones de la carga, del tipo de tráfico y de las funciones de QoS que se soportan, y de muchas otras condiciones.

## **I.6 Prioridad de tráfico y retardos de red**

En general, se puede reducir el retardo de red de ciertos paquetes ordenando a los encaminadores y/o los conmutadores que les den mayor prioridad que a otros paquetes. El mecanismo para lograrlo suele ser la etiqueta IEEE 802.1Q VLAN para Ethernet, o el campo DSCP y el comportamiento correspondiente por salto para el IP.

En el caso más simple, el encaminador o el conmutador envían los paquetes marcados como altamente prioritarios antes que los demás paquetes de menor prioridad, los cuales ya pueden estar en cola dentro del dispositivo. También hay comportamientos más complejos, aunque en todos básicamente se reduce el retardo en los paquetes de alta prioridad a costa de los de menor prioridad.

En aras de la eficacia, los paquetes de alta prioridad han de representar una fracción relativamente pequeña del tráfico total en la red.

En una CIN, la prioridad de tráfico puede ser útil para reducir el tiempo de ida y vuelta cuando se emplea el modo PSP, otorgándole prioridad a los flujos DEPI que tiene MAP, con respecto a otros flujos que contengan otros tipos de datos. Este concepto se puede extrapolar de tal modo que se añaden más niveles de prioridad (por ejemplo, para el tráfico de voz vs. la transmisión de datos sin garantías) si tanto el M-CMTS principal como el EQAM soportan el número de flujos PSP deseado. En el modo MPT no es posible emplear este método debido a que todos los datos para un determinado canal QAM, independientemente de su prioridad, se transportan en un solo flujo.

Si la CIN también transporta tráfico no DEPI, puede ser posible reducir los retardos DEPI otorgando mayor prioridad a la DEPI. Sin embargo, esto provocará un retardo incrementado en los paquetes no DEPI. Conviene que el operador estudie cuidadosamente lo anterior.

### **I.7 Persistencia de colas en flujos DEPI**

DEPI requiere que el M-CMTS principal conforme su salida a la velocidad, a fin de obtener la correspondencia con la velocidad de la salida RF del EQAM. Si el trayecto entre ambos dispositivos tiene retardo fijo (es decir, la fluctuación de fase es cero), los datos DEPI que llegan al EQAM empezarían inmediatamente a ser transmitidos en la red HFC. En la práctica, un trayecto DEPI real siempre tendrá retardos variables (es decir, fluctuación de fase). Al haber fluctuación de fase en este trayecto, se deben poner en cola los datos dentro del EQAM.

Para entender lo anterior, considérese un ejemplo simple en el que se tiene un solo flujo DEPI en modo MPT. Supóngase que se envían los paquetes a través de una red Ethernet a 1 Gbit/s. El flujo propiamente dicho sólo ocupa 40 Mbit/s y es conforme a la velocidad, con lo cual hay "espacio" entre paquetes en la red. En la CIN el intervalo entre el inicio de un paquete y el del próximo paquete corresponderá al mismo intervalo en la salida RF del EQAM. A medida que el M-CMTS principal entrega cada paquete al EQAM con retardo constante,  $D$ , cada uno de ellos llega al EQAM precisamente cuando el EQAM completa la transmisión del paquete anterior. Ahora bien, si un paquete dado,  $P_0$ , tiene un retardo mayor que el normal,  $D + J$ , se amplía el tiempo entre este paquete y el anterior (paquete  $P_{-1}$ ), mientras que se reduce el tiempo entre este paquete y el siguiente (paquete  $P_1$ ) (dado que  $P_1$  sólo sufre el retardo  $D$ ). El EQAM completa entonces la transmisión de  $P_{-1}$  antes de que llegue  $P_0$ . Al no tener ahora el EQAM datos DOCSIS para enviar, debe transmitir paquetes Nulos MPEG hasta la llegada de  $P_0$ . En ese instante, ha de completar el paquete Nulo MPEG que está transmitiendo para luego empezar a transmitir  $P_0$ . No obstante, dado que el intervalo de tiempo entre  $P_0$  y  $P_1$  se ha reducido,  $P_1$  llegará al EQAM antes de que se haya finalizado la transmisión de  $P_0$ , con lo cual el EQAM debe poner  $P_1$  en cola y experimentará un retardo de cola,  $J'$ , como sigue:

$$J' = \text{ceiling}(J/T_{\text{MPEG}}), \text{ donde } T_{\text{MPEG}} = \text{duración de un paquete MPEG}$$

esto es, la cantidad de retardo añadida a  $P_0$  como resultado de la fluctuación de fase en la red, aproximada al próximo borde de paquete MPEG. Asimismo, mientras el M-CMTS principal siga sacando datos a la velocidad exacta de la salida RF del EQAM, todos los demás paquetes subsiguientes en el flujo experimentarán también el retardo de cola  $J'$ . Lo anterior se puede constituir en un problema grave para un sistema M-CMTS, dado que aunque la fluctuación de fase  $J$  tenga lugar raramente, una vez ésta aparezca, el retardo adicional por puesta en cola podría persistir indefinidamente.

A fin de impedir esta persistencia infinita de puesta en cola, la DEPI requiere que el M-CMTS principal tenga la capacidad de conformar a la velocidad su salida, comparada con una fracción configurable de la velocidad real de salida del EQAM. Lo anterior no impide que se presenten retardos de puesta en cola, debido a los eventos de fluctuación de fase de red, lo cual no quiere decir

que el EQAM pueda drenar la cola (transmitiendo datos) a un ritmo más rápido que el de llenado de ésta.

Es posible calcular el tiempo  $T$  necesario para que la profundidad de la cola vuelva a ser cero, después de que un evento de fluctuación de fase incrementa el retardo de un sólo paquete de  $D$  a  $D + J$ . Supóngase que el CMTS se está conformando a una velocidad  $r$ , que cumple una cierta "relación de conformación de velocidad",  $\rho$ , con la velocidad de salida del EQAM,  $R$  (es decir,  $\rho = r/R$ ). Durante el tiempo  $J'$ , éste enviará paquetes Nulos MPEG mientras que, si no hubiera habido fluctuación de fase, habría recibido normalmente  $J' \cdot r$  bits de datos del M-CMTS principal y los habría retransmitido inmediatamente por el hilo. En cambio, esta cantidad de bits se pondrá en cola dentro del EQAM y, una vez disponible, se transmitirá y, por consiguiente, suprimirá de la cola a una velocidad  $R$ . Mientras tanto, siguen llegando datos que se añaden a la cola a una velocidad  $r$ . En otras palabras, tras un intervalo de tiempo  $T$ , el tamaño total de la cola se disminuye en  $T \cdot (R - r)$ . El tamaño de la cola será de nuevo cero cuando:

$$J' \cdot r = T \cdot (R - r)$$

Si se despeja  $T$  y se reemplaza  $\rho$  (la relación configurada en el M-CMTS principal) se obtiene:

$$T = J' \cdot \rho / (1 - \rho)$$

Por ejemplo, si la fluctuación de fase de red en un paquete produce un retardo de puesta en cola de 2 ms ( $J'$ ), y el M-CMTS principal sigue enviando tráfico a una velocidad igual a 98% de la velocidad real de salida del EQAM, el tiempo necesario para vaciar la cola resultante en el EQAM será (2 ms)  $[0,98/(1 - 0,98)]$ , es decir 98 ms. Este tiempo disminuirá si el CMTS no tiene suficiente tráfico disponible durante dicho periodo para "llenar el tubo" hasta 98% del valor nominal. De otra parte, si se presenta otro evento de fluctuación de fase de red antes de que haya transcurrido dicho tiempo, el tamaño de la cola volverá a aumentar repentinamente. Los efectos de una fluctuación de fase continua no se adicionan, sino que la cola más desfavorable corresponderá con la fluctuación de fase más desfavorable. Si se presentan con suficiente frecuencia eventos de fluctuación de fase de red y las cantidades de tráfico siguen siendo relativamente altas, es posible que la cola nunca se desocupe completamente.

Si se está funcionando en el MPT, un mismo flujo contiene todos los datos DOCSIS de determinado canal QAM, incluidos los mensajes MAP. La fórmula para calcular  $T$  puede servir para estimar cuántos mensajes MAP van a tener un mayor retardo como consecuencia de eventos de fluctuación de fase de red. Si un intervalo normal MAP es 2 mseg, durante un tiempo  $T = 98$  ms, habrá 49 mensajes MAP en cada canal en sentido ascendente que tendrán un incremento de retardo, debido a que cada evento de fluctuación de fase de red añade  $J = 2$  ms de retardo a un sólo paquete DEPI (sin importar si éste contiene un mensaje MAP). Cabe observar que es posible que este cálculo no sea exacto, puesto que el CMTS puede modificar el intervalo MAP.

En función de cuánto margen de avance MAP permita el CMTS (véanse los cálculos de tiempo de ida y vuelta de la cláusula I.3), los CM pueden seguir empleando algunos de aquellos 49 MAP. A fin de tener en cuenta lo anterior, se puede sustraer de  $J$  el margen proporcionado y luego utilizar el resultado para calcular  $T$ , es decir, si el margen es  $\mu$ , cuando se presenta un evento de fluctuación de fase que añade una fluctuación de fase  $J$ , la cantidad de MAP en cada canal en sentido ascendente que tiene un retardo suficiente para que se pierda será:

$$\# \text{ MAP perdidos} = [ (J - \mu) \cdot \rho / (1 - \rho) ] / (\text{intervalo MAP})$$

En este ejemplo, si el CMTS ha añadido 500  $\mu$ s de margen de avance MAP a cada MAP, la cola se vaciará hasta el punto de que los CM puedan utilizar los MAP tras  $(J - 500 \mu\text{s}) \cdot [\rho/(1 - \rho)] = (1,5 \text{ ms}) (49) = 73,5 \text{ ms}$ . Si el intervalo MAP es 2 ms, solamente se perderán 37 MAP por cada uno de dichos eventos de fluctuación de fase de red, comparado con los 49 MAP que se perderían si hubiera un margen nulo. Estos 37 MAP perdidos corresponden a un tiempo de  $(37 \cdot 2 \text{ ms}) = 74 \text{ ms}$  durante el cual los CM no pueden transmitir.

Para que sea mínima la cantidad de MAP perdidos como resultado de la fluctuación de fase de red, cuando se emplea el modo MPT, conviene que el calendarizador añada un margen suficiente para obtener el nivel de fiabilidad deseado, basándose en la CDF que describe la red. Así, por ejemplo, supóngase que se sabe que durante el 99,9999% del tiempo (esto es,  $1 - 10^{-6}$ ) el retardo de red es menor que  $D_1$ . El calendarizador podría entonces agregar un margen  $D_1$  al crear los MAP. Luego, se podría decir que un evento que provoque la pérdida de MAP tendrá lugar una vez por cada  $10^6$  paquetes enviados. Tratándose de un flujo relativamente alto en sentido descendente que transporte, por ejemplo, 50 000 paquetes por segundo, habría un "evento MAP perdido" cada 20 segundos. La cantidad de MAP perdidos por cada evento, y el tiempo correspondiente durante el cual los CM no pueden transmitir como resultado de los MAP faltantes, dependen de cuánto se haya excedido el retardo real,  $D_1$ . En el ejemplo anterior, de haber habido un margen de avance MAP de 2 ms, con lo cual se hubiera tenido en cuenta la fluctuación de fase de CIN más desfavorable, se podrían haber seguido empleando los 49 mensajes MAP retardados.

Ahora bien, aunque este margen que se añade provoque un incremento de  $D_1$  en el tiempo de ida y vuelta para todos los paquetes, también hace mínimo el efecto negativo en el sistema de la pérdida frecuente de los MAP.

## **I.8 Modos PSP**

El modo PSP es útil en la DEPI para mitigar los retardos de la CIN que afectan el tiempo de ida y vuelta. Este modo no reduce los retardos de la red propiamente dichos, sino que separa los mensajes MAP en un flujo DEPI aparte y utiliza la prioridad de tráfico (cláusula I.6) para provocar un retardo mínimo en dicho flujo. Asimismo, el modo PSP permite que el EQAM transmita antes los mensajes MAP que los datos DOCSIS de baja prioridad, aun en el caso en que estos últimos ya estén en cola dentro del EQAM. Estos dos cambios significan, a su vez, que, en el modo PSP:

- a) los mensajes MAP sólo se retardan en la red como resultado de eventos de fluctuación de fase que afecten directamente paquetes que contengan MAP; y
- b) sólo podrán ponerse en cola los mensajes MAP después de otros MAP (y, por ende, retardados por éstos). Es decir, la CDF para el retardo de red de los mensajes MAP en el modo PSP puede indicar retardos muy inferiores que otra CDF similar para el modo MPT en la misma red.

Conviene que el operador se sirva del modo PSP siempre que sea importante el efecto de la CIN en el tiempo de ida y vuelta del sistema. En particular, debería considerarse el modo PSP cuando la cantidad de margen que debe añadirse a un trayecto de ida y vuelta, para que la tasa de pérdida MAP sea suficientemente baja, es demasiado grande. Qué tanto pueda considerarse como "demasiado grande" depende de varios factores y puede ser algo subjetivo. Por ejemplo, un sistema que tenga una planta físicamente pequeña tiene menos retardo de propagación y, por consiguiente, puede tolerar retardos mayores en la CIN. Otro ejemplo: en una planta en la que se requiere un módem cuyo desempeño sea de alta calidad, pero en la que, como resultado de la presencia de tráfico UGS u otros factores, se ha de utilizar un tamaño máximo de ráfaga pequeño, es posible que retardos relativamente bajos de la CIN causen una degradación del desempeño.

En general, una CIN muy pequeña (con uno o tal vez dos saltos de conmutador) tendrá poca probabilidad de afectar el tiempo de ida y vuelta de un sistema, mientras que una que tenga muchos saltos, y/o en la que haya tráfico no DEPI, producirá probablemente un efecto mayor en dicho tiempo. Con miras a predecir adecuadamente la mejora real en el tiempo de ida y vuelta, que resulta de utilizar el modo PSP en determinada CIN, hay que caracterizar los retardos de dicha CIN con varios DSCP.

## Apéndice II

### Utilización en el pasado de los dispositivos EQAM y su evolución

Antes de que se publicaran las Recomendaciones sobre el M-CMTS, los dispositivos EQAM se encargaban, en los sistemas de CATV digital por HFC, de las funciones de procesamiento de vídeo, por ejemplo de la multiplexación y de la modulación (QAM). Las Recomendaciones M-CMTS imponen requisitos adicionales a los dispositivos EQAM a fin de soportar la funcionalidad DOCSIS.

Es factible que, al sólo ser compatibles con parte de dichas Recomendaciones (incluida la que versa sobre DEPI), ciertos dispositivos EQAM soporten apenas un subconjunto de la funcionalidad DOCSIS. En tal caso, aunque no se les considerará como EQAM conformes al M-CMTS, pueden ser muy útiles para las estrategias de transición de los operadores.

El desarrollo de los primeros dispositivos M-CMTS EQAM que estarán en el mercado (de utilización precoz) se compondrá de dos categorías, a saber: la categoría A, que se compone de los fabricantes de EQAM cuyos productos actuales son del tipo EQAM para vídeo exclusivamente (sin soporte de la DTI). Es posible que dichos fabricantes quieran ofrecer a sus clientes una actualización de software que permita a los productos EQAM que ya están siendo utilizados soportar canales DOCSIS agrupados que no contengan información de temporización (es decir, sin mensajes SYNC). A la segunda categoría (categoría B) pertenecen los fabricantes de EQAM que pretenden ofrecer, para comenzar, nuevos productos EQAM cuyo hardware sea compatible con el M-CMTS, incluida la DTI, pero en los que aún no se permite el soporte completo de las características M-CMTS. En ambas categorías, el soporte de las características adicionales M-CMTS se obtendrá, en general, mediante actualizaciones de software que se entregarán en diferentes fases.

#### II.1 Desarrollo de los EQAM: Categoría A (sin DTI)

Los fabricantes de la categoría A proporcionarán actualizaciones de *software*, con lo cual será posible adaptar *in situ* los productos EQAM de vídeo para que soporten canales DOCSIS agrupados que no contengan información de temporización (sin mensajes SYNC). De esta manera, se protege en cierta medida la inversión de los operadores que ya emplean equipos EQAM. Si bien estos productos actualizados no soportarían la DTI y, por consiguiente, no serían conformes al M-CMTS, podrían ser útiles a los operadores cuando se empieza a utilizar la agrupación de canales DOCSIS. Siendo así, se reduciría al mínimo la cantidad de nuevos dispositivos EQAM que tendrían que comprar los operadores al actualizar sus sistemas para que sean compatibles con la agrupación de canales DOCSIS.

Fases de actualización para la categoría A (sin DTI):

- Fase 1: Se actualizan, mediante software, los EQAM de "vídeo" existentes, a fin de que puedan soportar {el plano de control L2TP y el modo DEPI MPT}
- Fase 2: Se añade (a la etapa 1) el soporte del plano de datos L2TP.
- Fase 3: Se añade (a la etapa 2) el soporte de la ERMI.

#### II.2 Desarrollo de los EQAM: Categoría B (con DTI)

Los fabricantes de la categoría B desarrollarán inicialmente equipos EQAM cuyo hardware tendrá la capacidad de ser completamente conforme al M-CMTS. Esto quiere decir, en general, que incluirán la interfaz DTI física. El soporte de las características M-CMTS se logrará paso a paso a medida que el fabricante ofrezca las actualizaciones de software correspondientes. Así, los operadores podrán adquirir equipos M-CMTS EQAM sabiendo que sólo requerirán dichas actualizaciones para llegar a ser completamente conformes al M-CMTS. Un EQAM cuyo hardware

sea conforme al M-CMTS soportaría la DTI, lo que le permitiría funcionar bien en el modo SCDMA o bien en el ATDMA.

Fases de actualización para la categoría B (con DTI):

- Fase 1: Soporte de la DTI, del plano de control L2TP y del modo DEPI MPT.
- Fase 2: Se añade (a la etapa 1) el soporte del plano de datos L2TP.
- Fase 3: Se añade (a la etapa 2) el soporte de la ERMI.
- Fase 4: Se añade (a la etapa 3) el soporte del modo DEPI: PSP.

### **II.3 Fases probables del desarrollo de las características M-CMTS**

Con el fin de comercializar sus productos lo más pronto posible, cabe esperar que los fabricantes EQAM opten por un método de actualizaciones progresivas de software para llegar a contar con las características del sistema M-CMTS. En ambas categorías (A y B) las etapas de actualización tendientes a lograr la conformidad con M-CMTS serán muy similares.

#### **Desarrollo: Fase 1**

Los primeros productos M-CMTS soportarán el plano de control L2TP y probablemente sólo el modo DEPI MPT (no el DEPI PSP). Los EQAM que dispongan de hardware de DTI pueden o no soportar la DTI propiamente dicha. Si no la soportan, el EQAM sirve exclusivamente para aplicaciones de vídeo y/o para soportar canales DOCSIS agrupado que no tengan información de temporización.

Es necesario que el plano de control L2TP permita al M-CMTS principal aprovisionar y configurar el EQAM, con lo cual hay que soportar el plano de control L2TP. Se supone que se puede desarrollar el plano de control L2TP en software sin que sean necesarios modificar el hardware del EQAM de "vídeo" EQAM ni un EQAM que tenga hardware adaptado para las capacidades M-CMTS.

A fin de poder soportar el plano de datos L2TP, tal vez se requiera ayuda técnica para el hardware o un desarrollo más avanzado del software que en el caso del plano de control L2TP, por lo que cabe esperar que los fabricantes de EQAM dejen este aspecto para una etapa ulterior. A menudo, los procesadores de red con que se cuenta hoy en día no soportan el L2TP, de donde se hace necesario desarrollar software específicamente dedicado para todo procesamiento del plano de datos L2TP en productos EQAM de la primera generación. Conviene asimismo observar que aunque el M-CMTS principal incluya siempre el plano de datos L2TP, el hecho de que las capas L2TP tengan longitud fija permitiría diseñar uno de dichos productos EQAM de primera generación para que simplemente omita los encabezamientos L2TP cuando reciba datos DEPI. En este caso, la capa UDP ha de soportar el encaminamiento de paquetes de datos hacia los canales de salida QAM adecuados.

Cabe esperar que dichos dispositivos EQAM soporten en principio el modo DEPI MPT pero no el DEPI PSP. El modo DEPI MPT permite entregar paquetes MPEG al EQAM, y requiere un procesamiento en el EQAM similar al que se efectúa con los paquetes MPEG de vídeo. Por su parte, en el modo DEPI PSP el EQAM tiene que realizar funciones adicionales, como la convergencia de transmisión (paquetización MPEG) y la inserción de DOCSIS SYNC, por lo que muy probablemente se deje para la fase 2.

#### **Desarrollo: Fase 2**

Es de esperar que, tras haber ofrecido los productos EQAM descritos en la fase 1, la próxima etapa (fase 2) consista en garantizar el soporte del plano de datos L2TP, lo cual podría lograrse a través de software o mediante procesadores de red en los que se aprovecharía el soporte de L2TP, si lo hubiere. A su vez, la utilización de procesadores de red compatibles con el L2TP se puede alcanzar utilizando actualizaciones de software, una actualización de software incorporado (firmware) FPGA o tal vez sea necesario modificar el hardware.

### **Desarrollo: Fase 3**

El soporte de la M-CMTS ERMI se logra aquí gracias a una actualización de software. Se diseña el sistema M-CMTS para que funcione sin un ERM (sin emplear la ERMI), basándose en el plano de control y en la configuración estática del sistema. En este caso se atribuyen manualmente (y estáticamente) los recursos EQAM al M-CMTS principal y, por consiguiente, se puede dejar para una etapa ulterior el soporte de la ERMI en el EQAM.

### **Desarrollo: Fase 4**

La fase final del desarrollo del M-CMTS EQAM consistirá muy probablemente en actualizaciones de software a los efectos de poder soportar el modo DEPI PSP. En dicho modo se hace necesario que el EQAM lleve a cabo funciones específicas DOCSIS, como la convergencia de transmisión (paquetización MPEG) y la inserción de DOCSIS SYNC. Además, el plano de datos es más complejo en este caso que en el del modo MPT, pues requiere el soporte de PDU de tamaño variable con varias tramas DOCSIS por PDU. Siendo así, cabe esperar que los fabricantes de EQAM ofrezcan el soporte del modo DEPI PSP solamente en las etapas tardías o finales del proceso. El soporte del modo DEPI PSP sólo se aplicaría a productos EQAM compatibles con la DTI (productos EQAM de la categoría B).

## **II.4 Capa UDP facultativa**

La capa UDP es facultativa en el L2TP. Conviene emplear el protocolo L2TP sin la capa UDP, puesto que el L2TP tiene mecanismos intrínsecos (los ID de sesión) para vincular datos de cabida útil a funciones de software análogas a la utilización de un puerto UDP. Cuando dos dispositivos completamente compatibles con el L2TP se están comunicando entre sí (a través del L2TP), no se necesita una capa UDP por debajo de la L2TP, puesto que los ID de sesión suministran la función necesaria para el encaminamiento de los datos. Si uno de ellos no soporta el L2TP en el plano de datos, es posible entonces servirse de la capa UDP para garantizar la funcionalidad de encaminamiento de datos.

Teniendo en cuenta que cuando los fabricantes EQAM empiecen a desarrollar M-CMTS tal vez todavía no haya procesadores de red en el comercio que soporten el L2TP, es de esperar que los productos EQAM de primera generación no soporten el plano de datos L2TP. Luego, es probable que dichos productos EQAM iniciales se valgan de la capa UDP para proporcionar la función de encaminamiento de datos, pues los procesadores de red actuales pueden analizar paquetes y se incluye la capa de transporte en el hardware.

Finalmente, cuando salgan al mercado los procesadores de red compatibles con el L2TP, o si los fabricantes de EQAM logran el soporte de la capa L2TP en el plano de datos, los dispositivos que se comuniquen utilizando el L2TP podrán dejar de emplear la capa UDP, si así lo quisieren.



## SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

Serie A	Organización del trabajo del UIT-T
Serie D	Principios generales de tarificación
Serie E	Explotación general de la red, servicio telefónico, explotación del servicio y factores humanos
Serie F	Servicios de telecomunicación no telefónicos
Serie G	Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales
Serie H	Sistemas audiovisuales y multimedia
Serie I	Red digital de servicios integrados
<b>Serie J</b>	<b>Redes de cable y transmisión de programas radiofónicos y televisivos, y de otras señales multimedia</b>
Serie K	Protección contra las interferencias
Serie L	Construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior
Serie M	Gestión de las telecomunicaciones, incluida la RGT y el mantenimiento de redes
Serie N	Mantenimiento: circuitos internacionales para transmisiones radiofónicas y de televisión
Serie O	Especificaciones de los aparatos de medida
Serie P	Calidad de transmisión telefónica, instalaciones telefónicas y redes locales
Serie Q	Conmutación y señalización
Serie R	Transmisión telegráfica
Serie S	Equipos terminales para servicios de telegrafía
Serie T	Terminales para servicios de telemática
Serie U	Conmutación telegráfica
Serie V	Comunicación de datos por la red telefónica
Serie X	Redes de datos, comunicaciones de sistemas abiertos y seguridad
Serie Y	Infraestructura mundial de la información, aspectos del protocolo Internet y Redes de la próxima generación
Serie Z	Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación