



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

**UIT-T**

SECTOR DE NORMALIZACIÓN  
DE LAS TELECOMUNICACIONES  
DE LA UIT

**Serie J**

**Suplemento 2**

(11/98)

SERIE J: TRANSMISIONES DE SEÑALES  
RADIOFÓNICAS, DE TELEVISIÓN Y DE OTRAS  
SEÑALES MULTIMEDIOS

---

**Directrices para la implementación del  
anexo A a la Recomendación J.112 "Sistemas  
de transmisión para servicios interactivos de  
televisión por cable"**

**Ejemplo de canal de interacción para sistemas  
de distribución de televisión por cable en  
radiodifusión de vídeo digital**

Recomendaciones UIT-T de la serie J – Suplemento 2

(Anteriormente Recomendaciones del CCITT)

---

RECOMENDACIONES UIT-T DE LA SERIE J

**TRANSMISIONES DE SEÑALES RADIOFÓNICAS, DE TELEVISIÓN Y DE OTRAS SEÑALES MULTIMEDIOS**

Recomendaciones generales	J.1–J.9
Especificaciones generales para transmisiones radiofónicas analógicas	J.10–J.19
Características de funcionamiento de los circuitos radiofónicos	J.20–J.29
Equipos y líneas utilizados para circuitos radiofónicos analógicos	J.30–J.39
Codificadores digitales para señales radiofónicas analógicas	J.40–J.49
Transmisión digital de señales radiofónicas	J.50–J.59
Circuitos para transmisiones de televisión analógica	J.60–J.69
Transmisiones de televisión analógica por líneas metálicas e interconexión con radioenlaces	J.70–J.79
Transmisión digital de señales de televisión	J.80–J.89
Servicios digitales auxiliares para transmisiones de televisión	J.90–J.99
Requisitos operacionales y métodos para transmisiones de televisión	J.100–J.109
Sistemas interactivos para distribución de televisión digital	J.110–J.129
Transporte de señales MPEG-2 por redes de transmisión de paquetes	J.130–J.139
Mediciones de la calidad de servicio	J.140–J.149
Distribución de televisión digital por redes locales de abonados	J.150–J.159

*Para más información, véase la Lista de Recomendaciones del UIT-T.*

## **SUPLEMENTO 2 A LAS RECOMENDACIONES UIT-T DE LA SERIE J**

### **DIRECTRICES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL ANEXO A A LA RECOMENDACIÓN J.112 "SISTEMAS DE TRANSMISIÓN PARA SERVICIOS INTERACTIVOS DE TELEVISIÓN POR CABLE"**

#### **EJEMPLO DE CANAL DE INTERACCIÓN PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE TELEVISIÓN POR CABLE EN RADIODIFUSIÓN DE VÍDEO DIGITAL**

#### **Orígenes**

El Suplemento 2 a las Recomendaciones de la serie J del UIT-T ha sido preparado por la Comisión de Estudio 9 (1997-2000) del UIT-T y fue aprobado por el procedimiento de la Resolución N.º 5 de la CMNT el 19 de noviembre de 1998.

## 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 Conferencia Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (CMNT), 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 N.º 1 de la CMNT.

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 *empresa de explotación reconocida (EER)* designa a toda persona, compañía, empresa u organización gubernamental que explote un servicio de correspondencia pública. Los términos *Administración, EER y correspondencia pública* están definidos en la *Constitución de la UIT (Ginebra, 1992)*.

## 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.

© UIT 1999

Es propiedad. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse o utilizarse, de ninguna forma o por ningún medio, sea éste electrónico o mecánico, de fotocopia o de microfilm, sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

# ÍNDICE

*Página*

1	Alcance .....	1
2	Referencias .....	1
3	Abreviaturas .....	1
4	Modelo de sistema .....	3
5	Modelo de pila de protocolos .....	4
6	Esbozo de especificación .....	5
6.1	Velocidades binarias y alineación de trama .....	6
6.2	Especificación de la capa física inferior .....	7
6.3	Especificación de la capa MAC .....	7
6.3.1	Modelo de referencia MAC .....	7
6.3.2	Concepto de MAC .....	7
6.3.3	Mensajes MAC .....	7
7	Arquitectura de red y servicios .....	12
7.1	Ejemplos de servicios .....	12
7.2	Ejemplos de redes con servicios interactivos .....	12
7.3	Posibles enlaces entre servidores y redes HFC .....	13
7.4	Utilización de frecuencias .....	13
7.5	Análisis de las degradaciones .....	14
7.6	Dimensionamiento de las redes .....	15
8	Herramientas proporcionadas por la capa física y la capa MAC .....	17
8.1	Capacidades y grados de NIU .....	17
8.2	Atribución dinámica de frecuencias en sentido ascendente .....	18
8.3	Inicialización y establecimiento .....	19
9	Gestión de conexiones .....	19
9.1	Protocolo de conexión y asignación de anchura de banda .....	19
9.2	Interfaz entre MAC y capas medias superiores (ATM) .....	21
9.3	Protocolo de desconexión .....	21
10	Simulación de característica de error y tratamiento de errores .....	21
10.1	Característica de error de la capa física .....	21
10.2	Tráfico .....	24
10.3	Tratamiento de errores .....	24



## DIRECTRICES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL ANEXO A A LA RECOMENDACIÓN J.112 "SISTEMAS DE TRANSMISIÓN PARA SERVICIOS INTERACTIVOS DE TELEVISIÓN POR CABLE"

### EJEMPLO DE CANAL DE INTERACCIÓN PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE TELEVISIÓN POR CABLE EN RADIODIFUSIÓN DE VÍDEO DIGITAL

(Ginebra, 1998)

#### 1 Alcance

En el presente Suplemento se dan directrices para la utilización de la especificación del anexo A/J.112 [2] relativo al canal de interacción para sistemas de distribución de televisión por cable (CATV, *cable TV distribution systems*) en radiodifusión de vídeo digital (DVB).

Las redes de sistema híbrido de fibra óptica/cable coaxial (HFC, *hybrid fibre coax*) son una subclase de las redes CATV en la que los abonados se dividen en grupos utilizando la tecnología de transmisión óptica en la red troncal.

Las infraestructuras CATV admiten la implementación del canal de retorno (RC, *return channel*) para los servicios interactivos que pueden prestarse en sistemas DVB. La CATV se puede utilizar para implementar servicios interactivos en el entorno DVB, proporcionando un trayecto de comunicación bidireccional entre el terminal del usuario y el proveedor del servicio.

#### 2 Referencias

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.

- [1] Recomendación UIT-T J.110 (1997), *Principios básicos aplicables a una familia mundial común de sistemas para la prestación de servicios de televisión interactivos*.
- [2] Recomendación UIT-T J.112 (1998), *Sistemas de transmisión para servicios interactivos de televisión por cable*.
- [3] Recomendación UIT-T J.83 (1997), *Sistemas digitales multiprogramas para servicios de televisión, sonido y datos de distribución por cable*.
- [4] Recomendaciones UIT-T de la serie I.363, *Especificación de la capa de adaptación del modo de transferencia asíncrono de la red digital de servicios integrados de banda ancha*.

#### 3 Abreviaturas

En este Suplemento se utilizan los siguientes siglos.

AAL 5	Capa de adaptación ATM 5 ( <i>ATM adaptation layer 5</i> )
ATM	Modo de transferencia asíncrono ( <i>asynchronous transfer mode</i> )
BC	Canal de radiodifusión ( <i>broadcast channel</i> )
BIM	Módulo interfaz de radiodifusión ( <i>broadcast interface module</i> )
BRA	Acceso a velocidad básica ( <i>basic rate access</i> )
CATV	Sistema de distribución de televisión por cable ( <i>cable TV</i> )

CB radio	Radiofrecuencia de banda ciudadana ( <i>citizens' band radio</i> )
DAVIC	Consejo Audiovisual Digital ( <i>digital audio visual council</i> )
DVB	Proyecto de radiodifusión de vídeo digital <sup>1</sup> ( <i>digital video broadcasting project</i> )
EMC	Compatibilidad electromagnética ( <i>electromagnetic compatibility</i> )
FIP	Trayecto de interacción directo ( <i>forward interaction path</i> )
HFC	Híbrido de fibra óptica/cable coaxial ( <i>hybrid fibre coax</i> )
IB	Dentro de banda ( <i>in-band</i> )
IC	Canal de interacción ( <i>interaction channel</i> )
ID	Identificador
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IIM	Módulo interfaz interactivo ( <i>interactive interface module</i> )
INA	Adaptador de red interactivo ( <i>interactive network adapter</i> )
IP	Protocolo Internet ( <i>Internet protocol</i> )
IRD	Decodificador de receptor integrado ( <i>integrated receiver decoder</i> )
LAN	Red de área local ( <i>local area network</i> )
LLC	Control de capa de enlace ( <i>link layer control</i> )
MAC	Control de acceso a los medios ( <i>media access control</i> )
MPEG	Grupo de expertos en imágenes en movimiento ( <i>moving picture expert group</i> )
NIU	Unidad interfaz de red ( <i>network interface unit</i> )
ONU	Unidad de nodo óptico ( <i>optical node unit</i> )
OOB	Fuera de banda ( <i>out-of-band</i> )
OSI	Interconexión de sistemas abiertos ( <i>open systems interconnection</i> )
RC	Canal de retorno ( <i>return channel</i> )
RCC	Canal – cable de retorno ( <i>return channel – cable</i> )
RDSI	Red digital de servicios integrados
RIP	Trayecto de interacción de retorno ( <i>return interaction path</i> )
RMS	Valor eficaz, valor cuadrático medio ( <i>root mean square</i> )
RTPC	Red telefónica pública conmutada
SDH	Jerarquía digital síncrona ( <i>synchronous digital hierarchy</i> )
SMATV	Televisión de antena colectiva por satélite ( <i>satellite master antenna television</i> )
SNR	Relación de potencia señal-ruido ( <i>signal-to-noise power ratio</i> )
STB	Caja de adaptación multimedios ( <i>set top box</i> )
STU	Unidad de adaptación multimedios ( <i>set top unit</i> )
TCP	Protocolo de control de transmisión ( <i>transmission control protocol</i> )
TDMA	Acceso múltiple por división de tiempo ( <i>time division multiple access</i> )
TS	Flujo de transporte ( <i>transport stream</i> )

<sup>1</sup> El proyecto de radiodifusión de vídeo digital (DVB, *digital video broadcasting project*) es un consorcio de radiodifusores, fabricantes, operadores de red y organismos de reglamentación creado para elaborar las normas de entrega de la televisión digital.

UC	Canal en sentido ascendente ( <i>upstream channel</i> )
VCI	Identificador de canal virtual ( <i>virtual channel identifier</i> )
VPI	Identificador de trayecto virtual ( <i>virtual path identifier</i> )

#### 4 Modelo de sistema

La figura 1 muestra el modelo del sistema que se ha de utilizar en la DVB para servicios interactivos [1].

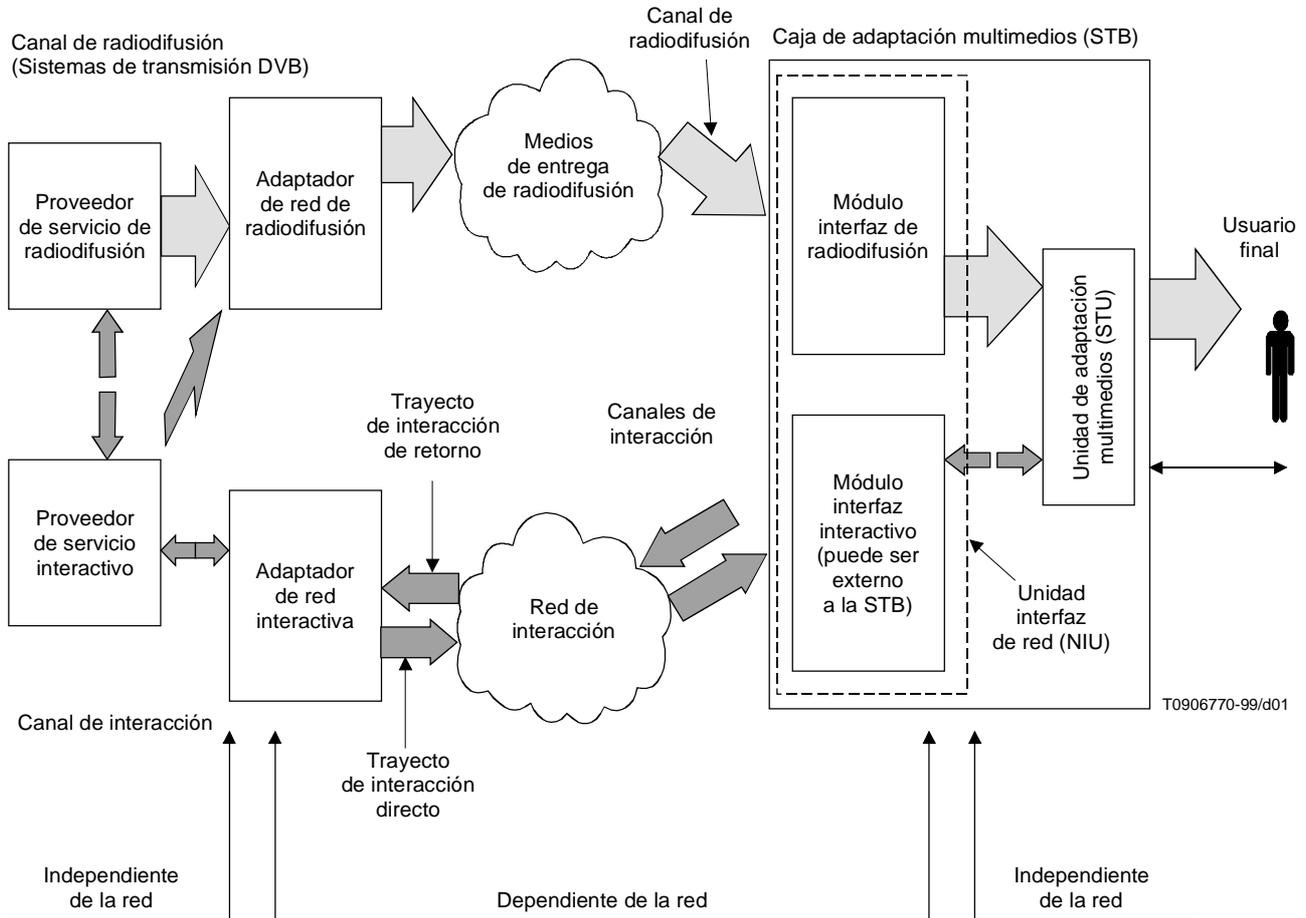


Figura 1 – Modelo de referencia del sistema genérico para sistemas interactivos

En el modelo del sistema, se establecen dos canales entre el proveedor del servicio y el usuario:

- **canal de radiodifusión (BC, *broadcast channel*)**: Canal de radiodifusión de banda ancha unidireccional que comprende vídeo, audio y datos. El BC se establece del proveedor del servicio a los usuarios. Puede incluir el trayecto de interacción directo (FIP).
- **canal de interacción (IC, *interaction channel*)**: Canal de interacción bidireccional que se establece entre el proveedor del servicio y el usuario a efectos de interacción. Este canal está formado por:
  - **El trayecto de interacción de retorno (RIP, *return interaction path*)**: Del usuario al proveedor del servicio. Se utiliza para plantear demandas al proveedor del servicio o para responder a las preguntas. También se le conoce como canal de retorno (RC) o canal en sentido ascendente (UC, *upstream channel*).
  - **Trayecto de interacción directo (FIP, *forward interaction path*)**: Del proveedor del servicio al usuario. Es utilizado por el proveedor del servicio para dar algún tipo de información al usuario y para cualquier otra comunicación que requiera la prestación del servicio interactivo. Puede estar incorporado en el BC. Este canal quizás no sea necesario en algunas implementaciones simples que utilizan el BC para llevar datos al usuario.

En el presente Suplemento la palabra "canal" significa enlace lógico y la palabra "trayecto" corresponde a un enlace físico.

El terminal del usuario está formado por la unidad interfaz de red (NIU, *network interface unit*) [que consta del módulo interfaz de radiodifusión (BIM, *broadcast interface module*), el módulo interfaz interactivo (IIM, *interactive interface module*)] y la unidad de adaptación multimedios (STU, *set top unit*). Este terminal proporciona la interfaz tanto para los canales de radiodifusión como para los canales de interacción. La interfaz entre el terminal del usuario y la red de interacción se efectúa a través del IIM.

El sistema interactivo está formado por el FIP (sentido descendente) y el RIP (sentido ascendente). La idea básica consiste en utilizar el FIP de modo que actúe como medio de transmisión para el canal de control MAC y lleve una parte de los datos en sentido descendente. De esta manera, las NIU se pueden adaptar a la red y enviar información sincronizada en sentido ascendente.

El RIP se divide en intervalos de tiempo que pueden ser utilizados por diferentes usuarios, empleando la técnica del acceso múltiple por división de tiempo (TDMA, *time division multiple access*). Se utiliza un canal de control MAC para controlar hasta ocho UC, todos los cuales están divididos en intervalos de tiempo. Periódicamente se envía a las NIU un marcador de tiempo y el valor de un contador en sentido ascendente ubicado en el INA, para que todas ellas funcionen con un reloj sincronizado y el mismo valor de contador en sentido ascendente. El INA puede así asignar intervalos de tiempo a los distintos usuarios.

Con este sistema se ofrecen tres modos de acceso principales. El primero es el denominado acceso por contienda, por el que los usuarios pueden enviar información en cualquier momento incurriendo en el riesgo de que se produzca una colisión con las transmisiones de otros usuarios. El segundo y el tercer modo con modos de acceso sin contienda, en los que el INA proporciona una cantidad finita de intervalos a una NIU determinada, o bien una cierta velocidad binaria pedida por una NIU hasta que el INA interrumpe la conexión a petición de la NIU. Estos modos de acceso están compartidos dinámicamente entre intervalos de tiempo, lo que permite a las NIU saber cuándo una transmisión basada en la contienda está o no autorizada. Así se evita la colisión en los dos modos de acceso sin contienda.

El INA indicará a los nuevos usuarios, de manera periódica, que pueden aplicar el procedimiento entrada en el sistema, dándoles así oportunidad de sincronizar su reloj con el reloj de la red, sin peligro de sufrir colisiones con los usuarios ya activos. A tal fin, se deja un intervalo de tiempo mayor para que los nuevos usuarios envíen su información, teniendo en cuenta el tiempo de propagación necesario del INA a las NIU y en sentido contrario.

## 5 Modelo de pila de protocolos

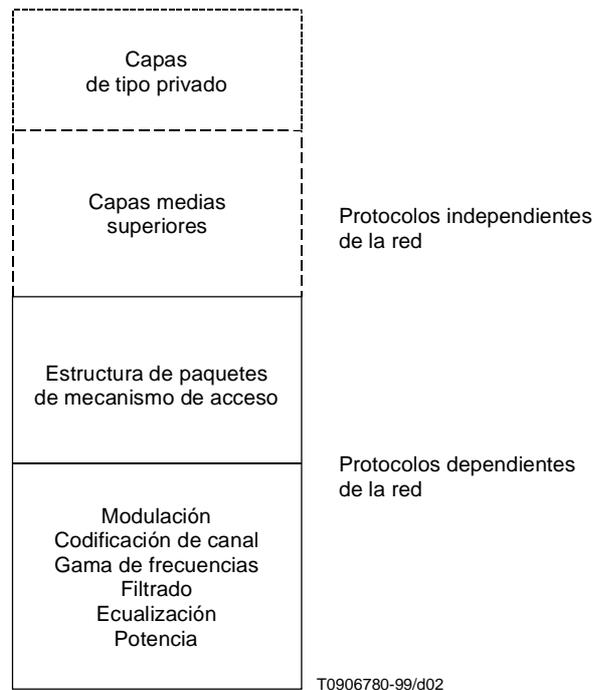
Para servicios interactivos asimétricos que admiten la radiodifusión al hogar con RC de banda estrecha, un modelo de comunicaciones simple está formado por las siguientes capas:

- **Capa física dependiente de la red:** en ella se definen todos los parámetros de transmisión físicos (eléctricos).
- **Capa de mecanismo de acceso dependiente de la red:** define todas las estructuras de datos y protocolos de comunicación de interés, por ejemplo, los contenedores de datos.
- **Capa de aplicación independiente de la red:** es el soporte lógico de aplicaciones interactivas y los entornos en tiempo de ejecución (por ejemplo, aplicaciones comerciales a domicilio, intérprete de textos, etc.).

El proyecto de radiodifusión de vídeo digital con canal-cable de retorno (DVB-RCC) (anexo A/J.112 [2]) se refiere a las dos capas inferiores (la física y la de transporte) y deja la capa de aplicación abierta a las fuerzas competitivas del mercado.

Se ha adoptado un modelo simplificado de capas OSI para facilitar la producción de especificaciones relativas a estos nodos. En la figura 2 se indican las capas inferiores del modelo simplificado y se identifican algunos de los parámetros clave de las dos capas inferiores. Teniendo en cuenta las necesidades del usuario en materia de servicios interactivos, el presente Suplemento no toma en consideración las capas medias superiores.

En el presente Suplemento sólo se analizan aspectos específicos de la red HFC/CATV. Los protocolos independientes de la red se especificarán de forma separada.



**Figura 2 – Estructura en capas del modelo de referencia de sistema genérico**

## 6 Esbozo de especificación

Se define un esquema de acceso múltiple para que distintos usuarios compartan el mismo medio de transmisión. La información en sentido descendente se envía a todos los usuarios de las redes. Así pues, existe una asignación de dirección a cada usuario, lo que permite al INA enviar información de difusión única a un usuario determinado. En las cajas de adaptación multimedios (STB, *set top boxes*) se almacenan dos direcciones para identificar a los usuarios en la red:

- Dirección MAC: Es un valor de 48 bits que representa la dirección MAC única de la NIU. Esta dirección MAC puede tener una codificación protegida en la NIU o puede ser suministrada por una fuente externa.
- Dirección NSAP: Es un valor de 160 bits que representa una dirección de la red. Esta dirección es suministrada por las capas superiores durante la comunicación.

La información en sentido ascendente puede provenir de cualquier usuario de la red y, por consiguiente, debe ser también diferenciada en el INA utilizando la serie de direcciones mencionadas.

El sistema interactivo se basa en la señalización en sentido descendente fuera de banda (OOB, *out-of-band*) o dentro de banda (IB, *in-band*). Sin embargo, no es preciso que las cajas de adaptación multimedios (STB) soporten ambos sistemas.

En el caso de señalización OOB, se añade un trayecto de interacción directo (FIP). La presencia del FIP añadido es, en este caso, obligatoria. No obstante, también se puede enviar información en sentido descendente con una velocidad binaria más alta a través de un canal DVB-C cuya frecuencia se indica en el FIP.

En el caso de señalización IB, el trayecto de información directo FIP está comprendido en el TS de MPEG-2 de un canal DVB-C.

NOTA – No es obligatorio incluir el trayecto de información directo en todos los canales DVB-C.

Ambos sistemas pueden ofrecer la misma calidad de servicio. No obstante, la arquitectura general del sistema será distinta entre redes que utilizan cajas de adaptación multimedios IB y cajas de adaptación multimedios OOB. Ambos tipos de sistemas pueden existir en las mismas redes, siempre que se utilicen frecuencias diferentes para cada sistema.

Los canales en sentido ascendente y los canales en sentido descendente OOB se dividen en canales separados de una anchura de banda de 1 ó 2 MHz para el sentido descendente y de 1 MHz, 2 MHz ó 200 kHz para el sentido ascendente. Cada canal en sentido descendente contiene una trama de sincronización utilizada por hasta ocho canales en sentido ascendente (UC) distintos, cuyas frecuencias son indicadas por el protocolo de control de acceso a los medios (MAC, *media access control*).

En los canales en sentido ascendente (UC), los usuarios envían paquetes de acceso de tipo TDMA. Esto significa que cada canal es compartido por muchos usuarios distintos, que pueden enviar paquetes, con posibilidad de colisión, cuando el INA lo permite, o bien pedir la transmisión y utilizar los paquetes asignados por el INA a cada usuario. Aceptando que cada trayecto en sentido ascendente pueda servir por tanto a un gran número de usuarios al mismo tiempo, la anchura de banda en sentido ascendente puede ser utilizada fácilmente de forma simultánea por todos los usuarios presentes en la red.

La técnica TDMA utiliza una metodología de división en intervalos que permite que los momentos de comienzo de la transmisión se sincronicen con una fuente de reloj común. La sincronización de los momentos de comienzo aumenta el caudal de mensajes del canal de señalización ya que los paquetes de los mensajes no se superponen durante la transmisión. El periodo de tiempo que transcurre entre momentos de comienzo secuenciales se denomina un intervalo. Cada intervalo es un punto en el tiempo en el que un paquete de mensajes puede ser transmitido por el enlace de señalización.

La referencia de tiempo para la localización del intervalo se recibe a través de los canales en sentido descendente generados en el sistema de entrega y recibidos simultáneamente por todas las unidades de adaptación multimedios (STU). Esta referencia de tiempo no se envía de la misma manera para señalización OOB que para señalización IB. Puesto que todas las NIU se refieren a la misma base de tiempos, los momentos de los intervalos están alineados para todas esas unidades. No obstante, dada la existencia de un retardo de propagación en cualquier red de transmisión, un método de alineación de bases de tiempo permite acomodar la desviación de la transmisión debida a dicho retardo.

El enlace de señalización TDMA es utilizado por las NIU que participan en las sesiones interactivas, por lo que el número de intervalos de mensajes disponibles por el canal depende del número de usuarios simultáneos. Cuando haya intervalos de mensajes que no se utilizan, se pueden asignar a una NIU múltiples intervalos para aumentar el caudal. La NIU recibe asignaciones de intervalos adicionales del flujo de información de señalización en sentido descendente.

Hay diferentes maneras de acceder a los intervalos en sentido ascendente que dependen de éstos, a saber:

- intervalos reservados con reserva de velocidad fija (acceso a velocidad fija: el usuario tiene la reserva de uno o varios intervalos de tiempo en cada trama, lo que hace posible, por ejemplo, la voz y el audio);
- intervalos reservados con reserva dinámica (acceso por reserva: el usuario envía información de control que anuncia su demanda de capacidad de transmisión. Al usuario se le permite el uso de intervalos);
- intervalos basados en la contienda (a estos intervalos pueden acceder todos los usuarios. Es posible que se produzcan colisiones, que se resuelven mediante un protocolo de resolución de contiendas);
- intervalos de alineación (intervalos utilizados en sentido ascendente para medir y ajustar el retardo de tiempo y la potencia).

Estos intervalos pueden combinarse en una portadora única para habilitar servicios diferentes en una misma portadora. Si se asigna una portadora a un determinado servicio, sólo se utilizarán los tipos de intervalos necesarios para dicho servicio. El terminal podrá simplificar, en consecuencia, para que responda únicamente a los tipos de intervalos asignados al servicio.

## **6.1 Velocidades binarias y alineación de trama**

Para el canal interactivo OOB en sentido descendente, puede utilizarse una velocidad de 1,544 Mbit/s ó 3,088 Mbit/s. Para canales IB en sentido descendente, no existen otras limitaciones que las establecidas en las especificaciones del canal DVB-C (Recomendación J.83 [3]) pero, a título orientativo, se indica la conveniencia de utilizar velocidades múltiples de 8 kbit/s.

Los canales OOB en sentido descendente transmiten continuamente una trama basada en la alineación de trama del tipo T1, en la que se proporciona alguna información para la sincronización de intervalos en sentido ascendente. Los canales IB en sentido descendente transmiten algunos paquetes TS de MPEG-2 con un PID específico para la sincronización de intervalos en sentido ascendente (en cada periodo de 3 ms debe enviarse por lo menos un paquete que contenga información de sincronización).

Para la transmisión en sentido ascendente, el INA puede indicar tres velocidades de transmisión a los usuarios, a saber: 3,088 Mbit/s, 1,544 Mbit/s ó 256 kbit/s. El INA se encarga de indicar cuál es la velocidad que pueden utilizar las NIU. Para ello es necesario que todas las NIU puedan transmitir a 256 kbit/s, 1,544 Mbit/s ó 3,088 Mbit/s. Sólo la implementación de una de estas velocidades binarias podría ser obligatoria.

La alineación de trama en sentido ascendente está formada por paquetes de 512 bits (256 símbolos) que son enviados en modo ráfaga desde los distintos usuarios presentes en la red. Las velocidades de los intervalos en sentido ascendente son:

- 6000 intervalos/segundo: cuando la velocidad de datos en sentido ascendente es de 3,088 Mbit/s;
- 3000 intervalos/segundo: cuando la velocidad de datos en sentido ascendente es de 1,544 Mbit/s; y
- 500 intervalos/segundo: cuando la velocidad de datos en sentido ascendente es de 256 kbit/s.

## **6.2 Especificación de la capa física inferior**

En esta subcláusula se da una información detallada sobre la especificación de la capa física inferior. Las figuras 3, 4, 5 y 6 muestran los diagramas de bloques conceptuales para la aplicación de la presente especificación.

## **6.3 Especificación de la capa MAC**

### **6.3.1 Modelo de referencia MAC**

Esta subcláusula se limita a la definición y especificación del protocolo de capa MAC. Las operaciones detalladas dentro de la capa MAC quedan ocultas a las capas superiores.

La presente subcláusula se centra en los flujos de mensajes requeridos entre el INA y las NIU para el control del acceso a los medios (MAC). Este área se divide en tres categorías:

- gestión de inicialización, aprovisionamiento y entrada en el sistema,
- gestión de conexiones, y
- gestión de enlaces.

### **6.3.2 Concepto de MAC**

Hasta ocho canales en sentido ascendente (UC) QPSK pueden estar relacionados con cada canal en sentido descendente, designado como canal de control MAC.

En la figura 8 se muestra un ejemplo de atribución de frecuencias. Esta relación es como sigue:

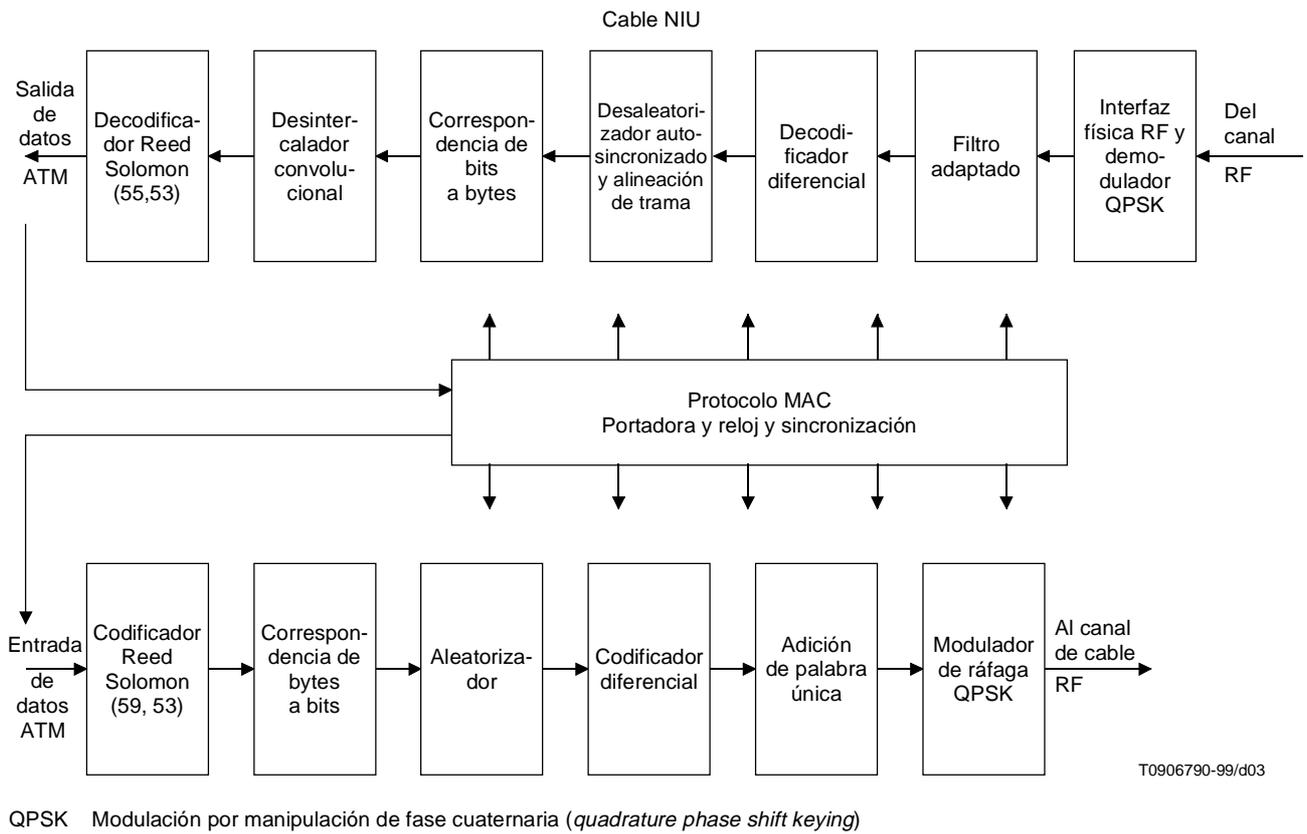
- 1) Cada uno de los UC conexos comparte una posición de intervalos común. Esta referencia se basa en marcadores de tiempo de un milisegundo que se obtiene de la información transmitida a través del canal de control MAC en sentido descendente.
- 2) Cada uno de los UC conexos obtiene números de intervalos de la información proporcionada en el canal de control MAC en sentido descendente.
- 3) La mensajería necesaria para efectuar funciones MAC de cada uno de estos UC conexos se transmite a través del canal de control MAC en sentido descendente.

El protocolo de control de acceso a los medios (MAC) admite múltiples canales en sentido descendente. En los casos en que se utilizan canales múltiples, el INA debe especificar una frecuencia OOB única denominada canal de aprovisionamiento, donde la NIU realiza funciones de inicialización y aprovisionamiento. Si en la red coexisten ambos canales en sentido descendente OOB, el de 1,544 Mbit/s y el de 3,088 Mbit/s, deberá haber un canal de aprovisionamiento con cada velocidad. Además, en las redes en las que existen NIU IB, debería incluirse aprovisionamiento en al menos un canal IB. Se envía un mensaje no periódico por cada canal de control en sentido descendente que apunta al canal de aprovisionamiento en sentido descendente. En los casos en que se utilice una sola frecuencia, el INA deberá emplear esa frecuencia para las funciones de inicialización y aprovisionamiento.

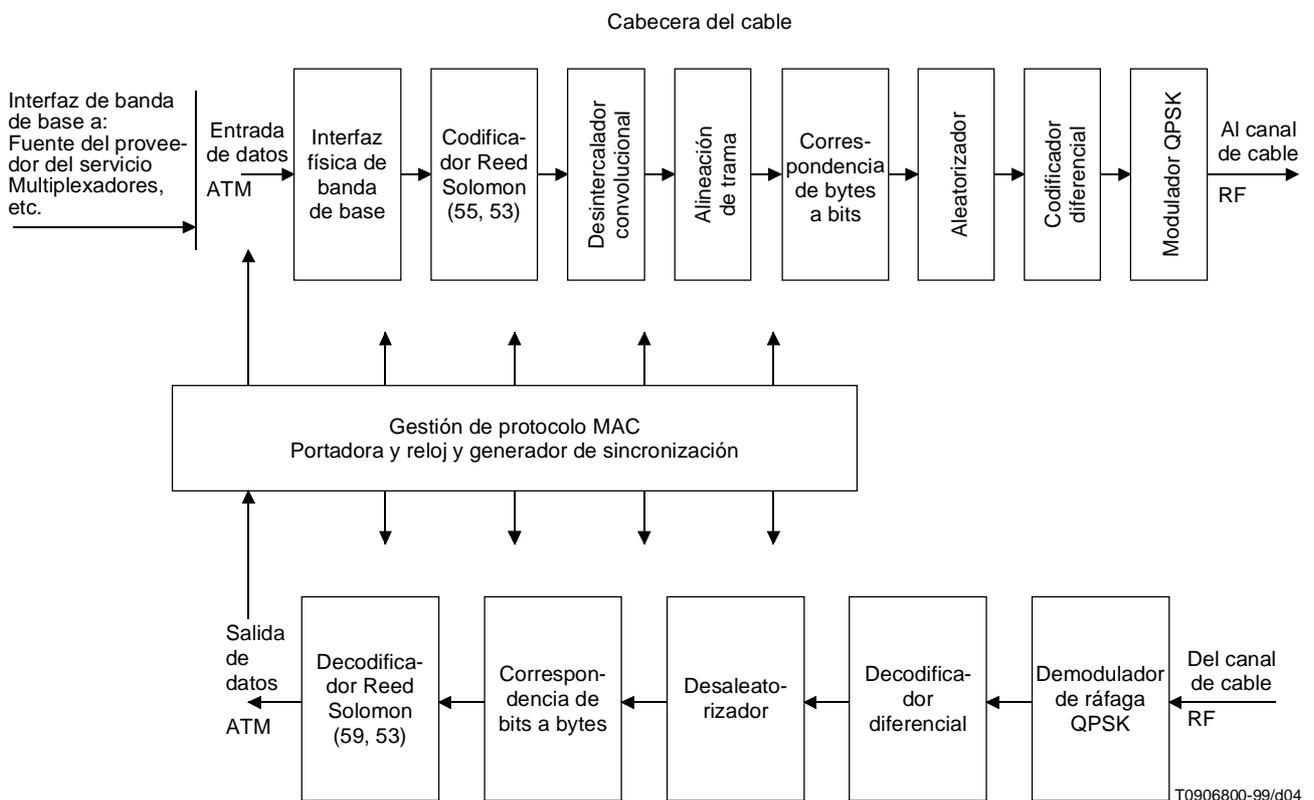
El protocolo de MAC admite múltiples UC. Uno de los UC será designado canal de servicio. Este canal debe ser utilizado por las NIU que se incorporan a la red en aplicación del procedimiento de inicialización y aprovisionamiento. Los UC restantes se utilizarán para la transmisión de datos en sentido ascendente. Cuando sólo se utilice un UC, las funciones del canal de servicio residirán junto con la transmisión regular de datos en sentido ascendente.

### **6.3.3 Mensajes MAC**

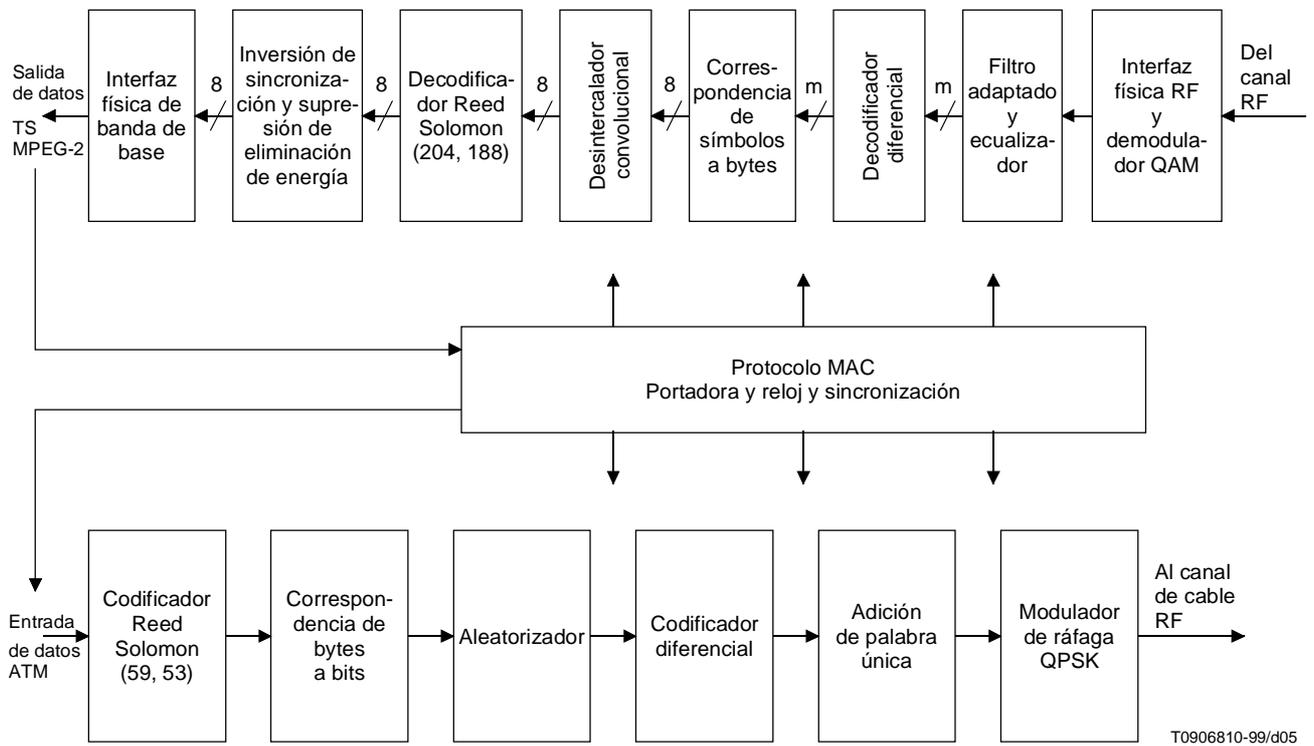
Los tipos de mensajes MAC (véase el cuadro 1) se dividen en estados MAC lógicos de gestión de inicialización, de entrada en el sistema y de conexión y gestión de enlaces. Los mensajes en cursivas representan la transmisión en sentido ascendente de la NIU al INA. Los mensajes MAC se envían utilizando direccionamiento de radiodifusión o de difusión única. La dirección de difusión única deberá utilizar la dirección MAC de 48 bits.



**Figura 3 – Diagrama de bloques conceptual para el transmisor-receptor OOB de la NIU**

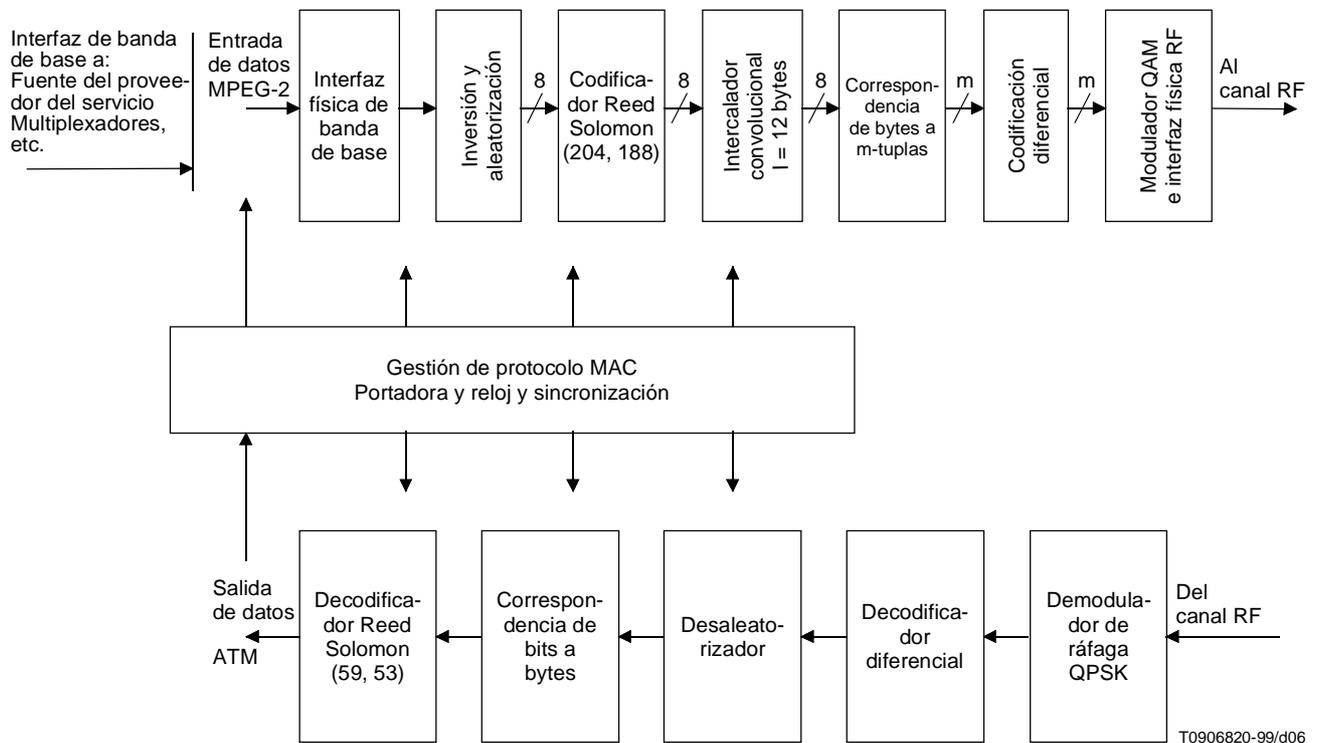


**Figura 4 – Diagrama de bloques conceptual para el transmisor-receptor OOB de cabecera**

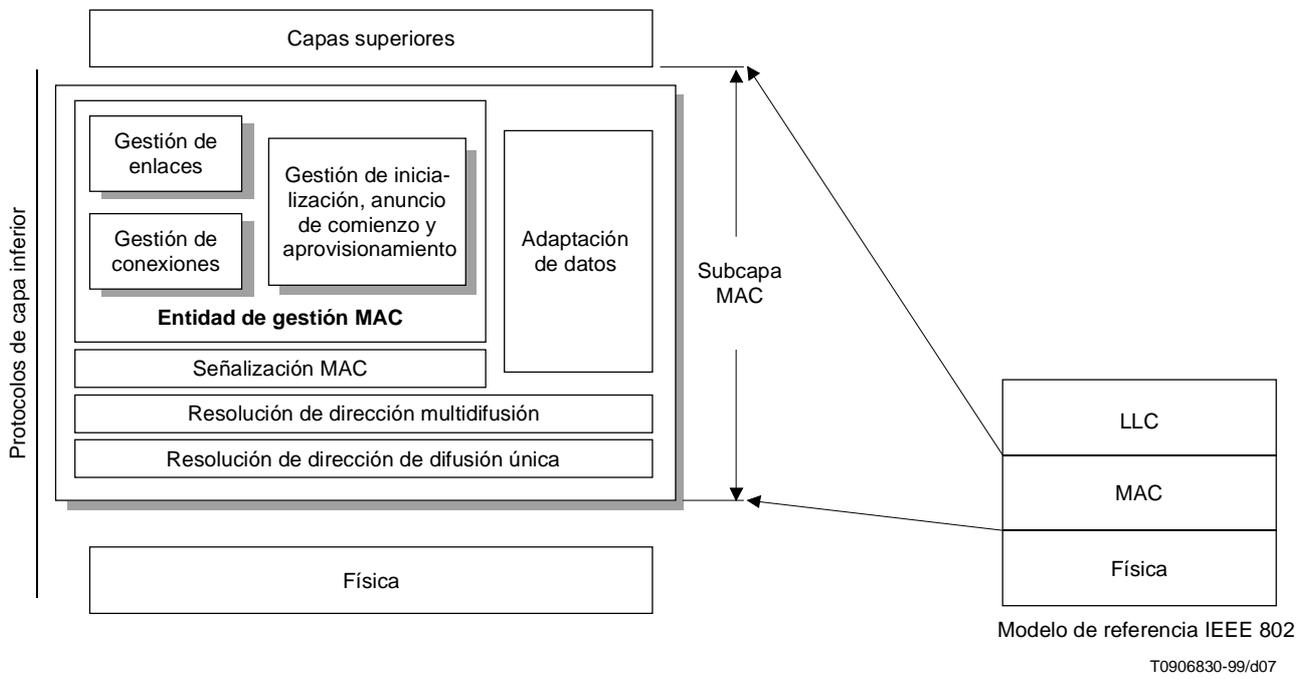


QAM Modulación de amplitud en cuadratura (*quadrature amplitude modulation*)

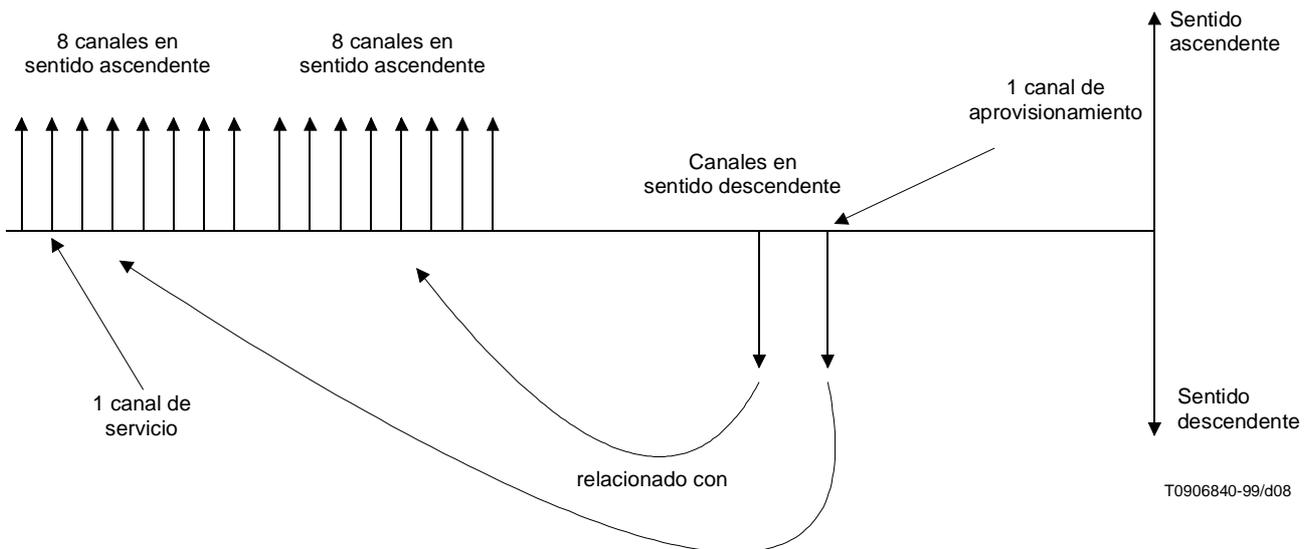
**Figura 5 – Diagrama de bloques conceptual para el transmisor-receptor IB de la NIU**



**Figura 6 – Diagrama de bloques conceptual para el transmisor-receptor IB de extremo de cabeza**



**Figura 7 – Modelo de referencia MAC**



**Figura 8 – Ejemplo de atribución de frecuencias**

**Cuadro 1 – Mensajes MAC**

<b>Valor de tipo de mensaje</b>		<b>Tipo de direccionamiento</b>
	<b>Mensaje MAC de inicialización, aprovisionamiento y entrada en el sistema</b>	
0x01	Mensaje de canal de aprovisionamiento	Radiodifusión
0x02	Mensaje de configuración por defecto	Radiodifusión
0x03	Mensaje de petición de entrada en el sistema	Radiodifusión
0x04	<i>Mensaje de respuesta de entrada en el sistema</i>	Difusión única
0x05	Mensaje de alineación y calibración de potencia	Difusión única
0x06	<i>Mensaje de respuesta de alineación y de calibración de potencia</i>	Difusión única
0x07	Mensaje de inicialización completa	Difusión única
0x08-0x1F	[Reservado]	
	<b>Mensajes MAC de establecimiento y terminación de la conexión</b>	
0x20	Mensaje de conexión	Difusión única
0x21	<i>Mensaje de respuesta de conexión</i>	Difusión única
0x22	<i>Mensaje de petición de reserva</i>	Difusión única
0x23	Mensaje de respuesta de reserva (no utilizado en esta versión)	Radiodifusión
0x24	Mensaje de confirmación de conexión	Difusión única
0x25	Mensaje de liberación	Difusión única
0x26	<i>Mensaje de respuesta de liberación</i>	Difusión única
0x28	Mensaje de concesión de reserva	Radiodifusión
0x29	Asignación de ID de reserva	Difusión única
0x2A	<i>Petición de estado de reserva</i>	Difusión única
0x2B-0x3F	[Reservado]	
	<b>Mensajes MAC de gestión de enlaces</b>	
0x27	Mensaje en reposo	Difusión única
0x40	Mensaje de control de transmisión	Difusión única o radiodifusión
0x41	Mensaje de reaprovisionamiento	Difusión única
0x42	Mensaje de respuesta de gestión de enlaces	Difusión única
0x43	Mensaje de petición de situación	Difusión única
0x44	Mensaje de respuesta de situación	Difusión única
0x45-0x5F	[Reservado]	

Para soportar la entrega de información relacionada con MAC hacia y desde la NIU, se utilizará un canal virtual especializado. El identificador de trayecto virtual (VPI, *virtual path identifier*) y el identificador de canal virtual (VCI, *virtual channel identifier*) de este canal será 0x000, 0x0021.

#### **Mensajes MAC en sentido ascendente**

Se utilizará la capa de adaptación AAL 5 (como se indica en la Recomendación I.363 [4]) para encapsular cada PDU de MAC en una célula ATM. La información MAC en sentido ascendente deberá consistir en mensajes de una sola célula de 40 bytes.

#### **Mensajes MAC en sentido descendente OOB**

Se utilizará la capa de adaptación AAL 5 (como se indica en la Recomendación I.363 [4]) para encapsular cada PDU de MAC en una célula ATM. La información MAC en sentido descendente OOB puede tener una longitud superior a 40 bytes.

#### **Mensajes MAC en sentido descendente IB**

La información MAC en sentido descendente IB está limitada a mensajes con una longitud de 120 bytes. (El proyecto DVB va a establecer un procedimiento que permita enviar mensajes más largos.) Para células de flujo de transporte de MPEG-2 no se define ninguna capa AAL 5.

## 7 Arquitectura de red y servicios

La arquitectura de red varía notablemente de un lugar a otro. Esto se debe a la antigüedad de la red, los antecedentes del operador y el precio de los servicios. La mayoría de las redes existentes tienen un RC instalado tanto en la parte fibra óptica como en la parte cable coaxial, y de ellas, la limitadora es normalmente la parte cable coaxial. Importa subrayar, no obstante, que algunas redes todavía no están interconectadas y la interactividad sólo es posible, en estos momentos, a nivel local. Para conectar los proveedores de servicios interactivos a los INA, deberá instalarse una red de área entre éstos últimos. La DVB-RCC (anexo A/J.112 [2]) se ha concebido por ello de modo que tenga la suficiente flexibilidad como para acomodar todo tipo de servicios en todo tipo de redes que dispongan de capacidades RC. No obstante, la flexibilidad se consigue facilitando un cierto número de herramientas, no todas las cuales tienen que ser implementadas, ya que esto depende de los servicios que se van a ofrecer en las redes. Las subcláusulas que siguen presentan diferentes tipos de redes, servicios y utilidades de las herramientas proporcionadas.

### 7.1 Ejemplos de servicios

La lista que sigue enumera los servicios ya proporcionados por el canal DVB-C (Recomendación J.83 [3]) y los nuevos servicios ofrecidos por la DVB-RCC (anexo A/J.112 [2]).

#### Servicios de radiodifusión digital (DVB)

- Radiodifusión de audio, vídeo y datos vía red de distribución. No hay interacción por parte del usuario.

#### Servicios de radiodifusión interactivos (DVB-RC)

- Respuestas apreciadas en programas de radiodifusión (votos, apuestas, juegos, etc.).
- Televisión a la carta, televisión de pago por programa, vídeo casi a la carta (NVOD), (*near video on demand*).
- Telecompra.
- Telebanco.

#### Servicios multimedia basados en TV

- Vídeo por demanda (películas, noticias, copias cinematográficas, publicidad).
- Educación a distancia.
- Telecompra.
- Recuperación de información.
- Juegos.

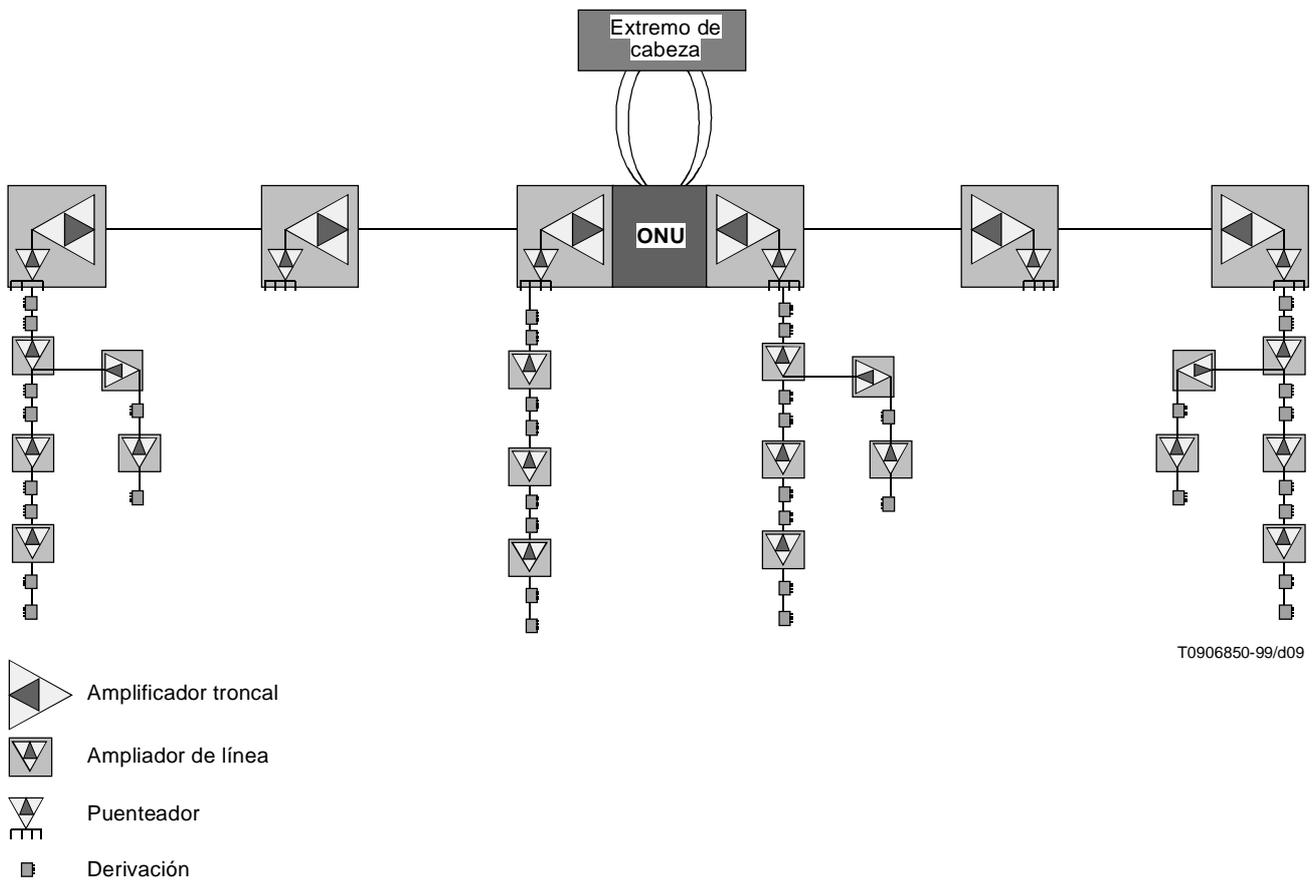
#### Otros servicios (basados en computador personal, no cubiertos por el proyecto DVB, para información)

- Comunicación de datos.
- Voz (telefonía).
- Recuperación de información.
- Acceso a servicios en línea.
- Emulación de LAN.

### 7.2 Ejemplos de redes con servicios interactivos

La mayoría de las redes HFC constan de una parte a base de fibra óptica y una parte de cable coaxial. La figura 9 ilustra una configuración de red HFC típica. El extremo de cabeza entrega la señal a la unidad de nodo óptico (ONU, *optical node unit*) que la distribuye a continuación a otros amplificadores troncales y por último a la parte de cable coaxial. La parte coaxial se divide seguidamente entre varios usuarios. Aunque la radiodifusión se efectúa simplemente desde el extremo de cabeza a todas las NIU de la red, la transmisión en sentido ascendente es una multiplexación de las señales de todas las NIU. La multiplexación se define de tal manera que la atribución de anchura de banda sea casi óptima, dependiendo de los servicios pedidos por las NIU.

La relación entre la figura 1 y la figura 9 es en gran medida una cuestión de implementación que depende del diseño de la red. El INA se puede poner, evidentemente, a diferentes niveles en el diagrama de la figura 9. Cuanto más cerca esté dicho adaptador de la interfaz de la red de radiodifusión, más NIU serán soportadas por él. Debido a la limitación de anchura de banda, es probable que los INA se instalen cerca de las NIU, y una red de área de interconexión deberá soportar el tráfico entre todos los INA de la red conectados a servidores (proveedores de servicios interactivos). En la figura 9 no se muestra esa red de área.



**Figura 9 – Redes HFC típicas**

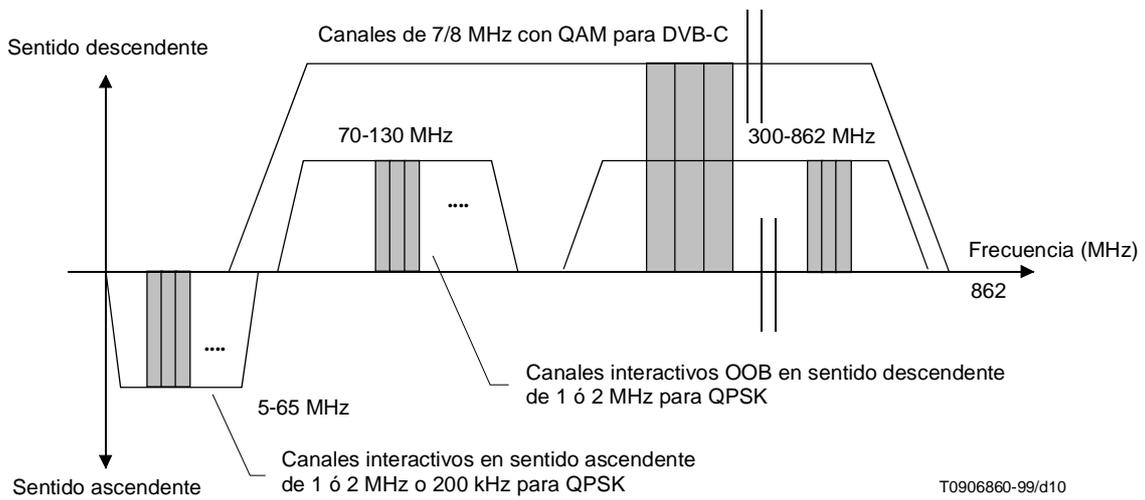
### 7.3 Posibles enlaces entre servidores y redes HFC

Aunque las redes HFC constan actualmente de extremos de cabeza separados, con una red de distribución de radiodifusión conectada a los mismos para la radiodifusión, necesitan estar interconectadas para ampliar las capacidades de servicios interactivos. Puede haber diferentes enlaces, dependiendo de los servicios que se vayan a ofrecer. Para servicios tales como vídeo por demanda (VoD, *video on demand*) o acceso a bancos de datos, es posible conectar una red ATM a los extremos de cabeza (se puede utilizar para ello una red SDH existente). Para acceso Internet, es posible conectarse a través de una conexión Ethernet o Ethernet rápida. Por último, para servicios de telefonía, quizás sea mejor conectarse a través de un conmutador a la RTPC.

El presente Suplemento está orientado a la utilización típica de un protocolo ATM, no obstante lo cual, no es necesario tener una red ATM como red de interconexión. Por ejemplo, puede haber simplemente un nodo ATM en el lado extremo de cabeza y varios nodos ATM en los lados NIU, pudiéndose conectar el extremo de cabeza a servidores y a otros extremos de cabeza a través de cualquier tipo de red siempre que el INA esté diseñado de manera que haga interfaz entre el módem HFC y la otra red.

### 7.4 Utilización de frecuencias

En la figura 10 se indica una posible atribución del espectro. Se recomienda utilizar preferentemente, sin que sea obligatorio, las siguientes gamas de frecuencias: 70-130 MHz y/o 300-862 MHz en el FIP (sentido descendente OOB) y 5-65 MHz en el RIP (sentido ascendente), o parte de ellas. A fin de evitar problemas de filtrado en los amplificadores de vídeo bidireccionales y en las STB, no deberá utilizarse el límite superior de 65 MHz para el flujo en sentido ascendente junto con el límite inferior de 70 MHz para el flujo en sentido descendente en el mismo sistema.



**Figura 10 – Gamas de frecuencias preferidas para sistemas interactivos CATV**

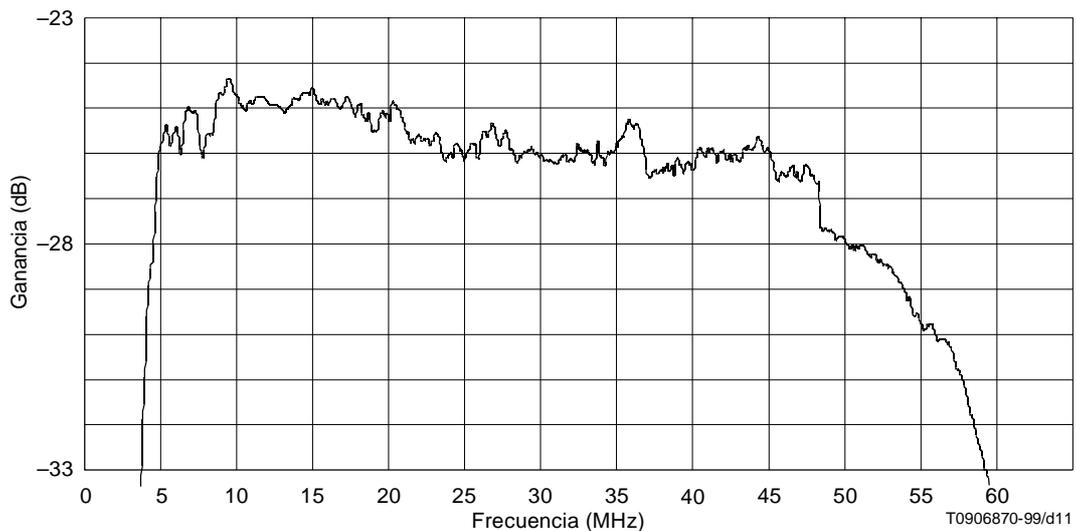
## 7.5 Análisis de las degradaciones

En las redes HFC existen diferentes tipos de degradaciones, que se pueden clasificar según los siguientes apartados:

### Función de transferencia

La función de transferencia depende de los cables, amplificadores, filtros y diplexadores situados entre el INA y las NIU.

En las figuras 11 y 12 se muestra una función de transferencia típica para una red HFC equipada con RC entre 5 MHz y 45 MHz. Puesto que la anchura de banda utilizada por la señal a la que se refiere el anexo A/J.112 [2] es relativamente estrecha (200 kHz, 1 MHz o 2 MHz), la función de transferencia será lo suficientemente plana como para que no haga falta en el INA un ecualizador con el que compensar las variaciones de amplitud, salvo quizás en la parte más alta del espectro.



**Figura 11 – Ganancia de trayecto de retorno típica**

## Retardo de grupo

El retardo de grupo depende también de los componentes instalados en la red. La figura 12 muestra el retardo de grupo de la red a la que se refiere la figura anterior.

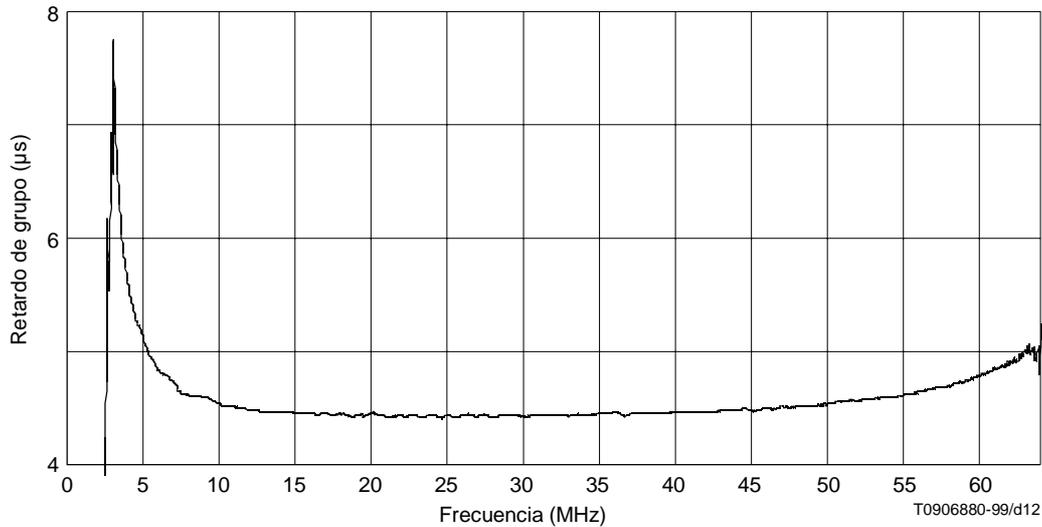


Figura 12 – Retardo de grupo de trayecto de retorno típico

## Ruido interferidor entrante

El ruido interferidor entrante es una interferencia de banda estrecha que aparece y desaparece con relativa lentitud a distintas horas del día. La fuente puede estar en cualquier lugar de la red. Puede ser provocado por variaciones de la temperatura, transmisores en radiofrecuencia de banda ciudadana (CB), máquinas lavadoras o lavavajillas y cualesquiera otras fuentes radiantes ubicadas en las dependencias de los usuarios. Distintos parámetros caracterizan dicho ruido interferidor, en concreto, su duración media, su frecuencia y su nivel.

Las figuras 13, 14 y 15 muestran mediciones efectuadas en relación con estos parámetros en redes HFC típicas.

El presente Suplemento propone tres tipos diferentes de anchura de banda, así como la agilidad de frecuencia, para impedir que haya frecuencias interferidas. La velocidad más baja (256 kbit/s) se extiende sobre una anchura de banda de 200 kHz, que es relativamente estrecha a fin de evitar la interferencia de banda estrecha. Para aquellas frecuencias en las que se produce ruido de bajo nivel, se prevén velocidades más altas en una anchura de banda de 1 MHz y 2 MHz.

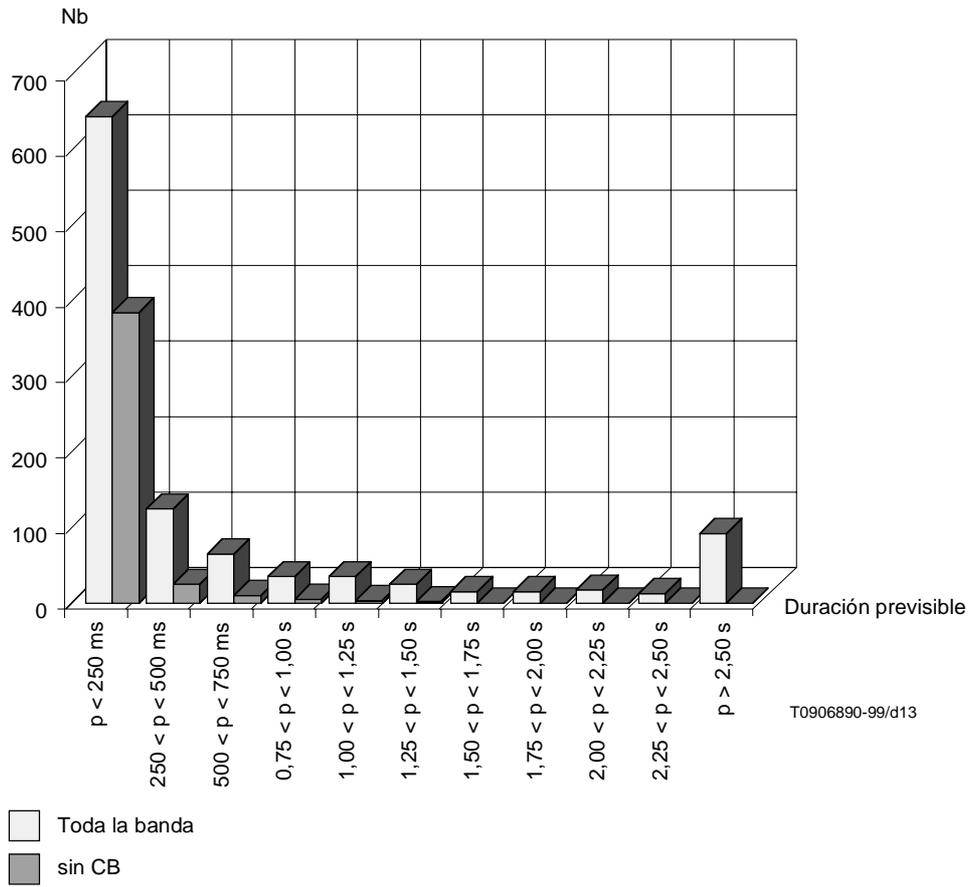
## Ruido impulsivo

El ruido impulsivo se caracteriza por la presencia de frecuencias interferidoras de banda ancha y corta duración. Los provocan los conmutadores eléctricos, el sistema de alumbrado y otras fuentes de ruido de duración breve. Todavía no hay mediciones precisas al respecto, pero es importante señalar que el presente Suplemento admite un ruido impulsivo de 3 bytes de largo, lo que corresponde aproximadamente a una tolerancia de 94 µs a la velocidad de 256 kbit/s, 15 µs a la velocidad de 1,544 Mbit/s y 8 µs a la velocidad de 3,088 Mbit/s.

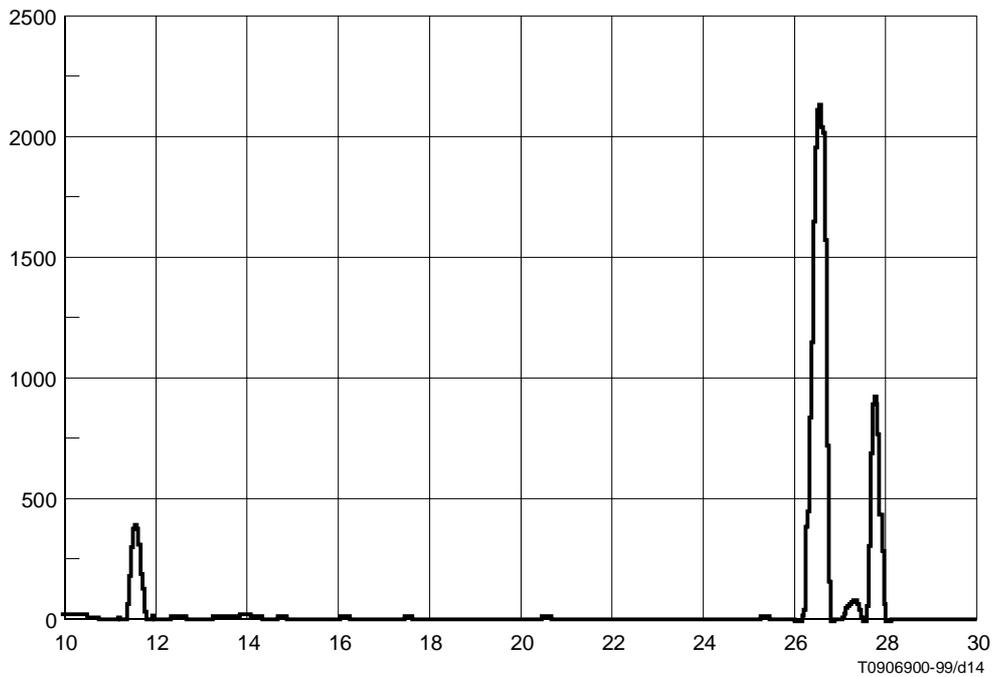
## 7.6 Dimensionamiento de las redes

El dimensionamiento de las redes depende mucho del tráfico que será generado por los servicios ofrecidos a los usuarios. Se dispone de hasta 65 536 intervalos por ciclo TDMA, es decir, 500 intervalos/s para 256 kbit/s, 3000 intervalos/s para 1,544 Mbit/s y 6000 intervalos/s para 3,088 Mbit/s por cada anchura de banda compartida entre usuarios. Esto significa que si se utiliza una anchura de banda de 30 MHz en la misma red, se dispone de unos 90 000 intervalos por segundo. La figura 16 indica la velocidad media ofrecida a los usuarios en función del número total de usuarios conectados a las redes, suponiendo que al menos el 10% de los intervalos se utilizan para procesamiento MAC y que con estos mensajes se consigue un rendimiento del 30% debido a las colisiones.

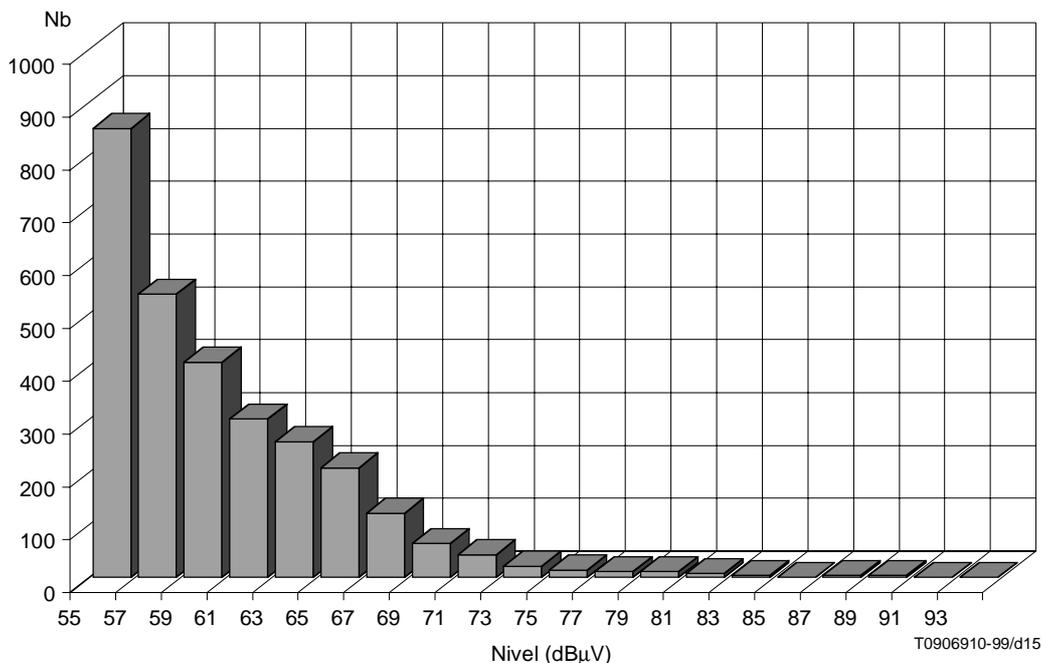
En la figura 16 se indica que si se utiliza la totalidad de la anchura de banda de 30 MHz, según el anexo A/J.112 [2] se dispone de casi 10 kbit/s por término medio para cada usuario incluso aunque estén conectados 5000 usuarios al mismo INA. Se pueden conectar más de 5000 usuarios si se emplean extremos de cabeza separados. Este número corresponde a un solo receptor INA.



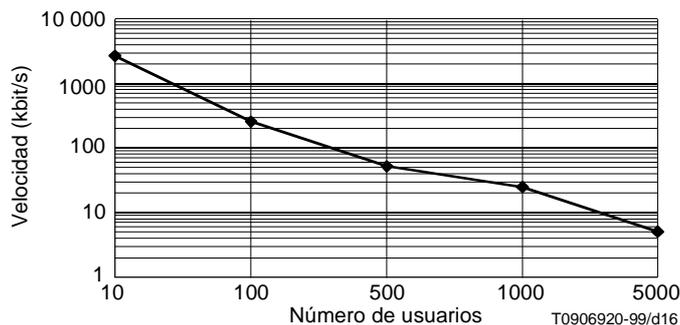
**Figura 13 – Duración previsible de las ocurrencias de frecuencias interferidoras entrantes teniendo en cuenta o no la radiofrecuencia de banda ciudadana**



**Figura 14 – Número de ocurrencias de frecuencias interferidoras entrantes registradas durante un periodo de 40 horas**



**Figura 15 – Número de ocurrencias de frecuencias interferidoras entrantes a diferentes niveles**



**Figura 16 – Velocidad media estimada por usuario en función del número de usuarios conectados**

## 8 Herramientas proporcionadas por la capa física y la capa MAC

### 8.1 Capacidades y grados de NIU

El canal DVB-C proporciona diferentes herramientas y capacidades (anexo A/J.112 [2]). No es preciso que las herramientas estén implementadas en las NIU de la red. Dependiendo de los servicios y del coste imputable a los INA y las NIU, el operador/fabricante puede decidir qué opción es la que más conviene para sus fines/mercados. En las subcláusulas que siguen se describen las distintas herramientas y grados previstos por el presente Suplemento, junto con una explicación de las ventajas y desventajas de cada herramienta/grado.

#### a) Principios relativos a la señalización fuera de banda (OOB)/dentro de banda (IB)

El anexo A/J.112 [2] se basa en la señalización OOB o IB. Sin embargo, no es necesario que las cajas de adaptación multimedia (STB) soporten ambos sistemas.

En el caso de señalización OOB, se añade un trayecto de interacción directa (FIP), reservado únicamente para datos de interactividad e información de control. La presencia del FIP es, en este caso, obligatoria. También se puede enviar no obstante, información en sentido descendente con una velocidad binaria más alta a través de un canal

DVB-C cuya frecuencia se indica en el FIP. La principal ventaja de la solución OOB es la posibilidad de disociar radiodifusión y datos interactivos en dos canales separados, lo cual permite al usuario contemplar cualquier programa de TV mientras lleva a cabo de manera independiente un procesamiento interactivo (imagen superpuesta, PC separado conectado a la STB, telefonía, etc.).

En el caso de señalización IB, el trayecto de información directo (FIP) está comprendido en el TS de MPEG-2 de un canal DVB-C. La principal ventaja de la solución IB es proporcionar datos interactivos por el mismo canal que la radiodifusión, con lo que se dispone de un mejor enlace entre la sesión interactiva y el programa de radiodifusión conexo.

Ambos sistemas pueden proporcionar la misma calidad de servicio. No obstante, la arquitectura general del sistema será distinta entre redes que utilizan cajas de adaptación multimedios IB y cajas de adaptación multimedios OOB. Se señala que ambos tipos de sistemas pueden estar presentes en las mismas redes, siempre que se utilicen frecuencias distintas para cada sistema.

Las principales diferencias son las siguientes:

- Por lo que se refiere a la STB: En el caso de señalización OOB, se necesita un segundo sintonizador y deberán incluirse funciones de demodulación adicionales en la NIU. En el caso de señalización IB, deberá incluirse en la NIU una función extractora MAC del flujo TS de MPEG-2.
- Por lo que se refiere al INA: En el caso de señalización IB, se necesita insertar una unidad MAC entre los multiplexadores MPEG-2 y los moduladores QAM para añadir la señalización MAC al flujo TS de MPEG-2. En el caso de señalización OOB, hay un modulador QPSK que forma parte del INA.

#### **b) Velocidades en sentido descendente y en sentido ascendente**

Se dispone de dos velocidades para la transmisión en sentido descendente OOB, que corresponden al grado A de 1,544 Mbit/s y al grado B de 3,088 Mbit/s.

En el caso de señalización en sentido descendente IB, véase la Recomendación J.83 [3].

Se dispone de tres velocidades para transmisiones en sentido ascendente, que corresponden al grado A de 256 kbit/s, al grado B de 1,544 Mbit/s y al grado C de 3,088 Mbit/s.

Son posibles cualesquiera combinaciones de los grados anteriores en sentido ascendente y descendente, pero no es preciso que las NIU admitan todos los grados. Las NIU deberán admitir al menos un grado en sentido ascendente y en sentido descendente.

Quizás se necesite el grado A en sentido ascendente para redes HFC con graves problemas de ruido interferidor entrante, ya que sólo precisa una anchura de banda de 200 kHz. La elección entre 1,544 Mbit/s y 3,088 Mbit/s en sentido ascendente o descendente se deja a criterio del fabricante/operador.

#### **c) Número de conexiones virtuales ATM simultáneas por NIU**

Para cada conexión proporcionada por capas superiores en el lado INA (VPI/VCI), se asocia un ID de conexión en la capa MAC. El número máximo de conexiones simultáneas que debe admitir una NIU es como sigue:

- Grado A: La NIU sólo puede tratar una conexión por vez. En este caso, todas las conexiones deberán ser gestionadas en capas medias superiores, y deberán utilizar todas ellas el mismo valor VPI/VCI identificado como de conexión por defecto en el presente Suplemento.
- Grado B: Tantas conexiones como se necesiten, definidas dinámicamente por el INA, tras las peticiones de capas medias superiores.

NOTA – El grado A puede ofrecer la misma calidad de servicio que el grado B, suponiendo que las conexiones son gestionadas en la capa de aplicación, pero requiere menos equipo físico en la NIU para la puesta en cola de las células ATM antes de la transmisión.

## **8.2 Atribución dinámica de frecuencias en sentido ascendente**

La atribución de frecuencias en sentido ascendente es gestionada por el INA. Esto significa que el INA puede utilizar cualquier herramienta de medición para calcular cuál es la frecuencia que más conviene utilizar en cualquier momento y puede optar por conmutar todos los usuarios presentes en una determinada frecuencia en cualquier momento si dicha frecuencia recibe demasiada interferencia, lo que impide que la recepción sea correcta. A tal efecto se proporcionan mensajes MAC. De todos modos, en el presente Suplemento no se indica cómo debe medirse el nivel de interferencia ni a qué nivel de interferencia se ha de producir la conmutación. Esto es algo que se deja a criterio del fabricante, ya que no influye en la interoperabilidad.

### 8.3 Inicialización y establecimiento

La inicialización y el establecimiento comprenden dos funciones principales. La primera de ellas es la conexión a la red y la segunda, la identificación del grado requerido. Naturalmente, si no se establece la conexión, no es posible la segunda función. El algoritmo que sigue resume los primeros pasos de una conexión NIU.

Asociación al trayecto de control en sentido descendente (OOB o IB). Si el operador desea ser lo más flexible posible, habrán de ofrecerse ambos grados en sentido descendente OOB, en cuyo caso la NIU deberá intentar primero asociarse al grado que sea su grado más rápido. El operador podría, si hiciera falta, proporcionar al mismo tiempo IB y OOB en cuyo caso la NIU deberá referirse a su propia configuración para saber cuál debería considerar primero. No obstante, la solución más sencilla consiste en imponer un grado a todas las NIU conectadas a la red de manera que sólo se utilice un tipo de modulador en las instalaciones del INA.

La información de control en sentido descendente contiene a continuación nuevas instrucciones sobre el grado que se ha de utilizar en sentido descendente (mensaje de canal de aprovisionamiento MAC). Si difiere del seleccionado por la NIU por defecto, ésta deberá cambiar al nuevo grado/frecuencia y asociarse a la nueva frecuencia en sentido descendente. En dicha frecuencia, se dan nuevas instrucciones sobre el grado que se ha de utilizar en sentido ascendente (mensaje de configuración por defecto MAC).

La NIU deberá aguardar entonces al mensaje de entrada en el sistema MAC procedente del INA antes de intentar conectarse a la red. El INA efectuará a continuación el proceso de conexión de un usuario por vez enviando un mensaje de alineación y calibración de potencia de difusión única a la primera NIU detectada. Algo absolutamente necesario para evitar situaciones de estancamiento.

Una vez que la NIU ha llevado a cabo todo el procedimiento de entrada en el sistema y calibración, recibe una conexión por defecto procedente del INA, y de esta manera se convierte en un nodo ATM aparte. El INA gestiona todas las asignaciones de anchura de banda, por lo que siempre controla el tráfico por la red.

## 9 Gestión de conexiones

El objetivo del protocolo MAC es proporcionar herramientas a los protocolos de capas medias superiores para que la transmisión y recepción de datos tenga lugar de manera transparente y con independencia de la capa física. Los servicios de capas medias superiores los proporciona el INA a la STU. El INA se encarga por tanto de indicar el modo y la velocidad de transmisión a la NIU para cada tipo de servicio. En concreto, por cada conexión proporcionada por capas superiores en el lado INA (VPI/VCI), se asocia un ID de conexión en la capa MAC [véase 8.1 c) para más detalles].

No es preciso, sin embargo, que la anchura de banda (los intervalos de tiempo) sea asignada inmediatamente por el INA para una conexión dada. Esto significa que en el lado NIU puede existir un ID de conexión sin números de intervalo asociados.

El INA se encarga de proporcionar anchura de banda de transmisión a las NIU cuando la necesiten las capas superiores. No obstante, puesto que la NIU transmitirá todos los datos de la STU, la NIU también se encarga de pedir más anchura de banda si no la ha proporcionado ya el INA.

El INA inicia una conexión por defecto cuando las STB son activadas por primera vez. Dicha conexión se puede utilizar para enviar datos de capas superiores dando lugar a nuevas conexiones interactivas. La conexión puede estar asociada a una velocidad de transmisión cero (ninguna atribución de anchura de banda inicial).

### 9.1 Protocolo de conexión y asignación de anchura de banda

En el mundo ATM, las conexiones son virtuales, es decir, especifican un trayecto de nodo a nodo sin asignar necesariamente anchura de banda. Para el canal de retorno (RC) de un sistema híbrido de fibra óptica/cable coaxial (HFC), en concreto el concepto es el mismo. Cuando un usuario se conecta, ello significa que ha recibido una conexión por defecto entre el INA y la NIU. A continuación se pueden pedir nuevas conexiones utilizando esa conexión precisa, y pedir anchura de banda ateniéndose a modos de conexión específicos.

A las NIU se les facilitan distintos modos de acceso dentro de las regiones de acceso especificadas por la información contenida en los campos límites de intervalo de las supertramas en sentido descendente. Los límites entre las regiones de acceso permiten a los usuarios saber cuando pueden enviar datos con contienda sin peligro de colisión con los datos del tipo sin contienda. Las reglas que siguen definen la forma de seleccionar el modo de acceso:

### **Conexiones de datos**

Cuando el INA asigna un ID de conexión a la NIU, especifica la lista de intervalos que se han de utilizar (acceso por velocidad fija) o bien la NIU deberá utilizar el acceso por contienda o el acceso reservado siguiendo este algoritmo:

- Cuando la NIU envíe más células que las asignadas por el INA, puede utilizar el acceso por contienda únicamente si el número de células a transmitir es inferior a la `Maximum_contention_access_message_length` (longitud máxima del mensaje de acceso por contienda) (especificada en el mensaje de conexión MAC procedente del INA). En ese caso, esperará al indicador de recepción de intervalo antes de poder enviar otras células con el mismo valor VPI/VCI. La NIU puede enviar una petición de acceso por reserva si el número de células es inferior a la `Maximum_reservation_access_message_length` (longitud máxima del mensaje de acceso por reserva) (especificada en el mensaje de conexión MAC procedente del INA). Si hay que transmitir más células, la NIU enviará múltiples peticiones de acceso por reserva.

### **Mensajes MAC**

- Pueden enviarse mensajes MAC de acceso por contienda o acceso por reserva. Los mensajes MAC enviados en sentido ascendente deben tener una longitud inferior a 40 bytes. Si la información MAC excede de 40 bytes, será segmentada en múltiples mensajes MAC independientes de 40 bytes. El acceso por alineación puede utilizarse únicamente con determinados mensajes MAC.

#### **a) Acceso por contienda**

Acceso por contienda significa que los datos (tráfico de datos MAC o en ráfaga) se envían en los intervalos asignados a la región de acceso por contienda en el canal en sentido ascendente (UC). Puede utilizarse para enviar mensajes o datos MAC. A continuación se hace uso del VPI y el VCI de las células ATM para determinar el tipo y la dirección de los datos de capas superiores. El acceso por contienda proporciona a la NIU una asignación de canal instantánea.

La técnica basada en contienda se utiliza con múltiples abonados que tendrán igual acceso al canal de señalización.

Es probable que se produzcan transmisiones simultáneas. Por cada célula ATM transmitida por la NIU, el INA devuelve un acuse de recibo positivo si la célula ATM es recibida con éxito, utilizando el campo indicador de recepción. En el modo de acceso por contienda, un acuse de recibo positivo indica que no se ha producido ninguna colisión. Se produce una colisión si dos o más NIU intentan transmitir células ATM durante el mismo intervalo. Se supone que ha habido una colisión si una NIU no recibe un acuse de recibo positivo. En caso de colisión, la NIU efectuará una retransmisión utilizando un procedimiento que se ha de definir.

#### **b) Acceso por alineación**

Acceso por alineación significa que los datos se envían en un intervalo precedido y seguido por intervalos no utilizados por otros usuarios. Estos intervalos permiten que el usuario ajuste su reloj según su distancia con respecto al INA de modo que sus intervalos queden dentro del tiempo asignado correcto. Los intervalos están basados en el acceso por contienda, cuando el indicador de intervalos de control de alineación `b0` recibido durante la supertrama previa haya sido 1 (o cuando `b1` a `b6` = 55 a 63), o bien en el acceso por reserva si el INA indica a la NIU que un determinado intervalo está reservado para alineación.

#### **c) Acceso por velocidad fija**

NOTA – En el DAVIC, la velocidad fija se denomina sin contienda.

Acceso por velocidad fija significa que los datos se envían en intervalos asignados a la región de acceso a velocidad fija en el canal en sentido ascendente (UC). Estos intervalos son asignados de manera exclusiva a una conexión por el INA. La NIU no puede iniciar ningún acceso por velocidad fija.

#### **d) Acceso por reserva**

Acceso por reserva significa que los datos se envían en los intervalos asignados a la región de reserva en el canal en sentido ascendente (UC). Estos intervalos son asignados de manera exclusiva trama por trama a una conexión por el INA. La asignación se efectúa a petición de la NIU para una determinada conexión.

## 9.2 Interfaz entre MAC y capas medias superiores (ATM)

Cuando una NIU es activada por primera vez, no se identifica como un nodo ATM único puesto que no es posible la conexión sin alineación y entrada en el sistema. El conjunto de todos los usuarios se ve así como un nodo único en la capa ATM. La conexión utilizada para transmitir mensajes MAC entre el INA y la NIU es la misma para todos los usuarios ya que el INA la ve como un nodo. La dirección MAC utilizada en los mensajes MAC identifica así a cada usuario en la capa MAC, pero no en la capa ATM. Sin embargo, una vez calibrada la NIU, recibe una primera conexión por defecto del INA que identifica a continuación al usuario como un nodo específico en la capa ATM. A partir de ese momento, la capa MAC se hace transparente a la capa ATM y se pueden enviar mensajes desde un servidor ATM a cada uno de los usuarios de la red como si fuesen nodos ATM separados.

NOTA – La conexión por defecto no está necesariamente asociada a una anchura de banda específica, ya que la anchura de banda se puede pedir por demanda.

## 9.3 Protocolo de desconexión

Se pueden producir diferentes tipos de desconexión. La lista que sigue describe cada uno de los eventos y cómo deberá ser diseñado el sistema para recuperarse tras su ocurrencia.

- 1) Desconexión blanda por la NIU: Esta desconexión se produce cuando el usuario pide que se desconecte su STB. En tal caso, cada conexión será desconectada por el INA tras una petición del usuario al servidor en las capas superiores.
- 2) Desconexión dura por la NIU (interrupción de potencia, fallo del enchufe, etc.): Esta desconexión se produce por accidente. En tal caso, el mensaje vacante que se supone que va a enviar cada NIU periódicamente (aproximadamente cada 10 minutos) no es recibido por el INA. El INA se entera entonces de que la NIU se ha desconectado y considera que todas las conexiones se han interrumpido. Cuando la STB se recupere de esa situación antes de que transcurran 10 minutos, intentará iniciar la alineación de nuevo. Si el INA recibe peticiones de alineación procedentes de una NIU, considera de manera automática que la NIU está desconectada como lo estaba previamente y piensa que han terminado todas las conexiones anteriores.
- 3) Desconexión blanda por el INA: Si el INA necesita ser objeto de mantenimiento, es preciso que interrumpa primero las conexiones con cada una de las NIU.
- 4) Desconexión dura por el INA: Esto es algo que podría ocurrir cuando se produjera una alarma importante en el lado INA. Si se produce una parada en el sentido descendente, todas las NIU se repondrán de manera automática puesto que ya no son controladas desde el INA. Si se para el demodulador de ráfagas en sentido ascendente, el INA enviará una desconexión blanda o transferirá los usuarios a otra frecuencia a través del trayecto de control en sentido descendente. Si el controlador del INA se detiene, las NIU se repondrán una vez que transcurra una temporización específica en las capas superiores.

## 10 Simulación de característica de error y tratamiento de errores

### 10.1 Característica de error de la capa física

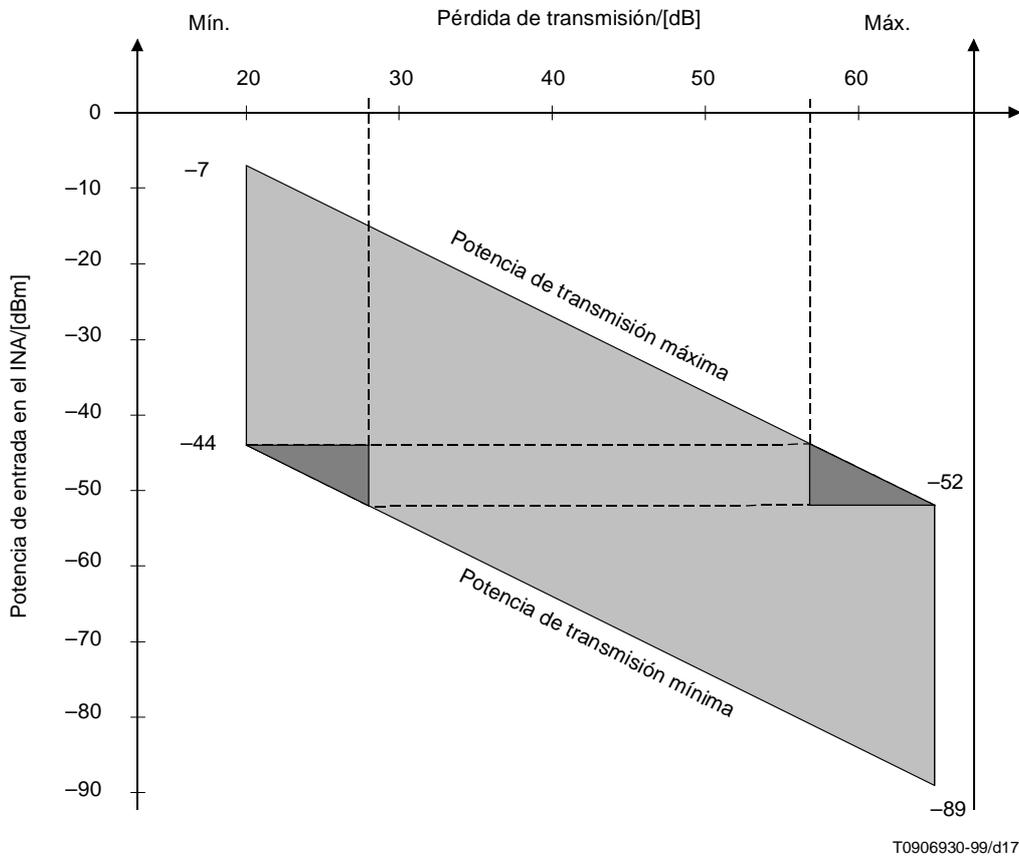
En esta subcláusula se describe la solidez de la capa física de la señal en sentido ascendente de DVB-RCC. Los trayectos de retorno de las redes CATV actuales son conexiones multipunto a punto. Por ello, hay gran cantidad de señales no deseadas que perturban a la señal en sentido ascendente. Los parámetros físicos de esas señales pueden variar de manera considerable. La combinación de todas estas señales perturbadoras se denomina ruido interferidor entrante. Las propiedades de los trayectos de retorno vienen indicadas por las relaciones de potencia señal-ruido (SNR, *signal-to-noise power ratio*). Para obtener dichas SNR se calculan tanto la potencia de la señal como la potencia del ruido interferidor entrante a la entrada del INA. Los cálculos se basan en los niveles de potencia de transmisión recomendados por el DVB-RCC (anexo A/J.112 [2]) y obtenidos también de los resultados de mediciones efectuadas. Las SNR resultantes corresponden a tasas de pérdida de intervalos particulares.

La correlación entre ambas se obtuvo mediante simulaciones por computador.

#### Potencia de señal

El nivel de potencia de transmisión de las STB se da en el anexo A/J.112 [2]. La gama de niveles de salida es 85-122 dB $\mu$ V (RMS). Puesto que el límite superior de 122 dB $\mu$ V es muy alto para las STB de los consumidores, el nivel de potencia de transmisión de cada una de las STB deberá reducirse al valor más bajo posible. De todos modos, por

motivos de compatibilidad electromagnética (EMC), el valor de  $122 \text{ dB}\mu\text{V}$  no deberá ser rebasado. Las señales en sentido ascendente resultan atenuadas por elementos pasivos tales como cables e interruptores de potencia. La gama de pérdida de transmisión en las redes por cable existentes depende de su tamaño. Está comprendida entre  $20 \text{ dB}$  y  $65 \text{ dB}$ . La combinación de nivel de potencia de transmisión y pérdida de transmisión genera un área de posibles niveles de entrada en el INA (véase la figura 17).



**Figura 17 – Posible gama de potencias en el INA de la señal en sentido ascendente**

En redes por cable grandes, en las que, por ejemplo, la pérdida de transmisión abarca la gama completa de  $45 \text{ dB}$  (entre  $20 \text{ dB}$  y  $65 \text{ dB}$ ), la unidad del extremo de cabeza local controla las STB muy alejadas del extremo de cabeza local de manera que la transmisión se produzca con el nivel de señal máximo. La potencia de entrada recibida en el INA es  $-52 \text{ dBm}$ . Si otra STB situada muy cerca del extremo de cabeza local (se supone que la pérdida de transmisión es mínima) transmite por el mismo trayecto de retorno que la primera, su nivel será reducido por la unidad de control para obtener una potencia de entrada constante. Pero el nivel de potencia de la segunda STB no se puede reducir por debajo de  $-44 \text{ dBm}$ . Puesto que la gama de pérdidas de transmisión es superior a la gama de control de las STB (según se define en el presente Suplemento), los niveles de potencia recibida podrían diferir hasta en  $8 \text{ dB}$ . Esta discrepancia se puede resolver creando diferentes agrupaciones de redes. Las STB no situadas en la misma zona geográfica no deberán transmitir por el mismo UC.

### Potencia de ruido

Se llevaron a cabo mediciones del ruido interferidor entrante en diferentes extremos de cabeza locales de distintas redes por cable reales. Puesto que los parámetros físicos del ruido interferidor entrante (anchura de banda, densidad de amplitud, etc.) varía de un caso a otro, los resultados se dan como valores medios estadísticos de todos los canales. La potencia medida del ruido entrante  $N$  no supera esos valores durante un cierto porcentaje de tiempo. Las SNR correspondientes están garantizadas, en consecuencia, durante el mismo porcentaje de tiempo.

Las mediciones han mostrado que algunas gamas de frecuencias (por ejemplo,  $27 \text{ MHz}$ ) son muy deficientes para la transmisión en sentido ascendente.

El operador de red tiene la posibilidad de pasar por alto los canales más desfavorables y no utilizarlos. Cuando se elige el  $80\%$  de toda la gama de frecuencias en sentido ascendente, el operador de red puede mejorar la característica SNR estadística en hasta  $3 \text{ dB}$ .

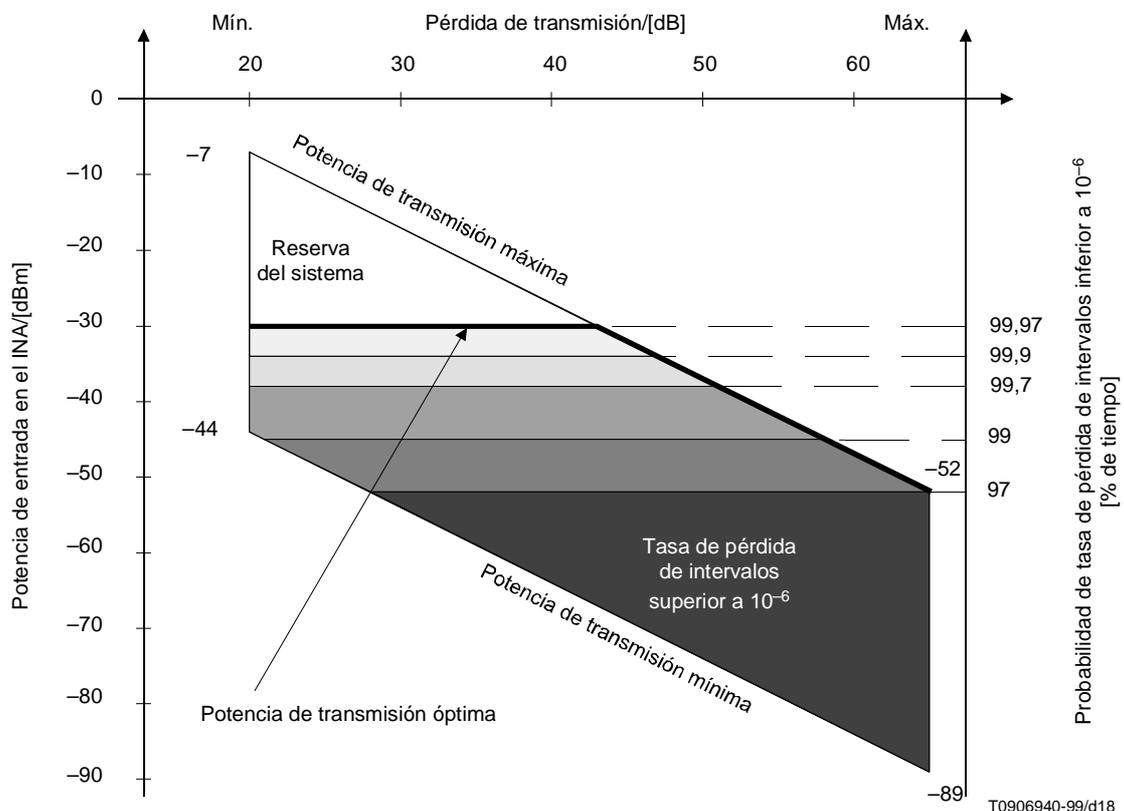
El cuadro 2 muestra un ejemplo de los resultados de esas mediciones. El filtro utilizado durante las mediciones tenía una anchura de banda de ruido equivalente de 1 MHz.

**Cuadro 2 – Evaluación estadística de los niveles de potencia medidos del ruido interferidor entrante en el INA**

% de tiempo	< 97	< 99	< 99,7	< 99,9	< 99,97
N/[dBm]	-64,3	-56,5	-50	-45,4	-41,7

**Comportamiento del sistema**

Los resultados de la simulación de la señal en sentido ascendente muestran que basta con una SNR de unos 12 dB para la tasa de pérdida de intervalos recomendada de  $10^{-6}$ . Esto significa que si se produce una SNR de 12 dB durante un determinado porcentaje de tiempo, la tasa de pérdida de intervalos recomendada quedará garantizada durante ese tiempo. Durante el tiempo restante aumenta la tasa de pérdida de intervalos. Sin embargo, si la SNR disminuye a 11 dB, la tasa de pérdida de intervalos aumentará aproximadamente a  $10^{-4}$ . La figura 18 muestra un ejemplo del comportamiento del sistema cuando se utiliza una velocidad de datos en sentido ascendente de 1,544 Mbit/s. La calidad del sistema se expresa en términos de probabilidad de tiempo durante el cual la tasa de pérdida de intervalos recomendada es inferior a  $10^{-6}$ . Todas las STB situadas en el extremo de la red (pérdida de transmisión elevada) son controladas por el extremo de cabeza local, de modo que la transmisión se produzca con un nivel de potencia máximo. En este ejemplo, sus señales producirán la SNR adecuada de 12 dB durante el 97% del tiempo. La probabilidad aumenta cuando la pérdida de transmisión disminuye. Si la pérdida de transmisión es inferior a 42 dB, los niveles de potencia de transmisión de las STB correspondientes deberán reducirse. La tasa de pérdida de intervalos recomendada de  $10^{-6}$  se alcanzará con una probabilidad superior al 99,97% del tiempo. En la figura se da también la curva de nivel de potencia de transmisión óptima. La calidad de funcionamiento global del sistema, incluyendo todas las STB conectadas a la red, depende de diferentes parámetros, a saber: el modo de la velocidad de datos utilizada (el sistema funciona mejor cuando se utiliza el modo en el que se transmiten 256 kbit/s, pero es ligeramente peor utilizando el modo 3,088 Mbit/s), el número de cajas de adaptación multimedios (STB) y la pérdida de transmisión de cada una de ellas con respecto al extremo de cabeza local, así como la calidad de la red por cable y, como resultado de esto, la potencia efectiva del ruido interferidor entrante.



**Figura 18 – Posible gama de potencias en el INA de la señal en sentido ascendente**

## 10.2 Tráfico

Aunque es difícil estimar el tráfico sin conocer el comportamiento del usuario en función de los servicios ofrecidos, conviene señalar que el tráfico lo gestiona enteramente el INA y que se dispone de diferentes parámetros para modificar el número de peticiones enviadas por los usuarios por contienda o reserva. Se dispone así de una herramienta muy útil con la que optimizar el rendimiento a lo largo del tiempo, dependiendo del tráfico o del número de usuarios conectados en la anchura de banda disponible. Los parámetros aludidos son los siguientes:

- reparto de los modos de acceso utilizando los campos de límites de intervalo del trayecto de control;
- control del intervalo de alineación utilizando los campos de límites de intervalo del trayecto de control;
- control de la reserva utilizando los campos de límites de intervalo del trayecto de control;
- modo de acceso como una función del tamaño de las colas de espera indicado en los mensajes de conexión MAC.

Los algoritmos empleados para optimizar el tráfico se dejan a criterio de los fabricantes, ya que no influyen en la interoperabilidad.

## 10.3 Tratamiento de errores

El tratamiento de errores es preciso llevarlo a cabo en las diferentes capas, dependiendo de dónde se hallen los errores de transmisión.

Si los errores se producen durante la transmisión de datos, capas superiores tales como el protocolo de control de transmisión (TCP, *transmission control protocol*) en el caso de transmisión de paquetes con protocolo Internet (IP, *Internet protocol*) pedirán que se produzca una retransmisión. En tal caso, no se necesita aplicar un procedimiento de tratamiento de errores en la capa física ni en la capa MAC o, más exactamente, el procedimiento de tratamiento de errores no estará implementado en la capa MAC ya que puede provocar situaciones de estancamiento en las que tanto la capa superior como la capa MAC pidan la retransmisión al mismo tiempo.

En el caso de errores en la capa MAC, la situación es diferente. Si un mensaje que requiere acuse de recibo se recibe de manera incorrecta, el acuse de recibo no se producirá y el mensaje tendrá que ser retransmitido. Si no se recibe el propio acuse de recibo, el INA actuará como si dicho acuse no hubiera sido enviado y reiniciará por tanto todo el procedimiento MAC.

Otro tanto es aplicable en el caso de colisiones entre paquetes procedentes de usuarios diferentes. Si se envía un mensaje MAC y se produce una colisión, el mensaje MAC será enviado de nuevo. Si se envía un mensaje de datos por contienda y se produce una colisión, no deberá efectuarse una retransmisión de ese paquete, o quizás se produzca una situación de estancamiento.

## **SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T**

Serie A	Organización del trabajo del UIT-T
Serie B	Medios de expresión: definiciones, símbolos, clasificación
Serie C	Estadísticas generales de telecomunicaciones
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 multimedios
Serie I	Red digital de servicios integrados
<b>Serie J</b>	<b>Transmisiones de señales radiofónicas, de televisión y de otras señales multimedios</b>
Serie K	Protección contra las interferencias
Serie L	Construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior
Serie M	RGT y mantenimiento de redes: sistemas de transmisión, circuitos telefónicos, telegrafía, facsímil y circuitos arrendados internacionales
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 y comunicación entre sistemas abiertos
Serie Y	Infraestructura mundial de la información
Serie Z	Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación