

Unión Internacional de Telecomunicaciones

**UIT-T**

SECTOR DE NORMALIZACIÓN  
DE LAS TELECOMUNICACIONES  
DE LA UIT

**G.993.1**

(06/2004)

SERIE G: SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN,  
SISTEMAS Y REDES DIGITALES

Secciones digitales y sistemas digitales de línea – Redes  
de acceso

---

**Transceptores de línea de abonado digital de  
velocidad muy alta**

Recomendación UIT-T G.993.1

UIT-T



RECOMENDACIONES UIT-T DE LA SERIE G  
**SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN, SISTEMAS Y REDES DIGITALES**

CONEXIONES Y CIRCUITOS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES	G.100–G.199
CARACTERÍSTICAS GENERALES COMUNES A TODOS LOS SISTEMAS ANALÓGICOS DE PORTADORAS	G.200–G.299
CARACTERÍSTICAS INDIVIDUALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES DE PORTADORAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.300–G.399
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES EN RADIOENLACES O POR SATELITE E INTERCONEXIÓN CON LOS SISTEMAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.400–G.449
COORDINACIÓN DE LA RADIOTELEFONÍA Y LA TELEFONÍA EN LÍNEA	G.450–G.499
CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN	G.600–G.699
EQUIPOS TERMINALES DIGITALES	G.700–G.799
REDES DIGITALES	G.800–G.899
SECCIONES DIGITALES Y SISTEMAS DIGITALES DE LÍNEA	G.900–G.999
Generalidades	G.900–G.909
Parámetros para sistemas en cables de fibra óptica	G.910–G.919
Secciones digitales a velocidades binarias jerárquicas basadas en una velocidad de 2048 kbit/s	G.920–G.929
Sistemas digitales de transmisión en línea por cable a velocidades binarias no jerárquicas	G.930–G.939
Sistemas de línea digital proporcionados por soportes de transmisión MDF	G.940–G.949
Sistemas de línea digital	G.950–G.959
Sección digital y sistemas de transmisión digital para el acceso del cliente a la RDSI	G.960–G.969
Sistemas en cables submarinos de fibra óptica	G.970–G.979
Sistemas de línea óptica para redes de acceso y redes locales	G.980–G.989
<b>Redes de acceso</b>	<b>G.990–G.999</b>
CALIDAD DE SERVICIO Y DE TRANSMISIÓN – ASPECTOS GENÉRICOS Y ASPECTOS RELACIONADOS AL USUARIO	G.1000–G.1999
CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN	G.6000–G.6999
DATOS SOBRE CAPA DE TRANSPORTE – ASPECTOS GENÉRICOS	G.7000–G.7999
ASPECTOS RELATIVOS AL PROTOCOLO ETHERNET SOBRE LA CAPA DE TRANSPORTE	G.8000–G.8999
REDES DE ACCESO	G.9000–G.9999

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

## **Recomendación UIT-T G.993.1**

### **Transceptores de línea de abonado digital de velocidad muy alta**

#### **Resumen**

La Rec. UIT-T G.993.1, Línea de abonado digital de velocidad muy alta (VDSL), permite la transmisión de velocidades de datos asimétricas y simétricas agregadas de hasta decenas de Mbit/s en pares trenzados. Incluye planes de frecuencias de alcance mundial que permiten servicios asimétricos y simétricos en el mismo grupo de pares trenzados (conocido por un vinculador (*binder*)). Los transceptores G.993.1 deben superar muchos tipos de interferencia de ingreso causado por la radio y otras técnicas de transmisión que se producen en las mismas frecuencias en casos comunes. De manera similar, los niveles de potencia de transmisión G.993.1 han sido diseñados para minimizar la interferencia de egreso potencial a otros sistemas de transmisión. Al igual que otras Recomendaciones de la serie G.99x, la Rec. UIT-T G.993.1 utiliza la Rec. UIT-T G.994.1 para la toma de contacto y el inicio de la secuencia de acondicionamiento del transceptor.

#### **Orígenes**

La Recomendación UIT-T G.993.1 fue aprobada el 13 de junio de 2004 por la Comisión de Estudio 15 (2001-2004) 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 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 2005

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 .....	1
3 Definiciones.....	2
4 Abreviaturas, siglas o acrónimos .....	4
5 Modelos de referencia.....	5
5.1 Modelos de referencia general.....	5
5.2 Modelo de referencia funcional.....	7
5.3 Modelo de referencia de protocolo.....	8
6 Características de interfaz de medio de transmisión.....	8
6.1 Método de duplexación .....	8
6.2 Densidad espectral de potencia (PSD) .....	9
6.3 Reducción de la potencia en el sentido ascendente (UPBO).....	11
6.4 Impedancia de terminación.....	12
6.5 Pérdida de retorno.....	12
6.6 Simetría de la señal de salida.....	12
7 Características funcionales generales de la subcapa TPS-TC .....	13
7.1 Especificación de interfaz $\alpha/\beta$ .....	13
7.2 Descripción de la interfaz de aplicación OC TPS-TC ( $\gamma_o, \gamma_R$ ) .....	14
8 Subcapa PMS-TC .....	15
8.1 Modelo funcional de PMS-TC .....	15
8.2 Aleatorizador .....	16
8.3 Corrección de errores en recepción .....	16
8.4 Entrelazado .....	16
8.5 Estructura de tramas .....	18
9 Subcapa PMD .....	23
9.1 Modelo funcional PMD.....	23
9.2 Características funcionales de PMD.....	24
10 Gestión.....	33
10.1 Modelo funcional OAM .....	33
10.2 Canales de comunicación OAM.....	34
10.3 Funciones y descripción del canal de operaciones insertadas .....	37
10.4 Supervisión de averías y de calidad de funcionamiento.....	46
10.5 Parámetros y primitivas de OAM.....	48
10.6 Canal de tara VDSL (VOC) .....	55
11 Requisitos de calidad de funcionamiento .....	59
11.1 Requisitos de la característica de error .....	59
11.2 Requisitos de latencia .....	59

	<b>Página</b>
11.3	Requisitos de inmunidad al ruido impulsivo ..... 59
12	Inicialización..... 60
12.1	Toma de contacto – VTU-O ..... 60
12.2	Toma de contacto – VTU-R ..... 62
12.3	Estado del enlace y diagrama de tiempos..... 66
12.4	Método de activación/desactivación de enlace..... 68
13	Requisitos eléctricos ..... 94
13.1	Divisores de servicio ..... 94
14	Metodología de prueba ..... 95
14.1	Tipos de bucle de prueba de VDSL..... 95
14.2	Generadores de degradaciones ..... 96
14.3	Pruebas de calidad de funcionamiento de la transmisión ..... 103
Anexo A – Plan de banda A..... 105	
Anexo B – Plan de banda B ..... 106	
Anexo C – Plan de banda C ..... 106	
Anexo D – Requisitos para la Región A (América del Norte)..... 107	
D.1	Interfaz física ..... 107
D.2	Metodología de prueba ..... 107
Anexo E – Requisitos para la Región B (Europa) ..... 108	
E.1	Interfaz física ..... 108
E.2	Metodología de prueba ..... 108
Anexo F – Requisitos regionales que deben satisfacer los entornos que coexisten con la línea de abonado digital del múltiplex con compresión en el tiempo de la RDSI, definida en el apéndice III/G.961 ..... 109	
F.1	Plan de banda y plantillas de PSD..... 109
F.2	Divisor de servicio..... 113
F.3	Bucles de prueba y perturbadores de diafonía..... 136
Anexo G – ATM-TC..... 149	
G.1	Alcance ..... 149
G.2	Modelo de referencia para el transporte ATM ..... 149
G.3	Transporte de datos ATM..... 150
G.4	TC específica del protocolo de transporte ATM (ATM_TC) ..... 151
Anexo H – PTM-TC ..... 154	
H.1	Transporte de datos paquetizados..... 154
H.2	Transporte de datos PTM ..... 155
H.3	Descripción de interfaz..... 156
H.4	Funcionalidad TPS-TC PTM..... 158
Anexo I – Particularidades de la implementación de los sistemas que emplean la modulación QAM ..... 161	

	<b>Página</b>
I.1 Subcapa TC específica del medio físico (PMS-TC) .....	161
I.2 Subcapa dependiente del medio físico (PMD) .....	170
I.3 Operaciones y mantenimiento .....	180
I.4 Activación y desactivación del enlace .....	200
I.5 Información suplementaria relativa a la implementación de QAM (informativo).....	223
Apéndice I – Implementación UTOPIA de la interfaz ATM-TC .....	226
Apéndice II – Bandas internacionales de radioaficionados .....	228
Apéndice III – Separación entre los tonos de 8,625 kHz.....	230
III.1 Alcance .....	230
III.2 Características funcionales de la capa PMD .....	230
III.3 Subcapa de convergencia de transmisión (TC) .....	230
III.4 Inicialización .....	230
BIBLIOGRAFÍA .....	233



## Recomendación UIT-T G.993.1

### Transceptores de línea de abonado digital de velocidad muy alta

#### 1 Alcance

La Rec. UIT-T G.993.1, Línea de abonado digital de velocidad muy alta (VDSL, *very high speed digital subscriber line*), permite la transmisión de velocidades de datos asimétricas y simétricas agregadas de hasta decenas de Mbit/s en pares trenzados. La presente Recomendación presenta una tecnología de acceso que explota la infraestructura existente de hilos de cobre que fueron desplegados inicialmente para los servicios telefónicos ordinarios (POTS, *plain old telephone service*). Mientras que POTS utiliza aproximadamente los 4 kHz inferiores y ADSL/HDSL utiliza aproximadamente 1 MHz del espectro del hilo de cobre, la presente Recomendación utiliza hasta 12 MHz del espectro. La presente Recomendación puede aplicarse desde oficinas centrales o desde armarios de conexión de fibra ubicados cerca de las instalaciones del cliente.

Esta Recomendación incluye planes de frecuencia de alcance mundial que permiten servicios asimétricos y simétricos en el mismo grupo de pares de hilos (conocido por un vinculador). Esto se logra mediante la designación de bandas para la transmisión de señales hacia el origen y hacia el destino.

Los transceptores G.993.1 deben superar muchos tipos de interferencia de ingreso causada por la radio y otras técnicas de transmisión que se producen en las mismas frecuencias en casos comunes. De manera similar, los niveles de potencia de transmisión G.993.1 han sido diseñados para minimizar la interferencia de egreso potencial a otros sistemas de transmisión.

Al igual que otras Recomendaciones de la serie G.99x, la Rec. UIT-T G.993.1 utiliza la Rec. UIT-T G.994.1 para la toma de contacto y el inicio de la secuencia de acondicionamiento de transceptor.

Previo acuerdo, el UIT-T ha decidido desarrollar una Recomendación subsiguiente relativa a VDSL2, en la que se especificará únicamente la modulación por multitono discreto (DMT, *discrete multitone*) y que tendrá como fundamento la presente Recomendación (VDSL) y la Rec. UIT-T G.992.3 (ADSL2).

#### 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. En esta Recomendación, la referencia a un documento, en tanto que autónomo, no le otorga el rango de una Recomendación.

- Recomendación UIT-T G.117 (1996), *Aspectos de la asimetría con respecto a tierra que influyen en la transmisión.*
- Recomendación UIT-T G.227 (1988), *Señal telefónica convencional.*
- Recomendación UIT-T G.994.1 (2003), *Procedimientos de toma de contacto para transceptores de línea de abonado digital.*
- Recomendación UIT-T G.996.1 (2001), *Procedimientos de prueba para transceptores de línea de abonado digital.*

- Recomendación UIT-T G.997.1 (2003), *Gestión de capa física para transceptores de línea de abonado digital*.
- Recomendación UIT-T I.432.1 (1999), *Interfaz usuario-red de la red digital de servicios integrados de banda ancha (RDSI.BA) – Especificación de la capa física: Características generales*.
- Recomendación UIT-T O.9 (1999), *Configuraciones de medida para evaluar el grado de asimetría con respecto a tierra*.
- ISO/CEI 3309:1993, *Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – High-level data link control (HDLC) procedures – Frame structure*.

### 3 Definiciones

En esta Recomendación se definen los términos siguientes.

**3.1 tasa de bits con errores:** Razón de la cantidad de bits con error a la cantidad de bits enviados en un periodo de tiempo.

**3.2 canal:** Conexión que transporta señales entre dos bloques (las señales transportadas representan información). Los canales también transportan señales entre un bloque y el entorno. Los canales pueden ser unidireccionales o bidireccionales.

**3.3 conexión:** Asociación de canales o circuitos de transmisión, unidades de conmutación y otras unidades funcionales, establecidos para proporcionar un medio para una transferencia de información de usuario, control y gestión entre dos o más puntos extremos (bloques) en una red de telecomunicaciones.

**3.4 sentido descendente:** Flujo de información en el sentido de un sistema de proveedor de servicio de extremo a un sistema de consumidor de servicio de extremo.

**3.5 longitud eléctrica:** Estimación de la atenuación introducida por el bucle, suponiendo que todas las secciones del cable siguen una característica de atenuación  $\sqrt{f}$ . En particular, se trata de la atenuación, en dB a 1 MHz, de un bucle hipotético con una característica de atenuación  $\sqrt{f}$  perfecta.

NOTA – La atenuación causada por las derivaciones de puente no sigue una curva característica del tipo  $\sqrt{f}$ , por lo que puede ocurrir que al efectuar los cálculos no se tengan en cuenta con exactitud los efectos de dichas derivaciones.

**3.6 interfaz:** Punto de demarcación entre dos bloques a través del cual fluye información de un bloque al otro. Véanse las definiciones de interfaz lógica e interfaz física para más detalles. Una interfaz puede ser física o lógica.

**3.7 capa/subcapa:** Colección de objetos del mismo rango jerárquico.

**3.8 trayecto de flujo de información lógica:** Secuencia de transferencias de información desde un objeto fuente de información inicial hasta un objeto destino de información terminal, ya sea directamente o a través de objetos intermedios. Diferentes trayectos de flujo de información se pueden asociar con un segmento de trayecto de flujo de información lógica o con el trayecto entero, en diferentes implementaciones.

**3.9 interfaz (funcional) lógica:** Interfaz en la que se definen los atributos semánticos, sintácticos y simbólicos de flujos de información. Las interfaces lógicas no definen las propiedades físicas de las señales utilizadas para representar la información. Una interfaz lógica puede ser una interfaz interna o externa. Es definida por un conjunto de flujos de información y pilas de protocolos asociados.

**3.10 plano de gestión (MP, *management plan*):** Plano que contiene información de gestión.

- 3.11 información de gestión:** Información intercambiada por objetos del plano de gestión; puede ser información de contenido o información de control.
- 3.12 red:** Conjunto de elementos interconectados que suministran servicios de conexión a usuarios.
- 3.13 función de control de red:** La función de control de red tiene por cometido la recepción y transmisión, exenta de errores, de información de flujo de contenido hacia y desde el servidor.
- 3.14 terminación de red (NT, *network termination*):** Elemento de la red de acceso que realiza la conexión entre la infraestructura que pertenece al operador de red de acceso y el sistema de consumidor de servicio (desacoplamiento de propiedad). La NT puede ser pasiva o activa, transparente o no transparente.
- 3.15 margen de ruido:** Cantidad máxima en que se puede incrementar el nivel de ruido de referencia durante una prueba de la BER sin provocar que el módem deje de cumplir el requisito relativo a la BER.
- 3.16 interfaz física:** Interfaz en la cual las características físicas de las señales utilizadas para representar información y las características físicas de los canales utilizados para transportar esas señales están definidas. Una interfaz física es una interfaz externa. Es definida completamente por sus características físicas y eléctricas. Los flujos de información lógica corresponden a flujos de señales que pasan a través de interfaces físicas.
- 3.17 plano:** Categoría que identifica un grupo de objetos conexos, por ejemplo, objetos que ejecutan funciones similares o complementarias, u objetos pares que interactúan para utilizar o proporcionar servicios en una clase que refleja autoridad, capacidad, o periodo de tiempo. Los objetos de servicio del plano de gestión, por ejemplo, pueden autorizar el acceso de clientes de ISP a ciertos objetos de servicio del plano de control, los cuales, a su vez, pueden permitir a los clientes utilizar servicios proporcionados por ciertos objetos del plano de usuario.
- 3.18 primitivas:** Medidas básicas de desempeño, obtenidas comúnmente a partir de códigos de línea de señal digital y formatos de trama, o a partir de lo informado en indicadores de tara desde el extremo lejano. Las primitivas de desempeño se categorizan como eventos, anomalías y defectos. Las primitivas pueden también ser medidas básicas de otras magnitudes (por ejemplo, potencia en corriente alterna o corriente continua), señaladas generalmente por indicadores del equipo.
- 3.19 punto de referencia:** Conjunto de interfaces entre cualesquiera dos bloques conexos a través de las cuales fluye información de un bloque hacia el otro. Un punto de referencia comprende una o varias interfaces de transferencia de información lógicas (no físicas), y una o varias interfaces de transferencia de señal físicas.
- 3.20 margen SNR:** Estimación, efectuada por el módem, de la cantidad máxima en la cual podría aumentar el ruido en el receptor (interno y externo) sin provocar que el módem deje de cumplir el requisito relativo a la BER.
- 3.21 símbolo:** Un bit o una secuencia definida de bits.
- 3.22 sistema:** Colección de objetos interactuantes que sirven a un propósito útil; por lo general, es una subdivisión primaria de un objeto de cualquier tamaño o composición (incluidos los dominios).
- 3.23 sentido ascendente:** Flujo de información en el sentido de un sistema de consumidor de servicio de extremo a un sistema proveedor de servicio de extremo.
- 3.24 abonado:** Objeto o sistema (bloque) que consume un servicio.
- 3.25 plano de usuario (UP, *user plan*):** Clasificación de objetos cuya función principal es proporcionar transparencia de información de usuario de extremo: la información de usuario puede

ser de contenido de usuario a usuario (por ejemplo, una película), o datos privados de usuario a usuario.

#### 4 Abreviaturas, siglas o acrónimos

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

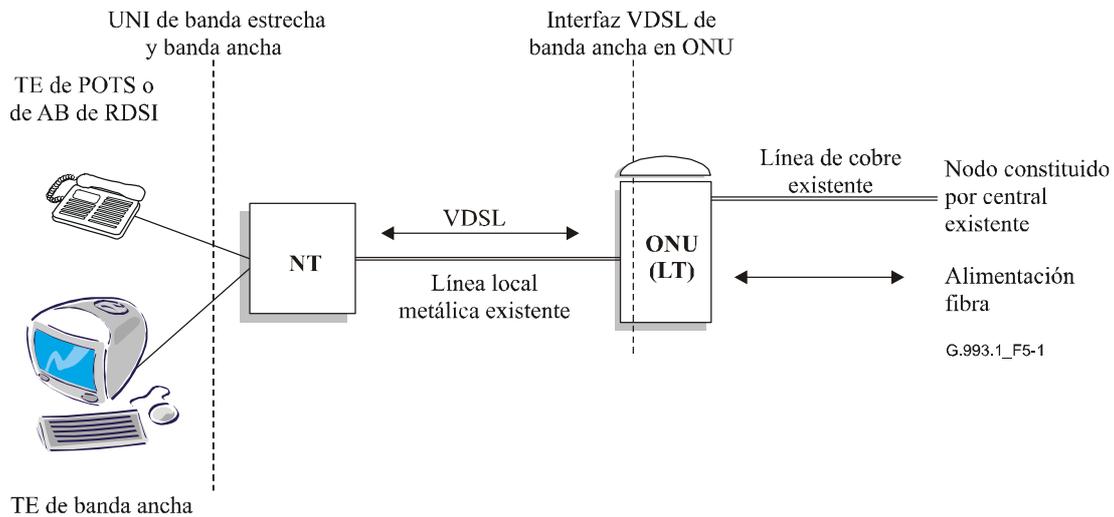
ATM	Modo de transferencia asíncrono ( <i>asynchronous transfer mode</i> )
DS	Sentido descendente ( <i>downstream</i> )
DSL	Línea de abonado digital ( <i>digital subscriber line</i> )
EIO	Adaptador de interfaz externa ( <i>external interface adapter</i> )
eoc	Canal de operaciones insertadas ( <i>embedded operations channel</i> ) (entre la VTU-O y la VTU-R)
FDD	Duplexación por división de frecuencia ( <i>frequency division duplexing</i> )
FEC	Corrección de errores en recepción ( <i>forward error correction</i> )
HEC	Control de errores del encabezamiento ( <i>header error control</i> )
LCD	Pérdida de delimitación de célula ( <i>loss of cell delineation</i> )
LSB	Bit menos significativo ( <i>least significant bit</i> )
LT	Terminación de línea ( <i>line termination</i> )
MIB	Base de información de gestión ( <i>management information base</i> )
MSB	Bit más significativo ( <i>most significant bit</i> )
NMA	Agente de gestión de red ( <i>network management agent</i> )
NT	Terminación de red ( <i>network termination</i> )
NTR	Referencia de temporización de red ( <i>network timing reference</i> )
OAM	Operaciones, administración y mantenimiento ( <i>operations, administration and maintenance</i> )
OC	Canal de tara ( <i>overhead channel</i> )
ONU	Unidad de red óptica ( <i>optical network unit</i> )
PHY	Capa física ( <i>physical layer</i> )
PMD	Dependiente de los medios físicos ( <i>physical media dependent</i> )
PMS	Específico de los medios físicos ( <i>physical media specific</i> )
PMS-TC	Convergencia de transmisión específica de los medios físicos ( <i>physical media specific-transmission convergence</i> )
PSD	Densidad espectral de potencia ( <i>power spectral density</i> )
PTM	Modo de transferencia por paquetes ( <i>packet transfer mode</i> )
QAM	Modulación de amplitud en cuadratura ( <i>quadrature amplitude modulation</i> )
QoS	Calidad de servicio ( <i>quality of service</i> )
RDSI	Red digital de servicios integrados
RF	Radiofrecuencia ( <i>radio frequency</i> )
SNR	Relación señal/ruido ( <i>signal-to-noise ratio</i> )

STP	Conjunto de parámetros de transmisión ( <i>set of transmission parameters</i> )
TBD	Por determinar ( <i>to be determined</i> )
TC	Convergencia de transmisión ( <i>transmission convergence</i> )
TCM	Múltiplex con compresión en el tiempo ( <i>time compression multiplex</i> )
TPS	Específico del protocolo de transmisión ( <i>transmission protocol specific</i> )
TPS-TC	Convergencia de transmisión específica del protocolo de transporte ( <i>transport protocol specific-transmission convergence</i> )
Tx	Transmisor ( <i>transmitter</i> )
UPBO	Reducción de la potencia en el sentido ascendente ( <i>upstream power back-off</i> )
US	Sentido ascendente ( <i>upstream</i> )
VDSL	Línea de abonado digital de velocidad muy alta ( <i>very high speed digital subscriber line</i> )
VME_O	Entidad de gestión VTU-O ( <i>VTU-O management entity</i> )
VME_R	Entidad de gestión VTU-R ( <i>VTU-R management entity</i> )
VTU	Unidad transceptora VDSL ( <i>VDSL transceiver unit</i> )
VTU-O	VTU en la ONU ( <i>VTU at the ONU</i> )
VTU-R	VTU en el sitio distante ( <i>VTU at the remote site</i> )
VTU-x	Cualquiera de las dos VTU: la VTU-O o la VTU-R
xDSL	Término genérico que engloba la familia de todas las tecnologías DSL, por ejemplo DSL, HDSL, ADSL, VDSL

## 5 Modelos de referencia

### 5.1 Modelos de referencia general

En la figura 5-1 se muestra la configuración de referencia utilizada para la Rec. UIT-T G.993.1. Consiste esencialmente en una arquitectura de fibra hacia el nodo con una unidad de red óptica (ONU, *optical network unit*) ubicada en la red de acceso metálica existente (o en la central local o central que la sirve). El primer modelo arquitectural trata el tipo de despliegue fibra al armario (FTTCab, *fibre-to-the cabinet*); el segundo es el tipo de despliegue fibra hacia la central (FTTEx, *fibre-to-the-exchange*). Se utilizan pares de hilos trenzados metálicos de acceso no blindados para transportar las señales hacia y desde las instalaciones del cliente.



**Figura 5-1/G.993.1 – Modelo de referencia general**

La configuración de referencia proporciona dos o cuatro trayectos de datos con velocidad binaria bajo el control del operador de red, constituidos por uno o dos trayectos de datos descendentes y uno o dos ascendentes. Un único trayecto en cada sentido de transmisión puede ser de alta latencia (con una BER esperada más baja) o baja latencia (con BER esperada más alta). Trayectos duales en cada sentido de transmisión proporcionan un trayecto de cada tipo. Se considera que la configuración de latencia dual es lo mínimo que es capaz de soportar un conjunto completo y suficiente de servicios, aunque existen organizaciones que soportan el modelo de latencia simple con latencia programable, y otras que solicitan más de dos trayectos/latencias. El modelo supone que se necesitará la corrección de errores en recepción (FEC, *forward error correction*) para parte de la cabida útil y que será necesario un entrelazado profundo para proporcionar una protección adecuada contra el ruido impulsivo.

El modelo introduce bloques funcionales de separadores de servicio para admitir el uso compartido de los medios de transmisión físicos para VDSL, y ya sea POTS o el AB (acceso básico) de RDSI. Esto se debe a que gracias a ello los operadores de red están en libertad para hacer evolucionar entonces sus redes de una o dos maneras: un cambio completo o una superposición. Una terminación de red (NT, *network termination*) activa proporciona terminación del sistema de transmisión VDSL punto a punto y presenta un conjunto normalizado de interfaces de red de usuario (UNI, *user network interfaces*) en las instalaciones del cliente. La NT permite al operador de red probar la red hasta la UNI en las instalaciones del cliente, cuando exista una condición de avería o mediante el encaminamiento nocturno. El sistema de transmisión dentro del cableado de las viviendas está fuera del alcance de esta Recomendación.

Se prevé que la VDSL encontrará aplicaciones en el transporte de diversos protocolos. Para cada aplicación se deben formular diferentes requisitos funcionales para la capa de convergencia de transmisión específica del protocolo de transporte (TPS-TC, *transport protocol specific-transmission convergence layer*). Esta especificación cubre los requisitos funcionales para el transporte de ATM y PTM. Sin embargo, el transceptor fundamental G.993.1 podrá soportar aplicaciones adicionales futuras. El servicio VDSL debe coexistir de una manera no invasora con los servicios de banda estrecha en el mismo par. Un fallo de potencia en la NT de banda ancha o un fallo de servicio VDSL no afectará ningún servicio de banda estrecha existente. Esto puede implicar que el filtro separador sea de naturaleza pasiva y no requiera alimentación externa para proporcionar separación de frecuencia entre las señales VDSL y las señales de banda estrecha existentes.

POTS, si está presente, seguirá siendo alimentado desde el nodo constituido por la central existente y se requerirá un trayecto de corriente continua desde la central local hasta el teléfono del cliente. De manera similar, es necesario un trayecto de corriente continua para el AB de RDSI con el fin de proporcionar telealimentación a la NT del AB de RDSI (y esta alimentación de emergencia puede ser suministrada por la central local para un terminal RDSI en la eventualidad de una pérdida de potencia en las instalaciones del cliente).

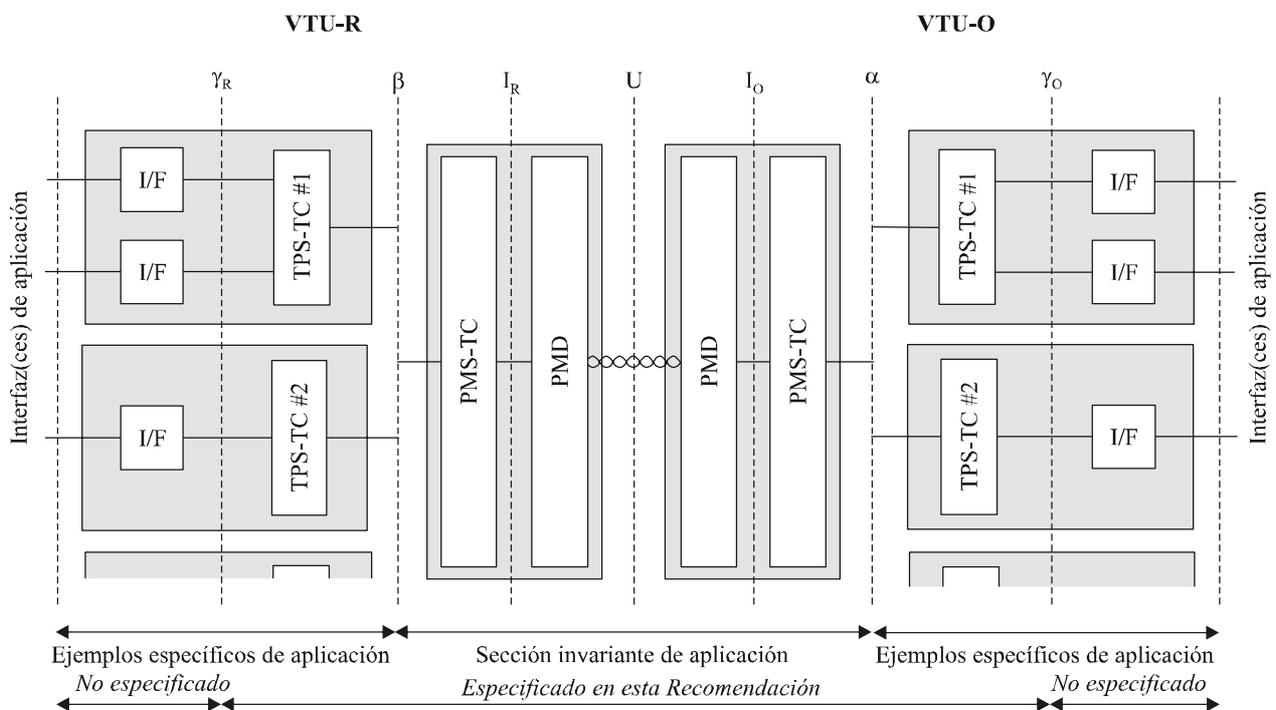
Actualmente POTS y el AB de RDSI no pueden existir simultáneamente en el mismo par. Los operadores de red pueden proporcionar un servicio o el otro pero no ambos en un solo par de hilos. Los operadores de red pueden optar por proporcionar VDSL en líneas de acceso sin ningún servicio de banda estrecha.

No es necesario que la NT de banda ancha sea telealimentada.

La operación con repetidor no es necesaria para G.993.1.

## 5.2 Modelo de referencia funcional

Una de las TPS-TC que aparecen en la figura 5-2 se puede asignar para fines de gestión y se denomina TC de canal de tara (OC-TC, *overhead channel TC*).



G.993.1\_F5-2

Figura 5-2/G.993.1 – Modelo de referencia funcional VTU-x

### 5.3 Modelo de referencia de protocolo

En la figura 5-3 se muestra el modelo de referencia de protocolo G.993.1.

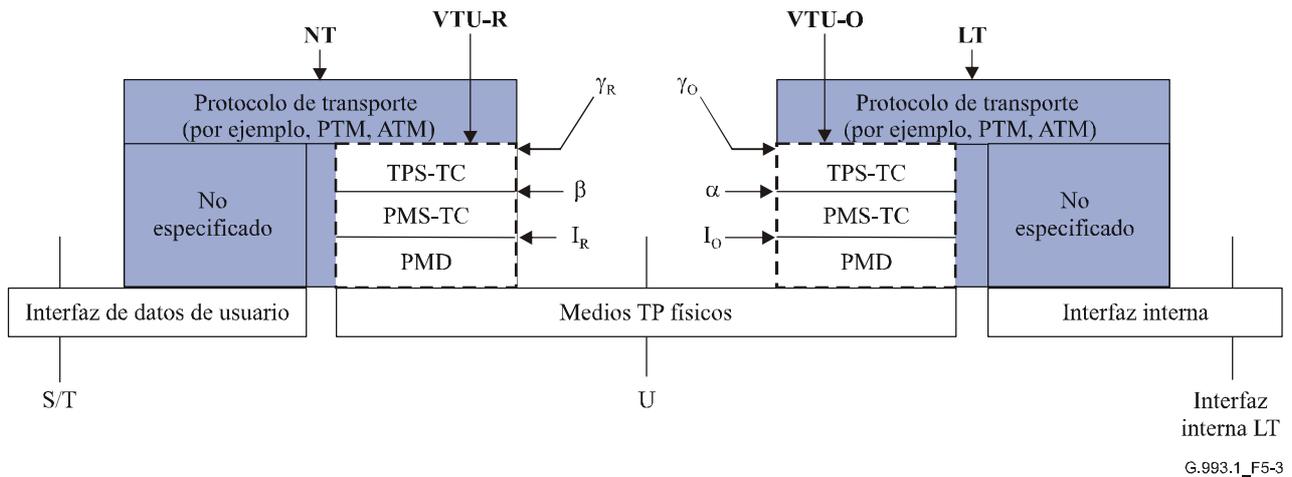


Figura 5-3/G.993.1 – Modelo de referencia de protocolo VTU-x

## 6 Características de interfaz de medio de transmisión

En esta cláusula se especifica la interfaz entre el transceptor y el medio de transmisión (puntos de referencia U-O2 y U-R2; véase la figura 8 bis/G.995.1/enm.1 denominada Modelo de referencia de sistema G.993.1). Para efectos de esta Recomendación las interfaces U-O2/U-R2 y U son espectralmente equivalentes.

### 6.1 Método de duplexación

Los transceptores G.993.1 utilizarán la duplexación por división de frecuencia (FDD, *frequency division duplexing*), para separar la transmisión en el sentido ascendente de la transmisión en el sentido descendente.

Los sistemas G.993.1 utilizan un plan de cuatro bandas que comienza a 138 kHz y se extiende hasta 12 MHz. Las cuatro bandas de frecuencia designadas por DS1, US1, DS2, y US2, y que corresponden respectivamente a la primera banda en el sentido descendente, la primera banda en el sentido ascendente, la segunda banda en el sentido descendente, y la segunda banda en el sentido ascendente, como se muestra en la figura 6-1, serán atribuidas de acuerdo con las frecuencias de separación de banda  $f_1$ ,  $f_2$ ,  $f_3$ ,  $f_4$  y  $f_5$ .

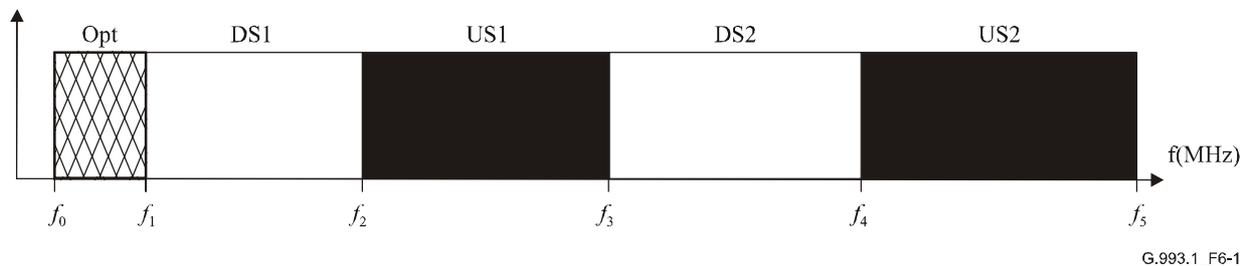


Figura 6-1/G.993.1 – Atribución de bandas G.993.1

La utilización de la banda entre 25 kHz ( $f_0$ ) y 138 kHz ( $f_1$ ) será negociada utilizando G.994.1. El mecanismo de toma de contacto G.994.1 indica y selecciona (véanse 12.1 y 12.2) una de estas dos utilizaciones:

- si la banda ha de utilizarse para el sentido ascendente, bit "OptUp".
- si la banda ha de utilizarse para el sentido descendente, bit "OptDn".

Véanse los anexos A, B, y C para más detalles sobre  $f_0$ ,  $f_1$ ,  $f_2$ ,  $f_3$ ,  $f_4$  y  $f_5$  y los planes de banda.

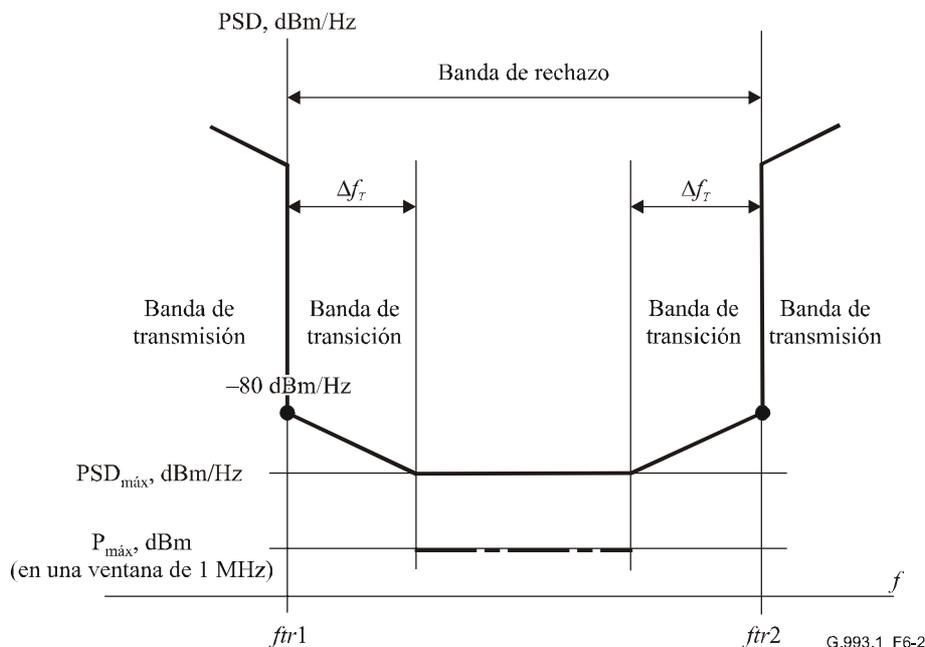
## 6.2 Densidad espectral de potencia (PSD)

### 6.2.1 Bandas de transmisión

Véanse los anexos D, E y F.

### 6.2.2 Bandas de rechazo

La plantilla de densidad espectral de potencia (PSD, *power spectral density*) dentro de las bandas de rechazo será la definida en la figura 6-2. La plantilla de PSD de banda estrecha se aplica entre las frecuencias de separación de banda  $f_{tr1}$  y  $f_{tr2}$ . El límite de potencia de banda ancha se aplica en la parte de la banda de recepción que está comprendida entre las bandas de transición.



**Figura 6-2/G.993.1 – Plantilla PSD de la banda de rechazo**

El ancho de las bandas de transición  $\Delta f_T$  será independiente de la frecuencia y no deberá sobrepasar 175 kHz. Las bandas de transición y los valores de la banda de rechazo PSD por debajo de 276 kHz quedan a criterio de la reglamentación regional correspondiente. En los anexos D, E y F se pueden encontrar las especificaciones de PSD pertinentes para algunas regiones.

Los correspondientes valores de la plantilla de PSD dentro de las bandas de rechazo serán los indicados en el cuadro 6-1. Los valores entre los puntos relacionados en el cuadro 6-1 se podrán encontrar mediante interpolación lineal en una escala lineal de frecuencia.

**Cuadro 6-1/G.993.1 – Plantilla de PSD de las bandas de rechazo**

Frecuencia [MHz]	PSD máxima [PSD <sub>máx</sub> , dBm/Hz]	Máxima potencia en una ventana deslizante de 1 MHz [P <sub>máx</sub> , dBm]
<0,276	A criterio de la reglamentación regional	–
0,276-4,0	–100	–
4,0-5,0	–100	–50
5,0-30,0	–100	–52
≥30,0	–120	–
Frecuencia de transición	–80	–

La PSD en transmisión de la banda de parada (o rechazo) cumplirá, *tanto* limitaciones relativas a la máxima PSD, mediante la utilización de una anchura de banda de resolución de medición de 10 kHz, *como* las limitaciones relativas a la máxima potencia en una ventana deslizante de 1 MHz, presentadas en el cuadro 6-1. La potencia en una ventana deslizante de 1 MHz se mide en una anchura de banda de 1 MHz que comienza en la frecuencia  $f_{tr1} + \Delta f_T$  correspondiente de la banda de señal de transmisión y que termina en la siguiente frecuencia de transición  $f_{tr2} - \Delta f_T$ , tal como se define en la figura 6-2. Si el valor de la banda de rechazo menos  $2\Delta f_T$ ,  $(f_{tr2} - f_{tr1} - 2\Delta f_T)$ , es menor que 1 MHz, la anchura de banda del dispositivo de medición deberá fijarse a  $\Delta f_M$ , siendo  $\Delta f_M$  igual o menor que el valor de la banda de rechazo menos  $2\Delta f_T$  ( $\Delta f_M \leq f_{tr2} - f_{tr1} - 2\Delta f_T$ ), y el resultado medido deberá recalcularse para la ventana deslizante de 1 MHz, de la siguiente manera:

$$P_{máx} = P - 10 \log(\Delta f_M)$$

donde  $P$  es el resultado medido en dBm, y  $\Delta f_M$  es la anchura de banda utilizada para la medición, en MHz.

### 6.2.3 Función de reducción de la PSD en la región de frecuencias por debajo de 1,104 MHz

La implementación de la función de reducción de la PSD en la región de frecuencias por debajo de 1,104 MHz es obligatoria, y el operador determina si la función se utiliza o no. En los anexos D, E y F se presenta la función exacta de reducción de la PSD para algunas regiones.

La utilización de la función de reducción de la PSD se seleccionará mediante G.994.1 (véanse 12.1 y 12.2).

### 6.2.4 Control de egreso

Un equipo G.993.1 podrá reducir simultáneamente la PSD por debajo de –80 dBm/Hz en una o más de las bandas de radioaficionado normalizadas. Se aplica –80 dBm/Hz a la PSD máxima. Las bandas que se han de cortar se indican en el cuadro 6-2, incluyendo las bandas de radioaficionado en todas las Regiones (1, 2 y 3; véase la figura II.1) que se describen en el cuadro II.1.

**Cuadro 6-2/G.993.1 – Bandas de corte de transmisión**

<b>Inicio de banda [kHz]</b>	<b>Parada de banda [kHz]</b>
1 800	2 000
3 500	4 000
7 000	7 300
10 100	10 150
14 000	14 350
18 068	18 168
21 000	21 450
24 890	24 990
28 000	29 700

### **6.3 Reducción de la potencia en el sentido ascendente (UPBO)**

#### **6.3.1 Mecanismo de reducción de la potencia**

Se aplicará la reducción de la potencia en el sentido ascendente (UPBO, *upstream power back-off*) para proporcionar compatibilidad espectral entre bucles de diferentes longitudes desplegados en el mismo vinculador. Se soportará un solo modelo de UPBO, que se describe a continuación.

- El sistema de gestión de red podrá fijar la plantilla de PSD limitante en transmisión,  $PSD_0$ , para la VTU-R a una de las plantillas de PSD en transmisión normalizadas que se definen en 6.2.1.
- La VTU-R realizará autónomamente una UPBO, tal como se describe en 6.3.2, es decir, sin enviar ninguna información significativa a la VTU-O hasta que se haya aplicado la UPBO.
- Una vez aplicada la UPBO, la VTU-O podrá ajustar la PSD en transmisión seleccionada por la VTU-R; la PSD en transmisión ajustada estará sujeta a las limitaciones indicadas en 6.3.2.
- Para permitir a la VTU-R iniciar una conexión con la VTU-O, lo cual ocurrirá antes de que se haya aplicado la UPBO, se permitirá a la VTU-R causar una degradación a otros bucles, mayor que la que cabe esperar cuando se utiliza el modo descrito en 6.3.2.

#### **6.3.2 Plantilla de reducción de la potencia**

La VTU-R estimará explícitamente la longitud eléctrica de su línea,  $kl_0$ , y utilizará este valor para calcular la plantilla de la PSD en transmisión  $TxPSD(kl_0, f)$ . La VTU-R adaptará entonces su señal en transmisión para que se conforme estrictamente a la plantilla  $TxPSD(kl_0, f)$ . Dado:

$$TxPSD(kl_0, f) = PSDREF(f) + (LOSS(kl_0, f) \text{ en dB})$$

$$LOSS = kl_0 \sqrt{f} \text{ en dB}$$

La función  $LOSS$  (pérdida) es una aproximación de la atenuación (pérdida) del bucle.

$PSDREF(f)$  es una función de frecuencia, pero es independiente de la longitud y del tipo del bucle.  $PSDREF(f)$  tiene la forma  $-a-b\sqrt{f}$ . En el caso de  $PSD\_REF$ , los valores de  $a$  y  $b$  dependen de la región geográfica y en los anexos D, E y F se presentan los correspondientes a algunas regiones.

Si el valor estimado de  $kl_0$  es menor que 1,8 el módem podrá realizar la reducción de la potencia de la misma manera que si  $kl_0$  fuera igual a 1,8.

La estimación de la longitud eléctrica habrá de tener la precisión suficiente para evitar problemas de gestión de espectro y pérdidas de calidad de funcionamiento adicionales.

NOTA 1 – Una estimación posible de  $kl_0$  es  $\min[\text{loss}(f)/\sqrt{f}]$ . El valor mínimo se calcula sobre la banda de frecuencias VDSL útil por encima de 1 MHz. La función *pérdida* representa la pérdida por inserción en dB del bucle a la frecuencia  $f$ . Esta definición es abstracta e implica una cuadrícula muy fina e infinita de frecuencias. Para el resto de los casos, se especificarán mediciones prácticas con una cuadrícula de frecuencias finita.

NOTA 2 – Para poder dar cumplimiento a los requisitos específicos de red, el gestor de la misma podrá establecer parámetros  $a$  y  $b$  en  $PSDREF(f)$  y además proporcionar un medio para anular la estimación de  $kl_0$  autónoma del módem.

#### 6.4 Impedancia de terminación

Se utilizará una impedancia de terminación  $R_V$ , sólo resistiva, en toda la banda de frecuencias VDSL para los transceptores LT y NT cuando se efectúa la concordancia con el par de hilos del acceso metálico (fuente o carga). En particular, se utilizará como terminación de la PSD de transmisión y para la definición y verificación de la energía.

Esta impedancia de terminación se aproxima (y se basa) a la impedancia de punto de inserción del bucle de prueba VDSL. Permite establecer un compromiso de correspondencia de impedancia de alta frecuencia con los diversos tipos de cable no blindado en las redes de acceso metálico.

El valor de  $R_V$  es específico de cada región y en los anexos D, E y F se presenta el valor de  $R_V$  de algunas regiones.

#### 6.5 Pérdida de retorno

El propósito de la definición del requisito de pérdida de retorno es limitar las incertidumbres de la energía de la señal debidas a la tolerancia de la impedancia de la interfaz de línea. La pérdida de retorno especifica la cantidad de señal diferencial reflejada sobre una impedancia de referencia  $R_V$ :

$$RL = 20 \log_{10} \left| \frac{Z + R_V}{Z - R_V} \right|, [\text{dB}]$$

siendo  $Z$  la impedancia interna de la VTU.

El valor de la pérdida de retorno dentro de la banda del transceptor VDSL será mayor que 12 dB o exactamente ese valor, mientras que el valor fuera de banda correspondiente será mayor que 3 dB o igual al mismo. Las frecuencias dentro y fuera de banda en cada sentido de transmisión se determinan mediante el plan de frecuencias que se muestra en 6.1. El valor de 12 dB supone una PSD de transmisión plana que se aplica en toda la región dentro de la banda. Es posible que los requisitos se puedan hacer un poco menos estrictos en las gamas de frecuencias correspondientes a valores reducidos de PSD.

La pérdida de retorno se medirá sobre una carga de prueba resistiva  $R_V$  manteniendo la alimentación en la implementación de prueba del transceptor VDSL.

Cuando se utiliza un divisor de servicio, se deberán cumplir los requisitos de pérdida de retorno en toda la gama de valores posibles de la terminación de puertos POTS/RDSI.

#### 6.6 Simetría de la señal de salida

La simetría de la señal de salida (OSB, *output signal balance*) representa una medida de las señales longitudinales no deseadas en la salida del transceptor. La razón entre la tensión de salida longitudinal ( $V_{cm}$ ) y la tensión de salida diferencial ( $V_{diff}$ ) se medirá manteniendo activo el transmisor VTU, conforme a las Recs. UIT-T G.117 y O.9.

$$OSB = 20 \log_{10} \left| \frac{V_{diff}}{V_{cm}} \right|, [\text{dB}]$$

La OSB del transceptor VDSL debe ser igual a 35 dB o mayor que este valor en toda la banda de frecuencias VDSL. La impedancia de terminación del transceptor para la medición de OSB será  $R_T$ .

NOTA – La simetría del equipo debería ser mejor que la simetría prevista para el cable a fin de reducir las emisiones no deseadas y la susceptibilidad a interferencias por radiofrecuencia desde el exterior. Se ha observado que la simetría normal para el caso más desfavorable de una derivación de hilo aéreo va de 30 a 35 dB, y por consecuencia la simetría del equipo VDSL debería ser igual o mejor.

## 7 Características funcionales generales de la subcapa TPS-TC

La capa física podrá transportar al menos una de las señales ATM o PTM. Véanse los anexos G y H para más detalles sobre estas aplicaciones TPS-TC.

### 7.1 Especificación de interfaz $\alpha/\beta$

Los puntos de referencia  $\alpha$  y  $\beta$  definen interfaces correspondientes entre la TPS-TC y la PMS-TC en los lados VTU-O y VTU-R respectivamente. Ambas interfaces son hipotéticas, independientes de la aplicación, e idénticas. Las interfaces comprenden los siguientes flujos de señales entre las subcapas TPS-TC y PMS-TC:

- flujo de datos;
- flujo de sincronización.

NOTA – Si se aplica la latencia dual, la interfaz comprende dos flujos idénticos de datos y sincronización: uno para el canal rápido y uno para el canal lento, respectivamente. Cada flujo se produce entre la subcapa TPS-TC y PMS-TC correspondiente.

#### 7.1.1 Flujo de datos

El flujo de datos comprende dos trenes genéricos *orientados a octeto* con las velocidades definidas por las capacidades físicas de la red:

- tren de datos en transmisión: Tx;
- tren de datos en recepción: Rx.

La descripción de las señales de flujo de datos se presenta en el cuadro 7-1.

Si los trenes de datos son *en serie* por haber sido así implementados, se envía primero el MSB de cada octeto. Los valores de velocidad de datos Tx, Rx se fijan durante la configuración del sistema.

**Cuadro 7-1/G.993.1 – TPS-TC: Recapitulación de las señales de datos y de las señales de sincronización en la interfaz  $\alpha/\beta$**

Señal(es)	Descripción	Sentido	Notas
<i>Señales de datos</i>			
Tx	Datos en transmisión	TPS-TC → PMS-TC	
Rx	Datos en recepción	TPS-TC ← PMS-TC	
<i>Señales de sincronización</i>			
Clk_t	Temporización de bits en transmisión	TPS-TC ← PMS-TC	Facultativo
Clk_r	Temporización de bits en recepción		
Osync_t	Temporización de octetos en transmisión		
Osync_r	Temporización de octetos en recepción		

### 7.1.2 Flujo de sincronización

Este flujo proporciona sincronización entre la subcapa TPS-TC y la subcapa PMS-TC. El flujo de sincronización comprende hasta cuatro señales de sincronización, presentadas en el cuadro 7-2:

- sincronización de bits en flujo de datos en transmisión y en recepción ( $Clk_t$ ,  $Clk_r$ );
- sincronización de octetos en flujo de datos en transmisión y en recepción ( $Osync_t$ ,  $Osync_r$ ).

Todas las señales de sincronización son aseveradas por la PMS-TC y dirigidas hacia la TPS-TC. Las señales  $Osync_t$ ,  $Osync_r$  son obligatorias; otras señales son *facultativas*.

Las velocidades  $Clk_t$  y  $Clk_r$  se hacen corresponder con las velocidades de datos Tx y Rx, respectivamente.

## 7.2 Descripción de la interfaz de aplicación OC TPS-TC ( $\gamma_O$ , $\gamma_R$ )

Esta cláusula especifica una subcapa de convergencia de transmisión específica del protocolo de transporte de canal de operaciones (OC-TC) VDSL, que describe la transmisión del canal de operaciones insertadas (eoc, *embedded operations channel*) a través de una conexión VDSL entre las entidades de gestión VDSL (VME, *VDSL management entities*) en los lados opuestos de la conexión (véase la figura 10-2). Se especifica la OC-TC tanto en el punto de referencia  $\gamma_O$  como en el  $\gamma_R$  de los sitios VTU-O y VTU-R, respectivamente. Ambas interfaces  $\gamma$  son funcionales, idénticas e incluyen los siguientes flujos de señales:

- flujo de datos;
- flujo de sincronización.

### 7.2.1 Flujo de datos

El flujo de datos eoc incluye dos trenes en sentidos opuestos de bloques de dos octetos cada uno ( $eoc_{tx}$ ,  $eoc_{rx}$ ) con velocidades independientes que fluyen entre la capa de aplicación eoc (VME) y el bloque TPS-TC OC (OC-TC). Las velocidades binarias de ambos trenes no deben sobrepasar el límite superior previsto para la capacidad de transporte agregada del canal OC. La descripción de las señales de flujo de datos se presenta en el cuadro 7-1.

Si los trenes de datos son *en serie* por haber sido así implementados, se envía primero el MSB de cada octeto.

### 7.2.2 Flujo de sincronización

Este flujo proporciona sincronización entre la capa de aplicación eoc (VME) y la OC-TC (véase 10.3.1). El flujo incluye las siguientes señales de sincronización, presentadas en el cuadro 7-2:

- señales de temporización en transmisión y en recepción ( $eoc_{tx\_clk}$ ,  $eoc_{rx\_clk}$ ): ambas son aseveradas por el procesador eoc;
- bandera de habilitación en transmisión ( $tx\_enbl$ ): aseverada por OC-TC y que permite transmitir el siguiente bloque de dos octetos;
- bandera de habilitación en recepción ( $rx\_enbl$ ): aseverada por OC-TC y que indica que el siguiente bloque de dos octetos está atribuido en la memoria tampón de recepción OC-TC.

**Cuadro 7-2/G.993.1 – OC-TC: Recapitulación de las señales del flujo de datos y del flujo de sincronización en la interfaz  $\gamma$**

Señal	Descripción	Sentido	Notas
<i>Flujo de datos</i>			
eoc_tx	Datos eoc en transmisión	VME $\rightarrow$ OC-TC	Bloque de dos octetos
eoc_rx	Datos eoc en recepción	VME $\leftarrow$ OC-TC	
<i>Flujo de sincronización</i>			
eoc_tx_clk	Reloj en transmisión	VME $\rightarrow$ OC-TC	
eoc_rx_clk	Reloj en recepción	VME $\rightarrow$ OC-TC	
tx_enbl	Bandera de habilitación en transmisión	VME $\leftarrow$ OC-TC	
rx_enbl	Bandera de habilitación en recepción	VME $\leftarrow$ OC-TC	

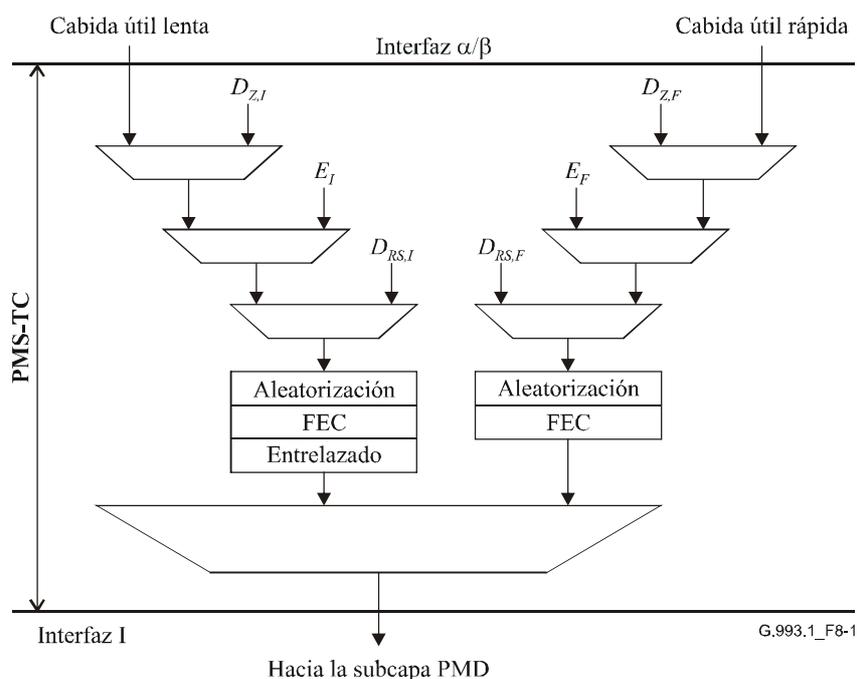
NOTA – La memoria tampón principal requerida para implementar el protocolo de comunicación eoc será proporcionada por la VME; se asume solamente una memoria tampón mínima para eoc en OC-TC.

## 8 Subcapa PMS-TC

Esta subcapa proporciona funciones de TC específicas del medio de transmisión: entramado, corrección de errores en recepción (FEC) y entrelazado.

### 8.1 Modelo funcional de PMS-TC

Todos los bytes de datos se transmitirán con el MSB en primer lugar mientras que todos los procesamientos en serie (por ejemplo, aleatorización, cálculos de CRC) se llevarán a cabo con el LSB en primer lugar, con el MSB del exterior considerado como el LSB de VDSL, dando por resultado que el primer bit de entrada (es decir, el MSB del exterior) será el primer bit que se procese dentro de VDSL (LSB de VDSL). En la figura 8-1 se ilustra el diagrama funcional de PMS-TC.



**Figura 8-1/G.993.1 – Diagrama de la subcapa de PMS-TC**

## 8.2 Aleatorizador

Se utilizará un aleatorizador para reducir la posibilidad de que se transmita una secuencia prolongada de ceros por el canal. Este dispositivo deberá ser del tipo autosincronizado de modo que la desaleatorización pueda llevarse a cabo sin necesidad de una alineación particular con la secuencia aleatorizada. Además, deberá poder representarse mediante la ecuación que sigue, siendo  $m(n)$  una muestra de bits del mensaje tomada en el instante  $n$  y la salida del aleatorizador  $x(n)$  vendrá dada por:

$$x(n) = m(n) + x(n-18) + x(n-23)$$

Toda la aritmética será módulo 2. Mientras el aleatorizador se inicialice con valores distintos de cero, una secuencia con "sólo ceros" para  $m(n)$  dará por resultado una secuencia pseudoaleatoria de longitud  $2^{23} - 1$ .

## 8.3 Corrección de errores en recepción

Se utilizará un código estándar Reed-Solomon orientado a bytes para obtener protección contra errores aleatorios y producidos por ráfaga.

Una palabra de código de este tipo contiene  $N = K + R$  bytes, que contiene  $R$  bytes de verificación redundante  $c_0, c_1, \dots, c_{R-2}, c_{R-1}$  añadidos a los bytes del mensaje  $K$   $m_0, m_1, \dots, m_{K-2}, m_{K-1}$ . Los bytes de verificación se calculan a partir de los bytes del mensaje utilizando la ecuación

$$C(D) = M(D)D^R \text{ mod } G(D),$$

siendo:

$M(D) = m_0 D^{K-1} \oplus m_1 D^{K-2} \oplus \dots \oplus m_{K-2} D \oplus m_{K-1}$	el polinomio de mensaje
$C(D) = c_0 D^{R-1} \oplus c_1 D^{R-2} \oplus \dots \oplus c_{R-2} D \oplus c_{R-1}$	el polinomio de verificación
$G(D) = \prod (D \oplus \alpha^i)$	el polinomio generador del código Reed-Solomon, donde el índice del producto va de $i = 0$ a $R - 1$

Esto significa que  $C(D)$  es el resto obtenido al dividir  $M(D)D^R$  por  $G(D)$ . La aritmética se llevará a cabo en el campo Galois GF(256), siendo  $\alpha$  un elemento primitivo que satisface el polinomio binario primitivo  $x^8 \oplus x^4 \oplus x^3 \oplus x^2 \oplus 1$ . Un byte de datos ( $d_7, d_6, \dots, d_1, d_0$ ) se identifica con el elemento  $d_7 \alpha^7 \oplus d_6 \alpha^6 \oplus \dots \oplus d_1 \alpha \oplus d_0$  del campo Galois.

Tanto  $K$  como  $R$  deben ser parámetros programables. Los valores redundantes de  $R = 0, 2, 4, 6, 8 \dots 16$  deberán soportarse, así como los siguientes parámetros de palabra de código especificados como  $(N, K)$ : (144,128) y (240,224). Otros valores de  $N$  y  $K$  serán facultativos, sin embargo,  $N$  debe ser menor que o igual a 255.

## 8.4 Entrelazado

### 8.4.1 Generalidades

El entrelazado se utilizará como medida para proteger los datos contra ráfagas de errores distribuyendo los mismos por una diversidad de palabras de código Reed-Solomon. La profundidad del entrelazado debe ser programable con un valor máximo de 64 palabras de código cuando el número de octetos por palabra de código ( $N$ ) sea 255. En el caso de valores más pequeños de  $N$  la profundidad de entrelazado podrá crecer casi proporcionalmente.

Debe ser posible poder ajustar la profundidad del entrelazado a través del sistema de gestión para satisfacer los requisitos de latencia. La latencia del trayecto de baja velocidad es una función de la velocidad de los datos y de la capacidad de corrección de los errores en la ráfaga. Cuando se escoge

la máxima profundidad de entrelazado en el caso de velocidades de datos mayores que 13 Mbit/s o iguales a ésta, la latencia entre las interfaces  $\alpha$  y  $\beta$  no deben sobrepasar 10 ms. Cuando se utilizan velocidades de datos inferiores existe un compromiso entre una latencia superior y una disminución de aptitud para corregir los errores de la ráfaga. En todo caso, para cualquier velocidad de datos, la latencia mínima se produce cuando se desactiva el entrelazador.

Si el entrelazador está activado, las palabras de código se entrelazarán antes de la transmisión para aumentar la inmunidad de las palabras de código RS contra las ráfagas de errores. El entrelazador convolucional se define mediante dos parámetros: la longitud de bloque del entrelazador,  $I$ , y la profundidad de entrelazado,  $D$ . La longitud de bloque  $I$  dividirá la longitud  $N$  de la palabra de código RS (es decir,  $N$  debe ser un entero múltiplo de  $I$ ). El entrelazador convolucional utiliza una memoria en la que se escribe un bloque de  $I$  octetos mientras se lee un bloque (entrelazado) de  $I$  octetos. En 8.4.2 se pueden encontrar detalles de la implementación.

Se necesita el mismo tamaño de memoria de entrelazado (véase el cuadro 8-1) para el entrelazado en el transmisor y el desentrelazado en el receptor.

El entrelazado convolucional introduce un retardo absoluto de lectura a escritura,  $\Delta_j$ , que aumenta linealmente con el índice de octetos dentro de un bloque de  $I$  octetos:

$$\Delta_j = (D - 1) \times j$$

donde  $j = 0, 1, 2, \dots, I - 1$ .

#### 8.4.2 Implementación triangular

Si se desea disminuir la complejidad de la implementación, el aumento de retardo ( $D - 1$ ) debe escogerse como un múltiplo de la longitud del bloque del entrelazador ( $I$ ), es decir:  $D - 1 = M \times I$ . La relación de ( $D - 1$ ) a  $I$  es el parámetro de profundidad de entrelazado ( $M$ ). En el cuadro 8-1 se muestran las características del entrelazado convolucional. Los parámetros  $t$  y  $q$  dependen de las características del código RS y se definen de la siguiente manera:

- $t$  = número de bytes que pueden corregirse mediante palabras de código RS = mitad del número de bytes redundantes =  $R/2$ ;
- $q$  = longitud de la palabra de código RS dividida por la longitud de un bloque de entrelazador =  $N/I$ .

**Cuadro 8-1/G.993.1 – Características del entrelazado convolucional**

Parámetro	Valor
Longitud de bloque del entrelazador ( $I$ )	$I$ bytes (igual a $N$ o divisor de $N$ )
Profundidad de entrelazado ( $D$ )	$M \times I + 1$
Tamaño de la memoria del entrelazador/desentrelazador	$M \times I \times (I - 1)/2$ bytes
Capacidad de corrección	$\lfloor t/q \rfloor \times (M \times I + 1)$ bytes
Retardo extremo a extremo	$M \times I \times (I - 1)$ bytes

En el ejemplo de la figura 8-2 se utiliza el parámetro  $I = 7$ . Se implementan  $I$  ramas paralelas (numeradas de  $0 \dots I - 1$ ) con un aumento de retardo de  $M$  octetos por rama. Cada rama representa un registro de desplazamiento que da servicio al primero que llega (FIFO, *first in first out*) (línea de retardo) con una longitud  $0 \times M \dots (I - 1) \times M$  bytes. El desentrelazador es similar al entrelazador, pero los índices de las ramas se invierten de modo que el retardo más grande del entrelazador corresponda al retardo más pequeño del desentrelazador. La sincronización del desentrelazador se logra encaminando el primer byte de un bloque de  $I$  bytes del entrelazador en la rama 0.

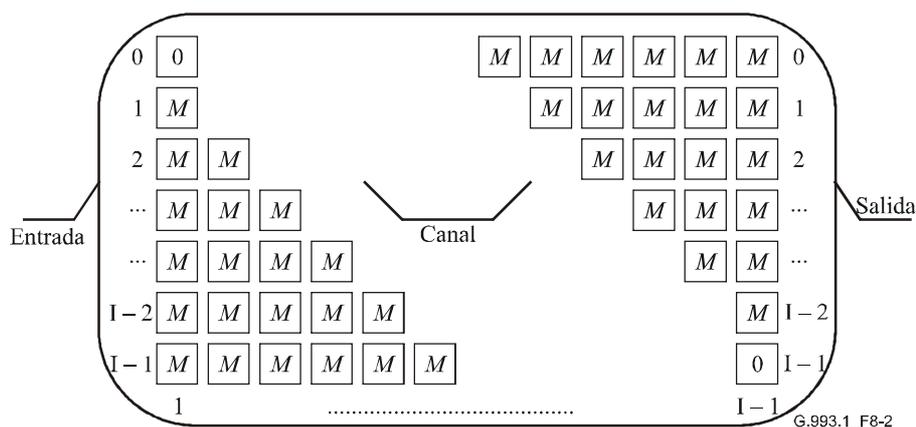


Figura 8-2/G.993.1 – Ejemplo de implementación  $D - 1 = M \times I$  e  $I = 7$

Cuadro 8-2/G.993.1 – Ejemplo de parámetros de entrelazador con RS(144,128)

Velocidad [kbit/s]	Parámetros del entrelazador	Profundidad del entrelazado	Tamaño de la memoria del entrelazador/desentrelazador	Corrección por supresión	Retardo extremo a extremo
$50 \times 1024$	$I = 72$ $M = 13$	937 bloques de 72 bytes	33 228 bytes	3 748 bytes 520 $\mu$ s	9,23 ms
$24 \times 1024$	$I = 36$ $M = 24$	865 bloques de 36 bytes	15 120 bytes	1 730 bytes 500 $\mu$ s	8,75 ms
$12 \times 1024$	$I = 36$ $M = 12$	433 bloques de 36 bytes	7 560 bytes	866 bytes 501 $\mu$ s	8,75 ms
$6 \times 1024$	$I = 18$ $M = 24$	433 bloques de 18 bytes	3 672 bytes	433 bytes 501 $\mu$ s	8,5 ms
$4 \times 1024$	$I = 18$ $M = 16$	289 bloques de 18 bytes	2 448 bytes	289 bytes 501 $\mu$ s	8,5 ms
$2 \times 1024$	$I = 18$ $M = 8$	145 bloques de 18 bytes	1 224 bytes	145 bytes 503 $\mu$ s	8,5 ms

Es necesario que se acepten los siguientes parámetros de entrelazador:

- En el caso de  $(N,K) = (144,128)$  se deben soportar los siguientes valores de  $M$  e  $I$ :  
 $I = 36$  y  $M$  entre 2 y 52.
- En el caso de  $(N,K) = (240,224)$  se deben aceptar los siguientes valores de  $M$  e  $I$ :  
 $I = 30$  y  $M$  entre 2 y 62.

## 8.5 Estructura de tramas

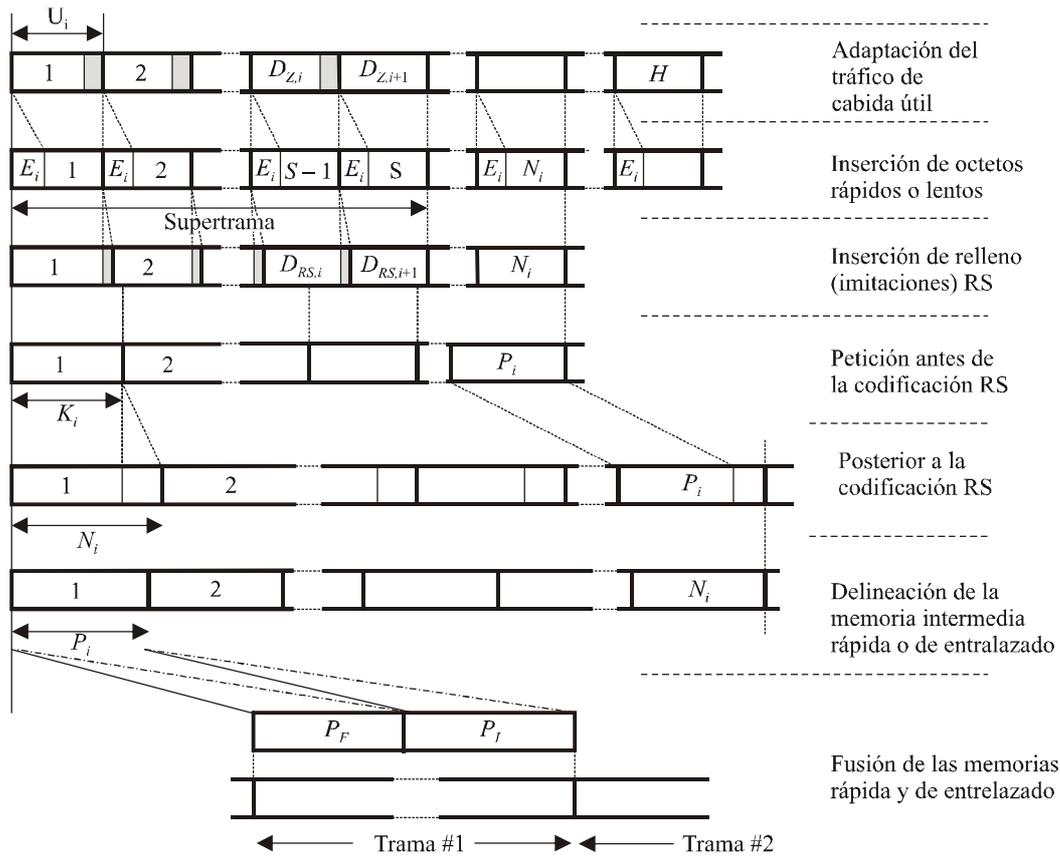
### 8.5.1 Descripción de trama

Una *trama* se describe como un conjunto de bytes transportados por un símbolo de multitono discreto (DMT) cuya frecuencia depende de la longitud total de la extensión cíclica (véase 9.2.2). La trama consta de dos fuentes: la memoria intermedia "rápida" y la memoria intermedia "entrelazada" (o "lenta"). El índice  $i$  se refiere a los parámetros relacionados con las memorias intermedias rápidas o entrelazadas ( $i \in \{F, I\}$ ) y la inclusión de la memoria rápida será facultativa. Cuando ésta no se incluya, la memoria intermedia de entrelazado debe tener la capacidad de

transportar datos no entrelazados mediante la configuración de la profundidad del entrelazador a cero.

Ambas memorias intermedias, rápida y entrelazada, contendrán un número entero de bytes codificados en RS y no es necesario que ninguna de las dos transporte un número entero de palabras de código RS. Para reducir el retardo extremo a extremo, es recomendable que la memoria rápida (o la entrelazada si la profundidad del entrelazador se configuró a 0) lleve al menos una palabra de código RS. Durante el proceso de inicialización se intercambiarán parámetros de la estructura de tramas (framing) entre las VTU-O y VTU-R.

En la figura 8-3 se representan las reglas de la estructura de tramas que se describen en esta cláusula:



G.993.1\_F8-3

Figura 8-3/G.993.1 – Descripción de la estructura de tramas

### 8.5.2 Adaptación de la cabida útil

La interfaz  $\alpha/\beta$  entrega bytes a una velocidad múltiplo de 64 kbit/s. Para hacer corresponder un número entero de bytes en una trama, el flujo de bytes TPS-TC debe rellenarse con el número adecuado de imitaciones.

En el caso de una velocidad  $n_i \times 64$  kbit/s, se tiene un promedio de  $n_i \times 8000/f_s$  bytes por trama, siendo  $f_s$  la frecuencia de símbolos. Este número no será entero para un valor general de  $f_s$ . Si bien la extensión cíclica  $L_{CP} + L_{CS} - \beta$  es un múltiplo de  $2^{n+1}$  (véase 9.2.2), se tiene siempre un número entero de bytes cada  $H = 138$  tramas. Si se define  $k$  como:

$$k = \frac{8 \text{ kbytes} \times H}{f_s}$$

se podrán transportar  $n_i \times k$  bytes de cabida útil de TPS-TC en  $H$  tramas. Para transportar un número entero de bytes por trama, se debe insertar un número adecuado de bytes de relleno. Así, cada trama contendrá un total de  $U_i$  bytes (TPS-TC bytes + bytes de relleno), con:

$$U_i = \left\lceil \frac{n_i \times k}{H} \right\rceil$$

Por consiguiente, el número de bytes de relleno  $D_{Z,i}$  que se deben insertar cada  $H$  paquetes será:

$$D_{Z,i} = \left\lceil \frac{n_i \times k}{H} \right\rceil \times H - (n_i \times k)$$

Los bits de relleno se deben insertar en la última posición de los primeros paquetes  $D_{Z,i}$  de los bytes  $U_i$  en una secuencia de  $H$  paquetes. El valor de las imitaciones  $D_{Z,i}$  debe ser 0x3A.

### 8.5.3 Codificación Reed Solomon (RS)

Tras la adaptación de la cabida útil, los bytes de tara  $E_i$  (véase 8.5.5) se añadirán al extremo de la cabecera de cada paquete de  $U_i$  bytes (véase la figura 8-3). Estos bytes se denominan bytes rápidos y lentos que corresponden al canal rápido y lento respectivamente. A continuación, se codificará en RS una secuencia de  $N_i$  paquetes de  $(E_i + U_i)$  bytes. A fin de lograr un número entero de palabras de código RS para los paquetes  $N_i$ , habrían de insertarse bytes de relleno RS. La longitud de la palabra de código es igual al parámetro  $N_i$ .

El número de bytes codificados en RS,  $B_i$ , para los paquetes  $N_i$  está dado por:

$$B_i = \left\lceil N_i \times (E_i + U_i) + D_{RS,i} \right\rceil \times \frac{N_i}{K_i}$$

En la ecuación anterior, el parámetro  $N_i$  representa tanto el número de paquetes de  $(E_i + U_i)$  bytes como la longitud de la palabra de código RS (en bytes). El parámetro  $K_i$  es el número de bytes de información en una palabra de código RS.

El número de bytes de relleno RS,  $D_{RS,i}$ , insertados para transportar un número entero de palabras de código RS en cada trama  $N_i$  está dado por:

$$D_{RS,i} = \left\lceil \frac{N_i \times (E_i + U_i)}{K_i} \right\rceil \times K_i - N_i \times (E_i + U_i)$$

Cada uno de los rellenos  $D_{RS,i}$  se insertará en el extremo posterior de los primeros paquetes  $D_{RS,i}$  y de  $(E_i + U_i)$  bytes en una secuencia de  $N_i$  (véase la figura 8-3). El valor de los bytes  $D_{RS,i}$  debe ser 0xD3.

Tras la inserción del relleno RS, el número de bytes codificados en RS por cada trama transportada en la memoria intermedia rápida o entrelazada está dado por:

$$P_i = \frac{B_i}{N_i} = \frac{N_i \times (E_i + U_i) + D_{RS,i}}{K_i} = \left\lceil \frac{N_i \times (E_i + U_i)}{K_i} \right\rceil$$

NOTA – El parámetro  $B_i = P_i N_i$  representa tanto el número de bytes en las tramas  $N_i$  (con  $P_i$  bytes por trama) como el número de bytes en  $P_i$  palabras de código (con  $N_i$  bytes por palabra de código). Véase la figura 8-3.

### 8.5.4 Definición de supertrama

Una supertrama consta de 10 paquetes de  $U_i + E_i$  bytes.

### 8.5.5 Contenido de los bytes rápidos y lentos

Cada uno de los paquetes en una supertrama transportará  $E_i$  bytes de tara, denominados bytes rápidos o lentos, en función del canal y su contenido se resume en el cuadro 8-3. Si la memoria intermedia de bytes rápidos está vacía, los bytes F-EOC se transportarán en los bytes S-EOC, de lo contrario, estos últimos se sustituirán con bytes de cabida útil.

En cada paquete habrá  $V$  bytes VOC que se transportarán siempre en el canal lento. Se aceptará un valor de  $V = 1$  mientras que el resto de los valores se permitirán de manera facultativa. El valor de  $V$  se intercambiará durante el proceso de inicialización (véase 12.4.6.2.1.1).

Si el trayecto rápido está activo, el byte NTR en el canal lento se sustituirá con un byte de relleno. Lo mismo sucede con los bytes IB.

Los bytes de relleno rápidos y lentos tendrán el valor 0xFF.

**Cuadro 8-3/G.993.1 – Contenido de los bytes rápidos y lentos**

Paquete	Bytes rápidos		Bytes lentos		
	Primer byte	Otros bytes (en su caso)	Primer byte	2º byte hasta $(V + 1)^{\text{ésimo}}$	Otros bytes (en su caso)
1	F-CRC	F-EOC	S-CRC	VOC	S-EOC/útil
2	byte de sincronía	F-EOC	byte de sincronía	VOC	S-EOC/útil
3-5	IB	F-EOC	IB/relleno	VOC	S-EOC/útil
6	NTR	F-EOC	NTR/relleno	VOC	S-EOC/útil
7-10	Relleno	F-EOC	Relleno	VOC	S-EOC/útil

#### 8.5.5.1 Verificación por redundancia cíclica (CRC, *cyclic redundancy check*)

Se generarán dos verificaciones de este tipo – una para la memoria intermedia rápida y otra para la memoria intermedia entrelazada – por cada supertrama y se transmiten en el primer paquete de la siguiente supertrama (véase el cuadro 8-3). El byte CRC de la primera supertrama se fija a cero.

Se atribuirán ocho bits por tipo de memoria intermedia (rápida o entrelazada) y por supertrama a los bits de verificación CRC que se calculan a partir de los bits del mensaje  $k$  utilizando la siguiente ecuación:

$$crc(D) = M(D) D^8 \text{ módulo } G(D)$$

siendo:

$$M(D) = m_0 D^{k-1} + m_1 D^{k-2} + \dots + m_{k-2} D + m_{k-1} \text{ el polinomio de mensaje}$$

$$G(D) = D^8 + D^4 + D^3 + D^2 + 1 \text{ el polinomio de generación}$$

$$crc(D) = c_0 D^7 + c_1 D^6 + \dots + c_6 D + c_7 \text{ el polinomio de verificación}$$

$D$  el operador de retardo

Es decir,  $crc(D)$  será el resto cuando  $M(D)D^8$  se divide por  $G(D)$ .

Los bits cubiertos por la crc incluirán:

- memoria rápida: todos los bits de la memoria intermedia rápida antes de la codificación RS, excepto la crc;
- memoria intermedia de entrelazado: todos los bits de la memoria intermedia de entrelazado antes de la codificación en RS, excepto la crc.

Cada byte se sincronizará en el primer bit menos significativo de la CRC.

### 8.5.5.2 Byte de sincronización

Este byte tiene el valor 0x3C y se utiliza para supervisar la sincronización de tramas.

### 8.5.5.3 Bits indicadores (IB, *indicator bits*)

Estos bits se utilizan para transmitir los efectos y las anomalías del extremo distante. En el cuadro 8-4 se resume la descripción del contenido de los tres bytes indicadores. Si el canal rápido está activo, los bytes indicadores se transmitirán en este canal y los bytes indicadores en el canal lento se sustituirán por relleno (con un valor 0xFF, véase 8.5.5).

**Cuadro 8-4/G.993.1 – Contenido de los bits indicadores**

Byte #	Bit #	Definición
1	b0-b7	Reservados para utilización a futuro
2	b0	Febe-s
	b1	Ffec-s
	b2	Febe-f
	b3	Ffec-f
	b4	Flos
	b5	Rdi
	b6	Fpo
3	b7	Flpr
	b0	LoM (pérdida de margen)
	b1	Fhec-s (se utiliza únicamente para ATM y se fijará a 0 para PTM)
	b2	Fhec-f (se utiliza únicamente para ATM y se fijará a 0 para PTM)
	b3	Fncd-s/Focd-s (se utiliza únicamente para ATM y se fijará a 0 para PTM)
	b4	Fncd-f/Focd-f (se utiliza únicamente para ATM y se fijará a 0 para PTM)
	b5-b7	Reservados para utilización a futuro

El estado activo de un bit será alto (valor 1). Los bits que se reservan para utilización futura se fijarán a estado bajo (valor 0).

En 10.5.4 se podrán encontrar las definiciones de las anomalías y defectos vinculados a cada uno de los bit indicadores. El bit LoM indicará una pérdida de margen en el extremo distante y se pondrá en el estado alto cuando se detecte pérdida de margen, permaneciendo en este estado mientras continúe esta misma condición.

### 8.5.5.4 Referencia de temporización de red (NTR)

En los lados de transmisión y de recepción, los servicios isócronos necesitan la misma referencia de temporización en las capas superiores de la pila de protocolos. El sistema VDSL transportará un marcador de tiempo de 8 kHz para soportar la transmisión de esta señal de temporización.

La NTR se transportará de la manera que se indica a continuación en el caso de las aplicaciones que la requieren:

Se calculará una referencia de temporización local (LTR, *local timing reference*) de 8 kHz de la VTU-O dividiendo el valor de su reloj de muestreo por el número apropiado. En el caso de un sistema VDSL en el que se empleen  $N_{sc} = 2^{n+8}$  tonos, la secuencia de muestreo podría ser por ejemplo  $2 N_{sc} \Delta f$  y el factor de división sería, por consecuencia,  $69 \times 2^{n+2}$ .

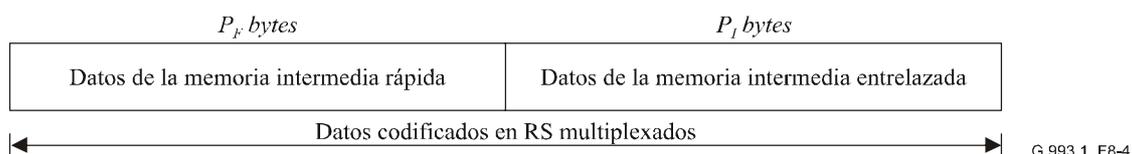
La VTU-O calculará la modificación en la fase de desplazamiento entre la NTR y la LTR desde la supertrama anterior a la actual y el valor correspondiente se expresará en ciclos de un reloj con una frecuencia  $2 N_{sc} \Delta f$ , y se transportará en el byte de tara de NTR (véase el cuadro 8-3) como un número complemento de 2.

Durante la fase de desplazamiento, una modificación con valor positivo indicará que la LTR tiene una frecuencia superior con relación a la NTR. Mientras que un valor negativo señalará exactamente lo contrario.

La LTR, que es proporcional a  $\Delta f$ , tiene una variación de frecuencia máxima de 50 ppm (véase 9.2.1.1). En tanto que la NTR tiene una variación máxima de 32 ppm y por consecuencia la diferencia máxima es de 82 ppm, lo que daría por resultado una fase de desplazamiento máxima de 0,205  $\mu s$  por supertrama, correspondiendo aproximadamente a 0,45 multiplicado por  $2^n$  muestras. En el caso del valor más grande de  $n$  ( $n = 4$ ), esto corresponde a un poco más de siete muestras (en el sentido positivo o negativo). Por consiguiente, debería ser suficiente con 1 byte de información.

### 8.5.6 Convergencia de las memorias intermedias rápida y entrelazada

Es recomendable que se combinen los datos de las memorias entrelazada y rápida (facultativa) de modo que en cada trama haya primero un segmento de datos rápidos seguidos por un segmento de datos entrelazados. En la figura 8-4 se ilustra el proceso correspondiente.



**Figura 8-4/G.993.1 – Convergencia de los datos rápidos y entrelazados en una misma trama**

El número total de bytes codificados en RS por cada trama,  $P_{total}$ , está dado por:

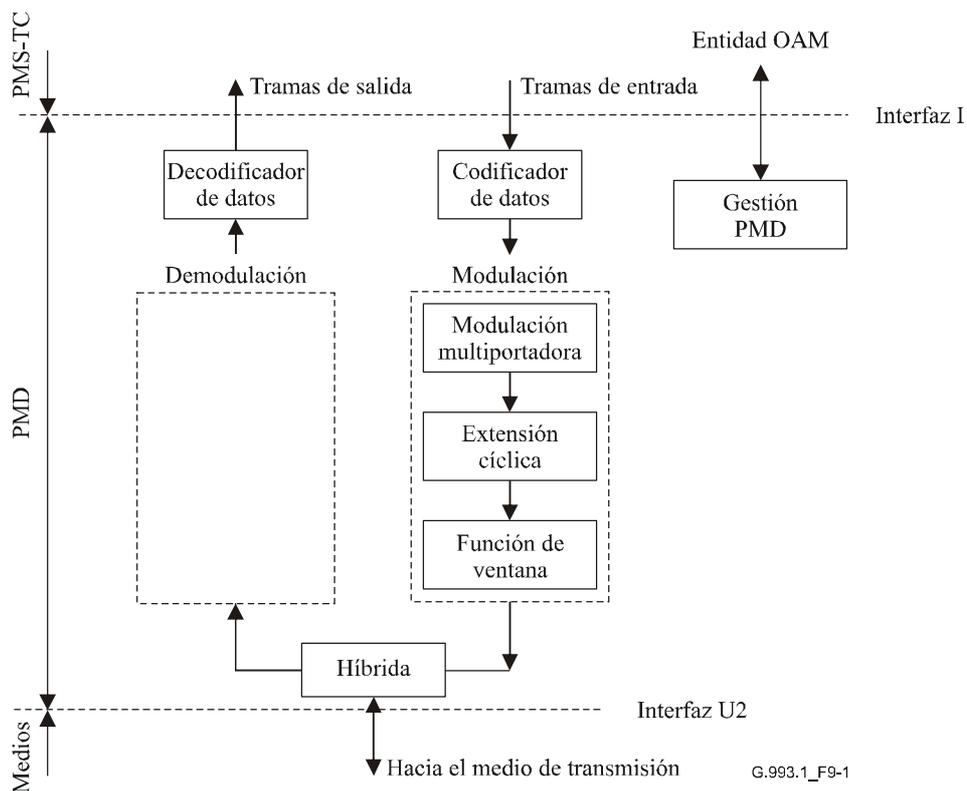
$$P_{total} = P_I + P_F$$

siendo  $P_I$  y  $P_F$  el número de bytes codificados en RS de los trayectos entrelazado rápido.

## 9 Subcapa PMD

### 9.1 Modelo funcional PMD

En la figura 9-1 se presenta el modelo funcional de la subcapa PMD.



**Figura 9-1/G.993.1 – Diagrama funcional de la subcapa PMD**

En el sentido de transmisión, la capa PMD recibe tramas de entrada de la subcapa PMS-TC. Cada trama contendrá exactamente el número de bytes que se modularán en un símbolo DMT y que debe ser un número entero. A cada portadora se le asigna un número de bits durante el proceso de inicialización. Los bits que habrán de modularse en una portadora se codifican en puntos de constelación de conformidad a las reglas establecidas en 9.2.5, tras lo cual, se habrán de modular y agregar las portadoras mediante la utilización de la transformada de Fourier discreta inversa (IDFT). La señal digital resultante se extenderá cíclicamente y se le aplicará la función de ventana antes de su envío hacia el medio de transmisión por la interfaz U.

En el sentido de recepción, el módem recibe la señal por la interfaz U y realiza las acciones necesarias para recuperar la señal de transmisión. Los datos obtenidos del demodulador se envían al decodificador de datos para la extracción de las tramas de datos de salida que habrán de enviarse a la capa PMS-TC por la interfaz I.

El bloque de gestión se encarga de todas las funciones OAM relacionadas con la capa PMD.

## 9.2 Características funcionales de PMD

### 9.2.1 Modulación multiportadora

Esta modulación utilizará un número máximo de subportadoras igual a  $N_{SC} = 2^{n+8}$ , donde  $n$  podrá tomar los valores 0, 1, 2, 3, 4. Se definirán subconjuntos inconexos de las subportadoras  $N_{SC}$  que se utilizarán en los sentidos descendente y ascendente. Estos subconjuntos se determinan mediante el plan de frecuencias (véase 6.1). Los subconjuntos exactos de las subportadoras utilizadas para modular los datos en cada sentido se determinarán durante la inicialización basándose en valores del sistema de gestión y en las relaciones señal a ruido (SNR) de los subcanales. Frecuentemente el número de subportadoras utilizadas en un sentido será menor que el número máximo permitido por el proceso de partición.

### 9.2.1.1 Espaciamiento de los tonos

Este espaciamiento,  $\Delta f$ , entre las subportadoras será de 4,3125 kHz, con una tolerancia de 50 ppm. Las subportadoras se centrarán en las frecuencias  $f = k \Delta f$ . El índice de tono  $k$  puede tener los valores  $k = 0, 1, 2, \dots, N_{SC} - 1$ .

### 9.2.1.2 Subportadoras de datos

La transmisión puede llevarse a cabo utilizando hasta  $N_{SC} - 1$  subportadoras, ya que no se emplea DC. El número real de subportadoras utilizadas podrá ser inferior que este número máximo. El límite inferior depende de la presencia de bandas de frecuencias de radioaficionados y las supresiones necesarias en estas bandas, el divisor POTS o RDSI, las plantillas PSD, los filtros específicos de la implementación y los servicios que habrán de prestarse.

### 9.2.1.3 Modulación mediante la transformada de Fourier discreta inversa (IDFT, *inverse discrete fourier transform*)

El codificador generará  $N_{SC}$  valores complejos  $Z_i$  ( $i = 0, \dots, N_{SC} - 1$ ), incluyendo el cero en c.c. ya que no se utilizará la subportadora centrada en c.c. para la transmisión de datos. Para generar valores reales en el dominio de tiempo  $x_k$  utilizando una IDFT compleja a real, se debe aumentar el conjunto de valores  $Z_i$  del dominio de frecuencia para generar un nuevo vector  $Z'_i$  de tamaño  $N = 2N_{SC}$ . El vector  $Z'_i$  será del tipo Hermitiano. Esto es:

$$Z'_i = Z_i, i = 0, \dots, N_{SC} - 1$$
$$Z'_i = \text{conj}(Z_{2N_{SC}-i}), i = N_{SC}, \dots, 2N_{SC} - 1$$

No se modulará la frecuencia de Nyquist, por lo tanto  $Z'_i = 0$  para  $i = N_{SC}$ .

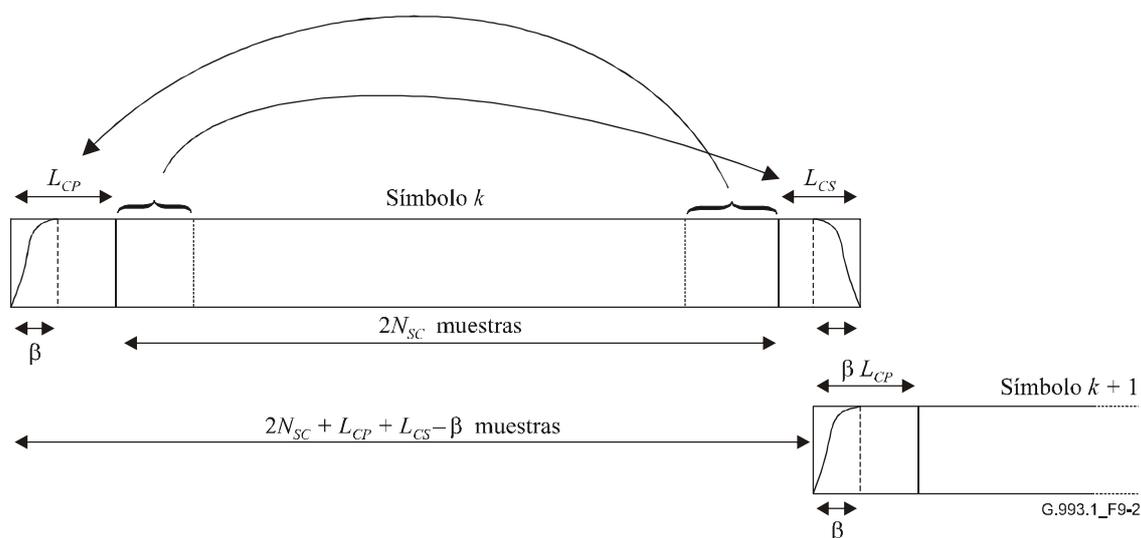
El vector  $Z'_i$  se transformará al dominio de tiempo mediante una transformada de Fourier discreta inversa (IDFT), la cual define la relación entre los  $2N_{SC}$  valores reales en el dominio de tiempo  $x_k$  y los  $2N_{SC}$  números complejos  $Z'_i$ :

$$x_k = \sum_{i=0}^{2N_{SC}-1} Z'_i e^{j \frac{2\pi ki}{2N_{SC}}}, \quad k = 0, \dots, 2N_{SC} - 1$$

### 9.2.2 Extensión cíclica

Las últimas muestras  $L_{CP}$  de la salida  $x_k$  de la transformada IDFT se agregarán al principio de las  $2N_{SC}$  muestras en el dominio de tiempo  $x_k$  como prefijo cíclico. Las primeras muestras  $L_{CS}$  de  $x_k$  se agregarán al final del bloque de muestras del dominio de tiempo como sufijo cíclico.

Las primeras muestras  $\beta$  del prefijo y las últimas muestras  $\beta$  del sufijo se utilizarán para conformar la envolvente de la señal transmitida. El valor máximo de  $\beta$  será de  $16 \times 2^n$ , pero no podrá pasar de 255. Las partes en ventanas de símbolos consecutivos se superpondrán ( $\beta$  muestras). En la figura 9-2 se resumen todas las operaciones que habrán de realizarse y se ilustra la relación entre los distintos parámetros.



**Figura 9-2/G.993.1 – Extensiones cíclicas, función de ventana y traslape de los símbolos DMT**

La extensión cíclica total se define como  $L_{CE} = L_{CP} + L_{CS} - \beta$ . Los valores  $L_{CP}$ ,  $L_{CS}$  y  $\beta$  se elegirán de manera que satisfagan la ecuación  $(L_{CP} + L_{CS} - \beta) = m \times 2^{n+1}$ , donde  $m$  será un valor entero.  $L_{CP}$ ,  $L_{CS}$  y  $\beta$  se elegirán de tal manera que  $L_{CP} + L_{CS} - \beta$  pueda tomar al menos el valor  $40 \times 2^n$ . El resto de los valores podrían permitirse como facultativos.

Se deberán mantener las siguientes relaciones en todos los casos:  $\beta < L_{CP}$  y  $\beta < L_{CS}$ .

En el modo de funcionamiento síncrono (véase 9.2.3.4), el tamaño de la parte del sufijo a la que no se ha aplicado la función de ventanas será el mismo para todos los pares de módems en un grupo vinculado y su duración será igual al retardo de propagación (en un sentido) de la línea más larga en el vinculador. En el modo de operación síncrono, las VTU-O y las VTU-R que funcionan en el mismo vinculador utilizarán un reloj de trama común. Todos los transceptores iniciarán la transmisión de tramas DMT en el mismo momento.

En el cuadro 9-1 se relaciona el número de muestras en la extensión cíclica como una función del número máximo de subportadoras, para el caso  $L_{CE} = 40 \times 2^n$ . Al seleccionar estos valores, cada símbolo DMT tendrá una duración de 250  $\mu$ s, independientemente de la velocidad de muestreo. Esto da por resultado una velocidad de símbolos de 4 kHz.

**Cuadro 9-1/G.993.1 – Selección de la extensión cíclica como función del número de subportadoras para alcanzar una velocidad de símbolos de 4 kHz**

Extensión cíclica (muestras)	Número máximo de subportadoras $N_{SC}$
40	256
80	512
160	1024
320	2048
640	4096

Para una elección determinada de las extensiones cíclicas y una longitud  $\beta$  de ventana, los símbolos se transmitirán a la siguiente velocidad:

$$f_s = \frac{2N_{SC} \times \Delta f}{2N_{SC} + L_{CP} + L_{CS} - \beta}$$

### 9.2.3 Sincronización

#### 9.2.3.1 Tonos piloto

La utilización de tonos piloto dedicados será facultativa. Durante el proceso de inicialización, la VTU-R seleccionará un subcanal que se utilizará para la recuperación de la temporización. Es posible que la VTU-R necesite un tono piloto dedicado en el que no se transmitirán datos y que podrá tener la capacidad para realizar la recuperación de la temporización utilizando canales que soporten datos. Si la VTU-R necesita un tono piloto dedicado, señalará su elección de tono piloto a la VTU-O durante el proceso de inicialización (véase la cláusula 12.4.6.3.1.4), la que transmitirá a continuación el valor 4QAM de 00 en ese tono durante cada símbolo.

#### 9.2.3.2 Temporización del bucle

La VTU-R ajustará la hora del bucle de su reloj de muestreo local al piloto seleccionado durante el proceso de inicialización.

#### 9.2.3.3 Avance de la temporización

La VTU-R tendrá la capacidad para implementar un desplazamiento de temporización denominado avance de temporización (TA, *timing advance*) durante la transmisión de los símbolos DMT. El TA obliga al par VTU-O/VTU-R a iniciar las transmisiones de tramas en sentidos opuestos simultáneamente (es decir, las tramas en los sentidos de transmisión descendente y ascendente comienzan en el mismo instante (absoluto)). El avance de temporización será idéntico al retardo de propagación de la VTU-O a la VTU-R y se calculará durante el proceso de inicialización. El TA se resta del tiempo de inicio de los símbolos recibidos, y el resultado se utilizará como la hora de inicio de los símbolos individual de manera que ambos transmisores, VTU-O y VTU-R, inicien la transmisión de cada trama de MT en el mismo momento. Esto se ilustra en la figura 9-3.

NOTA – El avance de temporización se debe aplicar a la interfaz U2 para obtener la ortogonalidad deseada entre las señales de transmisión y recepción.

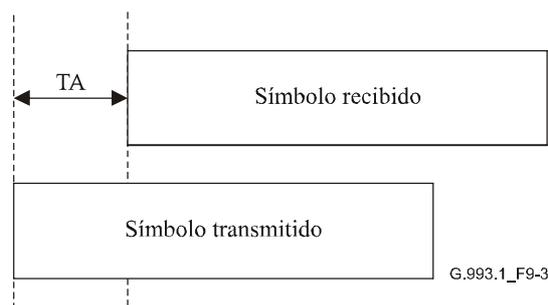


Figura 9-3/G.993.1 – Ilustración del avance de temporización (TA)

#### 9.2.3.4 Modo síncrono (facultativo)

En el modo síncrono, todos los transceptores VTU-O en el mismo vinculador de cable iniciarán la transmisión de los símbolos DMT en el mismo momento, haciendo referencia para tal efecto a un reloj de símbolos común, el cual podrá deducirse a partir de un reloj de referencia y tendrá una sincronía de fase en todas las VTU-O en un cable compartido con una tolerancia máxima de error de fase de 1  $\mu$ s. A continuación, la VTU-R extraerá el reloj de símbolos de los datos recibidos. Se

utilizará el avance de temporización (véase 9.2.3.3) a fin de corregir la temporización de los símbolos de VTU-R para sincronizar las transmisiones de VTU-O y VTU-R.

En este modo, la paradiafonía (NEXT) provocada por otros sistemas VDSL (sincronizados) será ortogonal a la señal útil deseada y, por consecuencia, no podrá interferir con la señal útil recibida.

#### 9.2.4 Reducción de potencia en el sentido ascendente

A fin de reducir los efectos de la telediafonía (FEXT) provocados por las líneas cortas en las líneas largas, cuando se trata de las topologías de cable distribuido, se podrá aplicar una reducción de potencia en sentido ascendente. Los transceptores deben tener la capacidad de llevar a cabo una reducción de potencia en función de la frecuencia.

El mecanismo relativo a la reducción de la potencia debe cumplir con el procedimiento descrito en 6.3, que se implementa según se describe a continuación.

El método de reducción de potencia (PBO, *power back-off*) se define mediante una PSD de referencia (PSD\_REF) en la VTU-O. Se podrá acceder a la PSD de referencia a través de la interfaz de gestión y se transmitirá de la VTU-O a la VTU-R (véase 12.4.4.2.1.1).

La VTU-R calculará las pérdidas por inserción de las bandas en sentido ascendente a partir de las señales recibidas en sentido descendente, y del valor resultante se deducirá la forma de la función pérdida (LOSS) (o, de manera equivalente, la longitud eléctrica) como se describe en 6.3.2. A continuación la VTU-R calculará la PSD de transmisión dividiendo la PSD de referencia en las bandas en sentido ascendente por la función pérdidas estimada e inmediatamente tomará el mínimo entre esta PSD calculada tono por tono y la PSD de transmisión permitida máxima en el sentido ascendente, a fin de utilizar el resultado como la PSD de transmisión inicial en sentido ascendente. La PSD recibida por la VTU-O debería aproximarse a la PSD de referencia. Cuando se reciben las señales de la VTU-R, la VTU-O comparará la PSD recién recibida con la PSD de referencia y, de ser necesario, solicitará a la VTU-R que ajuste ligeramente su PSD (conforme a los requisitos de 6.3.2).

Además, la VTU-O dispondrá de la capacidad para imponer directamente una PSD de transmisión máxima permitida a la VTU-R, valor que se introducirá también a través de la interfaz de gestión y se transmitirá de la VTU-O a la VTU-R en las fases preliminares de la inicialización. La VTU-O permitirá que el operador seleccione uno de estos métodos. Si el método PBO se define como una PSD de transmisión máxima en la VTU-R, ésta ajustará su PSD de transmisión de modo que no sobrepase la PSD de transmisión máxima permitida. En este caso serán aplicables también las restricciones especificadas en 6.3.2 (es decir, la VTU-O no debe imponer una plantilla PSD de transmisión que pueda violar la plantilla aquí especificada).

#### 9.2.5 Codificador de constelación

Se debe utilizar un codificador de constelación algorítmica para construir constelaciones QAM de subcanal con un número mínimo de bits igual a 1. El número máximo de bits que se podrá aceptar será negociado durante el proceso de inicialización y en los sentidos descendente y ascendente será respectivamente de  $B_{\text{máx}_d}$  y  $B_{\text{máx}_u}$ , cuyos valores se intercambiarán durante el proceso de inicialización (véanse 12.4.6.2.1.1 y 12.4.6.3.1.1) y estarán restringidos por:

$$8 \leq B_{\text{máx}_d} \leq 15$$

y:

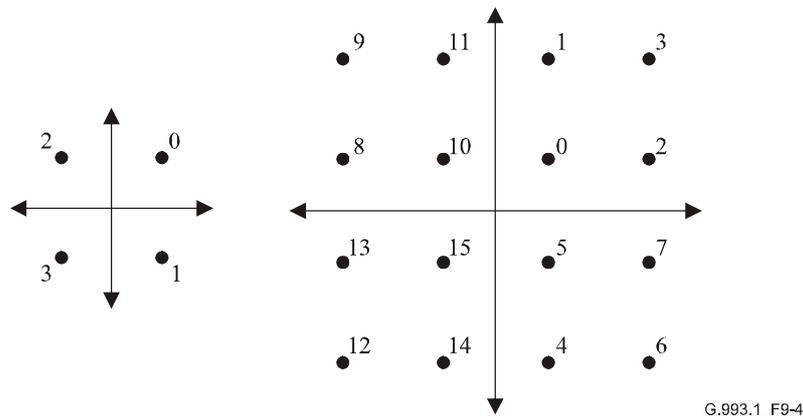
$$8 \leq B_{\text{máx}_u} \leq 15$$

Para un determinado subcanal, el codificador seleccionará un punto de entero impar  $(X, Y)$  de la constelación de cuadrícula basándose en los  $b$  bits  $\{v_{b-1}, v_{b-2}, \dots, v_1, v_0\}$ . Para facilitar la descripción, estos  $b$  bits se identificarán con una etiqueta de entero cuya representación binaria sea

$(v_{b-1}, v_{b-2}, \dots, v_1, v_0)$ . Por ejemplo, para  $b = 2$ , los cuatro puntos de la constelación se etiquetarán como 0, 1, 2, y 3 correspondientes a  $(v_1, v_0) = (0,0), (0,1), (1,0),$  y  $(1,1)$ , respectivamente.

### 9.2.5.1 Valores pares de $b$

En el caso de valores pares de  $b$ , los valores enteros  $X$  e  $Y$  del punto de constelación  $(X, Y)$  se determinarán a partir de los  $b$  bits  $\{v_{b-1}, v_{b-2}, \dots, v_1, v_0\}$  de la siguiente manera:  $X$  e  $Y$  serán los enteros impares con representaciones binarias con complemento dos  $(v_{b-1}, v_{b-3}, \dots, v_1, 1)$  y  $(v_{b-2}, v_{b-4}, \dots, v_0, 1)$ , respectivamente, cuyos valores requieren una adaptación adecuada de manera que, en la calidad del traductor de constelación, todas las constelaciones representen la misma energía RMS sin importar su tamaño como una subportadora transmitida a un nivel igual a la plantilla de PSD. Los bits más significativos (MSB),  $v_{b-1}$  y  $v_{b-2}$ , serán los bits con signo de  $X$  e  $Y$  respectivamente. En la figura 9-4 se muestran las constelaciones de ejemplo para  $b = 2$  y  $b = 4$ .



**Figura 9-4/G.993.1 – Etiquetas de constelación para  $b = 2$  y  $b = 4$**

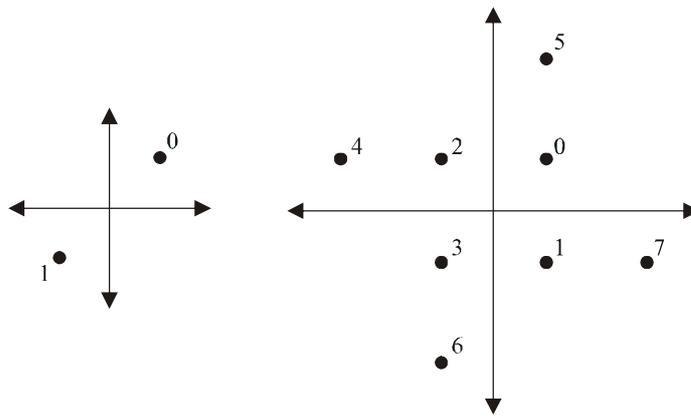
La constelación de 4 bits se obtendrá a partir de la constelación de 2 bits sustituyendo cada etiqueta  $n$  por el bloque de etiquetas  $2 \times 2$ :

$$\begin{array}{cc} 4n + 1 & 4n + 3 \\ 4n & 4n + 2 \end{array}$$

Se utilizará el mismo procedimiento para construir recurrentemente las constelaciones más grandes de bits pares. Las constelaciones obtenidas con valores pares de  $b$  tienen forma cuadrada.

### 9.2.5.2 Valores impares de $b$ , $b = 1$ o $b = 3$

En la figura 9-5 se ilustran las constelaciones para los casos  $b = 1$  y  $b = 3$ .



G.993.1\_F9-5

**Figura 9-5/G.993.1 – Etiquetas de constelación para  $b = 1$  y  $b = 3$**

### 9.2.5.3 Valores impares de $b$ , $b > 3$

Si  $b$  es impar y mayor que 3, los 2 MSB de  $X$  y los 2 MSB de  $Y$  se determinarán mediante los 5 MSB de los  $b$  bits. Si se considera que  $c = (b + 1)/2$ , en ese caso  $X$  e  $Y$  tendrán las representaciones binarias con complemento dos ( $X_c, X_{c-1}, v_{b-4}, v_{b-6}, \dots, v_3, v_1, 1$ ) y ( $Y_c, Y_{c-1}, v_{b-5}, v_{b-7}, v_{b-9}, \dots, v_2, v_0, 1$ ), siendo  $X_c$  e  $Y_c$  los bits con el signo de  $X$  e  $Y$  respectivamente, cuyos valores requieren una adaptación apropiada de manera que, en la salida del traductor de constelación, todas las constelaciones representen la misma energía RMS sin importar su tamaño como una subportadora transmitida a un nivel igual a la plantilla de PSD. La relación entre  $X_c, X_{c-1}, Y_c, Y_{c-1}$ , y  $v_{b-1}, v_{b-2}, \dots, v_{b-5}$  será la indicada en el cuadro 9.2.

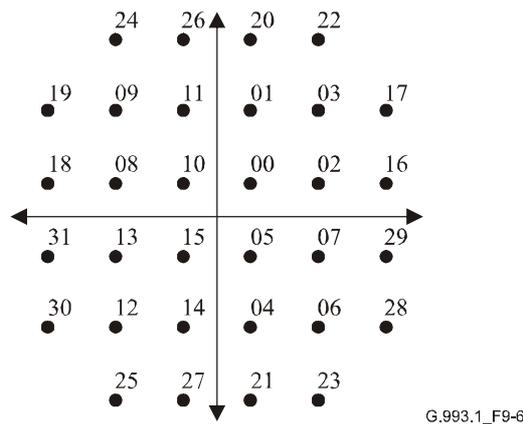
**Cuadro 9.2/G.993.1 – Determinación de los dos bits superiores de  $X$  e  $Y$**

$v_{b-1}, v_{b-2}, \dots, v_{b-5}$	$X_c, X_{c-1}$	$Y_c, Y_{c-1}$
0 0 0 0 0	0 0	0 0
0 0 0 0 1	0 0	0 0
0 0 0 1 0	0 0	0 0
0 0 0 1 1	0 0	0 0
0 0 1 0 0	0 0	1 1
0 0 1 0 1	0 0	1 1
0 0 1 1 0	0 0	1 1
0 0 1 1 1	0 0	1 1
0 1 0 0 0	1 1	0 0
0 1 0 0 1	1 1	0 0
0 1 0 1 0	1 1	0 0
0 1 0 1 1	1 1	0 0
0 1 1 0 0	1 1	1 1
0 1 1 0 1	1 1	1 1
0 1 1 1 0	1 1	1 1
0 1 1 1 1	1 1	1 1
1 0 0 0 0	0 1	0 0
1 0 0 0 1	0 1	0 0
1 0 0 1 0	1 0	0 0

**Cuadro 9.2/G.993.1 – Determinación de los dos bits superiores de X e Y**

1 0 0 1 1	1 0	0 0
1 0 1 0 0	0 0	0 1
1 0 1 0 1	0 0	1 0
1 0 1 1 0	0 0	0 1
1 0 1 1 1	0 0	1 0
1 1 0 0 0	1 1	0 1
1 1 0 0 1	1 1	1 0
1 1 0 1 0	1 1	0 1
1 1 0 1 1	1 1	1 0
1 1 1 0 0	0 1	1 1
1 1 1 0 1	0 1	1 1
1 1 1 1 0	1 0	1 1
1 1 1 1 1	1 0	1 1

En la figura 9-6 se ilustra la constelación para el caso  $b = 5$ .



**Figura 9-6/G.993.1 – Etiquetas de constelación para  $b = 5$**

La constelación de 7 bits se obtendrá a partir de la de 5 bits sustituyendo cada etiqueta  $n$  por el bloque de etiquetas  $2 \times 2$ :

$$\begin{array}{cc} 4n + 1 & 4n + 3 \\ 4n & 4n + 2 \end{array}$$

Por consiguiente, se utilizará el mismo procedimiento para construir recurrentemente las constelaciones más grandes de bits impares.

### 9.2.6 Adaptación de ganancia

Se utilizará un adaptador de ganancia  $g_i$  para alcanzar una densidad espectral de potencia (PSD) de transmisión de frecuencia variable. El adaptador constará de un ajuste de ganancia fino con una gama de aproximadamente 0,75 a 1,33 (es decir,  $\pm 2,5$  dB), que podrá utilizarse para igualar las tasas de errores previstas de todos los subcanales. Cada punto  $(X_i, Y_i)$ , o número complejo  $Z_i = X_i + jY_i$ , entregado por el codificador se multiplica por  $g_i$ :  $Z_i' = g_i Z_i$ .

### 9.2.7 Ordenamiento de los tonos

Como el símbolo DMT tiene una relación de potencia de cresta promedio alta (PAR, *peak to average power ratio*), es posible que el convertidor D/A recorte los valores de cresta de la señal, lo que conduce, en una primera aproximación, a un ruido aditivo comparable al ruido impulsivo (con una amplitud igual a la porción recortada, aunque con signo opuesto). Este ruido será prácticamente blanco para todos los tonos. Es bastante probable que los tonos con las constelaciones más densas (es decir, los tonos con la SNR más grande) se vean más afectados cuando exista este tipo de ruido y, por consiguiente, existe mayor probabilidad de que se produzca un error en estos tonos debido a la distancia más pequeña entre los puntos de la constelación.

Si se soporta la opción de doble latencia, los bits en la memoria intermedia lenta se asignarán a los tonos con las SRN más altas. Con este método, los errores ocasionales en estos tonos causados por los recortes podrán corregirse con la combinación de la codificación RS y de entrelazado. Los bits en los tonos con constelaciones pequeñas son menos propensos a los errores debido al ruido recortado y por esta razón soportarán los bits de la memoria intermedia rápida.

La codificación por "tonos ordenados" asignará en primer lugar todos los bits de la memoria intermedia rápida a los tonos con el número más pequeño de bits asignados a ellos, y a continuación asignará todos los bits de la memoria intermedia de entrelazado a los tonos restantes. Todos los tonos se codificarán con el número de bits que se les haya asignado y, por consecuencia, un tono único podrá soportar una mezcla de bits de las memorias intermedia rápida y lenta.

El cuadro  $b'_i$  de bits ordenados se construye basándose en el cuadro  $b_i$  de bits original como se indica a continuación:

en el caso de  $k = 0$  a  $B_{m\acute{a}x}$

- en el cuadro de bits, encuentre el conjunto de todos los  $i$  con el número de bits por tono  $b_i = k$ ;
- asigne  $b_i$  al cuadro de atribución de bits ordenados por orden ascendente de  $i$ .

En el otro extremo de la línea el receptor llevará a cabo un procedimiento de desordenamiento complementario. No es necesario transmitir los resultados del procedimiento del ordenamiento al receptor porque éste ya dispone de toda la información necesaria para realizar el desordenamiento.

Si sólo se soporta un canal de latencia única, los bits se asignarán a tonos que comienzan a partir de la frecuencia más baja disponible, basándose en el cuadro  $b_i$  de bits original.

En la figura 9-7 se ilustra el modo en el que se extraerán los bits de la memoria intermedia de datos rápidos y entrelazados cuando se aplica el ordenamiento de tonos. En este ejemplo, ambas memorias tienen una longitud de 1 byte. Siguiendo la regla anterior, los primeros bits se tomarán de la memoria rápida, comenzando a partir del bit LSB y se colocarán en los tonos con el número de bits más bajo que se le haya asignado. El cuarto tono que habrá de cargarse (transportando los bits de  $b_3$ ) tomará bits de ambas memorias intermedias, rápida y lenta.

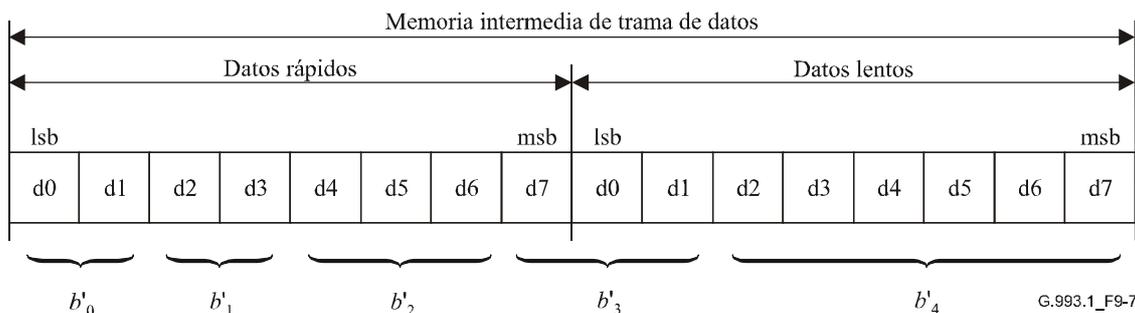


Figura 9-7/G.993.1 – Extracción de bits tras el ordenamiento de los tonos

## 10 Gestión

### 10.1 Modelo funcional OAM

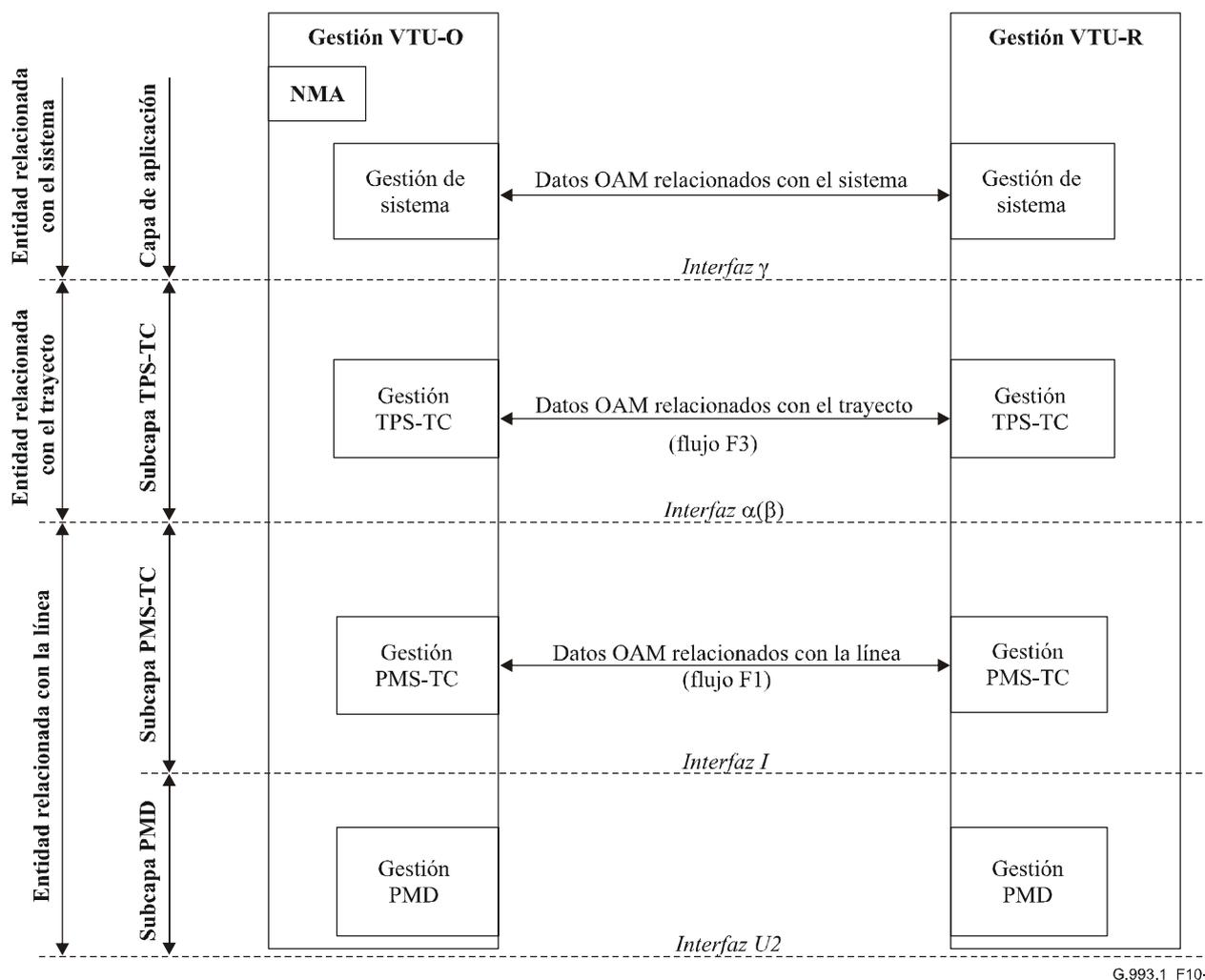
El modelo funcional OAM de un enlace VDSL, tal como se muestra en la figura 10-1, contiene entidades OAM destinadas a gestionar las siguientes entidades de transmisión:

- *Entidad de línea VDSL*: El vehículo de transporte físico proporcionado por las subcapas de transmisión PMD y PMS-TC.
- *Entidad de trayecto VDSL*: El trayecto de protocolo de transporte aplicable, proporcionado por la subcapa TPS-TC. Un trayecto puede ser bien para una aplicación simple (latencia simple, protocolo de transporte simple) o bien para una aplicación múltiple, incluyendo protocolos de transporte que, facultativamente pueden ser diferentes, con latencia simple y latencia dual.
- *Entidad de sistema VDSL*: El trayecto usuario-aplicación, proporcionado por las capas superiores a TC. Este trayecto proporciona también la funcionalidad OAM de alto nivel entre la VTU-O y la VTU-R.

La estructura de las entidades OAM, tanto en la VTU-O como en la VTU-R, es idéntica. El intercambio de datos entre los procesos de gestión de las entidades OAM pares en la VTU-O y VTU-R se realiza por tres canales de comunicación dedicados a OAM.

El proceso de gestión supone también un intercambio de información de gestión dentro de la VTU entre las entidades OAM y el agente de gestión de red (NMA, *network management agent*). Este intercambio se realiza de la siguiente manera:

- a través de una interfaz  $\gamma$ : entre el NMA y la TPS-TC;
- a través de una interfaz  $\alpha(\beta)$  entre el NMA y la PMS-TC/PMD.



**Figura 10-1/G.993.1 – Modelo funcional OAM**

Los flujos OAM a través de ambas interfaces son bidireccionales. Transportan, respectivamente, primitivas y parámetros relacionados con el trayecto y con la línea, montajes de configuración, e instrucciones de mantenimiento y acuses de recibo de ciertos niveles.

NOTA – La velocidad de flujo OAM debe cumplir los requisitos del cálculo de desempeño, y permitir el tiempo de respuesta requerido para la gestión del sistema.

## 10.2 Canales de comunicación OAM

Se dispondrán los tres siguientes canales de comunicación dedicados OAM para proporcionar transferencia de datos OAM entre la VTU-O y la VTU-R:

- canal de bits indicadores (IB);
- canal de operaciones insertadas (eoc);
- canal de control de tara de VDSL (*VOC, VDSL overhead control*).

Los tres canales OAM proporcionarán el transporte de los siguientes datos OAM:

- primitivas (anomalías, defectos, fallos) desde todas las entidades de transmisión;
- parámetros (desempeño y prueba);
- montaje de configuración;
- señales de mantenimiento.

La interfaz entre determinado canal OAM y la correspondiente entidad OAM es funcional. Se define por un protocolo de comunicación específico y una lista de informaciones transferidas, incluyendo una parte de uso privado. Cada canal OAM tiene características específicas y está destinado a transportar un tipo específico de datos OAM. En 10.2.4 se describe la partición de los datos OAM entre los diferentes canales OAM.

### **10.2.1 Bits indicadores**

El transporte IB está soportado por la subcapa PMS-TC. Los IB se utilizan para disponer canales de comunicación entre las entidades OAM pares destinadas a transferir las primitivas sensibles al tiempo del extremo lejano, que requieren acción inmediata en el lado opuesto. El canal IB funcionará en un modo unidireccional, es decir, independientemente en ambos sentidos de transmisión, ascendente y descendente. Los principales datos que se envían a través de IB son informaciones acerca de defectos/fallos, cuando la temporización es crítica. Los IB también pueden transferir otras primitivas relacionadas con la línea y relacionadas con el trayecto. En 10.5.4 se especifica la relación de los IB mínimos requeridos.

### **10.2.2 Canal de operaciones insertadas (eoc) VDSL**

El eoc está soportado en la capa (de aplicación) del sistema. El eoc es un canal libre para intercambiar datos de gestión de sistema VDSL y controlar tráfico entre la VTU-O y la VTU-R. Los datos intercambiados incluyen primitivas relacionadas con el sistema, parámetros de desempeño, parámetros de prueba, configuración y mantenimiento.

El eoc, salvo en algunos casos especiales, funciona en modo bidireccional y utiliza un protocolo que opera en modo devolución en eco. Se necesitan ambos sentidos de transmisión para proporcionar comunicación para el eoc. La interfaz de canal eoc libre es la misma para la VTU-O y la VTU-R. En 10.3 se especifica el eoc.

### **10.2.3 Canal de control de tara VDSL (VOC)**

El canal VOC está soportado por la subcapa TPS-TC y está destinado principalmente a transferir mensajes de activación y de configuración de enlace VDSL entre la VTU-O y la VTU-R. El canal VOC puede también transferir primitivas relacionadas con la línea y relacionadas con el trayecto.

El canal VOC funciona en un modo bidireccional y utiliza un protocolo que opera en modo devolución en eco y, por tanto, se requieren ambos sentidos de transmisión para proporcionar comunicación para el VOC, que se especifica en 10.6.

### **10.2.4 Partición de datos OAM**

Los datos OAM en la VTU-O y la VTU-R, tras haber sido recogidos de diferentes entidades, son almacenados en la parte correspondiente de la MIB y pueden ser entonces transferidos al extremo lejano a través del canal OAM correspondiente. La partición de datos OAM entre diferentes canales de comunicación OAM se resume en el cuadro 10-1.

**Cuadro 10-1/G.993.1 – Partición de datos OAM**

<b>Datos OAM</b>	<b>Transferidos al extremo lejano por:</b>	<b>Notas</b>
<i><b>Primitivas</b></i>		
Relacionadas con la línea, sensibles al tiempo	IB	Defectos PMD y PMS-TC
Relacionadas con el trayecto, sensibles al tiempo		Defectos/fallos TPS (nota 1), separadamente para cada TPS-TC
Relacionadas con la línea, insensibles al tiempo	IB o VOC	Anomalías PMD y PMS-TC
Relacionadas con el trayecto, insensibles al tiempo	IB o eoc (nota 1)	Anomalías TPS, separadamente para cada TPS-TC
Primitivas relacionadas con el sistema	IB o eoc (nota 2)	
<i><b>Parámetros</b></i>		
Relacionados con la línea, desempeño	Nada	Calculado a partir de primitivas relacionadas con la línea y relacionadas con el trayecto, recuperadas
Relacionados con el trayecto, desempeño		
Relacionados con el trayecto, prueba	eoc	Para alguna TPS-TC
Relacionados con la línea, prueba		ATT, margen SNR y otras mediciones locales
Autoprueba		Para algunos bloques VTU, o completamente
Identificación VTU		ID de vendedor, número de revisión, número de serie
Parámetros de módulos de servicio		Privado (desempeño de módulos de servicio, prueba u otros parámetros)
<i><b>Configuración</b></i>		
Parámetros relacionados con la línea	VOC o eoc	Estructura de trama, profundidad de entrelazado, etc.
Parámetros relacionados con el trayecto	eoc	Con respecto a la TPS-TC aplicada
Parámetros relacionados con el sistema	eoc	Privado, respecto a los módulos de servicio aplicados
<i><b>Mantenimiento</b></i>		
Control de estado VTU	eoc	Mantener el estado, retornar al estado normal
Activación de autoprueba		Una autoprueba completa de la VTU y autopruebas secundarias en bloques VTU específicos
Activación de conexión en bucle		En las capas TPS-TC y de aplicación
Supervisión por monitorización del desempeño		Petición de una prueba de corrupción FEC, notificación de prueba de corrupción FEC

**Cuadro 10-1/G.993.1 – Partición de datos OAM**

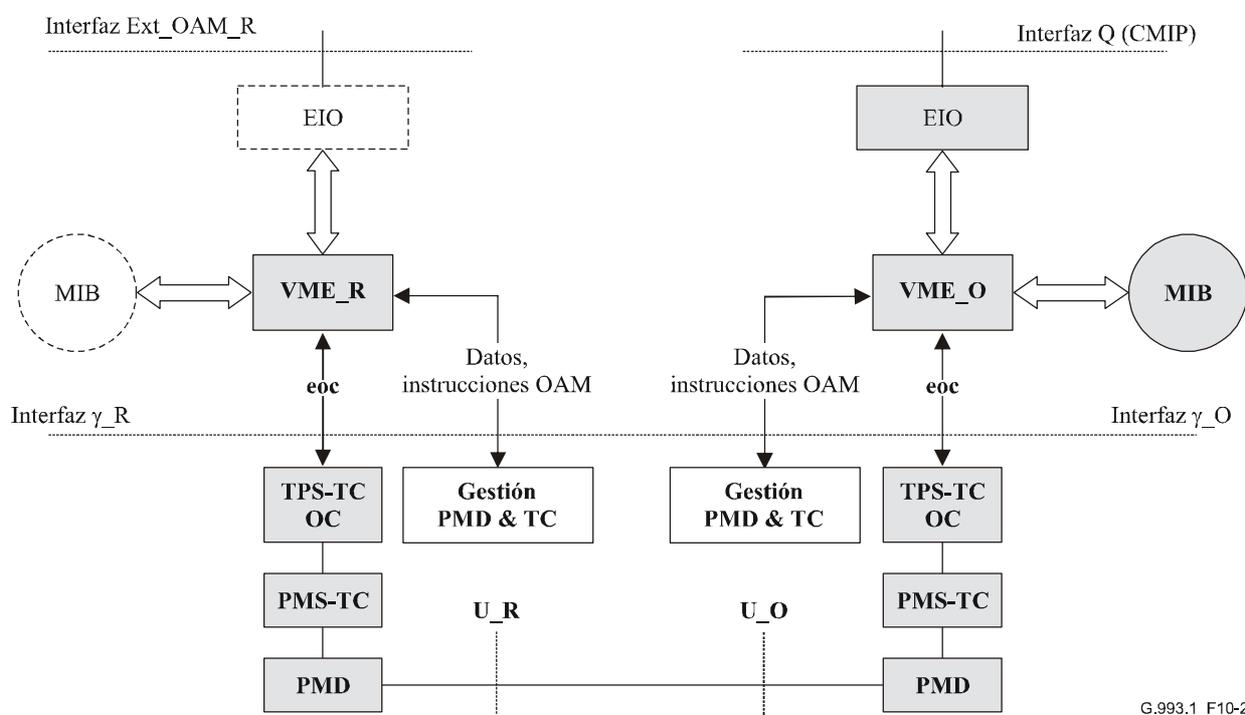
Datos OAM	Transferidos al extremo lejano por:	Notas
NOTA 1 – Los IB son necesarios para supervisar las primitivas que destruyen el trayecto (por ejemplo, la pérdida de delineación de célula ATM). Las anomalías en un trayecto activo determinado son supervisadas por la correspondiente función de gestión de la TPS-TC, y entregadas al otro extremo por los medios normalizados del protocolo de transporte (TP, <i>transport protocol</i> ), IB o VOC aplicable.		
NOTA 2 – eoc es preferible para primitivas relacionadas con el sistema.		

**10.3 Funciones y descripción del canal de operaciones insertadas**

El canal de operaciones insertadas (eoc) está destinado al intercambio de datos de gestión del sistema y de control de tráfico entre la VTU-O y la VTU-R. Los datos intercambiados incluyen primitivas relacionadas con el sistema, parámetros de desempeño, parámetros de prueba e instrucciones de configuración y mantenimiento. El eoc especificado puede proporcionar funciones de gestión "internas" para soportar el transeptor VDSL y ser utilizado como canal de gestión libre entre la VTU-O y la VTU-R.

**10.3.1 Modelo funcional eoc**

El modelo funcional eoc se presenta en la figura 10-2. El tráfico eoc entre la VTU-O y la VTU-R puede incluir tráfico eoc interno (originado en la VTU-O) o tráfico eoc externo, entregado a través de la interfaz Q externa. La entidad de gestión VTU-O (VME\_O) multiplexa los volúmenes de tráfico internos y externos en un tren de información eoc. Este último es formateado y presentado en la interfaz  $\gamma_O$  para ser enviado transparentemente a través del enlace VDSL a la entidad de gestión VTU-R (VME\_R).



G.993.1\_F10-2

- EIO Adaptador de interfaz externa
- MIB Base de datos de información de gestión
- VME Entidad de gestión VDSL

**Figura 10-2/G.993.1 – Modelo funcional eoc**

La base de información de gestión (MIB, *management information base*) contiene toda la información de gestión relacionada con el enlace VDSL. Puede ser implementada ya sea como una parte de la VTU-O o como una parte común que debe ser compartida entre varias VTU-O. En el primer caso, el agente de gestión de red (ubicado fuera de la VTU-O) accede a la MIB a través de la interfaz Q y debe ser soportado por la VME\_O. Si la MIB pertenece a la parte común de la ONU, la VME\_O accede a la MIB, (si es necesario) a través de la interfaz Q. En la VTU\_R el soporte de la MIB y de la interfaz externa es facultativo.

#### **10.3.1.1 Funcionalidad VME**

La VME (tanto la VME\_O como la VME\_R) proporcionará al menos las siguientes funciones de gestión a través del enlace VDSL:

- gestión de desempeño;
- gestión de configuración;
- gestión de avería;
- soporte de la interfaz externa (interfaz Q) y de la interfaz MIB (sólo es obligatoria para la VME\_O).

NOTA 1 – Esta parte de la funcionalidad VME está fuera del ámbito de esta Recomendación.

La VME proporciona funciones de gestión en el extremo distante a través del eoc, entre las cuales se encuentran:

- Soporte de enlace VDSL (gestión de mantenimiento y avería).
- Supervisión del desempeño (además de o en lugar de los bits indicadores/VOC) disponibles, incluidas mediciones de precisión para confirmación de la QoS.
- Gestión de configuración de la TPS-TC y, facultativamente, de la PMS-TC.
- Funciones relacionadas con la interfaz de usuario.

NOTA 2 – Esta parte de la funcionalidad VME está fuera del ámbito de esta Recomendación.

La VME proporcionará también la siguiente funcionalidad relacionada con el eoc:

- Soporte del protocolo eoc en la interfaz  $\gamma$ .
- Multiplexación/demultiplexación del tráfico eoc interno y externo.

#### **10.3.2 Protocolo y mensajes del eoc**

El mismo formato de protocolo eoc se utilizará en la interfaz  $\gamma$  en ambos lados del enlace. Este formato permitirá implementar el protocolo HDLC conforme a la Rec. UIT-T G.997.1. En las cláusulas a continuación se describe la utilización de la cabida útil de información de la trama HDLC.

La VME multiplexará los mensajes del eoc interno y aquellos externos que se reciben por la interfaz Q, y los combinarán en una trama HDLC normalizada. Para poder transportar los mensajes externos por los enlaces de VDSL, éstos utilizarán el valor "0xFF" en el campo de dirección HDLC conforme a la Rec. UIT-T G.997.1. Los mensajes del eoc interno podrán emplear un valor "0x11" en dicho campo.

##### **10.3.2.1 Formato del mensaje externo**

La cabida útil de información de la trama HDLC que transporta un mensaje externo no debe sobrepasar 510 octetos. El método de encapsulación y el contenido de los mensajes externos queda fuera del alcance de esta Recomendación.

### 10.3.2.2 Formato del mensaje interno

La cabida útil de información de la trama HDLC que transporta un mensaje interno (referido en los sucesivos como "mensaje eoc") contendrá al menos 2 octetos enviados de la VME\_O o la VME\_R y viceversa.

### 10.3.2.3 Organización del canal eoc y tipos de mensajes

El eoc permite que la VTU-O (que funge como maestro) solicite ciertas funciones de gestión a la VTU-R mediante el envío de mensajes de instrucción eoc. Esta última (que funge como esclava) confirmará la recepción correcta de un mensaje de instrucción enviando un mensaje eoc de respuesta (eco) y realizando la función solicitada. El mensaje de eco será una copia del mensaje de instrucción correspondiente. Como excepción, es posible que la VTU-R envíe mensajes autónomos de manera independiente (tan pronto como esté disponible la información adecuada) pero no en respuesta a un mensaje de la VTU-O.

Se han especificado tres tipos de mensajes eoc:

- *Mensajes bidireccionales (d/u)*: Los que origina la VTU-O, y que son confirmados mediante un mensaje de eco por la VTU-R indicando la recepción correcta de cada mensaje.
- *Mensajes en sentido descendente (d)*: Los que origina la VTU-O y para los que no se envía un mensaje de eco, aunque se confirma su recepción en todos los casos mediante un mensaje distinto generado por la VTU-R.
- *Mensajes en sentido ascendente (u)*: Los que origina la VTU-R y pueden ser en respuesta a un mensaje en sentido descendente o autónomo.

NOTA – Por lo general, cuando la VTU-O funge como maestra, determina la velocidad de la comunicación del canal eoc, ya que la VTU-R responde sólo con un mensaje de eco cuando recibe cada mensaje de instrucción eoc.

#### 10.3.2.3.1 Estructura del mensaje eoc

Los 16 bits de un mensaje eoc se dividen en seis campos, que se resumen en el cuadro 10-2 y se definen en subcláusulas posteriores. Los primeros 13 bits MSB de los dos octetos de datos eoc transmitidos se utilizarán en el mensaje eoc comenzando a partir del bit # 1. Los últimos 3 bits LSB se reservan.

**Cuadro 10-2/G.993.1 – Campos del mensaje eoc**

# de campo	# de bit	Descripción	Notas
1	1-2	Campo ADDRESS	Puede direccionar hasta cuatro emplazamientos
2	3	Campo DATA (0) u OPCODE (1)	Datos utilizados tanto para lectura como para escritura
3	4	Campo PARITY Odd (impar) (1) o even (par) (0)	Indicación del orden de los bytes para la transmisión multibyte
4	5	Campo MESSAGE/RESPONSE Mensaje/respuesta (1) o mensaje autónomo (0)	Actualmente se definen mensajes autónomos únicamente para la VTU-R
5	6-13	Campo INFORMATION	Uno de 58 OPCODE u 8 bits de datos
6	14-16	Reservados	Para uso posterior

#### **10.3.2.3.1.1 Campo de dirección (# 1)**

Los dos bits del campo dirección pueden direccionar hasta cuatro emplazamientos, pero en la actualidad sólo se definen dos de ellos:

11: dirección de VTU-O;

00: dirección de VTU-R;

01, 10: reservadas para aplicaciones futuras; actualmente no válidas.

La VTU-O dirigirá mensajes a la VTU-R configurando el campo ADDRESS igual a la dirección de la VTU-R (00). Cuando la VTU-R dé respuesta a un mensaje recibido de la VTU-O, mantendrá el campo ADDRESS igual a la dirección de la VTU-R (00). Ésta fijará el campo ADDRESS igual a la dirección de VTU-O (11) únicamente cuando envíe un mensaje autónomo a esta última.

#### **10.3.2.3.1.2 Campo de datos u OPCODE (# 2)**

Un "0" en este campo indica que el campo información del mensaje eoc contiene un byte de datos; "1" indica que contiene un OPCODE.

#### **10.3.2.3.1.3 Campo paridad (# 3)**

Este bit permite acelerar las lecturas y escrituras de datos con multibyte, eliminando los mensajes intermedios para indicar al extremo distante que el byte anterior se recibió satisfactoriamente.

En el caso del primer byte de los datos de lectura/escritura enviados, este bit se fijará a "1", indicando un byte "impar". Para el siguiente byte, se fijará a "0", señalando un byte "par" y así sucesivamente, de manera alternada.

El campo PARITY se fijará siempre a "1" si el campo de información transporta un OPCODE distinto del "siguiente byte". Si se aplica el OPCODE "siguiente byte", el campo PARITY se conmuta a transferencia de datos multibyte.

#### **10.3.2.3.1.4 Campo de mensaje/respuesta (# 4)**

Un "1" en este campo indica que el mensaje eoc actual es un mensaje de instrucción eoc o un mensaje de respuesta eoc (eco); mientras que un "0" indica que se trata de un mensaje autónomo.

NOTA – Este campo se fijará siempre a "1" para la VTU-O, mientras que para la VTU-R se fijará a "1" con excepción de los mensajes autónomos.

#### **10.3.2.3.1.5 Campo de información (# 5)**

En el campo de información es posible codificar hasta 58 OPCODE distintos de 8 bits o datos de 8 bits.

El conjunto de OPCODE se restringe a códigos que proporcionan una distancia mínima de Hamming de 2 entre todos los OPCODE, y una distancia mínima de 3 entre ciertos códigos críticos y el resto de los códigos.

#### **10.3.2.3.2 Conjunto de mensajes eoc**

En el cuadro 10-3 se resumen todos los mensajes eoc y sus OPCODE correspondientes.

**Cuadro 10-3/G.993.1 – Relación del conjunto de mensajes eoc**

<b>OPCODE (Hexadecimal)</b>	<b>Significado del OPCODE</b>	<b>Sentido (d = descendente a = ascendente)</b>	<b>Abreviatura y notas</b>
01	Estado de retención	d/u	HOLD
F0	Retorno a normal	d/u	RTN
02	Ejecutar "autoprueba"	d/u	SLFTST
04	No puede cumplir	u	UTC
07	Solicitud de CRC/FEC corrupta	d/u	REQCOR (bloqueo)
08	Solicitud de fin de CRC/FEC corrupta	d/u	REQEND
0B	Notificación de CRC/FEC corrupta	d/u	NOTCOR (bloqueo)
0D	Notificación de fin de CRC/FEC corrupta	d/u	NOTEND
0E	Fin de datos	d/u	EOD
10	Siguiente byte	d	NEXT
13	Solicitud de actualización de parámetros de prueba	d/u	REQTPU
14	Error	d/u	ERR
20, 23, 25, 26, 29, 2A, 2C, 2F, 31, 32, 34, 37, 38, 3B, 3D, 3E	Escritura de registro de datos con números de 0x0 a 0xF, respectivamente, según el cuadro 10-4	d/u	WRITE
40, 43, 45, 46, 49, 4A, 4C, 4F, 51, 52, 54, 57, 58, 5B, 5D, 5E	Lectura de registro de datos con números de 0x0 a 0xF, respectivamente, según el cuadro 10-4	d/u	READ
19, 1A, 1C, 1F	Protocolos patentados de fabricante	d/u	Se reservan cuatro OPCODE para utilización privada del fabricante
15, 16, 80, 83, 85, 86, 89, 8A, 8C, 8F	Códigos indefinidos		Estos códigos se reservan para utilización posterior y no se utilizarán para ningún fin
<p>NOTA – Los valores OPCODE dados aseguran una distancia mínima de Hamming de 2 entre todos los OPCODE (utilizando paridad impar para todos excepto dos códigos críticos), y de 3 entre el código "Retorno a normal" (o "en reposo") y el resto de los códigos.</p>			

La VTU-O enviará mensajes de instrucción para realizar ciertas funciones en la VTU-R, algunas de las cuales necesitan que esta última active modificaciones en los circuitos (por ejemplo, enviar bits de CRC/FEC corrupta). Otras funciones podrían ser la lectura de registros de datos en la MIB y escritura en los mismos en la VTU-R. La VTU-O puede utilizar estas funciones para leer el estado o los parámetros de calidad de funcionamiento de la VTU-R, o bien para extensiones de mantenimiento limitado a los módulos de servicio.

Algunas de las instrucciones eoc son "bloqueo" lo que significa que una instrucción eoc subsiguiente deberá liberar a la VTU-R de ese estado. De esta manera, múltiples funciones iniciadas por el eoc de VDSL podrán estar activadas simultáneamente. Para mantener el estado de bloqueo, se enviará la instrucción "Estado de retención".

Se utiliza una instrucción "Retorno a normal" para desbloquear todos los estados bloqueados. Esta misma instrucción se utiliza también para llevar el sistema VDSL al estado de reposo, cuando no existe ninguna instrucción eoc activa en la VTU-R.

### 10.3.2.3.3 Mensajes eoc bidireccionales

Cada mensaje bidireccional enviado por la VTU-O será confirmado, de haber sido recibido correctamente, mediante un mensaje de eco enviado por la VTU-R. Los siguientes mensajes se especifican como bidireccionales (con sus nombres abreviados y OPCODE en notación hexadecimal entre paréntesis):

- *Estado de retención (HOLD, 01)*: Este mensaje indica a la VME-R que debe mantener el procesador eoc de la VTU-R y cualquier operación activa controlada por el eoc de VDSL (como es el caso de las instrucciones de bloqueo) en su estado actual.
- *Retorno a normal (código Idle) (RTN, F0)*: Este mensaje permite liberar todas las operaciones controladas por eoc extraordinarias (condiciones de bloqueo) en la VTU-R y regresa el procesador eoc de VDSL a su estado inicial.
- *Solicitud de CRC/FEC corrupta (REQCOR, 07)*: Este mensaje solicita a la VTU-R enviar varias CRC/FEC corruptas a la VTU-O hasta que se cancele la instrucción mediante el mensaje "Solicitud de fin de FEC corrupta" o "Retorno a normal". Para facilitar que se lleven a cabo simultáneamente múltiples acciones iniciadas por el eoc de VDSL, la instrucción de "petición de FEC corrupta" debe estar bloqueada.
- *Petición de fin de CRC/FEC corrupta (REQEND, 08)*: Este mensaje permite solicitar a la VTU-R que detenga el envío de las CRC/FEC corruptas hacia la VTU-O.
- *Notificación de CRC/FEC corrupta (NOTCOR, 0B)*: Este mensaje permite notificar a la VTU-R que la VTU-O enviará intencionalmente varias CRC/FEC corruptas hasta que se indique la cancelación mediante la instrucción "Notificación de fin de CRC/FEC corrupta" o "Retorno a normal".
- *Notificación de fin de CRC/FEC corrupta (NOTEND, 0D)*: Este mensaje permite notificar a la VTU-R que la VTU-O ha dejado de enviar las CRC/FEC corruptas.
- *Ejecución de auto prueba (SLFTST, 02)*: Este mensaje permite solicitar a la VTU-R que realice una autoprueba cuyo resultado se almacenará en un registro de la VTU-R. Tras la autoprueba, la VTU-O leerá el resultado correspondiente del registro de la VTU-R.
- *Recepción/escritura de datos (Registro #) (WRITE, véase 10.3.2.5.3.2)*: Este mensaje instruye a la VTU-R para que pase al estado de protocolo de escritura de datos, reciba los datos y los escriba en el registro especificado por el OPCODE.
- *Lectura/envío de datos (Registro #) (READ, véase 10.3.2.5.3.1)*: Este mensaje instruye a la VTU-R para que pase al estado de protocolo de lectura de datos, lea los datos del registro especificado por el OPCODE, y los transmita a la VTU-O.
- *Fin de datos (EOD, 0E)*: La VTU-O envía este mensaje tras haber enviado todos los bytes de datos a la VTU-R. El mensaje es enviado por esta última en cualquiera de los siguientes casos:
  - en respuesta al mensaje "siguiente byte" de la VTU-O que se recibe tras haber leído todos los bytes del registro VTU-R direccionado actualmente;
  - en respuesta a un mensaje de la VTU-O que contenga un byte de datos tras haber escrito todos los bytes en el registro VTU-R direccionado actualmente.
- *OPCODE privado de fabricante (VPC, 19, 1A, 1C, 1F)*: Se han reservado cuatro OPCODE para uso privado del fabricante. La VTU-O leerá el registro de código de ID de fabricante de la VTU-R para garantizar la compatibilidad entre las VTU antes de utilizar los OPCODE privados.

- *Petición de actualización de los parámetros de prueba (REQTPU, 13)*: Este mensaje permite solicitar a la VTU-R la actualización del conjunto de parámetros de prueba conforme a 10.4.2. Los parámetros de prueba soportados por la VTU-R se actualizarán dentro de un periodo de 10 segundos tras haber recibido la petición. Los parámetros de prueba actualizados podrán ser leídos por la VTU-O posteriormente.
- *Error (ERR, 14)*: Este mensaje permite solicitar al lado opuesto repetir el último mensaje. El mensaje se envía como respuesta a un error no corregible detectado en la trama HDLC recibida.

#### 10.3.2.3.4 Mensajes en sentido descendente

Se trata del mensaje para el que se especifica que sólo puede ser enviado por la VTU-O:

- *siguiente byte (NEXT, 10)*: Este mensaje se envía reiteradamente por la VTU-O (alternando el bit cuatro con datos multibytes hasta que se envían todos los datos) mientras se encuentra en el estado de protocolo de lectura de datos. En respuesta a este mensaje, se envía el byte solicitado de los datos VTU-R, con el bit 4 alternado con los datos multibytes o bien el mensaje *fin de datos*.

#### 10.3.2.3.5 Mensajes en sentido ascendente

Se trata de los mensajes que sólo pueden ser enviados por la VTU-R:

- *Imposible de cumplir (UTC) (UTC, 04), confirmación de recepción*: La VTU-R enviará este mensaje si recibe una instrucción o un mensaje *eoc* y no puede obedecer la instrucción por cualquiera de las siguientes razones:
  - no reconoce la instrucción;
  - no puede implementar la instrucción;
  - la instrucción resulta inesperada durante el estado actual de protocolo *eoc*.
- *Mensajes autónomos*. Todos estos mensajes fijan el bit 5 a "0" y el bit 3 a "1" para señalar que el mensaje contiene un OPCODE. El campo de información contendrá el OPCODE del mensaje correspondiente (véase el cuadro 10-3).

#### 10.3.2.4 Registro de datos de VTU-R

Estos registros se definen como:

- *Código de identificación de fabricante de la VTU-R (4 bytes)*: El formato del código de ID de fabricante de la VTU-R no está definido.
- *Número de revisión de la VTU-R (2 bytes)*: El formato del número de revisión de la VTU-R queda a discreción del fabricante.
- *Número de serie de la VTU-R (32 bytes)*: El formato correspondiente queda a la discreción del fabricante.
- *Resultados de la autoprueba*: El byte más significativo de estos resultados debe ser 0x00 si la prueba es satisfactoria, y 0x01 si fracasa (el significado de "fracaso" queda a discreción del fabricante); el resto de los valores se reserva para aplicación futura y su longitud y sintaxis quedan a criterio del fabricante.
- *Calidad de funcionamiento (16 bytes)*: Contiene la velocidad de línea asequible en sentido descendente así como el recuento de errores corregidos y no corregidos de la VTU-R. Este registro se utiliza para extraer datos con fines de cálculo de distintos parámetros relativos a la característica de error. Los bytes 0x00-0x03 indican la velocidad de datos asequible en sentido descendente en pasos de 1 kbit/s. Los bytes 0x04-0x05 indican el número de octetos con error corregidos en el canal lento. Los bytes 0x06-0x07 indican el número de octetos con error corregidos en el canal rápido. Los bytes 0x08-0x09 indican el número de octetos con error no corregidos en el canal lento. Los bytes 0x0A-0x0B indican el número de

octetos con error no corregidos en el canal rápido. Los bytes 0x0C-0x0F se reservan y se fijarán a 0xFF.

- *Atenuación del bucle (mínima de 1 byte)*: El formato correspondiente será el definido en 10.5.6.
- *Margen de SNR (mínimo de 1 byte)*: El formato correspondiente será el definido en 10.5.6.
- *Configuración de la VTU-R (64 bytes)*: Los registros de esta configuración contienen los datos pertinentes para la configuración de PMD, PMS-TC y TPS-TC. Estos datos se determinan durante el proceso de inicialización del enlace a través del control de tara de VDSL (VOC).

En el cuadro 10-4 se resumen los registros de datos de la VTU-R y sus aplicaciones incluyendo el formato y el contenido detallado de los registros de VTU-R.

**Cuadro 10-4/G.993.1 – Registro de datos de la VTU-R**

Número de registro (hexadecimal)	Utilización	Longitud	Descripción
0	Lectura	4 bytes	Identificador del fabricante de la VTU-R
1	Lectura	2 bytes	Número de revisión de la VTU-R
2	Lectura	32 bytes	Número de serie de la VTU-R
3	Lectura	A criterio de fabricante	Resultados de la autoprueba
4	Lectura	16 bytes	Calidad de funcionamiento
5	Lectura/escritura	A criterio del fabricante	A criterio del fabricante
6	Lectura/escritura	Mínimo de 1 byte; los bytes adicionales quedan a criterio del fabricante	Atenuación del bucle
7	Lectura	Mínimo de 1 byte; los bytes adicionales quedan a criterio del fabricante	Margen de SNR
8	Lectura	64 bytes	Configuración de la VTU-R
9-F	Lectura	Reservados	Para aplicación futura

En todos los registros de la VTU-R se leerá en primer lugar el primer bit MSB. La VTU-R responderá con UTC si se solicita escribir en un registro de lectura.

### 10.3.2.5 Estados del protocolo eoc

#### 10.3.2.5.1 Estado de protocolo mensaje/respuesta de eco (estado de reposo)

Para iniciar una acción en la VTU-R, la VTU-O comenzará a enviar mensajes eoc con el datos/OPCODE fijado a "1" y con el mensaje OPCODE adecuado en el campo de información. La VTU-R iniciará la acción correspondiente únicamente cuando haya recibido mensajes eoc libres de errores y con la dirección pertinente, tras lo cual dará respuesta a todos los mensajes mediante un eco del mensaje recibido. Si la VTU-R o la VTU-O detecta un error en la trama HDLC recibida que no es susceptible de corregirse, enviará el mensaje *Error*. La combinación de la VTU-O enviando un mensaje y la VTU-R emitiendo un eco para ese mensaje conforma el estado de protocolo de mensaje/respuesta de eco.

Si el mensaje de eoc es una de las instrucciones de retención, la VTU-R mantendrá la condición correspondiente hasta que la VTU-O emita la instrucción pertinente para dar fin a la condición específica de retención o hasta que emita la instrucción de "*Retorno a normal*".

NOTA – El tiempo necesario para completar la transmisión de un mensaje eoc en condiciones de error y libres de errores depende de la implementación del fabricante.

#### **10.3.2.5.2 Estado de protocolo de respuesta a mensaje/imposible de cumplir (estado UTC)**

Si la VTU-R no tiene la capacidad para tratar la función solicitada en un mensaje recibido adecuadamente, responderá con el mensaje UTC que incluya su propia dirección y pasará al estado UTC. Cuando la VTU-O recibe un mensaje UTC con la dirección apropiada, esto confirma que la VTU-R no puede aceptar la función solicitada.

#### **10.3.2.5.3 Estado de protocolo de mensaje/respuesta a datos**

La VTU-O puede escribir datos en la MIB de la VTU-R o bien puede leer datos de la misma.

##### **10.3.2.5.3.1 Protocolo de lectura de datos**

Para poder leer datos de la VTU-R, la VTU-O enviará un mensaje OPCODE *enviar datos* a la primera en el que se especifica el registro que se desea leer. Tras la recepción del acuse de recibo correspondiente, la VTU-O solicitará el envío del primer byte de la VTU-R enviando el mensaje *siguiente byte* con el bit 4 fijado a "1", lo que indica una petición de un byte *impar*. La VTU-R responderá al mensaje *siguiente byte* mediante el envío del primer byte de los datos solicitado en el campo de información de un mensaje eoc con el bit 4 fijado a "1" para señalar el *byte impar* y el bit 3 fijado a "0" para indicar el mensaje de datos eoc. Si hay más datos que se deben leer, la VTU-O solicitará el segundo byte de datos enviando mensajes *siguiente byte* con el bit 4 fijado a "0" ("byte par") y la VTU-R responde con un mensaje eoc que incluye el segundo byte del registro con el bit 4 fijado a *byte par*. El proceso continúa para el tercer byte y todos subsiguientes con el valor del bit 4 alternado con *byte impar a byte par* o viceversa, para cada evento. Cada vez que se conmuta el bit 4, la VTU-R responde con el envío del siguiente octeto de datos. El proceso finaliza únicamente cuando se hayan leído todos los datos solicitados en el registro.

Para poder seguir leyendo datos, una vez que la VTU-R se encuentra en el *estado impar o par de lectura de datos*, el único mensaje que la VTU-O podrá enviar es *siguiente byte* alternando con el bit 4. Para finalizar el modo de lectura de datos en forma extraordinaria, la VTU-O envía *estado de retención* o bien *retorno a normal*, dependiendo de si se debe mantener cualquiera de los estados retenidos. Si la VTU-R recibe cualquier otro mensaje durante el *estado impar o par de lectura de datos*, pasará al *estado UTC*.

Si, una vez leídos todos los bytes del registro de la VTU-R, la VTU-O sigue enviando el mensaje *siguiente byte* con el bit cuatro alternado, en ese caso la VTU-R enviará un mensaje de *fin de datos*.

En el caso de la VTU-O, el *modo de lectura de datos* finalizará tras la recepción en la VTU-O del último byte de datos solicitado o del mensaje *fin de datos*. A continuación, la VTU-O hará pasar tanto a la VTU-R como a ella misma al *estado de reposo* (enviando un mensaje de *estado de retención* o de *retorno a normal*), y la VTU-R liberará el registro y saldrá del *estado de lectura de datos* tras haber recibido cualquiera de esos mensajes.

##### **10.3.2.5.3.2 Protocolo de escritura de datos**

Para poder escribir datos en la MIB de la VTU-R, la VTU-O enviará un mensaje OPCODE de *escritura de datos* a la primera especificando el registro en el que se desea escribir. Cuando la VTU-R acusa recibo (mediante un mensaje de eco), la VTU-O le enviará el primer byte de datos y aquella confirmará la recepción con un eco de ese mensaje. Tras la recepción de la respuesta de eco en la VTU-O, ésta enviará el siguiente byte de datos y cada vez que reciba la respuesta de eco, pasará al envío del siguiente byte de datos alternando con el bit "impar/par", según proceda. (Los mensajes de *siguiente byte* no se utilizan en el *modo de escritura de datos*.) La VTU-O finalizará el

modo de escritura con el mensaje *fin de datos* solicitando a la VTU-R que libere el registro y regrese al estado de reposo.

Para continuar escribiendo datos una vez que la VTU-R se encuentra en el *estado impar* o *par de escritura de datos*, el único mensaje que la VTU-O podrá enviar es *byte de datos* con el bit 3 fijado a "0" y el bit 4 alternado. Para finalizar el *estado de escritura de datos* de manera extraordinaria, la VTU-O podrá alternar con el mensaje *fin de datos*. Si la VTU-R recibe cualquier otro mensaje mientras se encuentra en el *estado de escritura de datos*, pasará al *estado UTC*.

Si después de haber escrito todos los bytes en el registro de la VTU-R, la VTU-O sigue enviando datos, en ese caso la primera enviará un mensaje de *fin de datos*.

#### 10.4 Supervisión de averías y de calidad de funcionamiento

El proceso genérico de supervisión de averías y de calidad de funcionamiento se fundamenta en las primitivas de calidad de funcionamiento, según se muestra en la figura 10-3, y se expresa mediante los parámetros de calidad de funcionamiento aplicables.

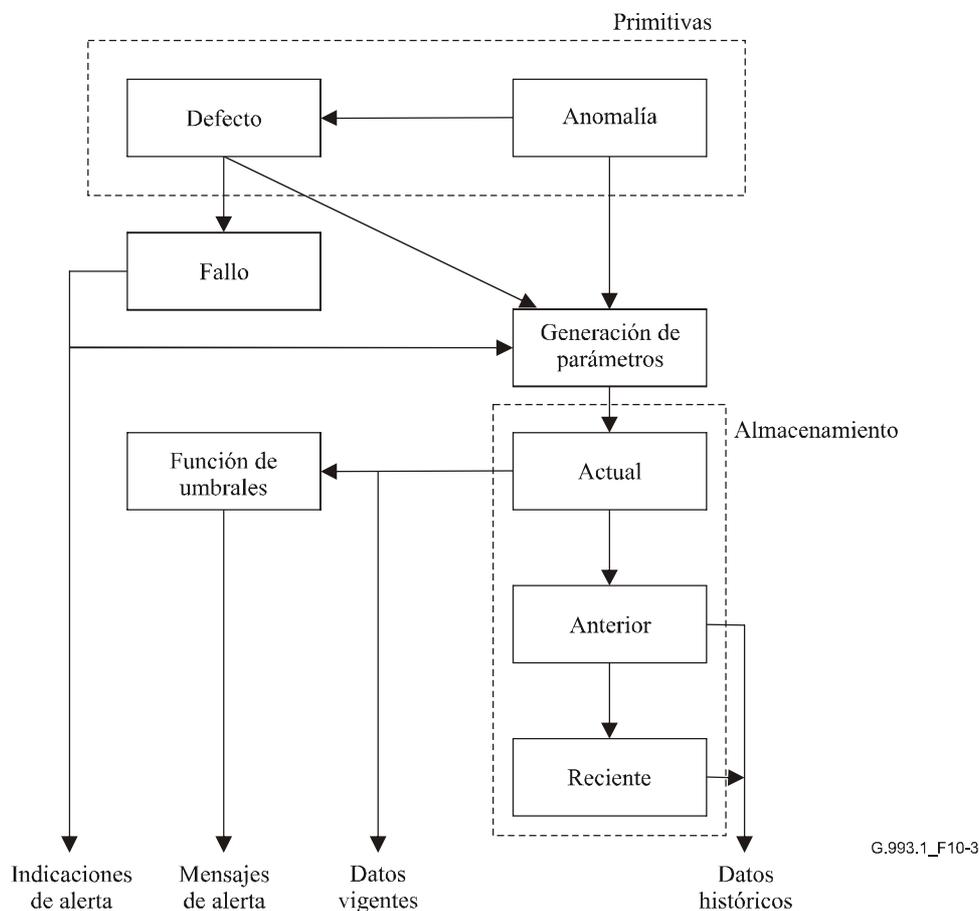
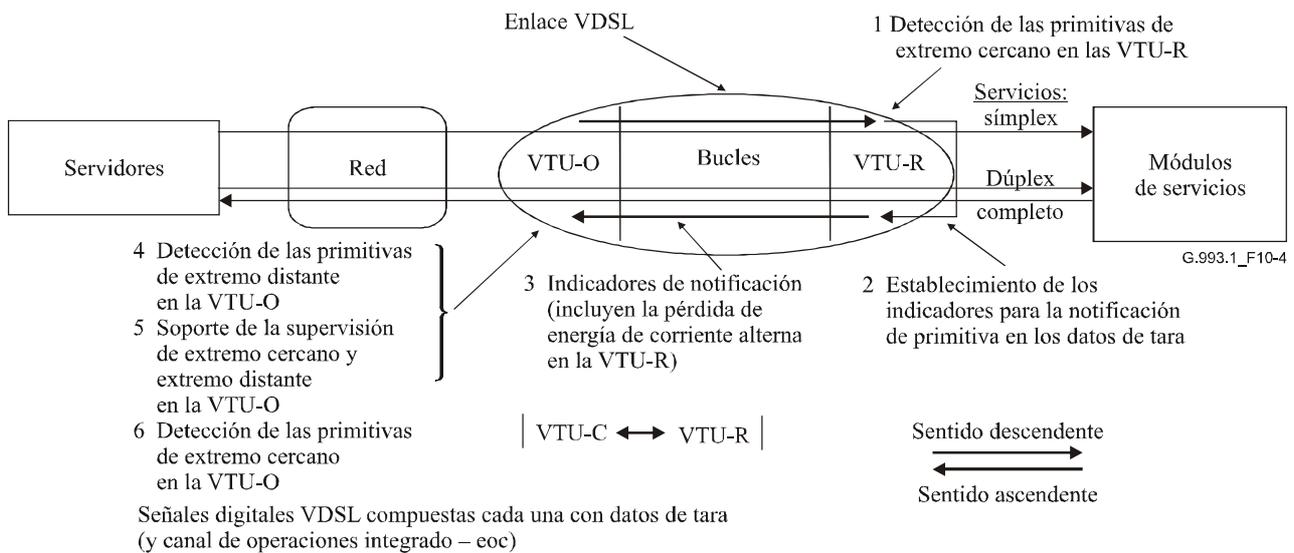


Figure 10-3/G.993.1 – Proceso de supervisión de la calidad de funcionamiento

Se pueden aplicar las siguientes definiciones:

- Primitivas: Se trata de mediciones básicas de la calidad de funcionamiento y se dividen en dos categorías: anomalías y defectos. Las primitivas también pueden ser mediciones básicas de otras cantidades (por ejemplo, energía de corriente alterna o de la batería), que por lo general se obtienen de los indicadores de los equipos.
- Por lo general, las primitivas de extremo cercano se detectan al supervisar los protocolos de la señal local y los formatos de trama.
- Las primitivas de extremo distante se detectan leyendo los campos en los datos de tara que se definen para notificar la naturaleza y los eventos básicos de error u otros incidentes relacionados con la calidad de funcionamiento que se detectan en el extremo distante.
- Anomalías: Una anomalía es una discrepancia entre las características reales y las deseadas de un elemento. La característica deseada puede expresarse en forma de especificación. Una anomalía puede afectar o no la capacidad de un elemento para realizar una función necesaria.
- Defectos: Un defecto es una interrupción temporal de la capacidad para realizar una función necesaria, que puede o no conducir a una medida de mantenimiento dependiendo del resultado del análisis correspondiente. Las anomalías sucesivas que provocan una disminución de la capacidad de un elemento para realizar una función necesaria se consideran como un defecto.
- Fallos: Un fallo representa la terminación de la capacidad de un elemento para realizar una función necesaria. En un elemento de red se podrán observar tanto fallos locales como remotos. Dentro de los primeros se incluyen los fallos de señal de extremo cercano y los segundos son aquellos que se reproducen y se reconocen en cualquier otro sitio, y que se notifican dentro de la señal de transmisión.
- Parámetros: Se trata de los recuentos de los distintos eventos de degradación que se detectan durante el periodo de acumulación. Los parámetros de calidad de funcionamiento se deducen directamente de las primitivas de calidad de funcionamiento correspondientes.
- Función de umbral: Todos los parámetros de calidad de funcionamiento (por ejemplo, aquéllos con segundos con errores) tienen umbrales asociados, los cuales pueden establecerse, leerse o modificarse a través del sistema de gestión de la red (NMS, *network management system*) que se encarga de la supervisión de la calidad de funcionamiento. Una violación de umbral con relación a los parámetros de calidad de funcionamiento podrá notificarse de manera autónoma al NMS a través de la VTU-O.

En la figura 10-4 se muestran los conceptos de supervisión de la calidad de funcionamiento de extremo cercano y de extremo distante que pueden aplicarse al enlace de VDSL.



**Figura 10-4/G.993.1 – Supervisión durante el servicio del enlace VDSL ilustrada desde el punto de vista de la VTU-O**

## 10.5 Parámetros y primitivas de OAM

### 10.5.1 Primitivas relativas a la línea

En la interfaz OAM del punto de referencia  $\alpha(\beta)$ , cualquiera de las primitivas relativas a la línea detectadas se representa mediante el indicador correspondiente que se codifica como "0" para señalar que no se ha registrado ninguna anomalía, defecto o fallo desde el periodo de transmisión anterior, y se codificará como "1" cuando se haya registrado por lo menos un evento de ese tipo después de dicho periodo.

Todas las anomalías, defectos y fallos de extremo cercano deberían representarse tanto en la VTU-O como en la VTU-R. La representación de estos eventos relativos al extremo distante en la VTU-R es *facultativa*, mientras que en la VTU-O es *obligatoria*.

#### 10.5.1.1 Anomalías de extremo cercano

- *Corrección de errores en recepción – datos rápidos (fec-f, forward error correction – fast data)*: La anomalía se produce cuando se detectan octetos con errores corregidos por la FEC en el bloque de datos rápidos recibido.
- *Corrección de errores en recepción – datos lentos (fec-s, forward error correction – slow data)*: La anomalía se produce cuando se detectan octetos con errores corregidos por la FEC en el bloque de datos lentos recibido.
- *Error de bloques – datos rápidos (be-f, block error – fast data)*: La anomalía se produce cuando se detectan errores no corregidos en el bloque de datos rápidos recibido.
- *Error de bloques – datos lentos (be-s, block error – slow data)*: La anomalía se produce cuando se detectan errores no corregidos en el bloque de datos lentos recibido.

#### 10.5.1.2 Anomalías de extremo distante

- *Corrección de errores en recepción en el extremo distante – datos rápidos (ffec-f, far-end forward error correction – fast data)*: La anomalía se produce cuando se notifica la detección de una anomalía del tipo *fec-f* en el extremo distante. Una anomalía del tipo *ffec-f* termina cuando el informe recibido relativo a la anomalía *fec-f* se fija a "0".
- *Corrección de errores en recepción en el extremo distante – datos lentos (ffec-s, far-end forward error correction – slow data)*: La anomalía se produce cuando se notifica una

anomalía del tipo *fec-s* detectada en el extremo distante. Una anomalía del tipo *ffec-s* termina cuando el informe recibido relativo a la anomalía *fec-s* se fija a "0".

- *Error de bloque en el extremo distante – datos rápidos (febe-f, far-end block error – fast data)*: La anomalía se produce cuando se notifica una anomalía del tipo *be-f* detectada en el extremo distante. Una anomalía del tipo *febe-f* termina cuando el informe recibido relativo al indicador *febe-f* se fija a "0".
- *Error de bloque en el extremo distante – datos lentos (febe-s, far-end block error – slow data)*: La anomalía se produce cuando se notifica una anomalía del tipo *be-s* detectada en el extremo distante. Una anomalía del tipo *febe-s* termina cuando el informe recibido relativo al indicador *febe-s* se fija a "0".

### 10.5.1.3 Defectos de extremo cercano

- *Pérdida de señal (los, loss-of-signal)*: Se establece una potencia de referencia promediando la potencia de VDSL durante un periodo de 0,1 s y sobre un subconjunto de portadoras después del comienzo de la transmisión en estado estacionario, y luego se fija un umbral 6 dB por debajo de dicha referencia. Se produce un defecto de pérdida de señal (*los*) cuando el nivel de la potencia VDSL recibida promediada durante un periodo de 0,1 s y sobre el mismo subconjunto de portadoras es inferior al umbral, y se restablece cuando este nivel, medido de la misma manera, se encuentra en el umbral o por encima de él. El subconjunto de portadoras es dependiente de la implementación.
- *Trama con muchos errores (sef, severely errored frame)*: El defecto se gestiona de acuerdo con el diagrama de estado de delineación de la trama de transmisión. Se produce un defecto de tipo *sef* con una transición fuera del estado de sincronización (*SYNC*) de la máquina de estado de delineación de trama y se restablece con una transición hacia el estado *SYNC*.

### 10.5.1.4 Defectos de extremo distante

- *Pérdida de señal en el extremo distante (flos, far-end loss of signal)*: El defecto se produce cuando se detecta una pérdida de señal *los* en el extremo distante y se notifica en cuatro o más entre seis informes contiguos recibidos de indicador *los* de extremo distante. Un defecto de tipo *flos* se restablece cuando se notifican menos de dos indicadores *los* de extremo distante entre seis informes contiguos recibidos.
- *Indicación de defecto distante de extremo distante (frdi, far-end remote defect indication)*: El efecto se produce cuando se notifica un defecto *sef* detectado en el extremo distante. La indicación correspondiente al defecto (*rdi, remote defect indication*) se restablece cuando el informe recibido relativo al defecto *sef* se fija a "0".

### 10.5.1.5 Fallos de extremo cercano

- *Pérdida de señal (LOS, loss of signal)*: El fallo se declara después de que transcurra un tiempo  $TS1 = 2,5 \pm 0,5$  s de defecto *los* contiguo, o, si hay un defecto tipo *los* cuando se alcanzan los criterios de declaración de fallo *LOF*. Un fallo de tipo *LOS* se despeja después de que haya  $TS2 = 10 \pm 0,5$  s sin defecto tipo *los*.
- *Pérdida de trama (LOF, loss of frame)*: El fallo se declara después de que pasan  $TF1 = 2,5 \pm 0,5$  s de defecto *sef* contiguo, excepto cuando existe un defecto o fallo tipo *los*. Un fallo de tipo *LOF* se despeja cuando se declara un fallo tipo *LOS* o después de que transcurra un tiempo  $TF2 = 10 \pm 0,5$  s sin defecto tipo *sef*.

### 10.5.1.6 Fallos de extremo distante

- *Pérdida de señal en el extremo distante (FLOS, far-end loss of signal)*: El fallo se declara después de que pasan  $TS1 = 2,5 \pm 0,5$  s de notificación de defectos *flos* contiguos, o si se notifica un defecto *flos* cuando se alcanzan los criterios para la declaración de fallo *LOF*. Un fallo *FLOS* se despeja después de que pasan  $TS2 = 10 \pm 0,5$  s sin defecto *flos*.

- *Indicación de fallo distante de extremo distante (FRFI, far-end remote failure indication)*: El fallo se declara después de un tiempo  $TR1 = 2,5 \pm 0,5$  s de defectos *rdi* contiguos, excepto cuando hay un defecto *flos* o un fallo *FLOS*. Un fallo *FRFI* se despeja cuando se declara un fallo *FLOS* o después de que pasan  $TR2 = 10 \pm 0,5$  s sin defecto *rdi*.

## 10.5.2 Primitivas relativas al trayecto

Todas las primitivas relativas al trayecto se definen por separado para cada trayecto dedicado, terminado por el bloque TPS-TC correspondiente. Las anomalías, defectos y fallos son diferentes para los distintos protocolos (ATM, PTM, etc.). Éstas se deberían representar mediante indicadores OAM normalizados especificados para cada protocolo. Los indicadores deberían presentarse en la interfaz OAM de los puntos de referencia  $\gamma - O$  ( $\gamma - R$ ) y codificarse como "0" si no se ha registrado ninguna primitiva durante el periodo de supervisión o como "1" para indicar que se ha registrado al menos una primitiva durante dicho periodo.

Todas las primitivas de extremo cercano deberían representarse tanto en la VTU-O como en la VTU-R. La representación de las primitivas de extremo distante en la VTU-O es obligatorio, mientras que en la VTU-R es facultativa.

### 10.5.2.1 Anomalías, defectos y fallos del transporte ATM

El conjunto de anomalías, defectos y fallos del transporte ATM se tratará conforme a la Rec. UIT-T I.432.1. Este conjunto debe ser soportado por la función ATM-TC. Si se establecen ambos transportes ATM, rápido y lento, los dos canales ATM-TC correspondientes se representarán mediante dos conjuntos de anomalías, defectos y fallos iguales e independientes.

#### 10.5.2.1.1 Anomalías de extremo cercano

- Se produce una anomalía por *falta de delimitación de células (ncd, no cell delineation)* inmediatamente después del arranque de la función ATM-TC cuando se asignan datos de ATM a la memoria intermedia, y mientras el proceso de delimitación de células que trata esos datos se encuentra en el estado de HUNT o PRESYNC (véase G.4.3.3), como se describe en la Rec. UIT-T I.432.1. Este tipo de anomalía es facultativo y si no se puede soportar, se utilizará en su lugar la anomalía *ocd*.
- Se produce la anomalía de *fuera de la delimitación de células (ocd, out of cell delineation)* cuando se asignan datos de ATM a la memoria intermedia y el proceso de delimitación de células que trata esos datos pasa del estado SYNC al estado HUNT, conforme a la Rec. UIT-T I.432.1. Una anomalía *ocd* se restablece cuando el proceso de delimitación de células pasa del estado PRESYNC al estado SYNC o cuando se presenta el defecto *lcd*.
- Se produce la anomalía de *verificación de error en la cabecera (hec, header error check)* cuando fracasa la verificación de errores en la cabecera de las células ATM.

#### 10.5.2.1.2 Anomalías de extremo distante

- Se produce una anomalía por *falta de delimitación de células en el extremo distante (fncd, far-end no cell delineation)* cuando se detecta una anomalía *ncd* u *ocd* en el extremo distante y el indicador *fncd* la notifica. Siempre se produce la anomalía de este tipo inmediatamente después del arranque de la VTU. Una anomalía *fncd* se restablece cuando el indicador *fncd* recibido se codifica a "0".
- Se produce una anomalía *fuera de delimitación de célula en el extremo distante (focd, far-end out of cell delineation)* cuando se detecta una anomalía *ocd* en el extremo distante y el indicador *focd* la notifica y no hay una anomalía *fncd* presente. Una anomalía de este tipo se restablece si el indicador *focd* recibido se codifica a "0". La indicación de *focd* es facultativa.
- Se produce una anomalía de *verificación de error en la cabecera en el extremo distante (fhec, far-end header error check)* cuando se detecta una anomalía *hec* en el extremo

distante y el indicador *fhec* la notifica. Una anomalía de este tipo se restablece cuando el indicador *fhec* recibido se fija a "0". La indicación de *fhec* es facultativa.

NOTA – Ambas indicaciones de anomalía, *focd* y *fhec* son facultativas, ya que ninguna se incluye en la Rec. UIT-T I.432.1.

#### 10.5.2.1.3 Defectos de extremo cercano

- Se produce un defecto por *pérdida de delimitación de célula (lcd, loss of cell delineation)* cuando hay una anomalía *ocd* en cuatro supertramas consecutivas y no hay un defecto *sef*. Un defecto *lcd* se restablece cuando no hay una anomalía *ocd* en cuatro supertramas consecutivas.

#### 10.5.2.1.4 Defectos de extremo distante

- Se produce un defecto de *pérdida de delimitación de célula en el extremo distante (flcd, far-end loss of cell delineation)* cuando se detecta un defecto *lcd* en el extremo distante. Se produce un defecto *flcd* cuando hay una anomalía *focd* o *fncd* en cuatro supertramas consecutivas y no hay un defecto *rdi*. Un defecto *flcd* se restablece si no está presente ninguna anomalía *focd* o *fncd* en cuatro supertramas consecutivas.

#### 10.5.2.1.5 Fallos de extremo cercano

- Se declara un fallo por *falta de delimitación de célula (NCD)* cuando una anomalía *ncd* persiste por más de  $2,5 \pm 0,5$  s después del arranque de la transmisión en estado estacionario. Un fallo *NCD* se restablece cuando no hay ninguna anomalía *ncd* por más de  $10 \pm 0,5$  s.
- Se declara un fallo por *pérdida de delimitación de célula (LCD)* cuando un defecto *lcd* persiste por más de  $2,5 \pm 0,5$  s. Un fallo *LCD* se restablece cuando no hay ningún defecto *lcd* por más de  $10 \pm 0,5$  s.

#### 10.5.2.1.6 Fallos de extremo distante

- Se declara un fallo de *falta de delimitación de célula en el extremo distante (FNCD, far-end no cell delineation)* cuando una anomalía *fncd* persiste por más de  $2,5 \pm 0,5$  s. Un fallo *FNCD* se restablece cuando no hay ninguna anomalía *fncd* por más de  $10 \pm 0,5$  s.
- Se declara un fallo de *pérdida de delimitación de célula en el extremo distante (FLCD)* cuando un defecto *flcd* persiste por más de  $2,5 \pm 0,5$  s. Un fallo de este tipo se restablece cuando no hay anomalía *FLCD* por más de  $10 \pm 0,5$  s.

### 10.5.2.2 Anomalías, defectos y fallos del transporte STM

Queda en estudio.

### 10.5.2.3 Anomalías, defectos y fallos del transporte PTM

La función PTM-TC deberá soportar las anomalías, defectos y fallos del transporte PTM. Si se establecen ambos canales PTM, rápido y lento, las dos funciones PTM-TC correspondientes se representarán mediante dos conjuntos de anomalías, defectos y fallos iguales e independientes.

#### 10.5.2.3.1 Anomalías de extremo cercano

- Se produce una anomalía de *error de paquete (per, packet error)* cuando se indica un error de paquete en un contador FCS.

#### 10.5.2.3.2 Anomalías de extremo distante

- Se declara un *error de paquete* de extremo distante (*fper, far-end packet error*) cuando se detecta una anomalía *per* en el extremo distante y se notifica mediante un indicador *fper*. La anomalía se restablece cuando el indicador *fper* recibido se codifica a "0".

### 10.5.2.3.3 Defectos de extremo cercano

- Se produce un defecto de *error de paquete (PER)* si la anomalía de error de paquete persiste por más de TD4\_1 s. El defecto *PER* se restablece cuando no hay anomalía *per* por más de TD4\_2 s.

NOTA – Los valores de TD4 están por determinar.

### 10.5.2.3.4 Defectos de extremo distante

- Se declara un defecto de *error de paquete de extremo distante (FPER)* cuando se detecta un defecto *PER* en el extremo distante y se notifica mediante un indicador *FPER*. El defecto *FPER* se restablece cuando el indicador *FPER* recibido se codifica a "0".

## 10.5.3 Primitivas relativas a la potencia

Estas primitivas se representarán mediante los indicadores correspondientes que se codificarán como "0" si no se ha registrado una primitiva de potencia durante el periodo de supervisión y como "1" para indicar que se registró una primitiva de potencia durante dicho periodo.

Las primitivas de extremo cercano se representarán tanto en la VTU-O como en la VTU-R. Mientras que las primitivas de extremo distante se representarán en la VTU-O.

### 10.5.3.1 Primitivas de extremo cercano

- *Pérdida de energía (lpr, loss of power)*: Se genera una primitiva cuando la tensión de la fuente de energía (red de energía) de la VTU cae por debajo del nivel necesario para el funcionamiento adecuado de la VTU determinado por el fabricante. Una primitiva *lpr* termina cuando el nivel de alimentación sobrepasa el nivel de energía mínimo determinado por el fabricante.
- *Pérdida de energía (LPR)*: Se declara un fallo después de TP1 = 2,5 ± 0,5 s de presencia de primitivas *lpr* contiguas. Un fallo de este tipo se restablece después de TP2 = 10 ± 0,5 s sin presencia de primitiva *lpr*.
- *Fuente de energía desactivada (PRO, power off)*: Se declara un fallo de este tipo cuando el operador desactiva la fuente de energía de la VTU. Este tipo de fallo se restablece cuando se activa el conmutador de la fuente de energía. El indicador *PRO* es facultativo.

### 10.5.3.2 Primitivas de extremo distante

- Se genera una primitiva de *pérdida de energía de extremo distante (flpr, far-end loss of power)* cuando se detecta y se notifica una primitiva *lpr* en la VTU-R.
- Se declara un fallo de *pérdida de energía de extremo distante (FLPR)* tras la generación de una primitiva *flpr* seguida por TP1 = 2,5 ± 0,5 s de defectos *los* de extremo cercano contiguos. Un fallo de este tipo se restablece después de *FLPR* segundos sin defecto *los* TP2 = 10 ± 0,5 s de extremo cercano.
- Se produce un fallo de *desactivación de la fuente de energía de extremo distante (FPO, far-end power-off)* cuando se detecta y notifica un fallo de *PRO* en la VTU-R. Un fallo con *FPO* se restablece después de que durante TP2 s no se recibe ningún indicador *PRO* y no hay ningún defecto *los* presente en el extremo cercano. El indicador *FPO* es facultativo.

## 10.5.4 Conjunto mínimo de indicadores de extremo distante

Los indicadores de extremo distante intercambian las primitivas del mismo extremo entre la VTU-O y la VTU-R. En el cuadro 10-5 se presenta un conjunto mínimo de los indicadores necesarios de extremo distante.

**Cuadro 10-5/G.993.1 – Conjunto mínimo de indicadores de extremo distante**

<b>Indicador</b>	<b>Descripción</b>	<b>Nota</b>
<b>Relativos a la línea</b>		
<i>febe_s</i>	Notifica los errores no corregidos en el bloque de datos lentos recibidos por el extremo distante	
<i>febe_f</i>	Notifica los errores no corregidos en el bloque de datos rápidos recibidos por el extremo distante	
<i>ffec_s</i>	Notifica los errores corregidos en el bloque de datos lentos recibidos por el extremo distante	
<i>ffec_f</i>	Notifica los errores corregidos en el bloque de datos rápidos recibidos por el extremo distante	
<i>flos</i>	Notifica una pérdida de energía de señal recibida por el extremo distante	Se aplica en el estado de ahorro de energía
<i>rdi</i>	Notifica errores graves de trama en el extremo distante	
<b>Relativos a la energía (relativos al sistema)</b>		
<i>flpr</i>	Notifica la caída de la tensión de alimentación por debajo del nivel predefinido en el extremo distante	Se aplica en el estado de ahorro de energía
<i>FPO</i>	Notifica la desactivación del conmutador de alimentación en el extremo distante	Facultativo. Se aplica en el estado de ahorro de energía
<b>Relativos al trayecto ATM</b>		
<i>fncd</i>	Notifica una anomalía de pérdida de delimitación de célula en el extremo distante	
<i>fhec</i>	Notifica errores hec en el extremo distante	Facultativo
<b>Relativos al trayecto PTM</b>		
<i>FPER</i>	Notifica errores de paquetes persistentes y significativos en el extremo distante	
<i>PLoS</i>	Notifica pérdida de paquetes persistente y significativa en el extremo distante	
<b>Relativos a otros trayectos</b>		
TBD		

Todos los indicadores se deben enviar periódicamente, cuando el sistema se encuentra en un *estado de transmisión estacionario*, a fin de actualizar la información relativa a las primitivas de extremo distante. Además, se deben transmitir los indicadores de *pérdida de señal de extremo distante (flos)* y las *primitivas relacionadas con la energía de extremo distante (flpr, FPO)* cuando el sistema se encuentra en el *estado de ahorro de energía desactivado (IDLE)*. En 8.5.5 se describe el mecanismo de transferencia de tales indicadores.

### **10.5.5 Parámetros de calidad de funcionamiento**

El conjunto de parámetros de calidad de funcionamiento definido describirá parámetros relacionados con la línea y con el trayecto en la VTU-O y en la VTU-R.

### 10.5.5.1 Parámetros de calidad de funcionamiento relativos a la línea

Los parámetros de calidad de funcionamiento relativos a la línea VDSL se calcularán utilizando las anomalías pertinentes presentadas en 10.5.1.

### 10.5.5.2 Parámetros de calidad de funcionamiento relativos al trayecto

Estos parámetros se calcularán de manera particular para cada protocolo de transporte de servicio aplicado por separado, conforme a la definición correspondiente para ese protocolo de transporte. Si se utiliza el mismo protocolo de transporte para ambos trayectos, rápido y lento, se deberían calcular parámetros de calidad de funcionamiento independientes.

#### 10.5.5.2.1 Parámetros de calidad de funcionamiento relativos al trayecto de datos de ATM

Se dispondrá de los siguientes parámetros de calidad de funcionamiento de extremo cercano en la VTU-O y en la VTU-R:

- *HEC\_violation\_count*: Este parámetro de calidad de funcionamiento representa un recuento del número de ocurrencias de una anomalía *hec*.
- *HEC\_total\_cell\_count*: Este parámetro de calidad de funcionamiento representa un recuento del número total de células que pasan a través del proceso de delimitación de célula y que funcionan en el modo de datos rápidos durante el estado SYNC.
- *User\_total\_cell\_count*: Este parámetro de calidad de funcionamiento representa un recuento del número total de células en el trayecto de datos rápidos entregados en la interfaz  $\gamma$ -O (para la VTU-O) o  $\gamma$ -R (para la VTU-R).

#### 10.5.5.2.2 Parámetros de calidad de funcionamiento relativos al trayecto de datos STM

#### 10.5.5.2.3 Parámetros de calidad de funcionamiento relativos al trayecto de datos PTM

NOTA – Los parámetros de calidad de funcionamiento para otros tipos de trayecto se añadirán conforme se especifiquen en 9.1.1.

### 10.5.6 Parámetros de prueba

Se dispondrá de parámetros de prueba de extremo cercano tanto en la VTU-O como en la VTU-R; los parámetros de prueba de extremo distante estarán disponibles únicamente en la VTU-O.

#### 10.5.6.1 Parámetros de prueba de extremo cercano

Se dispondrá de los siguientes parámetros de prueba de extremo cercano en la VTU-O y en la VTU-R:

- La *atenuación de bucle (ATN, loop attenuation)* es la diferencia en dB entre la potencia recibida en el extremo cercano y la transmitida desde el extremo distante. Se notificará esta atenuación por cada una de las portadoras utilizadas (sentido de recepción) en la gama de 0 a 63,5 dB, con pasos de 0,5 dB.
- El *margen de relación señal a ruido (SNR\_M, signal-to-noise ratio margin)* expresa la estimación del módem de la cantidad máxima en la que podría aumentar el ruido del receptor (interno y externo) sin provocar que el módem deje de cumplir con el requisito BER (véase 14.3). Este margen se notificará por cada una de las portadoras utilizadas (sentido de recepción) en la gama de -31,75 dB a +31,75 dB, con pasos de 0,25 dB.

#### 10.5.6.2 Parámetros de prueba de extremo distante

En la VTU-O se dispondrá de los siguientes parámetros de prueba de extremo distante:

- *Atenuación de bucle de extremo distante (FATN, far-end loop attenuation)*: Esta atenuación se mide en la VTU-R y se notifica a la VTU-O en la gama de 0 dB a 63,75 dB, en pasos de 0,25 dB. El byte número 0x00 del registro de datos 0x06 de la VTU-R contendrá la *FATN* por medio de todas las portadoras utilizadas en sentido descendente. Facultativamente,

podrá proporcionarse la *FATN* por cada banda en sentido descendente en números de bytes 0x01 a 0xFF.

- *Margen de la relación de señal a ruido de extremo distante (FSNR\_M, far-end signal-to-noise ratio margin)*: Este margen se mide en la VTU-R y se notifica a la VTU-O en la gama de -31,75 dB a +31,75 dB, en pasos de 0,25 dB. El byte número 0x00 del registro de datos 0x07 de la VTU-R contendrá el margen *FSNR\_M* promedio de todas las portadoras utilizadas en sentido descendente. Facultativamente, podrá proporcionarse el margen *FSNR\_M* por cada banda en sentido descendente en los bytes 0x01 a 0xFF.

NOTA – Los parámetros de prueba *ATN* y *SNR\_M* deberían actualizarse y suministrarse "por demanda" en cualquier momento a partir de la inicialización del sistema. No existe el requisito para supervisarlos continuamente.

## **10.6 Canal de tara VDSL (VOC)**

### **10.6.1 Ancho de banda de VOC**

Se incluirá un canal de control de tara de VDSL para soportar las funciones de tara. La velocidad del canal VOC bruta será de  $8 f_s V$  kbit/s, siendo  $f_s$  la velocidad de símbolos DMT en kHz (véase 9.2.2) y  $V$  el número de bytes por cada trama reservada para el transporte de VOC (véase el cuadro 8-3). El mecanismo que se aplica para sustentar el canal VOC se describe minuciosamente en 10.6.2.

### **10.6.2 Protocolo VOC**

Todos los mensajes VOC se transmitirán cinco veces consecutivas para mejorar la probabilidad de recepción y decodificación adecuadas. Una unidad transceptora aceptará un mensaje VOC únicamente si ha recibido tres mensajes idénticos en un periodo que abarque cinco de esos mensajes particulares. No se tomará ninguna medida cuando se reciba una instrucción que no se puede reconocer (menos de tres mensajes idénticos en una secuencia de cinco).

Entre dos mensajes consecutivos (es decir, una repetición de cinco), se transmitirán al menos 20 bytes en reposo que tendrán el valor 0x00.

### **10.6.3 Adaptación en línea de alto nivel**

#### **10.6.3.1 Intercambio de bits**

Este intercambio facilita que un sistema VDSL modifique el número de bits asignado a un subcanal, o la energía de transmisión de una subportadora sin interrumpir el flujo de datos.

Cualquiera de las VTU podrá iniciar un intercambio de bits y los procedimientos correspondientes en los sentidos ascendente y descendente serán independientes y podrán realizarse durante el mismo conjunto de supertramas. El módem que inicia el intercambio se define como "receptor" y será el que transmita el mensaje de petición de intercambio de bits recibiendo posteriormente el mensaje de confirmación correspondiente. El "transmisor" recibe la petición y transmite la confirmación del intercambio de bits.

Como máximo habrá una petición de intercambio de bits pendiente en el sentido descendente en cualquier momento y lo mismo es válido para el sentido ascendente.

El intercambio de bits es una característica obligatoria.

#### **10.6.3.2 Canal de intercambio de bits**

Los intercambios se conducirán utilizando el canal VOC a través del protocolo descrito en 10.6.2. Por consecuencia, todos los mensajes de intercambio de bits se repetirán cinco veces consecutivas por dicho canal.

### 10.6.3.3 Coordinación del intercambio de bits

El intercambio de bits se llevará a cabo utilizando contadores sincronizados en la VTU-O y en la VTU-R, los mismos que deberán aumentar en una unidad tras cada intervalo de trama de intercambio de bits. Este intervalo se define como la duración de 16 símbolos DMT. Los contadores se arrancan y aumentan como se indica a continuación:

- Los transmisores de VTU-O y de VTU-R arrancarán sus contadores inmediatamente después de la transición de la inicialización al funcionamiento en estado estacionario. El valor del contador de la primera supertrama será cero.
- Cada transmisor aumentará su contador después de transmitir cada trama de intercambio de bits.
- De la misma manera, cada receptor arrancará su contador inmediatamente después de la transición de inicialización al estado estacionario y a continuación, deberá aumentarlo tras haber recibido cada trama de intercambio de bits.

Cualquier forma de re arranque que exija una transición de la inicialización al estado estacionario provocará el reinicio de los contadores.

El recuento de las tramas de intercambio de bits se llevará a cabo como módulo 256.

### 10.6.3.4 Petición de intercambio de bits

Cuando el receptor detecta una degradación de SNR en uno o más subcanales, iniciará un proceso de intercambio de bits enviando la petición correspondiente al transmisor a través del canal VOC. Quedará a criterio del receptor determinar lo que se debe interpretar como una degradación. Esa petición indica al transmisor cuáles son los subcanales que se deben modificar. El mensaje de petición de intercambio de bits contendrá:

- una cabecera de mensaje VOC que consta de 8 unos binarios para indicar la consecución de la petición de intercambio de bits;
- cuatro campos de mensaje, cada uno de los cuales constará de una instrucción de 8 bits seguida por un índice de subcanal de 12 bits relacionado. Las instrucciones de 8 bits válidas para el mensaje de intercambio de bits deberán ser los que se muestran en el cuadro 10-6. El índice de subcanal de 12 bits se cuenta de la frecuencia más baja a la más alta y a la subportadora de frecuencia más baja se le asigna el número cero.

**Cuadro 10-6/G.993.1 – Instrucciones de petición de intercambio de bits**

Valor	Interpretación
00000000	No efectuar ninguna acción
00000001	Aumentar el número de bits asignado en uno
00000010	Disminuir el número de bits asignado en uno
00000011	Modificar la potencia de transmisión por el factor +1 dB
00000100	Modificar la potencia de transmisión por el factor +2 dB
00000101	Modificar la potencia de transmisión por el factor +3 dB
00000110	Modificar la potencia de transmisión por el factor -1 dB
00000111	Modificar la potencia de transmisión por el factor -2 dB
00001xxx	Reservado para instrucciones específicas de fabricante

Para una actualización de  $g_i$  con  $\Delta$  dB, el nuevo valor de  $g_i$  se calculará de la siguiente manera:

$$g_i' = 1/512 \times \text{redondeo}(512 g_i 10^{\Delta/20})$$

El mensaje de petición de intercambio de bits (es decir, el encabezado más los cuatro campos de mensaje, o sea un total de 11 bytes) se transmite cinco veces consecutivas.

#### 10.6.3.5 Confirmación del intercambio de bits

Una vez que una VTU (el transmisor) ha recibido tres mensajes de petición de intercambio de bits idénticos en el lapso de tiempo de cinco mensajes, el transmisor tratará la petición dentro de un periodo de 400 ms a partir de su recepción, enviando un mensaje de acuse de recibo del intercambio de bits, que contendrá lo siguiente:

- una cabecera de mensaje VOC con 8 unos binarios, para indicar la recepción del mensaje de petición;
- un campo de mensaje que consta de ocho unos binarios seguidos por el número del contador de tramas de intercambio de bits de ocho bits, que indica después de cuántos intervalos de tramas de intercambio de bits debería tener lugar el intercambio de bits. Este número debe ser por lo menos 200 veces más grande que el valor del contador cuando se recibió la petición de intercambio de bits y corresponde a un tiempo mínimo de espera de 800 ms.

En particular, el(los) nuevo(s) cuadro(s) de bits o de energía de transmisión, o ambos, tendrán vigencia a partir del primer símbolo de la trama de intercambio de bits de VDSL especificado por el número del contador de tramas de intercambio de bits. En otras palabras, si dicho número contenido en el mensaje de confirmación del intercambio de bits es  $n$ , el(los) nuevo(s) cuadro(s) tendrán vigencia a partir del primer símbolo aplicable de la  $n$ -ésima trama de intercambio de bits.

Cuando el transmisor recibe correctamente el mensaje, pero no puede realizar la acción solicitada, transmitirá un mensaje de imposible de cumplir (UTC, *unable-to-comply*) que constará de un solo byte con el valor 0xF0 (repetido en cinco ocasiones como se describe en 10.6.2).

#### 10.6.3.6 Intercambio de bits – Receptor

El receptor arrancará un temporizador de 500 ms desde el momento en que envía la petición de intercambio de bits. Si durante este tiempo no se recibe la confirmación, el receptor podrá retransmitir la petición. Después de un número determinado de reintentos no satisfactorios, el módem podrá tomar medidas discrecionales del fabricante para lograr el intercambio de bits.

El receptor tratará la petición de intercambio de bits una vez recibidos tres mensajes de confirmación de intercambio de bits idénticos en el lapso de tiempo de cinco mensajes, tras lo cual esperará hasta que el contador de tramas de intercambio de bits sea igual al valor especificado en el acuse de recibo de intercambio de bits. Acto seguido, comenzando con el primer símbolo en la siguiente trama de intercambio de bits, el receptor:

- modificará la asignación de bits de los subcanales pertinentes y, si procede, llevará a cabo el reordenamiento de los tonos que se debe a la nueva asignación de bits de subcanal;
- actualizará los parámetros de receptor aplicables de los subcanales pertinentes para considerar cualquier modificación de su energía transmitida.

#### 10.6.3.7 Intercambio de bits – Transmisor

Tras el envío del acuse de recibo de la petición de intercambio de bits, el transmisor esperará hasta que el contador de tramas de intercambio de bits sea igual al valor especificado en dicho acuse de recibo, tras lo cual comenzando con el primer símbolo de la siguiente trama de intercambio de bits, el transmisor:

- modificará la asignación de bits de los subcanales pertinentes y, si procede, realizará el reordenamiento de los tonos basándose en la nueva asignación de bits de subcanal;

- modificará la energía del transmisor en los subcanales pertinentes por los factores deseados.

### 10.6.3.8 Intercambio inmediato (*express*)

Este tipo de intercambio permite que un sistema VDSL modifique el número de bits asignados a un subcanal, o la energía de transmisión de una subportadora *sin* acuses de recibo de toma de contacto. Esta modalidad es facultativa y se introduce para aumentar el rendimiento del intercambio de bits.

El intercambio inmediato:

- aumenta la velocidad de ejecución de un intercambio de manera significativa;
- exige la utilización de un receptor más sofisticado para la supervisión de la señal recibida y determinar si se ejecutó correctamente una petición de intercambio inmediato.

### 10.6.3.9 Petición de intercambio inmediato

Cuando se detectan cambios en la SNR de lo subcanales, el receptor inicia un intercambio inmediato (*express*) enviando una petición de intercambio inmediato al transmisor a través del canal VOC.

Una instrucción de intercambio inmediato se envía sólo *una vez* y facilita la alteración de la distribución de bits (o la distribución de ganancias) de  $n$  tonos mediante la transmisión de una instrucción como se muestra en el cuadro 10-7.

**Cuadro 10-7/G.993.1 – Instrucción de petición de intercambio inmediato (*express*)**

Cabeceras de mensajes VOC	Longitud total del campo del mensaje VOC incluida su cabecera (bytes)	Interpretación
11110010	2,5 $n$ + 5 para $n$ par 2,5 $n$ + 4,5 para $n$ impar	Implementa la petición de intercambio de bits inmediato para un total de $n$ tonos en la <i>siguiente</i> trama de intercambio de bits
11110011	2,5 $n$ + 5 para $n$ par 2,5 $n$ + 4,5 para $n$ impar	Implementa la petición de intercambio de bits inmediato para un total de $n$ tonos en la trama <i>siguiente a siguiente</i> de intercambio de bits

Una instrucción de petición de intercambio inmediato contendrá:

- una cabecera de mensaje VOC que conste del patrón 11110010 ó 11110011 indicando la consecución de la petición de intercambio inmediato. El primer patrón significa que el intercambio inmediato se debería ejecutar en la siguiente trama de intercambio de bits mientras que el segundo se debería implementar en la siguiente a siguiente trama de intercambio de bits;
- un campo de mensaje de 12 bits que indica el número total de tonos ( $n$ ) cuyos bits o distribuciones de ganancia (o ambos) necesitan actualizarse;
- $n$  campos de mensaje, cada uno de los cuales debe tener 20 bits de longitud, de los cuales los 12 primeros indican el índice de subcanal y en el cuarteto superior de los siguientes 8 bits se codificará el nuevo número absoluto de bits, que es un número entre 0 y un máximo de 15, conforme a 0000 para ningún bit, 0010 para 2 bits, hasta 1111 para 15 bits, mientras que en el cuarteto inferior, con el bit más significativo como bit de signo, se codificará la ganancia relativa por una cantidad de 4 bits complemento de 2 entre  $-4$  y  $+3,5$  dB (con incrementos de 0,5 dB);
- 4 bits de relleno si  $n$  es par;
- una protección CRC de 16 bits interna para la detección de errores.

**Cuadro 10-8/G.993.1 – Instrucción de petición de intercambio inmediato (*express*)**

<b>Cabecera de mensaje</b>	<b>Control ES</b>	<b>Índice del primer tono</b>	<b>Bits/ganancia total del primer tono</b>	<b>..</b>	<b>Índice del n<sup>ésimo</sup> tono</b>	<b>Bits/ganancia total del n<sup>ésimo</sup> tono</b>	<b>Bits de relleno</b>	<b>CRC</b>
1111001x (1 byte)	Recuento de tonos (12 bits)	Número de tonos (12 bits)	Número de bits/ganancia (1 byte)		Número de tono (12 bits)	Número de bits/ganancia (1 byte)	0 a <i>n</i> impar 4 a <i>n</i> par	16 bits

No existe una instrucción de acuse de recibo de intercambio inmediato, por lo cual el receptor que inicia un intercambio *Express* se encargará de supervisar el regreso de la señal DMT para determinar si la instrucción ha sido implementada en el transmisor. En el caso de que no se detecte el intercambio en la supertrama correcta, el receptor supondrá que la petición no ha sido implementada en el transmisor y, en ese caso, el receptor DMT iniciador puede tomar la decisión de repetir la instrucción, enviar otra instrucción VOC o llevar a cabo un reacondicionamiento.

La función CRC al final de la instrucción utilizará el mismo protocolo CRC orientado a bytes que en la inicialización para la confirmación de la recepción correcta de los campos de mensaje. El polinomio empleado es  $g(Z) = Z^{16} + Z^{12} + Z^5 + 1$  donde  $Z$  es un avance de un periodo de un bit. La CRC se calculará para todos los bits en la instrucción de petición de intercambio inmediato.

## **11 Requisitos de calidad de funcionamiento**

### **11.1 Requisitos de la característica de error**

El sistema G.993.1 funcionará con un margen de ruido de por lo menos +6 dB y una tasa de bits con errores de largo plazo  $<1$  en  $10^7$ .

### **11.2 Requisitos de latencia**

La latencia del canal rápido promediada en los sentidos ascendente y descendente no será mayor que 1 ms, medida entre las interfaces  $\alpha$  y  $\beta$ .

### **11.3 Requisitos de inmunidad al ruido impulsivo**

Los sistemas G.993.1 proporcionarán protección contra las perturbaciones provocadas por el ruido impulsivo.

Asimismo, ofrecerán por lo menos dos niveles de protección que se establecerán y controlarán a través del NMS, conforme a 10.4.

El nivel de protección inferior es necesario para soportar los servicios sensibles a la latencia como es el caso de la voz, mientras que el nivel superior se exige para soportar los servicios sensibles a los errores de ráfaga como el vídeo de ocio.

En un canal VDSL con latencia superior, con un retardo máximo de 20 ms, la probabilidad de bits con error especificada en 11.1 no debería sobrepasarse cuando el trayecto esté sujeto a una ráfaga de ruido de hasta 500  $\mu$ s.

Facultativamente, se podrá funcionar con un retardo máximo de hasta 10 ms cuando el trayecto esté sujeto a una ráfaga de ruido de duración de hasta 250  $\mu$ s.

## 12 Inicialización

### 12.1 Toma de contacto – VTU-O

En la Rec. UIT-T G.994.1 se describen los procedimientos detallados para la toma de contacto en la VTU-O. Después de la energización, pérdida de señal o recuperación de errores durante el procedimiento de inicialización, la VTU-O pasará al estado C-SILENT1 G.994.1 o podrá pasar al estado C-TONES mediante una instrucción del operador de la red. La VTU-O podrá pasar al procedimiento de reinicio de inicialización si recibe una instrucción de la red. A partir de cualquier estado, el funcionamiento continuará conforme a los procedimientos definidos en la Rec. UIT-T G.994.1.

Si los procedimientos G.994.1 eligen el modo de operación conforme a la Rec. UIT-T G.993.1, la VTU-O pasará a G.993.1 cuando concluye el funcionamiento G.994.1. Si los procedimientos G.994.1 eligen el modo de operación conforme al anexo I/G.993.1, la VTU-O pasará al anexo I/G.993.1 cuando concluye el funcionamiento G.994.1.

#### 12.1.1 Mensajes CL

Si una VTU-O desea indicar capacidades tipo G.993.1 en un mensaje CL G.994.1, podrá efectuarlo fijando a UNO el bit SPar(1) G.993.1 definido en el cuadro 11.0.4/G.994.1. Los campos NPar(2) (cuadro 11.59/G.994.1) y SPar(2) (cuadro 11.60/G.994.1) corresponden al bit del nivel 1 de "G.993.1" como se definen en los cuadros 12-1 y 12-2 respectivamente. Por cada bit SPar(2) G.993.1 fijado a UNO, habrá también un campo NPar(3) correspondiente (véanse los cuadros 11.60.x.x en 9.4/G.994.1).

**Cuadro 12-1/G.993.1 – Definiciones del bit NPar(2) del mensaje CL de la VTU-O**

Bit NPar(2) G.994.1	Definición
OptUp	Si se fija a UNO, significa que la VTU-O podrá configurarse de tal manera que pueda utilizar la banda facultativa de 25 a 138 kHz para transmisión en sentido ascendente (VTU-R → VTU-O).
OptDn	Si se fija a UNO, significa que la VTU-O podrá configurarse de tal manera que pueda utilizar la banda facultativa de 25 a 138 kHz para transmisión en sentido descendente (VTU-O → VTU-R).
PSDRed	Si se fija a UNO, significa que las VTU-O y VTU-R podrán configurarse de tal manera que se reduzca la PSD en la región de frecuencias por debajo de 1,104 MHz.
PTM	Si se fija a UNO, significa que la VTU-O podrá configurarse para transporte PTM.
ATM	Si se fija a UNO, significa que la VTU-O podrá configurarse para transporte de células por ATM. (anexo G)
EOC-Clear	Si se fija a UNO, significa que la VTU-O acepta la transmisión y recepción de tramas OAM G.997.1.

En un mensaje CL se debe fijar a UNO por lo menos uno de los bits PTM y ATM.

**Cuadro 12-2/G.993.1 – Definiciones del bit SPar(2) del mensaje CL de la VTU-O**

<b>Bit SPar(2) G.994.1</b>	<b>Definición</b>
Bandas utilizadas en sentido ascendente	La utilización de este bit es facultativa y si se fija a UNO, indica las bandas empleadas en sentido ascendente. La banda facultativa entre 25 kHz y 138 kHz no debe incluirse.
Bandas utilizadas en sentido descendente	La utilización de este bit es facultativa y si se fija a UNO indica las bandas empleadas en sentido descendente. La banda facultativa entre 25 kHz y 138 kHz no debe incluirse.
Tamaño de IDFT/DFT	Este bit se fija siempre a UNO en un mensaje CL para indicar el tamaño máximo de IDFT/DFT que puede soportar la VTU-O. El valor estará presente en el campo NPar(3) correspondiente.
Longitud inicial de CE	Si se fija a CERO, significa que la VTU-O puede soportar únicamente la longitud de extensión cíclica obligatoria de 40 2 <sup>n</sup> para un número de tonos igual a 256 2 <sup>n</sup> . Si se fija a 1 en un mensaje CL, indica la longitud de la muestra inicial de la extensión cíclica que puede soportar la VTU-O. Además, significa que la VTU-O puede soportar longitudes de CE distintas de la longitud obligatoria. El valor estará presente en el campo NPar(3) correspondiente.  Si uno de los módems soporta únicamente el valor obligatorio, en ese caso se utilizará dicho valor.
Bandas RFI	La utilización de este bit es facultativa y si se fija a UNO, indica que se transmitirán las frecuencias de arranque y parada de las bandas RFI.

### 12.1.2 Mensajes de selección de modo (MS, *mode select messages*)

Para que una VTU-O pueda seleccionar el modo de funcionamiento G.993.1 en un mensaje MS G.994.1, deberá fijar a UNO el bit SPar(1) G.993.1 como se define en el cuadro 11.0.4/G.994.1. Los campos NPar(2) (cuadro 11.59/G.994.1) y SPar(2) (cuadro 11.60/G.994.1) correspondientes a este bit se definen en los cuadros 12-3 y 12-4, respectivamente. Por cada bit SPar(2) fijado a UNO, habrá también un campo NPar(3) correspondiente (véanse los cuadros 11.60.x.x en 9.4/G.994.1).

**Cuadro 12-3/G.993.1 – Definiciones del bit NPar(2) del mensaje MS de la VTU-O**

<b>Bit NPar(2)</b>	<b>Definición</b>
OptUp	Se debe fijar a UNO únicamente si este bit se fijó a UNO en el último mensaje CL y en el último mensaje CLR, lo que significa que la banda entre 25 kHz y 138 kHz se utilizará para transmisión en sentido ascendente (VTU-R → VTU-O).
OptDn	Se debe fijar a UNO únicamente si este bit se fijó a UNO en el último mensaje CL y en el último mensaje CLR, lo que significa que la banda entre 25 kHz y 138 kHz se utilizará para transmisión en sentido descendente (VTU-O → VTU-R).
PSDRed	Si se fija a UNO, significa que las VTU-O y VTU-R se configurarán a modo de reducir la PSD en la región de frecuencias por debajo de 1,104 MHz.
PTM	Se debe fijar a UNO, únicamente si este bit se fijó a UNO en el último mensaje CL y en el último mensaje CLR, lo que significa que las VTU-O y VTU-R habrán de configurarse para transporte PTM.
ATM	Se debe fijar a UNO, únicamente si este bit se fijó a UNO en el último mensaje CL y en el último mensaje CLR, lo que significa que las VTU-O y VTU-R habrán de configurarse para transporte de células ATM.
EOC-Clear	Se debe fijar a UNO, únicamente si este bit se fijó a UNO en el último mensaje CL y en el último mensaje CLR, lo que significa que las VTU-O y VTU-R podrán transmitir y recibir tramas OAM G.997.1.

Si se habilitan ambos bits, "OptUp" y "OptDn" en los mensajes CL y CLR, únicamente uno de ellos se fijará a UNO en un mensaje MS enviado desde la VTU-O, y la utilización de la banda entre 25 kHz y 138 kHz queda a criterio de esta última. Si las VTU-O y VTU-R no hacen uso común de la banda facultativa, en un mensaje MS enviado desde la VTU-O se habrán de fijar ambos bits a CERO.

En un mensaje MS enviado desde la VTU-O, únicamente UNO de los bits PTM y ATM se habrá de fijar a UNO. Si se habilitan ambos bits en los mensajes CL y CLR, la selección de PTM o ATM queda a criterio de la VTU-O.

**Cuadro 12-4/G.993.1 – Definiciones del bit SPar(2) del mensaje MS de la VTU-O**

<b>Bit SPar(2)</b>	<b>Definición</b>
Bandas utilizadas en sentido ascendente	Se fija siempre a CERO en un mensaje MS.
Bandas utilizadas en sentido descendente	Se fija siempre a CERO en un mensaje MS.
Tamaño de IDFT/DFT	Se fija siempre a UNO en un mensaje MS, para indicar el tamaño máximo de IDFT/DFT que pueden soportar las VTU-O y VTU-R. El valor estará presente en el campo NPar(3) correspondiente.
Longitud inicial de <i>CE</i>	Se fija a CERO únicamente si este bit se fijó a CERO en el último mensaje CL o en el último mensaje CLR, o en ambos lo que significa que las VTU-O y VTU-R utilizarán únicamente la longitud de extensión cíclica obligatoria.  Se debe fijar a UNO únicamente si este bit se fijó a UNO en el último mensaje CL y en último mensaje CLR, lo que indica la longitud de muestra inicial de la extensión cíclica o bien que las VTU-O y VTU-R pueden soportar longitudes de CE distintas de la obligatoria. El valor se dará en el campo NPar(3) correspondiente.
Bandas de RFI	Se fija siempre a CERO en un mensaje MS.

## 12.2 Toma de contacto – VTU-R

En la Rec. UIT-T G.994.1 se describen los procedimientos detallados para la toma de contacto en la VTU-R. Tras la energización, pérdida de señal o recuperación de errores durante el procedimiento de inicialización, una VTU-R pasará al estado inicial R-SILENT0 G.994.1. La VTU-R cuando recibe una instrucción del controlador anfitrión, iniciará la toma de contacto pasando del estado R-SILENT0 al estado R-TONES-REQ G.994.1 y enseguida continuará en funcionamiento conforme a los procedimientos definidos en la Rec. UIT-T G.994.1.

Si los procedimientos G.994.1 eligen el modo de funcionamiento G.993.1, la VTU-R pasará a G.993.1 cuando concluye el funcionamiento G.994.1. Si por el contrario los procedimientos G.994.1 eligen el modo de operación conforme al anexo I/G.993.1, la VTU-R pasará al modo del anexo I/G.993.1 cuando concluye el funcionamiento G.994.1.

### 12.2.1 Mensajes de petición de lista de capacidades (CLR, *capabilities list request*)

Cuando una VTU-R desea indicar capacidades G.993.1 en un mensaje CLR G.994.1, podrá llevarlo a cabo fijando a UNO el bit SPar(1) G.993.1 definido en el cuadro 11.0.4/G.994.1. Los campos NPar(2) (cuadro 11.59/G.994.1) y SPar(2) (cuadro 11.60/G.994.1) correspondientes al bit SPar(1) G.993.1 se definen en los cuadros 12-5 y 12-6, respectivamente. Por cada bit SPar(2) de nivel 2 fijado a UNO, habrá también un campo NPar(3) correspondiente (véanse los cuadros 11.60.x.x en 9.4/G.994.1).

**Cuadro 12-5/G.993.1 – Definiciones del bit NPar(2) del mensaje CLR de VTU-R**

<b>Bit NPar(2)</b>	<b>Definición</b>
OptUp	Si se fija a UNO, significa que la VTU-R tiene la capacidad para utilizar la banda entre 25 kHz y 138 kHz y que la banda puede emplearse para transmisión en sentido ascendente (VTU-R → VTU-O).
OptDn	Si se fija a UNO, significa que la VTU-R tiene la capacidad para utilizar la banda entre 25 kHz y 138 kHz y que la banda puede emplearse para transmisión en sentido descendente (VTU-O → VTU-R).
PSDRed	Se fijará a UNO.
PTM	Si se fija a UNO, significa que la VTU-R puede configurarse para transporte PTM.
ATM	Si se fija a UNO, significa que la VTU-R puede configurarse para transporte de células ATM.
EOC-Clear	Si se fija a UNO, significa que la VTU-R soporta transmisión y recepción de tramas OAM G.997.1.

En un mensaje CLR por lo menos uno de los bits de PTM y ATM se fijará a 1.

**Cuadro 12-6/G.993.1 – Definiciones de bit SPar(2) de mensaje CLR de la VTU-R**

<b>Bit SPar(2)</b>	<b>Definición</b>
Bandas utilizadas en sentido ascendente	En un mensaje CLR se fija siempre a CERO.
Bandas utilizadas en sentido descendente	En un mensaje CLR se fija siempre a CERO.
Tamaño de IDFT/DFT	En un mensaje CLR se fija siempre a UNO. Para indicar el tamaño máximo de IDFT/DFT que soporta la VTU-R. El valor estará presente en el campo NPar(3) correspondiente.
Longitud inicial de <i>CE</i>	Si se fija a CERO, significa que la VTU-R puede soportar únicamente la longitud de extensión cíclica obligatoria de 40 2 <sup>n</sup> para un número de tonos igual a 256 2 <sup>n</sup> .  Si se fija a UNO en un mensaje CLR, indica la longitud de muestra inicial de la extensión cíclica que puede soportar la VTU-R y también significa que ésta puede soportar longitudes de CE distintas de la obligatoria. El valor estará presente en el campo NPar(3) correspondiente.  Si uno de los módems soporta únicamente el valor obligatorio, en este caso se utilizará este valor.
Banda de RFI	En un mensaje CLR se fija siempre a CERO.

### 12.2.2 Mensajes MS

Para que una VTU-R seleccione el modo de funcionamiento G.993.1 en un mensaje MS G.994.1 deberá fijar a UNO el bit SPar(1) G.993.1 conforme al cuadro 11.0.4/G.994.1. Los campos NPar(2) (cuadro 11.59/G.994.1) y SPar(2) (cuadro 11.60/G.994.1) correspondientes a este bit se definen en los cuadros 12-7 y 12-8, respectivamente. Por cada bit SPar(2) G.993.1 fijado a UNO, habrá un campo NPar(3) correspondiente (véanse los cuadros 11.60.x.x en 9.4/G.994.1).

**Cuadro 12-7/G.993.1 – Definiciones del bit NPar(2) del mensaje MS de la VTU-R**

Bit NPar(2)	Definición
OptUp	Se debe fijar a UNO únicamente si ese bit se fijó a UNO en el último mensaje CL y en el último mensaje CLR, lo que significa que la banda entre 25 kHz y 138 kHz se utilizará para transmisión en sentido ascendente (VTU-R → VTU-O).
OptDn	Se debe fijar a UNO únicamente si este bit se fijó a UNO en el último mensaje CL y en el último mensaje CLR, lo que significa que la banda entre 25 kHz y 138 kHz se utilizará para transmisión en sentido descendente (VTU-O → VTU-R).
PSDRed	Si se fija a UNO en un mensaje CL, se fijará a UNO en un mensaje MS y significa que las VTU-O y VTU-R se configurarán para reducir la PSD en la región de frecuencias por debajo de 1,104 MHz.
PTM	Se debe fijar a UNO, únicamente si este bit se fijó a UNO en el último mensaje CL y en el último mensaje CLR, lo que significa que las VTU-O y VTU-R se configurarán para transporte PTM.
ATM	Se debe fijar a UNO, únicamente si este bit se fijó a UNO en el último mensaje CL y en el último mensaje CLR, lo que significa que las VTU-O y VTU-R se configurarán para transporte de células por ATM.
EOC-Clear	Se debe fijar a UNO, únicamente si este bit se fijó a UNO en el último mensaje CL y en el último mensaje CLR, lo que significa que las VTU-O y VTU-R podrán transmitir y recibir tramas OAM G.997.1.

Si se habilitan ambos bits "OptUp" y "OptDn" en los mensajes CL y CLR, únicamente uno de los bits se fijará a 1 en un mensaje MS enviado desde la VTU-R, y la utilización de la banda entre 25 kHz y 138 kHz quedará a criterio de la VTU-R. Si las VTU-O y VTU-R no efectúan un uso común de la banda facultativa, ambos bits se fijarán a CERO en un mensaje MS enviado desde la VTU-R.

Únicamente uno de los bits PTM y ATM se fijará a UNO en un mensaje MS enviado desde la VTU-R. Si ambos bits se habilitan en el mensaje CL y CLR, la selección de PTM o de ATM quedará a criterio de la VTU-R.

**Cuadro 12-8/G.993.1 – Definiciones de bit SPar(2) de mensaje MS de la VTU-R**

Bit SPar(2)	Definición
Bandas utilizadas en sentido ascendente	En un mensaje MS se fija siempre a CERO.
Bandas utilizadas en sentido descendente	En un mensaje MS se fija siempre a CERO.
Tamaño de IDFT/DFT	En un mensaje MS se fija siempre a UNO para indicar el tamaño máximo de IDFT/DFT que pueden soportar la VTU-O y la VTU-R. El valor estará presente en el campo NPar(3) correspondiente.
Longitud inicial de CE	Se debe fijar a CERO únicamente si este bit se fijó a CERO en el último mensaje CL o en el último mensaje CLR, o en ambos, lo que significa que las VTU-O y VTU-R utilizarán únicamente la longitud de extensión cíclica obligatoria.  Se debe fijar a UNO únicamente si este bit se fijó a UNO en el último mensaje CL y en el último mensaje CLR, lo que indica la longitud de muestra inicial de la extensión cíclica y también que tanto la VTU-O como la VTU-R pueden soportar longitudes de CE distintas de la obligatoria. El valor se dará en el campo NPar(3) correspondiente.
Bandas de RFI	En un mensaje MS se fija siempre a CERO.

### 12.2.3 Mensaje de propuesta de modo (MP, *mode proposal messages*)

Para que una VTU-R proponga el modo de funcionamiento G.993.1 en un mensaje MP G.994.1 deberá fijar a UNO el bit SPar(1) G.993.1 conforme al cuadro 11.0.4/G.994.1. Los campos NPar(2) (cuadro 11.59/G.994.1) y SPar(2) (cuadro 11.60/G.994.1) correspondientes a este bit se definen en los cuadros 12-9 y 12-10, respectivamente. Por cada bit SPar(2) de nivel 2 fijado a 1<sub>b</sub>, estará presente un campo NPar(3) correspondiente (véanse los cuadros 11.60.x.x en 9.4/G.994.1).

**Cuadro 12-9/G.993.1 – Definiciones de bit NPar(2) de mensaje MP de la VTU-R**

Bit NPar(2)	Definición
OptUp	Si se fija a UNO, significa que se propone la utilización de la banda facultativa de 25 kHz a 138 kHz para transmisión en sentido ascendente (VTU-R → VTU-O). En un mensaje MP, sólo uno de los bits OptUp y OptDn podrá fijarse a UNO.
OptDn	Si se fija a UNO, significa que se propone la utilización de la banda facultativa de 25 kHz a 138 kHz para transmisión en sentido descendente (VTU-O → VTU-R). En un mensaje MP, sólo uno de los bits OptUp y OptDn podrá fijarse a UNO.
PSDRed	Si se fija a UNO, significa que se propone reducir la PSD en la región de frecuencias por debajo de 1,104 MHz.
PTM	Se debe fijar a UNO, únicamente si este bit se fijó a UNO en el último mensaje CL y en el último mensaje CLR, y significa que se propone que las VTU-O y VTU-R se configuren para transporte PTM.
ATM	Se debe fijar a UNO, únicamente si este bit se fijó a UNO en el último mensaje CL y en el último mensaje CLR, y significa que se propone que las VTU-O y VTU-R se configuren para transporte de células por ATM.
EOC-Clear	Se debe fijar a UNO, únicamente si este bit se fijó a UNO en el último mensaje CL y en el último mensaje CLR, lo que significa que se propone que las VTU-O y VTU-R puedan transmitir y recibir tramas OAM G.997.1.

Únicamente uno de los bits PTM y ATM se fijará a UNO en un mensaje MP enviado por la VTU-R.

**Cuadro 12-10/G.993.1 – Definiciones de bit SPar(2) de mensaje MP de la VTU-R**

Bit SPar(2)	Definición
Bandas utilizadas en sentido ascendente	En un mensaje MP se fija siempre a CERO.
Bandas utilizadas en sentido descendente	En un mensaje MP se fija siempre a CERO.
Tamaño de IDFT/DFT	En un mensaje MP se fija siempre a UNO para indicar el tamaño máximo de IDFT/DFT que pueden aceptar las VTU-O y VTU-R. El valor estará presente en el campo NPar(3) correspondiente.
Longitud inicial de CE	Se debe fijar a CERO únicamente si este bit se fijó a CERO en el último mensaje CL o en el último mensaje CLR, o en ambos, lo que significa que las VTU-O y VTU-R utilizarán únicamente la longitud de extensión cíclica obligatoria.  Se debe fijar a UNO únicamente si este bit se fijó a UNO en el último mensaje CL y en el último mensaje CLR, lo que indica la longitud de muestra inicial de la extensión cíclica y además que las VTU-O y VTU-R pueden soportar longitudes CE distintas de la obligatoria. El valor se dará en el campo NPar(3) correspondiente.
Bandas de RFI	En un mensaje MP se fija siempre a CERO.

## 12.3 Estado del enlace y diagrama de tiempos

### 12.3.1 Visión general

En la figura 12-1 se describen el estado del enlace VDSL y el diagrama de tiempos. El diagrama incluye cinco estados (bloques ovalados), cuatro procedimientos de activación de enlace (bloques rectangulares) y dos tipos de desactivación de enlace.

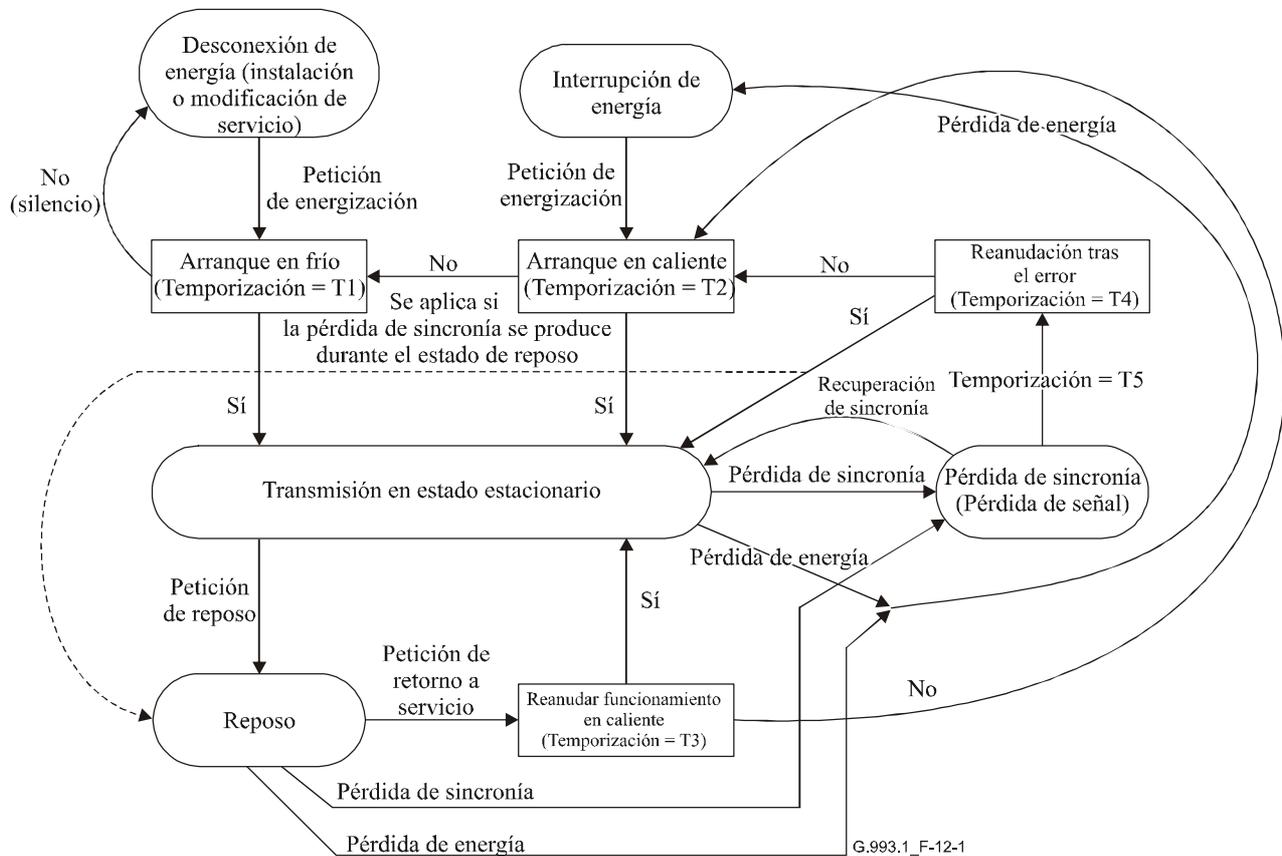


Figura 12-1/G.993.1 – Estado del enlace VDSL y diagrama de tiempos

#### 12.3.1.1 Estados

El estado de enlace y el diagrama de temporización incluirán los cinco estados siguientes:

- 1) La *desenergización* es el estado inicial que se emplea para la instalación y modificación de servicio antes del primer proceso de energización.
- 2) La *transmisión en estado estacionario* es un estado que se alcanza tras haber completado el proceso de activación del enlace. En este estado, el enlace transportará información de usuario con características de calidad de funcionamiento normalizadas.
- 3) La *pérdida de sincronía (pérdida de señal)* es un estado al que se llega si se produce una pérdida de sincronización de transmisión de tramas (y también como resultado de pérdida de energía de señal o de pérdida de temporización de símbolo). Durante ese estado se interrumpe el enlace. El enlace regresará de este estado al de *transmisión en estado estacionario* si se recupera la sincronización de tramas en un corto periodo de tiempo (T5), de lo contrario, pasará a realizar el procedimiento de activación de *Resume-on-error*.
- 4) La *interrupción de energía* es un estado alcanzado tras una interrupción prevista de energía, un fallo de energía o una desactivación *QUIET* en la VTU-O o en la VTU-R. Durante este estado el enlace se interrumpe y pasará de este estado al procedimiento de *arranque en caliente* enviando una petición de energización.

- 5) El *estado de reposo* genera baja diafonía y un consumo de energía reducido para el enlace cuando no hay llamadas de banda ancha en curso. Cuando la VTU-O o la VTU-R detecta una señal de alerta de llamada de banda ancha (petición de retorno a servicio) de la red o del CPE, respectivamente, se ejecuta un procedimiento de *reanudación de funcionamiento* en caliente.

NOTA – Si se mantiene la conexión del enlace durante el estado *de reposo*, se debería proporcionar por lo menos la supervisión de eventos de sincronización de tramas de datos, transparencia de VOC y pérdida de sincronización. La transparencia de los canales de datos de usuario y del canal EOC es facultativa. Si la conexión del enlace no se mantiene durante ese estado, no se supervisa el evento de pérdida de sincronía.

### **12.3.1.2 Procedimientos de activación**

La VTU-R o la VTU-O debe ser capaz de iniciar el proceso de activación, el mismo que podrá arrancarse mediante una petición de energización o tras la interrupción/desactivación del enlace. Un proceso de activación que se completa satisfactoriamente permite que el enlace se prepare para la comunicación de datos en régimen permanente.

#### **12.3.1.3 Arranque en frío**

Se aplica tras la energización inicial o tras una activación de *arranque en caliente* no satisfactoria. Si concluye no satisfactoriamente, se tendrán que efectuar algunas modificaciones al servicio instalado para simplificar el establecimiento del enlace.

NOTA – Por lo general, la activación de *arranque en frío* no satisfactoria se produce cuando el entorno del enlace activado (atenuación, ruido, etc.) no permite ofrecer el servicio deseado.

#### **12.3.1.4 Arranque en caliente**

Se aplica tras una activación de reanudación tras el error no satisfactoria, o una activación de *reanudación en caliente* no satisfactoria, o tras un evento de fallo de interrupción de energía/energía o de desactivación de enlace (*QUIET*). Si fracasa el *arranque en caliente*, se aplica la activación de *arranque en frío*.

NOTA – Por lo general, la activación de *arranque en caliente* no satisfactoria se produce tras una modificación significativa de las características de la línea (por ejemplo, una conexión a una nueva línea con parámetros desconocidos).

#### **12.3.1.5 Reanudación tras el error**

Se aplicará tras una interrupción de enlace debida a pérdida de sincronización, que no pudo autorrecuperarse durante el periodo de temporización definido (T5). Si fracasa la *reanudación tras el error*, se aplicará la activación de arranque en caliente.

NOTA – Por lo general, la activación de *reanudación tras el error* no satisfactoria se debe a una modificación temporal de las condiciones de ruido en el bucle o a la modificación de los parámetros de transmisión.

#### **12.3.1.6 Reanudación en caliente**

Se aplica cuando se recibe una señal de alerta de llamada de banda ancha (instrucción de petición de retorno a servicio) si el enlace se encuentra en el modo *en reposo*. Si fracasa la *reanudación en caliente*, se aplicará la activación de arranque en caliente.

NOTA 1 – Por lo general la activación de *reanudación en caliente* no satisfactoria se debe a una modificación temporal de las condiciones de ruido en el bucle.

NOTA 2 – La instrucción de petición de retorno a servicio podrá aplicarse tanto en la VTU-O como en la VTU-R.

### **12.3.2 Proceso de activación**

Cualquiera de los procesos de activación definidos incluye conceptualmente las siguientes fases:

- 1) sincronización de la subcapa PMD en sentido ascendente y descendente;

- 2) sincronización de la subcapa PMS-TC en sentido ascendente y descendente;
- 3) apertura de la comunicación de datos en régimen permanente entre la VTU-O y la VTU-R (activación de la subcapa TPS-TC).

### 12.3.3 Procedimiento de desactivación

Podrá iniciarse en la VTU-O o en la VTU-R mediante señales de control especiales. Las VTU-O y VTU-R deberían soportar dos tipos de desactivación de enlace.

- 1) *QUIET* terminará el enlace y se aplicará si se produce un fallo de energía, o si se desea un reinicio de transceptor, o como parte del proceso de interrupción de energía. Se podrá iniciar *QUIET* mientras el enlace se encuentra en cualquier estado o durante cualquier proceso de activación. En cualquier caso, excepto en el de arranque en frío, tras la desactivación tipo *QUIET* el enlace pasará al estado de interrupción de energía. La desactivación *QUIET* durante el estado de arranque en frío pasará el enlace al estado inicial (desenergizado).
- 2) La *petición de reposo* hará que el enlace pase al estado *de reposo*. Esta *petición* podrá aplicarse cuando se recibe una petición de deliberación de llamada de banda ancha sólo mientras el enlace se encuentra en el estado de transmisión de régimen permanente.

NOTA – El procedimiento de activación de *reanudación en caliente* se aplica para regresar el enlace del estado *de reposo* al estado de *transmisión en régimen permanente*.

### 12.3.4 Retardo para regresar al servicio

Se define mediante el tiempo de activación, que es igual al intervalo de tiempo desde el comienzo del proceso de activación hasta que el enlace alcanza la comunicación de régimen permanente. El tiempo de activación no debe sobrepasar el valor de las constantes de tiempo T1-T5, enumeradas en el cuadro 12-11.

**Cuadro 12-11/G.993.1 – Constantes de tiempo de activación**

Proceso	Constante de tiempo	Valor máximo [ms]
Activación de arranque en frío	T1	10 000
Activación de arranque en caliente	T2	5000
Activación de reanudación en caliente	T3	100
Activación de reanudación tras el error	T4	300
Recuperación de pérdida de sincronía	T5	200

## 12.4 Método de activación/desactivación de enlace

### 12.4.1 Visión general

El proceso de inicialización de un par VTU-O/VTU-R incluye un conjunto de tareas:

- definición de un modo de funcionamiento común;
- sincronización (alineación del reloj de muestreo y símbolos);
- transferencia de la asignación de banda de frecuencias y de información de la plantilla PSD de la VTU-O a la VTU-R;
- identificación de canal;
- identificación de ruido;

- cálculo de los cuadros de carga de bit y de energía;
- intercambio de parámetros (valores de RS, parámetros del entrelazador, valores de VOC, cuadros de carga de bit y de energía, ...).

La información referente a la plantilla PSD, la asignación de banda de frecuencias, la localización de las bandas HAM y RFI, y la tasa de simetría de la velocidad binaria está disponible inicialmente en el lado de la VTU-O. Durante la toma de contacto G.994.1 se intercambiará el valor inicial de la extensión cíclica, mientras que el avance de temporización (véanse 9.2.2 y 9.2.3.3) se fijará al valor por defecto correspondiente a un bucle con longitud de 1,5 km.

NOTA – Facultativamente, durante la toma de contacto G.994.1 se podrá negociar un valor distinto al valor por defecto del avance de temporización, lo que permitiría la comunicación en bucles más largos (lo cual podrá ser factible utilizando la banda de frecuencias facultativa para transmisión en sentido ascendente).

La línea de tiempo en la figura 12-2 ofrece una visión general del protocolo de inicialización. A continuación del procedimiento de toma de contacto inicial G.994.1, se establece un enlace dúplex completo entre las VTU-O y VTU-R. Durante la fase de acondicionamiento, se refinarán el avance de temporización y la reducción de potencia en sentido ascendente. Durante el estado de análisis e intercambio de canal, los dos módems medirán las características del canal y llegarán a un acuerdo de un contrato que definirá al detalle el enlace de comunicación.

VTU-O

Activación: Procedimientos de toma de contacto G.994.1 (véase 12.4.3)	Acondicionamiento (véase 12.4.4)	Análisis de canal e intercambio (véase 12.4.6)
--	-------------------------------------	---

VTU-R

Activación: Procedimientos de toma de contacto G.994.1 (véase 12.4.3)	Acondicionamiento (véase 12.4.4)	Análisis de canal e intercambio (véase 12.4.6)
--	-------------------------------------	---

**Figura 12-2/G.993.1 – Síntesis de la inicialización**

La transición entre estados o los diversos funcionamientos se efectuará a continuación de la conclusión del estado en curso o de la tarea particular y no en instantes predeterminados.

Durante la inicialización (aunque no en la fase de toma de contacto inicial G.994.1), se dispondrá de un canal de mensajes de SOC a fin de intercambiar información.

## 12.4.2 Protocolo de SOC

### 12.4.2.1 Formato de mensaje

El protocolo SOC utilizará un formato similar al de HDLC incluyendo relleno de byte para delimitar los mensajes como se especifica en la Rec. UIT-T G.994.1. Se garantiza una transmisión fiable utilizando el modo de repetición automática (AR, *automatic repeat*) o el modo de petición de repetición (RQ, *repeat request*). El tamaño máximo de una trama HDLC será 1026 bytes (que define también el tamaño máximo de un segmento de mensaje SOC), que representa el tamaño del contenido útil antes de los octetos de relleno y la adición de algunas banderas.

Durante el modo AR, se repetirá automáticamente el mensaje encapsulado en la trama HDLC. Entre tramas sucesivas se insertarán al menos cuatro banderas de reposo (0x7E).

En el modo RQ, los mensajes encapsulados en la trama HDLC se enviarán una vez. No obstante, la VTU que espera el mensaje tendrá la posibilidad de solicitar al extremo distante que lo repita mediante el envío de un mensaje REPEAT\_REQUEST. Esta operación es necesaria cuando el mensaje esperado tiene una secuencia de verificación errónea o bien ha expirado un temporizador. Tras el envío de dos mensajes REPEAT\_REQUEST no satisfactorio, se abortará el proceso de

inicialización, lo que significa que el lado iniciador reanunciará la toma de contacto G.994.1 tras un periodo de silencio. Después de varios intentos no satisfactorios, los módems cesarán los intentos. El número de intentos que se lleva a cabo antes del cese final del proceso de inicialización será seleccionado por el módem iniciador.

Un mensaje SOC incluirá un número entero de octetos (8 bits por octeto), los mismos que se transmitirán con el bit menos significativo en primer lugar. El mensaje se subdivide en campos y cada uno contendrá más de un byte, en cuyo caso, el campo se dividirá por bytes transmitiendo en primer lugar el byte que contiene los bits más significativos. Por ejemplo un campo con los 16 bits  $m_{15}, \dots, m_0$  se segmentará en un primer byte  $B_0 = m_{15} \dots m_8$  y un segundo byte  $B_1 = m_7 \dots m_0$ . Algunos campos se podrán fusionar para formar una entidad lógica denominada un macrocampo, como es el caso de "descriptor PSD", "descriptor de banda".

En la figura 12-3 se ilustra la estructura de una trama HDLC.

<i>Significado</i>	<b>Valor</b>
	← 1 byte →
<i>Bandera</i>	0x7E
<i>Campo de dirección</i>	Dirección
<i>Campo de control</i>	Control
<i>Cabida útil de información</i>	Bytes de cabida útil
<i>Secuencia de verificación</i>	FCS
<i>Secuencia de verificación</i>	FCS
<i>Bandera</i>	0x7E

**Figura 12-3/G.993.1 – Estructura de una trama HDLC**

#### 12.4.2.2 O/R-REPOSO

Cuando la VTU-O se encuentra en estado de reposo (es decir, no tiene un mensaje SOC que deba enviar), enviará un mensaje O-IDLE. Mientras que la VTU-R enviará el mensaje R-IDLE cuando se encuentra en el mismo estado.

Los mensajes O-IDLE y R-IDLE corresponden al estado de reposo del protocolo HDLC: 0x7E. Este octeto se transmitirá reiteradamente (es decir, no hay tramas HDLC).

#### 12.4.2.3 O/R-REPEAT\_REQUEST

Con este mensaje se solicita al lado distante que repita el último mensaje no confirmado.

NOTA – Debido a la estructura de la secuencia de inicialización se acusa recibo de todos los mensajes mediante otro mensaje o mediante una transición de tipo de símbolo. La cabida útil de información del mensaje consiste en un octeto: 0x55.

En el modo AR, los mensajes REPEAT\_REQUEST no serán tomados en cuenta.

Cuando los mensajes se segmentan, el mensaje REPEAT\_REQUEST podrá solicitar la retransmisión de un segmento particular de un mensaje (véase 12.4.2.6).

#### 12.4.2.4 Códigos de mensaje

La cabida útil de información de cada mensaje SOC comenzará con un campo (con longitud de un byte) que incluirá un código único que identificará el mensaje y permitirá el reconocimiento rápido y fácil de cada mensaje SOC. En el cuadro 12-12 se muestran los códigos de mensaje de todos los mensajes enviados durante la secuencia de inicialización, en notación hexadecimal, numerados en el orden en que aparecen. Los mensajes originados en la VTU-O tienen el MSB igual a cero, mientras

que los de la VTU-R lo tienen igual a uno. Algunos mensajes de un sólo byte tienen códigos especiales.

**Cuadro 12-12/G.993.1 – Códigos de los mensajes SOC**

Mensaje SOC	Código de mensaje
O/R-REPEAT_REQUEST	0x55 (nota)
R-ACK	0x00 (nota)
R-NACK	0xFF (nota)
O/R-ACK-SEG	0x0F (nota)
O-SIGNATURE	0x01
O-UPDATEn	0x02
O-MSG1	0x03
O-MSG2	0x04
O-CONTRACTn	0x05
O-B&G	0x06
R-MSG1	0x81
R-MSG2	0x82
R-CONTRACT1	0x83
R-MARGINn	0x84
R-B&G	0x85
NOTA – Se trata de toda la cabida útil del mensaje.	

#### 12.4.2.5 Campos de mensaje

Convencionalmente, la información en un mensaje SOC se subdividirá en varios campos que se describen con detalle más adelante. Es posible que versiones futuras añadirán campos suplementarios.

Por razones de compatibilidad con versiones anteriores, los campos que se añadan en el futuro se agregarán a los campos definidos actualmente.

Para garantizar el funcionamiento futuro, la implementación actual no tomará en cuenta ningún campo suplementario a continuación de los campos que se definen en un mensaje.

#### 12.4.2.6 Segmentación de mensajes

Existe la posibilidad de que algunos mensajes sean más grandes que el tamaño de trama máximo permitido para una trama HDLC (1026 octetos), por consecuencia se podrán segmentar los mensajes antes de su transmisión, para lo cual a todos los mensajes transmitidos durante la inicialización se les asignará un número que permitirá contarlos. Este número se almacenará en un byte y retornará a 0 en caso de saturación. El valor 0 no se utilizará ya que tiene un significado especial (que se examinará más adelante). Esto significa que el número 255 será seguido por 1.

Este "índice de mensaje" se transmitirá en el campo de dirección de la trama HDLC (véase la figura 12-3). El índice permitirá rastrear los mensajes perdidos y solicitar la retransmisión de un mensaje particular. El índice se fijará inicialmente a uno y aumentará en uno tras la transmisión de un mensaje. El índice no se verá aumentado en el caso de un mensaje REPEAT-REQUEST. El recuento de los mensajes comenzará cuando la transmisión inicie el empleo del modo RQ en lugar del modo de repetición automática (AR).

Se incluirá un índice de segmentación (1 byte) en el campo de control de la trama HDLC. Los cuatro bits MSB de este campo indicarán el número de segmentos que conforman el mensaje total. Los cuatro bits LSB indicarán el índice del segmento actual. Por ejemplo, el valor de 0x93 indica el tercer segmento de un total de nueve. En el caso de que el mensaje no se segmente, el valor del campo será 0x11.

El mensaje REPEAT-REQUEST tendrá un comportamiento distinto del resto de los mensajes, ya que el contador del índice de este tipo de mensajes no aumentará cuando se envíe uno de ellos. Además, en este caso el significado del índice del mensaje y del índice de segmentación es diferente.

El índice del mensaje REPEAT-REQUEST incluirá el índice del mensaje que deberá retransmitirse. El valor por defecto de cero indica que se debería enviar el último mensaje no confirmado (ésta es la razón por la que no se debe utilizar nunca el número cero como índice de mensaje para cualquier otro mensaje). Si este mensaje contiene varios segmentos, sólo se retransmitirá el último segmento.

De igual manera, el campo de control incluirá el segmento que debería retransmitirse. El contenido útil de información del mensaje REPEAT-REQUEST contendrá aún un byte que a su vez incluye el valor 0x55.

Durante el procedimiento de inicialización un transmisor no debería enviar nunca dos mensajes consecutivos sin haber recibido el acuse de recibo del primer mensaje. El transmisor siempre debe recibir algún mensaje del otro extremo antes de transmitir nuevamente. Por consiguiente, se enviará un acuse de recibo de todos excepto del último segmento. Por lo general, el último segmento señala el fin del mensaje y por esa razón será confirmado por la respuesta a este mensaje. Se utilizará el mensaje ACK-SEG (véase el cuadro 12-12) para confirmar la recepción de otros segmentos. El mensaje ACK-SEG tendrá su propio índice de mensaje y de segmento, que no harán referencia al mensaje segmentado que se está enviando.

Los mensajes (o segmentos), una vez confirmados, no se prevé que se retransmitan de nuevo. Además, no se tomará en cuenta un mensaje REPEAT-REQUEST que contenga un número superior al valor más reciente del contador.

En el modo AR, la segmentación se efectúa de la misma manera, pero no habrá acuse de recibo (ACK-SEG) entre los distintos segmentos del mismo mensaje. Los segmentos se transmitirán en orden.

### **12.4.3 Procedimiento de toma de contacto G.994.1**

Se transmitirán los siguientes parámetros con G.994.1:

- El tamaño de IDFT/DFT,  $N$   
NOTA – El tamaño de (I)FFT es el doble del número de tonos NSC.
- La longitud inicial de la extensión cíclica:  $CE = L_{CS} + L_{CP} - \beta$ .
- Banderas que indican la utilización de la banda facultativa, 25 ~ 138 kHz.

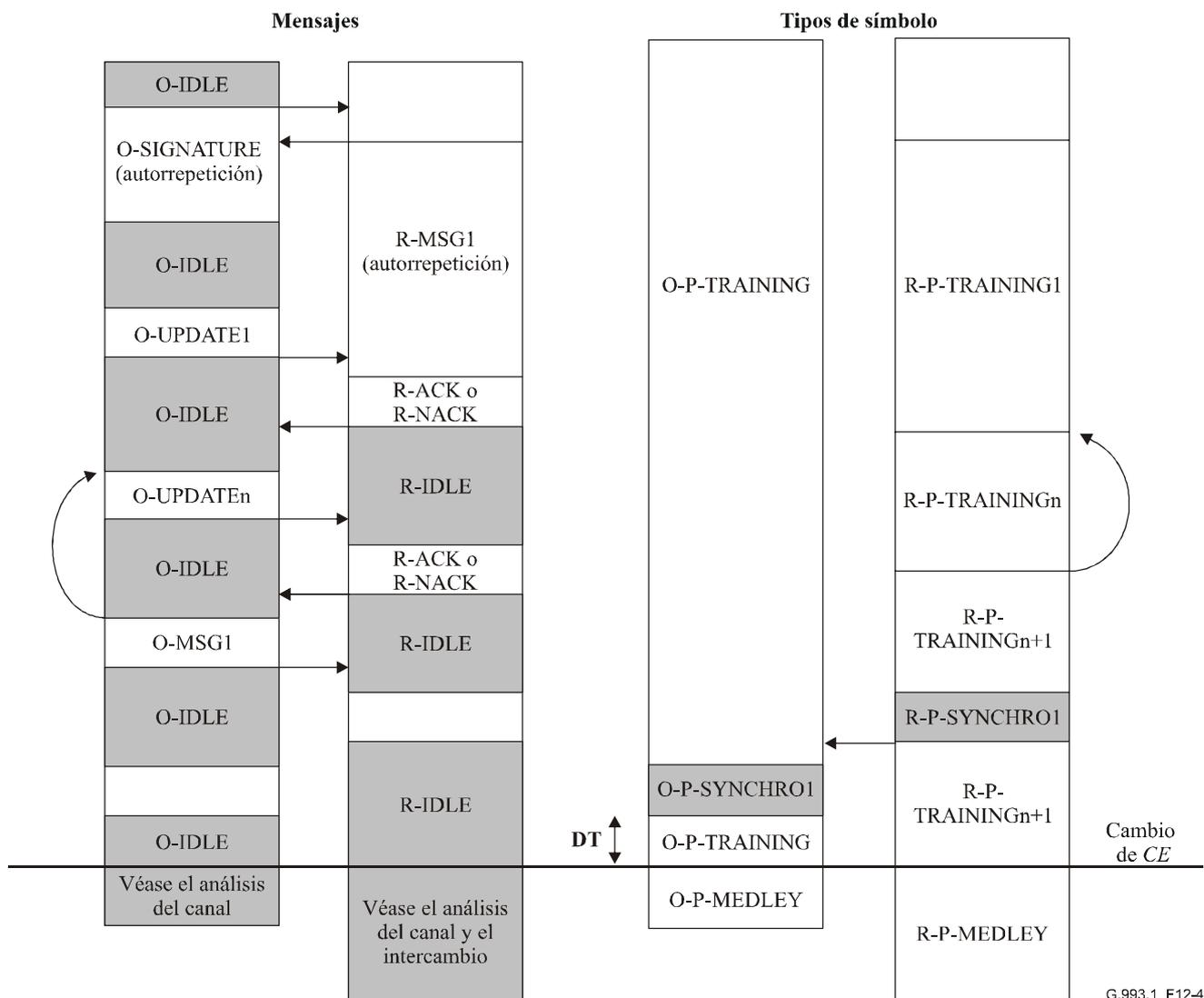
Tras la fase de toma de contacto G.994.1, la VTU-O iniciará el estado de acondicionamiento.

### **12.4.4 Estado de acondicionamiento**

La figura 12-4 presenta una síntesis de la secuencia de los mensajes SOC y los tipos de símbolo transmitidos por las VTU-O y VTU-R durante la fase de acondicionamiento.

#### **12.4.4.1 Secuencia de los mensajes y los símbolos durante el estado de acondicionamiento**

En la figura 12-4 se ilustra la secuencia del mensaje.



G.993.1\_F12-4

**Figura 12-4/G.993.1 – Línea de tiempos de la fase de acondicionamiento**

La VTU-O iniciará el comienzo de la fase de acondicionamiento al transmitir el símbolo O-P-TRAINING. El mensaje O-SIGNATURE se transmitirá en paralelo por el canal SOC (con repetición automática). Facultativamente, el mensaje O-IDLE podría enviarse antes de la transmisión O-SIGNATURE, lo que podría ser útil por ejemplo, para el acondicionamiento de compensador de eco de la VTU-O (véase 12.4.5). Los módems se sincronizan durante esta primera fase.

Una vez sincronizada la VTU-R y habiendo decodificado satisfactoriamente el mensaje O-SIGNATURE, ésta transmitirá el símbolo R-P-TRAINING. El canal SOC transmitirá el mensaje R-MSG1. La VTU-O seguirá transmitiendo el símbolo O-P-TRAINING y el mensaje O-SIGNATURE. Facultativamente, ésta podrá pasar al envío de mensajes O-IDLE, ya que se ha decodificado correctamente la información en O-SIGNATURE, fase durante la cual la VTU-O optimizará el avance de temporización y medirá la PSD recibida en el lado de la VTU-O. A partir de ese momento, la VTU-O podrá iniciar la siguiente fase transmitiendo el mensaje O-UPDATE1 de SOC.

Durante esta última fase, se ajustará la PSD de transmisión de la VTU-R en un procedimiento iterativo (si procede). La VTU-O enviará una petición de modificación por el canal SOC

transmitiendo el mensaje O-UPDATEn. La VTU-R dará respuesta a cada mensaje con un mensaje SOC R-ACKn o R-NACKn. Si la VTU-R transmite R-ACK, actualizará el símbolo R-P-TRAININGn a 5 símbolos R-P-TRAININGn+1 tras haber enviado R-ACK.

Si la VTU-O transmite R-NACK, continuará el proceso iterativo enviando O-UPDATEn+1, y podrá dar fin al proceso enviando O-MSG1 o abortando la inicialización.

La VTU-O dará por terminada esta última fase enviando el mensaje O-MSG1 de SOC, y cuando la VTU-R lo detecta transmitirá el símbolo R-P-SYNCHRO1. La VTU-O contestará con O-P-SYNCHRO1. Ambos lados actualizarán simultáneamente *CE*, reiniciarán los aleatorizadores de cuadrante y pasarán al siguiente estado (análisis de canal e intercambio) *DT* segundos tras el envío del último símbolo de O-P-SYNCHRO1. *DT* corresponderá a 15 DMT (utilizando el valor inicial para la extensión cíclica).

NOTA 1 – Si durante la toma de contacto G.994.1 las VTU-O y VTU-R han acordado utilizar únicamente la longitud *CE* obligatoria, ésta no se modificará durante la transición (y por consecuencia permanecerá igual al valor obligatorio, véase 9.2.2).

NOTA 2 – Si se soporta únicamente la longitud *CE* obligatoria, no será necesario en principio que las transiciones en sentido ascendente y descendente sean simultáneas.

#### **12.4.4.2 Mensajes y símbolos transmitidos por la VTU-O durante el estado de acondicionamiento**

##### **12.4.4.2.1 Mensajes SOC**

La VTU-O, durante el estado de acondicionamiento, enviará los mensajes O-SIGNATURE, O-UPDATEn y O-MSG1 de SOC, así como el mensaje O-IDLE de reposo.

En 12.4.4.2.2 se describe la forma en que se modulan esos mensajes en el símbolo de transmisión. En la figura 12-4 se ilustra la secuencia de envío de los mensajes, la misma que se explica con detalle en 12.4.4.1.

##### **12.4.4.2.1.1 Mensaje O-SIGNATURE**

Este mensaje incluirá nueve campos:

- descriptor de mensaje;
- las bandas utilizadas en el sentido descendente;
- las bandas utilizadas en sentido ascendente;
- las bandas de RFI;
- la PSD de transmisión en sentido descendente;
- si la reducción de potencia (PBO) se realiza utilizando una PSD recibida máxima o una plantilla PSD en sentido ascendente;
- la PSD de transmisión máxima en sentido ascendente;
- la PSD de referencia (véase 9.2.4);
- la longitud total de la ventana en el transmisor ( $\beta$ , véase 9.2.2).

En el cuadro 12-13 se resume el contenido del mensaje O-SIGNATURE.

El mensaje O-SIGNATURE se repetirá automáticamente (modo AR).

**Cuadro 12-13/G.993.1 – Descripción del mensaje O-SIGNATURE**

Contenido del campo	Tipo de campo o de macrocampo
Descriptor de mensaje	Código de mensaje (véase el cuadro 12-12)
Banda utilizada en sentido descendente	Descriptor de bandas (véase el cuadro 12-14)
Banda utilizada en sentido ascendente	Descriptor de bandas
Bandas de RFI	Descriptor de banda
PSD de transmisión en sentido descendente	Descriptor de PSD (véase el cuadro 12-15)
Selector de plantilla PSD de recepción o de transmisión para PBO	1 byte
PSD de transmisión máxima en sentido ascendente	Descriptor de PSD
PSD de referencia	Descriptor de PSD
Longitud de la ventana de transmisión, $\beta$	1 byte

Cada mensaje SOC comenzará con un campo que incluye un código único que describe ese mensaje y que permite el reconocimiento rápido y fácil de los mensajes SOC. En el cuadro 12-12 se presenta la lista completa de códigos.

Los campos dos a cuatro incluyen un "descriptor de bandas". El primer octeto de esos campos contendrá el número de bandas que se describen. Tras el primer octeto, los grupos de 3 octetos consecutivos describirán cada banda. Los primeros 12 bits (0-11) contendrán el índice del tono en el borde inferior de la banda, mientras que los últimos 12 bits (12-23) incluirán el índice del tono en el borde superior. Los tonos de arranque y de fin estarán incluidos en la banda. Por ejemplo, un valor de campo 0x400200 significa que se utilizan todos los tonos de 0x200 = 512 a 0x400 = 1024, incluyendo los de 512 y 1024.

En el cuadro 12-14 se muestra la estructura del descriptor de bandas.

**Cuadro 12-14/G.993.1 – Descriptor de bandas**

Octeto	Contenido del campo
1	Número de bandas que se han de describir
2-4	Bits 0-11: Índice del tono de arranque de la banda 1 Bits 12-23: Índice del tono de la banda 1
5-7 (si es aplicable)	Bits 0-11: Índice del tono de arranque de la banda 2 Bits 12-23: Índice del tono de la banda 2
etc.	etc.

Los campos cinco, siete y ocho incluyen un "descriptor PSD". El primer octeto de este campo contendrá el número de tonos que se ha de especificar. Tras el primer octeto, grupos de 3 octetos consecutivos describirán la PSD a un determinado índice de tono. Los primeros 12 bits (0-11) contendrán el índice del tono que se está describiendo, mientras que los últimos 12 bits (12-23) contendrán el nivel de PSD, el cual será un entero múltiplo de 0,5 dB con un desplazamiento de -140 dBm/Hz. Por ejemplo, un valor de campo de 0x0A0400 significa una PSD de  $0x0A0 \times 0,5 - 140 = -60$  dBm/Hz en un índice de tono de  $0x400 = 1024$ . El nivel de PSD de tonos no especificados intermedios se obtendrá utilizando una interpolación lineal entre los puntos PSD dados (en dBm/Hz) con el eje de la frecuencia sobre una escala lineal. El descriptor de PSD se describe en el cuadro 12-15 y contendrá la plantilla de PSD.

**Cuadro 12-15/G.993.1 – Descriptor PSD**

Octeto	Contenido del campo
1	Número de tonos que se han de describir
2-4	Bits 0-11: Índice del primer tono que se ha de describir Bits 12-23: Nivel de PSD en pasos de 0,5 dB con un desplazamiento de -140 dBm/Hz
5-7 (si es aplicable)	Bits 0-11: Índice del segundo tono que se ha de describir Bits 12-23: Nivel de PSD en pasos de 0,5 dB con un desplazamiento de -140 dBm/Hz
etc.	etc.

El sexto campo del mensaje O-SIGNATURE será una bandera que indica si la PSD de transmisión en la VTU-R debería calcularse a partir de la PSD de recepción máxima (campo ocho) o no. Si este campo tiene el valor 0xFF, la PSD de transmisión en sentido ascendente se calculará utilizando la PSD de referencia del campo ocho (véase 9.2.4). Si este campo tiene el valor 0x00, la PSD de transmisión en la VTU-R se determinará a partir de la PSD máxima en sentido ascendente únicamente (campo siete). El último campo en el mensaje O-SIGNATURE contendrá la longitud de la ventana de transmisión, contada en muestras a la velocidad de muestreo que corresponde al valor negociado de  $N$ . Esta velocidad de muestreo se da  $2N_{SC} \Delta f = N \Delta f$  (es decir, 2 veces la frecuencia de Nyquist de una señal multiportadora de tono  $N_{SC}$ ).

#### 12.4.4.2.1.2 Mensaje O-UPDATEn

Se utilizará este mensaje para indicar a la VTU-R que debe ajustar su PSD de transmisión a fin de optimizar la reducción de potencia y permitir que la VTU-O optimice el avance de temporización. El mensaje O-UPDATEn se repetirá únicamente cuando así lo solicite la VTU-R (véase R-ACKn (12.4.4.3.1.2), R-NACKn (12.4.4.3.1.3)). En el cuadro 12-16 se muestra la estructura del mensaje O-UPDATEn.

**Cuadro 12-16/G.993.1 – Descripción del mensaje O-UPDATEn**

Contenido del campo	Tipo de campo o de macrocampo
Descriptor de mensaje	Código de mensaje (véase el cuadro 12-12)
Actualización de ganancia	Descriptor de actualización (véase el cuadro 12-17)
Corrección del avance de temporización	2 bytes

Este mensaje contendrá un macrocampo denominado "descriptor de actualización", cuyo primer byte contendrá a su vez el número de tonos especificados en este campo. Tras el primer octeto, grupos de 3 octetos consecutivos permitirán describir la ganancia que se habrá de aplicar a una determinada frecuencia. Los primeros 12 bits incluirán el nivel de ganancia, mientras que los siguientes 12 bits llevarán el índice de tono. El nivel de ganancia es la amplificación que se aplica a un tono y se debe especificar en un formato de complemento a 2 en pasos de 0,25 dB. Por ejemplo, un valor de campo de 0x030400 significa una amplificación de PSD de  $0x030 \times 0,25 = 12$  dB en el índice de tono  $0x400 = 1024$ . La ganancia de tonos no especificados se deduce mediante interpolación lineal entre tonos especificados utilizando una escala de ganancia en dB y una escala de frecuencia lineal.

En el cuadro 12-17 se muestra el descriptor de actualización.

**Cuadro 12-17/G.993.1 – Descriptor de actualización**

Octeto	Contenido de campo
1	Número de tonos que han de describirse
2-4	Bits 0-11: Índice del primer tono que ha de describirse Bits 12-23: Ajuste del nivel de ganancia por complemento a 2 en pasos de 0,25 dB
5-7 (si es aplicable)	Bits 0-11: Índice del segundo tono que ha de describirse Bits 12-23: Ajuste del nivel de ganancia por complemento a 2 en pasos de 0,25 dB
etc.	etc.

El último campo del mensaje O-UPDATEn definirá la corrección del avance de temporización en muestras a la velocidad de muestreo correspondiente al valor negociado para  $N$  ( $2N_{SC} \Delta f$ , véase 12.4.4.2.1.1). El valor se codificará en un campo de 16 bits utilizando el formato de complemento a 2. Los valores positivos indican que el símbolo transmitido avanzará más con respecto al símbolo recibido (véase la figura 9-3).

#### 12.4.4.2.1.3 Mensaje O-MSG1

Este mensaje contiene la longitud final de  $CE$  expresada en muestras a la frecuencia de muestreo correspondiente al valor negociado para  $N$ . El mensaje se describe en el cuadro 12-18 que se enviará una sola vez y sólo se repetirá si la VTU-R envía la petición correspondiente.

La longitud final de  $CE$  se aplicará desde el principio de la fase de análisis de canal.

**Cuadro 12-18/G.993.1 – Descripción del mensaje O-MSG1**

Contenido de campo	Tipo de campo o macrocampo
Descriptor de mensaje	Código de mensaje (véase el cuadro 12-12)
Longitud final de $CE$	2 bytes

#### 12.4.4.2.2 Tipos de símbolo transmitidos por la VTU-O

La VTU-O transmitirá, durante toda la fase de acondicionamiento, el símbolo O-P-TRAINING y para señalar el fin de la misma, se transmitirá O-P-SYNCHRO1.

##### 12.4.4.2.2.1 Símbolo O-P-TRAINING

Ese símbolo representa una señal de banda ancha que permite que la VTU-R sincronice y mida la atenuación del canal. Se conformará con todos los tonos permitidos en sentido descendente y modulados en 4QAM, utilizando el codificador de constelación descrito en 9.2.5. La longitud del símbolo es  $N+CE$  muestras.  $N$  y  $CE$  se especificarán durante el protocolo G.994.1 inicial. En el transmisor se aplicará el modo de ventanas y la longitud total de la ventana será igual a  $\beta$ . El gestor de red definirá la PSD de transmisión. El símbolo O-P-TRAINING transportará un byte de información por cada símbolo de DMT. En el cuadro 12-19 se resume la correspondencia de la información.

**Cuadro 12-19/G.993.1 – Correspondencia del bit O-P-TRAINING**

Índice de tono	Punto de constelación
Par	00
1, 11, 21, ..., 10n + 1, ...	bits 0 y 1 del mensaje SOC
3, 13, 23, ..., 10n + 3, ...	bits 2 y 3 del mensaje SOC
5, 15, 25, ..., 10n + 5, ...	bits 4 y 5 del mensaje SOC
7, 17, 27, ..., 10n + 7, ...	bits 6 y 7 del mensaje SOC
9, 19, 29, ..., 10n + 9, ...	00

Los puntos de constelación seleccionados serán girados pseudoaleatoriamente un ángulo de 0,  $\pi/2$ ,  $\pi$  o  $3\pi/2$ , en función del valor de un número pseudoaleatorio de 2 bits. El componente DC no será girado. La rotación es equivalente a la siguiente transformación de las coordenadas  $(X,Y)$ , donde  $X$  e  $Y$  son las coordenadas antes de la aleatorización:

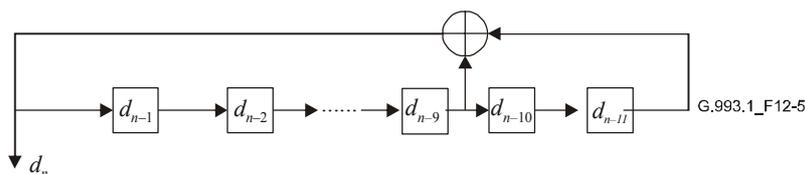
**Cuadro 12-20/G.993.1 – Transformación pseudoaleatoria**

$d_{2n}, d_{2n+1}$	Ángulo de rotación	Coordenadas finales
0 0	0	$(X,Y)$
0 1	$\pi/2$	$(-Y,X)$
1 1	$\pi$	$(-X,-Y)$
1 0	$3\pi/2$	$(Y,-X)$

El número pseudoaleatorio de dos bits será la salida de un generador binario pseudoaleatorio definido por la siguiente ecuación:

$$d_n = d_{n-9} \oplus d_{n-11}$$

Dos bits del aleatorizador se harán corresponder a cada tono, incluyendo DC. Los dos bits correspondientes a DC se sustituirán con 00. En la figura 12-5 se ilustra el generador de bits.



**Figura 12-5/G.993.1 – Generador de bits**

En el caso de un sistema VDSL que emplea  $N$  tonos, el aleatorizador generará  $2N$  bits cada símbolo DMT ( $b_0 b_1 b_2 \dots b_{2N-2} b_{2N-1}$ ). Estos  $2N$  bits se generarán en cada sentido de transmisión. Los dos primeros bits ( $b_0 b_1$ ) corresponderán al tono 0, los siguientes dos bits ( $b_2 b_3$ ) al tono 1, .... Por lo general, los bits ( $b_{2j} b_{2j+1}$ ) corresponderán al tono  $j$ . Los tonos que no se emplean para transmisión no utilizarán de manera eficaz los bits, aunque aún se necesitan para generar los  $2N$  bits.

Inicialmente, todos los registros del generador de bits se fijarán a uno. Durante la fase de acondicionamiento, el aleatorizador se reiniciará al comienzo de cada símbolo (lo que significa que todos los registros se reinician a uno) y, por consecuencia, se utilizarán los mismos  $2N$  bits para cada símbolo. Esto significa que cada tono siempre tiene asignado los mismos dos bits para símbolos de MT sucesivos.

Durante el estado de análisis de canal (véase 12.4.6), el aleatorizador no será reiniciado, aunque continúa funcionando de un símbolo al siguiente. Se necesita que la secuencia sea aleatoria con relación al tiempo para un único tono, lo que significa que no habrá correlación entre los dos bits que se hacen corresponder en el tono  $j$  durante el símbolo  $m$  y los dos bits que se hacen corresponder en el mismo tono durante el símbolo  $m+1$ . Para garantizarlo<sup>1</sup>, para todos los valores permitidos de  $N$ , se saltará cierto número de bits de salida del aleatorizador de cuadrante cuando se pasa del  $m$  al símbolo  $m+1$ . El número de bits saltados será igual a 4.

En la práctica esto significa que el aleatorizador de cuadrante genera  $2N$  bits que se asignan al símbolo  $m$ . Los siguientes cuatro bits generados por el aleatorizador de cuadrante no se utilizan. Los siguientes  $2N$  bits del aleatorizador de cuadrante se asignan por consecuencia al símbolo  $m+1$ .

#### **12.4.4.2.2 Símbolo O-P-SYNCHRO1**

Este símbolo representa una señal de banda ancha que permite que las VTU-O y VTU-R entren simultáneamente al estado de análisis de canal e intercambio. El símbolo utilizará todos los tonos permitidos en sentido descendente modulados en 4QAM y su longitud será de  $N+CE$  muestras.  $N$  y  $CE$  se fijarán a los valores especificados en la Rec. UIT-T G.994.1. Se aplicará el modo de ventana al transmisor y la longitud total de ventana  $\beta$  se fijará al valor especificado en O-SIGNATURE (véase 12.4.4.2.1.1). El gestor de red definirá la plantilla de la PSD. La duración total del símbolo O-P-SYNCHRO1 será de 15 símbolos DMT. El valor 11 se hará corresponder en todos los tonos permitidos en sentido descendente para los primeros 5 símbolos DMT y también para los últimos 5 símbolos. El valor 00 se hará corresponder en los tonos permitidos en sentido descendente para los 5 símbolos DMT restantes. Los puntos de constelación seleccionados se girarán pseudoaleatoriamente por  $0$ ,  $\pi/2$ ,  $\pi$  o  $3\pi/2$  en función del número aleatorio de 2 bits proporcionado por el generador binario pseudoaleatorio que se define en 12.4.4.2.2.1.

El aleatorizador se reiniciará después de cada símbolo.

(Véanse las notas en 12.4.4.1.)

#### **12.4.4.3 Mensajes y símbolos transmitidos por la VTU-R durante el estado de acondicionamiento**

##### **12.4.4.3.1 Mensajes SOC**

Durante el estado de acondicionamiento, la VTU-R enviará los mensajes R-MSG1, R-ACK $n$  y R-NACK $n$  de SOC así como el mensaje R-IDLE de reposo. En 12.4.4.3.2 se describe la manera en que se modulan estos mensajes en el símbolo de transmisión.

##### **12.4.4.3.1.1 Mensaje R-MSG1**

Este mensaje contendrá la descripción de la PSD de transmisión de la VTU-R. Esta PSD se codificará en un "descriptor PSD" de macrocampo como se describe en el cuadro 12-15. El nivel de PSD en los tonos no especificados se obtendrá utilizando una interpolación lineal entre las PSD en dBm/Hz, empleando una escala de frecuencia lineal.

La estimación inicial de la PSD de transmisión se obtendrá de manera diferente en función del valor del byte selector en O-SIGNATURE. Si este byte indica que el módem debería utilizar la PSD de referencia, ésta debería calcularse dividiendo la PSD de referencia por la estimación de la pérdida por inserción del canal en sentido ascendente. No obstante, la PSD de transmisión siempre estará limitada por la plantilla PSD en sentido ascendente. De lo contrario, la PSD de transmisión será simplemente la plantilla PSD en sentido ascendente transferida de la VTU-O a la VTU-R en el mensaje O-SIGNATURE.

---

<sup>1</sup> Una solución alternativa sería que el aleatorizador fuera adaptativo y dependiera del tamaño de (I)FFT. Este método se investiga actualmente en la Rec. UIT-T G.992.1.

El mensaje R-MSG1 también indicará si se debe pasar al estado de compensador de eco facultativo o se debe ignorar.

El mensaje R-MSG1 se repetirá automáticamente. Y su transmisión se detendrá tras la detección de O-UPDATE1.

**Cuadro 12-21/G.993.1 – Descripción del mensaje R-MSG1**

Contenido de campo	Tipo de campo o de macro campo
Descriptor de mensaje	Código de mensaje (véase el cuadro 12-12)
PSD de transmisión en sentido ascendente	Descriptor de PSD (véase el cuadro 12-15)
Indicador de acondicionamiento del compensador de eco	1 byte (0x00: sin acondicionamiento de compensador de eco, 0xFF: se necesita el acondicionamiento de compensador de eco).

#### 12.4.4.3.1.2 Mensaje R-ACK<sub>n</sub>

Este mensaje representa un acuse de recibo del mensaje O-UPDATE<sub>n</sub>, el mismo que se envía una sola vez a menos que la VTU-O solicite su retransmisión. El mensaje contendrá el byte 0x00. Tras 5 símbolos después de haber enviado este mensaje, la VTU-R modificará su tipo de símbolo de R-P-TRAINING<sub>n</sub> a R-P-TRAINING<sub>n+1</sub>. Cuando se recibe este mensaje, la VTU-O decidirá si solicita una nueva actualización enviando el mensaje O-UPDATE<sub>n+1</sub> o si debe dar por terminada la optimización iterativa de la PSD VTU-R enviando el mensaje O-MSG1.

Si la VTU-R recibe REPEAT\_REQUEST en respuesta a este mensaje, tomará las siguientes medidas para repetir el mensaje:

- volver al tipo de símbolo R-P-TRAINING<sub>n</sub>;
- enviar el mensaje R-ACK<sub>n</sub>;
- volver al tipo de símbolo R-P-TRAINING<sub>n+1</sub>.

#### 12.4.4.3.1.3 Mensaje R-NACK<sub>n</sub>

Se enviará este mensaje si la VTU-R no puede aplicar la actualización codificada en O-UPDATE<sub>n</sub>. Este mensaje se enviará solo una vez, a menos que la VTU-O solicite su retransmisión. El mensaje contendrá un byte 0xFF y, a su recepción, la VTU-O decidirá si continúa el proceso de inicialización enviando O-UPDATE<sub>n</sub> u O-MSG1 o si aborta el proceso.

#### 12.4.4.3.2 Tipos de símbolo transmitidos por la VTU-R

Durante la fase de acondicionamiento, la VTU-R transmitirá los distintos símbolos R-P-TRAINING<sub>n</sub>, los cuales diferirán en su nivel de PSD y en el avance de temporización que se aplica a los símbolos. Para activar la transición de la fase de acondicionamiento al análisis e intercambio de canal (en el sentido ascendente), se transmitirá la señal R-P-SYNCHRO1.

##### 12.4.4.3.2.1 Símbolo R-P-TRAINING<sub>n</sub>

Este símbolo representa una señal de banda ancha que permite que la VTU-O optimice el avance de temporización (TA) y la PSD de transmisión de la VTU-R, a fin de conformarse con el requisito de reducción de potencia. El símbolo R-P-TRAINING se conformará a partir de todos los tonos permitidos en sentido ascendentes modulados en 4QAM y su longitud será de  $N+CE$  muestras.  $N$  y  $CE$  tendrán los valores especificados durante el protocolo G.994.1. Se aplicará el modo de ventana al transmisor con la longitud de ventana  $\beta$  especificada en O-SIGNATURE. La plantilla PSD se

seleccionará de tal manera que cumpla con el requisito de reducción de potencia definido en O-SIGNATURE (véase 12.4.4.2.1.1).

A continuación, la plantilla PSD se actualizará conforme a las instrucciones transmitidas por la VTU-O mediante O-UPDATEn. R-P-TRAINING<sub>n</sub> será esencialmente idéntico a R-P-TRAINING<sub>1</sub>, salvo por el nivel de PSD y el avance de temporización.

Se aplicará el avance de temporización. Durante la primera iteración (R-P-TRAINING<sub>1</sub>), el avance de temporización se fijará a un valor correspondiente a la longitud por defecto del bucle (1,5 km o 7,5 μs). A continuación, se actualizará el avance de temporización de acuerdo con la instrucción transmitida por la VTU-O mediante O-UPDATEn. R-P-TRAINING transportará un byte de información por cada símbolo de DMT. En el cuadro 12-22 se resume la correspondencia de información.

**Cuadro 12-22/G.993.1 – Correspondencia de los bit de R-P-TRAINING**

Índice de tono	Punto de constelación
Par	00
1, 11, 21, ..., 10n + 1, ...	bit 0 y 1 del mensaje SOC
3, 13, 23, ..., 10n + 3, ...	bit 2 y 3 del mensaje SOC
5, 15, 25, ..., 10n + 5, ...	bit 4 y 5 del mensaje SOC
7, 17, 27, ..., 10n + 7, ...	bit 6 y 7 del mensaje SOC
9, 19, 29, ..., 10n + 9, ...	00

El punto 00 corresponde a un punto en el primer cuadrante, de acuerdo con una constelación 4QAM.

Los puntos de constelación seleccionados serán girados pseudoaleatoriamente por 0,  $\pi/2$ ,  $\pi$  o  $3\pi/2$  dependiendo del valor de un número pseudoaleatorio de 2 bits proporcionado por el generador pseudoaleatorio que se describe en 12.4.4.2.2.1. El componente c.c. no será girado. El aleatorizador será reiniciado al comienzo de cada símbolo.

#### 12.4.4.3.2.2 Símbolo R-P-SYNCHRO1

Este símbolo representa una señal de banda ancha que permite que la VTU-O y VTU-R pasen simultáneamente al estado de análisis e intercambio de canal. El símbolo utilizará todos los tonos permitidos en sentido ascendente modulados en 4QAM y su longitud será de  $N+CE$  muestras.  $N$  y  $CE$  tendrán los valores especificados durante el protocolo G.994.1 inicial. Se aplicará el modo de ventana al transmisor y la longitud total de ventana  $\beta$  se fijará al valor especificado en O-SIGNATURE. La plantilla PSD de transmisión debe cumplir con los requisitos de reducción de potencia. Se aplicará el avance de temporización y corresponderá a la longitud del bucle (el valor final será determinado por la VTU-O). La duración total de R-P-SYNCHRO1 será de 15 símbolos DMT. El valor 11 se hará corresponder a todos los tonos permitidos en sentido ascendente para los primeros 5 símbolos DMT e igualmente para los últimos 5. El valor 00 se hará corresponder a todos los tonos permitidos en sentido ascendente para los 5 símbolos DMT restantes. Los puntos de constelación seleccionados se girarán pseudoaleatoriamente por 0,  $\pi/2$ ,  $\pi$ ,  $3\pi/2$  dependiendo del número aleatorio de 2 bits producido por un generador binario pseudoaleatorio que se define en 12.4.4.2.2.1.

El aleatorizador será reiniciado al comienzo de cada símbolo.

(Véanse las notas en 12.4.4.1.)

#### **12.4.5 Estado de acondicionamiento del compensador de eco (facultativo)**

El estado del compensador de eco es facultativo en el sentido de que será omitido cuando los módems no tengan necesidad de un compensador de eco, de manera que si alguno de ellos necesita de este estado podrá solicitar que se incluya en la secuencia de inicialización.

Algunos módems pueden utilizar un compensador de eco (analógico) que tendrá que ser acondicionado en algún momento durante la secuencia de inicialización. Durante dicho acondicionamiento, el otro lado se mantendrá en silencio.

Ese tipo de periodo de silencio existe en la VTU-O al comienzo del estado de acondicionamiento, y en este caso, la VTU-R se mantendrá en silencio hasta haber decodificado el mensaje O-SIGNATURE correctamente. La VTU-O podría utilizar este periodo para acondicionar su compensador de eco, y aún alargar el periodo disponible retardando la transmisión del mensaje O-SIGNATURE y enviando mensajes IDLE en su lugar (véase la figura 12-4).

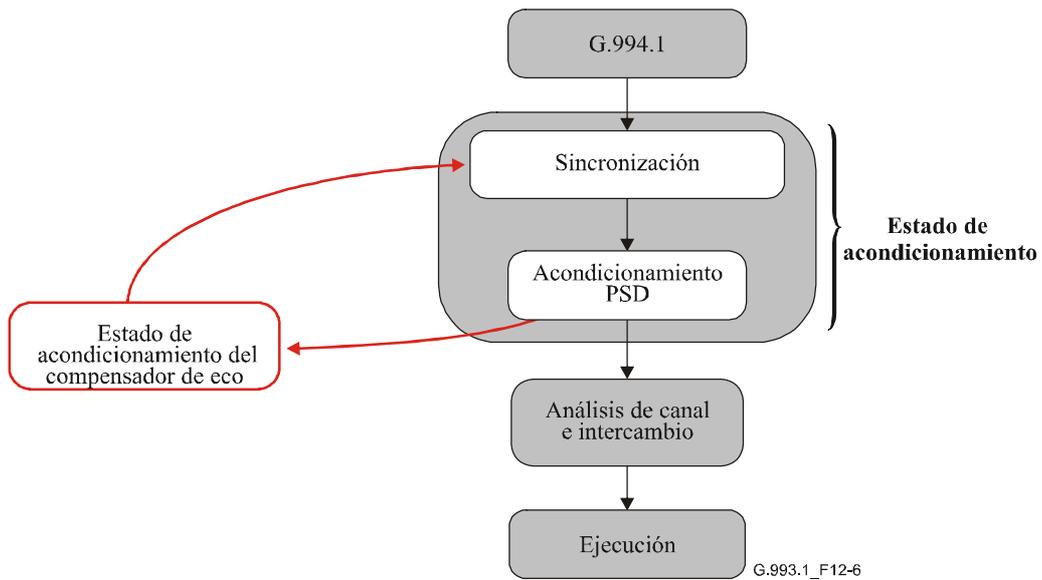
No obstante, la VTU-R no tiene un estado conveniente de acondicionamiento de compensador de eco y, por consecuencia, los módems podrán seguir dos trayectos diferentes después del acondicionamiento PSD. Si se requiere un estado de acondicionamiento de compensador de eco para la VTU-R, esta condición se señalará en R-MSG1, en cuyo caso ambos módems pasarán a dicho estado al final del estado de acondicionamiento PSD.

Durante el estado de acondicionamiento de compensador de eco, la VTU-O permanecerá completamente en silencio después de la transmisión de O-MSG1 y no ejecutará ninguna operación, salvo la escucha de la señal en la línea. Tras la recepción de O-MSG1, la VTU-R continuará transmitiendo la misma señal de la última fase del estado de acondicionamiento.

Durante este estado, la VTU-R acondicionará su compensador de eco con un algoritmo propietario. Tras la conclusión de esta tarea, la VTU-R permanecerá en silencio. Esta transición (sin potencia sobre la línea) será detectada por la VTU-O, la cual reaccionará regresando al comienzo del estado de acondicionamiento (sincronización).

NOTA – Ahora, la situación es idéntica a la del comienzo del proceso de inicialización: la VTU-R está en silencio y la VTU-O comienza la comunicación.

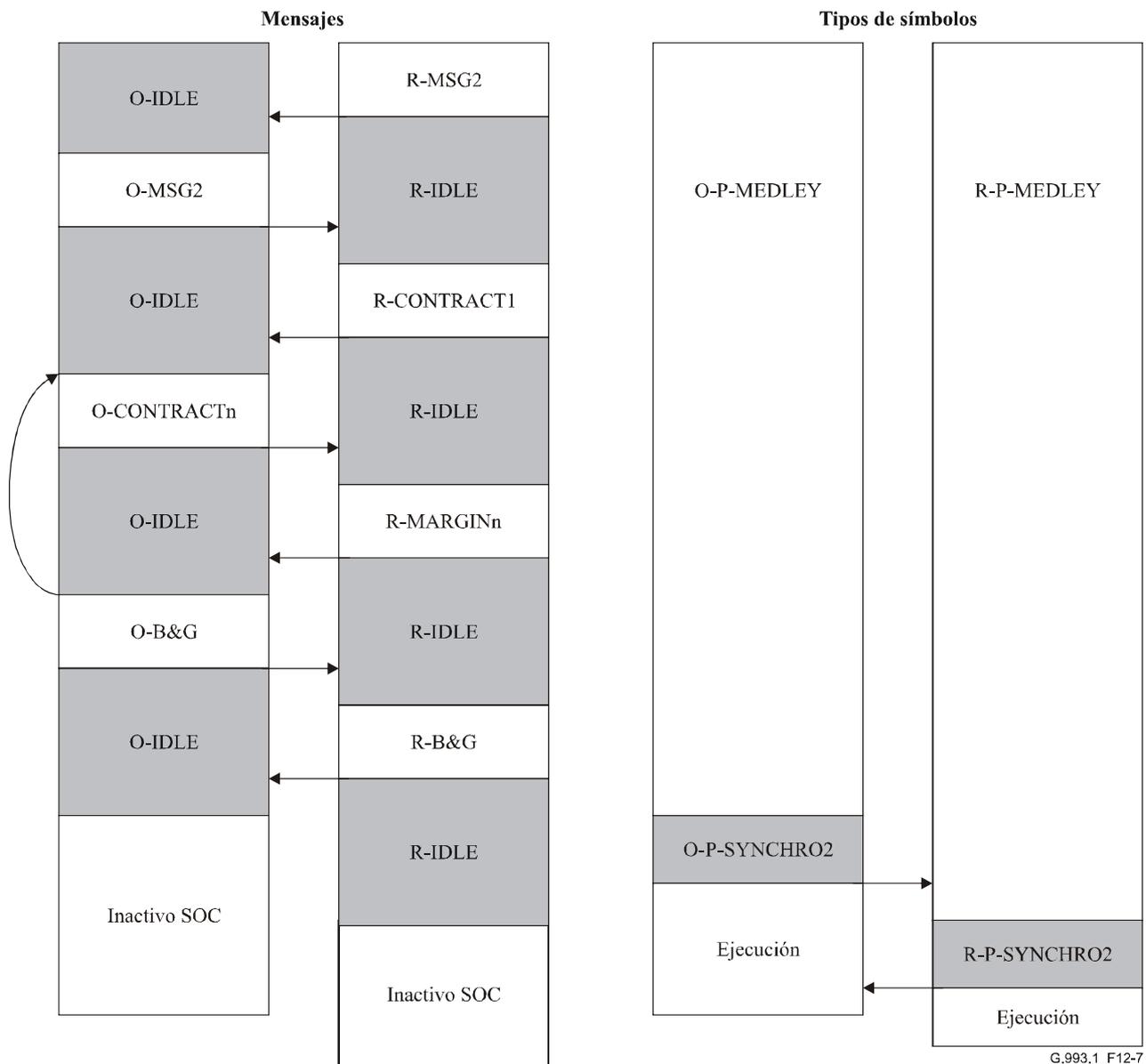
Tras la ejecución de un acondicionamiento de compensador de eco, el contenido de R-MSG1 deberá cambiar de manera que durante el segundo paso a través del estado de acondicionamiento PSD, la secuencia continuará con el estado de análisis del canal y no realizará otro acondicionamiento de compensador de eco. Durante el segundo paso, la VTU-R ya conoce su PSD de transmisión correcta, de modo que se acortará automáticamente la fase de acondicionamiento. No hay necesidad de brincar explícitamente ninguna etapa.



**Figura 12-6/G.993.1 – Posición (opcional) del estado de acondicionamiento del compensador de eco durante el procedimiento de inicialización**

#### 12.4.6 Análisis de canal e intercambio

En la figura 12-7 se presenta una síntesis de la secuencia de los mensajes SOC y de los tipos de símbolos durante el estado de análisis de canal e intercambio.



G.993.1\_F12-7

**Figura 12-7 – Diagrama temporal de la fase de análisis de canal e intercambio**

#### 12.4.6.1 Secuencia de los mensajes y símbolos durante el estado de análisis de canal e intercambio

En la figura 12-7 se ilustra la secuencia de los mensajes y los símbolos SOC. Cuando se inicia el estado de análisis de canal e intercambio, la VTU-R transmitirá el tipo de símbolo R-P-MEDLEY, mientras que la VTU-O enviará O-P-MEDLEY. La VTU-R enviará el mensaje R-MSG2 por el canal SOC para transferir información relativa a sus capacidades de asignación de bits y varias otras características. Tras recibir este mensaje, la VTU-O hará lo mismo enviando el mensaje SOC O-MSG2, que contiene las capacidades de la VTU-O.

La VTU-R, tras recibir O-MSG2, enviará el mensaje SOC R-CONTRACT1, que incluye el contrato propuesto en sentido descendente.

A continuación, las VTU-O y VTU-R pasarán a un procedimiento iterativo para acordar un contrato para la transmisión en sentido ascendente y descendente. En la  $n$ -ésima iteración, la VTU-O enviará O-CONTRACT $n$ , a lo cual la VTU-R contestará con R-MARGIN $n$ .

Para finalizar las negociaciones del contrato, la VTU-O transmitirá el mensaje O-B&G a la VTU-R, la cual a continuación enviará el mensaje R-B&G a la VTU-O, tras lo cual esta última iniciará la

transición a ejecución enviando el símbolo O-P-SYNCHRO2, que permitirá una transición simultánea en ambos extremos en el sentido descendente. La VTU-R contestará con el envío del mensaje R-P-SYNCHRO2, que permitirá una transición simultánea en el sentido ascendente.

## 12.4.6.2 Mensajes y símbolos transmitidos por la VTU-O

### 12.4.6.2.1 Mensajes SOC

Durante la fase de análisis de canal e intercambio, la VTU-O enviará mensajes SOC O-MSG2, O-CONTRACTn y O-B&G así como el mensaje de reposo O-IDLE.

En 12.4.6.2.2 se describe la forma en la que se modulan esos mensajes en el símbolo de transmisión. En la figura 12-7 se ilustra la secuencia en la que se envían los mensajes, procedimiento que se explica con detalle en 12.4.6.1.

Durante este estado, todos los mensajes se envían en modo RQ (véase 12.4.2.1).

#### 12.4.6.2.1.1 Mensaje O-MSG2

Este tipo de mensaje contiene información relativa a la capacidad de la VTU-O para la negociación del contrato. En el cuadro 12-23 se muestra el contenido de O-MSG2.

**Cuadro 12-23 – Descripción del mensaje O-MSG2**

Contenido de campo	Tipo de campo o de macrocampo	Observaciones
Descriptor de mensaje	1 byte	Véase el cuadro 12-12
Margen de SNR mínimo	1 byte	En unidades de 0,5 dB
Tamaño máximo de constelación en sentido descendente ( $B_{m\acute{a}x\ d}$ )	1 byte	Número máximo de bits por tono
Valor de RS soportado por la VTU-O	1 byte	0x00: sólo valores obligatorios 0xFF: todos los valores
Valores de entrelazador soportados por la VTU-O	1 byte	0x00: sólo valores obligatorios 0xFF: todos los valores 0xNN NN = número de valores adicionales (es decir, no obligatorio) en hexadecimal (NN $\neq$ 0x00 y NN $\neq$ 0xFF)
Descripción detallada del valor del entrelazador	0 bytes si NN = 000 o NN = 0xFF, de lo contrario, 4xNN	Descriptor del entrelazador (véase el cuadro 12-24)
Potencia máxima en sentido descendente	1 byte (sin signo)	En unidades de 0,25 dBm
Retardo máximo del entrelazador	1 byte	En ms, con pasos de 0,5 ms (Nota 1)
Número máximo de bytes EOC por trama en sentido descendente	1 byte	Número de bytes EOC por trama
Número máximo de bytes VOC por trama en sentido descendente	1 byte	Número de bytes VOC por trama

**Cuadro 12-23 – Descripción del mensaje O-MSG2**

Contenido de campo	Tipo de campo o de macrocampo	Observaciones
Soporte de intercambio binario rápido	1 byte	0x00: no soportado 0xFF: soportado
$j_{\text{máx}}$	1 byte	Valor máximo de $j_{\text{máx}}$ soportado por la VTU-O (Nota 2)
NOTA 1 – Este campo podrá fijarse a 0 para emular el canal rápido. Este campo se utiliza para la creación de R-CONTRACT1 aún cuando se utilice doble latencia en el extremo.		
NOTA 2 – La especificación de $j_{\text{máx}} = k$ significa que se soportan todos los valores 0,1, ..., $k$ .		

En 12.4.6.2.1.3 se define  $j_{\text{máx}}$ .

La estructura del descriptor del entrelazador será la establecida en el cuadro 12-24.  $I$ ,  $Q$  y  $M$  son los parámetros del entrelazador (véase 8.4.2).

**Cuadro 12-24/G.993.1 – Descriptor del entrelazador**

Campo	Tipo de campo o macrocampo
$I$	1 byte
$Q$	1 byte
$M_{\text{mín}}$	1 byte
$M_{\text{máx}}$	1 byte
NOTA – Los cuatro campos se repiten para cada valor del entrelazador.	

#### 12.4.6.2.1.2 Mensaje O-CONTRACTn

Este tipo de mensaje contiene una propuesta para un contrato en sentido ascendente y descendente y la capacidad de EOC y VOC, basándose en las capacidades de EOC y VOC de ambos módems (intercambiadas durante O-MSG1 y R-MSG1). El contrato para el sentido descendente se basará en la información transportada por R-CONTRACT1. En el caso más favorable, el contrato para el sentido descendente es el mismo que el propuesto en R-CONTRACT1. En el cuadro 12-25 se describe el mensaje O-CONTRACTn.

**Cuadro 12-25/G.993.1 – Descripción del mensaje O-CONTRACTn**

Campo	Campo o macrocampo
Descriptor de mensaje	Código de mensaje (véase el cuadro 12-12)
Contrato para el sentido descendente	Descriptor de contrato (véase el cuadro 12-26)
Contrato para el sentido ascendente	Descriptor de contrato
Capacidad de EOC (número de bytes EOC por trama)	1 byte
Capacidad de VOC (valor de $V$ , véase 8.5.5)	1 byte

Los contratos para los sentidos ascendente y descendente se codificarán en un macrocampo denominado "descriptor de contrato", que contiene toda la información necesaria para la configuración de las tramas. El descriptor de contrato debe ajustarse al cuadro 12-26 y especificar las velocidades en los sentidos ascendente y descendente y los valores del codificador.

**Cuadro 12-26/G.993.1 – Descriptor de contrato**

<b>Campo</b>	<b>Tipo de campo o macrocampo</b>	<b>Comentarios</b>
Velocidad del canal rápido	2 bytes	En múltiplos de 64 kbit/s
Valor de RS en el canal rápido	2 bytes	B15 → B8: Cara de RS B7 → B0: Longitud de la palabra de código de RS
Velocidad del canal lento	2 bytes	En múltiplos de 64 kbit/s
Valor de RS en el canal lento	2 bytes	B15 → B8: Cara de RS B7 → B0: Longitud de la palabra de código de RS
Valor del entrelazador	2 bytes	B15 → B8: $M$ (nota 1) B7 → B0: $I$
NOTA – $I$ debe ser un divisor de la longitud de la palabra de código de RS (en el canal lento).		

#### 12.4.6.2.1.3 Mensaje O-B&G

Este mensaje permitirá indicar el fin de la negociación del contrato y se utilizará para transmitir a la VTU-R los bits y la información relativa a la ganancia que se emplean en el sentido ascendente.  $b_i$  indicará el número de bits que habrán de ser codificados por la VTU-R en la portadora  $i$ ;  $g_i$  indicará el factor de escala relativo a la ganancia que se utilizó para esa portadora durante la transmisión de R-P-MEDLEY, que se aplicará a la portadora  $i$ .

Los  $b_i$  y  $g_i$  se definirán únicamente para aquellos tonos que se utilicen para la transmisión de R-P-MEDLEY (es decir, los tonos en sentido ascendente indicados en O-SIGNATURE). Ya que no se transmitirán ni bits ni energía en el resto de las frecuencias (por lo menos en el sentido ascendente), los  $b_i$  y  $g_i$  correspondientes se considerarán iguales a cero y no se transmitirán.

Los  $b_i$  y  $g_i$  se transmitirán en orden ascendente (es decir, del tono inferior al superior). En caso de que todos los  $b_i$  por encima de un determinado tono sean iguales a cero, no será necesario transmitir el resto de los valores cero. La VTU-R supondrá que cualesquiera  $b_i$  y  $g_i$  después del último valor recibido corresponden a tonos que no transportan bits.

Cada  $b_i$  se representará como un entero de 4 bits sin signo. Los  $b_i$  válidos estarán en la gama de cero a  $B_{\text{máx}_u}$ , el número máximo de bits que podrán ser modulados por la VTU-R en cualquier subportadora.

Cada  $g_i$  se representará como una cantidad de punto fijo de 12 bits sin signo, suponiendo que el punto binario se ubicará justo a la derecha del tercer bit más significativo. Por ejemplo, un  $g_i$  con la representación binaria (el bit más significativo en primer lugar)  $001,01000000_2$  indicará a la VTU-R que debe adaptar la constelación para la portadora  $i$ , en una ganancia de 1,25, de modo que la potencia en esa portadora será de 1,94 dB más alta de lo que era durante R-P-MEDLEY.

Todo el espectro se dividirá en grupos de tonos adyacentes de manera que el número de bits asignado a las portadoras de un grupo sea constante. La longitud de todos los grupos de portadoras no tiene que ser constante necesariamente pero no puede sobrepasar 255 portadoras. El factor de escala  $g_i$  de cada portadora dentro de un grupo se define mediante una interpolación de polinomios. Estos polinomios se especifican mediante valores tomados a  $(j_{\text{máx}} + 1)$  tonos definidos, donde  $j_{\text{máx}}$  representa el orden del polinomio. Los  $(j_{\text{máx}} + 1)$  tonos se eligen de manera que sean (casi) equidistantes (véase más adelante). En el caso de un grupo de portadoras  $[x_n, x_{n+1}]$ , donde  $x_n$  y  $x_{n+1}$  son los índices de las portadoras de los tonos más bajo y más alto respectivamente del grupo  $n$ -ésimo de portadoras, las  $(j_{\text{máx}} + 1)$  posiciones  $X_{nj}$  de los tonos que se utilizarán para la interpolación se definen como:

$$X_{nj} = x_n + \left\lfloor \frac{j(x_{n+1} - x_n)}{j_{\text{máx}}} \right\rfloor \text{ para } j = 0 \dots j_{\text{máx}}$$

La VTU-O elegirá  $j_{\text{máx}}$  basándose en los valores soportados por la VTU-R como se especificó en R-MSG2.

En el cuadro 12-27 se define el mensaje O-B&G.

**Cuadro 12-27/G.993.1 – Descripción del mensaje O-B&G**

Contenido de campo	Tipo de campo o macrocampo
Descriptor de mensaje	Código de mensaje (véase el cuadro 12-12)
$j_{\text{máx}}$	1 byte
Información de $b_i$ y $g_i$	Descriptor de B&G (véanse los cuadros 12-28 a 12-30)

**Cuadro 12-28/G.993.1 – Descriptor B&G  $j_{\text{máx}} = 0$**

Byte	Contenido de campo
$2n + 1 \rightarrow 2n + 2$	Especificación de tono $n + 1$ para $n = 0$ a $N_{SC} - 2$ (nota) Bits 0-3: número de bits $b_n$ Bits 4-15: ganancia de escala $g_n$
NOTA – Si no se utiliza el tono $n$ en el sentido ascendente, no se transmite la especificación.	

**Cuadro 12-29/G.993.1 – Descriptor B&G  $j_{\text{máx}} > 0$  e impar**

Byte	Contenido de campo
$1 \rightarrow 2$	$N_{gr}$ (número de grupos de tonos)
$3 + n \times (1,5 j_{\text{máx}} + 3,5)$ $\rightarrow 3 + (n + 1) \times (1,5 j_{\text{máx}} + 3,5) - 1$	Especificación de tonos en el grupo $n + 1$ para $n = 0$ a $N_{gr} - 1$ Bits 0-3: número de bits Bits 4-15: número de portadoras del grupo $n + 1$ Bits $16 + 12j \rightarrow 27 + 12j$ : $g_{X_{nj}}$ para tonos $X_{nj} j = 0$ a $j_{\text{máx}}$

**Cuadro 12-30/G.993.1 – Descriptor B&G  $j_{\text{máx}} > 0$  y par**

Byte	Contenido de campo
1 → 2	$N_{gr}$ (número de grupos de tonos)
$3 + n \times (1,5 j_{\text{máx}} + 3)$ → $3 + (n + 1) \times (1,5 j_{\text{máx}} + 3) - 1$	Especificación de tonos en el grupo $n + 1$ para $n = 0$ a $N_{gr} - 1$ Bits 0-3: número de bits Bits 4-11: número de portadoras del grupo $n+1$ Bits $12 + 12j \rightarrow 23 + 12j$ : $g_{X_{nj}}$ para los tonos $X_{nj}$ $j = 0$ a $j_{\text{máx}}$

#### 12.4.6.2.2 Tipos de símbolos transmitidos por la VTU-O

##### 12.4.6.2.2.1 Señal O-P-MEDLEY

Se trata de una señal de banda ancha que se emplea en la VTU-R para estimar la SNR en sentido descendente. Esta señal se forma a partir de todos los tonos permitidos en sentido descendente modulados en 4QAM. La longitud del símbolo será de  $N+CE$  muestras.  $N$  se fijará al valor especificado en la Rec. UIT-T G.994.1 y  $CE$  al valor especificado en O-MSG1 (véase 12.4.4.2.1.3). Tras la transmisión de O-P-SYNCHRO2 se efectuará la modificación de  $CE$ , la misma que debe realizarse al comienzo del símbolo DMT (es decir, modificando el número de muestras en  $L_{CP}$ , véase 9.2.2). Se aplicará la función de ventanas al transmisor y la longitud total de ventana  $\beta$  será igual al valor especificado en O-SIGNATURE (véase 12.4.4.2.1.1). La gestión de red define la plantilla PSD. La señal O-P-MEDLEY transportará 2 bytes de información ( $b_{15} b_{14} \dots b_0$ ) por cada símbolo DMT. En el cuadro 12-31 se describe la correspondencia.

**Cuadro 12-31/G.993.1 – Correspondencia de los bits de la señal O-P-MEDLEY**

Índice de tono	Punto de constelación
5, 10, 15, ..., $5n$ , ...	00
1, 11, 21, ..., $10n + 1$ , ...	Bits 0 y 1 del mensaje SOC
2, 12, 22, ..., $10n + 2$ , ...	Bits 2 y 3 del mensaje SOC
3, 13, 23, ..., $10n + 3$ , ...	Bits 4 y 5 del mensaje SOC
4, 14, 24, ..., $10n + 4$ , ...	Bits 6 y 7 del mensaje SOC
6, 16, 26, ..., $10n + 6$ , ...	Bits 8 y 9 del mensaje SOC
7, 17, 27, ..., $10n + 7$ , ...	Bits 10 y 11 del mensaje SOC
8, 18, 28, ..., $10n + 8$ , ...	Bits 12 y 13 del mensaje SOC
9, 19, 29, ..., $10n + 9$ , ...	Bits 14 y 15 del mensaje SOC

Los puntos de constelación seleccionados serán girados pseudoaleatoriamente un ángulo de  $0, \pi/2, \pi$  o  $3\pi/2$  en función del valor de un número aleatorio de 2 bits proporcionado por el generador de bits pseudoaleatorio que se define en 12.4.4.2.2.1. Se harán corresponder 2 bits en cada tono incluyendo DC. La secuencia binaria pseudoaleatoria continuará de un símbolo al siguiente. El aleatorizador será reiniciado únicamente cuando la VTU-O pase al estado de análisis de canal e intercambio.

NOTA – Entre cualesquiera dos símbolos DMT consecutivos se saltará un número de bits del generador binario aleatorio, como se estableció en 12.4.4.2.2.1.

##### 12.4.6.2.2.2 Señal O-P-SYNCHRO2

Se trata de una señal de banda ancha que permite que las VTU-O y VTU-R pasen simultáneamente al estado ejecución (en el sentido descendente). Esta señal utiliza todos los tonos permitidos en sentido descendente modulados en 4QAM. La longitud de símbolo debe ser de  $N+CE$  muestras, donde  $N$  se fijará al valor especificado en la Rec. UIT-T G.994.1 y  $CE$  al valor especificado en

O-MSG1 (véase 12.4.4.2.1.3). Se debe aplicar la función de ventana al transmisor y la longitud total de la ventana  $\beta$  debe fijarse al valor especificado en O-SIGNATURE (véase 12.4.4.2.1.1). El gestor de red define la plantilla PSD. La duración total de O-P-SYNCHRO2 debe ser de 15 símbolos DMT. El valor 11 se hará corresponder con todos los tonos permitidos en sentido descendente para los primeros 5 símbolos DMT y también para los últimos 5. El valor 00 se hará corresponder con todos los tonos permitidos en sentido descendente para los 5 símbolos DMT restantes. Los puntos de constelación seleccionados serán girados pseudoaleatoriamente un ángulo de  $0, \pi/2, \pi, 3\pi/2$  en función de la secuencia aleatoria de 2 bits proporcionada por el generador de bits pseudoaleatorio definido en 12.4.4.2.2.1. La secuencia de bits pseudoaleatoria continuará de un símbolo al siguiente.

El aleatorizador se mantendrá funcionando continuamente durante la transmisión de O-P-SYNCHRO2.

En el sentido descendente, el aleatorizador de cuadrante se inhabilitará tras la transmisión de O-P-SYNCHRO2.

### 12.4.6.3 Mensajes y símbolos transmitidos por la VTU-R

#### 12.4.6.3.1 Mensajes SOC

La VTU-R, durante la fase de análisis de canal e intercambio, enviará mensajes SOC R-MSG2, R-CONTRACT<sub>n</sub>, R-MARGIN<sub>n</sub> y R-B&G así como el mensaje de reposo R-IDLE. En 12.4.6.3.2 se describe la forma en que se modulan estos mensajes en el símbolo de transmisión.

##### 12.4.6.3.1.1 Mensaje R-MSG2

Este mensaje incluye información relativa a las capacidades de la VTU-R para la asignación de bits. El contenido del mensaje R-MSG2 debe cumplir con lo especificado en el cuadro 12-32.

**Cuadro 12-32/G.993-1 – Descripción de R-MSG2**

Campo	Tipo de campo o macrocampo	Comentarios
Descriptor de mensaje	1 byte	Véase el cuadro 12-12
Tamaño máximo de constelación en sentido ascendente ( $B_{\text{máx}_u}$ )	1 byte	Número máximo de bits por tono
Valor de RS soportado por la VTU-R	1 byte	0: sólo valores obligatorios 1: todos los valores
Valores del entrelazador soportados por la VTU-R	1 byte	0x00: sólo valores obligatorios 0xFF: todos los valores 0xNN NN = número de valores adicionales (es decir, no obligatorio) en hexadecimal (NN $\neq$ 0x00 y NN $\neq$ 0xFF)
Descripción detallada del valor del entrelazador	0 bytes si NN = 0x00 o NN = 0xFF, De lo contrario 4xNN	Descriptor del entrelazador (véase el cuadro 12-24)
Potencia máxima transmitida	1 byte (sin signo)	En dBm en pasos de 0,25 dBm
Memoria máxima del entrelazador	3 bytes	En bytes (nota 1)
Número máximo de bytes EOC por trama en sentido ascendente	1 byte	Número de bytes EOC por trama

**Cuadro 12-32/G.993-1 – Descripción de R-MSG2**

<b>Campo</b>	<b>Tipo de campo o macrocampo</b>	<b>Comentarios</b>
Número máximo de bytes VOC por trama en sentido ascendente	1 byte	Número de bytes VOC por trama
Soporte de intercambio rápido de bits	1 byte	0x00: no soportado 0xFF: soportado
$j_{\text{máx}}$	1 byte	Especificar el valor máximo de $j_{\text{máx}}$ soportado por la VTU-R (nota 2)
NOTA 1 – La memoria del entrelazador se calcula como $M \times I \times (I - 1)$ .		
NOTA 2 – La especificación de $j_{\text{máx}} = k$ significa que se soportan todos los valores de 0,1, ..., $k$ .		

#### 12.4.6.3.1.2 Mensaje R-CONTRACT1

Este tipo de mensaje debe incluir el contrato propuesto para el sentido descendente basándose en el número máximo de bits en el canal lento y basándose en las restricciones especificadas en O-MSG2 (es decir, como si se utilizara únicamente el canal lento). El contrato debe codificarse en un macrocampo de "descriptor de contrato" (véase el cuadro 12-26) con todos los campos relacionados con el canal rápido fijado a 0x00.

#### 12.4.6.3.1.3 Mensaje R-MARGINn

Este tipo de mensaje debe incluir el margen de SNR (es decir, el margen mínimo de SNR de todos los tonos) calculado por la VTU-R para el contrato en sentido descendente propuesto en O-CONTRACTn. Cuando la VTU-O recibe R-MARGINn, puede decidir la elección de este contrato enviando O-B&G o proponer un nuevo contrato enviando O-CONTRACTn. En el cuadro 12-33 se describen los campos de R-MARGINn.

**Cuadro 12-33/G.993.1 – Descripción de R-MARGINn**

<b>Campo</b>	<b>Tipo de campo o macrocampo</b>	<b>Comentarios</b>
Descriptor de mensaje	1 byte	Véase el cuadro 12-12
Margen de SNR	1 byte	En dB en pasos de 0,5 dB

#### 12.4.6.3.1.4 Mensaje R-B&G

Se utilizará este mensaje para transmitir a la VTU-O los bits y la información de ganancia que se deben utilizar en el sentido descendente.  $b_i$  indica el número de bits que habrá de codificar la VTU-O en la portadora  $i$ ;  $g_i$  indicará el factor de escala, correspondiente a la ganancia que se utilizó para esa portadora durante la transmisión de O-P-MEDLEY, que se aplicará a la portadora  $i$ .

Las  $b_i$  y  $g_i$  se definirán únicamente para aquellos tonos que se emplean durante la transmisión de O-P-MEDLEY (es decir, los tonos en sentido descendente indicados en O-SIGNATURE). Ya que no se transmiten bits o energía en el resto de las frecuencias (al menos en el sentido descendente), se supondrá que las  $b_i$  y  $g_i$  correspondientes se fijarán a cero y no se transmitirán.

Las  $b_i$  y  $g_i$  se transmitirán en orden ascendente (es decir, del tono más bajo al más alto). En el caso de que todos los valores  $b_i$  por encima de un determinado tono sean cero, no tendrá que transmitirse el resto de los valores cero. La VTU-O supondrá que cualquier  $b_i$  o  $g_i$  faltante después del último valor recibido corresponde a tonos que no transportan bits.

Cada  $b_i$  se debe representar como un entero de 4 bits sin signo, con los  $b_i$  válidos en la gama de cero a  $B_{\text{máx}_d}$ , es decir, el número máximo de bits que la VTU-O podrá modular en cualquier subportadora.

Cada  $g_i$  debe representarse como una cantidad de punto fijo de 12 bits sin signo, suponiendo que el punto binario se encuentra justo a la derecha del tercer bit más significativo. Por ejemplo, un  $g_i$  con la representación binaria (el bit más significativo en primer lugar)  $001.01000000_2$  indicará a la VTU-O que debe ajustar la constelación para la portadora  $i$ , en una ganancia de 1,25, de modo que la potencia en esta portadora será 1,94 dB más alta de lo que era durante O-P-MEDLEY.

Si la VTU-R necesita utilizar un tono piloto dedicado  $k$ , indicará este requisito a la VTU-O enviando el valor "2" en la posición de  $b_k$  en el cuadro de bits de R-B&G. En el cuadro de ganancias, la VTU-R transmitirá un valor cero para el ajuste de la ganancia del tono  $k$ . Cuando la VTU-O recibe "2" en un asiento del cuadro de bits y cero en el asiento del cuadro de ajuste de ganancia correspondiente indica que este tono ha sido seleccionado como un piloto dedicado y que debería cargarse con el punto 00 de constelación de 4QAM durante cada símbolo.

Todo el espectro se debe dividir en grupos de tonos adyacentes de manera que el número de bits asignado a las portadoras de un grupo sea constante. No es necesario que la longitud de todos los grupos de portadoras sea constante pero no podrá sobrepasar 255 portadoras. El factor de escala de cada portadora dentro de un grupo se definirá mediante una interpolación de polinomios, los que se especificarán mediante los valores tomados a  $(j_{\text{máx}} + 1)$  tonos definidos, donde  $j_{\text{máx}}$  es el orden del polinomio. Los  $(j_{\text{máx}} + 1)$  tonos se eligen de manera que estén (casi) equidistantes (véase más adelante). En el caso de un grupo de portadoras  $[x_n, x_{n+1}]$ , donde  $x_n$  y  $x_{n+1}$  son los índices de la portadora de los tonos más bajo y más alto respectivamente del grupo  $n$ -ésimo de portadoras, la posición  $(j_{\text{máx}} + 1) X_{nj}$  se define como:

$$X_{nj} = x_n + \left\lfloor \frac{j(x_{n+1} - x_n)}{j_{\text{máx}}} \right\rfloor \text{ para } j = 0 \dots j_{\text{máx}}$$

La VTU-R debe elegir  $j_{\text{máx}}$  basándose en los valores soportados por la VTU-O según se especifica en O-MSG2.

**Cuadro 12-34/G.993.1 – Descripción del mensaje R-B&G**

Contenido de campo	Tipo de campo o macrocampo
Descriptor de mensaje	Código de mensaje (véase el cuadro 12-12)
$j_{\text{máx}}$	1 byte
Información de los $b_i$ y $g_i$	Descriptor de B&G (véanse los cuadros 12-28 a 12-30)

### 12.4.6.3.2 Símbolos admitidos por la VTU-R

#### 12.4.6.3.2.1 Señal R-P-MEDLEY

Se trata de una señal de banda ancha utilizada para que la VTU-O estime la SNR en sentido ascendente. Esta señal se forma a partir de todos los tonos permitidos en sentido ascendente modulados en 4QAM. La longitud del símbolo debe ser  $N+CE$  muestras, donde  $N$  se debe fijar al valor especificado en la Rec. UIT-T G.994.1 y  $CE$  al valor especificado en O-MSG1 (véase 12.4.4.2.1.3). Cualquier modificación a  $CE$  se debe efectuar al comienzo del símbolo DMT (es decir, modificando el número de muestras en  $L_{CP}$ , véase 9.2.2). Se debe aplicar la función de ventana al transmisor y la longitud total de ventana  $\beta$  debe ser conforme a O-SIGNATURE (véase 12.4.4.2.1.1). La plantilla PSD de transmisión debe cumplir los requisitos de reducción de potencia. Se debe aplicar el avance de temporización y debe corresponder a la longitud del bucle estimada por la VTU-O. La señal R-P-MEDLEY transportará dos bytes de información

$(b_{15} b_{14} \dots b_8)$  y  $(b_7 b_6 \dots b_0)$  por cada símbolo DMT, que se harán corresponder como se describe en el cuadro 12-35.

**Cuadro 12-35/G.993.1 – Correspondencia de los bits R-P-MEDLEY**

Índice de tono	Punto de constelación
5, 10, 15, ..., $5n$ , ...	00
1, 11, 21, ..., $10n + 1$ , ...	Bits 0 y 1 del mensaje SOC
2, 12, 22, ..., $10n + 2$ , ...	Bits 2 y 3 del mensaje SOC
3, 13, 23, ..., $10n + 3$ , ...	Bits 4 y 5 del mensaje SOC
4, 14, 24, ..., $10n + 4$ , ...	Bits 6 y 7 del mensaje SOC
6, 16, 26, ..., $10n + 6$ , ...	Bits 8 y 9 del mensaje SOC
7, 17, 27, ..., $10n + 7$ , ...	Bits 10 y 11 del mensaje SOC
8, 18, 28, ..., $10n + 8$ , ...	Bits 12 y 13 del mensaje SOC
9, 19, 29, ..., $10n + 9$ , ...	Bits 14 y 15 del mensaje SOC

Los puntos de constelación seleccionados deben girarse pseudoaleatoriamente un ángulo de  $0$ ,  $\pi/2$ ,  $\pi$  o  $3\pi/2$  dependiendo del valor del número aleatorio de 2 bits, proporcionado por el generador de bits pseudoaleatorio definido en 12.4.4.2.2.1. Se deben hacer corresponder dos bits en cada tono incluyendo DC. La secuencia de bits pseudoaleatoria continuará de un símbolo al siguiente.

NOTA – Como se estableció en 12.4.4.2.2.1, entre cualesquiera dos símbolos DMT consecutivos se saltará un determinado número de bits de salida del generador de bits aleatorio.

#### 12.4.6.3.2.2 Señal R-P-SYNCHRO2

Se trata de una señal de banda ancha que permite que las VTU-O y VTU-R pasen simultáneamente al estado de ejecución (en el sentido ascendente). Esta señal utiliza todos los tonos permitidos en sentido ascendente modulados en 4QAM. La longitud del símbolo debe ser de  $N+CE$  muestras, donde  $N$  debe fijarse al valor especificado en la Rec. UIT-T G.994.1 y  $CE$  al valor especificado en O-MSG1 (véase 12.4.4.2.1.3). Se debe aplicar la función de ventana a transmisor y la longitud total de ventana  $\beta$  debe fijarse al valor especificado en O-SIGNATURE (véase 12.4.4.2.1.1). La PSD deberá conformarse a los requisitos de UPBO. La duración total de la señal R-P-SYNCHRO2 debe ser de 15 símbolos DMT. El valor 11 debe hacerse corresponder a todos los tonos permitidos en sentido descendente para los primeros 5 símbolos DMT y también para los últimos 5. El valor 00 debe hacerse corresponder con los tonos permitidos en sentido descendente para los 5 símbolos DMT restantes. Los puntos de constelación seleccionados se girarán pseudoaleatoriamente un ángulo de  $0$ ,  $\pi/2$ ,  $\pi$ ,  $3\pi/2$  dependiendo de la secuencia aleatoria de 2 bits proporcionada por el generador de bits pseudoaleatorio que se define en 12.4.4.2.2.1. La secuencia de bits pseudoaleatoria continuará de un símbolo al siguiente.

El aleatorizador mantendrá el funcionamiento continuo durante la transmisión de esta señal R-P-SYNCHRO2.

En el sentido ascendente, el aleatorizador de cuadrante se debe inhabilitar tras la transmisión de la señal R-P-SYNCHRO2.

## 13 Requisitos eléctricos

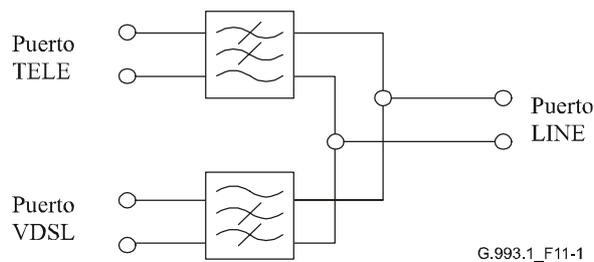
### 13.1 Divisores de servicio

#### 13.1.1 Generalidades

Se necesita un divisor de servicio (filtro divisor) en ambos extremos de la línea que transporta las señales VDSL si se desea que los servicios de banda estrecha existentes no se vean afectados por la presencia de dichas señales en el mismo par de hilos. En la figura 13-1 se presenta la estructura del filtro divisor, mostrando que el puerto VDSL se conecta al transceptor VDSL y que el puerto TELE se conecta a la NT POTS o a la NT del acceso básico RDSI. La función de TELE-LINE es la de un filtro paso bajo, mientras que la función del puerto VDSL-LINE es la de un filtro paso alto. Se necesita un aislamiento excepcional entre los puertos TELE y VDSL para evitar una interacción no deseada entre VDSL y el servicio de banda estrecha utilizado.

Los requisitos del filtro divisor tienen por objeto garantizar el funcionamiento adecuado de los servicios POTS y del acceso básico RDSI en las líneas que transportan señales VDSL. Los requisitos del filtro paso alto dependen en mayor medida de la estructura del transceptor VDSL y se les puede combinar parcialmente con una función pasa todo de la rama VDSL.

NOTA – Es posible que las implementaciones del divisor estén sujetas a requisitos establecidos por la administración correspondiente y que son distintos a los que se incluyen aquí.



**Figura 13-1/G.993.1 – Estructura del filtro divisor VDSL**

El divisor debe cumplir con los requisitos de los valores de impedancia del transceptor VDSL tolerados por su especificación de pérdida de retorno. Los valores de impedancia de referencia asociados con los puertos TELE y VDSL son:

- puerto TELE:  $Z_M$
- puerto VDSL:  $R_V$

Los valores particulares de  $Z_M$  y  $R_V$  son particulares de cada región y se especifican en los anexos D, E y F.

En el cuadro 13-1 se enumeran los requisitos eléctricos básicos del divisor. Los valores de los parámetros, así como otros requisitos específicos, son particulares de cada región y se describen en los anexos específicos de las regiones (por ejemplo, anexos D, E y F).

**Cuadro 13-1/G.993.1 – Requisitos eléctricos básicos del filtro divisor VDSL**

#	Requisito
1	Pérdida de inserción del puerto TELE al puerto LINE en $Z_M$ , y la variación de la pérdida de inserción (rizado)
2	Pérdida de retorno del puerto TELE al puerto LINE con referencia a $Z_M$ , y variación de la pérdida de retorno (rizado) cuando el otro puerto está terminado en $Z_M$
3	Pérdida de inserción del puerto LINE al puerto VDSL en $R_V$ , y la variación de la pérdida de inserción (rizado)
4	Pérdida de retorno del puerto LINE al puerto VDSL con referencia a $R_V$ , y la variación de la pérdida de retorno (rizado) cuando el otro puerto está terminado en $R_V$
5	Aislamiento entre los puertos TELE y VDSL
6	Aislamiento de modo común entre los puertos TELE y LINE
7	Resistencia en corriente continua entre los puertos TELE y LINE

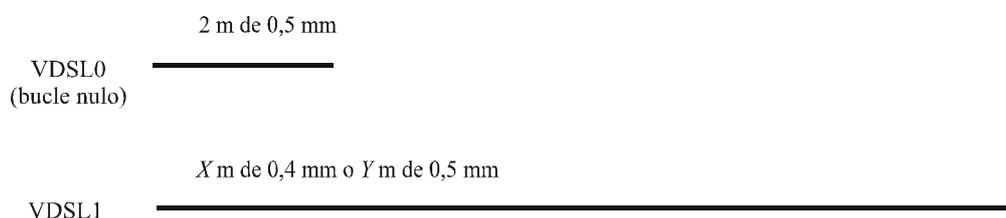
Se debe cumplir el requisito del cuadro 13-1 cuando está terminado el puerto que no está siendo utilizado para la prueba de un requisito particular:

- con la impedancia de adaptación adecuada;
- con una impedancia incorrectamente adaptada debido a condiciones de avería razonables en este puerto (por ejemplo, rotura de la línea, carga resistiva típica, carga de timbre de corriente alterna, etc.).

## 14 Metodología de prueba

### 14.1 Tipos de bucle de prueba de VDSL

Los bucles de prueba se caracterizan por pares trenzados que se emplean para el despliegue de VDSL y que se utilizan para la prueba y las evaluaciones de competencia entre módems VDSL. Los bucles de prueba (VDSL0 – VDSL1) presentados en la figura 14-1 caracterizan el caso más general. El bucle VDSL0 es un nombre simbólico de un bucle con longitud prácticamente igual a cero para demostrar que el transceptor VDSL puede controlar niveles de señal potencialmente altas cuando se interconectan dos transceptores directamente. El bucle VDSL1 es útil para una prueba de gama genérica. Los valores de  $X$  e  $Y$  varían con distintas velocidades binarias del sistema bajo prueba. En los anexos D, E y F se describen otros tipos de bucle de prueba particulares para distintas regiones.



**Figura 14-1/G.993.1 – Bucles de prueba genérica de VDSL**

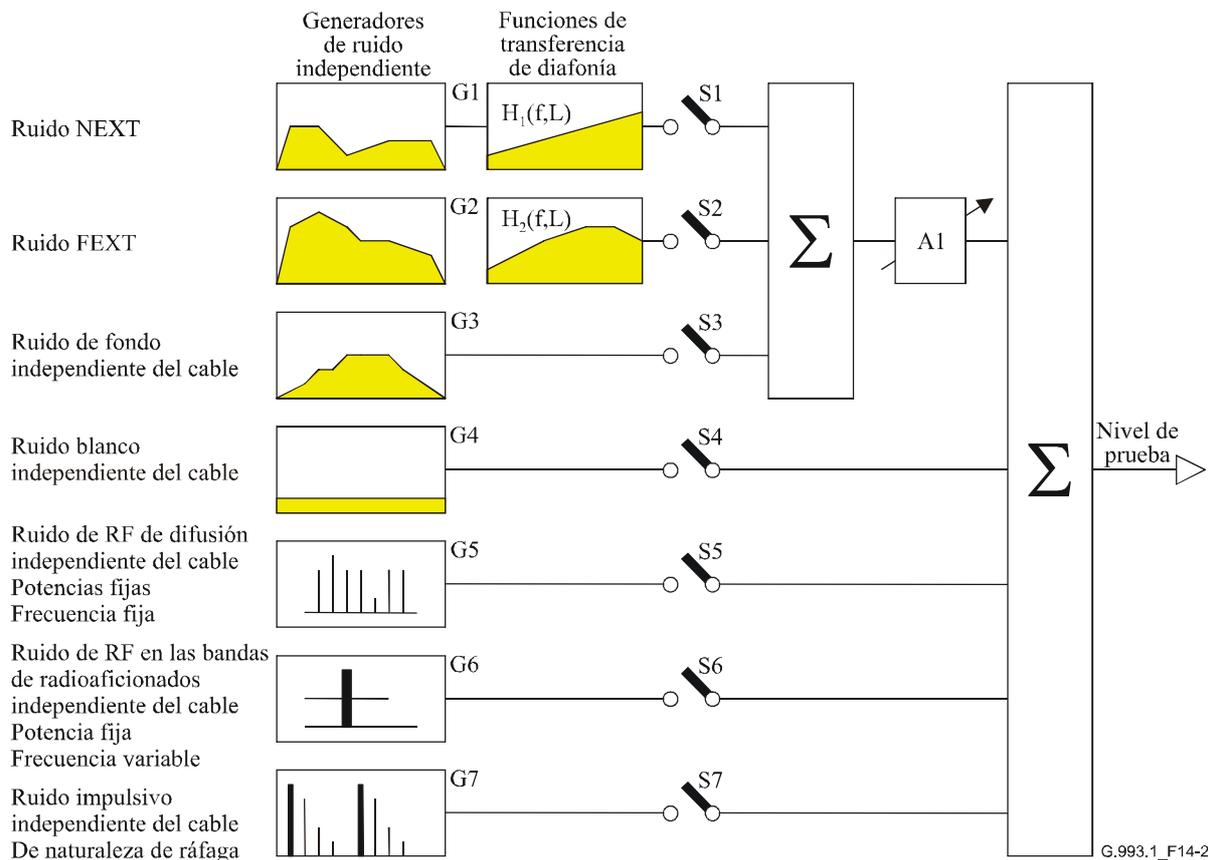
NOTA – Los valores de los parámetros de los tipos de bucle con calibre del hilo de 0,4 mm y 0,5 mm son particulares de cada región. Para los análisis comparativos se pueden utilizar los tipos de bucle TP1 (0,4 mm) y TP2 (0,5 mm) especificados en la Rec. UIT-T G.996.1.

## 14.2 Generadores de degradaciones

En la figura 14-2 se define un diagrama funcional de la composición del ruido provocado por las degradaciones, es decir el ruido combinado tal y como podrá ser probado en la entrada del receptor de un tranceptor VDSL bajo prueba.

El diagrama funcional consta de los siguientes elementos:

- Los "generadores" de siete degradaciones G1 a G7 simulan el ruido en el bucle. Las características de ruido son independientes de los bucles de prueba y de las velocidades binarias.
- Los conmutadores S1-S7 determinan si un determinado generador de degradaciones contribuye o no a la degradación total durante una prueba.
- El amplificador A1 modeliza la propiedad para aumentar el nivel de algunos generadores simultáneamente a fin de realizar las pruebas de margen de ruido. Un valor de  $x$  dB significa un aumento de nivel independiente de la frecuencia en  $x$  dB sobre toda la banda VDSL, de 0 Hz a 12 MHz. A menos que se especifique lo contrario, su ganancia se fija a 0 dB.
- En 14.2.1 se define el cuadrado de la magnitud de las funciones de transferencia,  $|H_1(f,L)|^2$  y  $|H_2(f,L)|^2$ , para la simulación NEXT y FEXT.



NOTA – El generador G7 es el único que se representa simbólicamente en el dominio del tiempo. El resto se muestra en el dominio de la frecuencia.

**Figura 14-2/G.993.1 – Diagrama funcional de la composición del ruido provocado por las degradaciones**

Se utilizará el mismo diagrama funcional para las pruebas de las degradaciones en los sentidos descendente y ascendente. Cada prueba tiene su propia especificación de degradación. El ruido total provocado por las degradaciones se caracterizará por la suma de los componentes individuales especificados en las subcláusulas pertinentes.

Es posible aplicar varios casos de despliegue a la prueba de VDSL. Estos casos son representativos de las degradaciones que se pueden encontrar en las redes con acceso metálico.

#### 14.2.1 Ruido provocado por la diafonía

Las degradaciones resultantes del ruido provocado por la diafonía se reflejan mediante los generadores G1 a G3. Sus características de ruido son independientes de los bucles de prueba y de las velocidades binarias.

La paradiafonía o NEXT será una señal gaussiana con el cuadrado de la magnitud de su función de transferencia definido como:

$$|H_1(f, L)|^2 = K_{\text{NEXT}} (1/49)^{0.6} f^{1.5} [1 - |H(f, L)|^4]$$

De igual manera, el cuadrado de la magnitud de la función de transferencia de la telediafonía o FEXT se define como:

$$|H_2(f, L)|^2 = |H(f, L)|^2 K_{\text{FEXT}} (1/49)^{0.6} L f^2$$

donde:

$|H(f, L)|$  es la magnitud de la función de transferencia de ganancia de inserción en el bucle

$K_{\text{NEXT}}$  y  $K_{\text{FEXT}}$  son los coeficientes de acoplamiento de diafonía,  $K_{\text{NEXT}} = 8,818 \times 10^{-14}$ , y  $K_{\text{FEXT}} = 7,999 \times 10^{-20}$

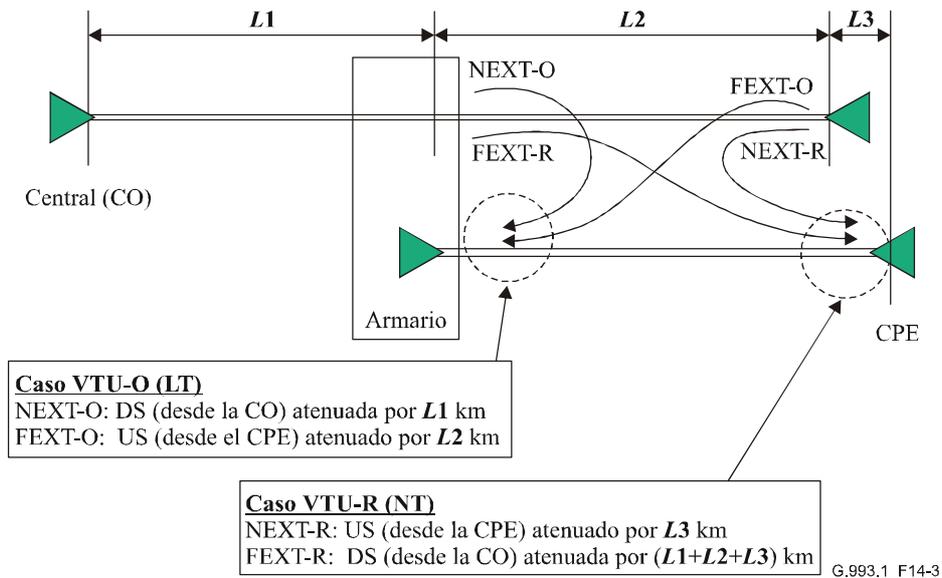
$L$  es la longitud del bucle en pies

$f$  es la frecuencia en hertz

El factor  $(1/49)^{0.6}$  refleja el hecho de que ya se han ajustado las PSD de transmisión de ruido propio y extraño considerando el número efectivo de elementos disturbadores de cada tipo.

##### 14.2.1.1 Definición del modelo de ruido provocado por la diafonía

Se consideran los dos casos principales de implementación, fibra a la central (FTTEx, *fibre-to-the-exchange*) y fibra al armario (FTTCab, *fibre-to-the-cabinet*), para la definición del modelo de ruido. Cada caso da por resultado una PSD de ruido que depende de la longitud, y refleja la distancia entre la central y el armario ( $L1$ ) y también las distancias  $L2$  y  $L3$  que se describen en la figura 14-3. La diafonía que habrá de ser emulada por G1 y G2 consta de la "diafonía interna" y la "diafonía externa". La primera es provocada por los sistemas VDSL, mientras que la segunda se debe a otros sistemas. Las plantillas PSD de los generadores G1 y G2 de diafonía externa se verán atenuadas en el caso de FTTCab por el valor que refleja la atenuación de las señales correspondientes durante la propagación de la central al armario. Para fines de evaluación de la calidad de funcionamiento, la longitud  $L1$  debe fijarse a 1000 m, la longitud  $L2$  debe fijarse a la longitud del bucle de prueba aplicable y la longitud  $L3$  deberá fijarse a 0 m.



**Figura 14-3/G.993.1 – Definición del modelo de ruido de la diafonía externa para distintos casos**

El modelo del ruido provocado por la diafonía interna incluirá en todos los casos 20 elementos disturbadores VDSL. El modelo del ruido provocado por la diafonía externa depende del tipo y la cantidad prevista de otros circuitos DSL (externos) que funcionan en el mismo grupo y es particular de cada región.

#### 14.2.1.2 Generador de ruido NEXT [G1]

El generador de ruido NEXT representa todas las degradaciones que se identifican como ruido por diafonía predominantemente desde un origen de extremo cercano. Cuando se filtra el ruido [G1] mediante la función de acoplamiento de diafonía NEXT  $H_1(f,L)$  representa la contribución de todas las NEXT en el ruido compuesto provocado por degradaciones de la prueba.

La PSD del generador de ruido es una combinación de los perfiles de diafonía interna y externa de acuerdo con la especificación en 14.2.1.4. Se debe cumplir con esos perfiles para todas las frecuencias del rango VDSL. Para fines de verificación la PSD se medirá utilizando un ancho de banda de medición menor que 10 kHz.

$$G1.UP.\# = (XS.LT.\# \blacklozenge XA.LT.\#)$$

$$G1.DN.\# = (XS.NT.\# \blacklozenge XA.NT.\#)$$

A continuación se definen los símbolos de las expresiones anteriores:

- "#" es un sitio donde se mantiene el modelo "A", "B" ... "F".
- "XS.LT.#" y "XS.NT.#" se refieren a los perfiles de diafonía interna definidos en 12.2.1.4.
- "XA.LT.#" y "XA.NT.#" se refieren a los perfiles de diafonía externa que se definen en 12.2.1.4.
- "◆" define la suma de la diafonía de las dos PSD como  $P_{XS} \blacklozenge P_{XA} = (P_{XS}^{1/0,6} + P_{XA}^{1/0,6})^{0,6}$  siendo P la PSD en W/Hz.

La PSD de G1 es independiente del acoplamiento de NEXT en el cable. En 14.2.1 se especifica la respuesta de la magnitud de la función de acoplamiento NEXT  $H_1(f,L)$ .

El ruido de este generador no estará correlacionado con todas las otras fuentes de ruido en el generador de degradación ni tampoco con el sistema VDSL bajo prueba. El ruido será de naturaleza aleatoria con una distribución de amplitud casi gaussiana como se especifica en 14.2.6.

### 14.2.1.3 Generador de ruido FEXT [G2]

Este generador representa todas las degradaciones identificadas como ruido provocado por diafonía desde un origen de extremo distante predominantemente. Cuando se filtra el ruido [G2] mediante la función de acoplamiento de diafonía FEXT  $H_2(f,L)$  representa la contribución de todas las FEXT en el ruido compuesto provocado por degradaciones de la prueba.

La PSD del generador de ruido es una combinación de los perfiles de diafonía interna y externa como se especifica en 14.2.1.4. Se debe cumplir con estos perfiles para todas las frecuencias en la gama VDSL. La PSD se debe medir utilizando un ancho de banda de medición menor que 10 kHz.

$$G2.UP.\# = (XS.NT.\# \blacklozenge XA.NT.\#)$$

$$G2.DN.\# = (XS.LT.\# \blacklozenge XA.LT.\#)$$

A continuación se definen los símbolos de las expresiones anteriores:

- "#" es un sitio donde se mantiene el modelo "A", "B" ... "F".
- "XS.LT.#" y "XS.NT.#" se refieren a los perfiles de diafonía interna definidos en 12.2.1.4.
- "XA.LT.#" y "XA.NT.#" se refieren a los perfiles de diafonía externa que se definen en 12.2.1.4.
- "◆" define la suma de la diafonía de las dos PSD como  $P_{XS} \blacklozenge P_{XA} = (P_{XS}^{1/0,6} + P_{XA}^{1/0,6})^{0,6}$  siendo P la PSD en W/Hz.

La PSD de G2 será independiente del acoplamiento FEXT del cable. La respuesta de la magnitud de la función de acoplamiento FEXT  $H_2(f,L)$  se especifica en 14.2.1.

El ruido de este generador no estará correlacionado con todas las otras fuentes de ruido en el generador de degradaciones ni con el sistema VDSL bajo prueba. El ruido será de naturaleza aleatoria con una distribución de amplitud casi gaussiana como se especifica en 14.2.6.

#### 14.2.1.4 Perfiles de los generadores [G1] y [G2] en el dominio de frecuencia

El ruido provocado por diafonía representa todas las degradaciones originadas desde los sistemas conectados a pares de hilos adyacentes acoplados a los hilos del sistema VDSL bajo prueba. Los generadores de ruido G1 y G2 representan el equivalente de muchos elementos disturbadores en un caso real con todos esos elementos coubicados en los extremos de los bucles de prueba.

##### 14.2.1.4.1 Perfiles de la diafonía interna

El perfil de ruido de la diafonía interna es particular de la implementación para el sistema VDSL bajo prueba. Los fabricantes de los transceptores deben determinar el espectro de la señal de transmisión VDSL del sistema VDSL bajo prueba, tanto en LT como en NT (VDSL.LT.# o VDSL.NT.#), sobre toda la banda VDSL observada en el puerto Tx de la configuración de prueba descrita en 14.3.1. El ancho de banda de resolución para la medición será de 10 kHz, aunque es posible que se apliquen requisitos regionales.

Se deben utilizar perfiles espectrales separados para describir la diafonía interna en los extremos LT y NT del bucle de prueba. En el texto a continuación "#" es un sitio donde se mantienen los modelos "A" a "F".

- Los perfiles XS.LT.# describen la porción de la diafonía interna de un elemento disturbador equivalente coubicado en el extremo LT del bucle de prueba. Cuando la prueba se efectúa en sentido ascendente, este perfil se aplicará al generador G1. Cuando se aplica la prueba en sentido descendente, este perfil se aplica al generador G2. En el cuadro 14-1 se especifica el perfil de la diafonía interna.
- Los perfiles XS.NT.# describen la porción de diafonía interna de un elemento disturbador equivalente coubicado en el extremo NT del bucle de prueba. Cuando se realiza la prueba en sentido ascendente, este perfil se aplica al generador G2. Cuando se realiza la prueba en

sentido descendente, este perfil se aplica al generador G1. En el cuadro 14-1 se especifica el perfil de diafonía interna.

**Cuadro 14-1/G.993.1 – Definición de diafonía interna**

<b>Armario</b>	<b>Modelo A</b>	<b>Modelo B</b>	<b>Modelo C</b>
XS.LT.#	VDSL.LT.A + 8 dB	VDSL.LT.B + 8 dB	VDSL.LT.C + 8 dB
XS.NT.#	VDSL.NT.A + 8 dB	VDSL.NT.B + 8 dB	VDSL.NT.C + 8 dB
<b>Central</b>	<b>Modelo D</b>	<b>Modelo E</b>	<b>Modelo F</b>
XS.LT.#	VDSL.LT.D + 8 dB	VDSL.LT.E + 8 dB	VDSL.LT.F + 8 dB
XS.NT.#	VDSL.NT.D + 8 dB	VDSL.NT.E + 8 dB	VDSL.NT.F + 8 dB

NOTA 1 – La adición de 8 dB aproxima la potencia generada por la suma de 20 sistemas VDSL funcionando en un cable multipar.

NOTA 2 – Se supone que la diafonía interna de VDSL es generada por los transceptores con la misma plantilla/máscara PSD del transceptor bajo prueba, aunque no necesariamente con la misma PSD de transmisión.

#### **14.2.1.4.2 Perfiles de la diafonía externa**

Los modelos de diafonía externa A-F son particulares de cada región y se describen en los anexos E, D y F. Se utilizarán perfiles espectrales separados para describir la diafonía externa en los extremos LT y NT del bucle de prueba. En el texto a continuación el símbolo "#" representa un sitio donde se mantienen los modelos "A" a "F".

- Los perfiles XA.LT.# describen la porción de la diafonía externa de un elemento disturbador equivalente ubicado en el extremo LT del bucle de prueba. Cuando se realiza la prueba en sentido ascendente este perfil se aplicará al generador G1. Cuando se realiza la prueba en el sentido descendente este perfil se aplicará al generador G2. Los perfiles de diafonía externa se especifican en los anexos D, E y F.
- Los perfiles XA.NT.# describen la porción de diafonía externa de un elemento disturbador equivalente ubicado en el extremo NT del bucle de prueba. Cuando se realiza la prueba en sentido ascendente este perfil se aplica al generador G2. Cuando la prueba se realiza en sentido descendente este perfil se aplica al generador G1. Los perfiles de la diafonía externa se especifican en los anexos D, E y F.

#### **14.2.2 Generador de ruido de fondo [G3]**

Este generador producirá el ruido no blanco (o de color). En el caso de las pruebas especificadas en este documento, G3 se mantendrá inactivo y se fijará a cero.

#### **14.2.3 Generador de ruido gaussiano blanco aditivo [G4]**

El generador de ruido gaussiano blanco aditivo (AWGN, *additive white gaussian noise*) tendrá una PSD plana de  $-140$  dBm/Hz en toda la banda de frecuencias VDSL, como se especifica en 6.1.

#### **14.2.4 Generador de ruido radioeléctrico [G5]**

El generador de ruido radioeléctrico por difusión representa la interferencia de línea de tonos discreta provocada por las transmisiones de difusión moduladas en amplitud en las bandas SW, MW y LW que ingresan en el modo diferencial o de transmisión del par de hilos. Estas fuentes de interferencia tienen una mayor estabilidad temporal que la interferencia provocada por las bandas de radioaficionados (generador de ruido [G6]) ya que su portadora no se suprime. El índice de

modulación (MI, *modulation index*) y las frecuencias de la portadora de los transmisores de difusión son particulares de cada región. Cada amenaza de interferencia por radiofrecuencia (RFI, *radio frequency interference*) simulada puede incluir varias estaciones de difusión en AM simuladas en las bandas SW, MW y LW. En los anexos D, E y F se especifican los requisitos de algunas regiones.

#### 14.2.5 Generador de ruido en las bandas de aficionados [G6]

Este generador representa una gran interferencia de RF (casi de tipo impulsivo) que tiene características temporales cambiantes debido a la naturaleza de la banda lateral única de la transmisión en las bandas de radioaficionados. La interferencia muestra variaciones temporales graves, puede tener una gran amplitud y producirse en cualquier lugar dentro de las bandas de radioaficionados en HF normalizadas regionalmente, y en cualquier momento del día o de la noche. El cableado aéreo es particularmente susceptible al ingreso de RF de esta naturaleza. Por lo general, el acoplamiento a los hilos telefónicos trenzados es a través del modo común y a continuación del modo diferencial. En el cuadro 14-2 se especifican las bandas de ruido producido por los radioaficionados. La señal de banda base modulada será ruido producido por voz ponderada como se especifica en la Rec. UIT-T G.227. En los anexos D, E y F se especifica la potencia de ruido en las bandas de radioaficionados que se ha de aplicar a las bandas correspondientes particulares de cada región.

**Cuadro 14-2/G.993.1 – Bandas de ruido en las frecuencias de radioaficionados**

Inicio de la banda [kHz]	Fin de la banda [kHz]
1 800	2 000
3 500	4 000
7 000	7 300
10 100	10 150
14 000	14 350
18 068	18 168
21 000	21 450
24 890	24 990
28 000	29 700

#### 14.2.6 Modelo de ruido impulsivo [G7]

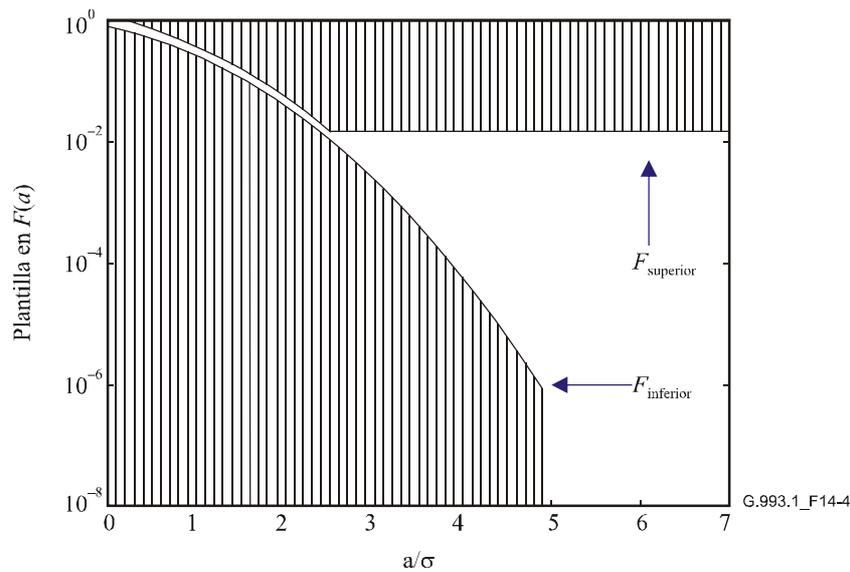
Se necesita el generador de ruido impulsivo para probar la inmunidad al ruido producido por ráfagas del transceptor VDSL. El ruido consistirá de ráfagas de ruido gaussiano blanco aditivo (AWGN, *additive white gaussian noise*) sobre la línea con la potencia suficiente para garantizar la supresión efectiva de los datos durante el periodo de la ráfaga, es decir, la tasa de bits con errores durante la ráfaga será aproximadamente de 0,5 (suponiendo que no se aplica FEC). La ráfaga de ruido se aplicará regularmente con una velocidad de repetición de por lo menos 1 Hz.

La duración de la ráfaga es variable; al menos se soportarán valores de 10, 50, 100, 250 y 500  $\mu$ s. El AWGN se generará con un factor de cresta de 5 y una PSD plana de hasta 12 MHz, y a continuación disminuirá continuamente con una caída igual a o más pronunciada que 12 dB por octava. La PSD del AWGN será variable en la gama de  $-70$  dBm/Hz a  $-140$  dBm/Hz.

#### 14.2.7 Perfiles de los generadores [G1] a [G4] en el dominio del tiempo

El ruido especificado en el dominio de frecuencia será de naturaleza aleatoria y con una distribución casi gaussiana, lo que significa que la función de distribución de amplitud del ruido combinado

producido por las degradaciones inyectado en el elemento añadido caerá entre los dos límites ilustrados en la figura 14-4 y definidos en el cuadro 14-3.



NOTA – El área no sombreada representa la región permitida.

**Figura 14-4/G.993.1 – Plantilla de la función de distribución de amplitud**

La función de distribución de amplitud  $F(a)$  del ruido  $u(t)$  es la fracción del tiempo durante la cual el valor absoluto de  $u(t)$  sobrepasa el valor "a". A partir de esta definición se puede concluir que  $F(0) = 1$  y que  $F(a)$  disminuirán hasta el punto donde "a" es igual al valor de cresta de la señal. A partir de ese punto,  $F(a)$  desaparecerá:

$$F(a) = 0, \text{ para } a \geq |u_{peak}|$$

Los límites de la distribución de amplitud garantizan que el ruido se caracteriza por los valores de cresta que a menudo son significativamente superiores que el valor eficaz (rms) de ese ruido (hasta 5 veces el valor rms).

**Cuadro 14-3/G.993.1 – Límites superior e inferior de la función de distribución de amplitud del ruido**

Límite ( $\sigma = \text{rms valor de ruido}$ )	Intervalo	Parámetro	Valor
$F_{lower}(a) = (1 - \epsilon) \times \left\{ 1 - \text{erf}\left(\frac{a}{\sigma} / \sqrt{2}\right) \right\}$	$0 \leq a/\sigma < CF$	Factor de cresta	$CF = 5$
$F_{lower}(a) = 0$	$CF \leq a/\sigma < \infty$	Espacio gaussiano	$\epsilon = 0,1$
$F_{upper}(a) = (1 + \epsilon) \times \left\{ 1 - \text{erf}\left(\frac{a}{\sigma} / \sqrt{2}\right) \right\}$	$0 \leq a/\sigma < A$		$A = CF/2 = 2,5$
$F_{upper}(a) = (1 + \epsilon) \times \left\{ 1 - \text{erf}\left(\frac{A}{\sqrt{2}}\right) \right\}$	$A \leq a/\sigma < \infty$	Espacio gaussiano	$\epsilon = 0,1$

El significado de los parámetros en el cuadro 14-3 es:

- CF representa el factor de cresta mínimo del ruido, que caracteriza la relación entre el valor de cresta absoluto y el valor rms ( $CF = |u_{peak}|/u_{rms}$ ).
- $\epsilon$  representa la "desviación" (gap) gaussiana que indica qué tanto se aproxima el ruido casi gaussiano al ruido gaussiano verdadero.

- A representa el punto tras el cual el límite superior disminuye para permitir la utilización de señales de ruido con longitud de repetición práctica.

### **14.3 Pruebas de calidad de funcionamiento de la transmisión**

Los sistemas VDSL deben probarse para verificar la condición  $BER \leq 10^{-7}$  y un margen de ruido mínimo de 6 dB utilizando la configuración de prueba especificada en 14.3.1 y los procedimientos de prueba especificados en 14.3.2. Este margen de ruido indica la cantidad del aumento del ruido provocado por diafonía o el nivel de ruido impulsivo que puede tolerar el sistema en condiciones de funcionamiento garantizando aún la calidad de transmisión necesaria.

#### **14.3.1 Configuración de prueba**

En la figura 14-5 se muestra la descripción funcional de la configuración de prueba, que incluye:

- el bucle de prueba pertinente, tal y como se especifica en 14.1 o en los anexos D, E y F;
- el generador de ruido provocado por degradaciones, según se especifica en 14.2;
- un elemento añadido para agregar el ruido provocado por degradaciones pertinente al bucle de prueba;
- una alta impedancia, y una sonda de voltaje diferencial bien balanceada (por ejemplo con balance superior a 60 dB en toda la banda VDSL), conectada con detectores de nivel del tipo analizador de espectro o un medidor de tensión RMS real.

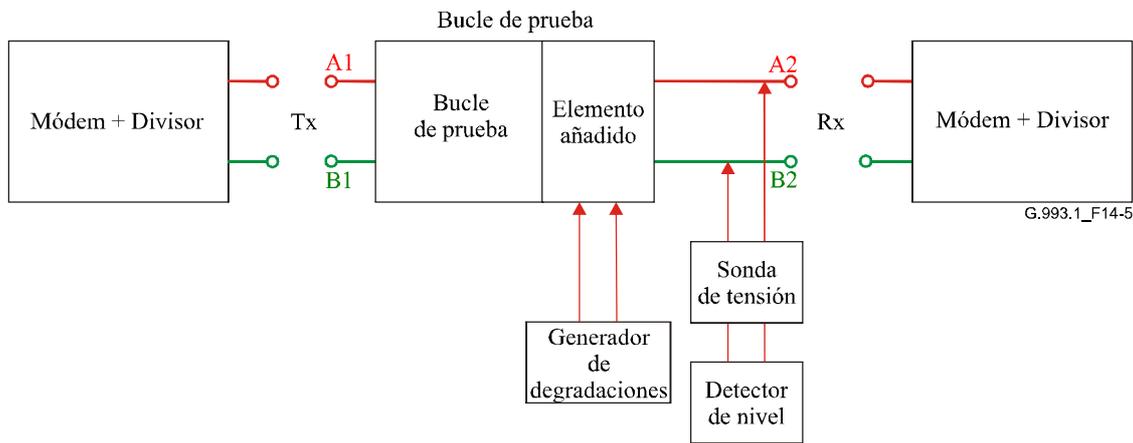
NOTA – Se puede utilizar el bucle de prueba VDSL0 para calibrar y verificar los valores correctos de los generadores de ruido provocado por degradaciones cuando se realizan las pruebas de calidad de funcionamiento.

La función de transferencia y la impedancia del bucle de prueba entre el puerto Tx (par A1, B1 del nodo) y el puerto Rx (par A2, B2 del nodo) se deben ajustar adecuadamente de modo que se incluya la pérdida por inserción distinta de cero y la impedancia en paralelo finita del elemento añadido y del generador de degradaciones, lo cual es necesario para garantizar que la inserción de las señales de degradaciones generadas no carguen perceptiblemente la línea.

El equilibrio con relación al terminal de tierra, observado en los puertos Tx y Rx, y en los terminales de la sonda de tensión mostrarán un valor que es 10 dB mayor que el transceptor bajo prueba, lo que es necesario para garantizar que el generador de degradaciones y la función de supervisión no deterioran sensiblemente el equilibrio con relación al terminal de tierra del transceptor bajo prueba.

El flujo de señal a través de la configuración de prueba se realizará del puerto Tx al puerto Rx. La medición de la calidad de funcionamiento en sentido ascendente y descendente necesita un intercambio de la posición del transceptor y del extremo del bucle de la prueba.

El nivel de señal recibido en el puerto Rx se debe medir entre los nodos A2 y B2, cuando los puertos Tx y Rx están terminados con los transceptores VDSL bajo prueba. El generador de degradaciones se desactivará durante esta medición. El nivel de la señal transmitida en el puerto Tx se medirá entre los nodos A1 y B1, bajo las mismas condiciones.



**Figura 14-5/G.993.1 – Descripción funcional de la configuración de las pruebas de calidad de funcionamiento**

El generador de ruido por degradaciones debe ser como el que se define en la figura 14-2. El nivel del ruido por degradaciones insertado debe medirse en el puerto Rx, entre los nodos A2 y B2, mientras que los puertos Tx y Rx se terminan con la impedancia de terminación  $R_V$ . La señal y los niveles de ruido por degradaciones se deben probar con una sonda de tensión diferencial bien equilibrada. La impedancia diferencial entre las puntas de la sonda debe ser mayor que la impedancia de  $100\text{ k}\Omega$  en paralelo con  $10\text{ pF}$ . En la figura 14-5 se muestra la posición de la sonda cuando se mide el nivel de señal Rx en el receptor de LT o NT. Para la medición del nivel de señal Tx se necesita conectar las puntas de la sonda al par del nodo [A1, B1].

Los distintos niveles de las señales y el ruido por degradaciones especificados en esta Recomendación se definen en el lado Tx o Rx de esta configuración. Para todas las mediciones de potencia, la prueba de una tensión RMS de  $U_{RMS}$  [V] en el punto de prueba terminado por la impedancia resistiva  $R_V$  significa el nivel de potencia de  $P$  [dBm] en toda la banda, es decir:

$$P = 10 \log_{10} \left( \frac{U_{RMS}^2}{R_V} \cdot 1000 \right), \text{ en dBm}$$

La prueba de una tensión RMS  $U_{RMS}$  [V] en esta configuración para una banda de frecuencias pequeña de  $f$  [Hz] significa un nivel de densidad espectral de potencia promedio de PSD [dBm/Hz] dentro de esa banda filtrada, es decir:

$$PSD = 10 \log_{10} \left( \frac{U_{RMS}^2}{R_V} \cdot \frac{1000}{\Delta f} \right), \text{ en dBm/Hz}$$

El ancho de banda  $f$  identificará el ancho de banda de ruido del filtro, pero no el ancho de banda de 3 dB. El valor de  $f$  será de  $10\text{ kHz}$ , pero es posible que se apliquen requisitos regionales.

### 14.3.2 Medición del margen de ruido

Antes del arranque del transceptor VDSL bajo prueba se debe ajustar el nivel y la forma del ruido por diafonía o el ruido impulsivo de manera que el nivel observado en el puerto Rx de la figura 14-5 cumpla con la especificación de nivel de degradaciones. Este nivel relativo se denomina como 0 dB. A continuación se activa el enlace del transceptor y se supervisa la tasa de bits con errores del enlace.

Mediante el ajuste de la ganancia del amplificador A1 en la figura 14-2 se aumenta el nivel de ruido por diafonía de los generadores de degradaciones (igualado en toda la banda de frecuencias de VDSL) hasta que la tasa de bits con errores sea de aproximadamente  $10^{-7}$ . Esta BER se alcanzará

con un aumento de ruido de  $x$  dB, con una pequeña incertidumbre de  $x$  dB. El valor  $x$  se define como el margen de ruido con referencia a un modelo de ruido normalizado y puede (facultativamente) utilizarse para indicar la sensibilidad del sistema bajo prueba a los cambios de BER.

NOTA – Se prevé que el nivel de ruido que lleva la BER a  $10^{-7}$  es muy cercano al nivel asociado con una BER de  $10^{-5}$  (por lo general dentro de una fracción de un dB para un sistema codificado). Para acelerar la búsqueda iterativa de esos márgenes de ruido, se recomienda comenzar la búsqueda para una BER de  $10^{-5}$  y a continuación buscar el nivel de ruido asociado con una BER de  $10^{-7}$ . El requisito de una BER de  $10^{-7}$  sigue siendo válido a fin de pasar la prueba de calidad de funcionamiento de la transmisión.

Los márgenes de ruido se deben medir tanto en transmisión ascendente como descendente en todos los bucles de prueba pertinentes y en todas las configuraciones del generador de ruido.

### 14.3.3 Configuraciones del generador de ruido para distintos casos de prueba

La configuración válida de los generadores de ruido para las pruebas de calidad de funcionamiento de VDSL que habrán de realizarse para probar la calidad de funcionamiento adecuada en sentido ascendente y descendente es particular de cada región. En los anexos D, E y F se especifica la configuración de los generadores de ruido para algunas regiones.

## Anexo A

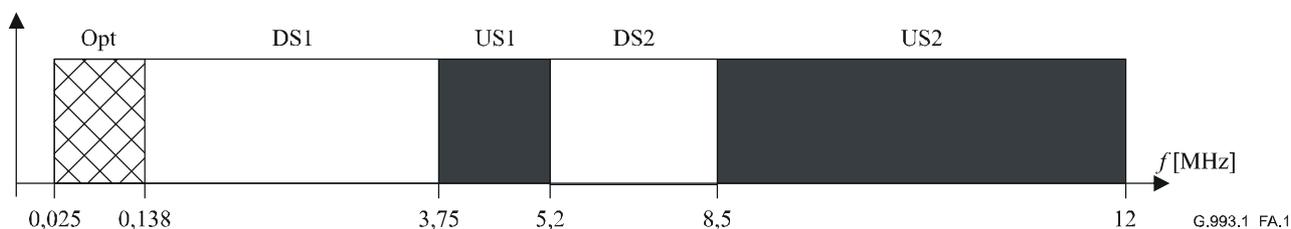
### Plan de banda A

En el cuadro A.1 se definen las frecuencias y la utilización del plan de banda A representado en la figura A.1.

NOTA – El plan de banda A se conocía anteriormente como Plan 998.

**Cuadro A.1/G.993.1 – Plan de banda A**

	[MHz]	Sentido de transmisión
$f_0-f_1$	0,025-0,138	La utilización y la direccionalidad son facultativas
$f_1-f_2$	0,138-3,75	Sentido descendente
$f_2-f_3$	3,75-5,2	Sentido ascendente
$f_3-f_4$	5,2-8,5	Sentido descendente
$f_4-f_5$	8,5-12	Sentido ascendente



**Figura A.1/G.993.1 – Plan de banda A**

## Anexo B

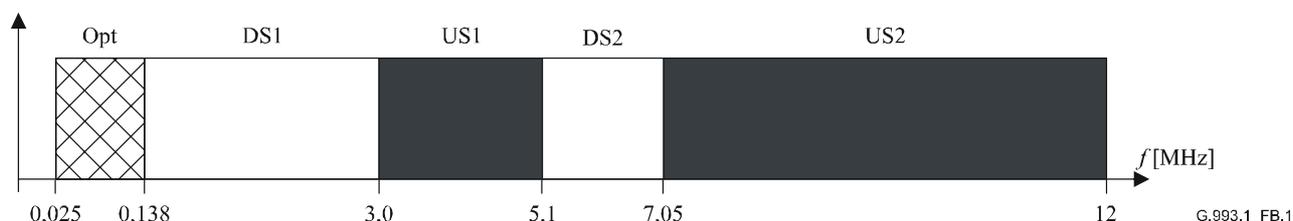
### Plan de banda B

En el cuadro B.1 se le definen las frecuencias y la utilización del plan de banda B representado en la figura B.1.

NOTA – Al plan de banda B se le conocía anteriormente como Plan 997.

**Cuadro B.1/G.993.1 – Plan de banda B**

	[MHz]	Sentido de transmisión
$f_0-f_1$	0,025-0,138	La utilización y la direccionalidad son facultativas
$f_1-f_2$	0,138-3,0	Sentido descendente
$f_2-f_3$	3,0-5,1	Sentido ascendente
$f_3-f_4$	5,1-7,05	Sentido descendente
$f_4-f_5$	7,05-12	Sentido ascendente



**Figura B.1/G.993.1 – Plan de banda B**

## Anexo C

### Plan de banda C

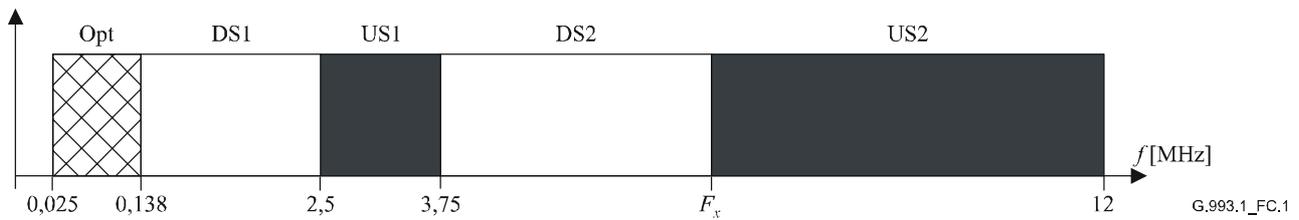
NOTA – Este anexo está previsto para uso exclusivo en Suecia.

El cuadro C.1 define las frecuencias y la utilización del plan de banda C representado en la figura C.1.

$F_x$  es una frecuencia variable.

**Cuadro C.1/G.993.1 – Plan de banda C**

	[MHz]	Sentido de transmisión
$f_0-f_1$	0,025-0,138	La utilización y la direccionalidad son facultativas
$f_1-f_2$	0,138-2,5	Sentido descendente
$f_2-f_3$	2,5-3,75	Sentido ascendente
$f_3-f_4$	3,75- $F_x$	Sentido descendente
$f_4-f_5$	$F_x$ -12	Sentido ascendente



**Figura C.1/G.993.1 – Plan de banda C**

## **Anexo D**

### **Requisitos para la Región A (América del Norte)**

#### **D.1 Interfaz física**

##### **D.1.1 Plan de bandas**

Se debe utilizar el plan de la banda A especificado en el anexo A.

##### **D.1.2 Potencia de transmisión de banda ancha**

Según lo especificado en [American National Standard (ANSI)].

##### **D.1.3 PSD de la señal de transmisión**

Según lo especificado en [ANSI].

##### **D.1.4 Impedancia de terminación**

Según lo especificado en [ANSI].

##### **D.1.5 PSD de referencia**

Los valores de PSD\_REF de los entornos de ruido especificados en 6.3.1 y las PSD de la señal de transmisión especificadas en 6.3.1 deberán ser conformes a [ANSI].

#### **D.2 Metodología de prueba**

##### **D.2.1 Modelos de ruido**

###### **D.2.1.1 Modelos de ruido por diafonía externa**

Según lo especificado en [ANSI].

###### **D.2.1.2 Modelos de generadores de ruido RFI**

Según lo especificado en [ANSI].

##### **D.2.2 Bucles de prueba**

Según lo especificado en [ANSI].

##### **D.2.3 Divisores de servicio y características eléctricas**

Según lo especificado en [ANSI].

## **Anexo E**

### **Requisitos para la Región B (Europa)**

#### **E.1 Interfaz física**

##### **E.1.1 Plan de bandas**

Se podrá utilizar el plan de la banda A especificado en el anexo A o el plan de la banda B especificado en el anexo B con las restricciones especificadas en [ETSI].

##### **E.1.2 Potencia de transmisión de banda ancha**

Según lo especificado en [ETSI].

##### **E.1.3 PSD de la señal de transmisión**

Según lo especificado en [ETSI].

##### **E.1.4 Impedancia de terminación**

Según lo especificado en [ETSI].

##### **E.1.5 PSD de referencia**

Los valores de PSD\_REF de los entornos de ruido especificados en 6.3.1 y las PSD de la señal de transmisión especificadas en 6.3.1 deben ser los definidos en [ETSI].

#### **E.2 Metodología de prueba**

##### **E.2.1 Modelos de ruido**

###### **E.2.1.1 Modelos de ruido por diafonía externa**

Según lo especificado en [ETSI].

###### **E.2.1.2 Modelos de generadores de ruido RFI**

Según lo especificado en [ETSI].

##### **E.2.2 Bucles de prueba**

Según lo especificado en [ETSI].

##### **E.2.3 Divisores de servicio y características eléctricas**

Según lo especificado en [ETSI].

## Anexo F

### Requisitos regionales que deben satisfacer los entornos que coexisten con la línea de abonado digital del múltiplex con compresión en el tiempo de la RDSI, definida en el apéndice III/G.961

#### F.1 Plan de banda y plantillas de PSD

##### F.1.1 Plan de banda

El plan de banda deberá ajustarse al plan de banda A especificado en el anexo A. Pueden implementarse subconjuntos integrados como mínimo por una banda descendente y otra ascendente de DS1, US1, DS2 y US2.

##### F.1.2 Plantillas de PSD de la señal de transmisión

###### F.1.2.1 Sistema VDSL funcionando en la región de frecuencias por encima de la banda POTS

Las frecuencias por encima de 138 kHz se utilizan para VDSL. La utilización de la banda facultativa entre 25 kHz y 138 kHz se especifica en el cuadro F.2.

Se aplica una PSD nominal de  $-60$  dBm/Hz en toda la gama de frecuencias de la banda de transmisión. La plantilla de PSD que define los límites de densidad espectral de potencia de transmisión, se establece en 3,5 dB por encima de la PSD nominal en dBm/Hz. El cuadro F.1 especifica los requisitos de PSD para el transmisor VTU-O (descendente) mientras que el cuadro F.2 especifica los correspondientes al transmisor VTU-R (ascendente), debiendo medirse en el punto de interfaz U definido en la figura 5-2; el punto de interfaz U corresponde al puerto LINE definido en la figura F.1.

NOTA 1 – En el anexo F se especifica una PSD totalmente plana de  $-60$  dBm/Hz para la señal de transmisión como PSD más utilizada.

NOTA 2 – Los requisitos de la PSD de la banda de rechazo especificados en el anexo F son conformes con los de 6.2.2. Estos requisitos se aplican además a las bandas exteriores de este anexo por debajo de 0,138 MHz y por encima de 12 MHz, con excepción de la banda de transición de 0,018 MHz (= 0,138 MHz – 0,12 MHz) adoptada para la frecuencia de separación de bandas de 0,138 MHz.

**Cuadro F.1/G.993.1 – Requisitos de la PSD de transmisión de la VTU-O (VDSL por encima de la banda POTS)**

Atributo de banda	Banda de frecuencias $f$ [MHz]	Límite de PSD máxima (plantilla de PSD) [dBm/Hz]	Límite de potencia máxima en una ventana deslizante de 1 MHz [dBm]	Límite de potencia media de banda ancha [dBm]
	$0 < f < 0,12$	$-120$	–	8,4
	$0,12 \leq f \leq 0,138$	$-60 + (50/0,018) \times (f - 0,138)$	–	
DS1	$0,138 < f < 3,75$	$-60 + 3,5 (= -56,5)$	–	
	$3,75 \leq f \leq 3,925$	$-80 - (20/0,175) \times (f - 3,75)$	–	
	$3,925 < f < 5,025$	$-100$	$-50$	
	$5,025 \leq f \leq 5,2$	$-80 + (20/0,175) \times (f - 5,2)$	–	

**Cuadro F.1/G.993.1 – Requisitos de la PSD de transmisión de la VTU-O  
(VDSL por encima de la banda POTS)**

<b>Atributo de banda</b>	<b>Banda de frecuencias <math>f</math> [MHz]</b>	<b>Límite de PSD máxima (plantilla de PSD) [dBm/Hz]</b>	<b>Límite de potencia máxima en una ventana deslizante de 1 MHz [dBm]</b>	<b>Límite de potencia media de banda ancha [dBm]</b>
DS2	$5,2 < f < 8,5$	$-60 + 3,5 (= -56,5)$	–	
	$8,5 \leq f \leq 8,675$	$-80 - (20/0,175) \times (f - 8,5)$	–	
	$8,675 < f < 30$	–100	–52	
	$30 \leq f < \infty$	–120	–	–

NOTA 1 – Todas las mediciones de PSD y de potencia se efectúan sobre 100  $\Omega$ .

NOTA 2 – La PSD máxima deberá medirse con una resolución de 10 kHz de anchura de banda.

NOTA 3 – La potencia máxima en una ventana deslizante de 1 MHz se mide con una resolución de 1 MHz de anchura de banda.

NOTA 4 – Los requisitos de la PSD de la banda de rechazo son conformes con 6.2.2, con la excepción de la banda de transición por debajo de 138 kHz.

**Cuadro F.2/G.993.1 – Requisitos de la PSD de transmisión de la VTU-R  
(VDSL por encima de las bandas POTS y RDSI)**

<b>Atributo de banda</b>	<b>Banda de frecuencias <math>f</math> [MHz]</b>	<b>Límite de PSD máxima (plantilla de PSD) [dBm/Hz]</b>	<b>Límite de potencia máxima en una ventana deslizante de 1 MHz [dBm]</b>	<b>Límite de potencia media de banda ancha [dBm]</b>
	$0 < f < 0,12$	–120	–	7,0
	$0,12 \leq f < 0,225$	–110	–	
	$0,225 \leq f < 3,575$	–100	–	
	$3,575 \leq f \leq 3,75$	$-80 + (20/0,175) \times (f - 3,75)$	–	
US1	$3,75 < f < 5,2$	$-60 + 3,5 (= -56,5)$	–	
	$5,2 \leq f \leq 5,375$	$-80 - (20/0,175) \times (f - 5,2)$	–	
	$5,375 < f < 8,325$	–100	–52	
	$8,325 \leq f \leq 8,5$	$-80 + (20/0,175) \times (f - 8,5)$	–	
US2	$8,5 < f < 12$	$-60 + 3,5 (= -56,5)$	–	
	$12 \leq f \leq 12,175$	$-80 - (20/0,175) \times (f - 12)$	–	
	$12,175 < f < 30$	–100	–52	
	$30 \leq f < \infty$	–120	–	

NOTA 1 – Todas las mediciones de PSD y de potencia se efectúan sobre 100  $\Omega$ .

NOTA 2 – La PSD máxima deberá medirse con una resolución de 10 kHz de anchura de banda.

NOTA 3 – La potencia máxima en una ventana deslizante de 1 MHz se mide con una resolución de 1 MHz de anchura de banda.

NOTA 4 – Los requisitos de la PSD de la banda de rechazo son conformes con 6.2.2.

### F.1.2.2 Sistema VDSL funcionando en la región de frecuencias por encima de la banda DSL RDSI-TCM

Las frecuencias por encima de 640 kHz se utilizan para VDSL. Las frecuencias por debajo de 320 kHz se utilizan para DSL RDSI-TCM y la banda entre 320 kHz y 640 kHz se utiliza como banda de guarda.

Se aplica una PSD nominal de  $-60$  dBm/Hz en toda la gama de frecuencias de la banda de transmisión. La plantilla de PSD que define el límite de potencia de transmisión se establece en 3,5 dB por encima de la PSD nominal en dBm/Hz. Los requisitos de PSD para el transmisor VTU-O (descendente) se especifican en el cuadro F.3 mientras que los correspondientes al transmisor VTU-R (ascendente) se especifican en el cuadro F.2, y deberán medirse en el punto de interfaz U de la figura 5-2; el punto de interfaz U corresponde al puerto LINE definido en la figura F.1.

NOTA – Los requisitos de PSD de la banda de rechazo especificados en este anexo son conformes con los de 6.2.2. Estos requisitos se aplican asimismo a las bandas exteriores del presente anexo por debajo de 0,64 MHz y por encima de 12 MHz.

**Cuadro F.3/G.993.1 – Requisitos de la PSD de transmisión de la VTU-O (VDSL por encima de la banda DSL RDSI-TCM)**

Atributo de banda	Banda de frecuencias $f$ [MHz]	Límite de PSD máxima (plantilla de PSD) [dBm/Hz]	Límite de potencia máxima en una ventana deslizante de 1 MHz [dBm]	Límite de potencia media de banda ancha [dBm]
	$0 < f < 0,12$	-120	-	8,1
	$0,12 \leq f < 0,225$	-110	-	
	$0,225 \leq f < 0,465$	-100	-	
	$0,465 \leq f \leq 0,640$	$-60 + (40/0,175) \times (f - 0,64)$	-	
DS1	$0,640 < f < 3,75$	$-60 + 3,5 (= -56,5)$	-	
	$3,75 \leq f \leq 3,925$	$-80 - (20/0,175) \times (f - 3,75)$	-	
	$3,925 < f < 5,025$	-100	-50	
	$5,025 \leq f \leq 5,2$	$-80 + (20/0,175) \times (f - 5,2)$	-	
DS2	$5,2 < f < 8,5$	$-60 + 3,5 (= -56,5)$	-	
	$8,5 \leq f \leq 8,675$	$-80 - (20/0,175) \times (f - 8,5)$	-	
	$8,675 < f < 30$	-100	-52	
	$30 \leq f < \infty$	-120	-	

NOTA 1 – Todas las mediciones de PSD y de potencia se efectúan sobre 100  $\Omega$ .

NOTA 2 – La PSD máxima deberá medirse con una resolución de 10 kHz de anchura de banda.

NOTA 3 – La potencia máxima en una ventana deslizante de 1 MHz se mide con una resolución de 1 MHz de anchura de banda.

NOTA 4 – Los requisitos para la PSD de la banda de rechazo son conformes con 6.2.2.

### F.1.2.3 Sistema VDSL con función de reducción de PSD en la región de frecuencias por debajo de 1,104 MHz

Los requisitos de reducción de la PSD para el transmisor de la VTU-O se especifican en el cuadro F.4 (descendente) y deberán medirse en el punto de interfaz U definido en la figura 5-2; el punto de interfaz U corresponde al puerto LINE definido en la figura F.1.

NOTA – Los requisitos de PSD de la banda de rechazo especificados en 6.2.2 se aplican en el presente anexo a la función de reducción de PSD por debajo de 1,104 MHz.

**Cuadro F.4/G.993.1 – Requisitos de la PSD de transmisión de la VTU-O (VDSL con función de reducción de PSD por debajo de 1,104 MHz)**

Atributo de banda	Banda de frecuencias $f$ [MHz]	Límite de PSD máxima (plantilla de PSD) [dBm/Hz]	Límite de potencia máxima en una ventana deslizante de 1 MHz [dBm]	Límite de potencia media de banda ancha [dBm]
	$0 < f < 0,12$	-120	-	7,8
	$0,12 \leq f < 0,225$	-110	-	
	$0,225 \leq f < 0,850$	-100	-	
	$0,850 \leq f \leq 1,104$	$-60 + (40/0,254) \times (f - 1,104)$	-	
DS1	$1,104 < f < 3,75$	$-60 + 3,5 (= -56,5)$	-	
	$3,75 \leq f \leq 3,925$	$-80 - (20/0,175) \times (f - 3,75)$	-	
	$3,925 < f < 5,025$	-100	-50	
	$5,025 \leq f \leq 5,2$	$-80 + (20/0,175) \times (f - 5,2)$	-	
DS2	$5,2 < f < 8,5$	$-60 + 3,5 (= -56,5)$	-	
	$8,5 \leq f \leq 8,675$	$-80 - (20/0,175) \times (f - 8,5)$	-	
	$8,675 < f < 30$	-100	-52	
	$30 \leq f < \infty$	-120	-	-

NOTA 1 – Todas las mediciones de PSD y de potencia se efectúan sobre 100  $\Omega$ .

NOTA 2 – La PSD máxima deberá medirse con una resolución de 10 kHz de anchura de banda.

NOTA 3 – La potencia máxima en una ventana deslizante de 1 MHz se mide con una resolución de 1 MHz de anchura de banda.

NOTA 4 – Los requisitos para la PSD de la banda de rechazo son conformes con 6.2.2. Los requisitos para la PSD de la banda de rechazo se aplican también a la banda de transición por debajo de 1,104 MHz.

#### F.1.2.4 Ranuras de transmisión

Según se define en 6.2.4, deberá ser posible reducir la PSD máxima en las bandas de radioaficionados, por debajo de -80 dBm/Hz. A modo de reducir salidas a los receptores de radioaficionados ubicados en la Región 3 que reciben frecuencias de radioaficionados de las Regiones 1, 2 y 3 (véase la figura II.1), en el cuadro 6-2 se definen las bandas que habrán de separarse.

#### F.1.2.5 Plantillas de PSD de reducción de potencia en sentido ascendente (UPBO)

Como se definió en 6.3.2, la VTU-R estimará de manera explícita la longitud eléctrica de su línea,  $kl_0$ , y utilizará este valor para calcular la plantilla de PSD de transmisión  $TxPSD(kl_0, f)$ . A continuación, la VTU-R adaptará su señal de transmisión para conformarse con la plantilla  $TxPSD(kl_0, f)$  que se propone más adelante y que es el límite máximo de la PSD que se define como 3,5 dB por encima de la PSD nominal.

$$TxPSD(kl_0, f) = \min\left\{PSD_{REF}(f) + k l_0 \sqrt{f}, PSD_0(f)\right\} \text{ [dBm/Hz]}$$

donde  $PSD_0(f)$  es la plantilla de transmisión de la VTU-R en dBm/Hz que se define en el cuadro F.2 y  $k l_0 \sqrt{f}$  es una aproximación de la atenuación del bucle en dB. Si suponemos que la longitud

eléctrica  $kl_0$  es  $k \times l_0$ ,  $l_0$  y  $k$  representan la longitud física del bucle y el coeficiente de atenuación, respectivamente.

La PSD de referencia,  $PSDREF(f)$ , es una función de la frecuencia pero es independiente de la longitud del bucle, tipo de cable y modelos de ruido, y viene dada por:

$$PSDREF(f) = \left( \begin{array}{l} \text{Banda US1: } -56,5 - 10,20 \times 10^{-3} \sqrt{f} : 3,75 \times 10^6 < f < 5,2 \times 10^6 \\ \text{Banda US2: } -56,5 - 6,419 \times 10^{-3} \sqrt{f} : 8,5 \times 10^6 < f < 12 \times 10^6 \end{array} \right) [\text{dBm/Hz}]$$

donde  $f$  se da en Hz.

Los valores de  $k$ ,  $k_1$  y  $k_2$ , que se utilizaron para definir los valores anteriores de  $10,20 \times 10^{-3}$  ( $= k_1 l_{ref1}$ ) y  $6,419 \times 10^{-3}$  ( $= k_2 l_{ref2}$ ) en  $PSDREF(f)$  fueron calculados en las frecuencias centrales de las bandas US1 y US2,  $4,475 \times 10^6$  Hz y  $10,25 \times 10^6$  Hz respectivamente, suponiendo un cable de tipo 0,4 mm definido en F.3.1 (véase además el cuadro F.6), y se presentan más adelante.  $PSDREF(f)$  supone además  $l_{ref1} = 375$  m y  $l_{ref2} = 225$  m.

$$k = \left( \begin{array}{l} \text{Banda US1: } k_1 = 2,719 \times 10^{-5} : 3,75 \times 10^6 < f < 5,2 \times 10^6 \\ \text{Banda US2: } k_2 = 2,853 \times 10^{-5} : 8,5 \times 10^6 < f < 12 \times 10^6 \end{array} \right) [\text{dB}/(\text{m}\sqrt{\text{Hz}})]$$

donde  $f$  se da en Hz, y  $l_{ref1}$ ,  $l_{ref2}$ , en m.

La PSD de transmisión de la VTU-R con reducción de potencia,  $TxPSD(kl_0, f)$ , se debe medir con un ancho de banda de resolución de 10 kHz, y empleando un cable tipo PE de 0,4 mm que se define en F.3.1 (abreviado mediante TP), donde las longitudes del bucle  $l_0$  son parámetros que se utilizan para verificar la conformidad de  $TxPSD(kl_0, f)$ . La ecuación a continuación da la plantilla de PSD de transmisión de la VTU-R con reducción de potencia para una longitud de bucle de prueba de  $l_0$  m para fines de conformidad.

$$TxPSD(kl_0, f) = \left\{ \begin{array}{l} \min[-56,5 + k_1(l_0 - l_{ref1})\sqrt{f}, -56,5] : 3,75 \times 10^6 < f < 5,2 \times 10^6 \\ \min[-56,5 + k_2(l_0 - l_{ref2})\sqrt{f}, -56,5] : 8,5 \times 10^6 < f < 12 \times 10^6 \end{array} \right\} [\text{dBm/Hz}]$$

donde  $f$  se da en Hz,  $l_0$  en m, y  $k_1 = 2,719 \times 10^{-5}$ ,  $k_2 = 2,853 \times 10^{-5}$ ,  $l_{ref1} = 375$  m,  $l_{ref2} = 225$  m.

## F.2 Divisor de servicio

### F.2.1 Introducción

En F.2.2 se indican los requisitos de los divisores POTS para Japón. Un divisor POTS en una VDSL que utilice frecuencias entre 138 kHz y 12 MHz permite la coexistencia de VDSL y POTS en el mismo par de cables.

En F.2.3 se especifican los requisitos de los divisores RDSI para Japón. Un divisor RDSI en una VDSL que utilice frecuencias entre 640 kHz y 12 MHz permite la coexistencia de VDSL tanto con DSL RDSI-TCM como con POTS, en el mismo par.

### F.2.2 El divisor POTS

#### F.2.2.1 Definición general

Los requisitos de los divisores POTS con ADSL para Japón (Recs. UIT-T G.992.1 y G.992.3) en frecuencias entre 25 kHz y 1,104 MHz se especifican en la cláusula E.4/G.992.3. El divisor instalado en el lado VTU-R se denomina divisor POTS remoto, mientras que el divisor instalado en el lado VTU-O se denomina divisor POTS en la central (CO).

Los requisitos de divisores POTS para VDSL que utilice frecuencias entre 138 kHz y 12 MHz, adecuados para ser utilizados en Japón, se especifican más adelante. El divisor POTS está integrado

por una función de filtro paso bajo (LPF, *low-pass filter*) que puede implementarse o bien internamente en el módem VTU-x, siendo  $x = R$  u  $O$ , o bien externamente. En todos los casos se satisfarán todos los requisitos especificados más adelante. La función de filtro paso alto (HPF, *high pass filter*) forma parte de la VTU-R y de la VTU-O, y no se le definen requisitos específicos, como ocurre con las Recomendaciones del UIT-T relativas a la ADSL.

### F.2.2.2 Requisitos

El divisor POTS diseñado para VDSL deberá cumplir los requisitos especificados en la cláusula E.4/G.992.3 para frecuencias que van desde la frecuencia c.c. hasta 1,104 MHz. Asimismo, el divisor POTS deberá cumplir los requisitos correspondientes a frecuencias entre 1,104 MHz y 12 MHz, especificados más adelante.

- 1) La atenuación del LPF del divisor POTS (es decir, la diferencia entre la atenuación medida insertando el LPF y sin insertarlo) será mayor que 55 dB para las frecuencias comprendidas entre 1,104 MHz y 12 MHz. El método de prueba se define en las figuras E.26/G.992.3 y E.27/G.992.3, debiendo otorgarse valores adecuados a C y L (por ejemplo,  $C \geq 0,2 \mu\text{F}$  y  $L \geq 5 \text{ mH}$ ) en la banda de frecuencias objeto de la prueba.
- 2) Las pérdidas de inserción del LPF del divisor POTS deberán ser menores que 1,5 dB para las frecuencias comprendidas entre 1,104 MHz y 12 MHz. El método de prueba se define en las figuras E.28/G.992.3 y E.29/G.992.3, debiendo otorgarse valores adecuados a C y L (por ejemplo,  $C \geq 0,2 \mu\text{F}$  y  $L \geq 5 \text{ mH}$ ) en la banda de frecuencias objeto de la prueba.
- 3) Las pérdidas de retorno del LPF del divisor POTS deberán ser mayores que 12 dB para una impedancia de referencia de  $100 \Omega$  en las frecuencias comprendidas entre 1,104 MHz y 12 MHz. El método de prueba se define en la figura E.30/G.992.3.
- 4) El balance longitudinal del divisor POTS será mayor que 40 dB para las frecuencias comprendidas entre 1,104 MHz y 12 MHz. El método de prueba se define en las figuras E.31/G.992.3 y E.32/G.992.3, debiendo otorgarse valores adecuados a C y L (por ejemplo,  $C \geq 0,2 \mu\text{F}$  y  $L \geq 5 \text{ mH}$ ) para la banda de frecuencias objeto de la prueba.

### F.2.3 El divisor RDSI

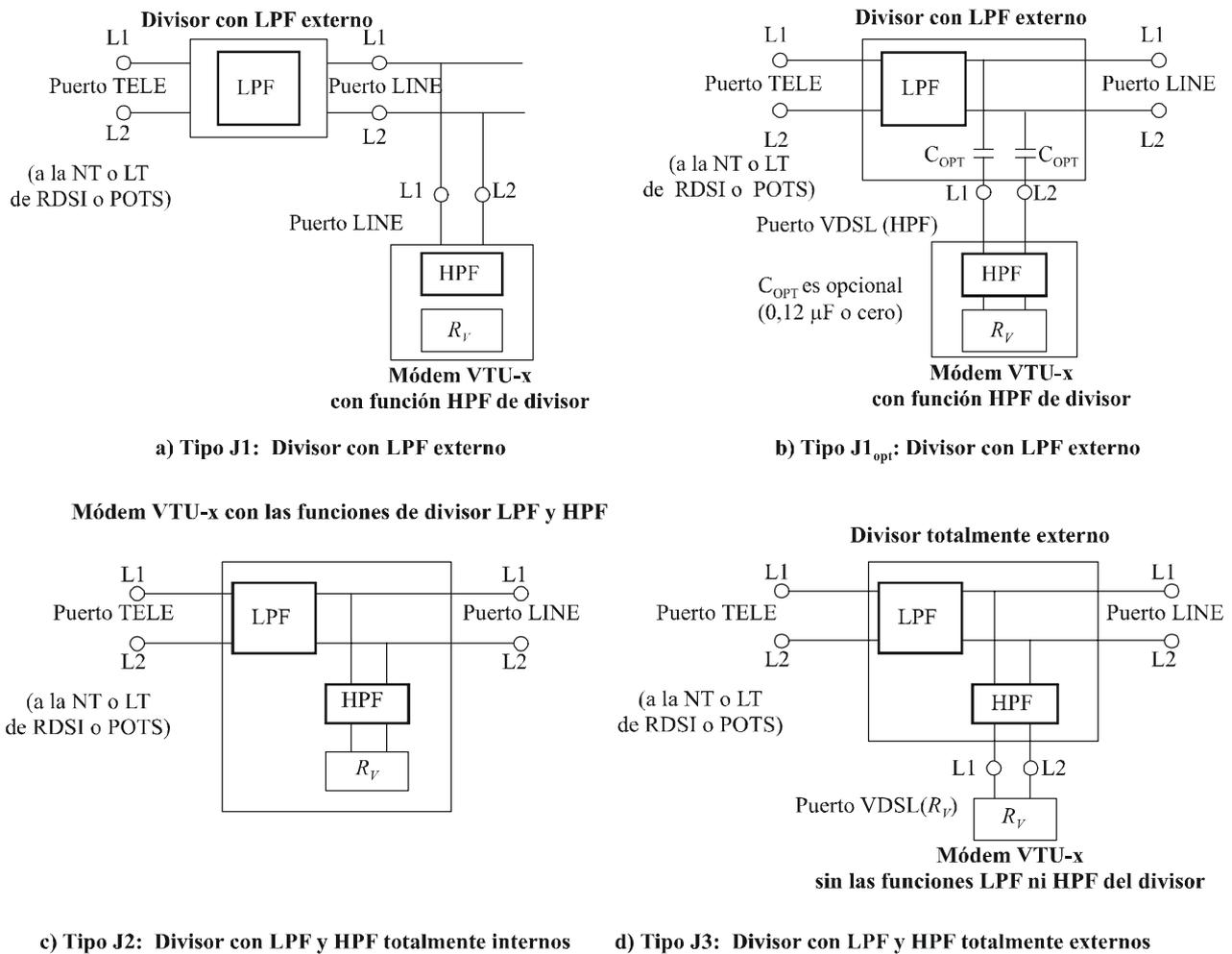
En esta cláusula se especifican los requisitos del divisor RDSI para una VDSL en frecuencias entre 640 kHz y 12 MHz, siendo la RDSI una DSL RDSI-TCM. Las características eléctricas del divisor RDSI especificadas en esta cláusula deberán soportar DSL RDSI-TCM y POTS, como líneas de servicio coexistentes con VDSL.

#### F.2.3.1 Localización de las funciones LPF y HPF en el divisor

Se especifican los requisitos de los divisores de RDSI, de los que uno está instalado en el lado VTU-R mientras que el otro está instalado en el lado VTU-O. Los requisitos para los divisores de ambos extremos son idénticos. Las funciones del divisor son la de filtro paso bajo (LPF) y la de filtro paso alto (HPF). Cada una de estas funciones puede implementarse internamente en el módem VTU-x, siendo  $x = R$  u  $O$ , o externamente. Los casos posibles de implementación interna y externa se muestran en la figura F.1. En todos los casos, deberán satisfacerse todos los requisitos especificados.

En la figura F.1,  $R_V$  representa la impedancia terminal de la función transceptora del módem VTU-x, que se define en F.2.3.2.3 para la prueba. Cada puerto del divisor consta de dos terminales, L1 y L2. El puerto LINE se conectará a la línea (par de dos cables). El puerto TELE se conectará a la función de terminación de red (NT, *network termination*) o a la función de terminación de línea (LT, *line termination*) de la RDSI o del POTS. El puerto VDSL(HPF) se conectará al módem VTU-x con la función HPF del divisor. El puerto VDSL( $R_V$ ) se conectará al módem VTU-x sin las funciones LPF ni HPF del divisor.

En la figura F.1 b), tipo J1<sub>opt</sub>, C<sub>OPT</sub> es un condensador de bloqueo de c.c. de 0,12 µF para proteger la RDSI o POTS de las averías de c.c. en los pares de dos cables entre el divisor de LPF externo y el módem VTU-x. El equipamiento del divisor LPF externo con C<sub>OPT</sub> es opcional.



G.993.1\_FF-1

**Figura F.1/G.993.1 – Localización de las funciones LPF y HPF del divisor RDSI**

## F.2.3.2 Definición general

### F.2.3.2.1 Bandas de frecuencias de prueba

En la prueba se utilizan tres bandas de frecuencias.

- Banda de frecuencias vocales: c.c. y 0,2 kHz a 4,0 kHz ( $0,2 \text{ kHz} \leq f \leq 4,0 \text{ kHz}$ )
- Banda de frecuencias de RDSI: c.c. y 4,0 kHz a 320 kHz ( $4,0 \text{ kHz} < f \leq 320 \text{ kHz}$ )
- Banda de frecuencias de VDSL: 640 kHz a 12 MHz ( $640 \text{ kHz} \leq f \leq 12 \text{ MHz}$ )

Las frecuencias comprendidas entre 320 kHz y 640 kHz ( $320 \text{ kHz} < f < 640 \text{ kHz}$ ) constituyen una banda de guarda. Los requisitos específicos de la banda de guarda no se definen, y no se ejecuta la prueba sobre la banda de guarda. No obstante, se prevé que tanto el LPF como el HPF se comporten adecuadamente en dicha banda de guarda.

### F.2.3.2.2 Prueba de un solo extremo

La prueba de un solo extremo se lleva a cabo sobre el divisor de cada uno de los lados, el extremo de la VTU-R y el extremo de la VTU-O. Los requisitos especificados en F.2.3 corresponden al divisor de extremo único.

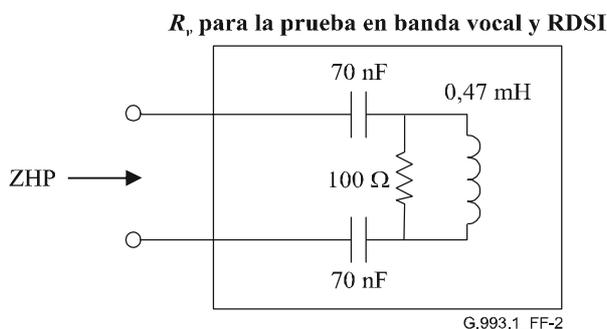
### F.2.3.2.3 Definición de la $R_V$ utilizada en la prueba

$R_V$  se define como la impedancia terminal de la función transceptora del módem VTU-x para facilitar la prueba del divisor con independencia de la implementación real del módem VTU-x.

En las pruebas de las bandas vocal y RDSI,  $R_V$  deberá ser la ZHP definida en la figura F.2. Asimismo se utiliza la  $R_V$  de impedancia abierta en las pruebas de las bandas vocal y RDSI a fin de simular el caso en el que el módem VTU-x no está conectado a la línea y sólo el NT/LT POTS o RDSI está conectado a la línea a través del divisor.

La  $R_V$  para la prueba de la banda VDSL debe ser sólo resistiva de 100  $\Omega$ .

NOTA –  $R_V$  representa también la capacidad de entrada máxima permitida de la función del transceptor en el módem VTU-x. Los requisitos se especifican en F.2.3.6.



**Figura F.2/G.993.1 – Definición de ZHP como  $R_V$  para la prueba en banda vocal y RDSI**

### F.2.3.3 Requisitos de la señal

#### F.2.3.3.1 Requisitos de la señal c.c.

El divisor garantizará el funcionamiento normal de la tensión y corriente continuas superpuestas en la línea desde el lado de la central (CO, *central office*) para la alimentación a distancia y la realización de pruebas de mantenimiento. El divisor deberá garantizar asimismo el funcionamiento normal de la señal de llamada POTS.

##### F.2.3.3.1.1 Tensión c.c.

El divisor deberá garantizar el funcionamiento normal de la tensión c.c. entre L1 y L2, definida a continuación, aplicada a los puertos TELE y LINE del divisor. Estos requisitos también deberán tenerse en cuenta en los puertos VDSL(HPF) y VDSL( $R_V$ ) para protegerlos contra una conexión accidental de la línea.

POTS: 0 V a ( $\pm 53$  V)

RDSI: 0 V a ( $\pm 63$  V)

Prueba de mantenimiento:  $\pm 120$  V (10 s máx)

##### F.2.3.3.1.2 Corriente continua

El divisor deberá garantizar el funcionamiento normal en corriente continua entre L1 y L2, definida a continuación, aplicada a los puertos TELE y LINE del divisor. Estos requisitos también deberán

tenerse en cuenta en los puertos VDSL(HPF) y VDSL(R<sub>V</sub>) para protegerlos contra una conexión accidental de la línea.

POTS: 0 mA a 130 mA

RDSI: 0 mA a (39 mA ± 3,9 mA)

#### **F.2.3.3.1.3 Señal de llamada POTS**

El divisor deberá garantizar el funcionamiento normal de la señal de llamada POTS, definida a continuación, aplicada a los puertos TELE y LINE del divisor. Estos requisitos también deberán tenerse en cuenta en los puertos VDSL(HPF) y VDSL(R<sub>V</sub>) para la protección contra una conexión accidental de la línea.

Frecuencia de llamada: 15 Hz a 20 Hz

c.a. de llamada (superimpuesta a la c.c.): 83 Vrms máx

c.c.: 53 V máx

#### **F.2.3.3.2 Requisitos de la señal c.a.**

El divisor garantizará el funcionamiento normal de las señales de la línea de servicio definidas a continuación.

##### **F.2.3.3.2.1 Señal POTS**

Frecuencia: 0,2 kHz a 4,0 kHz

Nivel: +3 dBm máx (600 Ω)

Señal de alarma: +36 dBm (600 Ω) a 400 Hz

##### **F.2.3.3.2.2 Señal RDSI**

Velocidad de modulación de la línea: 320 kbaud

Código de línea: AMI (Inversión de marcas alternadas)

Forma del impulso: 6 V<sub>op</sub> (+20% y -10%) (110 Ω)

pulso rectangular de ciclo de trabajo igual al 50% (±10%) con LPF de segundo orden a  $f_c = 640$  kHz

##### **F.2.3.3.2.3 Señal VDSL**

Frecuencia: 640 kHz a 12 MHz

Nivel: +20 dBm máx (100 Ω)

NOTA – El nivel de la señal de +20 dBm máx se refiere a la reglamentación de Japón, y no corresponde a las especificaciones de la PSD de VDSL definidas en F.1.

#### **F.2.3.4 Requisito de resistencia a las sobrecargas de tensión y de corriente**

El divisor del lado VTU-O, que se encuentra en las instalaciones del cliente, deberá cumplir los requisitos y procedimientos de prueba especificados en la Rec. UIT-T K.21. El divisor del lado VTU-O, que puede encontrarse en las instalaciones del cliente o en la central, deberá cumplir los requisitos y procedimientos de prueba especificados en las Recs. UIT-T K.20 y K.21.

Los terminales conectados a tierra como medida de protección contra las sobrecargas de tensión o de corriente, por ejemplo mediante la tierra del bastidor (FG, *frame ground*) o mediante tierras de pararrayos (LG, *lightening ground*), no deberán equiparse con divisores externos como los tipos J1, J1<sub>opt</sub> y J3 de la figura F.1. El divisor externo deberá resistir sobrecargas de tensión y corriente sin necesidad de conectarse a tierra alguna.

### **F.2.3.5 Requisitos del divisor c.c.**

#### **F.2.3.5.1 Requisito de resistencia c.c.**

La resistencia c.c. entre los terminales L1 y L2 de la parte LPF del divisor, en el puerto LINE con el puerto TELE cortocircuitado y viceversa, deberá ser menor o igual que  $10 \Omega$ .

#### **F.2.3.5.2 Requisito de resistencia del aislamiento c.c.**

##### **F.2.3.5.2.1 Resistencia del aislamiento c.c. en modo diferencial**

La resistencia de aislamiento c.c. entre los terminales L1 y L2 de la parte LPF del divisor, en cualquier puerto estando abiertos los demás puertos, de haberlos, deberá ser mayor que  $10 M\Omega$ .

La resistencia de aislamiento c.c. entre los terminales L1 y L2 de la parte HPF del divisor en cualquier puerto, estando abiertos los otros puertos y cortocircuitados en su caso, deberá ser mayor que  $10 M\Omega$ .

##### **F.2.3.5.2.2 Resistencia del aislamiento c.c. en modo común**

La resistencia del aislamiento c.c. entre cualquier terminal L1 o L2 y la caja del divisor externo estando abiertos todos los puertos deberá ser mayor o igual que  $10 M\Omega$  para los divisores externos de los tipos J1, J1<sub>opt</sub> y J3 de la figura F.1.

NOTA – No se permite dotar a los terminales FG o LG de divisores externos.

La resistencia de aislamiento entre cualquier terminal L1 o L2 y tierra con todos los puertos abiertos deberá ser mayor o igual que  $10 M\Omega$  para los módems VTU-x correspondientes a los tipos J1, J1<sub>opt</sub>, J2, y J3 de la figura F.1, pudiendo ser la tierra el terminal FG o LG del módem, en su caso, o el terminal de alimentación c.c. o c.a. del módem.

### **F.2.3.6 Requisito de capacidad del divisor**

#### **F.2.3.6.1 Capacidad en modo diferencial**

Las máximas capacidades de entrada admisibles para los componentes  $R_V$ , LPF y HPF de la figura F.1 se especifica individualmente para que sean dependientes de los tipos de divisores mostrados en la figura F.1. La capacidad de entrada para cada componente se definirá del siguiente modo. LPF y HPF son redes de dos puertos cuya capacidad de entrada se define como la existente entre los terminales L1 y L2 en cualquier puerto estando el otro abierto.  $R_V$  representa la máxima capacidad de entrada admisible de la función de transferencia en el módem de VTU-x. Se excluye la  $C_{OPT}$  de  $0,12 \mu F$  en el tipo J1<sub>opt</sub> de la figura F.1 para los siguientes valores específicos:

- Componente LPF:  $50 \text{ nF}$  máx (c.c. a 30 Hz).
- Componente HPF:  $40 \text{ nF}$  máx (c.c. a 30 Hz).
- Componente  $R_V$ :  $35 \text{ nF}$  máx (c.c. a 30 Hz).

Las máximas capacidades de entrada admisibles correspondientes a cada tipo de la figura F.1 se indican en las siguientes cláusulas.

##### **F.2.3.6.1.1 Tipo J1**

– Divisor de LPF externo:

La capacidad entre los terminales L1 y L2 del puerto LINE con el puerto TELE abierto, y viceversa, deberá ser menor o igual que  $50 \text{ nF}$  lo que corresponde al componente LPF de  $50 \text{ nF}$ .

– Módem VTU-x con función HPF del divisor:

La capacidad entre los terminales L1 y L2 del puerto LINE deberá ser menor o igual que  $75 \text{ nF}$ , suma del componente HPF de  $40 \text{ nF}$  y del componente  $R_V$  de  $35 \text{ nF}$ .

#### **F.2.3.6.1.2 Tipo J1<sub>OPT</sub>**

- Divisor LPF externo:

La capacidad entre los terminales L1 y L2 del puerto LINE, con el puerto VDSL(HPF) abierto, estando abierto el puerto TELE y viceversa, deberá ser menor o igual que 50 nF lo que corresponde al componente LPF de 50 nF.

- Módem VTU-x con función HPF del divisor:

La capacidad entre los terminales L1 y L2 del puerto VDSL(HPF) deberá ser menor o igual que 75 nF que es la suma del componente HPF de 40 nF y del componente  $R_V$  de 35 nF.

NOTA – La capacidad de entrada pasa a ser 33 nF ( $= 75 // (120 / 2)$  nF), cuando se incluye  $C_{OPT}$  de 0,12  $\mu$ F.

#### **F.2.3.6.1.3 Tipo J2**

- Módem VTU-x con las funciones LPF y HPF del divisor:

La capacidad entre los terminales L1 y L2 del puerto LINE, estando abierto el puerto TELE y viceversa, deberá ser menor o igual que 125 nF que es la suma del componente LPF de 50 nF, del componente HPF de 40 nF y del componente  $R_V$  de 35 nF.

#### **F.2.3.6.1.4 Tipo J3**

- Divisor con LPF y HPF totalmente externos:

La capacidad entre los terminales L1 y L2 de cualquier puerto, con los demás puertos abiertos, deberá ser menor o igual que 90 nF, que es la suma del componente LPF de 50 nF y del componente HPF de 40 nF.

- Módem VTU-x sin las funciones LPF y HPF del divisor:

La capacidad entre los terminales L1 y L2 del puerto VDSL( $R_V$ ) deberá ser menor o igual que 35 nF, lo que corresponde al componente  $R_V$  de 35 nF.

#### **F.2.3.6.2 Capacidad en modo común**

La capacidad entre cualquier terminal L1 o L2 y la caja del divisor externo, con todos los puertos abiertos, deberá ser menor o igual que 1,0 nF para los divisores externos de los tipos J1, J1<sub>opt</sub> y J3 de la figura F.1.

NOTA – No está permitido dotar de divisor externo a los terminales FG y LG.

La capacidad entre cualquier terminal L1 o L2 y tierra, con todos los puertos abiertos, deberá ser menor o igual que 1,0 nF para los módems VTU-x correspondientes a los tipos J1, J1<sub>opt</sub>, J2 y J3 de la figura F.1, siendo la tierra el terminal del módem FG o LG, en su caso, o el terminal de alimentación c.c. o c.a. del módem.

#### **F.2.3.7 Requisito de las características c.a. del divisor**

En esta cláusula se especifican los requisitos para las características c.a. de los componentes LPF y HPF del divisor. LPF y HPF suelen estar conectados al mismo par de cables, lo que provoca el efecto recíproco que se describe a continuación.

Las características del trayecto de la señal del LPF se ven afectadas por el comportamiento del HPF como carga, cuando las señales de voz y de RDSI atraviesan el LPF. Esta degradación causada por el HPF se denominará de aquí en adelante efecto de carga del HPF. Recíprocamente, las características del trayecto de la señal del HPF se ven afectadas por el comportamiento del LPF como carga, cuando la señal VDSL atraviesa el HPF. Esta degradación causada por el LPF se denomina de aquí en adelante efecto de carga del LPF.

Así pues, los requisitos de las características del trayecto de la señal del LPF deberán cumplirse con carga del HPF o sin ella y, recíprocamente, el requisito de las características del trayecto de la señal del HPF deberá cumplirse con carga del LPF o sin ella.

Los métodos de prueba de las características en c.a. del divisor relacionados se especifican en F.2.3.8.

### F.2.3.7.1 Requisitos de las características del trayecto de la señal del LPF y efecto de carga del LPF

En esta cláusula se especifican los requisitos de las características en c.a. del componente LPF del divisor. Estos requisitos se especifican en cuanto a características del trayecto de la señal del LPF y al efecto de carga del LPF. En cuanto al efecto de carga del LPF sobre el trayecto de la señal VDSL, se especifican en esta cláusula los efectos de carga discreta del LPF sin conectar el HPF. Los efectos de carga del LPF sobre el trayecto de señal VDSL con el HPF conectado se especifican en F.2.3.7.2.

#### F.2.3.7.1.1 Requisitos de las pérdidas de inserción del LPF

Las pérdidas de inserción del componente LPF del divisor se representan por  $LS(f)$  dB a  $f$  kHz y deben ser las siguientes.

- 1) En la banda vocal (características del trayecto de la señal del LPF con carga del HPF o sin ella)

$$f = 1,0 \text{ kHz:} \quad -1,0 \text{ dB} \leq LS(1 \text{ kHz}) \leq +1,0 \text{ dB}$$

$$0,2 \text{ kHz} \leq f \leq 3,4 \text{ kHz:} \quad -1,0 \text{ dB} \leq \{LS(f) - LS(1 \text{ kHz})\} \leq +1,0 \text{ dB}$$

$$3,4 \text{ kHz} < f \leq 4,0 \text{ kHz:} \quad -1,5 \text{ dB} \leq \{LS(f) - LS(1 \text{ kHz})\} \leq +1,5 \text{ dB}$$

NOTA 1 –  $\{LS(f) - LS(1 \text{ kHz})\}$  representa la variación de las pérdidas de inserción en dB a  $f$  kHz con respecto a las de 1 kHz.

- 2) En la banda RDSI (características del trayecto de la señal del LPF con carga del HPF o sin ella)

$$4,0 \text{ kHz} < f \leq 160 \text{ kHz:} \quad LS(f) \leq 1,0 \text{ dB}$$

$$160 \text{ kHz} < f \leq 320 \text{ kHz:} \quad LS(f) \leq \{1,0 + 3,01 \times \log_2 (f/160)\} \text{ dB (con } f \text{ en kHz)}$$

- 3) En la banda de guarda

$$320 \text{ kHz} < f < 640 \text{ kHz:} \quad \text{No se especifica}$$

NOTA 2 – Para la banda de guarda se propone el requisito de  $42,14 \times \log_2 (f/320) \text{ dB} \leq LS(f)$  (con  $f$  en kHz), a fin de suprimir las fugas de cuantificación de la señal RDSI-TCM transmitida hacia el receptor VDSL, especialmente a la frecuencia de 480 kHz.

- 4) En la banda VDSL (características del trayecto de la señal del LPF con carga del HPF)

$$640 \text{ kHz} \leq f < 932 \text{ kHz:} \quad 42,14 \times \log_2 (f/320) \text{ dB} \leq LS(f) \text{ (con } f \text{ en kHz)}$$

$$932 \text{ kHz} \leq f \leq 6,0 \text{ MHz:} \quad 65,0 \text{ dB} \leq LS(f)$$

$$6,0 \text{ MHz} < f \leq 12 \text{ MHz:} \quad 55,0 \text{ dB} \leq LS(f)$$

#### F.2.3.7.1.2 Requisito del retardo de grupo absoluto del LPF

El retardo de grupo absoluto del componente LPF del divisor se representa por  $GD(f)$   $\mu$ s a  $f$  kHz, y debe ser el siguiente.

- 1) En la banda vocal (características del trayecto de la señal del LPF con carga del HPF o sin ella)

$$\text{Mín } [GD(f) \{0,2 \text{ kHz} \leq f \leq 4,0 \text{ kHz}\}] \leq 150 \mu\text{s}$$

$$0,2 \text{ kHz} \leq f < 0,6 \text{ kHz:} \quad GD(f) - GD(f_x) \leq 250 \mu\text{s}$$

$$0,6 \text{ kHz} \leq f \leq 3,2 \text{ kHz:} \quad GD(f) - GD(f_x) \leq 200 \mu\text{s}$$

$$3,2 \text{ kHz} < f \leq 4,0 \text{ kHz:} \quad GD(f) - GD(f_x) \leq 250 \mu\text{s}$$

NOTA –  $\text{Mín}[\text{GD}(f) \{0,2 \text{ kHz} \leq f \leq 4,0 \text{ kHz}\}]$  representa el retardo de grupo absoluto mínimo correspondiente a las frecuencias entre 0,2 kHz y 4,0 kHz, mientras que la frecuencia  $f_x$  kHz se define como aquella a la que corresponde un retardo de grupo absoluto mínimo.  $\text{GD}(f) - \text{GD}(f_x)$  representa el incremento en  $\mu\text{s}$  a  $f$  kHz con respecto al retardo de grupo absoluto mínimo a  $f_x$  kHz.

- 2) En la banda RDSI (características del trayecto de la señal del LPF con carga del HPF o sin ella)
  - 4,0 kHz  $< f \leq$  160 kHz:  $\text{GD}(f) \leq 3,125 \mu\text{s}$
  - 160 kHz  $< f \leq$  320 kHz:  $\text{GD}(f) \leq 3,125 \times \{1,0 + 2,0 \times \text{Log}_2(f/160)\} \mu\text{s}$  (con  $f$  en kHz)
- 3) En la banda de guarda
  - 320 kHz  $< f <$  640 kHz: Sin especificar
- 4) En la banda VDSL
  - 640 kHz  $\leq f \leq$  12 MHz: Sin especificar
 (especificado como características del trayecto de la señal del HPF con carga del LPF o sin ella)

### F.2.3.7.1.3 Requisitos de las pérdidas de retorno del LPF

Las pérdidas de retorno del componente LPF del divisor se representan por  $\text{RL}(f)$  dB a  $f$  kHz y deben ser las indicadas como sigue.  $\text{RL}(f)$  en términos de impedancias complejas se define del siguiente modo:

$$\text{RL}(f) = -20 \times \text{Log}_{10}[\text{Abs}[\{Z_{\text{ref}}(jf) - Z_{\text{in}}(jf)\} / \{Z_{\text{in}}(jf) + Z_{\text{ref}}(jf)\}]] \text{ dB}$$

siendo  $Z_{\text{in}}(jf)$  la medida de la impedancia compleja de entrada y  $Z_{\text{ref}}(jf)$  la impedancia compleja de referencia.  $Z_{\text{ref}}(jf)$  depende de la banda de prueba.

- 1) En la banda vocal (características del trayecto de la señal del LPF con carga del HPF o sin ella)
  - 0,2 kHz  $\leq f \leq$  1,5 kHz:  $11,0 \text{ dB} \leq \text{RL}(f)$
  - 1,5 kHz  $< f \leq$  2,0 kHz:  $10,0 \text{ dB} \leq \text{RL}(f)$
  - 2,0 kHz  $< f \leq$  3,4 kHz:  $9,0 \text{ dB} \leq \text{RL}(f)$
  - 3,4 kHz  $< f \leq$  4,0 kHz: Sin especificar
- 2) En la banda RDSI (características del trayecto de la señal del LPF con carga del HPF o sin ella)
  - 4,0 kHz  $< f <$  10 kHz:  $\{15,0 - 6,02 \times \text{Log}_2(10/f)\} \text{ dB} \leq \text{RL}(f)$  (con  $f$  en kHz)
  - 10 kHz  $\leq f \leq$  160 kHz:  $15,0 \text{ dB} \leq \text{RL}(f)$
  - 160 kHz  $< f \leq$  220 kHz:  $\{15,0 - 6,02 \times \text{Log}_2(f/160)\} \text{ dB} \leq \text{RL}(f)$  (con  $f$  en kHz)
  - 220 kHz  $< f \leq$  320 kHz: Sin especificar
- 3) En la banda de guarda
  - 320 kHz  $< f <$  640 kHz: Sin especificar
- 4) En la banda VDSL (efecto de la carga del LPF sobre las características del trayecto de la señal del HPF)
  - 640 kHz  $\leq f <$  1,28 MHz:  $\{12,0 - 6,02 \times \text{Log}_2(1280/f)\} \leq \text{RL}(f)$  (con  $f$  en kHz)
  - 1,28 MHz  $\leq f \leq$  12 MHz:  $12,0 \text{ dB} \leq \text{RL}(f)$

#### F.2.3.7.1.4 Requisitos del balance longitudinal del LPF

El balance longitudinal del componente LPF del divisor se representa por  $LB(f)$  dB a  $f$  kHz y deberá ser el que se indica como sigue.  $LB(f)$  se define del siguiente modo:

$$LB(f) = -20 \times \text{Log}_{10} \{V_m(f)/V_t(f)\} \text{ dB}$$

siendo  $V_t(f)$  la tensión superpuesta en modo común por una fuente de tensión constante, en  $V_{fem}$  (fuerza electromotriz), que es la tensión de salida con carga abierta.  $V_m(f)$  es la tensión medida en modo diferencial, convertida de modo común a modo diferencial.

- 1) En la banda vocal (características del trayecto de la señal del LPF con carga del HPF o sin ella)  
 $0,2 \text{ kHz} \leq f \leq 3,4 \text{ kHz}$ :  $58,0 \text{ dB} \leq LB(f)$   
 $3,4 \text{ kHz} < f \leq 4,0 \text{ kHz}$ : Sin especificar
- 2) En la banda RDSI (características del trayecto de la señal del LPF con carga del HPF o sin ella)  
 $50 \text{ Hz} \leq f < 150 \text{ kHz}$ :  $60,0 \text{ dB} \leq LB(f)$   
 $150 \text{ kHz} \leq f \leq 250 \text{ kHz}$ :  $63,0 \text{ dB} \leq LB(f)$   
 $250 \text{ kHz} < f \leq 320 \text{ kHz}$ :  $\{63,0 - 6,02 \times \text{Log}_2 (f/250)\} \text{ dB} \leq LB(f)$
- 3) En la banda de guarda  
 $320 \text{ kHz} < f < 640 \text{ kHz}$ : Sin especificar
- 4) En la banda VDSL (efecto de la carga del LPF sobre las características del trayecto de la señal del HPF)  
 $640 \text{ kHz} \leq f \leq 12 \text{ MHz}$ :  $46,0 \text{ dB} \leq LB(f)$

#### F.2.3.7.2 Requisitos de las características del trayecto de la señal del HPF y efecto de carga del HPF

En esta cláusula se especifican los requisitos de las características c.a. del componente HPF del divisor. Los requisitos se especifican en términos de las características del trayecto de la señal del HPF y del efecto de carga del HPF. En cuanto al efecto de la carga del HPF sobre los trayectos de la señal vocal y de la señal RDSI, esta cláusula especifica el efecto de la carga del HPF discreta sin conectar el LPF. El efecto de la carga del HPF sobre los trayectos de las señales vocal y RDSI, sin conectar el LPF, se especifican en F.2.3.7.1.

##### F.2.3.7.2.1 Requisitos de las pérdidas de inserción del HPF

Las pérdidas de inserción del componente HPF del divisor se representan por  $LS(f)$  dB a  $f$  kHz y deben ser las siguientes.

- 1) En la banda vocal (características del trayecto de la señal del HPF con carga del LPF)  
 $0,2 \text{ kHz} \leq f \leq 4,0 \text{ kHz}$ :  $50,0 \text{ dB} \leq LS(f)$
- 2) En la banda RDSI (características del trayecto de la señal del HPF con carga del LPF)  
 $4,0 \text{ kHz} < f < 20 \text{ kHz}$ :  $50,0 \text{ dB} \leq LS(f)$   
 $20 \text{ kHz} \leq f \leq 200 \text{ kHz}$ :  $60,6 \text{ dB} \leq LS(f)$   
 $200 \text{ kHz} < f \leq 320 \text{ kHz}$ :  $36,1 \times \text{Log}_2 (640/f) \text{ dB} \leq LS(f)$  ( $f$  se expresa en kHz)
- 3) En la banda de guarda  
 $320 \text{ kHz} < f < 640 \text{ kHz}$ : Sin especificar

NOTA – El requisito propuesto en la banda de guarda es  $36,1 \times \log_2 (640/f) \text{ dB} \leq LS(f)$  (con  $f$  en kHz), a fin de suprimir las fugas de cuantificación de la señal RDSI-TCM transmitida hacia el receptor VDSL, especialmente en la frecuencia de 480 kHz.

- 4) En la banda VDSL (características del trayecto de la señal del HPF con carga del LPF o sin ella)
- $$640 \text{ kHz} \leq f < 1,28 \text{ MHz} \quad \text{LS}(f) \leq 4,5 - 3,01 \times \text{Log}_2 (f/640) \text{ dB} \quad (f \text{ se expresa en kHz})$$
- $$1,28 \text{ MHz} \leq f \leq 12 \text{ MHz} \quad \text{LS}(f) \leq 1,5 \text{ dB}$$

#### F.2.3.7.2.2 Requisitos del retardo de grupo absoluto del HPF

El retardo de grupo absoluto del componente HPF del divisor se representa por  $\text{GD}(f)$   $\mu\text{s}$  a  $f$  kHz y debe ser el siguiente.

- 1) En la banda vocal
 

$0,2 \text{ kHz} \leq f \leq 4,0 \text{ kHz}$ : Sin especificar  
(se especifica como características del trayecto de la señal del LPF con carga del HPF o sin ella)
- 2) En la banda RDSI
 

$4,0 \text{ kHz} < f \leq 320 \text{ kHz}$ : Sin especificar  
(especificado como características del trayecto de la señal del LPF con carga del HPF o sin ella)
- 3) En la banda de guarda
 

$320 \text{ kHz} < f < 640 \text{ kHz}$ : Sin especificar
- 4) En la banda VDSL (características del trayecto de la señal del HPF con carga del LPF o sin ella)
 

$640 \text{ kHz} \leq f < 1,28 \text{ MHz}$ :  $\text{GD}(f) \leq 1,0 \times \{3,0 - 2,01 \times \text{Log}_2 (f/640)\} \mu\text{s}$  (con  $f$  en kHz)

$1,28 \text{ MHz} \leq f \leq 12 \text{ MHz}$ :  $\text{GD}(f) \leq 1,0 \mu\text{s}$

#### F.2.3.7.2.3 Requisitos de las pérdidas de retorno del HPF

Las pérdidas de retorno del componente HPF del divisor se representan por  $\text{RL}(f)$  dB a  $f$  kHz y deben ser las que se indican en este apartado.  $\text{RL}(f)$  se define en términos de impedancias complejas como se indica a continuación.

$$\text{RL}(f) = -20 \times \text{Log}_{10} [\text{Abs} \{ \text{Zref}(jf) - \text{Zin}(jf) \} / \{ (\text{Zin}(jf) + \text{Zref}(jf)) \}] \text{ dB}$$

siendo  $\text{Zin}(jf)$  la medida de la impedancia compleja de entrada y  $\text{Zref}(jf)$  la impedancia compleja de referencia.

- 1) En la banda vocal (efecto de la carga del HPF sobre las características del trayecto de la señal del LPF)
 

$0,2 \text{ kHz} \leq f \leq 1,5 \text{ kHz}$ :  $11,0 \text{ dB} \leq \text{RL}(f)$

$1,5 \text{ kHz} < f \leq 2,0 \text{ kHz}$ :  $10,0 \text{ dB} \leq \text{RL}(f)$

$2,0 \text{ kHz} < f \leq 3,4 \text{ kHz}$ :  $9,0 \text{ dB} \leq \text{RL}(f)$

$3,4 \text{ kHz} < f \leq 4,0 \text{ kHz}$ : Sin especificar
- 2) En la banda RDSI (efecto de la carga del HPF sobre las características del trayecto de la señal del LPF)
 

$4,0 \text{ kHz} < f < 10 \text{ kHz}$ :  $\{15,0 - 6,02 \times \text{Log}_2 (10/f)\} \text{ dB} \leq \text{RL}(f)$  (con  $f$  en kHz)

$10 \text{ kHz} \leq f \leq 160 \text{ kHz}$ :  $15,0 \text{ dB} \leq \text{RL}(f)$

$160 \text{ kHz} < f \leq 220 \text{ kHz}$ :  $\{15,0 - 6,02 \times \text{Log}_2 (f/160)\} \text{ dB} \leq \text{RL}(f)$  (con  $f$  en kHz)

$220 \text{ kHz} < f \leq 320 \text{ kHz}$ : Sin especificar

- 3) En la banda de guarda  
 $320 \text{ kHz} < f < 640 \text{ kHz}$ : Sin especificar
- 4) En la banda VDSL (características del trayecto de la señal del HPF con carga del LPF o sin ella)  
 $640 \text{ kHz} \leq f < 1,28 \text{ MHz}$ :  $\{12,0 - 6,02 \times \text{Log}_2(1280/f)\} \leq \text{RL}(f)$  (con  $f$  en kHz)  
 $1,28 \text{ MHz} \leq f \leq 12 \text{ MHz}$ :  $12,0 \text{ dB} \leq \text{RL}(f)$

#### F.2.3.7.2.4 Requisitos del balance longitudinal del HPF

El balance longitudinal del componente HPF del divisor se representa por  $\text{LB}(f)$  dB a  $f$  kHz y deberá ser el que se indica en este apartado.  $\text{LB}(f)$  se define del siguiente modo:

$$\text{LB}(f) = -20 \times \text{Log}_{10} \{V_m(f)/V_t(f)\} \text{ dB}$$

siendo  $V_t(f)$  la tensión superpuesta en modo común por una fuente de tensión constante, y en  $V_m$  (fuerza electromotriz), que es la tensión de salida con una carga abierta.  $V_m(f)$  es la tensión medida en modo diferencial, convertida de modo común a modo diferencial.

- 1) En la banda vocal (efecto de la carga del HPF sobre las características del trayecto de la señal del LPF)  
 $0,2 \text{ kHz} \leq f \leq 3,4 \text{ kHz}$ :  $64,0 \text{ dB} \leq \text{LB}(f)$   
 $3,4 \text{ kHz} < f \leq 4,0 \text{ kHz}$ : Sin especificar
- 2) En la banda RDSI (efecto de la carga del HPF sobre las características del trayecto de la señal del LPF)  
 $50 \text{ Hz} \leq f < 150 \text{ kHz}$ :  $66,0 \text{ dB} \leq \text{LB}(f)$   
 $150 \text{ kHz} \leq f \leq 250 \text{ kHz}$ :  $69,0 \text{ dB} \leq \text{LB}(f)$   
 $250 \text{ kHz} < f \leq 320 \text{ kHz}$ :  $\{69,0 - 6,02 \times \text{Log}_2(f/250)\} \text{ dB} \leq \text{LB}(f)$
- 3) En la banda de guarda  
 $320 \text{ kHz} < f < 640 \text{ kHz}$ : Sin especificar
- 4) En la banda VDSL (características del trayecto de la señal del HPF con carga del LPF o sin ella)  
 $640 \text{ kHz} \leq f \leq 12 \text{ MHz}$ :  $40,0 \text{ dB} \leq \text{LB}(f)$

#### F.2.3.8 Método de prueba de las características en c.a. del divisor

En esta cláusula se especifican las configuraciones del montaje de la prueba y las condiciones de ésta en lo que se refiere a características en c.a. del divisor. Las configuraciones de prueba de esta cláusula permiten probar los componentes HPF y LPF del divisor con independencia del tipo de la figura F.1 al que correspondan.

Los métodos de prueba de las características del trayecto de la señal del LPF con carga del HPF o sin ella y con el efecto de carga discreta del LPF sin conectar el HPF, se especifican en F.2.3.8.1.

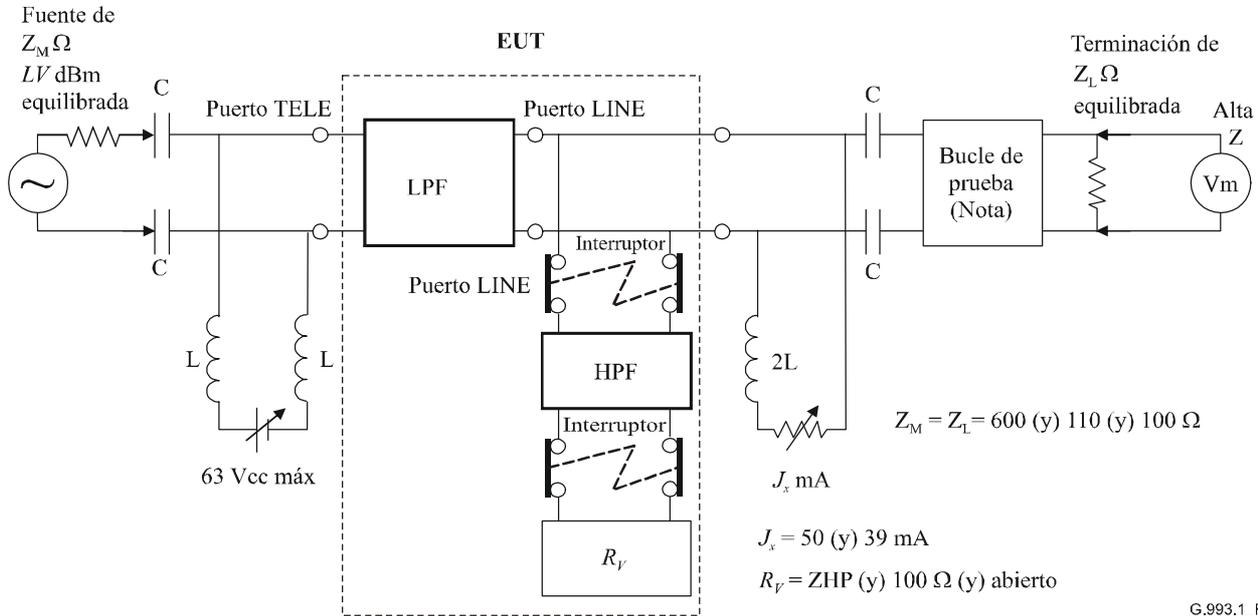
Los métodos de prueba de las características del trayecto de la señal del HPF con carga del LPF o sin ella y con el efecto de carga discreta del HPF sin conectar el LPF, se especifican en F.2.3.8.2.

##### F.2.3.8.1 Método de prueba de las características del trayecto de la señal del LPF y efecto de carga del LPF

En esta cláusula se describen las configuraciones para el montaje de la prueba y las condiciones de ésta relativas a las características en c.a. del componente LPF del divisor. Los requisitos que deben satisfacerse en la prueba siguiente se especifican en F.2.3.7.1.

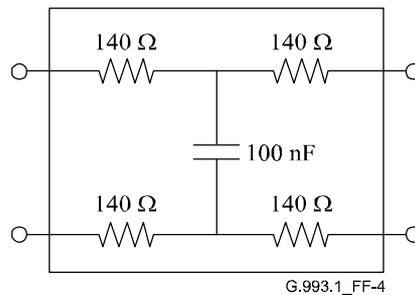
### F.2.3.8.1.1 Pérdidas de inserción del LPF y prueba del retardo de grupo absoluto

El montaje de la prueba se muestra en la figura F.3. Las pérdidas de inserción y el retardo de grupo entre la fuente de  $Z_M \Omega$  y la terminación de  $Z_L \Omega$  deberán medirse insertando el equipo en prueba (EUT, *equipment under test*) y sin insertarlo, con un nivel de LV dBm en todas las condiciones de carga del HPF. El bucle de prueba de la figura sólo se utiliza para la prueba en banda vocal y se define en la figura F.4. El bucle nulo se utiliza en las pruebas de las bandas RDSI y VDSL.



NOTA – El bucle de prueba sólo se utiliza para la prueba en banda vocal. El bucle nulo se utiliza en las bandas RDSI y VDSL.

**Figura F.3/G.993.1 – Montaje de la prueba para la determinación del retardo de grupo absoluto y de las pérdidas de inserción del LPF**



**Figura F.4/G.993.1 – Bucle de prueba en banda vocal (aproximadamente 2 km)**

Se definen todas las condiciones posibles de carga del HPF, aunque éstas dependen del tipo de divisor de la figura F.1. Por consiguiente, entre las condiciones definidas a continuación puede haber casos inaplicables, imposibles de probar, correspondientes a ciertos tipos de implementaciones reales. Incluso para dichos tipos, el LPF, como parte del divisor, deberá satisfacer todos los requisitos en todas las condiciones definidas a continuación.

Durante la prueba deberá aplicarse una corriente continua de polarización de  $J_x$  mA al componente LPF del filtro. En la figura F.3, C y L tienen por objeto superponer la corriente continua de

polarización de  $J_x$  mA. Deben establecerse valores adecuados de C y L para las pruebas de cada banda.

$LV$  dBm,  $Z_M$   $\Omega$ ,  $Z_L$   $\Omega$ ,  $J_x$  mA y las condiciones de carga del HPF dependen de la banda objeto de la prueba y deberán ser los siguientes:

- 1) Banda vocal ( $0,2 \text{ kHz} \leq f \leq 4,0 \text{ kHz}$ )  
 $LV = 0 \text{ dBm}$   
 $Z_M = Z_L = 600 \Omega$   
 $J_x = 50 \text{ mA}$  (por ejemplo  $C \geq 20 \mu\text{F}$  y  $L \geq 15 \text{ H}$ )
  - a1) Conectando a la línea el HPF terminado por  $R_V = \text{ZHP}$  (definido en la figura F.2)
  - a2) Conectando a la línea el HPF terminado por  $R_V = \text{abierto}$
  - b) Desconectando de la línea el HPF terminado por  $R_V$
- 2) Banda RDSI ( $4,0 \text{ kHz} < f \leq 320 \text{ kHz}$ )  
 $LV = +15 \text{ dBm}$   
 $Z_M = Z_L = 110 \Omega$   
 $J_x = 39 \text{ mA}$  (por ejemplo  $C \geq 10 \mu\text{F}$  y  $L \geq 0,5 \text{ H}$ )
  - a1) Conectando a la línea el HPF terminado por  $R_V = \text{ZHP}$  (definido en la figura F.2)
  - a2) Conectando a la línea el HPF terminado por  $R_V = \text{abierto}$
  - b) Desconectando de la línea el HPF terminado por  $R_V$
- 3) Banda de guarda ( $320 \text{ kHz} < f < 640 \text{ kHz}$ )  
Sin especificar
- 4) Banda VDSL ( $640 \text{ kHz} \leq f \leq 12 \text{ MHz}$ ): sólo para las pérdidas de inserción, no se aplica para el retardo de grupo.  
 $LV = +15 \text{ dBm}$   
 $Z_M = Z_L = 100 \Omega$   
 $J_x = 39 \text{ mA}$  (por ejemplo  $C \geq 0,2 \mu\text{F}$  y  $L \geq 5 \text{ mH}$ )  
Conectando a la línea el HPF terminado por  $R_V = 100 \Omega$

#### F.2.3.8.1.2 Prueba de las pérdidas de retorno del LPF

La figura F.5 muestra el montaje de la prueba. Las pérdidas de retorno se miden en términos de una impedancia de entrada compleja  $Z_{in}(jf)$ .  $Z_{in}(jf)$  se medirá insertando el EUT y terminando el lado opuesto con una impedancia compleja de referencia  $Z_{ref}(jf)$ . Obsérvese que el puerto donde se mide  $Z_{in}(jf)$  en la banda vocal es justamente el opuesto del correspondiente a la banda RDSI y viceversa. En cuanto a la prueba en la banda VDSL, se evalúa el efecto sobre el trayecto de la señal VDSL como efecto de la carga discreta del LPF sin conectar el HPF.

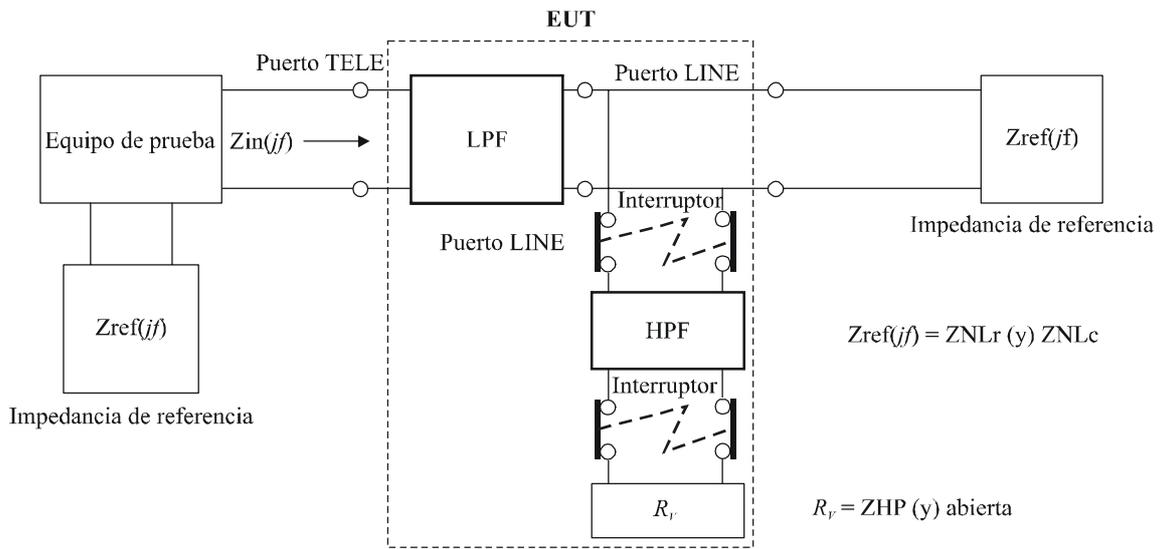
No es imprescindible aplicar corriente continua de polarización durante la prueba.

$Z_{ref}(jf)$  y las condiciones de la carga del HPF y del LPF dependen de la banda objeto de la prueba, y deben ser las siguientes:

- 1) En la banda vocal ( $0,2 \text{ kHz} \leq f \leq 4,0 \text{ kHz}$ )  
 $Z_{ref}(jf) = Z_{NLr}$  para la prueba del lado VTU-R del divisor y  $Z_{NLc}$  para la prueba del lado VTU-O del divisor  
siendo  $Z_{NLr} = 150 \Omega + \{(830 \Omega + 1 \mu\text{F}) // 72 \text{ nF}\}$   
 $Z_{NLc} = 150 \Omega + (830 \Omega // 72 \text{ nF})$   
(+: conexión serie //: conexión paralelo)

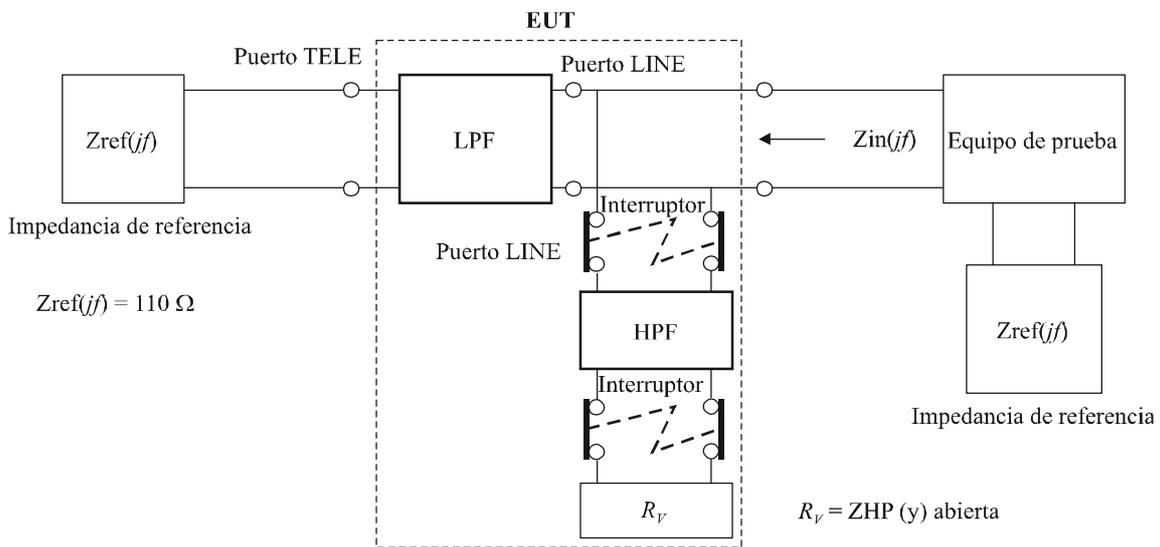
NOTA – La definición de ZNLr y ZNLc corresponde a E.4/G.992.3.

- a1) Conectando a la línea el HPF terminado por  $R_V = Z_{HP}$  (definido en la figura F.2)
  - a2) Conectando a la línea el HPF terminado por  $R_V = \text{abierto}$
  - b) Desconectando de la línea el HPF terminado por  $R_V$
- 2) En la banda RDSI ( $4,0 \text{ kHz} < f \leq 320 \text{ kHz}$ )  
 $Z_{ref}(jf) = \text{resistiva pura de } 110 \Omega$
- a1) Conectando a la línea el HPF terminado por  $R_V = Z_{HP}$  (definido en la figura F.2)
  - a2) Conectando a la línea el HPF terminado por  $R_V = \text{abierto}$
  - b) Desconectando de la línea el HPF terminado por  $R_V$
- 3) En la banda de guarda ( $320 \text{ kHz} < f < 640 \text{ kHz}$ )  
Sin especificar
- 4) En la banda VDSL ( $640 \text{ kHz} \leq f \leq 12 \text{ MHz}$ )  
 $Z_{ref}(jf) = \text{resistiva pura de } 100 \Omega$
- a1) Conectando únicamente a la línea el LPF en paralelo terminado por  $Z_M = 600 \Omega$
  - a2) Conectando únicamente a la línea el LPF en paralelo terminado por  $Z_M = 110 \Omega$
  - a3) Conectando únicamente a la línea el LPF en paralelo terminado por  $Z_M = \text{abierto}$



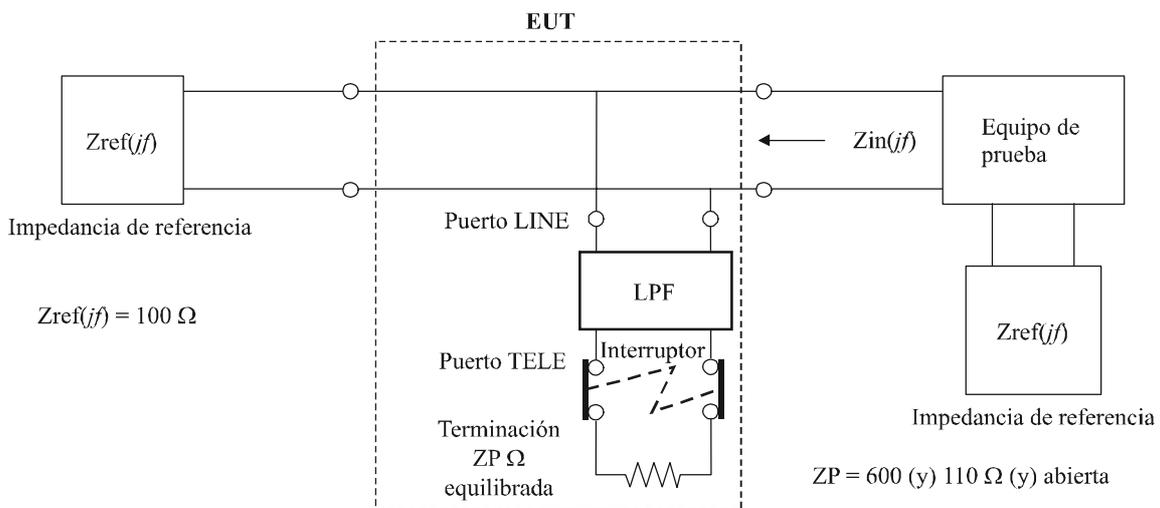
a) Montaje de la prueba en la banda vocal

G.993.1\_FF-5(a)



b) Montaje de la prueba en la banda RDSI

G.993.1\_FF-5(b)



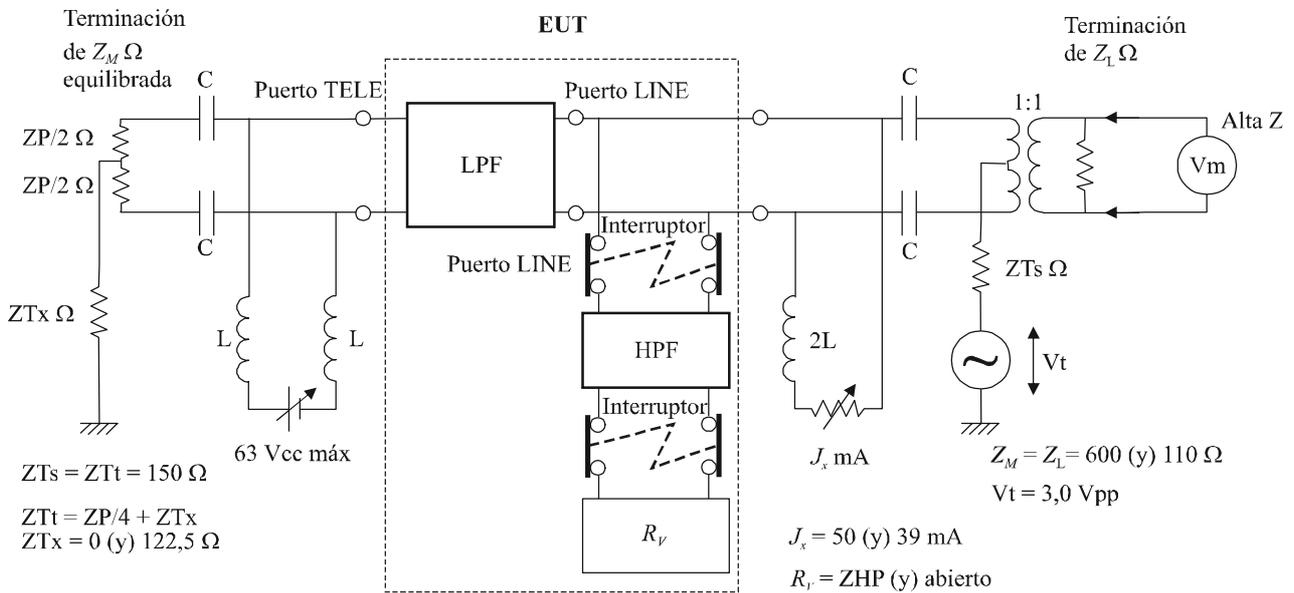
c) Montaje de la prueba en la banda VDSL

G.993.1\_FF-5(c)

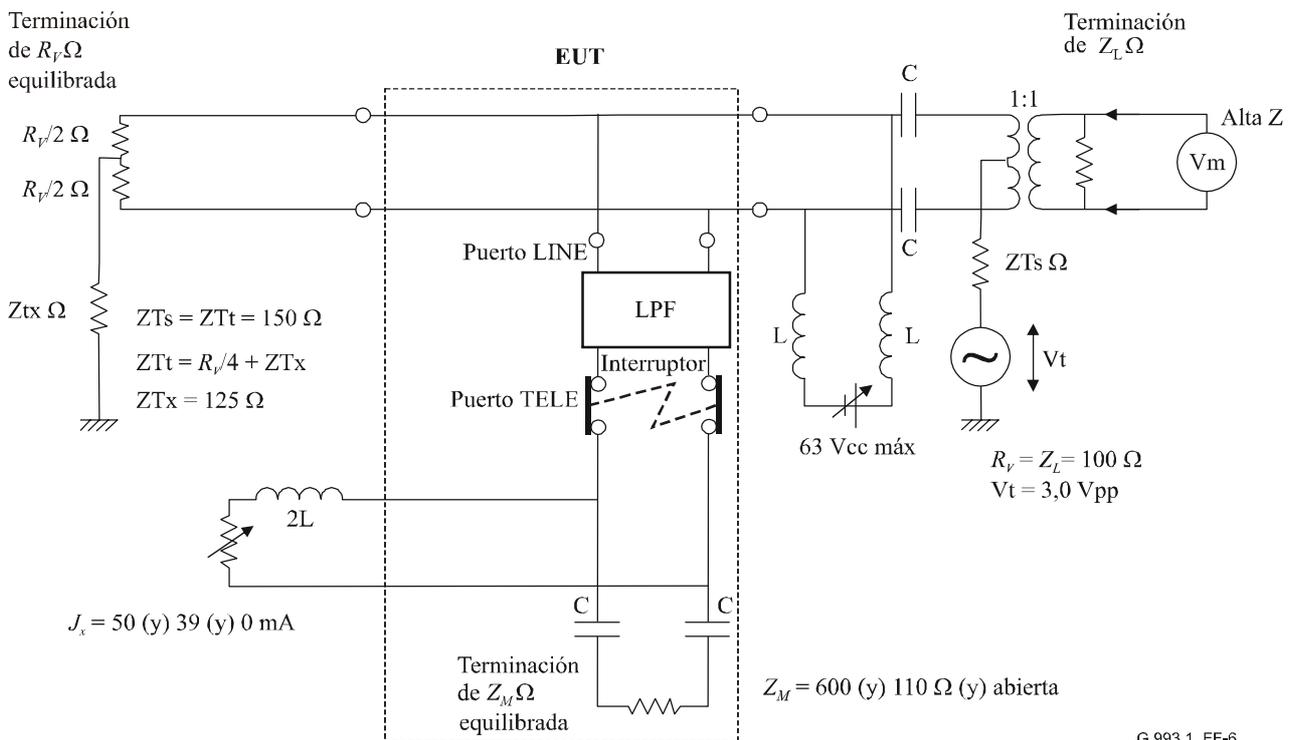
Figura F.5/G.993.1 – Montaje de la prueba de las pérdidas de retorno del LPF

### F.2.3.8.1.3 Prueba del balance longitudinal del LPF

El balance longitudinal deberá medirse en todas las condiciones de carga del HPF utilizando el montaje de la prueba representado en la figura F.6. Para la prueba en la banda VDSL, se evalúa el efecto sobre el trayecto de la señal VDSL como efecto de carga discreta del LPF sin conectar el HPF.



a) Montaje de la prueba para las bandas vocal y RDSI



b) Montaje de la prueba en la banda VDSL

G.993.1\_FF-6

Figura F.6/G.993.1 – Montaje de la prueba del balance longitudinal del LPF

La impedancia de la fuente de  $ZTs \Omega$  y la impedancia terminal de  $ZTt \Omega$  en modo común cumplen los requisitos especificados en la Rec. UIT-T K.43, y deberán ser de  $150 \Omega$ , siendo  $ZTs = ZTt (= Z_M/4 + ZTx)$ .

La fuerza electromotriz  $V_t(f)$  de la fuente de tensión constante deberá ser 3,0 Vpp (f.e.m.), y este nivel de  $V_{fem}$  corresponde al nivel de +7,5 dBm para el generador de señal con fuente de 50  $\Omega$  y terminación de 50  $\Omega$ .

Durante la prueba deberá aplicarse al componente LPF del divisor una corriente continua de polarización de  $J_x$  mA. Deberán ajustarse los valores adecuados de C y L en la figura para la prueba de cada banda.

$Z_M$   $\Omega$ ,  $Z_L$   $\Omega$ ,  $Z_{Tx}$   $\Omega$ ,  $J_x$  mA, y las condiciones de carga del HPF y del LPF dependen de la banda objeto de la prueba, y deberán ser los siguientes.

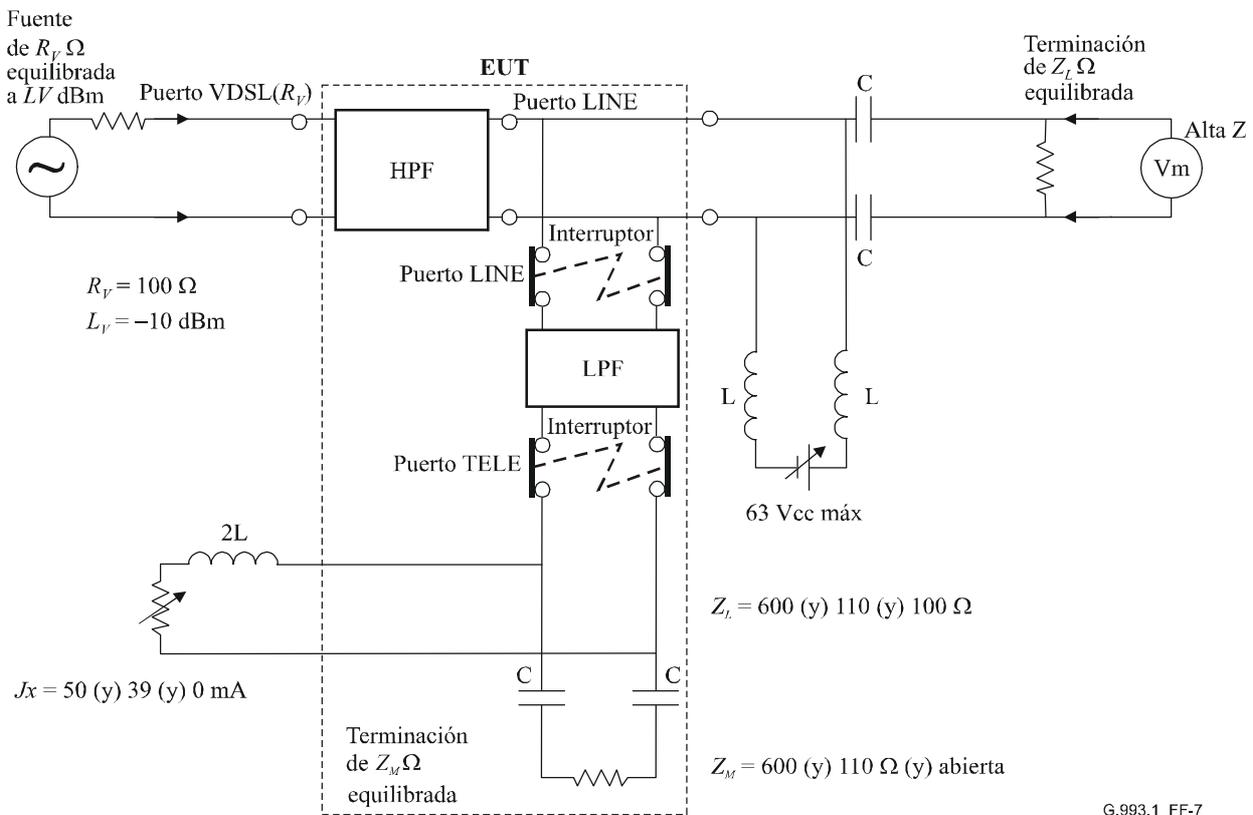
- 1) En la banda vocal ( $0,2 \text{ kHz} \leq f \leq 4,0 \text{ kHz}$ )  
 $V_t(f) = 3,0 \text{ Vpp}$  (f.e.m.)  
 $Z_M = Z_L = 600 \Omega$   
 $Z_{Tx} = 0 \Omega$   
 $J_x = 50 \text{ mA}$  (por ejemplo  $C \geq 20 \mu\text{F}$  y  $L \geq 15 \text{ H}$ )
  - a1) Conectando a la línea el HPF terminado por  $R_V = Z_{HP}$  (definido en la figura F.2)
  - a2) Conectando a la línea el HPF terminado por  $R_V = \text{abierto}$
  - b) Desconectando de la línea el HPF terminado por  $R_V$
- 2) En la banda RDSI ( $4,0 \text{ kHz} < f \leq 320 \text{ kHz}$ )  
 $V_t(f) = 3,0 \text{ Vpp}$  (f.e.m.)  
 $Z_M = Z_L = 110 \Omega$   
 $Z_{Tx} = 122,5 \Omega$   
 $J_x = 39 \text{ mA}$  (por ejemplo  $C \geq 10 \mu\text{F}$  y  $L \geq 0,5 \text{ H}$ )
  - a1) Conectando a la línea el HPF terminado por  $R_V = Z_{HP}$  (definido en la figura F.2)
  - a2) Conectando a la línea el HPF terminado por  $R_V = \text{abierto}$
  - b) Desconectando de la línea el HPF terminado por  $R_V$
- 3) En la banda de guarda ( $320 \text{ kHz} < f < 640 \text{ kHz}$ )  
No se especifica
- 4) En la banda VDSL ( $640 \text{ kHz} \leq f \leq 12 \text{ MHz}$ )  
 $V_t(f) = 3,0 \text{ Vpp}$  (f.e.m.)  
 $R_V = Z_L = 100 \Omega$   
 $Z_{Tx} = 125 \Omega$ 
  - a1) Conectando a la línea en paralelo únicamente el LPF terminado por  $Z_M = 600 \Omega$   
 $J_x = 50 \text{ mA}$  (por ejemplo  $C \geq 0,2 \mu\text{F}$  y  $L \geq 5 \text{ mH}$ )
  - a2) Conectando a la línea en paralelo únicamente el LPF terminado por  $Z_M = 110 \Omega$   
 $J_x = 39 \text{ mA}$  (por ejemplo  $C \geq 0,2 \mu\text{F}$  y  $L \geq 5 \text{ mH}$ )
  - a3) Conectando a la línea en paralelo únicamente el LPF terminado por  $Z_M = \text{abierto}$   
Sin corriente continua de polarización

#### **F.2.3.8.2 Método de prueba de las características de la señal del HPF y del efecto de la carga del HPF**

En esta cláusula se especifican las configuraciones del montaje de la prueba y las condiciones de ésta relativas a las características c.a. del componente HPF del divisor. Los requisitos que deberá cumplir la prueba siguiente se especifican en F.2.3.7.2.

### F.2.3.8.2.1 Prueba del retardo de grupo absoluto y de las pérdidas de inserción del HPF

La figura F.7 muestra el montaje de la prueba. Las pérdidas de inserción y el retardo de grupo de la fuente de  $R_V \Omega$  hasta la terminación de  $Z_L \Omega$  deberán medirse, insertando el EUT y sin insertarlo, con un nivel de  $LV$  dBm en todas las condiciones de carga del LPF.



**Figura F.7/G.993.1 – Montaje de la prueba del retardo de grupo absoluto y de las pérdidas de inserción del HPF**

Se definen todas las condiciones posibles de carga del LPF, aunque las condiciones de carga del LPF son dependientes del tipo de divisor de la figura F.1. Por consiguiente, entre las condiciones definidas a continuación puede haber casos inaplicables e imposibles de probar para ciertos tipos de implementaciones reales. Incluso para dichos tipos, el HPF como parte del divisor deberá cumplir todos los requisitos en todas las condiciones definidas a continuación.

Deberá aplicarse una corriente continua de polarización de  $J_x$  mA a la parte LPF del divisor en todos los casos posibles. Deberán establecerse valores adecuados de  $C$  y  $L$  para la prueba de cada banda.

Los valores de  $LV$  dBm,  $R_V \Omega$ ,  $Z_L \Omega$ ,  $J_x$  mA y las condiciones de carga del LPF serán las siguientes, teniendo en cuenta que  $Z_L \Omega$ ,  $J_x$  mA y las condiciones de carga del LPF dependen de la banda objeto de la prueba.

- 1) En la banda vocal ( $0,2 \text{ kHz} \leq f \leq 4,0 \text{ kHz}$ ): sólo para pérdidas de inserción, no se aplica al retardo en grupo.
  - $LV = -10 \text{ dBm}$
  - $R_V = 100 \Omega$
  - $Z_L = 600 \Omega$

Conectando a la línea el LPF terminado por  $Z_M = 600 \Omega$

$J_x = 50 \text{ mA}$  (por ejemplo  $C \geq 20 \mu\text{F}$  y  $L \geq 15 \text{ H}$ )

- 2) En la banda RDSI ( $4,0 \text{ kHz} < f \leq 320 \text{ kHz}$ ): sólo para pérdidas de inserción, no se aplica al retardo en grupo.

$LV = -10 \text{ dBm}$

$R_V = 100 \Omega$

$Z_L = 110 \Omega$

Conectando a la línea el LPF terminado por  $Z_M = 110 \Omega$

$J_x = 39 \text{ mA}$  (por ejemplo  $C \geq 10 \mu\text{F}$  y  $L \geq 0,5 \text{ H}$ )

- 3) En la banda de guarda ( $320 \text{ kHz} < f < 640 \text{ kHz}$ )

Sin especificar

- 4) En la banda VDSL ( $640 \text{ kHz} \leq f \leq 12 \text{ MHz}$ )

$LV = -10 \text{ dBm}$

$R_V = Z_L = 100 \Omega$

- a1) Conectando a la línea el LPF terminado por  $Z_M = 600 \Omega$

$J_x = 50 \text{ mA}$  (por ejemplo  $C \geq 0,2 \mu\text{F}$  y  $L \geq 5 \text{ mH}$ )

- a2) Conectando a la línea el LPF terminado por  $Z_M = 110 \Omega$

$J_x = 39 \text{ mA}$  (por ejemplo  $C \geq 0,2 \mu\text{F}$  y  $L \geq 5 \text{ mH}$ )

- a3) Conectando a la línea el LPF terminado por  $Z_M = \text{abierto}$

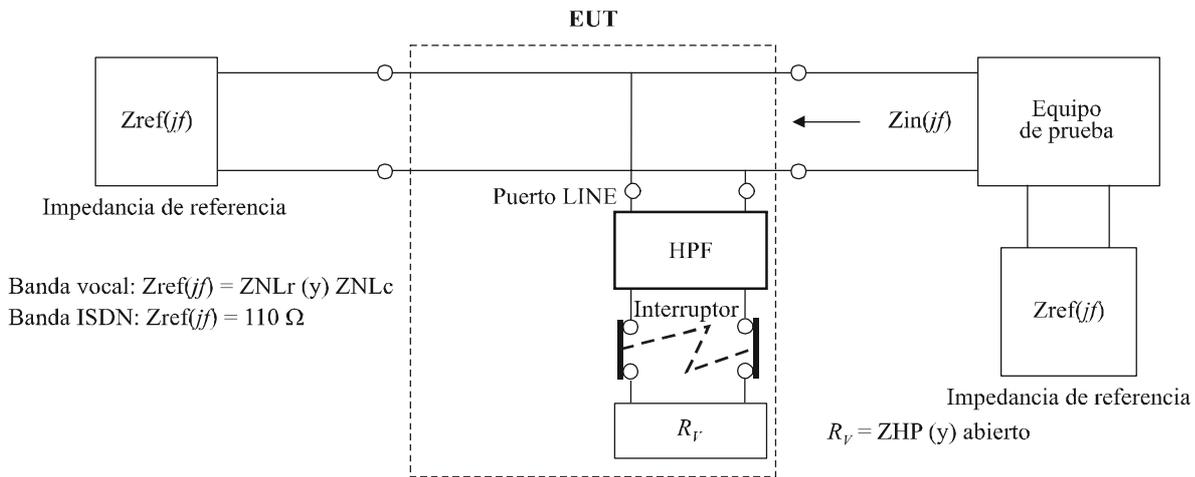
Sin corriente continua de polarización

- b) Desconectando de la línea el LPF terminado por  $Z_M$

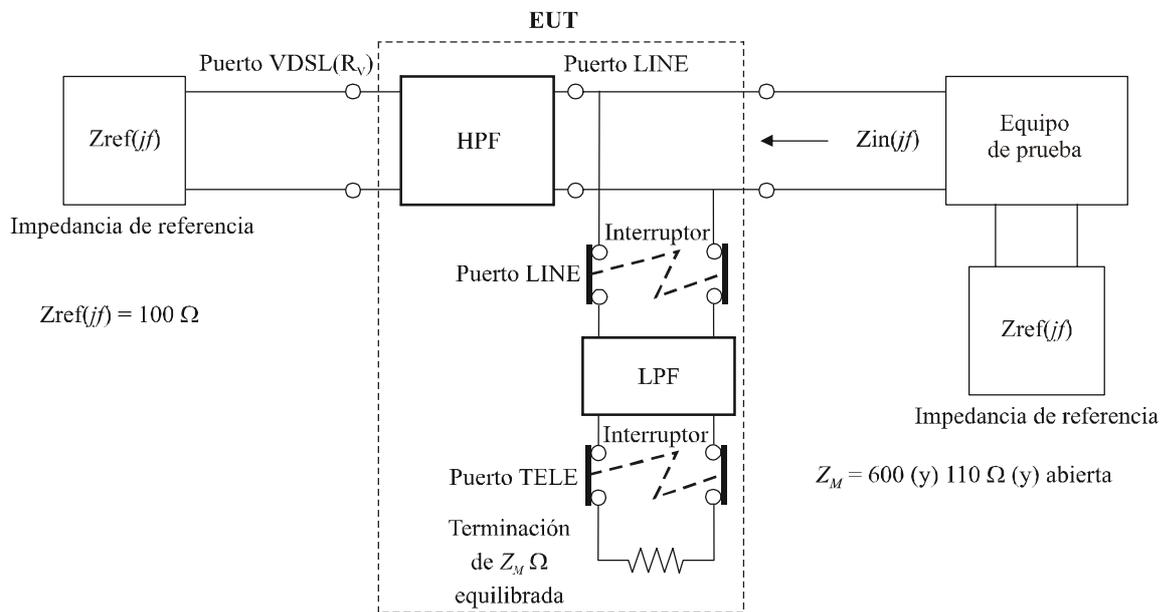
Sin corriente continua de polarización

#### **F.2.3.8.2.2 Prueba de las pérdidas de retorno del HPF**

La figura F.8 muestra el montaje de esta prueba. Las pérdidas de retorno se miden en términos de una impedancia compleja de entrada  $Z_{in}(jf)$ .  $Z_{in}(jf)$  deberá medirse insertando el EUT y terminando el lado opuesto con la impedancia compleja de referencia  $Z_{ref}(jf)$ . Al igual que en las pruebas de las bandas vocal y de RDSI, los efectos sobre los trayectos de la señal vocal y del RDSI se evalúan como efecto de la carga discreta del HPF sin conectar el LPF.



a) Montaje de la prueba en las bandas vocal y RDSI



b) Montaje de la prueba en la banda VDSL

G.993.1\_FF-8

**Figura F.8/G.993.1 – Montaje de la prueba de las pérdidas de retorno del HPF**

No es necesario aplicar una corriente continua de polarización durante la prueba.

$Z_{ref}(jf)$  y las condiciones de carga del LPF y del HPF dependen de la banda objeto de la prueba y deberán ser los siguientes.

- 1) En la banda vocal ( $0,2 \text{ kHz} \leq f \leq 4,0 \text{ kHz}$ )

$Z_{ref}(jf) = Z_{NLr}$  para la prueba del divisor en el lado de la VTU-R y  $Z_{NLc}$  para la prueba del divisor en el lado de la VTU-O

siendo  $Z_{NLr} = 150 \Omega + \{(830 \Omega + 1 \mu\text{F}) // 72 \text{ nF}\}$

$Z_{NLc} = 150 \Omega + (830 \Omega // 72 \text{ nF})$

(+: conexión en serie //: conexión en paralelo)

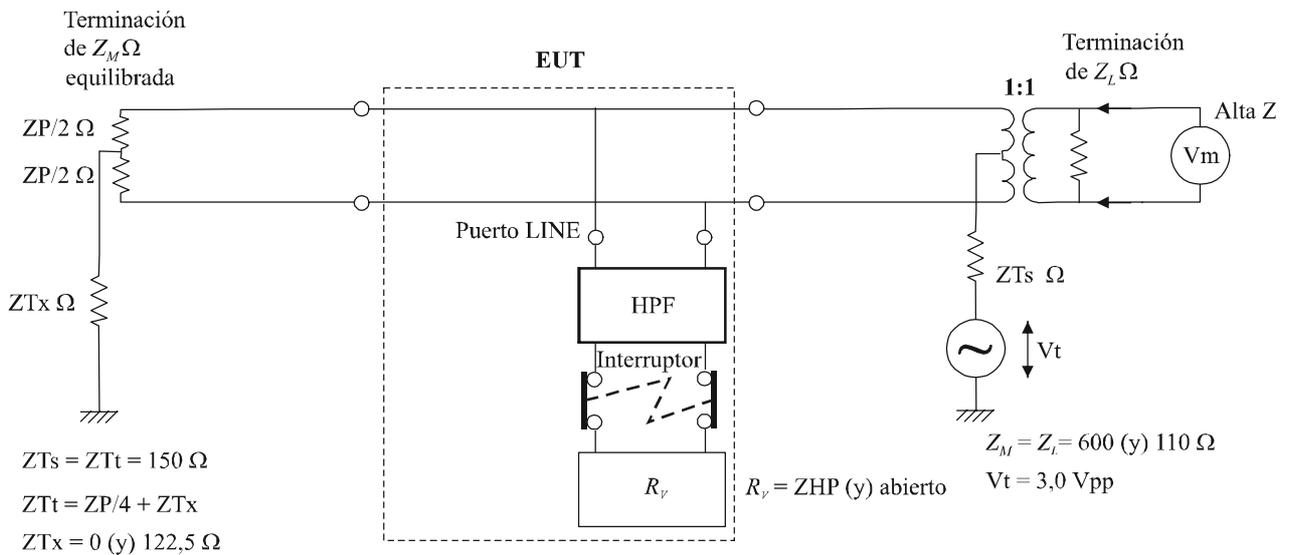
NOTA – La definición de  $Z_{NLr}$  y de  $Z_{NLc}$  corresponde a E.4/G.992.3.

- a1) Conectando a la línea en paralelo únicamente el HPF terminado por  $R_V = Z_{HP}$  (definido en la figura F.2)
- a2) Conectando a la línea en paralelo únicamente el HPF terminado por  $R_V = \text{abierto}$

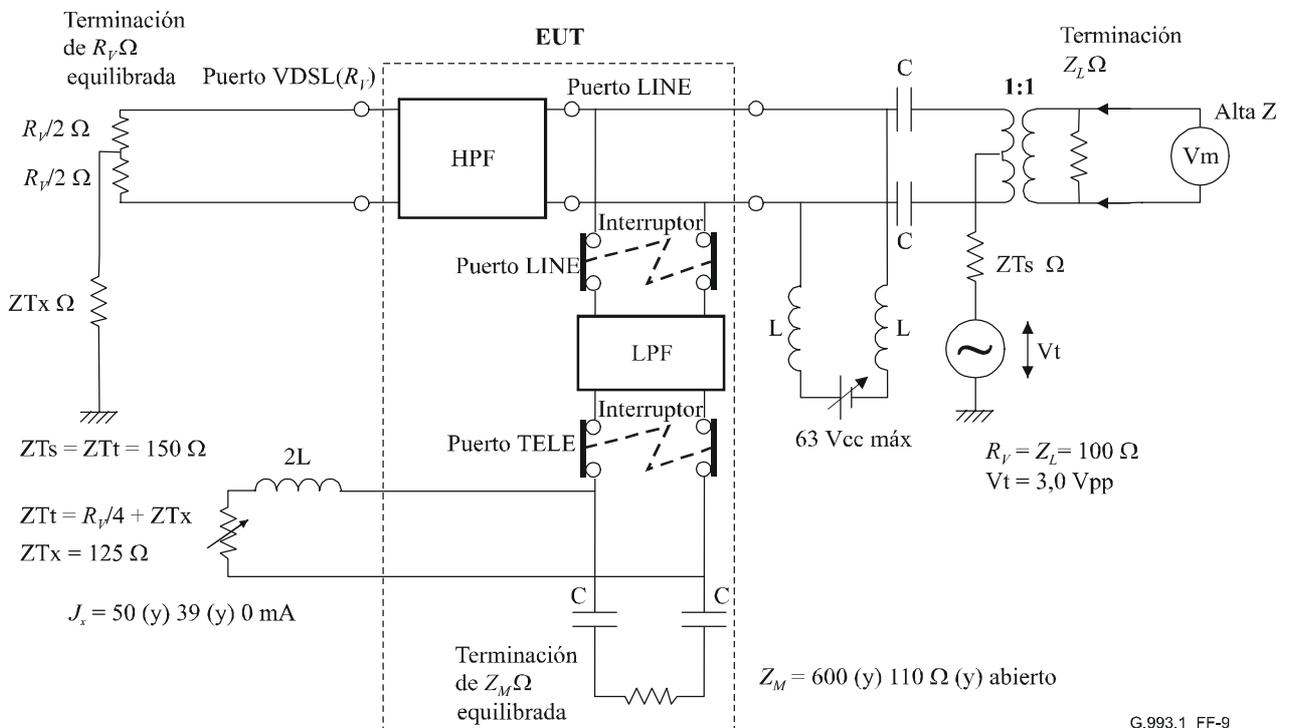
- 2) En la banda RDSI ( $4,0 \text{ kHz} < f \leq 320 \text{ kHz}$ )  
 $Z_{\text{ref}}(jf) = \text{resistiva pura de } 110 \Omega$ 
  - a1) Conectando a la línea en paralelo únicamente el HPF terminado por  $R_V = Z_{\text{HP}}$  (definido en la figura F.2)
  - a2) Conectando a la línea en paralelo únicamente el HPF terminado por  $R_V = \text{abierto}$
- 3) En la banda de guarda ( $320 \text{ kHz} < f < 640 \text{ kHz}$ )  
Sin especificar
- 4) En la banda VDSL ( $640 \text{ kHz} \leq f \leq 12 \text{ MHz}$ )  
 $Z_{\text{ref}}(jf) = \text{resistiva pura de } 100 \Omega$ 
  - a1) Conectando a la línea el LPF terminado por  $Z_M = 600 \Omega$
  - a2) Conectando a la línea el LPF terminado por  $Z_M = 110 \Omega$
  - a3) Conectando a la línea el LPF terminado por  $Z_M = \text{abierto}$
  - b) Desconectando de la línea el LPF terminado por  $Z_M$

#### **F.2.3.8.2.3 Prueba del balance longitudinal del HPF**

El balance longitudinal deberá medirse en todas las condiciones de carga del LPF utilizando el montaje de prueba representado en la figura F.9. Para las pruebas en las bandas vocal y RDSI, los efectos sobre los trayectos de la señal vocal y de RDSI se evalúan como efecto de la carga discreta del HPF sin conectar el LPF.



a) Montaje de la prueba en las bandas vocal y RDSI



b) Montaje de la prueba en la banda VDSL

**Figura F.9/G.993.1 – Montaje de la prueba del balance longitudinal del HPF**

La impedancia de la fuente  $Z_{Ts} \Omega$  y la impedancia de terminación  $Z_{Tt} \Omega$  en modo común cumplen los requisitos especificados en la Rec. UIT-T K.43 y deberán ser de  $150 \Omega$ , siendo  $Z_{Ts} = Z_{Tt}$  ( $= R_v/4 + Z_{Tx}$ ).

La fuerza electromotriz  $V_t(f)$  de la fuente de tensión constante deberá ser  $3,0$  Vpp (f.e.m.), y este nivel de  $V_{fem}$  corresponde al nivel en dBm de  $+7,5$  dBm para el generador de señal con la fuente de  $50 \Omega$  y la terminación de  $50 \Omega$ .

Deberá aplicarse una corriente continua de polarización de  $J_x$  mA al componente LPF del divisor durante la prueba, en todos los casos existentes. Deberán ajustarse los valores adecuados de  $C$  y  $L$  para la prueba de cada una de las bandas.

$Z_M \Omega$ ,  $Z_L \Omega$ ,  $Z_{Tx} \Omega$ ,  $J_x$  mA y las condiciones de carga del LPF y del HPF son dependientes de la banda objeto de la prueba, y deberán ser los siguientes.

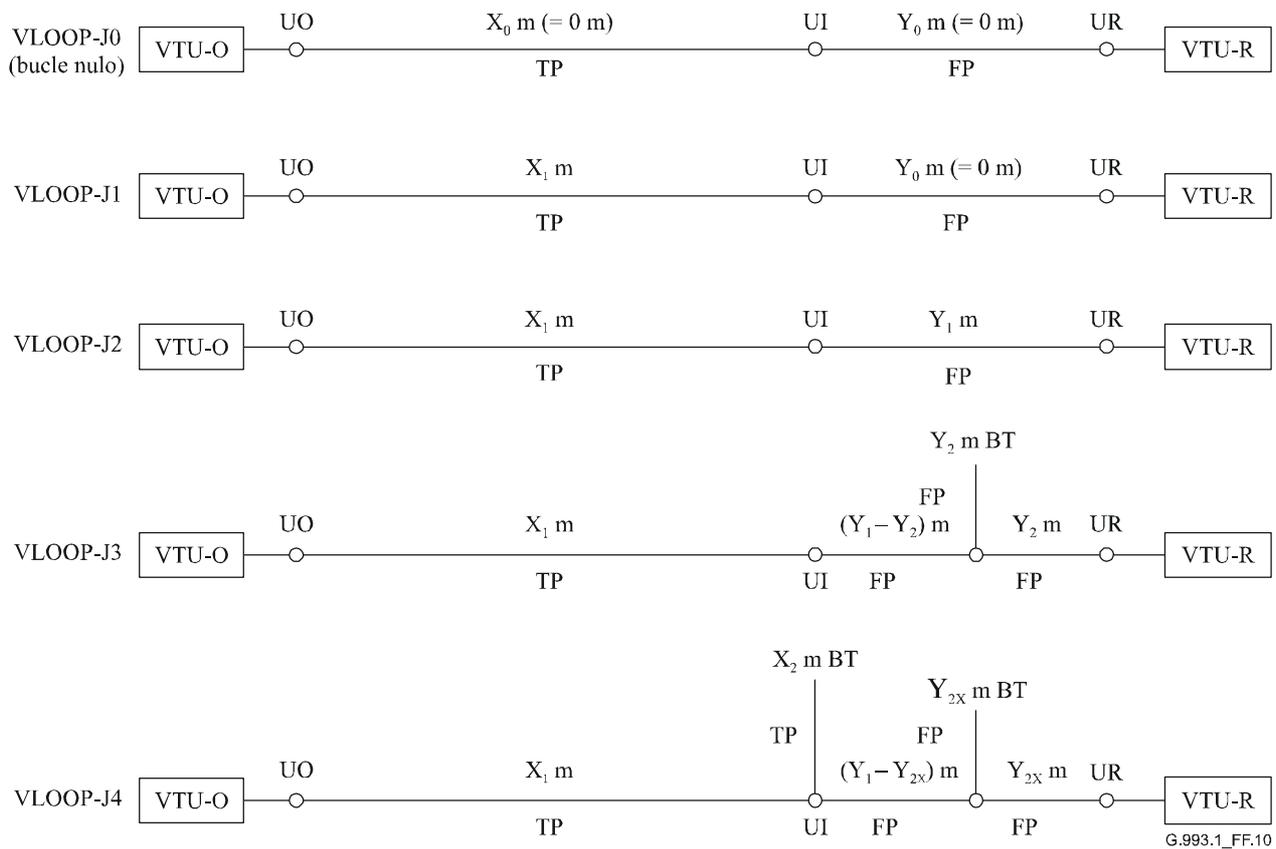
- 1) En la banda vocal ( $0,2 \text{ kHz} \leq f \leq 4,0 \text{ kHz}$ )  
 $V_t(f) = 3,0 \text{ Vpp}$  (f.e.m.)  
 $Z_M = Z_L = 600 \Omega$   
 $Z_{Tx} = 0 \Omega$ 
  - a1) Conectando a la línea en paralelo únicamente el HPF terminado por  $R_V = Z_{HP}$  (definido en la figura F.2)  
Sin corriente continua de polarización
  - a2) Conectando a la línea en paralelo únicamente el HPF terminado por  $R_V = \text{abierto}$   
Sin corriente de polarización
- 2) En la banda RDSI ( $4,0 \text{ kHz} < f \leq 320 \text{ kHz}$ )  
 $V_t(f) = 3,0 \text{ Vpp}$  (f.e.m.)  
 $Z_M = Z_L = 110 \Omega$   
 $Z_{Tx} = 122,5 \Omega$ 
  - a1) Conectando a la línea en paralelo únicamente el HPF terminado por  $R_V = Z_{HP}$  (definido en la figura F.2)  
Sin corriente continua de polarización
  - a2) Conectando a la línea en paralelo únicamente el HPF terminado por  $R_V = \text{abierto}$   
Sin corriente de polarización
- 3) En la banda de guarda ( $320 \text{ kHz} < f < 640 \text{ kHz}$ )  
Sin especificar
- 4) En la banda VDSL ( $640 \text{ kHz} \leq f \leq 12 \text{ MHz}$ )  
 $V_t(f) = 3,0 \text{ Vpp}$  (f.e.m.)  
 $R_V = Z_L = 100 \Omega$   
 $Z_{Tx} = 125 \Omega$ 
  - a1) Conectando a la línea el LPF terminado por  $Z_M = 600 \Omega$   
 $J_x = 50 \text{ mA}$  (por ejemplo  $C \geq 0,2 \mu\text{F}$  y  $L \geq 5 \text{ mH}$ )
  - a2) Conectando a la línea el LPF terminado por  $Z_M = 110 \Omega$   
 $J_x = 39 \text{ mA}$  (por ejemplo  $C \geq 0,2 \mu\text{F}$  y  $L \geq \text{mH}$ )
  - a3) Conectando a la línea el LPF terminado por  $Z_M = \text{abierto}$   
Sin corriente continua de polarización
  - b) Desconectando de la línea el LPF terminado por  $Z_M$   
Sin corriente continua de polarización

### **F.3 Bucles de prueba y perturbadores de diafonía**

#### **F.3.1 Bucles de prueba**

##### **F.3.1.1 Configuración de los bucles**

Para determinar la calidad de funcionamiento de la transmisión VDSL deberán utilizarse los bucles de prueba representados en la figura F.10.



**Figura F.10/G.993.1 – Bucles de prueba en VDSL para entorno coexistente con DSL RDSI-TCM**

- 1) Hay dos tipos de pares de cable, representados por TP y FP en la figura F.10, a saber:
  - TP: Cable de PE de 0,4 mm – Cable multipar de configuración de cuadretes con aislamiento de polietileno.
  - FP: FP de PVC de 0,5 mm – Par único plano sin trenzar con aislamiento de cloruro de polivinilo.
- 2) Los valores nominales de  $X_j$  ( $j = 0$  a  $2$ ) e  $Y_j$  ( $j = 0$  a  $2$ ) señalados en la figura F.10 como secciones de longitud adaptable son los que se indican en este apartado. Las longitudes de TP varían entre 0 a 1500 m mientras que las longitudes de FP van de 0 m a 50 m. Una rama múltiple (BT, *bridged tap*) es una sección derivada terminada en circuito abierto.
  - $X_0 = 0$  m
  - $X_1 = 300, 500, 1000, 1200, 1500$  m
  - $X_2 = 25, 50$  m
  - $Y_0 = 0$  m
  - $Y_1 = 50$  m
  - $Y_2 = 5$  a  $50$  m en tramos de 5 m
  - $Y_{2DS}$ : Longitud más significativa para la calidad de funcionamiento de la transmisión descendente
  - $Y_{2US}$ : Longitud más significativa para la calidad de funcionamiento de la transmisión ascendente
  - $Y_{2X} = Y_{2DS}$  para la prueba de la calidad de funcionamiento descendente e  $Y_{2US}$  para la prueba de la calidad de funcionamiento ascendente

### F.3.1.2 Constantes primarias de la línea

Las constantes primarias de la línea son  $R$ ,  $L$ ,  $C$  y  $G$ . Las ecuaciones siguientes proporcionan los valores de  $R$  en ohmio/m,  $L$  en H/m,  $G$  en siemens/m,  $C$  en F/m, y  $f$  (frecuencia) en Hz. Los valores de los coeficientes se presentan en el cuadro F.5.

$$R = 2(R_i + R_n + R_{ns}) \quad [\text{ohmio/m}]$$

$$L = 2(L_a + L_i + L_n + L_{ns}) \quad [\text{H/m}]$$

$$C = C_i + \frac{C_{0a}}{(f+1)^{ce}} \quad [\text{F/m}]$$

$$G = 2\pi f^{ge} C \tan \delta \quad [\text{ohmio/m}]$$

$$R_i = \frac{1}{\pi r_i^2 \sigma_i} \operatorname{Re} \left[ \frac{\lambda J_0(\lambda)}{2 J_1(\lambda)} \right] : \text{efecto pelicular}$$

$$R_n = \frac{1}{\pi d_i^2 \sigma_i} \operatorname{Re} \left[ -\lambda \frac{J_1(\lambda)}{J_0(\lambda)} \right] : \text{efecto de la corriente de Foucault dentro del par}$$

$$R_{ns} = \frac{1}{\pi d_i^2 \sigma_i} 4 \operatorname{Re} \left[ -\lambda \frac{J_1(\lambda)}{J_0(\lambda)} \right] : \text{efecto de la corriente de Foucault en el cuadrore (para PE de 0,4 mm)}$$

$R_{ns} = 0$  : efecto de la corriente de Foucault en el cuadrore (para FP de PVC de 0,5 mm)

$$L_a = \frac{\mu_0}{2\pi} \ln \left( \frac{d_i}{r_i} \right) : \text{inductancia externa}$$

$$L_i = \frac{\mu_i}{2\pi} \operatorname{Re} \left[ -\frac{1}{\lambda} \frac{J_0(\lambda)}{J_1(\lambda)} \right] : \text{efecto pelicular}$$

$$L_n = -\frac{\mu_0}{2\pi} \left( \frac{r_i}{d_i} \right)^2 \operatorname{Re} \left[ -\frac{J_2(\lambda)}{J_0(\lambda)} \right] : \text{efecto de la corriente de Foucault dentro del par}$$

$$L_{ns} = -\frac{\mu_0}{2\pi} \left( \frac{r_i}{d_i} \right)^2 4 \operatorname{Re} \left[ -\frac{J_2(\lambda)}{J_0(\lambda)} \right] : \text{efecto de la corriente de Foucault en el cuadrore (en el caso de PE de 0,4 mm)}$$

$L_{ns} = 0$ : efecto de la corriente de Foucault dentro del cuadrore (en el caso de FP de PVC de 0,5 mm)

siendo:

$J_0, J_1, J_2$  las funciones de Bessel de orden cero, uno y dos

$\operatorname{Re} [ \ ]$  parte real de [ ]

$$\lambda \equiv (1 + j) \frac{r_i}{\delta_i}$$

$r_i$ : radio del conductor [m]

$$\delta_i = \sqrt{\frac{2}{\omega \sigma_i \mu_i}} : \text{profundidad del efecto pelicular [m]}$$

$\sigma_i$ : conductividad del cobre (conductor) [m]

$\mu_0$ : permeabilidad del vacío [H/m]

$\mu_i$ : permeabilidad del cobre (conductor) [H/m]: =  $\mu_r \mu_0$

$\mu_r$ : permeabilidad relativa del cobre (conductor)

$\omega$ : frecuencia angular [rad]

$d_i$ : distancia entre centros de los cables (conductores) de un par [m]

$d_i = 2\sqrt{2}(r_i + CO_i)$ : en el caso de PE de 0,4 mm

$d_i = 2(r_i + CO_i)$ : en el caso de FP de PVC de 0,5 mm

$CO_i$ : espesor del aislante del cable (conductor) [m]

**Cuadro F.5/G.993.1 – Valores de los coeficientes**

Elemento	TP (PE de 0,4 mm)	FP (FP de PVC de 0,5 mm)
$r_i$ [m]	$0,2 \times 10^{-3}$	$0,25 \times 10^{-3}$
$CO_i$ [m]	$0,13 \times 10^{-3}$	$0,78 \times 10^{-3}$
$C_i$ [F/m]	$50 \times 10^{-12}$	$20 \times 10^{-12}$
$C_{oa}$ [F/m]	0	$20 \times 10^{-12}$
ce	0	0,095
$\tan\delta$	$5,0 \times 10^{-4}$	$1,9 \times 10^{-1}$
ge	1,16	0,895
$\sigma_i$ [siemens/m]	$5,8 \times 10^7$	$5,8 \times 10^7$
$\mu_0$ [H/m]	$4\pi \times 10^{-7}$	$4\pi \times 10^{-7}$
$\mu_r$	1	1

### F.3.1.3 Función de transferencia de la línea y características del bucle de prueba

A continuación se indica la función de transferencia de la línea (en tensión) basándose en la constante de propagación. La función de transferencia siguiente supone que no hay desacople de impedancias y que en los extremos hay terminaciones perfectas de impedancias características, lo que constituye una hipótesis simplificada.

$$H(f) = e^{\gamma_{TP} X} e^{\gamma_{FP} Y}$$

$$\gamma = \sqrt{(R + j\omega L)(G + j\omega C)} : \text{constante de propagación}$$

X, Y: distancia de la línea [m]

Los cuadros F.6, F.7 y F.8 muestran las características de referencia del bucle de prueba calculadas a partir de la anterior función de transferencia de línea y de los valores de los coeficientes.

NOTA – Las pérdidas de inserción con una impedancia de fuente de 100  $\Omega$  y una impedancia terminal de 100  $\Omega$  deben calcularse utilizando los parámetros del bucle ABCD, dependiendo del resultado de la longitud del bucle y de su composición.

**Cuadro F.6/G.993.1 – Atenuación imagen de referencia del bucle de prueba en dB**

Tipo de bucle	Longitud del bucle	Frecuencia [MHz]									
		$f_1$	$f_{1j}$		$f_2$		$f_3$		$f_4$		$f_5$
		0,138	0,640	2,195	3,75	4,475	5,20	6,85	8,50	10,25	12,00
TP	300 m	3,27 dB	6,13	11,8	15,7	17,3	18,7	21,8	24,6	27,4	30,0
FP	50 m	0,27 dB	0,57	1,22	1,74	1,96	2,18	2,65	3,09	3,54	3,98

**Cuadro F.7/G.993.1 – Retardo de grupo de referencia del bucle de prueba en  $\mu$ s (microsegundos)**

Tipo de bucle	Longitud del bucle	Frecuencia [MHz]									
		$f_1$	$f_{1j}$		$f_2$		$f_3$		$f_4$		$f_5$
		0,138	0,640	2,195	3,75	4,475	5,20	6,85	8,50	10,25	12,00
TP	300 m	1,73 $\mu$ s	1,63	1,58	1,57	1,57	1,57	1,56	1,56	1,56	1,56
FP	50 m	0,24 $\mu$ s	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,22	0,22

**Cuadro F.8/G.993.1 – Impedancia característica de referencia del bucle de prueba en  $\Omega$  (ohmio)**

Tipo de bucle	Frecuencia [MHz]									
	$f_1$	$f_{1j}$		$f_2$		$f_3$		$f_4$		$f_5$
	0,138	0,640	2,195	3,75	4,475	5,20	6,85	8,50	10,25	12,00
TP	125 $\Omega$	114	109	107	107	107	107	107	107	107
FP	191 $\Omega$	188	187	187	187	187	187	187	187	188

### F.3.2 Perturbadores de diafonía

#### F.3.2.1 Tipos de perturbadores

Las mediciones del margen de diafonía se llevan a cabo utilizando varios tipos de perturbadores, la propia VDSL (Rec. UIT-T G.993.1), la DSL RDSI-TCM (apéndice III/G.961), la ADSL (anexo C/G.992.1, DBM) y el PNT (Rec. UIT-T G.989.1).

A continuación se definen dos tipos de modelos de ruido. El ruido A y el ruido  $B_j$  ( $j = 1$  a 4).

- 1) Se inyectará sólo ruido A o ruido A + cada ruido  $B_j$  ( $j = 1$  ó 2 ó 3 ó 4) en cada uno de los puertos UI o UO definidos en la figura F.10, y se ejecutará la prueba varias (3 a 4) veces.
  - En la prueba de la calidad de funcionamiento no se utiliza ninguna combinación de ruido  $B_j$  y de ruido  $B_k$  ( $j <> k$ ). Tampoco se utiliza la inyección simultánea en los puertos UI y UO.
  - Ruido A = AWGN (ruido gaussiano blanco aditivo) de  $-140$  dBm/Hz.
  - Ruido  $B_1 = 9$  NEXT y FEXT de la propia VDSL (véase F.3.2.2 en relación con la PSD del perturbador).
  - Ruido  $B_2 = 9$  NEXT y FEXT ADSL (véase la Rec. UIT-T G.996.1 en relación con la PSD del perturbador).
  - Ruido  $B_3 = 9$  NEXT PNT (véase F.3.2.2 y la Rec. UIT-T G.989.1 en relación con la PSD del perturbador).

- Ruido  $B_4 = 9$  NEXT y FEXT alternativas DSL RDSI-TCM (véase la Rec. UIT-T G.996.1 en relación con la PSD del perturbador).

NOTA 1 – NEXT y FEXT de PNT aparecen alternativamente en la misma banda de frecuencias y no son cicloestacionarias. Este anexo aprueba únicamente la inyección de NEXT como diafonía significativa a efectos de la prueba de VDSL.

NOTA 2 – La NEXT y FEXT de RDSI-TCM DSL aparecen alternativamente en la misma banda de frecuencias y son cicloestacionarias. Este anexo aprueba la inyección de diafonía cicloestacionaria NEXT y FEXT a efectos de la prueba de VDSL con arreglo a lo definido en la Rec. UIT-T G.996.1 para la prueba de ADSL.

NOTA 3 – La inyección de NEXT ADSL y VDSL se utiliza para probar el margen dinámico de la señal de entrada de los receptores VDSL.

- 2) Sólo se define la condición intracudrete para el ruido B.

A continuación se definen los valores de la PSL de XT (pérdida de diafonía evaluada por suma de potencias) para nueve perturbadores con el 1% correspondiente al caso más desfavorable. Por esta razón los cables aislados con PE adoptan unidades de cinco cuadretes (= 10 pares) por lo que el número máximo de perturbadores de una unidad es nueve.

NPSL9 (PSP NEXT) = 49,5 dB a  $f_{\text{NEXT}} = 160 \times 10^3$  Hz

FPSL9 (PSP FEXT) = 51,5 dB a  $f_{\text{FEXT}} = 160 \times 10^3$  Hz y  $d_{\text{FEXT}} = 1 \times 10^3$  m

- 3) Sólo debe considerarse como trayecto de acoplamiento de diafonía la sección TP ( $X_1$ ) de la figura F.10. Es decir, la sección TP ( $X_2$ ) (BT) no deberá incorporarse a la densidad de potencia del perturbador FEXT simulado como parte del trayecto de acoplamiento FEXT. Para la sección FP de la figura F.10, no se considera diafonía alguna ya que el FP tiene un único par.

### F.3.2.2 Densidad espectral de potencia de los perturbadores

Las funciones de densidad espectral de potencia (PSD, *power spectral density*) unilateral expresadas en W/Hz para los perturbadores DSL RDSI-TCM y ADSL se definen en la Rec. UIT-T G.996.1. En F.3.2.2.1 se muestran los perturbadores para VDSL que cumplen los requisitos de densidad espectral de potencia de F.1. La densidad espectral de potencia del PNT se define en la Rec. UIT-T G.989.1, y se reproduce en F.3.2.2.2.

#### F.3.2.2.1 Densidad espectral de potencia del perturbador VDSL

Se definen dos tipos de PSD del perturbador VDSL. El primero corresponde a una VDSL que permite el funcionamiento en coexistencia con POTS en el mismo par de cables utilizando frecuencias superiores a 0,138 MHz ( $=f_1$ ). El segundo corresponde a una VDSL que permite el funcionamiento en coexistencia con DSL RDSI-TCM en el mismo par de cables utilizando frecuencias superiores a 0,64 MHz ( $=f_{1J}$ ). La abreviatura de ambos es VDSL-x, siendo  $x = P$  (POTS) o  $x = I$  (RDSI). La densidad espectral de potencia del perturbador VDSL-I descendente es distinta de la correspondiente al perturbador descendente VDSL-P, por lo que se abrevian por VDSL-I.DS y VDSL-P-DS. Sin embargo, la densidad espectral de potencia del perturbador ascendente VDSL-I es la misma que la del VDSL-P, de modo que ambas se abrevian por VDSL-US.

A continuación se indica la densidad espectral de potencia unilateral de los perturbadores descendentes VDSL-P y VDSL-I en W/Hz. También se indica a continuación la densidad espectral de potencia unilateral del perturbador descendente VDSL en W/Hz.

$$PSD_{VDSL-P-DS}(f) = 10^{\frac{KDS-P(f)}{10}-3} \text{ watts/Hz}$$

$$PSD_{VDSL-I-DS}(f) = 10^{\frac{KDS-I(f)}{10}-3} \text{ watts/Hz}$$

$$PSD_{VDSL-US}(f) = 10^{\frac{KUS-I(f)}{10}-3} \text{ watts/Hz}$$

siendo:

$$f_1 = 0,138 \times 10^6 \text{ Hz}$$

$$f_{1J} = 0,64 \times 10^6 \text{ Hz}$$

$$f_2 = 3,75 \times 10^6 \text{ Hz}$$

$$f_3 = 5,2 \times 10^6 \text{ Hz}$$

$$f_4 = 8,5 \times 10^6 \text{ Hz}$$

$$f_5 = 12 \times 10^6 \text{ Hz}$$

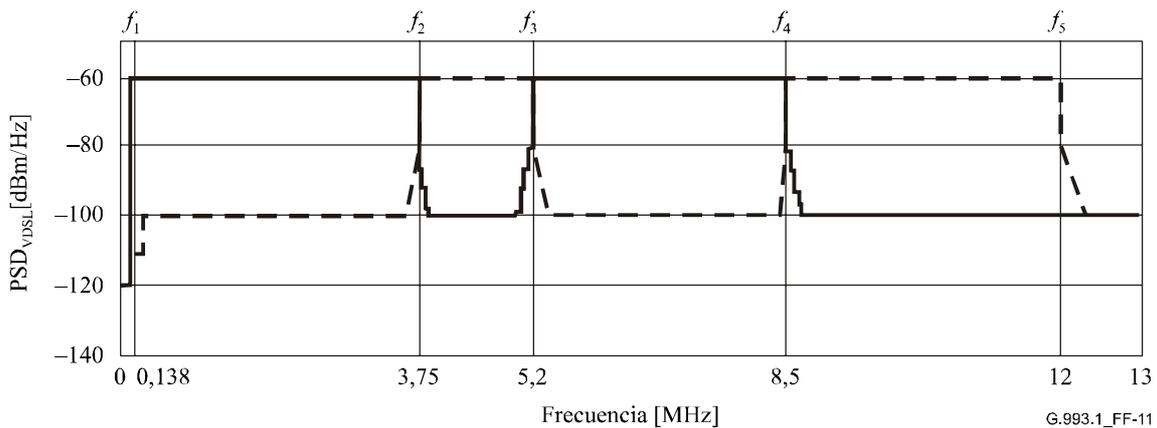
$$\Delta f_T = 0,175 \times 10^6 \text{ Hz: banda de transición a } f_{1j}, f_2, f_3, f_4, \text{ and } f_5$$

$$\Delta f_{TX} = 0,018 \times 10^6 \text{ Hz: banda de transición a } f_1$$

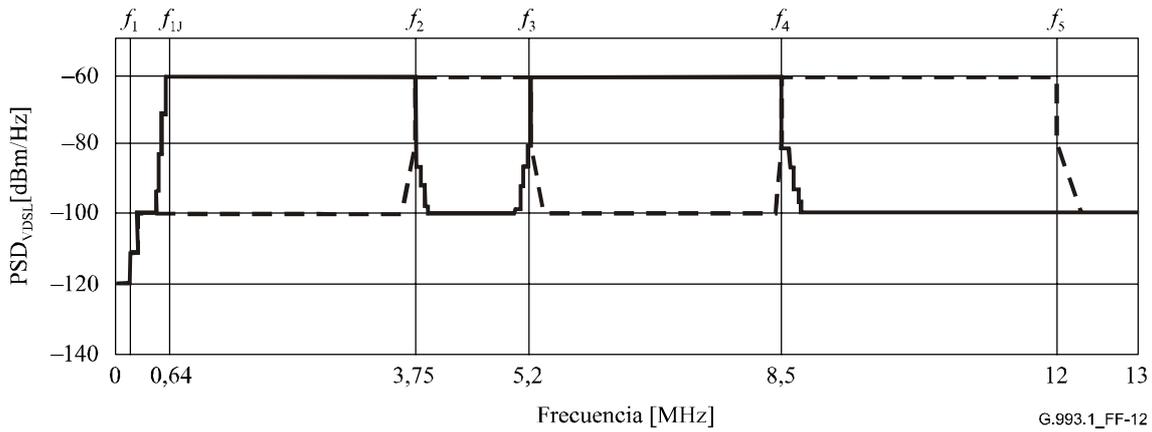
KDS-P(f)	-120	dBm/Hz	$0 \text{ Hz} < f < 0,12 \times 10^6 \text{ Hz}$
	$-60 + (50 / \Delta f_{TX}) \times (f - f_1)$	dBm/Hz	$f_1 - \Delta f_{TX} \leq f \leq f_1$
	-60	dBm/Hz	$f_1 < f < f_2$
	$-80 - (20 / \Delta f_T) \times (f - f_2)$	dBm/Hz	$f_2 \leq f \leq f_2 + \Delta f_T$
	-100	dBm/Hz	$f_2 + \Delta f_T < f < f_3 - \Delta f_T$
	$-80 + (20 / \Delta f_T) \times (f - f_3)$	dBm/Hz	$f_3 - \Delta f_T \leq f \leq f_3$
	-60	dBm/Hz	$f_3 < f < f_4$
	$-80 - (20 / \Delta f_T) \times (f - f_4)$	dBm/Hz	$f_4 \leq f \leq f_4 + \Delta f_T$
	-100	dBm/Hz	$f_4 + \Delta f_T < f < 30 \times 10^6 \text{ Hz}$
	-120	dBm/Hz	$30 \times 10^6 \text{ Hz} \leq f < \infty$
KDS-I(f)	-120	dBm/Hz	$0 \text{ Hz} < f < 0,12 \times 10^6 \text{ Hz}$
	-110	dBm/Hz	$0,12 \times 10^6 \text{ Hz} \leq f < 0,225 \times 10^6 \text{ Hz}$
	-100	dBm/Hz	$0,225 \times 10^6 \text{ Hz} \leq f < f_{1j} - \Delta f_T$
	$-60 + (40 / \Delta f_T) \times (f - f_{1J})$	dBm/Hz	$f_{1J} - \Delta f_T \leq f \leq f_{1J}$
	-60	dBm/Hz	$f_{1J} < f < f_2$
	$-80 - (20 / \Delta f_T) \times (f - f_2)$	dBm/Hz	$f_2 \leq f \leq f_2 + \Delta f_T$
	-100	dBm/Hz	$f_2 + \Delta f_T < f < f_3 - \Delta f_T$
	$-80 + (20 / \Delta f_T) \times (f - f_3)$	dBm/Hz	$f_3 - \Delta f_T \leq f \leq f_3$
	-60	dBm/Hz	$f_3 < f < f_4$
	$-80 - (20 / \Delta f_T) \times (f - f_4)$	dBm/Hz	$f_4 \leq f \leq f_4 + \Delta f_T$
-100	dBm/Hz	$f_4 + \Delta f_T < f < 30 \times 10^6 \text{ Hz}$	
-120	dBm/Hz	$30 \times 10^6 \text{ Hz} \leq f < \infty$	

KUS(f)	-120	dBm/Hz	$0 \text{ Hz} < f < 0,12 \times 10^6 \text{ Hz}$
	-110	dBm/Hz	$0,12 \times 10^6 \text{ Hz} \leq f < 0,225 \times 10^6 \text{ Hz}$
	-100	dBm/Hz	$0,225 \times 10^6 \text{ Hz} \leq f < f_2 - \Delta f_T$
	$-80 + (20 / \Delta f_T) \times (f - f_2)$	dBm/Hz	$f_2 - \Delta f_T \leq f \leq f_2$
	-60	dBm/Hz	$f_2 < f < f_3$
	$-80 - (20 / \Delta f_T) \times (f - f_3)$	dBm/Hz	$f_3 \leq f \leq f_3 + \Delta f_T$
	-100	dBm/Hz	$f_3 + \Delta f_T < f < f_4 - \Delta f_T$
	$-80 + (20 / \Delta f_T) \times (f - f_4)$	dBm/Hz	$f_4 - \Delta f_T \leq f \leq f_4$
	-60	dBm/Hz	$f_4 < f < f_5$
	$-80 - (20 / \Delta f_T) \times (f - f_5)$	dBm/Hz	$f_5 \leq f \leq f_5 + \Delta f_T$
	-100	dBm/Hz	$f_5 + \Delta f_T < f < 30 \times 10^6 \text{ Hz}$
-120	dBm/Hz	$30 \times 10^6 \text{ Hz} \leq f < \infty$	

La figura F.11 muestra las densidades espectrales de potencia del perturbador VDSL  $\text{PSD}_{\text{VDSL-P-DS}}(f)$  y  $\text{PSD}_{\text{VDSL-US}}(f)$  en dBm/Hz. La figura F.12 muestra las densidades espectrales de potencia del perturbador VDSL  $\text{PSD}_{\text{VDSL-I-DS}}(f)$  y  $\text{PSD}_{\text{VDSL-US}}(f)$  en dBm/Hz. En las figuras F.11 y F.12, la línea gruesa representa la densidad de potencia descendente  $\text{PSD}_{\text{VDSL-x-DS}}(f)$ , mientras que la línea discontinua representa la densidad espectral de potencia ascendente  $\text{PSD}_{\text{VDSL-US}}(f)$ .



**Figura F.11/G.993.1 – Densidad espectral de potencia de los perturbadores descendente y ascendente VDSL-P**



**Figura F.12/G.993.1 – Densidad espectral de potencia de los perturbadores descendente y ascendente VDSL-I**

**F.3.2.2.2 Densidad espectral de potencia del perturbador PNT**

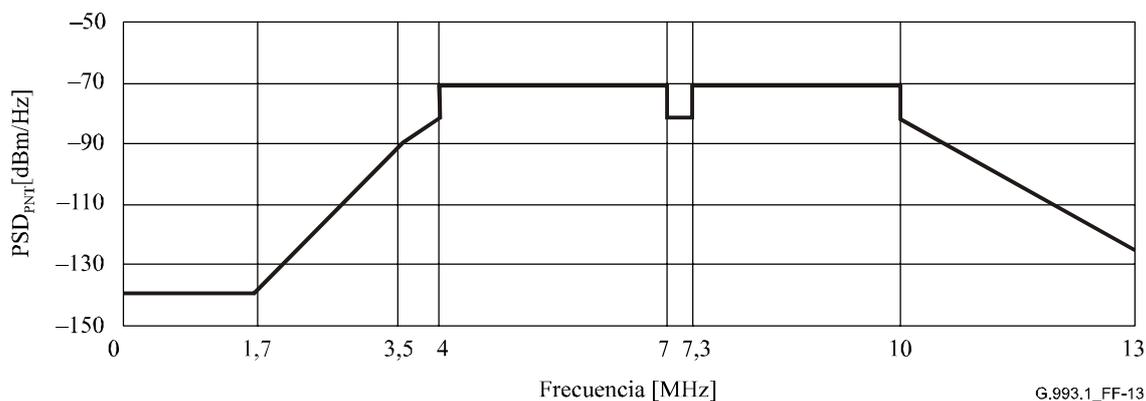
La densidad espectral de potencia unilateral de los perturbadores PNT en W/Hz, se representa por  $PSD_{PNT}(f)$ , y se expresa del siguiente modo:

$$PSD_{PNT}(f) = 10^{\frac{KPNT(f)}{10} - 3} \text{ W/Hz}$$

siendo:

$$KPNT(f) = \begin{cases} -140 & \text{dBm/Hz} & 0,015 \times 10^6 \text{ Hz} < f \leq 1,7 \times 10^6 \text{ Hz} \\ -140 + (50,0/1,8) \times (f/10^6 - 1,7) & \text{dBm/Hz} & 1,7 \times 10^6 \text{ Hz} < f \leq 3,5 \times 10^6 \text{ Hz} \\ -90 + 17,0 \times (f/10^6 - 3,5) & \text{dBm/Hz} & 3,5 \times 10^6 \text{ Hz} < f \leq 4,0 \times 10^6 \text{ Hz} \\ -71,5 & \text{dBm/Hz} & 4,0 \times 10^6 \text{ Hz} < f < 7,0 \times 10^6 \text{ Hz} \\ -81,5 & \text{dBm/Hz} & 7,0 \times 10^6 \text{ Hz} \leq f \leq 7,3 \times 10^6 \text{ Hz} \\ -71,5 & \text{dBm/Hz} & 7,3 \times 10^6 \text{ Hz} < f < 10,0 \times 10^6 \text{ Hz} \\ -81,5 - (43,5/3,0) \times (f/10^6 - 10,0) & \text{dBm/Hz} & 10,0 \times 10^6 \text{ Hz} \leq f < 13,0 \times 10^6 \text{ Hz} \\ -125 & \text{dBm/Hz} & 13,0 \times 10^6 \text{ Hz} \leq f < 25,0 \times 10^6 \text{ Hz} \\ -140 & \text{dBm/Hz} & 25,0 \times 10^6 \text{ Hz} \leq f < 30,0 \times 10^6 \text{ Hz} \end{cases}$$

La densidad espectral de potencia del perturbador PNT,  $PSD_{PNT}(f)$ , en dBm/Hz, se muestra en la figura F.13.



**Figura F.13/G.993.1 – Densidad espectral de potencia del perturbador PNT (transceptor de red telefónica, *phoneline networking transceiver*)**

### F.3.2.3 Densidad espectral de potencia de diafonía

La PSD de XT (diafonía, *crosstalk*) de cada perturbador xDSL se obtiene multiplicando la PSD del perturbador xDSL por la función de acoplamiento de potencia de XT. A continuación se especifican las funciones de acoplamiento de potencia de XT,  $XT(f)$ , para los casos de NEXT y FEXT.

$$XT_{NEXT}(f) = \left( \frac{Z_{perturbada}}{Z_{perturbadora}} \right) 10^{-\frac{NPSL9}{10}} \left( \frac{f}{f_{NEXT}} \right)^{\frac{3}{2}}$$

$$XT_{FEXT}(f) = \left( \frac{Z_{perturbada}}{Z_{perturbadora}} \right) \left| e^{-2\gamma_{TP}X_1} \right| 10^{-\frac{FPSL9}{10}} \left( \frac{f}{f_{FEXT}} \right)^2 \left( \frac{X_1}{d_{FEXT}} \right)$$

siendo:

$f$ : frecuencia en Hz

$NPSL9 = 49,5 \text{ dB}$  a  $f_{NEXT} = 160 \times 10^3 \text{ Hz}$

$FPSL9 = 51,5 \text{ dB}$  a  $f_{FEXT} = 160 \times 10^3 \text{ Hz}$

$X_1$ : trayecto de acoplamiento de diafonía en m

$d_{FEXT} = 1 \times 10^3 \text{ m}$

$\exp(\gamma_{TP}X_1)$ : función de transferencia de línea de TP con  $X_1$  m de longitud

$Z_{perturbada}$ : impedancia de terminación de la VDSL perturbada (= 100  $\Omega$ )

$Z_{perturbadora}$ : impedancia de terminación de la xDSL perturbadora

100  $\Omega$ : para VDSL, ADSL, y PNT

110  $\Omega$ : para RDSI-TCM

NOTA 1 – La función de acoplamiento de potencia de NEXT,  $XT_{NEXT}(f)$ , es función de la longitud del trayecto del acoplamiento y, para más exactitud, se indica a continuación. No obstante, este anexo no permite utilizar esta fórmula para reducir los parámetros de prueba.

$$XT_{NEXT}(f) = \left( \frac{Z_{perturbada}}{Z_{perturbadora}} \right) 10^{-\frac{NPSL9}{10}} \left( \frac{f}{f_{NEXT}} \right)^{\frac{3}{2}} \left( 1 - \left| e^{-4\gamma_{TP}X_1} \right| \right)$$

NOTA 2 – En este anexo se supone, a fin de reducir los parámetros de prueba, que el acoplamiento de FEXT es del mismo nivel, es decir que una longitud de línea de una xDSL perturbada es idéntica a la de una xDSL perturbadora.

### F.3.2.3.1 Densidad espectral de potencia de diafonía VDSL

A continuación se indican las densidades espectrales de potencia de diafonía (XTPSD) de NEXT y FEXT VDSL descendentes.

$$XTPSD_{VDSL-x-DS-NEXT}(f) = PSD_{VDSL-x-DS}(f) XT_{NEXT}(f) \text{ watts/Hz}$$

$$XTPSD_{VDSL-x-DS-FEXT}(f) = PSD_{VDSL-x-DS}(f) XT_{FEXT}(f) \text{ watts/Hz}$$

siendo  $x = P$  o  $I$ .

A continuación se indican las XTPSD unilaterales de NEXT y FEXT de VDSL ascendentes.

$$XTPSD_{VDSL-US-NEXT}(f) = PSD_{VDSL-US}(f) XT_{NEXT}(f) \text{ watts/Hz}$$

$$XTPSD_{VDSL-US-FEXT}(f) = PSD_{VDSL-US}(f) XT_{FEXT}(f) \text{ watts/Hz}$$

NOTA – La densidad espectral de potencia de la señal perturbadora ascendente VDSL ( $PSD_{VDSL-US}(f)$ ) transmitida en el puerto UR a la línea se atenúa en el puerto UI al pasar por la sección FP de longitud  $Y_1$  m. De este modo, XTPSD se expresa exactamente como se indica a continuación. No obstante este anexo no permite utilizar las ecuaciones siguiente para reducir los parámetros de prueba, ya que las XTPSD simuladas para inyectarse en los puertos UI y UO dependerían de la longitud  $Y_1$  si se utilizasen las ecuaciones siguientes.

$$XTPSD_{VDSL-US-NEXT}(f) = PSD_{VDSL-US}(f) |\exp(-4\gamma_{FP} Y_1)| XT_{NEXT}(f) \text{ watts/Hz}$$

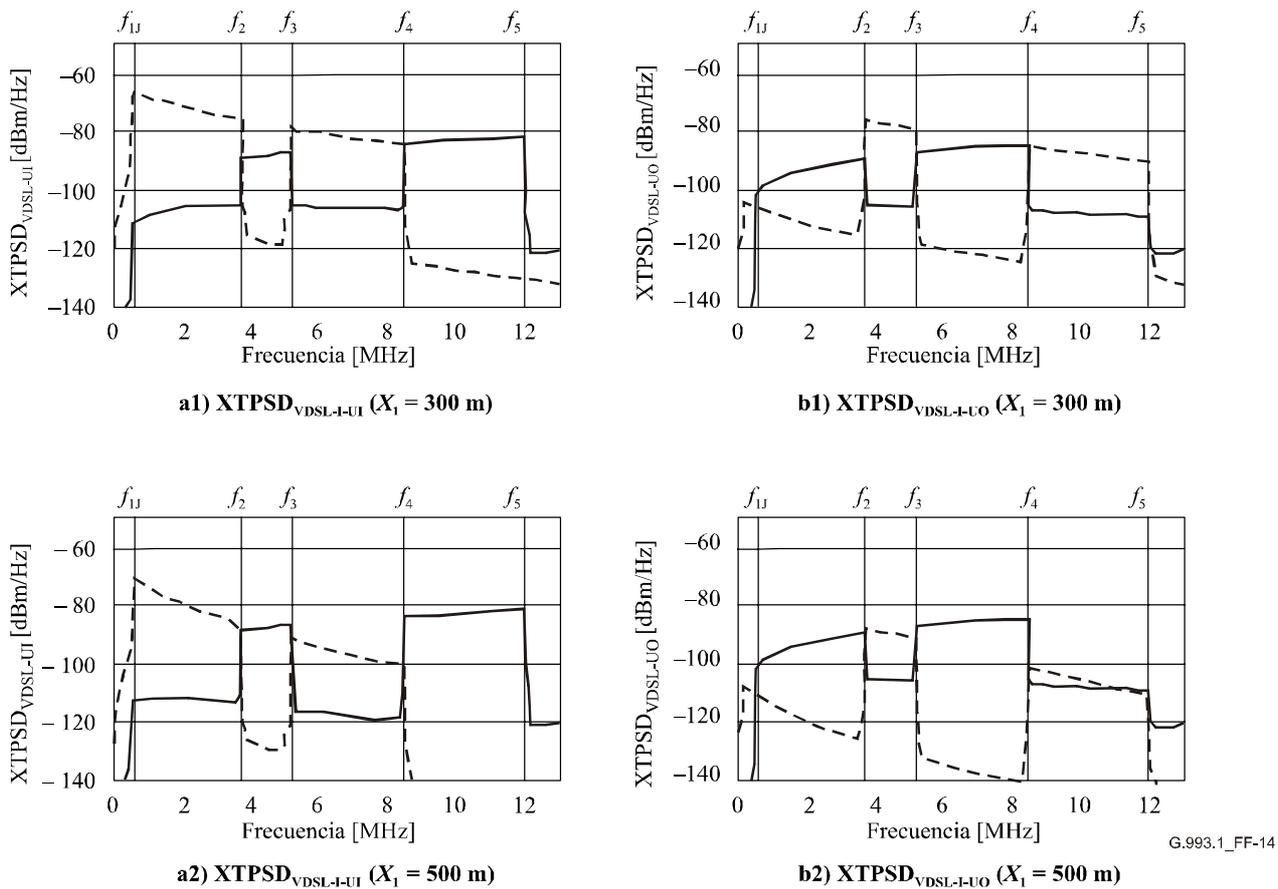
$$XTPSD_{VDSL-US-FEXT}(f) = PSD_{VDSL-US}(f) |\exp(-2\gamma_{FP} Y_1)| XT_{FEXT}(f) \text{ watts/Hz}$$

A continuación se indica la XTPSD unilateral de la propia VDSL para inyección en cada uno de los puertos UI o UO, siendo el puerto UI el del lado VTU-R y UO el del lado VTU-O, definidos en la figura F.10.

$$XTPSD_{VDSL-x-UI}(f) = XTPSD_{VDSL-US-NEXT}(f) + XTPSD_{VDSL-x-DS-FEXT}(f) \text{ watts/Hz}$$

$$XTPSD_{VDSL-x-UO}(f) = XTPSD_{VDSL-x-DS-NEXT}(f) + XTPSD_{VDSL-US-FEXT}(f) \text{ watts/Hz}$$

La figura F.14 muestra los resultados de los cálculos de XTPSD VDSL-I correspondientes a los casos de longitudes ( $X_1$ ) de TP de 300 m y 500 m, con FP de longitud 0 m, donde la línea gruesa representa  $XTPSD_{VDSL-I-UI}(f)$  y  $XTPSD_{VDSL-I-UO}(f)$  en dBm/Hz, mientras que la línea de puntos representa la densidad espectral de potencia de la señal recibida en UR (= UI en este caso) y en los puertos UO,  $PSD_{VDSL-I-DS}(f) \times |\exp(-2\gamma_{TP} X_1)|$  y  $PSD_{VDSL-US}(f) \times |\exp(-2\gamma_{TP} X_1)|$  en dBm/Hz, como referencia.



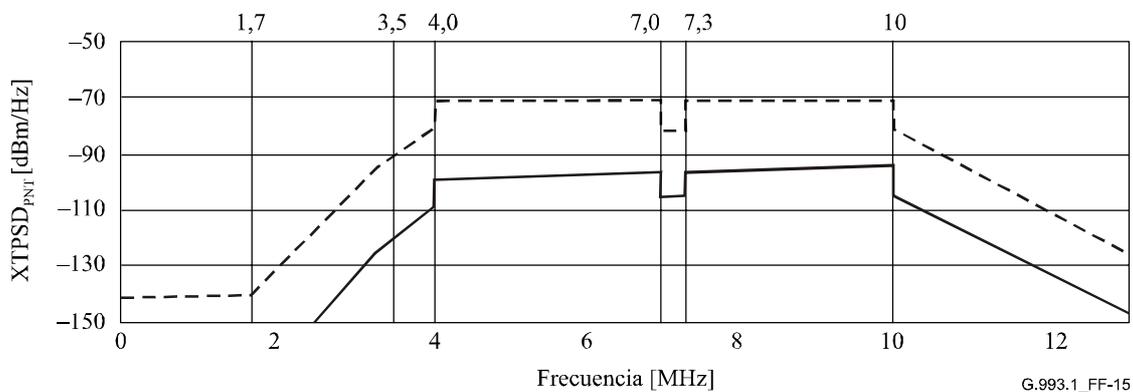
**Figura F.14/G.993.1 – Densidad espectral de potencia de NEXT y FEXT VDSL-I con nueve perturbadores para inyección en los puertos UI y UO**

### F.3.2.3.2 Densidad espectral de potencia de diafonía del PNT

A continuación se indica la densidad espectral de potencia de diafonía ( $XTPSD$ ) unilateral del PNT para inyectarse en el puerto UI y en el UO, ignorándose la atenuación de la señal perturbadora ascendente a través de la sección FP, como se ha expuesto anteriormente.

$$XTPSD_{PNT}(f) = PSD_{PNT}(f) XT_{NEXT}(f) \text{ watts/Hz}$$

La figura F.15 muestra el resultado del cálculo de  $XTPSD$  del PNT, siendo la línea gruesa  $XTPSD_{PNT}(f)$  en dBm/Hz y la línea de puntos la PSD de la señal de transmisión,  $PSD_{PNT}(f)$ , en dBm/Hz como referencia.



**Figura F.15/G.993.1 – PSD de NEXT del PNT de nueve perturbadores para inyección en los puertos UI y UO**

### F.3.2.4 Potencia de diafonía

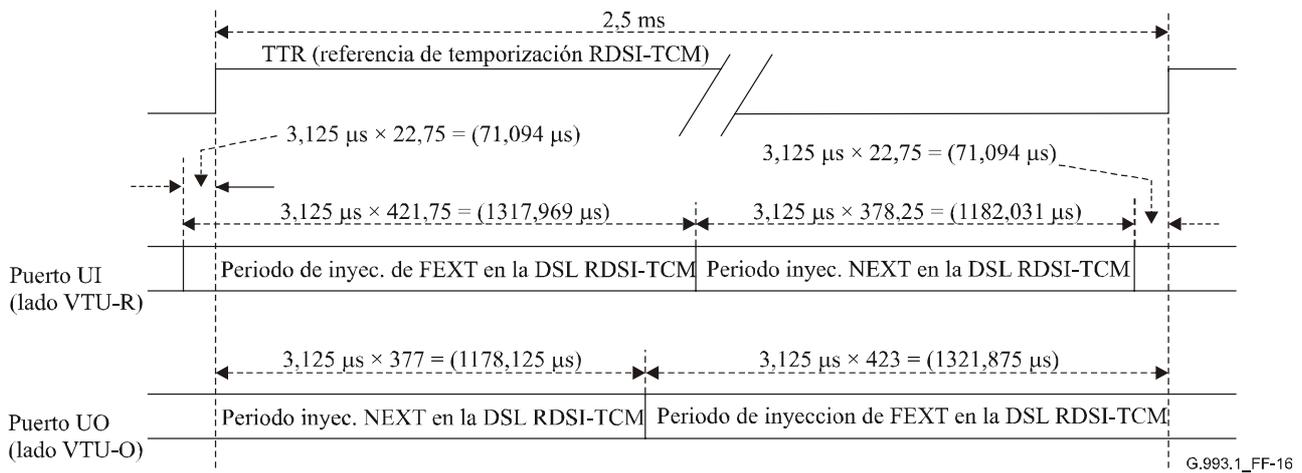
La potencia de diafonía, en vatios, de un perturbador que ha de inyectarse en el receptor xDSL perturbado, se calcula por integración de la densidad espectral de potencia de diafonía,  $XTPSD(f)$ , a lo largo de la frecuencia. De la integración numérica se obtiene la potencia en dBm sobre el intervalo de frecuencias entre 0 Hz y 30 MHz, que se presenta en el cuadro F.9 como referencia.

NOTA 1 – La potencia de diafonía del perturbador ADSL para espectro no superpuesto definido en el anexo A/G.992.1, se especifica en el cuadro F.9.

NOTA 2 – La potencia de NEXT y FEXT del perturbador DSL RDSI-TCM del cuadro F.9 se obtiene suponiendo que la señal de transmisión de la DSL RDSI-TCM es continua. La temporización de la inyección NEXT y FEXT cicloestacionaria se muestra en la figura F.16, tal como la presenta la Rec. UIT-T G.996.1.

**Cuadro F.9/G.993.1 – Potencia de diafonía en dBm a inyectar en el receptor xDSL perturbado**

Perturbador	Puerto de inyección	Potencia de diafonía [dBm]							
		Abreviatura	Elemento	$X_1$ (longitud del TP) con $Y_0 = 0$ m (longitud de FP)					
				100 m	200 m	300 m	500 m	1000 m	1500 m
VDSL-P	UI	XTPSD <sub>VDSL-P-UI</sub>	XTPSD <sub>VDSL-P-US-NEXT</sub>	-16,4	←	←	←	←	←
			XTPSD <sub>VDSL-P-DS-FEXT</sub>	-30,1	-33,7	-37,9	-45,6	-58,7	-67,7
			(power sum)	-16,3	-16,4	-16,4	-16,4	-16,4	-16,4
	UO	XTPSD <sub>VDSL-P-UO</sub>	XTPSD <sub>VDSL-P-DS-NEXT</sub>	-19,1	←	←	←	←	←
			XTPSD <sub>VDSL-P-US-FEXT</sub>	-28,4	-33,8	-40,0	-51,6	-77,9	-102,6
			(power sum)	-18,6	-18,9	-19,0	-19,1	-19,1	-19,1
VDSL-I	UI	XTPSD <sub>VDSL-I-UI</sub>	XTPSD <sub>VDSL-I-US-NEXT</sub>	-16,4	←	←	←	←	←
			XTPSD <sub>VDSL-I-DS-FEXT</sub>	-30,1	-33,7	-38,0	-45,8	-60,5	-72,4
			(power sum)	-16,3	-16,4	-16,4	-16,4	-16,4	-16,4
	UO	XTPSD <sub>VDSL-I-UO</sub>	XTPSD <sub>VDSL-I-DS-NEXT</sub>	-19,1	←	←	←	←	←
			XTPSD <sub>VDSL-I-US-FEXT</sub>	-28,4	-33,8	-40,0	-51,6	-77,9	-102,6
			(power sum)	-18,6	-18,9	-19,0	-19,1	-19,1	-19,1
ADSL	UI	XTPSD <sub>ADSL-UI</sub>	XTPSD <sub>ADSL-US-NEXT</sub>	-43,1	←	←	←	←	←
			XTPSD <sub>ADSL-DS-FEXT</sub>	-33,4	-32,6	-33,1	-35,1	-41,9	-48,9
			(power sum)	-33,0	-32,3	-32,6	-34,4	-39,5	-42,1
	UO	XTPSD <sub>ADSL-UO</sub>	XTPSD <sub>ADSL-DS-NEXT</sub>	-24,5	←	←	←	←	←
			XTPSD <sub>ADSL-US-FEXT</sub>	-57,3	-55,3	-54,6	-54,4	-56,4	-59,6
			(power sum)	-22,5	-22,5	-22,5	-22,5	-22,5	-22,5
PNT	UI y UO	XTPSD <sub>PNT</sub>	XTPSD <sub>PNT-NEXT</sub>	-28,7	←	←	←	←	←
DSL RDSI-TCM	UI y UO	XTPSD <sub>RDSI-TCM</sub>	XTPSD <sub>TCM-ISDN-NEXT</sub>	-29,6	←	←	←	←	←
			XTPSD <sub>TCM-ISDN-FEXT</sub>	-41,8	-40,4	-40,1	-40,8	-44,5	-49,0



**Figura F.16/G.993.1 – Temporización de inyección alternativa NEXT y FEXT en la DSL RDSI-TCM**

## Anexo G

### ATM-TC

#### G.1 Alcance

Este anexo especifica una subcapa de convergencia de transmisión específica del protocolo de transporte del modo de transferencia asíncrono (ATM-TC) en la VDSL, que describe la transmisión de servicio basada en el ATM a través de un enlace VDSL. Este anexo define un conjunto mínimo de requisitos para entregar un servicio ATM desde la ONU a las instalaciones de cliente distantes. Se basa en la Rec. UIT-T I.432.1. La especificación ATM-TC es aplicable tanto al lado VTU-O como al lado VTU-R.

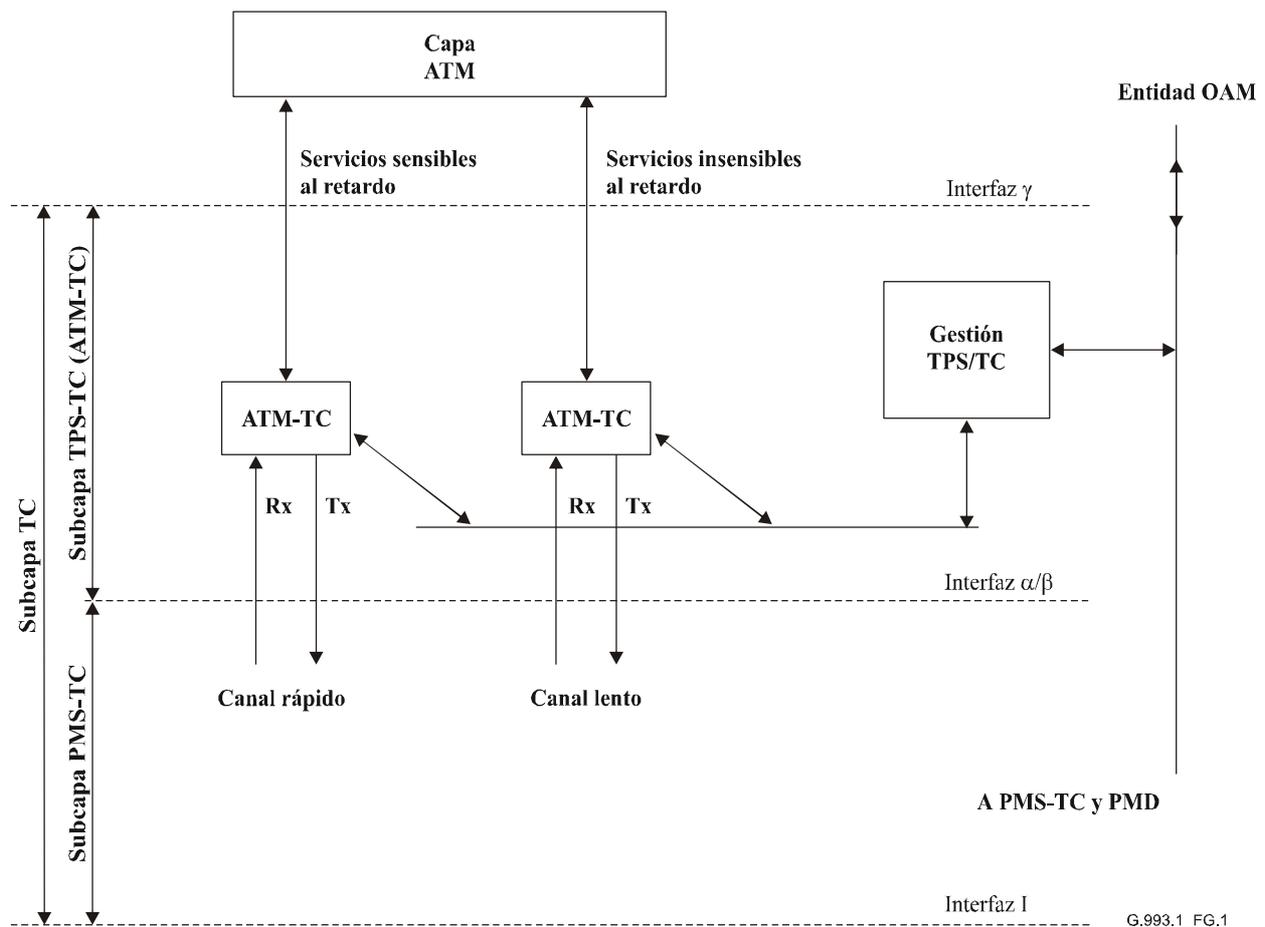
#### G.2 Modelo de referencia para el transporte ATM

En la figura G.1 se presenta la subcapa TPS-TC para el modelo de referencia de transporte ATM. El modelo define la subcapa TPS-TC ubicada entre los puntos de referencia  $\alpha/\beta$  y  $\gamma_O/\gamma_R$ .

La subcapa TPS-TC para el transporte ATM consta de dos bloques idénticos TPS-TC ATM, destinados al soporte de la transmisión ATM en los canales rápido (aplicaciones *sensibles al retardo*) y lento (aplicaciones *insensibles al retardo*). De estos dos canales ATM (rápido, lento), sólo el canal lento es obligatorio. El sistema proporciona latencia dual si están implementados ambos canales, el rápido y el lento; el sistema proporciona latencia simple si sólo está implementado el canal lento.

El bloque OAM de TPS-TC proporciona todas las funciones OAM necesarias para el soporte de bloques ATM y de bloques TPS-TC.

La interfaz de ambos bloques ATM y TPS-TC en el punto de referencia  $\gamma$  cumple los requisitos para la interconexión de capa ATM (véase G.4.1). Tanto la TPS-TC ATM rápida como la lenta tienen un formato independiente de la aplicación en la interfaz  $\alpha/\beta$  (véase G.4.4).



NOTA – En VTU-O: Tx = Sentido descendente, Rx = Sentido ascendente.  
 En VTU-R: Tx = Sentido ascendente, Rx = Sentido descendente.

**Figura G.1/G.993.1 – Modelo de referencia ATM-TC**

La referencia de temporización de red (NTR, *network timing reference*) es un marcador de temporización de red de 8 kHz, que debe ser transportado a la unidad del cliente a través de la red de acceso para algunos servicios concretos. La NTR se envía a la TC de la VTU-O a través de la interfaz  $\gamma_0$  y después se transporta a la VTU-R. La NTR es recuperada en la PMS\_TC de la VTU-R y entregada a la unidad del cliente a través de la interfaz  $\gamma_R$ . Aún no ha sido determinado el método de transporte de la NTR.

### G.3 Transporte de datos ATM

Para transportar los datos ATM, tanto el canal en sentido ascendente como el canal en sentido descendente se deben fijar, independientemente uno del otro, a cualesquiera de las velocidades binarias elegibles hasta la máxima capacidad global del canal, determinada por la velocidad de datos de la red física (subcapa PMS-TC). Esta última se fija durante la configuración del sistema.

La canalización de diferentes cabidas útiles de usuario bien en el canal rápido o bien en el canal lento se inserta en el tren de datos ATM mediante diferentes trayectos virtuales y/o canales virtuales. Para satisfacer los requisitos básicos del transporte de datos ATM, un sistema G.993.1 soportará el transporte de datos ATM al menos en un modo de latencia simple (un canal en sentido descendente y un canal en sentido ascendente).

La necesidad de un canal de latencia simple o dual para el transporte ATM depende del tipo de servicio (aplicación). Se puede utilizar una de las tres "clases de latencia" posibles:

- Clase de latencia 1: latencia simple tanto en el sentido ascendente como en el sentido descendente (no necesariamente la misma para cada sentido de transmisión) – *obligatoria*.
- Clase de latencia 2: latencia dual en el sentido descendente, latencia simple en el sentido ascendente – *facultativa*.
- Clase de latencia 3: latencia dual tanto en el sentido descendente como en el sentido ascendente – *facultativa*.

NOTA – Para aplicaciones de latencia simple, el canal lento se puede utilizar para implementar el canal rápido, lo que también puede efectuarse cambiando su profundidad de entrelazado. En particular, el entrelazador se puede desactivar en el canal lento fijando la profundidad de entrelazado a 0.

## G.4 TC específica del protocolo de transporte ATM (ATM\_TC)

### G.4.1 Descripción de la interfaz de aplicación (punto de referencia $\gamma$ )

El punto de referencia  $\gamma$  define las interfaces  $\gamma_O$  y  $\gamma_R$  en los sitios VTU-O y VTU-R respectivamente, como se muestra en la figura G.1. Ambas interfaces  $\gamma$  son hipotéticas e idénticas. Las interfaces se definen por los siguientes flujos de señales entre la capa ATM y la subcapa ATM-TC:

- flujo de datos;
- flujo de sincronización;
- flujo de control;
- flujo OAM.

NOTA 1 – Si se aplica la latencia dual, la interfaz  $\gamma$  comprende dos flujos de datos idénticos, el flujo de sincronización y el flujo de control cada uno de ellos fluye entre las capas ATM TPS-TC y ATM correspondientes.

NOTA 2 – En el caso de una implementación con latencia dual, la demultiplexación de célula ATM hacia (respectivamente la multiplexación de célula ATM desde) la TC ATM-TPS apropiada (es decir, canal rápido y canal lento) podría efectuarse en la capa ATM, basándose en el identificador de trayecto virtual (VPI, *virtual path identifier*) y en el identificador de conexión virtual (VCI, *virtual connection identifier*), ambos contenidos en el encabezamiento de célula ATM.

#### G.4.1.1 Flujo de datos

El flujo de datos consta de dos trenes de células ATM de 53 octetos cada uno (Tx\_ATM, Rx\_ATM) con velocidades independientes que fluyen en sentidos opuestos. Los valores de las velocidades son arbitrarios y respetan un límite superior predefinido de capacidad global de canal determinado por la velocidad de datos en la correspondiente interfaz  $\alpha$  (o  $\beta$ ). En el cuadro G.1 se presenta la descripción de las señales del flujo de datos.

**Cuadro G.1/G.993.1 – ATM-TC: Recapitulación de las señales de los flujos de datos, sincronización y control en la interfaz  $\gamma$**

Flujo	Señal	Descripción	Sentido	Notas
<i>Señales en transmisión (emisión)</i>				
Datos	<i>Tx_ATM</i>	Célula en transmisión	ATM → ATM-TC	
Sync	<i>Tx_Clk</i>	Temporización en transmisión	ATM → ATM-TC	
Sync	<i>TxSOC</i>	Inicio de la célula en transmisión	ATM → ATM-TC	
Sync	<i>TxClAv</i>	TPS-TC está lista para obtener una célula	ATM ← ATM-TC	

**Cuadro G.1/G.993.1 – ATM-TC: Recapitulación de las señales de los flujos de datos, sincronización y control en la interfaz  $\gamma$**

Flujo	Señal	Descripción	Sentido	Notas
Control	<i>Enbl_Tx</i>	TPS-TC interroga respecto a una célula entrante	ATM → ATM-TC	
NTR	<i>TxRef</i>	NTR 8 kHz	VTU-O → ATM-TC	Sólo VI_O
<b>Señales en recepción</b>				
Datos	<i>Rx_ATM</i>	Célula en recepción	ATM ← ATM-TC	
Sync	<i>Rx_Clk</i>	Temporización en recepción	ATM → ATM-TC	
Sync	<i>RxSOC</i>	Comienzo de la célula en recepción	ATM ← ATM-TC	
Sync	<i>RxCIAv</i>	TPS-TC está lista para transmitir una célula	ATM ← ATM-TC	
Control	<i>Enb_Rx</i>	TPS-TC interroga respecto a una célula saliente	ATM → ATM-TC	
NTR	<i>RxRef</i>	NTR 8 kHz	VTU-R ← ATM-TC	Sólo VI.R

El formato de célula ATM es idéntico en ambos sentidos de transmisión: 52 de los 53 octetos transportan datos de capa ATM (datos de usuario). El octeto número 5 no está definido (destinado a la inserción del HEC en la subcapa TC).

NOTA 1 – Si los trenes de datos son *en serie* por haber sido así implementados, se envía primero el MSB de cada octeto.

NOTA 2 – Las señales de flujo de datos pueden acomodarse a la implementación de la interfaz UTOPIA [ATMF UTOPIA].

#### **G.4.1.2 Flujo de sincronización**

Este flujo proporciona sincronización entre la capa ATM y la subcapa ATM-TC e incluye tanto señales de sincronización de datos ATM como la señal de referencia de temporización de red.

El flujo de sincronización comprende las señales siguientes, presentadas en el cuadro G.1:

- señales de temporización en transmisión y en recepción (*Tx\_Clk*, *Rx\_Clk*); ambas aseveradas por la capa ATM;
- marcador comienzo de célula (*TxSOC*, *RxSOC*): señal bidireccional, destinada a identificar el comienzo de la célula de transporte en el correspondiente sentido de transmisión;
- bandera de célula disponible en transmisión (*TxCIAv*, *transmit cell available flag*), aseverada por la TPS-TC ATM: indica que la TPS-TC ATM está lista para obtener una célula transmitida desde la capa ATM;
- bandera de célula disponible en recepción (*RxCIAv*, *receive cell available flag*), aseverada por la TPS-TC ATM: indica que TPS-TC contiene una célula válida y está lista para transmitirla hacia la capa ATM.
- referencia de temporización en transmisión (*TxRef*, *transmit timing reference*), aplicada solamente a la VTU-O: procedente de la NTR de 8 kHz de la red;
- referencia de temporización en recepción (*RxRef*, *receive timing reference*): una NTR de 8 kHz, recuperada de la señal VDSL recibida en la VTU-R.

NOTA 1 – Las velocidades *Tx\_Clk* y el *Rx\_Clk* se hacen corresponder con las velocidades de datos *Tx\_ATM* y *Rx\_ATM* respectivamente.

NOTA 2 – Las señales de referencia de temporización de red se transmiten en sentidos opuestos en la VTU-O y en la VTU-R.

NOTA 3 – Las señales del flujo de sincronización pueden acomodarse a la implementación de la interfaz UTOPIA [apéndice I].

### **G.4.1.3 Flujo de control**

Se utilizan dos señales de control para proporcionar conexión TPS-TC ATM múltiple. Ambas son aseveradas por la capa ATM:

- señal de habilitación en transmisión (Enbl\_Tx, *transmit enable signal*): indica a la TPS-TC ATM que la próxima célula Tx\_ATM que habrá de transmitirse es válida;
- señal de habilitación en recepción (Enbl\_Rx, *receive enable signal*): permite a la TPS-TC ATM transmitir una célula Rx\_ATM hacia la capa ATM.

NOTA – Las señales de flujo de control pueden acomodarse a la implementación de la interfaz UTOPIA [apéndice I].

### **G.4.1.4 Flujo OAM**

El flujo OAM a través de la interfaz  $\gamma$  intercambia información OAM entre la entidad OAM y sus correspondientes funciones de gestión TPS-TC relacionadas con ATM. El flujo OAM es bidireccional.

## **G.4.2 Funcionalidad TPS-TC ATM**

La siguiente funcionalidad TPS-TC ATM se debe aplicar a ambos sentidos de transmisión, hacia el sentido descendente y hacia el sentido ascendente.

### **G.4.3 Desacoplamiento de velocidad de célula**

El desacoplamiento de velocidad de células se debe implementar mediante la inserción de células reposo en el sentido de emisión y la supresión de células reposo en el sentido de recepción (en la TPS-TC ATM distante), como se especifica en la Rec. UIT-T I.432.1. Las células se identifican mediante un encabezamiento de célula normalizado, especificado también en la Rec. UIT-T I.432.1.

#### **G.4.3.1 Generación/verificación de HEC**

El octeto HEC se generará como se describe en la Rec. UIT-T I.432.1, incluida la adición módulo 2 (XOR) recomendada del patrón  $01010101_2$  a los bits HEC. El conjunto de coeficientes del polinomio generador utilizado y el procedimiento de generación de la secuencia HEC serán conformes con la Rec. UIT-T I.432.1.

La secuencia HEC podrá detectar múltiples errores de bit, como se define en la Rec. UIT-T I.432.1. La corrección de error de un sólo bit del encabezamiento de célula no se realizará.

#### **G.4.3.2 Aleatorización y desaleatorización de cabida útil de célula**

La aleatorización de la cabida útil de célula ATM en transmisión permite evitar patrones de bit continuos, no variables, en el tren de células ATM y, por tanto, mejora la eficacia del algoritmo de delineación de célula.

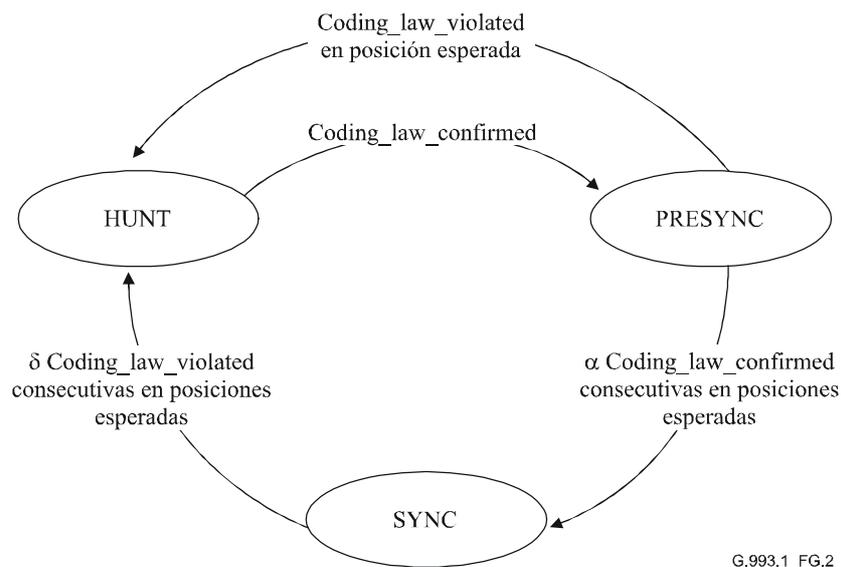
El aleatorizador de célula ATM utiliza un polinomio aleatorizador autosincronizante  $x^{43} + 1$ , y se implementarán procedimientos de aleatorización como los definidos en la Rec. UIT-T I.432.1 para transmisión basada en STM. El correspondiente proceso de desaleatorización debe implementarse en la TPS-TC ATM distante.

### G.4.3.3 Delineación de célula

La función de delineación de célula permite la identificación de las demarcaciones de célula en la cabida útil. Se basa en una ley de codificación que utiliza el campo control de error de encabezamiento (HEC, *header error control*) en el encabezamiento de célula.

El algoritmo de delimitación de célula debe ser el descrito en la Rec. UIT-T I.432.1. Incluye los siguientes estados y transiciones de estado, presentados en la figura G.2:

- Transición de estado "Sync" a "Hunt" cuando una ley de codificación HEC se viola  $\alpha = 5$  veces consecutivas.
- Transición de estado "Presync" a "Sync" cuando una ley de codificación HEC es confirmada  $\delta = 7$  veces consecutivas.



G.993.1\_FG.2

Figura G.2/G.993.1 – Máquina de estados de delimitación de célula ATM

### G.4.4 Interfaz $\alpha(\beta)$

Los puntos de referencia  $\alpha$  y  $\beta$  definen interfaces entre la ATM-TC y PMS-TC en la VTU-O y VTU-R respectivamente. Ambas interfaces son funcionales, independientes de la aplicación y deben ser conformes con la definición genérica para todas las TPS-TC que se especifican en 7.

## Anexo H

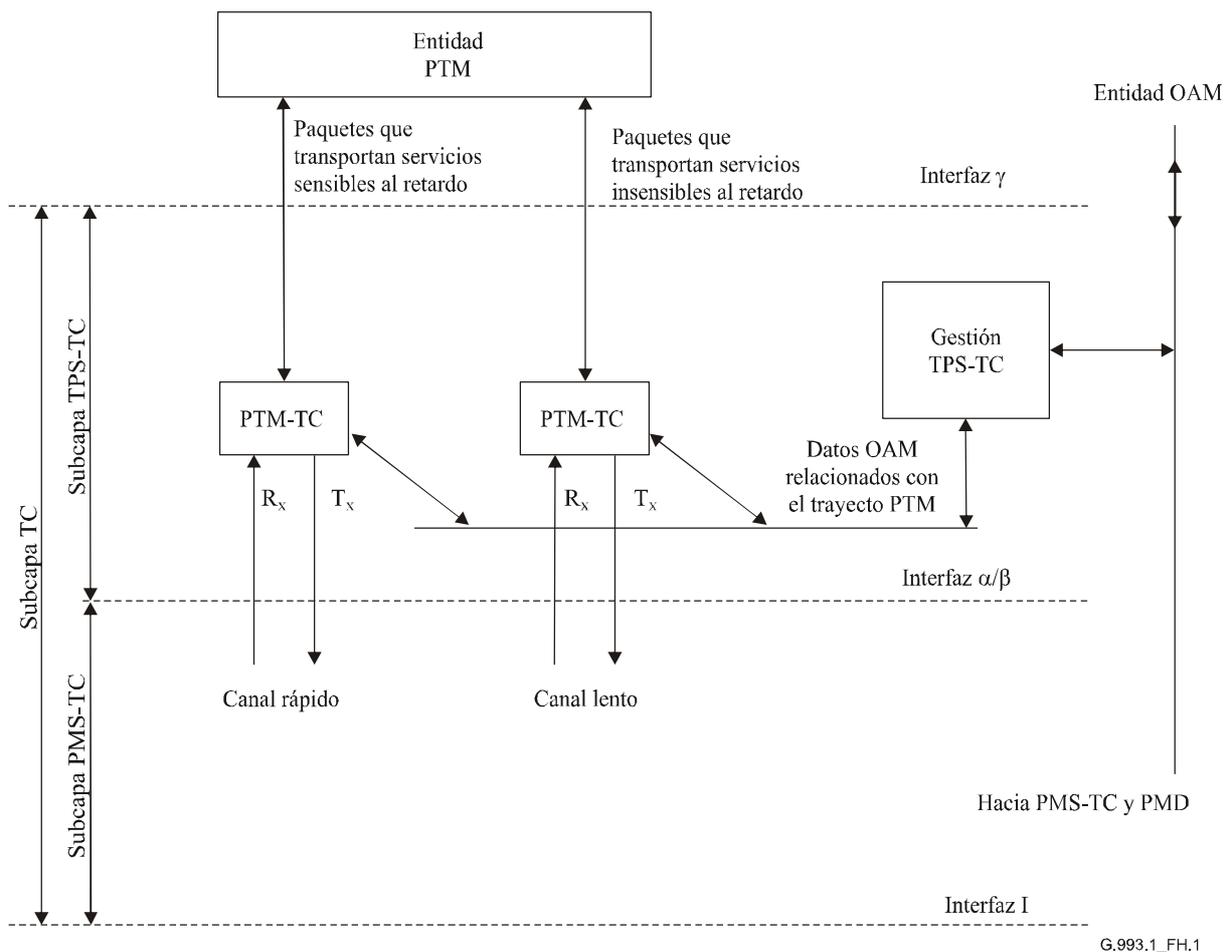
### PTM-TC

#### H.1 Transporte de datos paquetizados

##### H.1.1 Modelo funcional

En la figura H.1 se presenta el modelo funcional de transporte de datos paquetizados. En el sentido de emisión, la entidad PTM obtiene paquetes de datos que han de transportarse a través de la VDSL desde la interfaz de aplicación. La entidad PTM procesa cada paquete y lo aplica (según los requisitos de latencia) a la interfaz  $\gamma$  del trayecto VDSL rápido o lento destinado al transporte de datos paquetizados. La TPS-TC (PTM-TC) correspondiente recibe el paquete de la interfaz  $\gamma$ , lo

encapsula en una trama especial (trama PTM-TC) y lo hace corresponder a la trama PMS-TC (trama de transmisión) para su transmisión a través del enlace VDSL.



G.993.1\_FH.1

**Figura H.1/G.993.1 – Modelo funcional de transporte PTM**

En el sentido de recepción, la trama PTM-TC extraída de la trama PMS-TC recibida es dirigida a la PTM-TC. La PTM-TC recupera el paquete transportado y lo entrega a la entidad PTM a través de la interfaz  $\gamma$ .

Los datos OAM relacionados con el trayecto PTM, incluida la información sobre paquetes con errores, serán presentados a la entidad de gestión TPS-TC que proporciona todas las funciones OAM necesarias para el soporte de ambas PTM-TC.

Las interfaces  $\gamma$  de ambas PTM-TC son idénticas y se describen en H.3.1. Las interfaces  $\alpha/\beta$  son independientes de la aplicación y por tanto tienen el mismo formato que otras TPS-TC (véase H.3.1.5).

## H.2 Transporte de datos PTM

La velocidad binaria del transporte de datos PTM en los sentidos ascendente y descendente se puede fijar independientemente una de la otra a cualquier valor elegible que sea menor que la velocidad binaria máxima asignada en el sentido correspondiente. Tanto la velocidad binaria máxima en sentido ascendente como en sentido descendente para el transporte PTM son fijadas durante la configuración del sistema.

El transporte PTM podría ser dispuesto utilizando ya sea el canal lento o el canal rápido, o ambos. La PTM-TC que soporta uno u otro de los dos canales tiene las mismas características. La

configuración obligatoria para el transporte de paquetes incluirá una PTM-TC (canal rápido o lento). La segunda PTM-TC es facultativa.

Si PTM es el único transporte establecido a través del enlace VDSL, la utilización del canal lento es la configuración obligatoria para latencia simple de acuerdo con la arquitectura de subcapa TPS-TC genérica. La latencia requerida se debe obtener ajustando la profundidad de entrelazado.

La PTM-TC proporcionará transferencia de datos transparente y completa entre las interfaces  $\gamma_0$  y  $\gamma_R$  (salvo los errores no corregibles en la subcapa PMD debidos al ruido en el bucle). La PTM-TC asegurará la integridad de los paquetes en el canal rápido o en el canal lento.

### H.3 Descripción de interfaz

#### H.3.1 Interfaz $\gamma$

Los puntos de referencia  $\gamma_0$  y  $\gamma_R$  definen interfaces entre la entidad PTM y la PTM-TC en la VTU-O y la VTU-R respectivamente, como se muestra en la figura H.1. Ambas interfaces son idénticas, funcionales, e independientes del contenido de los paquetes transportados. Las interfaces se definen por los siguientes flujos de señales entre la entidad PTM y la subcapa PTM-TC:

- flujo de datos;
- flujo de sincronización;
- flujo de control;
- flujo OAM.

##### H.3.1.1 Flujo de datos

El flujo de datos constará de dos trenes de paquetes contradireccionales, basados en octetos: paquetes en transmisión ( $Tx\_PTM$ ) y paquetes en recepción ( $Rx\_PTM$ ). Los paquetes transportados en cualquier sentido a través de la interfaz  $\gamma$  pueden ser de longitud variable. Los bits en un octeto se señalan por  $a_1$  hasta  $a_8$ , siendo  $a_1$  el LSB y  $a_8$  el MSB. Si cualquiera de los trenes de datos se transmite en serie, el primer octeto del paquete se transmitirá primero y el bit  $a_1$  de cada octeto se transmitirá primero, como se muestra en la figura H.3. En el cuadro H.1 se presenta la descripción de las señales de flujo de datos.

**Cuadro H.1/G.993.1 – PTM-TC: Recapitulación de señales de flujos de datos, sincronización y control en la interfaz  $\gamma$**

Flujo	Señal	Descripción	Sentido
<i>Señales en transmisión</i>			
Datos	$Tx\_PTM$	Datos en transmisión	PTM → PTM-TC
Control	$Tx\_Enbl$	Aseverada por la PTM-TC; indica que la PTM puede empujar datos hacia la PTM-TC	PTM ← PTM-TC
Control	$Tx\_Err$	Paquete en transmisión con error (petición de aborto)	PTM → PTM-TC
Sync	$Tx\_Avbl$	Aseverada por la entidad PTM si existen datos disponibles para transmisión	PTM → PTM-TC
Sync	$Tx\_Clk$	Señal de reloj aseverada por la entidad PTM	PTM → PTM-TC
Sync	$Tx\_SoP$	Comienzo del paquete en transmisión	PTM → PTM-TC
Sync	$Tx\_EoP$	Fin del paquete en transmisión	PTM → PTM-TC

**Cuadro H.1/G.993.1 – PTM-TC: Recapitulación de señales de flujos de datos, sincronización y control en la interfaz y**

<b>Flujo</b>	<b>Señal</b>	<b>Descripción</b>	<b>Sentido</b>
<i>Señales en recepción</i>			
Datos	<i>Rx_PTМ</i>	Datos en recepción	PTM ← PTM-TC
Control	<i>Rx_Enbl</i>	Aseverada por la PTM-TC; indica que la PTM puede halar datos de la PTM-TC	PTM ← PTM-TC
Control	<i>RX_Err</i>	Señales de error recibidas que incluyen error FCS, trama no válida y OK	PTM ← PTM-TC
Sync	<i>Rx_Clk</i>	Señal de reloj aseverada por la entidad PTM	PTM → PTM-TC
Sync	<i>Rx_SoP</i>	Comienzo del paquete en recepción	PTM ← PTM-TC
Sync	<i>Rx_EoP</i>	Fin del paquete recibido	PTM ← PTM-TC

### **H.3.1.2 Flujo de sincronización**

Este flujo proporciona sincronización entre la entidad PTM y la subcapa PTM-TC e incluye la temporización necesaria para proporcionar la integridad de los paquetes durante el transporte. El flujo de sincronización consistirá en las siguientes señales presentadas en el cuadro H.1:

- Señales de temporización en transmisión y en recepción (*Tx\_Clk*, *Rx\_Clk*), ambas aseveradas por la entidad PTM.
- Señales de comienzo de paquete (*Tx\_SoP*, *Rx\_SoP*): aseveradas por la entidad PTM y por la PTM-TC respectivamente y destinadas a identificar el comienzo del paquete transportado en el sentido de transmisión correspondiente.
- Señales de fin de paquete (*Tx\_EoP*, *Rx\_EoP*): aseveradas por la entidad PTM y por la PTM-TC respectivamente y destinadas a identificar el fin del paquete transportado en el sentido de transmisión correspondiente.
- Señales de paquete en transmisión (*Tx\_Avbl*): aseveradas por la entidad PTM para indicar que los datos para transmisión en el sentido correspondiente están listos.

### **H.3.1.3 Flujo de control**

Se utilizan señales de control para mejorar la robustez del transporte de datos entre la entidad PTM y la PTM-TC y se presentan en el cuadro H.1. Estas señales son:

- Señales de habilitación (*Tx\_Enbl*, *Rx\_Enbl*): aseveradas por la PTM-TC, indican que los datos pueden ser, respectivamente, enviados de la entidad PTM a la PTM-TC o halados desde la PTM-TC a la entidad PTM.
- Mensaje de error en transmisión (*Tx\_Err*): aseverado por la entidad PTM, indica que el paquete, o parte del mismo, ya transportado de la entidad PTM a la PTM-TC está afectado por error o no es deseable para transmisión (aborto de paquete transmitido).
- Mensaje de error en recepción (*Rx\_Err*): será aseverado por la PTM-TC para indicar que un paquete con error es transportado de la PTM-TC a la entidad PTM.

El manejo de los errores de paquete se describe en H.4.2.

### **H.3.1.4 Flujo OAM**

El flujo OAM a través de la interfaz  $\gamma$  intercambia información OAM entre la entidad OAM y sus funciones de gestión TPS-TC relacionadas con PTM. El flujo OAM es bidireccional.

### H.3.1.5 Interfaz $\alpha(\beta)$

Los puntos de referencia  $\alpha$  y  $\beta$  definen interfaces entre la PTM-TC y la PMS-TC en la VTU-O y en la VTU-R respectivamente. Ambas interfaces son funcionales, independientes de la aplicación, y deben ajustarse a la definición genérica para todas las TPS-TC, tal como se especifica en 7.

## H.4 Funcionalidad TPS-TC PTM

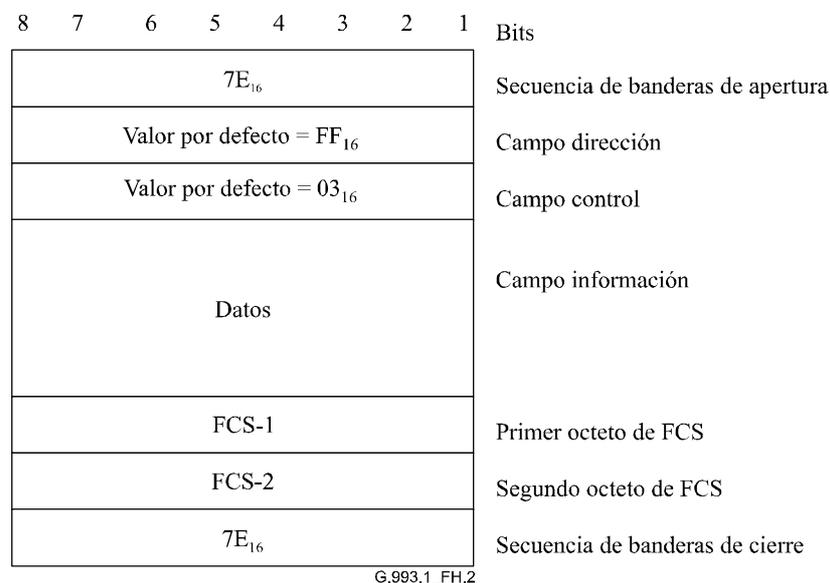
La siguiente funcionalidad TPS-TC PTM se debe aplicar tanto al sentido de transmisión descendente como ascendente.

### H.4.1 Encapsulación de paquete

Para la encapsulación de paquete se utilizará un mecanismo de tipo HDLC con características detalladas, tal como se especifica en las subcláusulas siguientes.

#### H.4.1.1 Estructura de trama

El formato de trama PTM-TC será el indicado en la figura H.2. Las secuencias de banderas de apertura y de cierre serán fijadas a  $7E_{16}$ . Indican el inicio y fin de la trama. Se requiere una sola secuencia de banderas entre dos tramas consecutivas.



**Figura H.2/G.993.1 – Formato de trama PTM-TC**

Los octetos dirección y control están previstos para información auxiliar. Se fijarán a sus valores por defecto de  $FF_{16}$  y  $03_{16}$  hexadecimales, respectivamente, si no se utilizan.

NOTA 1 – Los campos dirección y control pueden ser utilizados para diferentes funciones OAM auxiliares.

El campo información se llenará con el paquete de datos transportado. Antes de la encapsulación se numerarán secuencialmente los octetos del paquete de datos. Los octetos se transmitirán en orden numérico ascendente.

Los octetos secuencia de comprobación de trama (FCS, *frame check sequence*) se utilizan para la supervisión de error a nivel de paquete, y serán fijados como se describe en H.4.3.

Tras la encapsulación, los bits de un octeto se designan de  $b_1$  a  $b_8$ , como se define en la figura H.3. Si la interfaz  $\alpha(\beta)$  es en serie por haber sido así implementada, se transmitirá primero el bit  $b_8$  de cada octeto.

NOTA 2 – De acuerdo con el convenio existente de designación de los bits para la interfaz  $\alpha(\beta)$ , se transmite primero el bit  $b_8$  (MSB). La funcionalidad PTM-TC define una correspondencia entre  $a_1$  y  $b_8$ ,  $a_2$  y  $b_7$ , etc., a efectos de conformidad con el convenio HDLC de transmitir primero el bit  $a_1$ .

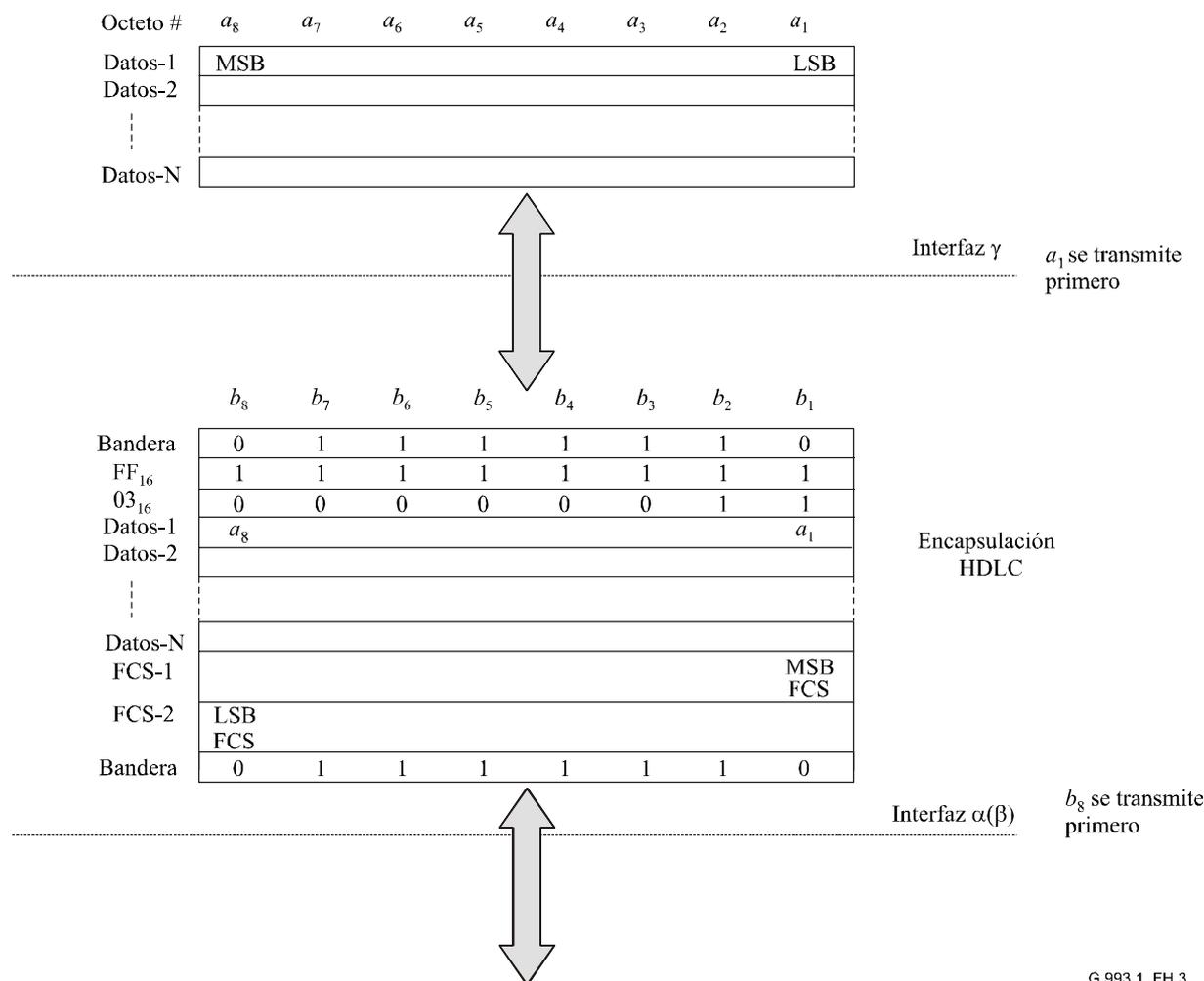


Figura H.3/G.993.1 – Flujo de datos en PTM-TC

#### H.4.1.2 Transparencia de los octetos

Con el fin de evitar fallos debidos a una falsa sincronización de trama, todo objeto dentro de la trama PTM-TC que sea igual a  $7E_{16}$  hexadecimal (la secuencia de banderas) o a  $7D_{16}$  hexadecimal (el escape a control) será objeto de una operación de escape como se describe a continuación.

Una vez calculada la secuencia de comprobación de trama (FCS), el transmisor examina la trama entera entre las secuencias de banderas de apertura y de cierre. Todo octeto de datos que sea igual a la secuencia de banderas o al escape de control será reemplazado por una secuencia de dos octetos constituida por el octeto de escape de control seguido por el octeto original, al que se aplicará el operador lógico O exclusivo con el hexadecimal  $20_{16}$ . En resumen, se harán las siguientes sustituciones:

- todo octeto de datos de  $7E_{16}$  – se codifica como dos octetos  $7D_{16}$ ,  $5E_{16}$ ;
- todo octeto de datos de  $7D_{16}$  – se codifica como dos octetos  $7D_{16}$ ,  $5D_{16}$ .

En recepción, y antes del cálculo de la FCS, cada octeto de escape de control será suprimido, y al octeto siguiente se aplicará el operador lógico O exclusivo con el hexadecimal  $20_{16}$  (a menos que el

octeto siguiente sea  $7E_{16}$ , que es la bandera, e indica el fin de trama, y por tanto que se ha producido un aborto). En resumen, se hacen las siguientes sustituciones:

- toda secuencia de  $7D_{16}$ ,  $5E_{16}$  – se reemplaza por el octeto de datos  $7E_{16}$ ;
- toda secuencia de  $7D_{16}$ ,  $5D_{16}$  – se reemplaza por el octeto de datos  $7D_{16}$ ;
- una secuencia de  $7D_{16}$ ,  $7E_{16}$  aborta la trama.

NOTA – Dado que se utiliza el relleno de octetos, se garantiza que la trama PTM-TC tiene un número entero de octetos.

#### H.4.1.3 Secuencia de comprobación de trama

La secuencia de comprobación de trama (FCS) será calculada sobre todos los bits de los campos dirección, control e información de la trama PTM-TC, tal como se define en ISO/CEI 3309, es decir, será el complemento de uno de la suma (módulo 2):

- del residuo de  $x^k(x^{15} + x^{14} + x^{13} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^9 + x^8 + x^7 + x^6 + x^5 + x^4 + x^3 + x^2 + x + 1)$  dividido (módulo 2) por el polinomio generador  $x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$ , donde  $k$  es el número de bits en la trama existente entre, pero sin incluir, el último bit de la bandera de apertura y el primer bit de la FCS, excluidos los octetos insertados para transparencia (H.4.1.2); y
- el residuo de la división (módulo 2) por el polinomio generador  $x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$ , del producto de  $x^{16}$  por el contenido de la trama existente entre, pero sin incluir, el último bit de la bandera de apertura y el primer bit de la FCS, excluidos los octetos insertados para transparencia.

La FCS tiene una longitud de 16 bits (2 octetos) y ocupa los campos FCS-1 y FCS-2 de la trama PTM-TC. La FCS se hará corresponder a la trama de tal manera que el bit  $a_1$  ( $b_8$ ) de FCS-1 será el MSB de la FCS calculada, y el bit  $a_8$  ( $b_1$ ) de FCS-2 será el LSB de la FCS calculada (figura H.3).

El registro utilizado para calcular la FCS en el transmisor será inicializado al valor  $FFFF_{16}$ .

NOTA – Como una implementación típica en el transmisor, el contenido inicial del registro del dispositivo que calcula el residuo de la división se fija previamente a todos UNO binarios y se modifica después mediante la división por el polinomio generador, como se ha descrito antes, en el campo de información. El complemento de uno del residuo resultante se transmite como la FCS de 16 bits. Como una implementación típica en el receptor, el contenido inicial del registro del dispositivo que calcula el residuo de la división se fija previamente a todos UNO binarios. El residuo final, después de multiplicado  $x^{16}$  y seguidamente dividido (módulo 2) por el polinomio generador  $x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$  de los bits protegidos entrantes en serie después de suprimidos los octetos de transparencia y la FCS, será  $0001110100001111_2$  ( $x^{15}$  a  $x^0$ , respectivamente) en ausencia de errores de transmisión.

#### H.4.2 Supervisión de errores de paquete

La supervisión de errores de paquete incluye la detección de tramas no válidas y de tramas con errores en el lado de recepción.

##### H.4.2.1 Tramas no válidas

Las condiciones siguientes producen una trama no válida:

- Tramas que tienen menos de cinco octetos entre banderas, sin incluir los octetos de transparencia (secuencia de banderas y escape de control). Estas tramas serán descartadas.
- Tramas que contienen un octeto escape de control seguido inmediatamente por una bandera (es decir  $7D_{16}$  seguido por  $7E_{16}$ ). Estas tramas serán pasadas a través de la interfaz  $\gamma$  a la entidad PTM.
- Tramas que contienen secuencias de escape de control diferentes de  $7D_{16}$ ,  $5E_{16}$  y  $7D_{16}$ ,  $5D_{16}$ . Estas tramas serán pasadas a través de la interfaz  $\gamma$  a la entidad PTM.

Ninguna trama no válida se contará como error FCS. El receptor empezará inmediatamente a buscar la bandera de apertura de una trama subsiguiente tras la detección de una trama no válida. Se enviará un mensaje de error en recepción (Rx\_Err – véase H.3.1.2) correspondiente a través de la interfaz  $\gamma$  a la entidad PTM.

#### **H.4.2.2 Tramas con error**

Una trama recibida será calificada como trama con error (FCS con error) si el resultado del cálculo CRC para esta trama es diferente del descrito en H.4.1.3. Las tramas con error serán pasadas a través de la interfaz  $\gamma$ . Se enviará un mensaje de error en recepción (Rx\_Err – véase H.3.1.2) correspondiente a través de la interfaz  $\gamma$  a la entidad PTM.

#### **H.4.3 Desacoplamiento de velocidad de datos**

El desacoplamiento de velocidad de datos se consigue llenando las brechas de tiempo entre tramas PTM-TC transmitidas con secuencias de banderas adicionales ( $7E_{16}$ ). Se insertarán secuencias de banderas adicionales en el lado transmisión entre la secuencia de banderas de cierre de la última trama PTM-TC transmitida y la secuencia de banderas de apertura subsiguiente de la próxima trama PTM-TC, y se descartarán en el lado de recepción, respectivamente.

##### **H.4.3.1 Delimitación de trama**

Las tramas PTM-TC deben ser delimitados mediante la detección de secuencias de banderas. El tren entrante se examina octeto por octeto en búsqueda del valor hexadecimal  $7E_{16}$ . Dos (o más) secuencias de banderas consecutivas constituyen una trama vacía (o varias tramas vacías), que será(n) descartada(s), y no se contarán como un error FCS.

## **Anexo I**

### **Particularidades de la implementación de los sistemas que emplean la modulación QAM**

Para los sistemas que implementen este anexo será válido el texto de esta Recomendación con las siguientes excepciones:

- I.1 sustituye a cláusula 8;
- I.2 sustituye a cláusula 9;
- I.3.1 redefine algunos de los términos de 10.5.1 y 10.5.2;
- I.3.2 sustituye a 10.6;
- I.3.3 redefine algunos de los términos de 7.2;
- I.3.4 redefine algunos de los términos de 10.3.2.4;
- I.4.1 sustituye a 12.3;
- I.4.2 e I.4.3 sustituyen a 12.4;
- I.4.4 sustituye a 12.1 y 12.2;
- I.5 es un apéndice informativo en el que se presenta información suplementaria.

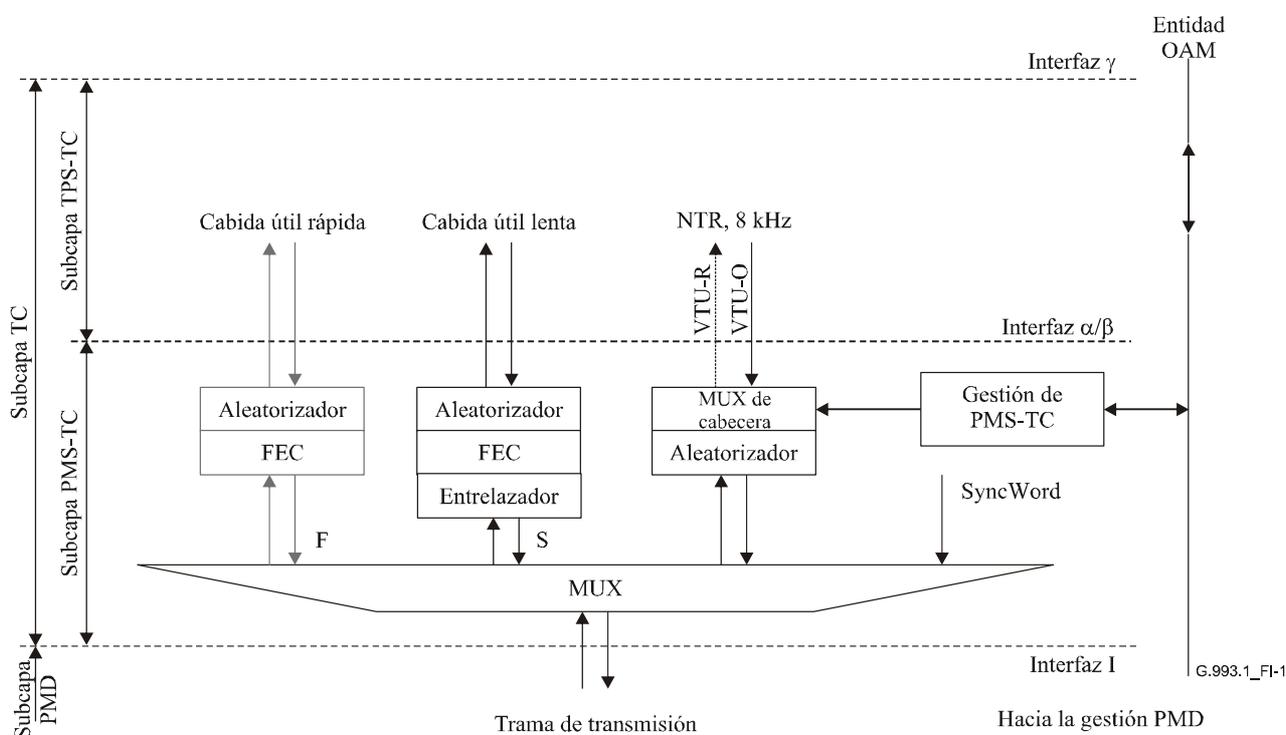
#### **I.1 Subcapa TC específica del medio físico (PMS-TC)**

##### **I.1.1 Modelo funcional**

En la figura I.1 se presenta el modelo funcional de la subcapa PMS-TC para las VTU-O y VTU-R. Esta subcapa incluye los bloques funcionales para la aleatorización (aleatorizador), la corrección de

errores en recepción (FEC), entrelazado, encapsulación de tramas de transmisión (MUX) y gestión. Ambos canales, rápido y lento, disponen de un formato independiente de la aplicación en la interfaz  $\alpha(\beta)$ . La trama de transmisión (véanse I.1.2 e I.1.2.2) se multiplexa a partir de los datos lentos, los datos rápidos y de una cabecera. Esta última transporta el marcador NTR, bits indicadores (IB, *indicator bits*), banderas especiales para la activación del enlace y una palabra de sincronización (Syncword) para la alineación de la trama. La gestión de la subcapa PMS-TC proporciona todas las primitivas y parámetros de OAM relacionados con dicha subcapa.

Los datos de transmisión de ambos canales, rápido y lento, por la interfaz  $\alpha(\beta)$  son aleatorizados, protegidos mediante FEC y multiplexados en la trama de transmisión. La protección del canal lento incluye entrelazado. La subcapa PMS-TC dispone de un modo de doble latencia si se implementan ambos canales rápido y lento, y así mismo dispone de un modo de latencia sencilla si se implementa únicamente el canal lento. El modo de latencia puede ser diferente dependiendo del sentido de la transmisión. La clase de transporte de la trama de transmisión (véase I.1.2.3) determina el modo de latencia y la capacidad de transporte de ambos canales en el punto de referencia I\_O (I\_R). Por consecuencia, la clase de transporte debe fijarse durante la configuración del sistema.

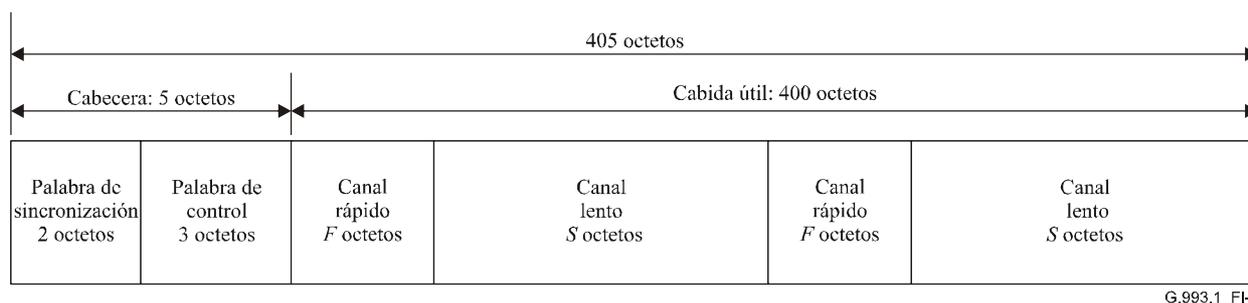


**Figura I.1/G.993.1 – Modelo funcional de la subcapa PMS-TC**

## I.1.2 Trama de transmisión

### I.1.2.1 Formato de trama

Se debe aplicar el mismo formato de la trama de transmisión, como se muestra en la figura I.2, en ambos sentidos de transmisión, ascendente y descendente. La trama debe contener 405 octetos: una cabecera de 5 octetos y una cabida útil de 400 octetos. La cabida útil de la trama incluirá dos campos idénticos para el canal rápido (con  $F$  octetos cada uno) y dos campos idénticos para el canal lento (con  $S$  octetos cada uno). Los campos lento y rápido se alternarán como se ilustra en la figura I.2.



**Figura I.2/G.993.1 – Formato de la trama de transmisión**

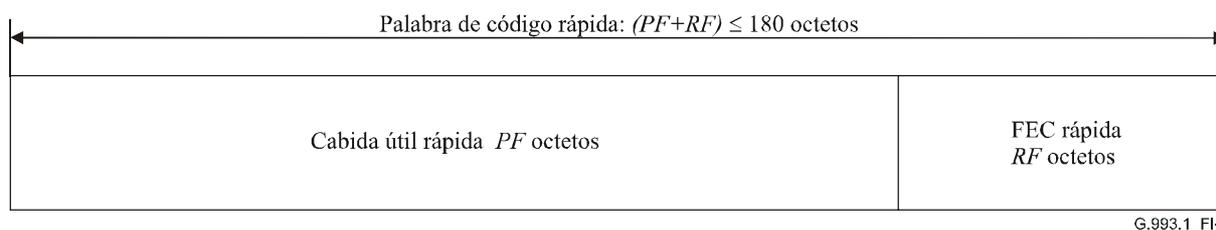
Cada uno de los campos del canal rápido transporta una palabra de código Reed-Solomon (RS) sin entrelazado (palabra de código rápida). A su vez, cada uno de los campos del canal lento transporta una palabra de código RS (palabra de código lenta), la cual pasará a través de un entrelazador (véase I.1.2.8) antes de su transmisión a la línea. Los valores  $F$  y  $S$  deben ser pares y cumplir con la clase de transporte aplicada (cuadro I.5). El canal rápido es facultativo y si no se utiliza,  $F = 0$ .

Todos los octetos de la trama se transmiten con el bit más significativo (MSB) en primer lugar. El MSB del primer octeto de la trama transmitida corresponde al comienzo de la trama.

NOTA – La clase de transporte adecuada deberá especificarse durante la configuración del sistema antes de la transmisión en régimen permanente.

### I.1.2.1.1 Palabra de código rápida

En la figura I.3 se muestra la estructura de la palabra de código rápida, la cual consta de un campo de cabida útil rápida con  $PF$  octetos y un campo FEC rápido con  $RF$  octetos. La longitud de la palabra de código rápida puede ser de 0 a 180 octetos. El valor de  $RF$  octetos puede ser de 0, 2, 4 ó 16 octetos. Los valores de  $PF$  y de  $RF$  distintos de cero son facultativos; en el cuadro I.5 se presentan los valores distintos de cero válidos para la trama con clase 2 (latencia doble). El primer octeto de la palabra de código rápida en la figura I.3 corresponderá al primer octeto de la cabida útil rápida que se muestra en la figura I.2.



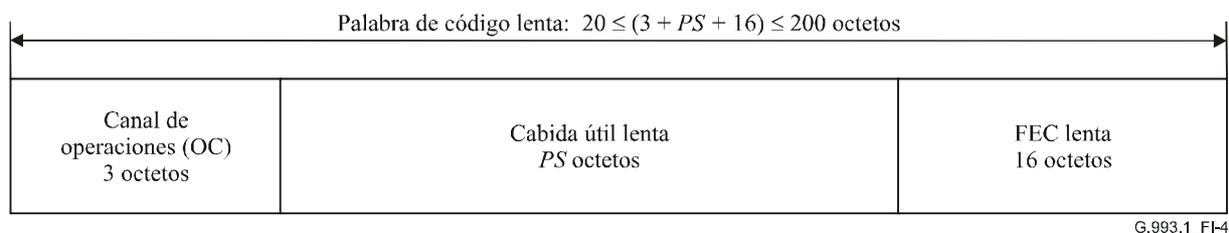
**Figura I.3/G.993.1 – Palabra de código rápida**

NOTA 1 – El valor  $RF = 0$  proporciona la transmisión de datos no codificados por el canal rápido.

NOTA 2 – En el caso de una implementación del canal rápido no codificada, no se puede aplicar el método normalizado de verificación del procedimiento de supervisión de errores que se describe en I.1.2.7. Es este caso el método de verificación se llevará a cabo mediante la subcapa TPS-TC pertinente o a través de la aplicación.

### I.1.2.1.2 Palabra de código lenta

En la figura I.4 se muestra la estructura de una palabra de código lenta (antes del entrelazado), la cual consta de un campo de canal de operaciones (OC, *operations channel*) de 3 octetos, un campo de cabida útil lenta de  $PS$  octetos y un campo FEC lento de 16 octetos. La longitud de la palabra de código lenta puede ser de 20 a 200 octetos. Para una trama clase 1 (latencia simple),  $S = 200$ . Los valores válidos de  $S$  para la trama clase 2 (latencia doble) podrán derivarse del cuadro I.5. El primer octeto de la palabra de código lenta en la figura I.4 debe corresponder al primer octeto del OC mostrado en la figura I.5.

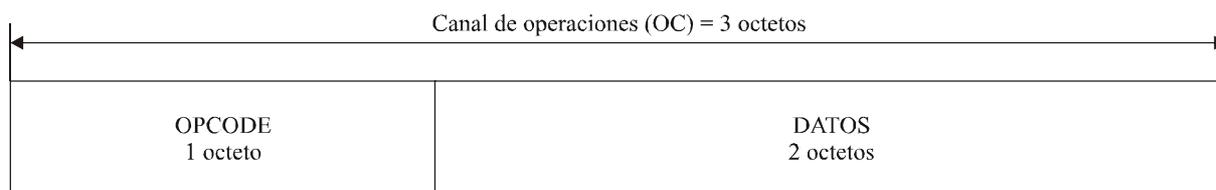


G.993.1\_FI-4

**Figura I.4/G.993.1 – Palabra de código lenta**

En la figura I.5 se muestra la estructura del campo OC. El primer octeto de OC se reservará para OPCODE del OC y el segundo y tercer octetos se reservarán para datos del OC.

NOTA – El campo OC se comparte entre el canal de operaciones insertadas (eoc) y el canal de control de tara VDSL (VOC) descrito en I.3.3.



G.993.1\_FI-5

**Figura I.5/G.993.1 – Campo de canal de operaciones**

### I.1.2.2 Cabecera de trama

La cabecera de la trama de transmisión incluye una Syncword de 2 octetos y un campo de control de 3 octetos. La Syncword contiene la información de alineación de trama. El campo de control lleva información de gestión y auxiliar como se describe en los cuadros I.2 a I.4, incluyendo 4 bits reservados para uso privado. Los 4 bits de verificación de redundancia cíclica (CRC) que se incorporan en el campo de control permiten la detección de errores en los datos recibidos. La cabecera se describe en el cuadro I.1. En las siguientes descripciones, el bit #7 de cualquier octeto es MSB. El bit #7 del octeto #0 se transmitirá en primer lugar.

**Cuadro I.1/G.993.1 – Asignación de los octetos en la cabecera de la trama**

Octeto	Nombre	Descripción	Valor
0	Sincronía 1	SyncWord, octeto 1	0xF6
1	Sincronía 2	SyncWord, octeto 2	0x28
2	Control 1	Información de control y gestión, octeto 1	Variable
3	Control 2	Información de control y gestión, octeto 2	
4	Control 3	Información de control y gestión, octeto 3	

NOTA – En lo sucesivo se utiliza "0x" como un sitio para "hexadecimal".

### I.1.2.2.1 Octetos de Syncword

Se debe emplear la misma Syncword en ambos sentidos de transmisión. La Syncword constará de dos octetos con los valores: Sync 1 = 0xF6, Sync 2 = 0x28.

### I.1.2.2.2 Octeto 1 de control

Este octeto contendrá el bit *NTR*, los bits *o/r\_trig* y *o/r\_flag*, utilizados para el soporte de activación del enlace y los primeros cinco bits indicadores (IB-1 a IB-5) previstos para la supervisión de extremo distante, como se describe en el cuadro I.2. Todos los bits IB se codificarán como "0" para funcionamiento normal y "1" para funcionamiento anormal (condición de defecto o fallo).

**Cuadro I.2/G.993.1 – Octeto 1 de control**

Bit	Nombre	Descripción	Valor	Nota
7	<i>trig</i>	Señal " <i>o_trig</i> " en sentido descendente Señal " <i>r_trig</i> " en sentido ascendente	"0" para estado normal "1" para estado activo	Véase I.4
6	<i>flag</i>	Señal " <i>o_flag</i> " en sentido descendente Señal " <i>r_flag</i> " en sentido ascendente		
5	IB-1 ( <i>fp_1</i> )	Defecto/fallo de TPS_TC #1 de extremo distante	"0" para estado normal "1" para el fallo de TPS-TC	
4	IB-2 ( <i>fp_2</i> )	Defecto/fallo de TPS_TC #2 de extremo distante		
3	IB-3 ( <i>fp_3</i> )	Defecto/fallo de TPS_TC #3 de extremo distante		
2	IB-4 ( <i>fp_4</i> )	Defecto/fallo de TPS_TC #4 de extremo distante		
1	IB-5 (Reservado)	Para defectos/fallos adicionales	"0" para estado normal "1" para el estado de fallo	
0	<i>NTR</i>	Marcador de NTR	"1" si el marcador NTR se transmite, de lo contrario "0"	Véase I.1.2.4

Los indicadores de trayecto de extremo distante (*fp*) se utilizarán para las primitivas relacionadas con el trayecto de posibles trayectos numerados de 1 a 4. Es posible indicar trayectos adicionales utilizando el bit 1 del octeto 1 de control y los bits 1, 2 del octeto 2 de control. La definición de *fp* debe coincidir con la definición de la primitiva relacionada con el trayecto correspondiente. Si se aplica sólo un tipo de servicio, se utilizará *fp\_1* para indicar el fallo de la TPS-TC del canal lento, y *fp\_2* para señalar el fallo de la TPS-TC del canal rápido.

En el caso del trayecto ATM, *fp* indicará el defecto de pérdida de delineación de células de extremo distante (*flcd, far-end loss of cell delineation*), como se define en 10.5.2.1.

En el caso de PTM-TC, *fp* indicará el defecto *FPER*, como se define en 10.5.2.3.

A manera de ejemplo, si hay un solo servicio ATM, *fp\_1* se utilizará para señalar el defecto *flcd* de la subcapa ATM-TC lenta, y *fp\_2* para indicar el defecto *flcd* de la subcapa ATM-TC rápida, si procede.

### I.1.2.2.3 Octeto 2 de control

El octeto 2 de control incluirá el primero y segundo bits CRC y los bits IB-6 a IB-11 como se muestra en el cuadro I.3. Todos los bits IB se codificarán como "0" para funcionamiento normal y "1" para funcionamiento anormal (condición de defecto o fallo). Los bits *CRC\_1* y *CRC\_2* se asignarán conforme a I.1.2.2.5.

**Cuadro I.3/G.993.1 – Octeto 2 de control**

Bit	Nombre	Descripción	Valor	Nota
7	<i>CRC_1</i>	Verificación CRC de la cabecera de trama	Primer bit	Véase I.1.2.2.5
6	IB-6 (Reservado)	IB para aplicaciones futuras	"0" para estado normal "1" para estado de fallo	
5	IB-7 ( <i>flos_cr1</i> )	Pérdida de energía de extremo distante – portadora 1	"0" para estado normal	Primitivas de PMD, PMS-TC: Véanse I.3.1 y 10.5
4	IB-8 ( <i>flos_cr2</i> )	Pérdida de energía de extremo distante – portadora 2	"1" para estado de pérdida	
3	IB-9 ( <i>rdi</i> )	Defecto de trama con muchos errores en el extremo distante	"0" para estado normal "1" para el estado de fallo	
2	IB-10 (Reservado)	IB para aplicaciones futuras	"0" para estado normal "1" para estado de fallo	
1	IB-11 (Reservado)	IB para aplicaciones futuras	"0" para estado normal "1" para estado de fallo	
0	<i>CRC_2</i>	Verificación CRC de la cabecera de trama	Segundo bit	Véase I.1.2.2.5

### I.1.2.2.4 Octeto 3 de control

Este octeto debe contener el tercero y cuarto bits CRC, dos bits IB (IB-12, IB-13) y cuatro bits para uso privado, como se muestra en el cuadro I.4. Todos los bits IB deben codificarse como "0" para funcionamiento normal y "1" para funcionamiento anormal (condición de defecto o fallo). Los bits *CRC\_3* y *CRC\_4* se deben asignar conforme a I.1.2.2.5.

**Cuadro I.4/G.993.1 – Octeto 3 de control**

Bit	Nombre	Descripción	Valor	Nota
7	<i>CRC_3</i>	Verificación CRC de la cabecera de trama	Tercer bit	Véase I.1.2.2.5
6	IB-12 ( <i>FPO</i> )	Fallo por desconexión de energía en el extremo distante	"0" para estado normal "1" para estado de fallo de energía	Primitivas relativas a la energía: véanse I.3.1 y 10.5.3
5	IB-13 ( <i>flpr</i> )	Defecto de pérdida de energía en el extremo distante ("dying gasp") (o "último aliento")		

**Cuadro I.4/G.993.1 – Octeto 3 de control**

Bit	Nombre	Descripción	Valor	Nota
4-1	Reservado	Para aplicaciones privadas	"0" para estado normal "1" para estado de fallo	
0	<i>CRC_4</i>	Verificación CRC de la cabecera de trama	Cuarto bit	Véase I.1.2.2.5

#### I.1.2.2.5 Bits CRC

Los bits de *CRC CRC\_1 ÷ CRC\_4* se calculan multiplicando el polinomio

$$m_0D^{23} + m_1D^{22} + \dots + m_{23} \text{ por } D^4$$

dividiendo por  $D^4 + D + 1$ , y tomando el resto.

El coeficiente  $m_0$  del polinomio debe ser el MSB del primer octeto de control 1,  $m_{23}$  debe ser el LSB del octeto de control 3 y  $m_8, m_{15}, m_{16}, m_{23} = 0$ . El *CRC\_1* debe ser el MSB del resto; el *CRC\_4* debe ser el LSB del resto.

#### I.1.2.3 Clases de transporte de trama

La clase de transporte de trama de transmisión define el número de *S*, *F*, y *RF* octetos en la trama de transmisión. La clase 1 obligatoria ofrece transporte de latencia simple. La clase 2 facultativa ofrece transporte de latencia doble.

Una trama de clase 1 debe incluir dos palabras de código lentas con 200 octetos cada una, mientras que una trama de clase 2 debe incluir las palabras de código lenta y rápida. El formato de la trama de clase 2 se define mediante los valores de *F* y *RF*, y se denota como [*F/RF*], donde *RF* puede ser 0, 2, 4 ó 16, y *F* es un número par entre 2 y 180. De la misma manera, la trama de clase 1 se denota como [0/0].

NOTA 1 – Una trama de clase 2 indicada como [12/8], por ejemplo, define una trama que contiene una palabra de código rápida con 4 octetos de cabida útil rápida, 8 octetos de FEC rápida y una palabra de código lenta con  $200 - 12 = 188$  octetos (tres octetos de OC, 169 octetos de cabida útil lenta y 16 octetos de FEC lenta, véase la figura I.4).

NOTA 2 – Los valores posibles de *F* se limitan a los que dan por resultado valores pertinentes de  $S = 200 - F$  para la configuración seleccionada del entrelazador (valor *S/I*), como se especifica en I.1.2.8.

En el cuadro I.5 se resume la definición de trama correspondiente a las clases 1 y 2. En I.5.2 se presenta el cálculo de la capacidad de transporte agregada de la trama de la clase particular.

**Cuadro I.5/G.993.1 – Clases de transporte de trama**

Clase	Datos lentos <i>S</i> octetos	Datos rápidos <i>F</i> octetos	Redundancia rápida <i>RF</i> octetos	Símbolo	Modo	Notas
1	200	0	0	[0/0]	Latencia simple	Obligatoria
2	$200 - F$	$F = 2 - 180$	$RF = 0, 2, 4, 16$	[ <i>F/RF</i> ]	Latencia doble	Facultativa

#### I.1.2.4 Transporte NTR y generación del marcador NTR

Se transporta una NTR de 8 kHz de la VTU-O a la VTU-R mediante la sincronización de los límites de la trama de transmisión en sentido descendente con la NTR y transmitiendo un marcador NTR en

la cabecera de la trama, como se describen en I.1.2.2. La NTR se reconstruye en la VTU-R empleando el marcador NTR recibido.

Se generará un marcador NTR para el perfil de la transmisión con una velocidad binaria de  $N \times 33,75$  kbit/s cada  $768/Q$  NTR periodos (es decir, cada  $96/Q$  ms el marcador NTR pasará del nivel bajo al nivel alto), donde  $Q$  es el divisor común más alto de 768 y  $N$ .

NOTA – Como se puede deducir de la definición anterior, el marcador NTR se fijará a 1 cada  $N/Q$  tramas de transmisión. Por ejemplo, supóngase que  $N = 96$  ( $TR = 3,24$  Mbit/s). Por consecuencia  $Q = \text{gcd}(768,96) = 96$ , y  $96/Q = 1$ . De manera similar, el marcador NTR se fijará a 1 cada 1 ms. El número de tramas de transmisión entre dos marcadores NTR adyacentes será igual a 1 y el número de periodos NTR entre dos marcadores NTR adyacentes será igual a 8.

### I.1.2.5 Algoritmo de delineación de tramas

El algoritmo de delineación para la trama de transmisión quedará bajo la responsabilidad de los implementadores. El algoritmo recomendado se basa en la detección de Syncword en las ubicaciones previstas (es decir, en Sync\_Events como se describe en I.5.3).

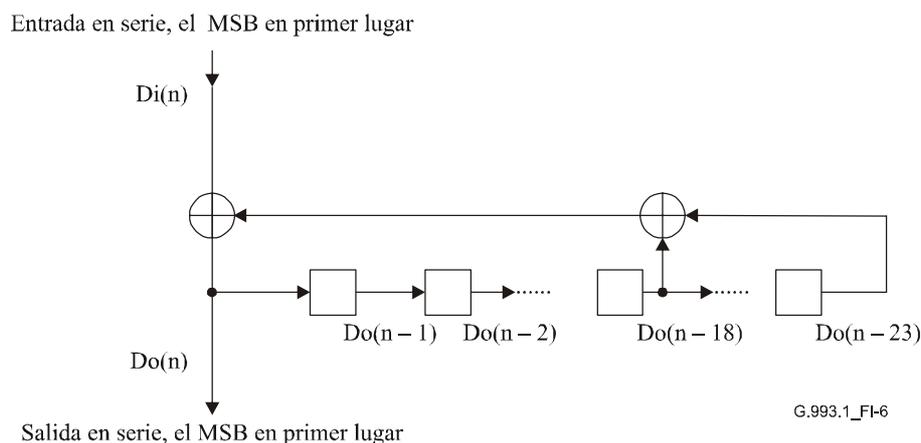
### I.1.2.6 Aleatorización y desaleatorización

La aleatorización se llevará a cabo en ambos sentidos de transmisión mediante el mismo algoritmo de aleatorización y antes de la codificación RS. La desaleatorización de datos se realizará después de la decodificación RS. La aleatorización/desaleatorización se deben realizar en la cabecera de la trama, excepto en el caso de los octetos Sync1 y Sync2, y en la cabida útil de trama, excepto en el caso de los octetos de redundancia RS. La cabecera y las palabras de código rápidas y lentas transmitidas en el mismo sentido se deben aleatorizar de manera independiente mediante el mismo algoritmo de aleatorización.

El algoritmo de aleatorización para la VTU-O y la VTU-R será:

$$D_{out}^n = D_{in}^n \oplus D_{out}^{n-18} \oplus D_{out}^{n-23}$$

El algoritmo de desaleatorización reconstruirá los datos aleatorizados. En la figura I.6 se presenta el diagrama de bloques del aleatorizador.



**Figura I.6/G.993.1 – Aleatorizador**

NOTA – Tanto el aleatorizador como el desaleatorizador son autosincronizables.

### I.1.2.7 Corrección de errores en recepción

Se debe utilizar la codificación Reed-Solomon (RS) para la corrección de errores en recepción (FEC). El código aplicado  $RS(N,K)$  se expresa mediante la longitud total de la palabra de código en

octetos ( $N$ ) y el número de octetos de datos ( $K$ ). La diferencia ( $N - K$ ) es el número de octetos FEC (octetos de redundancia).

NOTA 1 – La potencia de corrección de errores del código RS es relativa al número de octetos FEC ( $N - K$ ). El número de octetos corregidos  $t$  por palabra de código es igual a  $\lfloor (N - K)/2 \rfloor$ , donde  $\lfloor X \rfloor$  indica la parte entera de  $X$ .

NOTA 2 – Los valores reales de  $N$  y  $K$  en  $RS(N,K)$  son  $(OC + PS + 16, OC + PS)$  para la palabra de código lenta y  $(PF + RF, PF)$  para la palabra de código rápida (véanse las figuras I.3 e I.4, respectivamente).

Los códigos RS aplicados en sentido descendente y ascendente deben utilizar el polinomio generador:

$$g(x) = \prod_{i=0}^{N-K-1} (x + \mu^i)$$

donde  $\mu$  es una raíz del polinomio primitivo binario:

$$x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$$

Un octeto de datos se identificará dentro del campo Galois (256) de 256 elementos como:

$$(d_7 d_6 d_5 d_4 d_3 d_2 d_1 d_0) \sum_{n=0}^7 d_n \mu^n \Leftrightarrow \mu^p \quad (\mu = 02\text{hex})$$

con una correspondencia de uno a uno de los valores de los octetos ( $d_0$  sigue siendo el LSB,  $d_7$  sigue siendo el MSB; el MSB se debe transmitir en primer lugar).

Una palabra de código  $RS(N,K)$  debe ser una función de los  $K$  octetos de datos:

$$\left[ x^{N-K} \left( \sum_{i=0}^{K-1} \mu^{p(i)} x^i \right) \right] + \left[ x^{N-K} \left( \sum_{i=0}^{K-1} \mu^{p(i)} x^i \right) \right] \text{MOD} g(x)$$

donde los  $K$  octetos más significativos (coeficientes de  $x^n$ ,  $n = N - K..N - 1$ ) corresponden a los  $K$  octetos de datos de entrada, y los  $N - K$  octetos menos significativos (coeficientes de  $x^n$ ,  $n = 0..N - K - 1$ ) corresponden a los  $N - K$  octetos FEC de salida.

La codificación/decodificación de  $RS(N,K)$  se implementará como un código recortado  $RS(255, 255 - N + K)$ . En el lado del codificador,  $(255 - N)$  octetos, todos fijados a 0, se agregarán antes de los  $K$  octetos de datos a la entrada del codificador  $RS(255, 255 - N + K)$ . Estos octetos añadidos se deben descartar después del procedimiento de codificación.

Debe existir la posibilidad de introducir corrupción deliberada en la palabra de código RS para fines de verificación de la supervisión de errores. A petición expresa y adecuada del sistema de gestión se introducirá una corrupción (véase 10) en un octeto simple del campo de redundancia FEC del canal lento o del canal rápido.

### I.1.2.8 Entrelazado

Las palabras de código lentas de la trama de transmisión se deben entrelazar antes de la transmisión mediante un entrelazador convolucional que se define por los siguientes parámetros:

$S$ : longitud de la palabra de código entrante definida por el formato de la trama de transmisión, véase el cuadro I.5;

$I$ : longitud del bloque entrelazador, en octetos;

$D$ : profundidad del entrelazado, en octetos;

$M$ : índice de la profundidad del entrelazado.

El entrelazador debe funcionar de la siguiente manera. La palabra de código entrante de  $S$  octetos se divide en bloques de  $I$  octetos. La longitud del bloque nominal  $I$  debe ser  $S/8$  y facultativamente podrá ser igual a  $S/16$ ,  $S/4$  o  $S/2$ . El valor particular de  $I$  se fija durante la inicialización como se especifica en I.3.2.1.1.8. Los octetos dentro de los bloques del entrelazador se deben numerar de  $j = 0$  a  $j = I - 1$ . Cada octeto  $j$  de cualquier bloque se retrasará en la salida del entrelazador por  $(D - 1) \times j$  octetos, donde  $j = 0, 1, 2, \dots (I - 1)$  es el número de octetos en el bloque y  $D$  es la profundidad de entrelazado. Por ejemplo, no debe retrasarse el primer octeto de ningún bloque. El tercer octeto de cualquier bloque debe retrasarse por  $2 \times (D - 1)$  octetos, y así sucesivamente. El valor de  $(D - 1)$  debe ser un múltiplo de la longitud del bloque entrelazador  $I$ :

$$D = M \times I + 1$$

donde  $M$  es un entero. El valor de  $M$  debe ser programable a cualquier entero en la gama de 0 a 64. Los valores reales de  $I$  y  $M$  deben fijarse antes de la inicialización del enlace.

En I.5.4 se presentan las principales características del entrelazador y un ejemplo de la implementación del entrelazador y el desentrelazador.

El valor  $D - 1$  caracteriza el número de octetos que separan dos octetos secuenciales cualesquiera de la misma palabra de código RS tras el entrelazado y deberían elegirse conforme a los requisitos de protección contra el ruido impulsivo y latencia necesarios. La fijación de  $M = 0$  cancela el entrelazado.

NOTA – La gama especificada de valores para  $M$  permite la capacidad de corrección de borrado de hasta 500  $\mu$ s para todas las velocidades de datos de transmisión por debajo de 26 Mbit/s como se muestra en I.5.4.

## **I.2 Subcapa dependiente del medio físico (PMD)**

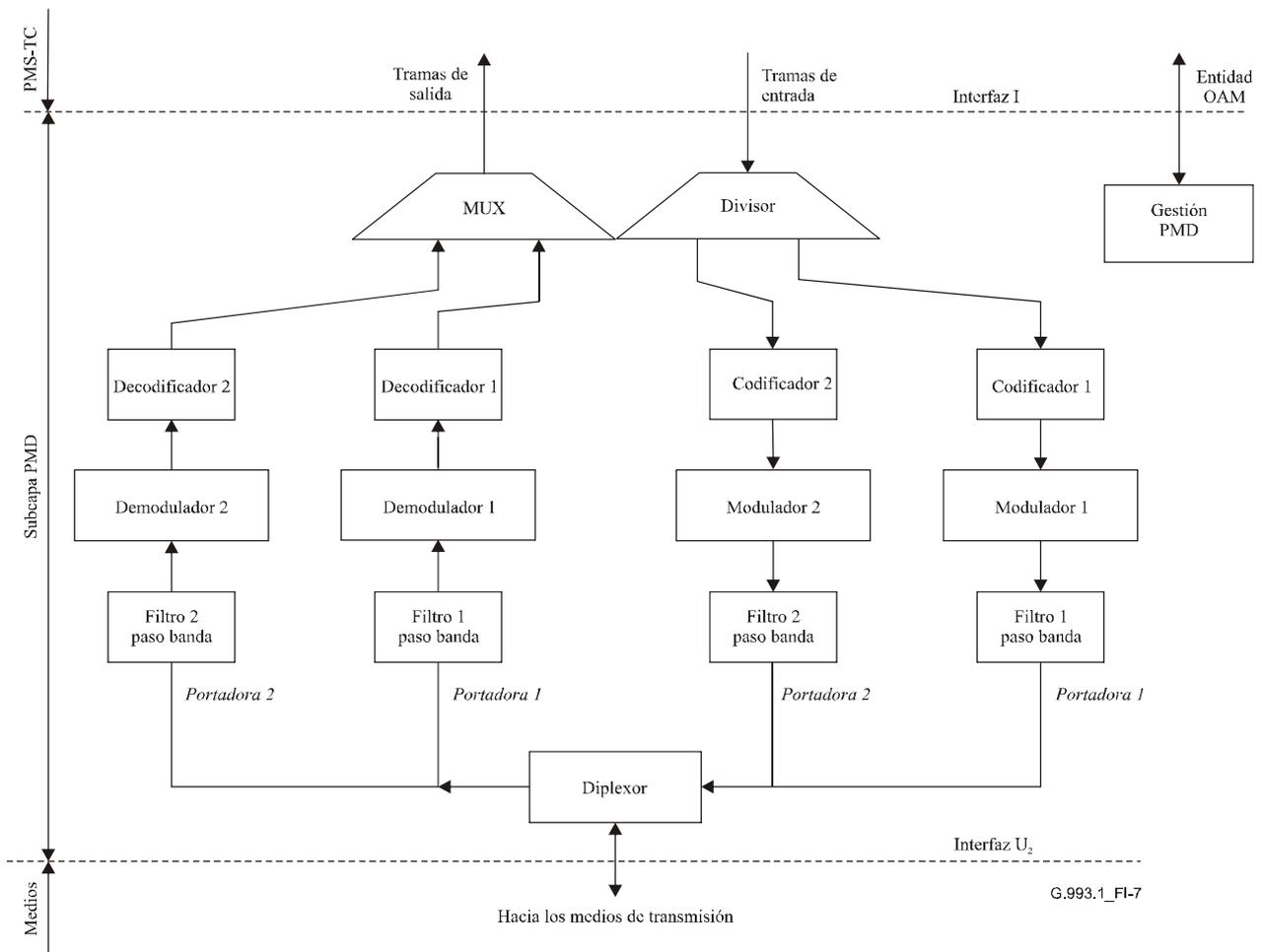
### **I.2.1 Modelo funcional de PMD**

En la figura I.7 se presenta el modelo funcional de la subcapa PMD, el cual define la funcionalidad del tranceptor VDSL entre los puntos de referencia I\_O (I\_R) y U<sub>2</sub>\_O (U<sub>2</sub>\_R), respectivamente.

En el sentido de transmisión, la trama de entrada (véase I.1.2) que se recibe de la subcapa PMS-TC a través de la interfaz I se divide en dos trenes. Cada tren se codifica, modula y envía a la línea de transmisión a través de la interfaz U<sub>2</sub>. Cada tren se transmite en una de las bandas de frecuencia especificada en 6.1, separada por el filtro paso banda. La señal transmitida en una banda particular se denomina una portadora.

Es posible utilizar cuatro posibles portadoras: 1D (portadora 1, en sentido descendente), 2D (portadora 2, en sentido descendente), 1U (portadora 1, en sentido ascendente) y 2U (portadora 2, en sentido ascendente); se pueden transmitir hasta dos portadoras en el mismo sentido. Si la primera portadora puede transmitir todos los datos de entrada, la utilización de la segunda es facultativa. En ese caso, se puentean tanto el divisor como el multiplexor.

NOTA – El nombre de la portadora no se asocia con ninguna banda de frecuencias particular. Si se utiliza la banda de frecuencias facultativa o cualquier banda adicional especificada posteriormente, el nombre de la portadora que emplea esta banda será uno de los que ya se hayan definido.



**Figura I.7/G.993.1 – Modelo funcional de la subcapa PMD de VTU**

Los filtros paso banda restringen la potencia de transmisión fuera de banda para evitar la diafonía entre las portadoras en sentido ascendente y descendente. El diplexor ofrece desacoplamiento adicional entre las señales de transmisión y de recepción.

En el sentido de recepción, las portadoras recibidas en ambas bandas se demodulan, decodifican y multiplexan en la trama de salida, la cual tiene la misma estructura que la trama de entrada. La trama de salida se envía a la subcapa PMS-TC a través de la interfaz I.

El bloque de gestión PMD se encarga de todas las funciones OAM correspondientes a la PMD. El intercambio de información de gestión entre el bloque de gestión PMD y la entidad OAM se realiza a través de la interfaz I.

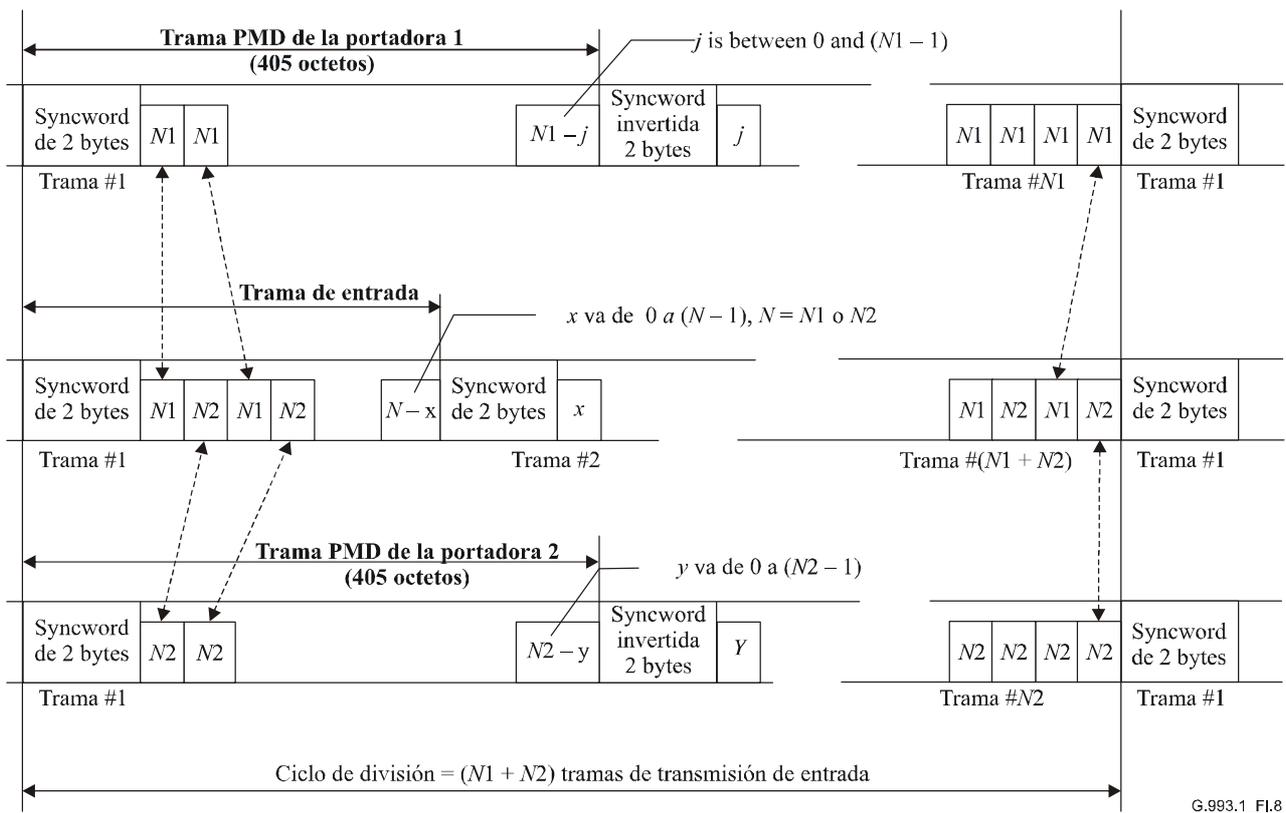
## **I.2.2 Funcionalidad del transmisor**

### **I.2.2.1 Procedimiento de división**

Se utilizará el mismo procedimiento de división en los sentidos ascendente y descendente. El divisor originará una trama PMD para ambas portadoras de transmisión con el fin de compensar la diferencia de retardo de propagación entre las dos portadoras en el lado de recepción. El formato de la trama PMD constará de 405 octetos: una Syncword de dos octetos para la alineación de trama seguida de un campo de datos de 403 octetos. La Syncword de la trama PMD debe ser la misma que se especifica en I.1.2.2.1 para la trama de transmisión (contiene los octetos Sync1 y Sync2).

En la figura I.8 se describe la estructura de la trama PMD y el procedimiento de división de la trama de entrada. El divisor hace corresponder la trama de entrada con las dos tramas PMD con una tasa

de velocidad de datos de  $N1/N2$ , donde  $N1$ ,  $N2$  son enteros. El ciclo de división comenzará a partir del octeto de alineación de trama Sync1 de cualquier trama de entrada (trama de entrada #1 en la figura I.8). El octeto Sync1 y el siguiente octeto Sync2 de la trama de entrada #1 se enviarán en las portadoras 1 y 2 para arreglar sus propias Syncwords. Además, los  $N1$  octetos de la trama de entrada #1 a continuación del octeto Sync2 se harán corresponder a la portadora 1, y los  $N2$  octetos siguientes de la trama de entrada #1 se harán corresponder a la portadora 2. La repetición de este proceso en tramas de entradas subsiguientes forma el campo de información de la trama PMD. Se debe insertar una Syncword invertida en cada trama PMD después de cada 403 octetos de datos insertados en su campo de información. Si al final de una trama PMD determinada restan menos que  $N1$  o  $N2$  posiciones de octetos, el siguiente grupo de  $N1$  o  $N2$  octetos, respectivamente, se dividirán en la trama PMD correspondiente mediante una Syncword invertida, como se muestra en la figura I.8.



G.993.1\_F1.8

**Figura I.8/G.993.1 – Formato de trama PMD**

El proceso de división es cíclico. Un ciclo incluye  $(N1 + N2)$  tramas de entrada. Durante el ciclo de división exactamente  $N1$  tramas se hacen corresponder a la portadora 1 y exactamente  $N2$  tramas a la portadora 2.

NOTA – Para las velocidades binarias dadas DR1 y DR2 de las portadoras 1 y 2, respectivamente, con el mayor divisor común  $g = \text{gcd}(DR1, DR2)$ , los valores de  $N1$ ,  $N2$  serán:  $N1 = DR1/g$ ,  $N2 = DR2/g$ .

La diferencia de tiempo entre los comienzos de los ciclos de división de las tramas PMD transmitidas por las portadoras 1 y 2, medidas a la salida del transceptor, será menor que  $\text{máx}\{40 \times \text{abs}(T1 - T2) + 5, 20\}$   $\mu\text{s}$ , donde  $T1 = 1/SR1$ ,  $T2 = 1/SR2$ ,  $SR1$ ,  $SR2$  son velocidades de símbolos de la portadora 1 y 2 respectivamente. La diferencia de tiempo debería medirse con relación al comienzo del primer bit de la trama PMD que inicia el ciclo de división de cada portadora.

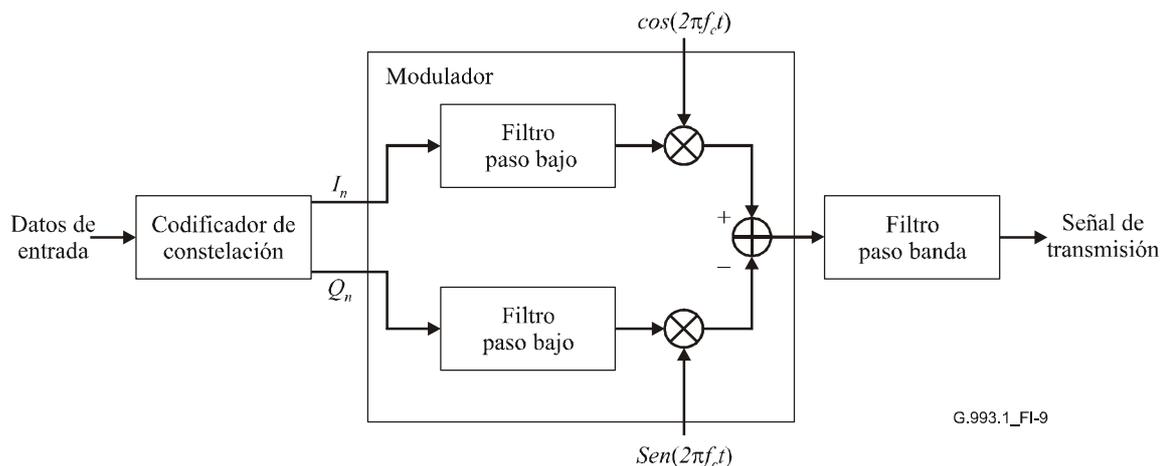
### I.2.2.2 Temporización

Los transmisores de ambas portadores en la VTU-O utilizarán un reloj de transmisión derivado del reloj de la red (por ejemplo, reloj SONET, reloj SDH, reloj PON) que permitirá la sincronización de red de extremo a extremo. Si el reloj de la red no está disponible, la VTU-O utilizará un reloj maestro generado localmente con una tolerancia máxima de  $\pm 50$  ppm.

Los transmisores de ambas portadoras en la VTU-R utilizarán un reloj de transmisión derivado del reloj de datos recibidos de la primera o de la segunda portadora en sentido descendente (temporización de bucle). Si el reloj de datos recibidos se pierde durante la transmisión en régimen permanente, la VTU-R utilizará un reloj generado localmente con una tolerancia máxima de  $\pm 50$  ppm para realizar la activación del enlace.

### I.2.2.3 Codificación y modulación

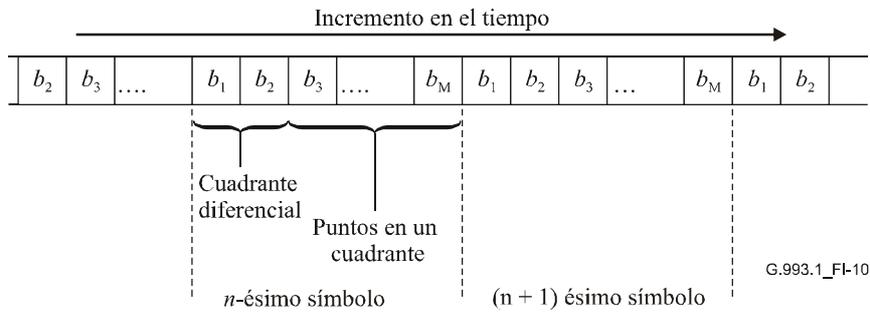
La capacidad de transmisión y la temporización entre las VTU-O y VTU-R en ambos sentidos de transmisión debe ser proporcionada mediante la utilización de modulación de amplitud en cuadratura (QAM, *quadrature amplitude modulation*). En la figura I.9 se describe la funcionalidad de codificación y modulación del transceptor. El tren de datos de entrada se codificará en dos trenes de símbolos  $I_n$  y  $Q_n$ , donde  $n$  designa el  $n$ -ésimo periodo de símbolo. Los trenes de símbolos  $I_n$  y  $Q_n$  se modularán y enviarán al medio de transmisión a través del filtro paso banda.



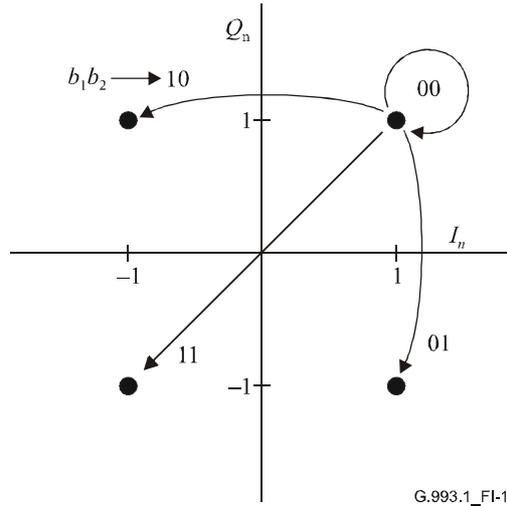
**Figura I.9/G.993.1 – Diagrama de bloques de un transmisor SCM**

#### I.2.2.3.1 Codificador de constelación

El procedimiento de codificación tratará los datos de entrada como un tren de bits en serie con el bit más significativo en primer lugar. Para una constelación dada de tamaño  $2^M$ , se codificará un grupo de  $M$  bits consecutivos  $\{b_1, b_2, \dots, b_M\}$  de los datos de entrada en un símbolo, y se codificarán grupos consecutivos de  $M$  bits en símbolos consecutivos como se ilustra en la figura I.10. Se debe utilizar codificación cuadrante diferencial. Para  $M = 1$ , cada bit de entrada se codificará conforme a la parte superior del cuadro I.6. Los dos valores posibles de  $\{b_1\}$  representan la transición del símbolo entre el primer y el tercer cuadrantes. Para  $M > 1$ , los dos primeros bits  $\{b_1, b_2\}$  deben codificar como se describe en el cuadro I.6. Los cuatro valores de  $\{b_1, b_2\}$  representan la transición de cuadrantes de los símbolos, figura I.11. El resto de  $(M - 2)$  bits se codificará conforme a los diagramas de constelación pertinentes.



**Figura I.10 – Correspondencia entre los bits y los símbolos**



**Figura I.11 – Constelación de 4 puntos con codificación por bit diferencial**

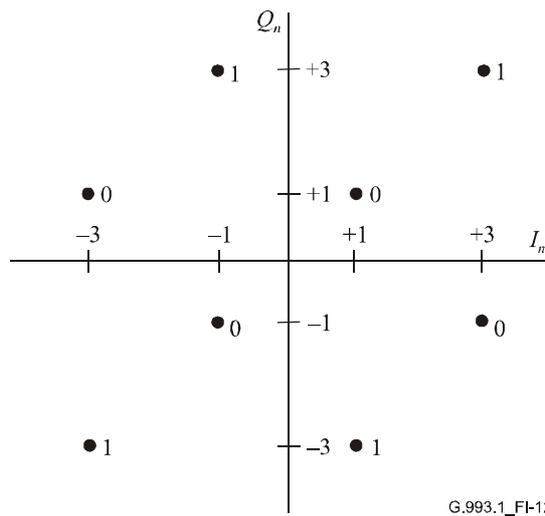
**Cuadro I.6/G.993.1 – Codificación diferencial de  $b_1$  y  $\{b_1 b_2\}$**

$\{b_1\}, 0$ $\{b_2 b_2\}$	Número del cuadrante anterior	Signo del símbolo anterior		Número del cuadrante actual	Signo del símbolo actual	
		$I_{n-1}$	$Q_{n-1}$		$I_n$	$Q_n$
$M = 1$ (QAM-2)						
0	1°	+	+	1°	+	+
0	3°	-	-	3°	-	-
1	1°	+	+	3°	-	-
1	3°	-	-	1°	+	+
$M > 1$ (QAM-4 y superior)						
00	1°	+	+	1°	+	+
00	2°	-	+	2°	-	+
00	3°	-	-	3°	-	-
00	4°	+	-	4°	+	-
01	1°	+	+	4°	+	-
01	2°	-	+	1°	+	+
01	3°	-	-	2°	-	+

**Cuadro I.6/G.993.1 – Codificación diferencial de  $b_1$  y  $\{b_1 b_2\}$**

$\{b_1\}, o$ $\{b_2 b_2\}$	Número del cuadrante anterior	Signo del símbolo anterior	Número del cuadrante actual	Signo del símbolo actual
		$I_{n-1} Q_{n-1}$		$I_n Q_n$
01	4°	+ -	3°	- -
10	1°	+ +	2°	- +
10	2°	- +	3°	- -
10	3°	- -	4°	+ -
10	4°	+ -	1°	+ +
11	1°	+ +	3°	- -
11	2°	- +	4°	+ -
11	3°	- -	1°	+ +
11	4°	+ -	2°	- +

En el caso del diagrama de constelación de 8 puntos la codificación debe ser como se especifica en la figura I.12.



**Figura I.12/G.993.1 – Constelación de 8 puntos y correspondencia de bits**

En el caso de los diagramas de constelación de  $2^M$  puntos con valores pares de  $M$  entre 4 y 12 (constelaciones cuadradas) los valores binarios de las coordenadas de  $I_n$  en fase y cuadratura  $Q_n$  para el grupo de  $M - 2$  bits  $\{b_3 \dots b_{M-2}\}$  en el primer cuadrante deben ser los que se especifican en el cuadro I.7.

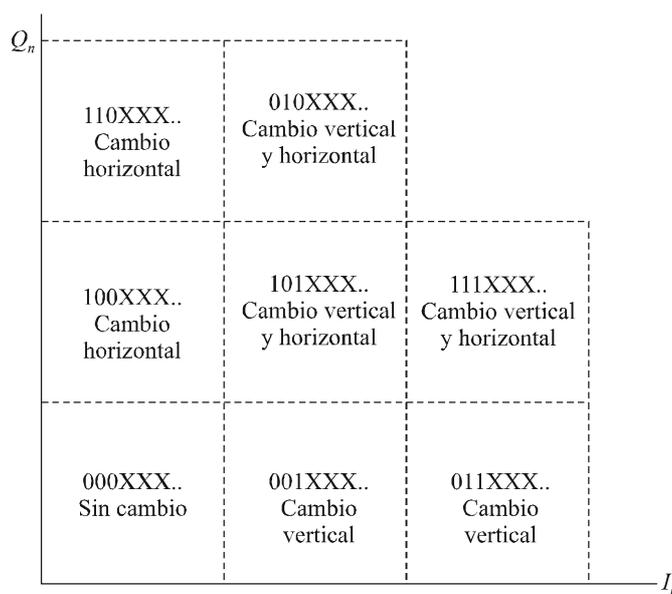
**Cuadro I.7/G.993.1 – Codificación del primer cuadrante para los valores pares de  $M$**

$I_n$ (binario) = $[X_1 X_2 \dots X_{M/2-1} 1]$	$Q_n$ (binario) = $[Y_1 Y_2 \dots Y_{M/2-1} 1]$
$X_1 = b_3$	$Y_1 = b_{M/2+2}$
$X_2 = X_1 + b_4$	$Y_2 = Y_1 + b_{M/2+3}$
$X_3 = X_2 + b_5$	$Y_3 = Y_2 + b_{M/2+4}$
...	...
$X_{M/2-1} = X_{M/2-2} + b_{M/2+1}$	$Y_{M/2-1} = Y_{M/2-2} + b_M$

NOTA – El siguiente ejemplo aclara la utilización del cuadro I.7. Para QAM-64 ( $M = 6$ ), y un grupo con los cuatro últimos bits  $\{b_3 b_4 b_5 b_6\} = 0001$ , se obtiene  $X_1 = X_2 = 0$ ,  $Y_1 = 0$ ,  $Y_2 = 1$ , e  $I_n = 001$ ,  $Q_n = 011$ . Con la utilización de valores decimales se puede encontrar que el punto de constelación con  $I_n = 1$  y  $Q_n = 3$  ha de codificarse como 0001.

Para fines de verificación, en la figura I.14 se presenta el primer cuadrante del diagrama de constelación QAM-64.

Para los diagramas con  $2^M$  puntos y valores impares de  $M$  entre 5 y 11 (constelaciones en forma de cruz) la codificación del primer cuadrante debe ser la siguiente. En primer lugar, el cuadrante se dividirá en 8 secciones como se muestra en la figura I.13 y cada sección se codificará mediante un código de sección de 3 bits utilizando los bits  $b_3 b_4 b_5$ .



G.993.1\_FI-13

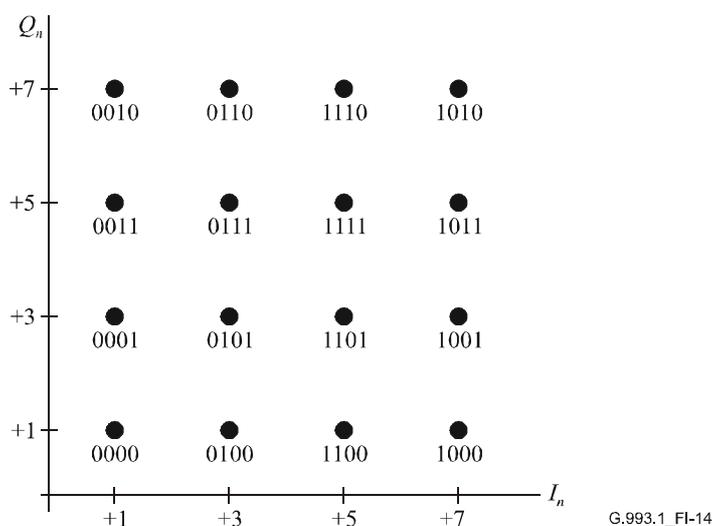
**Figura I.13/G.993.1 – Secciones de correspondencia para las constelaciones con valores impares de  $M > 5$**

El resto de los bits (aplicable para  $M > 5$  y aquellos bits señalados como "XXX" en la figura I.13) se harán corresponder dentro de cada sección como se especifica en el cuadro I.8. Además, las secciones codificadas cambiarán horizontalmente, verticalmente o ambas, como se muestra en la figura I.13. Para fines de verificación, en la figura I.15 se presenta el primer cuadrante de la constelación QAM-128 ( $M = 7$ ).

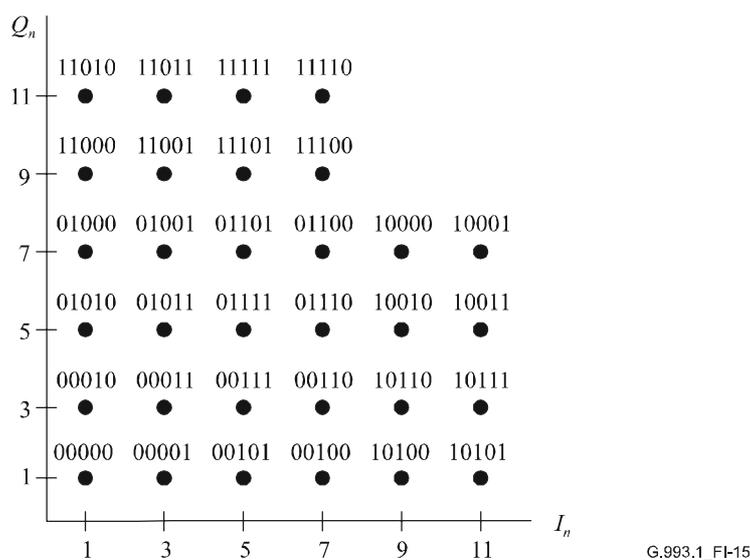
**Cuadro I.8/G.993.1 – Codificación del primer cuadrante con valores impares de  $M > 5$**

$I_{n-sec}$ (binario) = $[X_1 X_2 \dots X_{(M-5)/2} 1]$	$Q_{n-sec}$ (binario) = $[Y_1 Y_2 \dots Y_{(M-5)/2} 1]$
$X_1 = b_6$	$Y_1 = b_{(M-5)/2+6}$
$X_2 = X_1 + b_7$	$Y_2 = Y_1 + b_{(M-5)/2+7}$
...	...
$X_{(M-5)/2} = X_{(M-5)/2-1} + b_{(M-5)/2+5}$	$Y_{(M-5)/2} = Y_{(M-5)/2-1} + b_M$

Para todas las constelaciones con tamaños mayores que 8 ( $M \geq 4$ ) las correspondencias del segundo, tercero y cuarto cuadrantes se deducirán de las correspondencias en el primer cuadrante girando el cuadrante 90 grados, 180 grados y 270 grados en sentido opuesto a las manecillas del reloj, respectivamente.



**Figura I.14/G.993.1 – Constelación de 64 puntos y correspondencia de bits (primer cuadrante)**



**Figura I.15/G.993.1 – Constelación de 128 puntos y correspondencia de bits (primer cuadrante)**

### I.2.2.3.2 Modulador

Los dos trenes modificados,  $I_n$  y  $Q_n$ , se enviarán a filtros idénticos de conformación paso bajo (véase la figura I.9). La salida del filtro del trayecto en fase se mezcla (*heterodyned*) con una señal portadora cosenoidal. La salida del filtro del trayecto de cuadratura se mezcla con una señal portadora sinusoidal de la misma frecuencia. Las salidas del trayecto en fase y el trayecto de cuadratura invertida se deben sumar para formar una señal modulada.

Las amplitudes de los componentes  $I_n$  y  $Q_n$  en las constelaciones transmitidas deben mantener los valores relativos de 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, ... como se utilizan en los diagramas de constelación deducidos de los cuadros I.7 e I.8 con una tolerancia de  $\pm 0,06$  relativa a esos valores.

#### I.2.2.3.2.1 Velocidades de símbolos y frecuencias portadoras

Todos los valores disponibles de velocidades de símbolos ( $SR$ , *symbol rates*) para ambas portadoras en sentido descendente y ascendente deben ser múltiplos de la velocidad básica de símbolos ( $BSR$ , *basic symbol rate*):

$$SR = s \times BSR$$

donde  $s$  es un entero,  $BSR = 33,75$  kbaud. La frecuencia de la señal portadora  $f_C$  debe ser un entero múltiplo de  $BSR/2$ :

$$f_C = 0,5 \times BSR \times k \text{ [kHz]}$$

donde  $k$  es un entero. La granularidad de cambio  $f_C$  resultante es igual a 16,875 kHz.

El valor de  $SR/f_C$  debe ser una relación exacta de dos enteros, teniendo en cuenta todas las posibles tolerancias de frecuencia.

NOTA – La tasa binaria total ( $TR$ , *total bit rate*) proporcionada en un sentido particular se determina mediante las velocidades de símbolos  $SR_1$ ,  $SR_2$  y los tamaños de constelación  $C_1$ ,  $C_2$  de la primera y segunda portadoras:

$$TR = SR_1 \times \log_2 C_1 + SR_2 \times \log_2 C_2$$

Para las velocidades de símbolos dadas, la velocidad binaria puede ajustarse con la granularidad mínima de  $\min\{SR_1, SR_2\}$ . Para los tamaños de constelación dados, la velocidad binaria puede ajustarse con la granularidad mínima de  $33,75 \times \min\{C_1, C_2\}$  kbit/s.

#### I.2.2.3.2.2 Filtros de conformación espectral

Los filtros paso bajo (véase la figura I.9) de ambas portadoras deben tener la función de transferencia con un valor nominal siguiendo la aproximación de raíz cuadrada de coseno alzado (raised-cosine) de la respuesta de frecuencia:

$$|G_{nom}(f)| = \begin{cases} 1 & , |f| \leq f_1 \\ \cos\left(\frac{\pi T}{2\alpha} [|f| - f_1]\right) & , f_1 \leq |f| \leq f_2 \\ 0 & , \text{en otro sitio} \end{cases} , f_1 = \frac{1-\alpha}{2T} , f_2 = \frac{1+\alpha}{2T}$$

donde  $T$  es el periodo del símbolo utilizado para la portadora particular, y  $\alpha$  es el ancho de banda en exceso. El ancho de banda de ambos filtros paso bajo debe ser idéntico y estar en la gama de  $\alpha = 0,10$  a  $0,20$ . El valor por defecto del exceso de ancho de banda debe ser  $0,2$  y su valor actual será comunicado entre los transceptores en ambos lados del enlace por el control de tara VDSL (*VOC, VDSL overhead control*) como se especifica en I.3.1.2.

La precisión de la implementación de la función de transferencia  $|G(f)|$  y de la distorsión por retardo de grupo  $D$  de los filtros de conformación debe ser conforme al cuadro I.9. Los límites inferior y superior de la atenuación se definen como una función de la frecuencia normalizada  $x = \frac{f - f_C}{SR/2}$ .

**Cuadro I.9/G.993.1 – Función de transferencia de filtro de conformación  
y plantillas de distorsión por retardo de grupo**

Frecuencia normalizada	$G_{\min}$ [dB]	$G_{\max}$ [dB]	$D(x) - D_{\min}$ [s]	
$\leq -1,4$	N/A	$< -40$	N/A	
-1,3		$< -30$		
-1,2		$< -20$		
1,15	$G_{\text{nom}} - 4,5$	$G_{\text{nom}} + 4,0$	$< 8T$	
-1,1	$G_{\text{nom}} - 3,5$	$G_{\text{nom}} + 2,5$	$< 5T$	
-1,05	$G_{\text{nom}} - 3,0$	$G_{\text{nom}} + 2,0$	$< 4,5T$	
-1,0	$G_{\text{nom}} - 1,0$	$G_{\text{nom}} + 1,0$	$< 4T$	
-0,95			$< 3T$	
-0,9				
-0,8				
0				
0,8				
0,9				
0,95				
1,0				$< 4T$
1,05				$G_{\text{nom}} - 3,0$
1,1	$G_{\text{nom}} - 3,5$	$G_{\text{nom}} + 2,5$	$< 5T$	
1,15	$G_{\text{nom}} - 4,5$	$G_{\text{nom}} + 4,0$	$< 8T$	
1,2	N/A	$< -20$	N/A	
1,3		$< -30$		
$\geq 1,4$		$< -40$		

NOTA –  $D_{\min}$  es el retardo de grupo mínimo en la parte en banda del espectro:  
 $D_{\min} = \min D(x)$  para  $|x| \leq 1,2$ .

### I.2.3 Funcionalidad del receptor

El receptor demodula y decodifica la señal entrante de ambas portadoras recibidas del medio de transmisión, y las multiplexa en una trama de salida como se muestra en la figura I.7. En el lado de la VTU-R, la funcionalidad del receptor incluye además la recuperación de la temporización del símbolo.

Los procesos de demodulación y de decodificación deben concordar con los procesos de modulación y codificación, respectivamente, como se describen en I.2.2.3.

El procedimiento de multiplexación combina las tramas PMD recibidas de las portadoras 1 y 2 en la trama de transmisión original (véase I.1.2), y reconstruye los octetos Sync1 y Sync2 de alineación de la trama original. El procedimiento de multiplexación debe concordar con el procedimiento de división especificado en I.2.2.1.

El receptor debe tolerar la diferencia de retardo del transmisor más aquella introducida por el bucle.

NOTA – En la mayoría de los casos prácticos la diferencia de retardo introducida por el bucle es menor que 1  $\mu\text{s}$ .

## **I.2.4 Perfil de transmisión**

El perfil de transmisión es un conjunto de parámetros de transmisión (STP) que define las características principales del enlace VDSL, tales como capacidad de transporte, atribución espectral y PSD de transmisión. El STP incluye las velocidades de símbolos, constelaciones, frecuencias de portadora y algunos otros parámetros de ambas portadoras. La descripción completa de STP se presenta en I.4.2.1.

El transceptor debe ser capaz de utilizar los dos modos de funcionamiento siguientes:

- modo manual, cuando el STP particular para el bucle y tipo de servicio determinados se configura mediante el operador de la red;
- modo automático, cuando el STP particular para el bucle y tipo de servicio determinados se selecciona automáticamente desde el transceptor durante el procedimiento de inicialización.

En ambos modos, la VTU-O origina el STP que se ha de utilizar y lo transporta a la VTU-R utilizando VOC como se describe en I.3.1.2. La VTU-R acepta el STP si los valores de los parámetros se encuentran dentro de la gama especificada en I.3.1.2 y establece el perfil que necesita la VTU-O. El algoritmo particular para la selección de STP que se utiliza en el modo automático queda bajo la responsabilidad de los implementadores de la VTU-O. No se aplican limitaciones particulares.

## **I.3 Operaciones y mantenimiento**

### **I.3.1 Primitivas OAM específicas de QAM**

#### **I.3.1.1 Primitivas de OAM relativas a la línea**

##### **I.3.1.1.1 Defectos de extremo cercano**

*Pérdida de portadora (los\_cr)*: el defecto se produce cuando la potencia de la señal portadora recibida, promediada durante un periodo de 0,5 s, es menor que el umbral establecido. El defecto termina cuando la potencia, promediada de la misma manera, llega o sobrepasa dicho umbral.

*Pérdida de señal (los)*: el defecto se produce cuando ocurre un defecto *los\_cr* en cualquiera de las portadoras especificadas por el perfil de transmisión aplicado, y termina cuando se despeja *los\_cr* en ambas portadoras.

##### **I.3.1.1.2 Defectos de extremo distante**

*Pérdida de portadora de extremo distante (flos\_cr)*: el defecto se produce cuando se notifica un defecto *los\_cr* en cuatro o más notificaciones contiguas recibidas de indicador de extremo distante. El defecto se termina cuando se notifican menos de dos indicadores *los\_cr* de extremo distante de 6 indicadores contiguos recibidos de extremo distante.

*Pérdida de señal de extremo distante (flos)*: el defecto se produce cuando se notifica un defecto *flos\_cr* de cualquier portadora especificada por el perfil de transmisión aplicado, y se termina cuando se despeja *flos\_cr* en ambas portadoras.

##### **I.3.1.1.3 Fallos de extremo cercano y extremo distante**

Los valores por defecto de TR1, TR2, TS1, TS2, TF1, y TF2 son 0,5 s.

#### **I.3.1.2 Primitivas OAM relativas al trayecto ATM**

##### **I.3.1.2.1 Defectos de extremo cercano**

*Pérdida de delineación de célula (lcd)*: el defecto se produce cuando una anomalía *ocd* persiste por más de 50 ms; el defecto *lcd* termina cuando no hay una anomalía *ocd* durante al menos 50 ms.

### **I.3.1.2.2 Defectos de extremo distante**

*Pérdida de delineación de células de extremo distante (flcd)*: el defecto se produce cuando se presenta una anomalía *focd* o persiste una anomalía *fncd* por más de 50 ms, y no hay un defecto *rdi*. El defecto *flcd* termina si no hay ni *focd* ni *fncd* por más de 50 ms.

### **I.3.1.3 Primitivas OAM relativas al trayecto PTM**

#### **I.3.1.3.1 Defectos de extremo cercano**

*Error de paquete (PER)*: el defecto se produce si una anomalía de error de paquete persiste por más de 0,5 s. El defecto *PER* termina cuando no hay una anomalía *per* por más de 0,5 s.

#### **I.3.1.4 Primitivas OAM relativas a la potencia**

##### **I.3.1.4.1 Primitivas de extremo cercano y extremo distante**

Los valores por defecto de TP1, TP2 son 2,5 s y 5 s, respectivamente.

##### **I.3.1.4.2 Conjunto de indicadores de extremo distante**

En I.1.2.2 se describe el mecanismo de transferencia de los indicadores de extremo distante enumerados en el cuadro 10-5.

### **I.3.2 Canal de tara VDSL**

#### **I.3.2.1 Funciones y descripción del canal VOC**

El control de tara VDSL (VOC) se ha definido para soportar la activación del enlace. Además, puede proporcionar la supervisión del mantenimiento y la calidad de funcionamiento del enlace, y la modificación de los parámetros de transmisión. La comunicación por VOC se inicia siempre a través de la VTU-O; la VTU-R contesta tras recibir un mensaje satisfactorio.

##### **I.3.2.1.1 Mensajes de VOC**

Un mensaje de este tipo contiene un octeto OPCODE seguido por dos octetos de DATOS. El valor de OPCODE determina el contenido y tipo de mensaje. Existen tres tipos de mensajes VOC:

- Mensaje tipo COMMAND (instrucción): La VTU-O envía el mensaje para transportar información a la VTU-R (instrucción WRITE (escritura)) o para solicitar información de esta última (instrucción READ (lectura)).
- Mensaje tipo ECHO (eco): El mensaje es una contestación de la VTU-R para confirmar la recepción de un mensaje tipo COMMAND.
- Mensaje STATUS (estado): Este mensaje podría ser del tipo IDLE, un mensaje EOC o un mensaje Unable-To-Comply (UTC) (imposible de cumplir). El mensaje IDLE debe enviarse desde las VTU-O y VTU-R cuando no hay actividad por VOC y *eoc*. El mensaje EOC debe enviarse para transferir mensajes *eoc*. El mensaje UTC será enviado para la VTU-R como respuesta a un mensaje tipo COMMAND indicando la incapacidad de la VTU-R para dar cumplimiento a la instrucción recibida (WRITE o READ).

##### **I.3.2.1.1.1 Transporte del mensaje VOC**

Los mensajes VOC se transportarán por el enlace VDSL mediante el campo OC de tres octetos de la trama de transmisión (véanse I.1.2 e I.3.3).

##### **I.3.2.1.1.2 Toma de contacto VOC**

Se debe utilizar un procedimiento especial de toma de contacto para los mensajes tipo COMMAND a fin de obtener el transporte fiable del mensaje VOC entre las VTU-O y VTU-R. La toma de contacto VOC comenzará a partir de al menos cuatro mensajes VOC IDLE y empleará el algoritmo que se describe a continuación. Al comienzo de la toma de contacto VOC, las VTU-O y VTU-R

transmitirán el mensaje IDLE. Cuando haya que enviar una instrucción particular, la VTU-O comienza y continúa transmitiendo el mensaje tipo COMMAND correspondiente. La VTU-R aceptará y retendrá el mensaje tipo COMMAND transmitido tras haber recibido mensajes idénticos en tres muestras de trama de transmisión en una hilera. A continuación, la VTU-R responderá comenzando y continuando la transmisión de un mensaje tipo ECHO correspondiente al mensaje tipo COMMAND aceptado. Si la VTU-R no puede dar cumplimiento al mensaje recibido, transmitirá un mensaje UTC en lugar de contestar con eco al mensaje tipo COMMAND.

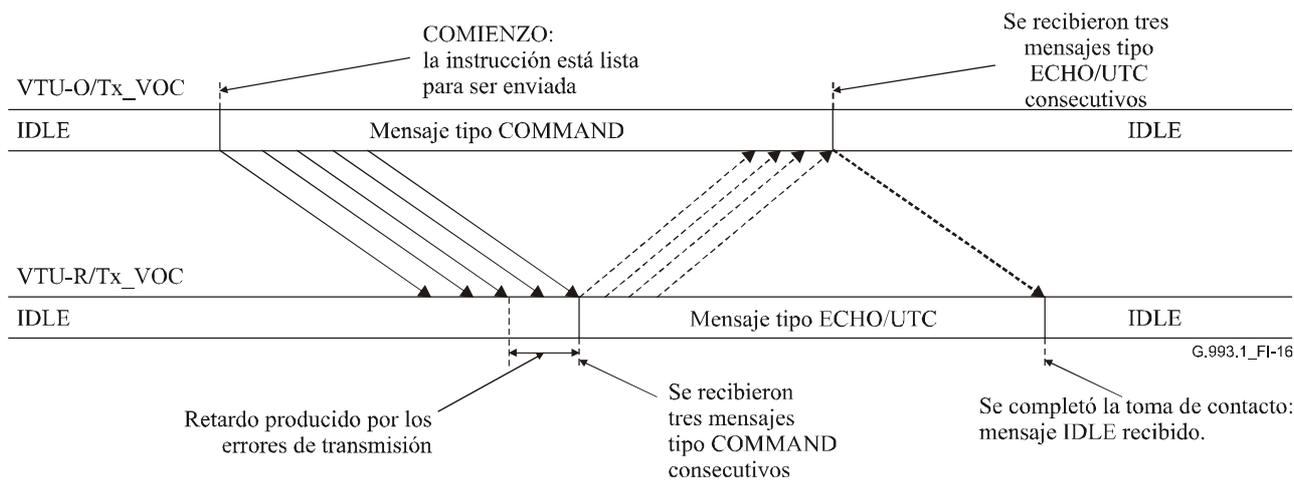
NOTA – Es posible que en cualquiera de los receptores se produzca una insuficiencia de muestras de las tramas recibidas (es decir, no es necesario que se muestree cada trama recibida durante la toma de contacto VOC).

Cuando la VTU-O recibe respuestas de tipo ECHO correctas o idénticas o mensajes UTC en tres muestras de trama consecutivas, responderá a la VTU-R comenzando y continuando la transmisión del mensaje IDLE. Cuando esta última recibe el mensaje IDLE, detendrá la transmisión del mensaje ECHO o UTC, y comenzará la transmisión de mensajes tipo IDLE al menos en cuatro ocasiones consecutivas.

La VTU-O continuará transmitiendo el mensaje tipo COMMAND hasta que detecte tres muestras consecutivas del mensaje ECHO o UTC correcto. De modo similar, la VTU-R continuará enviando el mensaje de eco hasta que reciba el mensaje de IDLE de la VTU-O. El tiempo total para la toma de contacto VOC en ambas, la VTU-O y la VTU-R, se limitará a 0,9 s.

El proceso de toma de contacto VOC se considerará completo cuando las VTU-O y VTU-R hayan reanudado la transmisión del mensaje IDLE.

En la figura I.16 se ilustra un ejemplo del proceso de toma de contacto VOC suponiendo que la VTU-R da cumplimiento a la instrucción VOC transmitida. Las flechas con línea continua indican el mensaje tipo COMMAND enviado por la VTU-O, las flechas con línea interrumpida indican el mensaje ECHO de VTU-R y las flechas con línea punteada indican los mensajes IDLE enviados por las VTU-O y VTU-R. Cada mensaje se envía durante un tiempo que corresponde al número de tramas de transmisión (antes del entrelazado – véase I.1.2.8) de las cuales el campo OC contiene el mensaje indicado. Debido al entrelazado y a la toma de contacto VOC es posible que se produzca un retardo considerable en la transición de los mensajes VOC.



**Figura I.16/G.993.1 – Ejemplo de toma de contacto de VOC de una instrucción comunicada satisfactoriamente**

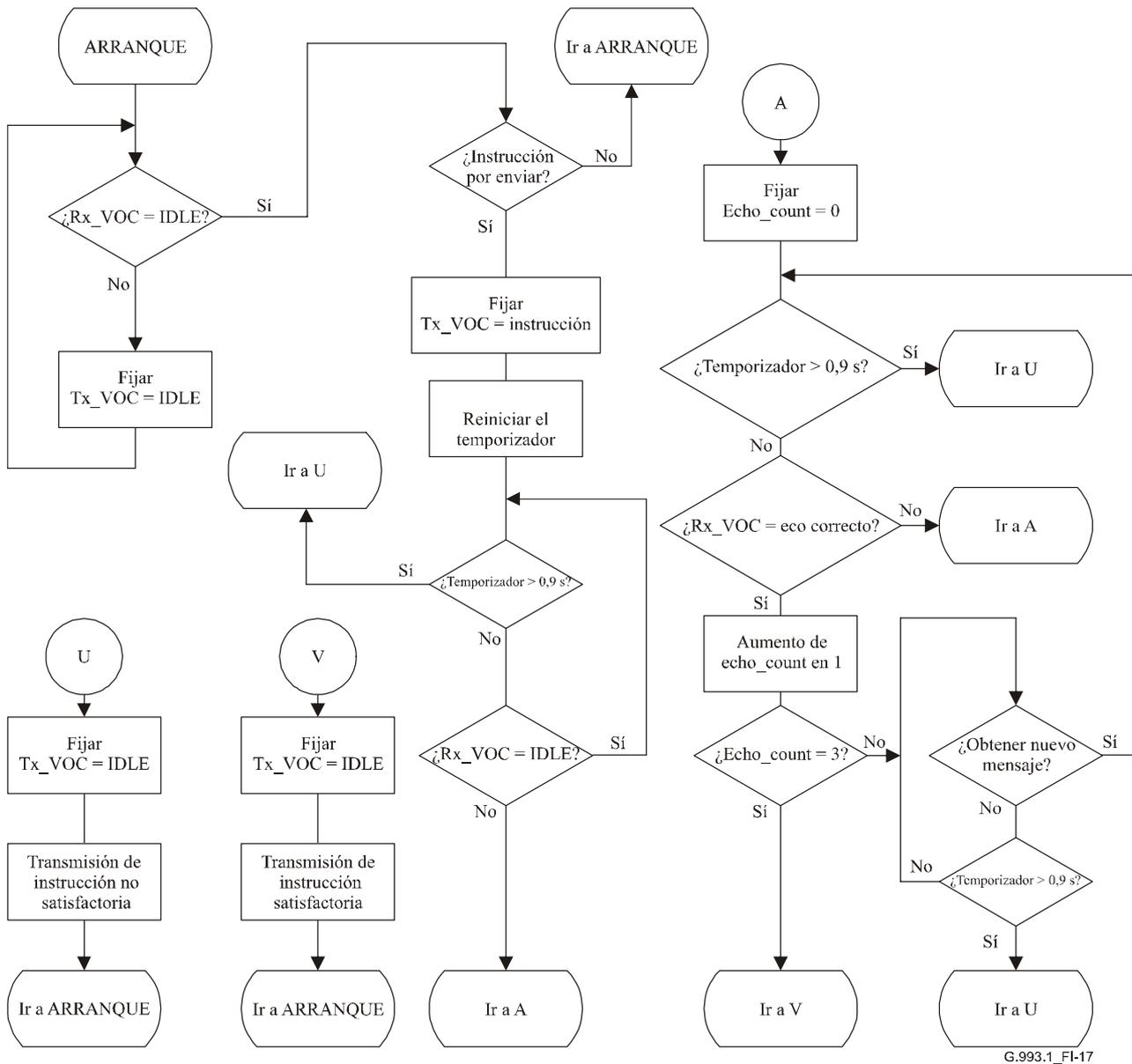
### I.3.2.1.1.3 Diagramas de flujo de la toma de contacto de VOC

El proceso de la toma de contacto VOC en la VTU-O debe seguir el diagrama de flujo que se presenta en la figura I.17, mientras que la VTU-R debe cumplir el diagrama de flujo de la figura I.18.

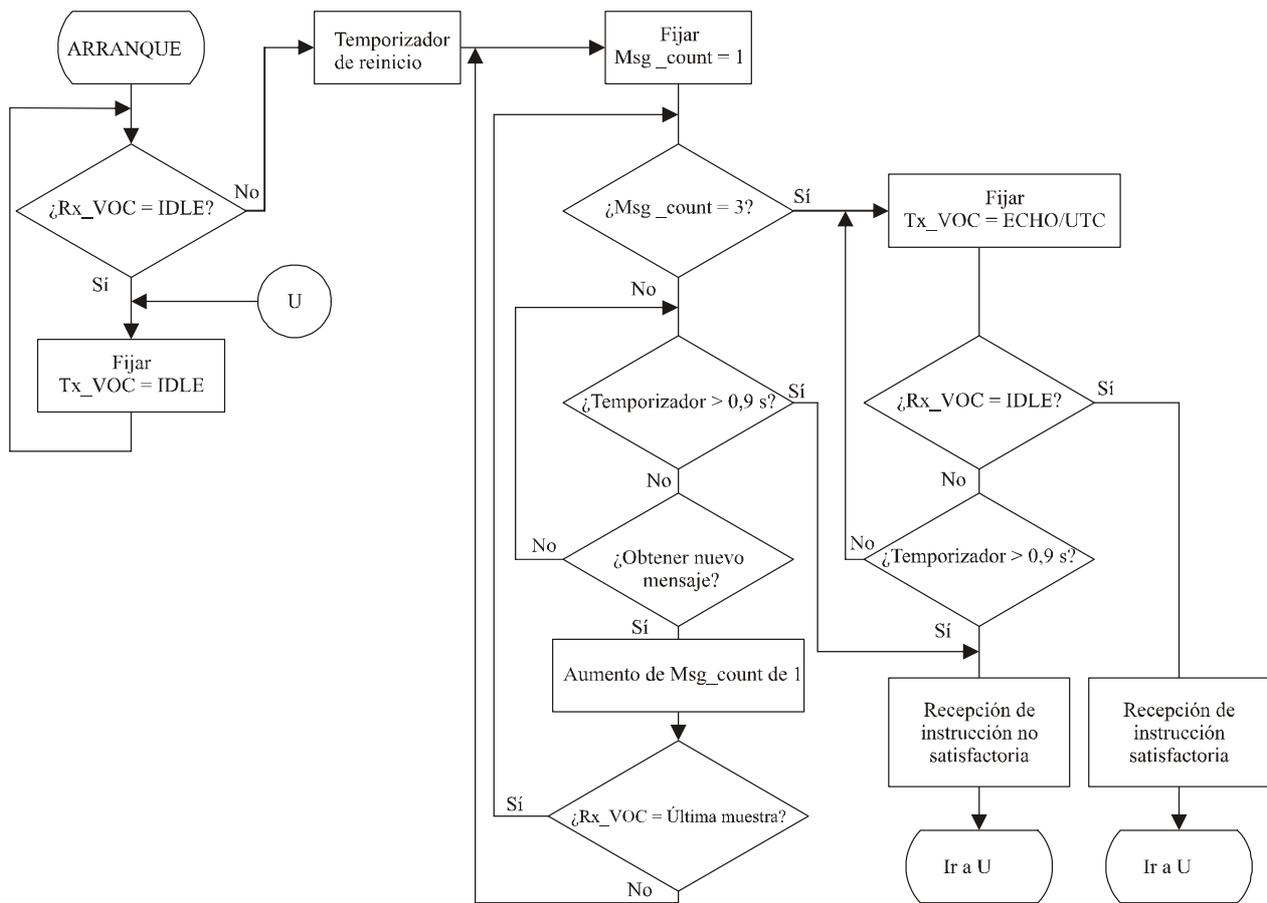
NOTA 1 – La siguiente notación se utiliza en ambas figuras I.17 e I.18:

- Rx\_VOC, Tx\_VOC: mensaje VOC recibido y transmitido, respectivamente;
- Echo\_Count: recuento de los mensajes ECHO/UTC muestreados (en la VTU-O);
- Msg\_Count: recuento de mensajes tipo COMMAND muestreados (en la VTU-R).

NOTA 2 – El "ECHO correcto" en la figura I.17 es un mensaje tipo ECHO que corresponde al mensaje tipo COMMAND enviado o a un mensaje UTC.



**Figura I.17/G.993.1 – Diagrama de flujo de la toma de contacto VOC en la VTU-O**



G.993.1\_FI-18

**Figura I.18/G.993.1 – Diagrama de flujo de toma de contacto VOC en la VTU-R**

### I.3.2.1.1.4 Comunicación de múltiples palabras

Un mensaje VOC normal transporta dos octetos de datos y en algunos casos no es suficiente. El número de octetos de datos transportados por mensajes VOC puede ampliarse utilizando instrucciones NEXT\_WORD como se describe a continuación. Hay dos tipos de mensajes de múltiples palabras:

- Tipo WRITE (escritura), para enviar información de la VTU-O a la VTU-R;
- Tipo READ (lectura), para que la VTU-O recupere información de la VTU-R.

Un mensaje de múltiples palabras consta de una cabecera VOC, que es un mensaje VOC normalizado, seguido de múltiples mensajes NEXT\_WORD en los que se incluyen los datos. El formato de los mensajes tipo READ y tipo WRITE se describe en el cuadro I.15.

### I.3.2.1.1.5 Conjunto de mensajes VOC

Este conjunto incluye cinco grupos de mensajes:

- mensajes STATUS (estado);
- mensajes de supervisión de calidad de funcionamiento;
- mensajes de configuración;
- mensajes de control;
- mensajes de activación.

El estado de los mensajes puede ser obligatorio (M) o facultativo (O).

Cualquier mensaje tipo ECHO utilizará el mismo valor OPCODE del mensaje tipo COMMAND para el que reproduce el eco. El campo DATA de un mensaje tipo ECHO incluirá bien sea los mismos datos enviados en un mensaje "WRITE" tipo COMMAND o los datos solicitados por un mensaje "READ" tipo COMMAND.

### I.3.2.1.1.6 Mensajes de estado

El canal VOC debe soportar al menos el conjunto de mensajes STATUS del cuadro I.10.

**Cuadro I.10/G.993.1 – Mensajes VOC tipo STATUS**

Nombre	Tipo	OPCODE	Campo de DATOS	Descripción	Estado
IDLE	STATUS	0xFF	0x0000	Mensaje tipo IDLE. Enviado por las VTU-O y VTU-R cuando VOC está inactivo.	M
EOC	STATUS	0xFC	Mensaje <i>eoc</i>	Enviado por las VTU-O y VTU-R cuando se emplea OC para el transporte <i>eoc</i> (VOC inactivo).	M
UTC	STATUS	0xF0	Idéntico al mensaje COMMAND empleado para UTC	Mensaje imposible de cumplir enviado por la VTU-R cuando no es posible ejecutar la instrucción recibida por cualquier razón.	M

El mensaje UTC de la VTU-R es una respuesta válida a un mensaje tipo COMMAND únicamente cuando el soporte de la instrucción solicitada por la VTU-R es facultativo.

### I.3.2.1.1.7 Mensajes de supervisión de calidad de funcionamiento

Estos mensajes tienen por objeto entregar primitivas relativas a la línea del extremo distante, detectadas en las subcapas PMD y PMS-TC, y otros parámetros de calidad de funcionamiento obtenidos por la VTU-R. Los OPCODES de 0x90 a 0x9F se reservarán para uso patentado. El canal VOC soportará al menos el conjunto de mensajes de supervisión de calidad de funcionamiento que se presentan en el cuadro I.11.

**Cuadro I.11/G.993.1 – Mensajes de VOC de supervisión de calidad de funcionamiento**

Nombre	Tipo	OPCODE	Campo de DATOS	Descripción	Estado
<b>Genéricos</b>					
VTUR_INFO	COMMAND (READ) y ECHO	0x1F	COMMAND: 0x0000 ECHO: Primeros dos octetos de los datos de INFO de la VTU-R (Nota 3)	Solicita a la VTU-R enviar INFO a la VTU-O	M
VTUO_INFO	COMMAND (WRITE) y ECHO	0x1E	COMMAND y ECHO: Primeros dos octetos de los datos INFO de la VTU-O (Nota 3)	Notifica la INFO de la VTU-O a la VTU-R	M

**Cuadro I.11/G.993.1 – Mensajes de VOC de supervisión de calidad de funcionamiento**

Nombre	Tipo	OPCODE	Campo de DATOS	Descripción	Estado
<b>Relativos a la línea: PMD</b>					
SNR_REQ	COMMAND (READ) y ECHO	0x01	COMMAND: 2 MSB = código de portadora DS, resto = 0. ECHO: 2 MSB = código de portadora DS, 8 LSB = SNR en dB, resto = 0. Peso (o factor de ponderación) de LSB = 1/4 dB	Solicita a la VTU-R el envío de la SNR correspondiente a la portadora DS especificada en dB	M
SNR_REP	COMMAND (WRITE) y ECHO	0x02	COMMAND y ECHO: 2 MSB = código de portadora US, 8 LSB = SNR en dB, resto = 0. Peso de LSB = 1/4 dB	Enviado por la VTU-O indicando la SNR correspondiente a la portadora US especificada en dB	O
ATT_REQ	COMMAND (READ) y ECHO	0x03	COMMAND: 2 MSB = código de portadora DS, resto = 0. ECHO: 2 MSB = código de portadora DS; 9 LSB = atenuación en dB, resto = 0. Peso de LSB = 1/4 dB	Solicita a la VTU-R el envío de la atenuación en dB correspondiente a la portadora DS especificada	M
ATT_REP	COMMAND (WRITE) y ECHO	0x04	COMMAND y ECHO: 2 MSB = código de portadora US, 9 LSB = atenuación en dB, resto = 0. Peso de LSB = 1/4 dB	Enviado por la VTU-O indicando la atenuación en dB correspondiente a la portadora US especificada en dB	O
Reservado	COMMAND y ECHO	0x05-0x0F			O
<b>Relativos a la línea: PMS-TC</b>					
FECS_REQ	COMMAND (READ) y ECHO	0x10	COMMAND: 0x0000 ECHO: Datos de <i>fec-s</i> de la VTU-R como un número de 16 bits de octetos con error (Nota 1)	Solicita a la VTU-R el envío del número de octetos con error corregidos mediante FEC en el canal lento desde la última instrucción FECS_REQ	M

**Cuadro I.11/G.993.1 – Mensajes de VOC de supervisión de calidad de funcionamiento**

<b>Nombre</b>	<b>Tipo</b>	<b>OPCODE</b>	<b>Campo de DATOS</b>	<b>Descripción</b>	<b>Estado</b>
FECS_REP	COMMAND (WRITE) y ECHO	0x11	COMMAND y ECHO: Datos de <i>fec-s</i> de la VTU-O como un número de 16 bits de octetos con error (Nota 1)	Notifica el número de octetos con error corregidos mediante FEC en el canal lento de la VTU-O desde la última instrucción FECS_REP	O
FECF_REQ	COMMAND (READ) y ECHO	0x12	COMMAND: 0x0000 ECHO: Datos de <i>fec-f</i> de la VTU-R como un número de 16 bits de octetos con error (Nota 1)	Solicita a la VTU-R el envío del número de octetos con error corregidos mediante FEC en el canal rápido desde la última instrucción FECF_REQ	O (Nota 2)
FECF_REP	COMMAND (WRITE) y ECHO	0x13	COMMAND y ECHO: Datos <i>fec-f</i> de la VTU-O como un número de 16 bits de octetos con error (Nota 1)	Notifica el número de octetos con error corregidos mediante FEC en el canal rápido de la VTU-O desde la última instrucción FECF_REP	O
ERRS_REQ	COMMAND (READ) y ECHO	0x14	COMMAND: 0x0000 ECHO: Datos <i>err-s</i> de la VTU-R como un número de 16 bits de palabras de código con error (Nota 1)	Solicita a la VTU-R el envío del número de palabras de código que no pudieron corregirse mediante FEC en el canal lento desde la última instrucción ERRS_REQ	M
ERRS_REP	COMMAND (WRITE) y ECHO	0x15	COMMAND y ECHO: Datos <i>err-s</i> de la VTU-O como un número de 16 bits de palabras de código con error (Nota 1)	Notifica el número de palabras de código que no pudieron corregirse mediante FEC en el canal lento de la VTU-O desde la última instrucción ERRS_REP	O

**Cuadro I.11/G.993.1 – Mensajes de VOC de supervisión de calidad de funcionamiento**

Nombre	Tipo	OPCODE	Campo de DATOS	Descripción	Estado
ERRF_REQ	COMMAND (READ) y ECHO	0x16	COMMAND: 0x0000 ECHO: Datos <i>err-f</i> de la VTU-R como un número de 16 bits de palabras de código con error (Nota 1)	Solicita a la VTU-R el envío del número de palabras de código que no pudieron corregirse mediante FEC en el canal rápido desde la última instrucción ERRF_REQ	O (Nota 2)
ERRF_REP	COMMAND (WRITE) y ECHO	0x17	COMMAND y ECHO: datos <i>err-f</i> de la VTU-O como un número de 16 bits de palabras de código con error (Nota 1)	Notifica el número de palabras de código que no pudieron corregirse mediante FEC en el canal rápido de la VTU-O desde la última instrucción ERRF_REP	O
Reservado	COMMAND y ECHO	0x18-0x1D,			O
<b>Uso patentado</b>					
Reservado	COMMAND y ECHO	0x90–0x9F			O

NOTA 1 – El recuento de errores se satura en 65 y 535.

NOTA 2 – Si se soporta el canal rápido el mensaje debe ser obligatorio.

NOTA 3 – Los campos de datos VTUR\_INFO y VTUO\_INFO deben constar de los siguientes 12 octetos de datos en el orden enumerado:

- ID de fabricante (4 octetos)
- Número de revisión (2 octetos)
- Soporte del plan espectral y de la banda (2 octetos)
- Configuración de TPS-TC (2 octetos)
- Soporte de BSR y funciones auxiliares (2 octetos).

Los campos de datos de VTUR\_INFO/VTUO\_INFO se deben comunicar utilizando las instrucciones NEXT\_WORD. El formato de VTUR\_INFO y VTUO\_INFO debe ser idéntico; el formato de todos los octetos debe ser conforme a los cuadros I.16 e I.18.

El código de 2 bits para la identificación de las portadoras US y DS en el cuadro I.11 debe ser:

- 00 – portadora 1D;
- 01 – portadora 2D;
- 10 – portadora 1U;
- 11 – portadora 2U.

En las instrucciones relativas a ambas portadoras del mismo sentido de transmisión, el bit LSB se fijará a cero en el lado de transmisión y se omitirá en el lado de recepción.

### I.3.2.1.1.8 Mensajes de configuración

La configuración de los mensajes VOC tiene por objeto reconfigurar el enlace VDSL mediante la modificación de sus parámetros de transmisión como se describe en I.4.2.2. Se definen dos tipos de mensajes para la configuración del enlace: mensajes de configuración de parámetros y mensajes de activación. Los primeros (cuadro I.13) entregan el valor del parámetro configurado de la VTU-O a la base de datos de activación de la VTU-R (véase I.4.3). Los segundos (cuadro I.14) realizan la modificación de los parámetros de transmisión del enlace a nuevos valores.

#### I.3.2.1.1.8.1 Mensajes de configuración de parámetros

La configuración del enlace VDSL se lleva a cabo modificando su conjunto de parámetros de transmisión (STP, *set of transmission parameters*), como se describe en I.4.2.1, el cuadro I.22. Los mensajes de configuración de parámetros incluyen el código de la portadora objetivo en sentido ascendente o descendente, el código STP objetivo y el valor del parámetro aplicado. El canal VOC debe soportar al menos los mensajes de configuración de parámetros que se presentan en el cuadro I.13.

Todos los mensajes de configuración de parámetros son del tipo COMMAND WRITE; los campos COMMAND y ECHO DATA deben ser iguales y deben incluir el valor del parámetro del STP particular que ha de establecerse en la VTU-R. El formato del campo DATA de los mensajes de configuración de parámetros debe ser el indicado en el cuadro I.12.

**Cuadro I.12/G.993.1 – Formato del campo DATA para los mensajes de configuración de parámetros y de repetición (read-back)**

D15	D14	D13	D12	D11-D0
Código STP		US o DS	Portadora 1 ó 2	Valor de parámetro
		Código de portadoras (notas 2, 3)		

Las siguientes combinaciones de 2 bits se utilizarán para el código STP del cuadro I.12:

00 – para I\_STP;

01 – para WS\_STP;

10 – para CR\_STP;

11 – configuración recomendada para CR\_STP (válida únicamente para los mensajes de repetición).

Las mismas combinaciones de 2 bits presentadas en I.3.2.1.1.7 se utilizarán en el cuadro I.12 para la codificación de las portadoras DS y US (código de portadora).

En las instrucciones VOC relativas a ambas portadoras en el mismo sentido de transmisión (es decir, INTERLV, FRAME) el bit D12 se fijará a 0 en el lado de transmisión y se omitirá en el lado de recepción.

Para cualquier mensaje de configuración de parámetros se podrá utilizar un mensaje de repetición suplementario del tipo COMMAND READ para verificar el valor del parámetro configurado. Además, el mensaje de repetición puede utilizarse para leer el valor del parámetro particular recomendado para CR\_STP. Si se utiliza un mensaje de repetición se construirá conforme a las siguientes reglas:

- el OPCODE de un mensaje de repetición es idéntico al OPCODE del mensaje de configuración de parámetro correspondiente aumentado por 0x20 (en la gama de los OPCODE de 0x40 a 0x5F);

- el campo DATA de un mensaje de repetición difiere del mensaje de configuración de parámetro correspondiente por el valor de parámetro (bits D0-D11) únicamente. El último se fija a cero para el mensaje COMMAND, y es igual al valor del parámetro real en la VTU-R para el mensaje ECHO.

**Cuadro I.13/G.993.1 – Mensajes de configuración de parámetros**

Nombre	Tipo	OPCODE	Valor de parámetro	Descripción	Estado
EXCBAND	COMMAND (WRITE) y ECHO	0x29	10 MSB = 0, 2 LSB = exceso adicional de ancho de banda por encima de 0,1. El peso (o factor de ponderación) de LSB = 1/30 (Nota 1)	Selecciona el exceso de ancho de banda de la VTU-R para ambos sentidos de transmisión	O
INTERLV	COMMAND (WRITE) y ECHO	0x21	2 MSB = $\log_2(S/I)$ para $S/I < 16$ . Para $S/I = 16$ , 3 MSB = 1.  8 LSB = M, resto = 0. M = 0 ó 3 MSB = 0 inhabilita el entrelazador	Selecciona la profundidad de entrelazado de la VTU-R para el sentido y STP especificados	M
FRAME	COMMAND (WRITE) y ECHO	0x22	8 MSB = $F$ , 4 LSB = $RF/2$ (Nota 2)	Selecciona el formato de trama de la VTU-R para el sentido y STP especificados	M
PSDMASK	COMMAND (WRITE) y ECHO	0x23	Código de plantilla PSD de 12-bit (Nota 3)	Selecciona la plantilla PSD de transmisión de la VTU-R para el STP especificado	M
PSDLEVEL	COMMAND (WRITE) y ECHO	0x24	4 MSB = 0, 8 LSB = PSD[dBm/Hz] +100, peso de LSB = 1/4 dBm/Hz	Selecciona el nivel de PSD de transmisión de la VTU-R para la portadora US y el STP especificados	M
PSDLEVEL_REP	COMMAND (WRITE) y ECHO	0x25	4 MSB = 0, 8 LSB = PSD[dBm/Hz] +100, peso de LSB = 1/4 dBm/Hz	Notifica el nivel de PSD de transmisión de la VTU-O para la portadora DS y el STP especificados	O
SMBLRATE	COMMAND (WRITE) y ECHO	0x26	2 MSB = 0, 10 LSB = perfil $s$ de velocidad de símbolos (Nota 4)	Selecciona el perfil de la velocidad de símbolos de la VTU-R para la portadora y el STP especificados	M

**Cuadro I.13/G.993.1 – Mensajes de configuración de parámetros**

Nombre	Tipo	OPCODE	Valor de parámetro	Descripción	Estado
CONSTEL	COMMAND (WRITE) y ECHO	0x27	8 MSB = 0, 4 LSB = $\log_2$ (tamaño de la constelación)	Selecciona el tamaño de la constelación de la VTU-R para la portadora y el STP especificados	M
CENFREQN	COMMAND (WRITE) y ECHO	0x28	1 MSB = 0, 11 LSB = perfil $k$ de la frecuencia central (Nota 5)	Selecciona el perfil de la frecuencia central de la VTU-R para la portadora y STP especificados	M
PSD_REF	COMMAND (WRITE) y ECHO	0x30	<i>Primer campo:</i> 4 MSB = 0, 8 LSB = $a[\text{dBm/Hz}] + 100$ , peso de LSB = 1/4 dBm/Hz  <i>Segundo campo:</i> 3 MSB = 0, 10 LSB = $b[\text{dBm/Hz}] + 50$ , peso de LSB = 1/20 dBm/Hz	Selecciona el valor de PSD_REF para la portadora US especificada (Nota 6)	M
PSD_REFS	COMMAND (WRITE)	0x31	4 MSB = 0, 8 LSB = PSD_REFS[dBm/Hz] + 120, peso de LSB = 1/4 dBm/Hz	Selecciona el valor del arranque PSD_REF (I.4.3.5)	M
Reservado	COMMAND y ECHO	0x20, 0x32 -0x3F	Nota 7		O

NOTA 1 – Como ejemplo, el valor 0x2 de EXBAND da por resultado un exceso de ancho de banda de  $0,1 + 2/30 = 0,167$  (16,7%).

NOTA 2 – El formato de trama se definirá mediante el número total de octetos ( $F \leq 180$ ) y el número de octetos redundantes ( $RF \leq 16$ ) en la palabra de código rápida. Los valores distintos de cero válidos para  $F$  y  $RF$  se definen en I.1.2.3.

NOTA 3 – El código de la plantilla PSD conlleva la especificación de la misma que es particular de cada región. En [ETSI], [ANSI] y en el anexo F se pueden encontrar los códigos de la plantilla PSD de algunas regiones. El valor del ancho de banda de las ranuras en las bandas de radioaficionados deben cumplir con la especificación en 6.2.4.

NOTA 4 – El perfil de la velocidad de símbolos se calcula como  $s = SR/BSR$ , donde  $SR$  es la velocidad de símbolos requerida en kbaud,  $BSR = 33,75$  kbaud, como se define en I.2.2.3.2.1, a menos que la instrucción VTU\_INFO notifique un valor diferente.

NOTA 5 – El perfil de la frecuencia central se calcula como  $K = 0,5x f_c/BSR$ , donde  $f_c$  es la frecuencia central requerida en kHz,  $BSR = 33,75$  kband (véase I.2.2.3.2.1).

NOTA 6 – La instrucción necesita dos campos VOC y se comunica utilizando instrucciones Next Word (siguiente palabra).

NOTA 7 – El OPCODE 0x20 se reserva para el mensaje PROFILE particular de cada región (véase [ETSI]).

### I.3.2.1.1.9 Mensajes de activación

Todos estos mensajes son del tipo COMMAND WRITE. El contenido del campo COMMAND y del campo ECHO DATA debe ser 0xAAAA. El canal VOC debe soportar al menos los mensajes de activación del cuadro I.14.

**Cuadro I.14/G.993.1 – Mensajes de activación**

Nombre	Tipo	OPCODE	Descripción	Estado
CHANGE	COMMAND (WRITE) y ECHO	0xA0	Solicita que la VTU-R esté preparada para modificar CR_STP a un nuevo valor de parámetro cuando se ejecuta un procedimiento de activación (I.4.3.6)	M
IDLREQ	COMMAND (WRITE) y ECHO	0xA1	Solicita que la VTU-R esté preparada para modificar CR_STP a I_STP cuando se ejecuta un procedimiento de activación (I.4.3.6)	M
BTSERV	COMMAND (WRITE) y ECHO	0xA2	Solicita a la VTU-R que esté preparada para modificar CR_STP a WR_STP cuando se ejecuta un procedimiento de activación (I.4.3.6)	M

### I.3.2.1.1.10 Mensajes de control

Estos mensajes son útiles para el mantenimiento del sistema en algunos casos especiales y permiten que el sistema de gestión anule algunos procedimientos de rutina. El canal VOC debe soportar al menos los mensajes de control del cuadro I.15.

**Cuadro I.15/G.993.1 – Mensajes de control**

Nombre	Tipo	OPCODE	Campo de DATOS	Descripción	Estado
USPB_RESET	COMMAND (WRITE) y ECHO	0xE0	COMMAND y ECHO: 2 MSB = US código de portadora US, resto = 0	Solicita a la VTU-R renovar el proceso de reducción de potencia de US para la portadora US especificada	M
THRPUT	COMMAND (WRITE) y ECHO	0xE1	COMMAND y ECHO: 8 MSB = caudal de datos, 8 LSB = caudal de eoc (0x00 = establecer, 0xFF = reiniciar)	Establece o reinicia el caudal de datos y el caudal de eoc en la VTU-R	M
THRPUT_REQ	COMMAND (READ) y ECHO	0xE2	COMMAND: 0x0000 ECHO: 8 MSB = caudal de datos, 8 LSB = caudal de eoc (0x00 = establecer, 0xFF = reiniciar)	Solicita a la VTU-R enviar el estado del caudal de datos y del caudal de eoc a la VTU-R	O

**Cuadro I.15/G.993.1 – Mensajes de control**

<b>Nombre</b>	<b>Tipo</b>	<b>OPCODE</b>	<b>Campo de DATOS</b>	<b>Descripción</b>	<b>Estado</b>
NEXT_WORD_W	COMMAND (WRITE) y ECHO	0xE3	COMMAND y ECHO: siguientes dos octetos de datos	Transporta los siguientes dos octetos de datos especificados por la última instrucción tipo WRITE distinta de NEXT_WORD_W	M
NEXT_WORD_R	COMMAND (READ) y ECHO	0xE4	COMMAND: 0x0000 ECHO: siguientes dos octetos de datos	Solicita a la VTU-R enviar los siguientes dos octetos de datos especificados por la última instrucción tipo READ distinta de NEXT_WORD_R	M
TX_FILTER_REP	COMMAND (WRITE) y ECHO	0xE5	COMMAND y ECHO: 4 MSB = código STP y código de portadora (cuadro I.12), 8 LSB = primer octeto del registro de filtro de transmisión de la VTU-O que se ha de enviar a la VTU-R (Nota 1), resto = 0	Notifica los parámetros del filtro de transmisión de la VTU-O especificados en el registro del filtro de transmisión (véase I.3.4.3). Esta instrucción precederá a cualquier modificación de los parámetros del filtro de transmisión (es decir, el envío se realiza antes de que se efectúen las modificaciones)	M
TX_FILTER_REQ	COMMAND (READ) y ECHO	0xE6	COMMAND: 4 MSB = código STP y código de portadora (cuadro I.12), resto = 0. ECHO: 8 MSB = 8 MSB del COMMAND, 8 LSB = primer octeto del registro de filtro de transmisión de la VTU-R que ha de enviarse a la VTU-O (Nota 1)	Solicita los parámetros del filtro de transmisión de la VTU-R especificados en el registro de filtro de transmisión (véase I.3.4.3).	M

**Cuadro I.15/G.993.1 – Mensajes de control**

Nombre	Tipo	OPCODE	Campo de DATOS	Descripción	Estado
QUIET	COMMAND (WRITE) y ECHO	0xE7	COMMAND y ECHO: D10 = modo de transceptor no silenciado, D9 = 1 notifica la VTU-O, silenciada D8 = 1 solicita la VTU-R silenciada, 4 LSB = periodo máximo de silencio en s hasta 10, resto = 0 (Nota 2)	Solicita a la VTU-R silenciar su transmisor y notifica si el transmisor de la VTU-O será silenciado. Cada uno de los transmisores será silenciado por hasta el periodo de tiempo especificado inmediatamente tras la conclusión de la toma de contacto de VOC. A continuación del periodo de silencio, ambos modos pasan a la activación de <i>arranque en frío</i> . Un módem que no haya sido silenciado puede solicitar la finalización prematura del periodo de silencio transmitiendo una señal QUIET seguida por DF-STP (Nota 3)	M

**Cuadro I.15/G.993.1 – Mensajes de control**

Nombre	Tipo	OPCODE	Campo de DATOS	Descripción	Estado
COPY_STP	COMMAND (WRITE) y ECHO	0xE8	COMMAND y ECHO: 8 MSB = STP de origen, 8 LSB = STP de destino. Codificación de STP: 0x00 – CR_STP; 0x01 – DF_STP; 0x02 – WS_STP; 0x03 – WR_STP; 0x04 – RE_STP; 0x05 – I_STP; 0xFF – todos los STP (excepto DF_STP)	Solicita a la VTU-R copiar los valores de los parámetros de un STP de origen indicado a un STP de destino indicado (DF_STP se permite sólo en el campo de origen, véase I.4.2.2.1)	M
Reservado	COMMAND y ECHO	0xE9-0xEF			O

NOTA 1 – La instrucción TX\_FILTER permite comunicar los parámetros del filtro de transmisión de la VTU correspondiente al STP definido y a la portadora seleccionada. Se supone que antes de la comunicación VOC los parámetros de filtro se cargan en el registro de filtro de transmisión con el formato especificado en I.3.4.3. Los parámetros de filtro se envían al otro lado o se recuperan del mismo mediante instrucciones NEXT\_WORD. El primer octeto del registro de filtro de transmisión incluye el número de octetos que se han de enviar/recuperar.

NOTA 2 – Los bits D9 y D8 del campo de datos especifican que uno o ambos módems harán silenciar sus transmisores durante el periodo de silencio especificado por los bits D3-D0. Si ambos módems son silenciados, el periodo de silencio dura el tiempo especificado, tras lo cual ambos módems inician la activación de *arranque en frío* (inician la transmisión de DF\_STP). Si sólo un módem es silenciado, el módem no silenciado continuará transmitiendo la misma señal antes de esta instrucción si D10 = 0, o podrá transmitir cualquier otra señal que cumpla con la plantilla M1 de PSD, excluyendo la señal QUIET (véase I.4.3.4), si D10 = 1.

NOTA 3 – El módem no silenciado podrá solicitar la terminación prematura del periodo de silencio en cualquier momento transmitiendo la señal QUIET durante al menos 100 ms seguida por DF\_STP, iniciando entonces la activación de *arranque en frío*. El módem silenciado puede permanecer en silencio hasta el final del periodo especificado o puede (pero no está obligado a ello) dar por terminado anticipadamente el periodo de silencio si detecta la señal de DF\_STP.

La transmisión de la instrucción NEXT\_WORD\_R/NEXT\_WORD\_W se refiere siempre al último OPCODE de VOC distinto de NEXT\_WORD\_W/R, IDLE y EOC que se había comunicado satisfactoriamente por el VOC. Si la última instrucción VOC comunicada satisfactoriamente fue un tipo READ, las instrucciones subsiguientes NEXT\_WORD\_R leerán los siguientes dos octetos de datos de la VTU-R correspondiente a esa instrucción tipo READ. Si la última instrucción VOC comunicada satisfactoriamente fue del tipo WRITE, las instrucciones subsiguientes NEXT\_WORD\_W escribirán los siguientes dos octetos de datos en la VTU-R correspondiente a esa instrucción tipo WRITE. Las transmisiones de NEXT\_WORD\_R o NEXT\_WORD\_W, que intentan leer o escribir más allá de la longitud del campo de datos definida para el OPCODE precedente, recibirán una respuesta de eco de la VTU-R con UTC. La recepción en la VTU-R de una instrucción distinta de NEXT\_WORD\_R, NEXT\_WORD\_W o IDLE dará por terminado el proceso del OPCODE anterior. La recepción de una sola instrucción NEXT\_WORD\_R o NEXT\_WORD\_W que no corresponda a la instrucción anterior (ya sea NEXT\_WORD\_R tras una instrucción tipo WRITE o bien NEXT\_WORD\_W tras una instrucción tipo READ) será contestada con un mensaje de eco con UTC.

### I.3.3 Funcionalidad de la subcapa TPS-TC del canal de operaciones (OC-TC)

#### I.3.3.1 Multiplexación de los canales VOC y eoc

La multiplexación/demultiplexación de VOC y *eoc* se basa en el valor OPCODE del canal OC (véase I.1.2.1) que permite distinguir el contenido del campo DATA de OC. El canal VOC tendrá prioridad en el proceso de multiplexación: si ambos mensajes VOC y *eoc* están preparados para su envío, el mensaje VOC se envía en primer lugar.

Cuando no hay ningún mensaje VOC pendiente de envío en la palabra de código lenta dada, el octeto OPCODE de OC de esa palabra de código se fijará a 0xFF o a 0xFC (OPCODE del mensaje "IDLE" u OPCODE del mensaje "EOC", véase I.3.2.1.1.5). En el caso de OPCODE=0xFF, se insertará 0x0000 en el campo DATA de OC. En el caso de OPCODE=0xFC, se insertarán los siguientes 2 octetos del mensaje *eoc* en el campo DATA de OC. Cuando sea necesario enviar un mensaje VOC distinto de IDLE, se interrumpirá la transparencia de *eoc*, y el OPCODE de VOC correspondiente (véase I.3.2.1.1.4) se preparará para transmitir un mensaje VOC. Cuando se completa la transmisión de dicho mensaje, el valor de OPCODE se fijará a IDLE. Tras el envío del número especificado de mensajes IDLE (véase I.3.2.1.1.1), se podrá reanudar el transporte de *eoc* por el canal OC.

#### I.3.3.2 Demultiplexación

Cuando el OPCODE de OC recibido sea igual a 0xFC, el contenido del campo DATA de OC se enviará a través de la interfaz  $\gamma$  correspondiente. Si el OPCODE de OC recibido es igual a cualquier valor distinto de 0xFF o de 0xFC, el campo DATA de OC recibido se dirigirá al procesador VOC como un OPCODE de VOC válido posible (véase I.3.2.1.1.5).

NOTA – El valor de OPCODE de OC igual a 0xFC indica que los octetos de DATA de OC recibidos pueden contener un mensaje *eoc*. El procesador de *eoc* podrá distinguir un mensaje *eoc* válido como se describe en 10.3.2.

### I.3.4 Registros de la VTU-R

#### I.3.4.1 Registro de configuración de la VTU-R

El registro de configuración de la VTU-R está previsto para almacenar los datos de configuración de la VTU-R, ya sea por defecto o entregados desde la VTU-O a través de VOC. El registro consta de 64 bytes e incluye los datos especificados en el cuadro I.16:

**Cuadro I.16/G.993.1 – Registro de configuración de la VTU-R (Registro 0x8)**

Número de byte, HEX	Descripción de parámetro	Formato
<b>Relativo a la línea</b>		
0x00-0x01	Reservado para uso por el UIT-T	Para el código PROFILE [ETSI] valor por defecto 0xFF
0x02-0x03	Plantilla PSD de transmisión	Véase el cuadro I.13, PSD_MASK
0x04-0x05	Establecimiento de trama	Véase el cuadro I.13, FRAME
0x06-0x07	Velocidad de símbolos, portadora US1	Véase el cuadro I.13, SMBLRATE
0x08-0x09	Velocidad de símbolos, portadora US2	Véase el cuadro I.13, SMBLRATE
0x0A-0x0B	Velocidad de símbolos, portadora DS1	Véase el cuadro I.13, SMBLRATE
0x0C-0x0D	Velocidad de símbolos, portadora DS2	Véase el cuadro I.13, SMBLRATE
0x0E-0x0F	Constelación, portadora US1	Véase el cuadro I.13, CONSTEL
0x10-0x11	Constelación, portadora US2	Véase el cuadro I.13, CONSTEL

**Cuadro I.16/G.993.1 – Registro de configuración de la VTU-R (Registro 0x8)**

<b>Número de byte, HEX</b>	<b>Descripción de parámetro</b>	<b>Formato</b>
<b>Relativo a la línea</b>		
0x12-0x13	Constelación, portadora DS1	Véase el cuadro I.13, CONSTEL
0x14-0x15	Constelación, portadora DS2	Véase el cuadro I.13, CONSTEL
0x16-0x17	Frecuencia central, portadora US1	Véase el cuadro I.13, CENFREQN
0x18-0x19	Frecuencia central, portadora US2	Véase el cuadro I.13, CENFREQN
0x1A-0x1B	Frecuencia central, portadora DS1	Véase el cuadro I.13, CENFREQN
0x1C-0x1D	Frecuencia central, portadora DS2	Véase el cuadro I.13, CENFREQN
0x1E-0x1F	Exceso de ancho de banda, portadoras US	Véase el cuadro I.13, EXCBAND
0x30-0x31	Exceso de ancho de banda, portadoras DS	Véase el cuadro I.13, EXCBAND
0x32-0x33	PSD_REF, portadora US1, valor a	Véase el cuadro I.13, PSD_REF
0x34-0x35	PSD_REF, portadora US1, valor b	Véase el cuadro I.13, PSD_REF
0x36-0x37	PSD_REF, portadora US2, valor a	Véase el cuadro I.13, PSD_REF
0x38-0x39	PSD_REF, portadora US2, valor b	Véase el cuadro I.13, PSD_REF
0x3A-0x3B	Arranque de PSD_REF	Véase el cuadro I.13, PSD_REFS
0x3C-0x3F	Reservado	0xFF
0x40-0x41	Arranque del entrelazador	Véase el cuadro I.13, INTERLV
0x42-0x43	Soporte del plan espectral y de la banda	Véase la nota 1
0x44-0x45	Nivel de PSD de transmisión, portadora US1	Véase el cuadro I.13, PSDLEVEL
0x46-0x47	Nivel de PSD de transmisión, portadora US2	Véase el cuadro I.13, PSDLEVEL
0x48-0x49	Nivel de PSD de transmisión, portadora DS1	Véase el cuadro I.13, PSDLEVEL
0x4A-0x4B	Nivel de PSD de transmisión, portadora DS2	Véase el cuadro I.13, PSDLEVEL
0x4C-0x4D	Soporte de BSR y funciones auxiliares	Véase la nota 2
0x4E-0x4F	Reservado	
<b>Relativo al trayecto</b>		
0x20-0x21	Configuración de TPS-TC	Véanse las notas 3 y 4
0x22-0x23	Configuración de ATM-TC	Reservado, valor por defecto 0xFF
0x24-0x25	Configuración de STM-TC	Reservado, valor por defecto 0xFF
0x26-0x27	Configuración de PTM-TC	Reservado, valor por defecto 0xFF
0x28-0x2F	Reservado	0xFF
<p>NOTA 1 – El formato del código del plan espectral debe ser el que se define en el cuadro I.17, y el formato del código de soporte de banda el que se define en el cuadro I.18. El valor 1 en el cuadro I.17 indica el soporte del plan espectral especificado en 6.1, incluyendo los planes de las bandas específicas para las regiones (anexos A-C) y las aplicaciones de ETSI que se definen en [ETSI]. El valor 0 indica que no hay soporte. El valor 1 en el cuadro I.18 indica el soporte de la banda particular, y el valor 0 que no hay soporte.</p>		

### Cuadro I.16/G.993.1 – Registro de configuración de la VTU-R (Registro 0x8)

NOTA 2 – El formato del byte 0x4C debe ser: D0-D3 fijado a 0; D4-D5 soporte de BSR; D6, D7 reservados. Se debe utilizar la siguiente codificación para D4-D5:

00 Soporta sólo BSR = 67,5 kbaud (valor tradicional)  
 01 Soporta sólo BSR = 33,75 kbaud (valor nominal)  
 10, 11 Reservados.

El byte 0x4D se reserva para funciones auxiliares. Todos los bits reservados se deben fijar a 1.

NOTA 3 – Utilizar los siguientes bits de 0x20: D0, D1 para ATM-TC; D3, D4 para STM-TC; D5, D6 para PTM-TC. Utilizar la siguiente codificación:

00 No instalado  
 11 Instalado y activado  
 10 Instalado e inhabilitado  
 01 N/A

NOTA 4 – El formato del byte 0x21 debe ser: D0-D3 indicadores  $fp_1 - fp_4$  de defecto de TPS-TC, respectivamente, y el resto de los bits se reservan y se deben fijar a 1. En I.1.2.2.2 se especifica la definición y la codificación de  $fp$ .

### Cuadro I.17/G.993.1 – Código de soporte del plan espectral (byte 0x42)

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
0	0	0	Anexo C	ETSI FTTCab B	ETSI FTTCab A	Anexo B	Anexo A

### Cuadro I.18/G.993.1 – Código de soporte de banda (byte 0x43)

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
0	0	US2	DS2	US1	DS1	25-138, DS	25-138, US

#### I.3.4.2 Registros de calidad de funcionamiento de la VTU-R

Los registros de calidad de funcionamiento se utilizan para almacenar la información relativa a la calidad de funcionamiento de la VTU-R y al bucle. Los registros incluirán datos conforme al cuadro I.19:

### Cuadro I.19/G.993.1 – Registros de calidad de funcionamiento de la VTU-R

Número de byte, HEX	Descripción de parámetro	Formato
<b>Registro 0x3: Resultados de la autopueba</b>		
0x00-0x0F	Reservada	0xFF
<b>Registro 0x4: Calidad de funcionamiento</b>		
0x00-0x01	Octetos con error corregidos en el canal lento	Véase el cuadro I.11, FECS
0x02-0x03	Octetos con error corregidos en el canal rápido	Véase el cuadro I.11, FECF
0x04-0x05	Octetos con error no corregidos en el canal lento	Véase el cuadro I.11, ERRS
0x06-0x07	Octetos con error no corregidos en el canal rápido	Véase el cuadro I.11, ERRF
0x08-0x0A	Reservada	0xFF

**Cuadro I.19/G.993.1 – Registros de calidad de funcionamiento de la VTU-R**

Número de byte, HEX	Descripción de parámetro	Formato
<b>Registro 0x6: Atenuación de bucle</b>		
0x00	Portadora DS1	Véase I.3.1, (nota 1)
0x01	Portadora DS2	
0x02	Portadora US1	
0x03	Portadora US2	
0x04	Longitud eléctrica, US	Nota 2
0x05	Longitud eléctrica, DS	
0x06-0x0F	Reservada	
<b>Registro 0x7: Margen de SNR</b>		
0x00	SNR-M, portadora DS1	Véase 10.5
0x01	SNR-M, portadora DS2	
<p>NOTA 1 – El valor de la atenuación de las portadoras US1 y US2 debe fijarse a 0x00 si no hay datos pertinentes disponibles de la VTU-O.</p> <p>NOTA 2 – Los valores de la longitud eléctrica deberían calcularse utilizando los datos de la atenuación de la portadora y fijarse a 0x00 si no hay datos pertinentes disponibles.</p>		

### I.3.4.3 Registro del filtro de transmisión de la VTU

El registro del filtro de transmisión en las VTU-O y VTU-R deben incluir los datos especificados en el cuadro I.20. Los datos se refieren sólo a la parte del filtro que funciona a la velocidad de símbolos.

**Cuadro I.20/G.993.1 – Registro del filtro de transmisión**

Número de byte, HEX	Descripción de parámetro	Formato
0x00	Longitud del registro, L octetos	0x01-0xFF, nota 1
0x01	Número de ceros, NZ (NZ × octetos)	Notas 2 y 3
0x02-0x03	Primer cero de la parte real	
0x04-0x05	Primer cero de la parte imaginaria	
0x06-0x07	Segundo cero de la parte real	
0x08-0x09	Segundo cero de la parte imaginaria	
...		
0x(4 × NZ – 2)-0x(4 × NZ – 1)	NZ cero, parte real	
0x(4 × NZ)-0x(4 × NZ + 1)	NZ cero, parte imaginaria	
0x(4 × NZ + 2)-0x(4 × NZ + 3)	Primer polo de la parte real	
0x(4 × NZ + 4)-0x(4 × NZ + 5)	Primer polo de la parte imaginaria	
...		
0x(4 × (NZ + NP) – 2)-0x(4 × (NZ + NP) – 1)	Polo NP de la parte real	
0x(4 × (NZ + NP))-0x(4 × (NZ + NP) + 1)	Polo NP de la parte imaginaria	



### I.4.1.1 Estados

El estado y el diagrama de temporización del enlace deben incluir cinco estados:

- *Desconexión de energía* es el estado inicial que es útil para la instalación y modificación del servicio antes del primer proceso de energización.
- *Transmisión en régimen permanente* es un estado alcanzado tras haber completado el proceso de activación del enlace. En este caso, el enlace transportará información de usuario con características de calidad de funcionamiento normal.
- *Pérdida de sincronía (pérdida de señal)* es un estado alcanzado si se produce una pérdida de sincronización de trama de transmisión (también como resultado de pérdida de energía de la señal o pérdida de temporización de símbolo). Durante este estado el enlace se interrumpe. El enlace retornará al estado de *transmisión en régimen permanente* si se recupera la sincronización de tramas en un periodo de tiempo corto (T5). De lo contrario, el enlace pasará a ejecutar el procedimiento de activación *tras el error*.
- *Interrupción de energía* es un estado alcanzado tras una supresión predeterminada de energía, fallo de energía o una desactivación tipo *QUIET* en la VTU-O o en la VTU-R. Durante este estado se interrumpe el enlace. El enlace pasará al procedimiento de *arranque en caliente* aplicando una petición de conexión de energía.
- El estado de *reposo* genera baja diafonía y un consumo reducido de energía para el enlace cuando no hay llamadas de banda ancha en curso. Cuando la VTU-O o la VTU-R detecta una señal de alerta de llamada de banda ancha (instrucción de petición de retorno a servicio) de la red o del CPE, respectivamente, se ejecuta un procedimiento de *reanudación en caliente*. El soporte del estado de *reposo* es facultativo.

Si el enlace VDSL se mantiene durante el estado de *reposo*, se debería proporcionar al menos sincronización de las tramas de datos, transparencia de VOC y supervisión de eventos de pérdida de sincronía. El transporte de datos de usuario y de eoc es facultativo.

### I.4.1.2 Activación

La VTU-R o la VTU-O tiene capacidad para activar el enlace. Cuando se completa satisfactoriamente la activación el enlace pasa a transmisión en régimen permanente. Los siguientes cuatro tipos de activación de enlace (figura I.19) corresponden a los cuatro procedimientos de activación:

- *Arranque en frío*: se aplicará tras la primera energización o tras una activación de *arranque en caliente* no satisfactoria. Si no es posible concluirlo satisfactoriamente, se deben efectuar algunas modificaciones al servicio instalado para simplificar el establecimiento del enlace.  
NOTA 1 – Por lo general, la activación de *arranque en frío* no satisfactoria se produce cuando el entorno del enlace activado (atenuación de bucle, ruido, etc.) es demasiado pobre para proporcionar el servicio deseado.
- *Arranque en caliente*: se aplicará tras una activación de *reanudación tras el error* no satisfactoria, o tras una activación de *reanudación en caliente* no satisfactoria, o tras un fallo de interrupción de energía/energía, o tras un evento de desactivación de enlace (*QUIET*). Si falla el *arranque en caliente*, se aplica la activación de *arranque en frío*.  
NOTA 2 – Por lo general, la activación de *arranque en caliente* no satisfactoria se produce tras una modificación significativa de las características de la línea (por ejemplo una conexión a una nueva línea con parámetros desconocidos).
- La *reanudación tras el error* se aplica después de una interrupción del enlace debida a la pérdida de sincronización, que no pudo autorrecuperarse durante el tiempo especificado (T5). Si falla la *reanudación tras el error* se debe aplicar la activación por *arranque en caliente*.

NOTA 3 – Por lo general, la activación por *reanudación tras el error* no satisfactoria se debe a una modificación temporal de las condiciones de ruido en el bucle o a la modificación de los parámetros de transmisión.

- La *reanudación en caliente* se aplicará cuando se recibe una señal de alerta de llamada de banda ancha (instrucción de petición de retorno a servicio) si el enlace se encuentra en el estado de *reposo*. Si falla la *reanudación en caliente* se debe aplicar la activación por *arranque en caliente*.

NOTA 4 – Por lo general, la activación por *reanudación en caliente* no satisfactoria se debe a una modificación temporal de las condiciones de ruido en el bucle.

#### I.4.1.3 Desactivación de enlace

El proceso de desactivación de enlace puede ser iniciado en la VTU-O o en la VTU-R mediante señales de control especiales. Tanto la VTU-O como la VTU-R deberían soportar dos tipos de desactivación de enlace.

- *QUIET* debe terminar el enlace y se aplicará si se produce un fallo de energía, o si se desea el reinicio del transceptor, o como parte del proceso de interrupción de energía. *QUIET* podrá iniciarse mientras el enlace se encuentra en cualquier estado o durante cualquier proceso de activación. En todo caso, excepto durante el *arranque en frío*, tras las desactivación tipo *QUIET* el enlace pasará al estado de *interrupción de energía*. La desactivación *QUIET* durante el *arranque en frío* hace pasar el enlace al estado inicial (desconexión de energía).
- La *petición de reposo* hace pasar el enlace de transmisión en régimen permanente al estado de reposo (si se soporta). La instrucción de *petición de reposo* (véase I.4.3.2) podrá aplicarse cuando se recibe una instrucción de liberación de llamada de banda ancha sólo mientras el enlace se encuentra en el estado de *transmisión en régimen permanente*.

NOTA – El procedimiento de activación de *reanudación en caliente* se aplica para que el enlace regrese del estado de *reposo* a un estado de *transmisión en régimen permanente*.

#### I.4.1.4 Retardo para alcanzar el servicio

Este retardo se define mediante el tiempo de activación, que es el intervalo de tiempo desde el comienzo del proceso de activación hasta que el enlace alcanza la transmisión en régimen permanente. El tiempo de activación no debe sobrepasar los valores de las constantes de tiempo T1-T5, enumeradas en el cuadro I.21.

**Cuadro I.21/G.993.1 – Constantes de tiempo de activación**

Proceso	Constante de tiempo	Valor máximo [ms]
Activación por arranque en frío	T1	10 000
Activación por arranque en caliente	T2	5 000
Activación por reanudación en caliente	T3	100
Activación por reanudación tras el error	T4	300
Recuperación de la pérdida de sincronía	T5	200

### I.4.2 Parámetros de transmisión del enlace VDSL

#### I.4.2.1 Conjunto de parámetros de transmisión

Las características de transmisión del enlace se especifican mediante el conjunto de parámetros de transmisión (STP) del cuadro I.22. En las VTU-O y VTU-R se establecerá el mismo STP. Cuando se modifica el STP en una VTU, se debería efectuar la misma modificación en la otra.

**Cuadro I.22/G.993.1 – Conjunto de parámetros de transmisión (STP)**

Parámetro	Portadora 1 en sentido descendente	Portadora 2 en sentido descendente	Portadora 1 en sentido ascendente	Portadora 1 en sentido ascendente	Gama de parámetros
Velocidad de símbolos	1D_SR	2D_SR	1U_SR	2U_SR	33,75 kbaud × s (s=1, 2, ...)
Excedente de ancho de banda	1D_EB	2D_EB	1U_EB	2U_EB	$\alpha = 0,1-0,2$
Constelación	1D_C	2D_C	1U_C	2U_C	1-12 bits/símbolo
Frecuencia central	1D_CF	2D_CF	1U_CF	2U_CF	16,875 kHz × k (k = 1,2, ...)
PSD de transmisión	1D_PSD	2D_PSD	1U_PSD	2U_PSD	Como se especifica en 6.2.1
Entrelazador	D_M, D_I		U_M, U_I		M, I, conforme a I.1.2.8
Formato de trama	D_FR		U_FR		Conforme a I.1.2.1

#### I.4.2.1.1 STP actual

El *STP actual* (CR\_STP, *default STP*) contiene los parámetros de transmisión que se están utilizando en los transmisores en sentido ascendente y descendente.

#### I.4.2.1.2 STP normalizado

Se deben soportar los siguientes cinco STP normalizados.

El *STP por defecto* (DF\_STP, *default STP*) debe utilizarse para llevar a cabo la activación de *arranque en frío*. Se debe disponer de DF\_STP en ambos extremos del enlace antes del proceso de activación/desactivación posterior a la toma de contacto, y se mantendrá constante hasta que el enlace regrese al estado de *desconexión de energía* o al estado de *toma de contacto* G.994.1 para modificar el tipo de servicio. Los valores de los parámetros para DF\_STP dependen del plan de banda utilizado. En el cuadro I.23 se presentan los valores de DF\_STP recomendados para los planes de banda especificados en los anexos A, B y C. Los valores pertinentes de configuración de DF\_STP se entregan a la VTU-R utilizando la Rec. UIT-T G.994.1.

**Cuadro I.23/G.993.1 – Valores de parámetros de DF\_STP aplicables a los anexos A, B y C**

Parámetro	1D	2D	1U	2U (nota 1)
Velocidad de símbolos [kbaud]	573,75 (17 × 33,75)	0	Anexos A, B: 742,5 (22 × 33,75) Anexo C 945 (28 × 33,75)	67,5 (2 × 33,75)
Excedente de ancho de banda	0,2			
Constelación	4	–	4	4
Frecuencia central [kHz]	1451,25 (86 × 16,675)	–	Anexos A, B 4455 (264 × 16,875) Anexo C 3138,75 (186 × 16,875)	84,375 (5 × 16,875)

**Cuadro I.23/G.993.1 – Valores de parámetros de DF\_STP aplicables a los anexos A, B y C**

Parámetro	1D	2D	1U	2U (nota 1)
PSD de transmisión [dBm/Hz]	-60	-	≤-60 (nota 2)	-40
Entrelazador	Inhabilitado			
Formato de trama	Tipo [0/0] (latencia simple)			
<p>NOTA 1 – El componente 2U es una opción al componente 1U, que pretende utilizarse cuando la banda facultativa esté en uso. El componente 2U se debe inhabilitar si interviene el divisor de servicio RDSI.</p> <p>NOTA 2 – El valor de PSD de transmisión real se reducirá de acuerdo con el procedimiento de reducción de potencia en sentido ascendente que se define en I.4.3.5.</p> <p>NOTA 3 – Es posible que en regiones particulares se utilicen otros valores de parámetros DF_STP, compatibles con las cuestiones de reglamentación e interoperabilidad local (compatibilidad con versiones anteriores).</p>				

*STP de arranque en caliente* (WS\_STP, *warm-start STP*) se utilizará para llevar a cabo la activación de *arranque en caliente*. WS\_STP se fijará inicialmente igual a DF\_STP. Se podrá utilizar una comunicación VOC para negociar las modificaciones de WS\_STP.

El *STP de reanudación en caliente* (WR\_STP, *warm-resume STP*) se debe utilizar para llevar a cabo la activación de *reanudación en caliente*. Cuando el enlace pasa al estado de *transmisión en régimen permanente*, WR\_STP se debe fijar igual a CR\_STP. Esta configuración debe completarse antes de la ejecución de la *petición de reposo*.

El *STP de reanudación tras el error* (RE\_STP, *resume-on-error STP*) debe utilizarse para llevar a cabo la activación de *reanudación tras el error*. Cuando el enlace pasa al estado de *transmisión en régimen permanente* o al estado de *reposo*, y durante estos estados, RE\_STP se debe fijar igual a CR\_STP. Esta configuración se completará antes de una activación por *reanudación tras el error*.

El *STP de reposo* (I\_STP, *idle STP*) debe utilizarse para ejecutar una *petición de reposo* (transición al estado de *reposo*, si se soporta). Por defecto I\_STP se fijará igual a CR\_STP, excepto por el tamaño de la constelación, que se debe fijar a 4, y el nivel PSD de transmisión, que se reducirá por los valores presentados en el cuadro I.24. Las configuraciones facultativas de I\_STP deberán completarse antes de la ejecución de la *petición Idle* empleando la comunicación VOC para negociar el valor de I\_STP.

**Cuadro I.24/G.993.1 – Reducción de la PSD máxima**

Constelación de transmisión en régimen permanente	4	8	16	32	64 y más
Reducción máxima de la PSD, dB	3	7	10	12	12

#### **I.4.2.2 Modificación de los parámetros de transmisión**

Bajo la responsabilidad del operador de red, se podrá modificar CR\_STP y cualquier STP normalizado, excepto DF\_STP, según proceda conforme a las características de servicio necesarias. La modificación de STP podrá ser iniciada únicamente por la VTU-O. No es necesario que la VTU-R acepte la modificación de STP solicitada si el valor de sus parámetros de transmisión no tienen la configuración normalizada.

NOTA – Es posible modificar DF\_STP durante la reinstalación del servicio mediante los procedimientos que se describen en I.4.2.1.2.

#### I.4.2.2.1 Modificación STP normalizada

De los cinco STP normalizados que se describen en I.4.2.1.2, sólo WS\_STP e I\_STP podrán modificarse de modo independiente. Esta modificación podrá efectuarse sólo durante el estado de *transmisión en régimen permanente* del enlace. La técnica de modificación debe ser la siguiente: La VTU-O obtiene del sistema de gestión local los nuevos valores para el STP objetivo, tras lo cual envía a la VTU-R (empleando VOC) una copia del nuevo STP, y solicita que se efectúen las modificaciones correspondientes a su propia copia del STP correspondiente. Si la VTU-R los acepta, los nuevos valores de STP se almacenan tanto en la VTU-O como en la VTU-R.

RE\_STP se actualizará automáticamente para igualar a CR\_STP cada vez que el enlace pasa al estado de *transmisión en régimen permanente* o estado de *reposo*. De igual manera, WR\_STP se actualizará automáticamente para igualar CR\_STP cada vez que el enlace pasa al estado de *transmisión en régimen permanente*.

#### I.4.2.2.2 Modificación de CR\_STP

Esta modificación puede llevarse a cabo de dos maneras.

- CR\_STP se sustituirá automáticamente por DF\_STP, WS\_STP o RE\_STP cuando el enlace pasa a *arranque en frío*, *arranque en caliente* o *reanudación tras el error*, respectivamente. Durante estas modificaciones por lo general se interrumpe (o desconecta) el enlace
- CR-STP debe sustituirse por un nuevo valor tras la comunicación satisfactoria de un mensaje de activación VOC (ya sea CHANGE o BTSERVC o IDLREQ), seguido por una toma de contacto de activación (véase I.4.3.5). El procedimiento se utilizará para efectuar modificaciones genéricas a CR\_STP, y para modificar CR\_STP a I\_STP o a WR\_STP durante la transición al estado de *reposo* o a *reinicio en caliente*, respectivamente. La modificación de CR\_STP se iniciará mediante una señal de control especial desde la VTU-O (CHNG\_PRM, B\_SERV o I\_REQ, véase I.4.3.2) y podrá llevarse a cabo durante el estado de *transmisión en régimen permanente* (si se inició mediante CHNG\_PRM o I\_REQ), o durante el estado de *reposo* (si se inició mediante B\_SERV).

Las modificaciones de CR\_STP exigen cambios pertinentes de los parámetros del transmisor y del receptor, así como de los parámetros de la señal de transmisión, definidos por el nuevo CR\_STP.

En el caso de una modificación genérica de CR\_STP, la petición de modificación de CR\_STP y el nuevo CR\_STP se llevarán a la VTU-R desde la VTU-O por el VOC. Una vez comunicados satisfactoriamente todos los parámetros del nuevo CR\_STP, el sistema de gestión de la VTU-O empleará un mensaje VOC CHANGE para solicitar que el CR\_STP actual se sustituya con los nuevos valores de parámetros. Una toma de contacto de activación generada tras la comunicación satisfactoria del mensaje CHANGE sustituye CR\_STP y RE\_STP con los nuevos valores de parámetros tanto en la VTU-O como en la VTU-R, y activa la modificación deseada en los parámetros del transmisor y el receptor.

De la misma manera, ya sea para la transición al estado de *reposo* o para la activación por *reanudación en caliente*, CR\_STP y RE\_STP se sustituyen por I\_STP o WR\_STP, respectivamente, tras la comunicación satisfactoria de los mensajes VOC IDLREQ o BTSERVC seguidos por una toma de contacto de activación.

Si debido a la modificación de CR\_STP el enlace pasa al estado de *pérdida de sincronía* (provocada por la modificación de la velocidad de símbolos, por ejemplo), éste tratará de recuperar la sincronización dentro de un tiempo T5 para regresar al estado de *transmisión en régimen permanente* con los nuevos parámetros. Si no es posible recuperar la sincronización, el enlace intentará una activación por *reanudación tras el error* fijando RE\_STP igual al CR\_STP modificado. Si esta activación tiene éxito, el enlace regresa a la *transmisión en régimen permanente* con la modificación de parámetros lograda satisfactoriamente. De no ser el caso, el proceso de

modificación de parámetros fracasa, y se intenta automáticamente la activación por *arranque en caliente* para que el enlace pueda regresar al estado de *transmisión en régimen permanente*.

NOTA – También es posible llevar a cabo la modificación genérica de CR\_STP, con algún retardo adicional, sin utilizar la instrucción VOC CHANGE y la toma de contacto de activación. El método consiste en cargar nuevos parámetros de transmisión en WS\_STP, y a continuación forzar un *arranque en caliente* desactivando el enlace mediante la aplicación de la señal de control QUIET en cualquier extremo del enlace. Si fracasa el enlace para adquirir los nuevos valores de parámetros automáticamente se inicia el *arranque en frío*, el cual permite que el enlace regrese al estado de *transmisión en régimen permanente* con DF\_STP, preparado para el siguiente intento de modificación de los parámetros.

#### I.4.2.2.3 Resumen de la modificación de STP

En el cuadro I.25 se presenta el resumen correspondiente.

**Cuadro I.25/G.993.1 – Resumen de las reglas de modificación de STP**

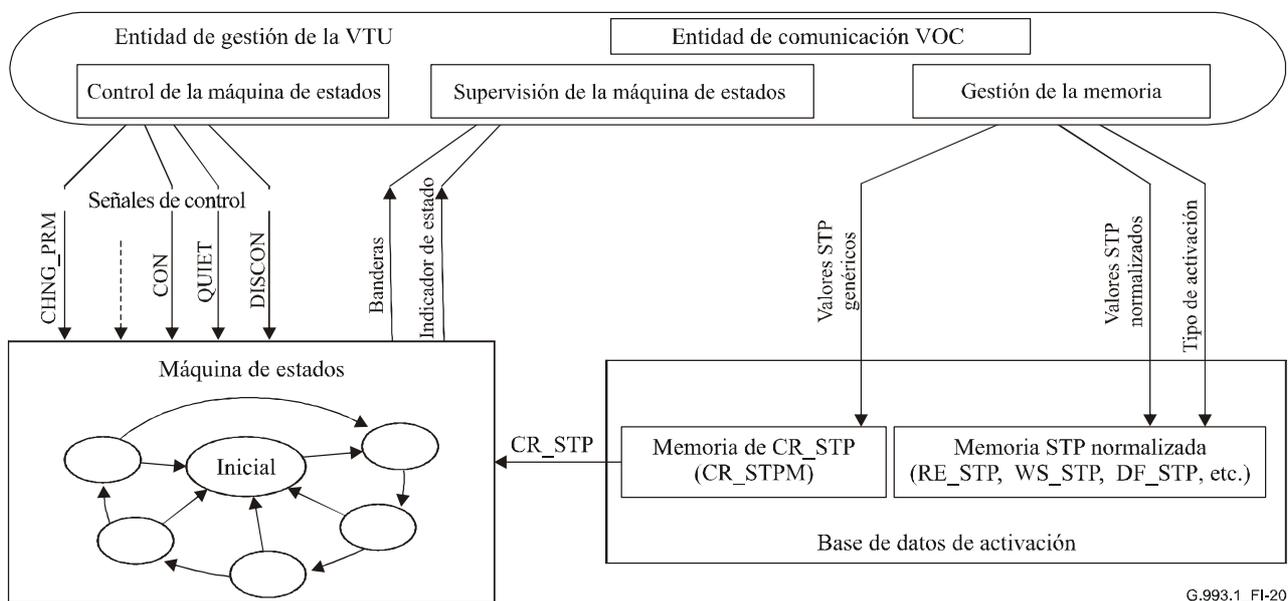
Parámetro	Sustituido automáticamente	Sustituido por el operador
DF_STP	N/A	N/A
WS_STP I_STP	N/A	– con un valor de parámetro arbitrario durante el estado de <i>transmisión en régimen permanente</i>
WR_STP	– con el CR_STP durante el paso al estado de <i>transmisión en régimen permanente</i> .	N/A
RE_STP	– con el CR_STP durante el paso al estado de <i>transmisión en régimen permanente</i> o de <i>reposo</i> ; – con el CR_STP, inmediatamente después de la sustitución de CR_STP por los nuevos valores de parámetros (I_STP, WR_STP o genérico).	N/A
CR_STP	– con el DF_STP, WS_STP, o RE_STP al comienzo de la activación por <i>arranque en frío</i> , <i>arranque en caliente</i> o <i>reanudación tras el error</i> , respectivamente.	– con un valor de parámetro de transmisión arbitrario durante la <i>transmisión en régimen permanente</i> , tras la comunicación satisfactoria del mensaje VOC CHANGE seguido por una toma de contacto de activación (modificación genérica de CR_STP); – con I_STP durante el paso al estado de <i>reposo</i> tras la comunicación satisfactoria del mensaje VOC IDLREQ seguido por una toma de contacto de activación (paso al estado de <i>reposo</i> ); – con WR_STP durante el paso a la <i>reanudación en caliente</i> , tras la comunicación satisfactoria del mensaje VOC BTSERVC seguido por una toma de contacto de activación (regresando del estado de <i>reposo</i> a la <i>transmisión en régimen permanente</i> ).

NOTA – Todas las modificaciones STP enumeradas son proporcionadas por las máquinas de estado de las VTU-O y VTU-R que se describen en I.4.3.6 e I.4.3.7.

## I.4.3 Activación/desactivación de la toma de contacto de la VTU posterior a G.994.1

### I.4.3.1 Diagrama funcional

En la figura I.20 se muestra el diagrama funcional de la activación/desactivación de la toma de contacto de la VTU posterior a G.994.1. El proceso correspondiente se lleva a cabo mediante la máquina de estados de la VTU que se describe en I.4.3.6 e I.4.3.7. Antes de la activación de la toma de contacto posterior a G.994.1, la máquina de estados de la VTU debe suministrar el CR\_STP pertinente que habrá de utilizarse durante la activación. (En la figura I.20, CR\_STP se almacena en su propia memoria (CR\_STPM) de la base de datos de activación de la VTU.) CR\_STP se carga mediante la entidad de gestión de la VTU para el tipo de activación subsiguiente, y podría ser un STP normalizado adecuado (DF\_STP, WS\_STP o RE\_STP) o un STP genérico. Por consiguiente, la entidad de gestión VTU soporta las características del enlace deseado y todos los tipos de activación necesarios, como se define en la figura I.19. La activación/desactivación de la toma de contacto posterior a G.994.1 se controla mediante las señales de control originadas por la entidad de gestión de la VTU, que también supervisarán los estados y las banderas de la máquina de estados.



**Figura I.20/G.993.1 – Diagrama funcional de activación/desactivación de la VTU**

El CR\_STPM debe contener el STP para el proceso de activación pendiente. Se deben cargar STP idénticos en el CR\_STPM de las VTU-O y VTU-R al comienzo de la activación y mantenerlos constantes hasta que se completa el proceso de activación, ya sea satisfactoriamente o no. Si el proceso correspondiente se completa satisfactoriamente se utilizará el CR\_STP cargado durante la siguiente transmisión en régimen permanente hasta que se reciba una nueva petición de modificación de parámetros. Si el proceso de activación fracasa, se cargará automáticamente un nuevo STP en CR\_STPM conforme al siguiente tipo de activación, como se describe en la figura I.19.

### I.4.3.2 Señales de control

Se deben soportar las siguientes señales de control para manejar el proceso de activación/desactivación de la toma de contacto de la VTU posterior a G.994.1:

- *Connect (CON)* – para iniciar el proceso de activación una vez terminado el enlace (es decir, inicia el *arranque en frío* o el *arranque en caliente*). Cuando se fija *CON*, la VTU pasará del estado STANDBY (véanse I.4.3.6 e I.4.3.7) al comienzo de la activación del enlace. Se aplica *CON* a la VTU-R en caso de activación desde el sitio del CPE, y en

la VTU-O en caso de activación desde el sitio ONU/CO. La VTU debe ignorar *CON* en todos los estados excepto en el de *STANDBY*.

- *Quiet (QUIET)* – para dar por terminado el enlace. Cuando se fija *QUIET*, la VTU activada pasará de su estado actual al estado de *POWER-UP* (véanse I.4.3.6 e I.4.3.7). Se debería aplicar *QUIET* para el reinicio de la VTU o como parte del proceso de interrupción de energía. *QUIET* se puede aplicar tanto a la VTU-O como a la VTU-R.
- *Parámetro de modificación (CHNG\_PRM, change parameter)* – para iniciar un proceso de modificación de parámetro genérico. *CHNG\_PRM* sólo puede aplicarse a la VTU-O mientras el enlace se encuentra en el estado de *transmisión en régimen permanente*.
- *Petición de reposo (I\_REQ, idle request)* – para iniciar la desactivación del enlace en el estado de *reposo*. Cuando se fija *I\_REQ*, el enlace pasará de la *transmisión en régimen permanente* al estado de *reposo*. Se puede aplicar *I\_REQ* a la VTU-O sólo mientras el enlace se encuentra en el estado de *transmisión en régimen permanente*. *I\_REQ* se soportará sólo si se soporta el estado de *reposo*.
- *Retorno a servicio (B\_SERV, back-to-service)* – para inicializar una activación por *reanudación en caliente*. Cuando se fija *B\_SERV* el enlace pasará del estado de *reposo* al estado de *transmisión en régimen permanente*. Se puede aplicar *B\_SERV* a las VTU-O y VTU-R mientras el enlace se encuentra en el estado de *reposo*. Se soportará *B\_SERV* sólo si se soporta el estado de *reposo*.
- *Desconexión (DISCON)* – para inhabilitar el intento de activación del enlace desde la VTU-R (para evitar la activación no controlada del enlace). Se puede aplicar *DISCON* sólo en la VTU-O. El soporte de *DISCON* es facultativo.

### I.4.3.3 Banderas e indicadores

La entidad de gestión de la VTU local utilizará las siguientes banderas e indicadores para supervisar la máquina de estados.

- *Indicador de estado (SI, state indicator)* – para indicar el estado actual de la máquina de estados. La entidad de gestión de la VTU utilizará este indicador para fijar o reiniciar los datos de usuario y el caudal de *eoc*.
- *Bandera de cumplimiento (CF, complied flag)* – para indicar que la última instrucción iniciada por una señal de control particular se ejecutó satisfactoriamente.
- *Bandera de imposible de cumplir (UTCF, unable-to-comply flag)* – para indicar que no se ejecutó la última instrucción iniciada por una señal de control particular.
- *Bandera de petición de activación a distancia (RAF, remote activation request flag)* – para indicar que se ha recibido una petición de activación de la VTU-R; se puede aplicar a la VTU-O sólo mientras se encuentra en el estado *STANDBY*.
- *Bandera de petición de retorno a servicio (BTSF, back to service request flag)* – indica que se ha recibido una petición de retorno a servicio de la VTU-R; se puede aplicar a la VTU-O sólo mientras el enlace se encuentra en estado de *reposo*. Se soportará únicamente si se soporta el estado de *reposo*.

### I.4.3.4 Señales y temporizadores de transmisión

Se especifica un tipo particular de señal de transmisión para cada estado de la máquina de estados de la VTU. Ésta soportará todos los tipos de señales de transmisión especificadas en el cuadro I.26.

Las señales de transmisión *O\_QUIET* y *R\_QUIET* controlarán la línea con cero voltios (silencio). Otras señales de transmisión serán formateadas como una trama de transmisión normal (véase I.1.2) y se especificarán mediante el contenido del campo *OC*, y las señales *o\_trig*, *r\_trig*, *r\_flag* (véase I.1.2.2.2), y los valores de los indicadores *IB-7* a *IB-9*. Las señales de transmisión

O\_ACQUIRE y R\_ACQUIRE, O/R\_TRIG siempre transportan, respectivamente, el mensaje VOC PSD\_REFS y el mensaje VOC IDLE; las señales O/R\_DATA pueden transportar ambos mensajes IDLE y mensajes VOC y *eoc* válidos.

Los bits *o\_trig* en la cabecera de la trama de transmisión en sentido descendente se fijarán a 1 para la señal O\_TRIG y a 0 para el resto de las señales de transmisión de la VTU-O. El bit *r\_trig* debe ser igual a 0 para todas las señales de transmisión de la VTU-R, excepto para R\_TRIG, donde se fija a 1. La *r\_flag* se debe fijar a 0 en todas las señales excepto R\_DATA, donde se fijará a 1 cuando se aplica la señal de control B\_SERV a la VTU-R.

**Cuadro I.26/G.993.1 – Resumen de las señales de transmisión**

Señal	Campo OC	Campo de control	NOTA
O_QUIET	Sin transmisión		
O_ACQUIRE	OC = IDLE	<i>o_trig</i> = 0, IB-9 = 1	Datos de usuario: Denegados VOC: Instrucción PSD_REFS <i>eoc</i> : Denegado
O_TRIG	OC = IDLE	<i>o_trig</i> = 1, IB-7 a IB-9 = 0	Datos de usuario: Aplicables (nota 1) VOC: IDLE <i>eoc</i> : Denegado
O_DATA	OC = mensaje válido	<i>o_trig</i> = 0, IB-7 a IB-9 = 0	Datos de usuario: Aplicables (nota 1) VOC: Aplicable <i>eoc</i> : Aplicable (nota 1)
R_QUIET	Sin transmisión		
R_ACQUIRE	OC = IDLE	<i>r_trig</i> = 0, <i>r_flag</i> = 0, IB-9 = 1	Datos de usuario: Denegados VOC: IDLE <i>eoc</i> : Denegado Nivel de transmisión variable (nota 3)
R_TRIG	OC = IDLE	<i>r_trig</i> = 1, <i>r_flag</i> = 0, IB-7 a IB-9 = 0	Datos de usuario: Aplicables (nota 1) VOC: IDLE <i>eoc</i> : Denegado
R_DATA	OC = mensaje válido	<i>r_trig</i> = 0, <i>r_flag</i> = 0/1 (nota 2) IB-7 a IB-9 = 0	Datos de usuario: Aplicables (nota 1) VOC: Aplicable <i>eoc</i> : Aplicable (nota 1)
NOTA 1 – El caudal de datos de usuario es facultativo si el enlace se encuentra en el estado de <i>reposo</i> .			
NOTA 2 – Véase la descripción detallada del valor de <i>r_flag</i> en I.4.3.7.			
NOTA 3 – Configúrese de modo que soporte la reducción de potencia de arranque en sentido ascendente como se describe en I.4.3.5.			

Los siguientes temporizadores que se enumeran en el cuadro I.27 participan en el proceso de activación/desactivación de la VTU.

**Cuadro I.27/G.993.1 – Temporizadores de la máquina de estados de la VTU**

<b>Temporizador</b>	<b>Función</b>	<b>Valor</b>
$t_{p\_o}$	Duración de la detección de la señal O_QUIET en la VTU-O para completar el estado O_POWERUP	$10 \text{ ms} \leq t_{p\_o}, t_{p\_r} \leq 100 \text{ ms}$
$t_{p\_r}$	Duración de la detección de la señal R_QUIET en la VTU-R para completar el estado de R_POWERUP	
$t_{1\_r}$	Temporización de convergencia del ecualizador DS	4 s
$t_{1\_o}$	Temporizador de convergencia del ecualizador US	4 s
$t_{2\_o}$	Temporizador del proceso de activación de la VTU-O	Depende del tipo de arranque: T1 para <i>arranque en frío</i> , T2 para <i>arranque en caliente</i> , T3 para <i>reanudación en caliente</i> , T4 para <i>reanudación tras el error</i> , T4+T5 a continuación del mensaje VOC CHANGE
$t_{2\_r}$	Temporización del proceso de activación de la VTU-R	
$t_{3\_o}$	Temporización de la toma de contacto de activación de la VTU-O	1000 ms
$t_{3\_r}$	Temporización de la toma de contacto de activación de la VTU-R	100 ms
$t_{4\_o}$	Temporización para recuperar la sincronización de la trama de VTU-O	T5 (200 ms, véase 11.1.4 de la Parte 1)
$t_{4\_r}$	Temporización para recuperar la sincronización de la trama de VTU-R	T5 (200 ms, véase 11.1.4 de la Parte 1)

### **I.4.3.5 Reducción de potencia de arranque**

Esta reducción se llevará a cabo sólo durante el arranque en frío mediante la aplicación de una reducción de PSD de transmisión independiente de la frecuencia (plana) en las portadoras en sentido ascendente, al comienzo de la activación por arranque en frío (véanse I.4.1.2 e I.4.3.7). El receptor de la VTU-R calculará el valor de la plantilla PSD de transmisión de cada portadora en sentido ascendente ( $TxPSD_U$ ) de manera autónoma (sin asistencia de la VTU-O) mediante el análisis de la señal recibida en sentido descendente y utilizando la siguiente regla:

$$TxPSD = PSD\_REF(f_c) + LOSS(f_c) - LOSS\_CORR$$

donde:

- $PSD\_REF$ ,  $LOSS$  son las variables definidas en 6.3.2.
- $f_c$  es la frecuencia central de la portadora en sentido ascendente.
- $LOSS\_CORR$  es una reducción adicional de la PSD de transmisión en sentido ascendente que compensa la posible imprecisión del valor estimado de la longitud eléctrica del bucle. Si el valor calculado  $TxPSD_U$  sobrepasa el límite de la  $PSD_0$  de la plantilla en sentido ascendente definida en 6.3.2, se utilizará la plantilla de limitación.

El valor recomendado de  $LOSS\_CORR$  es de 3 dB para las regiones donde la prolongación de las líneas no representa un problema, y 6 dB para las regiones donde se prevé la prolongación de líneas. El valor especificado de  $LOSS\_CORR$  es válido para los parámetros de transmisión del enlace

VDSL utilizados durante el *arranque en frío* y especificados en I.4.2.1.2, cuadro I.23. Para otros parámetros de transmisión, el valor de *LOSS\_CORR* podrá revisarse basándose en cuestiones particulares de cada región.

### I.4.3.6 Máquina de estados de la VTU-O

En la figura I.21 se muestra la máquina de estados de la VTU-O, donde cada bloque elipsoidal representa un estado y contiene el número correspondiente (*S1 – S7*) del título del estado. Mientras permanece en ese estado, el tipo de la señal de transmisión se coloca por debajo del título del estado.

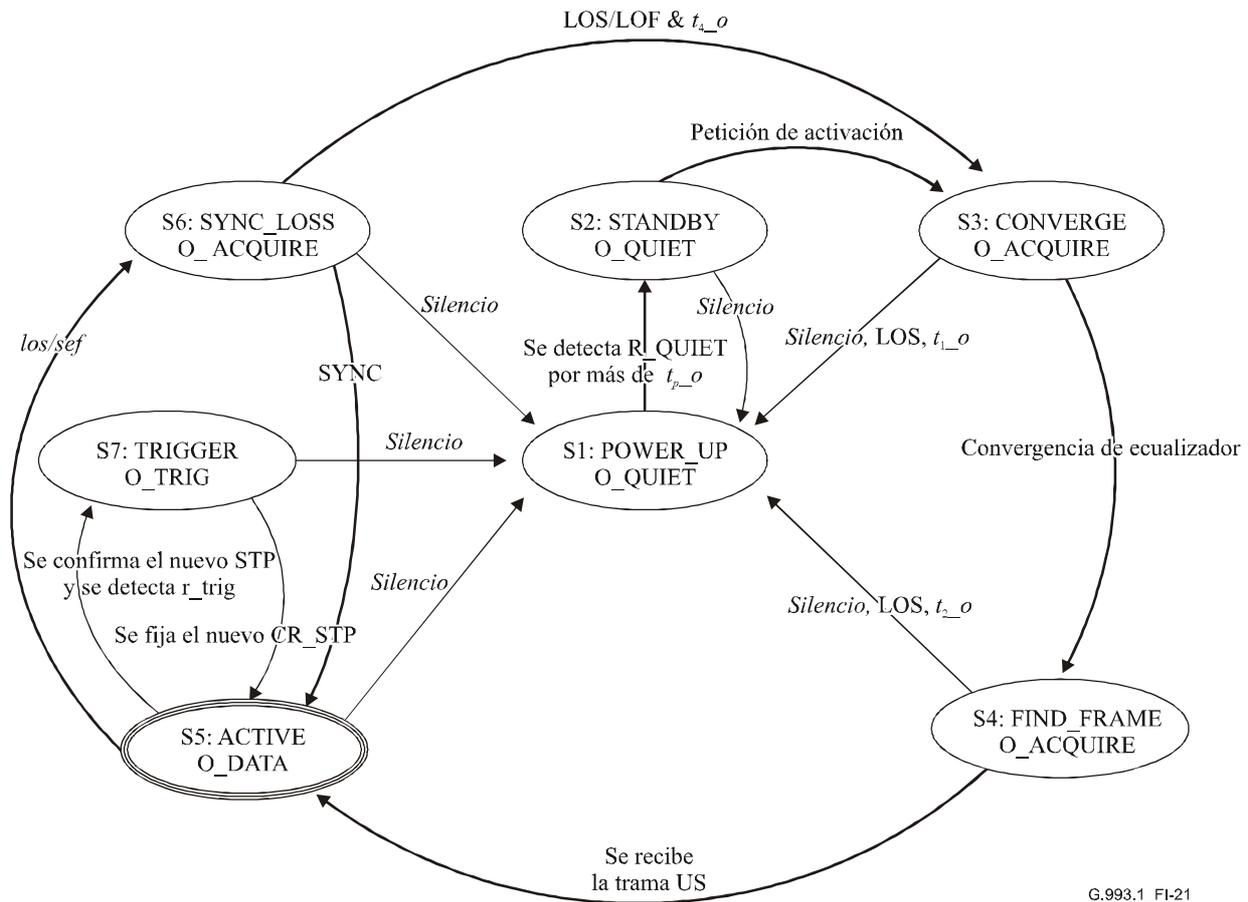


Figura I.21/G.993.1 – Máquina de estados de activación/desactivación de la VTU-O

#### S1: Estado O\_POWERUP

Éste es el estado inicial de la máquina de estados y corresponde al comienzo del proceso de activación y debe utilizarse en los siguientes casos:

- Cuando se aplica una señal de control *QUIET* o una petición de conexión de energía. Se trata del primer paso en la activación por *arranque en frío* o *arranque en caliente*, como se muestra en la figura I.19.
- Cuando se detecta la pérdida de señal en sentido ascendente (*US\_LOS, loss of upstream signal*) durante los estados *S3, S4* o se produce el fin de temporización de los estados *S3, S4*. La entrada al estado *S1* es consecuencia de un intento de activación fallido y representa el primer paso de un intento de reactivación pendiente del tipo especificado por la figura I.19.

Durante el estado *S1*, la VTU-O transmitirá *O\_QUIET*. El transmisor y el receptor de la VTU-O se configurarán con el STP almacenado en *CR\_STPM*. La VTU-O pasará al estado *S2* si se detecta pérdida de la señal recibida en sentido ascendente (*US\_LOS*) durante más de  $t_{p_o}$  ms.

NOTA – En I.3.1 se especifica la definición de *US\_LOS* (primitiva *LOS*).

### **S2: Estado O\_STANDBY**

Durante este estado la VTU-O transmitirá *O\_QUIET* y esperará una petición de activación la cual podría ser la señal de control *CON* si el enlace se activó desde la VTU-O, o la detección de la energía de la señal recibida en sentido ascendente si el enlace se activó desde la VTU-R. La señal de control *DISCON*, si está habilitada, anulará cualquier petición de activación de la VTU-R.

Una vez realizada la petición de activación, el temporizador  $t_o$  arrancará desde cero y se pasará al estado *S3*. Si se aplica *QUIET* durante este estado, la VTU-O regresará al estado *S1*.

NOTA – El temporizador  $t_o$  tiene por objeto supervisar el proceso de sincronización de la VTU-R.

### **S3: Estado O\_CONVERGE**

Se pasa a este estado desde el estado *S2* a continuación de una petición de activación, o desde el estado *S6* tras una pérdida de sincronización sin recuperación. En el estado *S3*, la VTU-O transmitirá la señal *O\_ACQUIRE* mientras intenta la convergencia de los ecualizadores en sentido ascendente. *IB-9 (rdi)* se fijará a 1 para indicar que no se ha sincronizado el sentido ascendente.

NOTA – La transición de *S6* a *S3* corresponde al inicio de un intento de activación por *Reanudación tras el error*. Además, incluye el caso cuando la pérdida de la sincronización se debe a una modificación de los parámetros de transición en sentido ascendente a través de un mensaje *VOC CHANGE*.

La VTU-O debería lograr la convergencia de sus ecualizadores en sentido ascendente antes de que el temporizador  $t_o$  alcance  $t_{p_o}$  ms. De no lograrse esta convergencia dentro del tiempo indicado, la VTU-O regresará al estado *S1*. Por el contrario, si se logra, la VTU-O pasará al estado *S4*, sin esperar que transcurra el periodo completo de temporización. Si se aplica *QUIET* o si se produce *US\_LOS* durante este estado, la VTU-O regresará al estado *S1*.

### **S4: Estado O\_FINDFRAME**

Durante este estado, la VTU-O transmitirá *O\_ACQUIRE* e *IB-9 (rdi)* se fijará 1, para indicar que aún no se ha sincronizado el sentido ascendente. Durante el estado *S4*, la VTU-O procesará la señal recibida en sentido ascendente para obtener la trama de transmisión (véase I.1.2, "Trama de transmisión"). La VTU-O pasará al estado *S5* tan pronto como se complete la obtención de la trama y tenga estabilidad durante al menos 100 ms. La VTU-O regresará al estado *S1* si no se completa la obtención de la trama antes de que el temporizador  $t_o$  alcance  $t_{2_o}$  ms, o si se aplica *QUIET*, o si se produce *US\_LOS* durante este estado.

### **S5: Estado O\_ACTIVE**

La VTU-O permanecerá en este estado mientras se obtiene el canal en sentido ascendente. Durante el estado *S5*, la VTU-O transmitirá *O\_DATA*, y el estado del enlace será *transmisión en régimen permanente o reposo*.

Durante *S5* la VTU-O podrá transmitir mensajes *VOC* para modificar *CR\_STP*, *WS\_STP* o *I\_STP* si así lo solicita la entidad de gestión de la VTU-O. Si el enlace se encuentra en el estado de *Reposo*, la VTU-O también rastreará la petición de *retorno a servicio* de la VTU-R al supervisar los bits *r\_flag* en la cabecera de la trama de transmisión recibida. Tras la detección de *r\_flag* = 1, la VTU-O transmitirá el mensaje *VOC BTSERV* a fin de confirmar la petición. Si la transmisión del mensaje *BTSERV* es satisfactoria, se aplicará la señal de control *B\_SERV* para iniciar la transición del enlace del estado de *reposo* al estado de *transmisión en régimen permanente*.

Para llevar a cabo una modificación de *CR\_STP* genérica, se aplicará una señal de control *CHNG\_PRM* que obligue a la VTU-O a transmitir mensajes *VOC* que contienen nuevos valores de

parámetros de transmisión. Una vez transmitidos satisfactoriamente todos los nuevos valores de parámetros (la respuesta sin ECHO de la VTU-R relativa a la modificación del parámetro solicitado es UTC), la VTU-O transmitirá un mensaje VOC CHANGE que confirma que tanto la VTU-O como la VTU-R están preparadas para modificar sus parámetros de transmisión con nuevos valores. Tras la transmisión satisfactoria del mensaje CHANGE, la VTU-O esperará la recepción de la señal R\_TRIG en sentido ascendente mediante la supervisión de los bits  $r\_trig$  en la cabecera de la trama de transmisión recibida. Cuando se detecta la recepción del valor  $r\_trig = 1$ , la VTU-O pasará al estado S7.

Si la VTU-O se encuentra en el estado de *reposo* y se aplica la señal de control  $B\_SERV$  (iniciada bien sea por la VTU-O o por la recepción de  $r\_flag = 1$ ), la VTU-O transmitirá un mensaje VOC BTSEVVC que confirma que las VTU-O y VTU-R están listas para modificar sus parámetros de transmisión a WR\_STP a fin de regresar el enlace al estado de *transmisión en régimen permanente* del estado de *reposo*. Tras la transmisión satisfactoria del mensaje BTSEVVC, la VTU-O esperará la recepción de la señal R\_TRIG en sentido ascendente supervisando los bits  $r\_trig$  en la cabecera de la trama de transmisión recibida. Una vez detectada la recepción del valor  $r\_trig = 1$ , la VTU-O pasará al estado S7.

Si la VTU-O se encuentra en el estado de *transmisión en régimen permanente* y se aplica una señal de control  $I\_REQ$ , la VTU-O transmitirá un mensaje VOC IDLREQ que confirma que tanto la VTU-O como la VTU-R están preparadas para modificar sus parámetros de transmisión con I\_STP para llevar el enlace al estado de *reposo* del estado *transmisión en régimen permanente*. Tras la transmisión satisfactoria del mensaje IDLREQ, la VTU-O esperará la recepción de la señal R\_TRIG en sentido ascendente supervisando los bits  $r\_trig$  en la cabecera de la trama de transmisión recibida. Una vez detectada la recepción del valor  $r\_trig = 1$ , la VTU-O pasará al estado S7.

Si no se recibe R\_TRIG en  $t_{3_o}$  ms tras la transmisión satisfactoria de cualquier mensaje CHANGE, BTSEVVC o IDLREQ, la VTU-O no efectuará ningún cambio en CR\_STP y permanecerá en el estado ACTIVE. Si se produce US\_los o US\_sef durante este estado, la VTU-O pasará al estado S6. Si se aplica QUIET, la VTU-O regresará al estado S1.

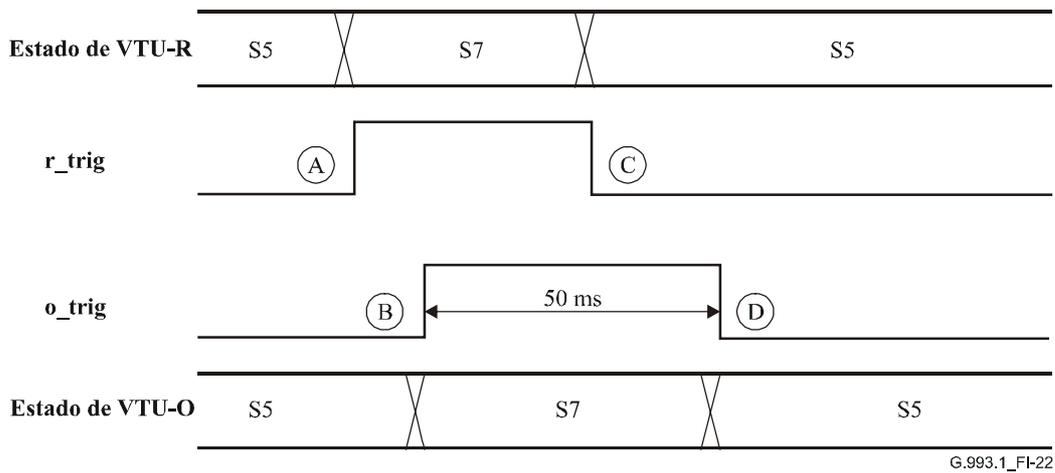
### **S6: Estado de PÉRDIDA DE O\_SYNC**

Durante este estado, la VTU-O trata de recuperar la sincronización perdida de tramas de transmisión. Asimismo, se transmitirá O\_ACQUIRE para informar a la VTU-R de la pérdida de sincronización de la VTU-O fijando IB-9 ( $rdi$ ) = 1. Tras la recuperación de la sincronización, la VTU-O regresará al estado S5. Si no se recupera la sincronización durante el intervalo de temporización de  $t_{4_o}$  ms, la VTU-O pasará al estado S3 para iniciar una petición de activación por *reanudación tras el error*. La VTU-O pasará al estado S1 si se aplica QUIET.

### **S7: Estado O\_TRIGGER**

Durante este estado, la VTU-O transmitirá la señal O\_TRIGGER con  $o\_trig = 1$  para  $50\text{ ms} \pm 1\text{ ms}$ . A continuación la VTU-O sustituirá CR\_STP con un nuevo valor de parámetro, es decir con WR\_STP o I\_STP, dependiendo de cuál haya sido el último mensaje VOC transmitido, CHANGE, BTSEVVC o IDLREQ, respectivamente. En seguida, la VTU-O efectuará las modificaciones correspondientes de sus parámetros de transmisión y regresará al estado S5 con un nuevo valor de parámetro CR\_STP, tras lo cual RE\_STP será sustituido automáticamente con CR\_STP. Si se aplica QUIET, la VTU-O regresará al estado S1.

NOTA – La transmisión de  $o\_trig$  tiene por objeto sincronizar la modificación del parámetro de transmisión en la VTU-R con la misma modificación en la VTU-O. En la figura I.22 se presenta el diagrama de tiempos de la interacción entre la VTU-O y la VTU-R durante el estado O/R\_TRIGGER. Conforme a esta figura, la VTU-R ejecuta la modificación del parámetro después del punto "C" y la VTU-O lo ejecuta después del punto "D". Así, la máxima diferencia entre la modificación de parámetro en la VTU-O y la VTU-R no puede sobrepasar 50 ms.



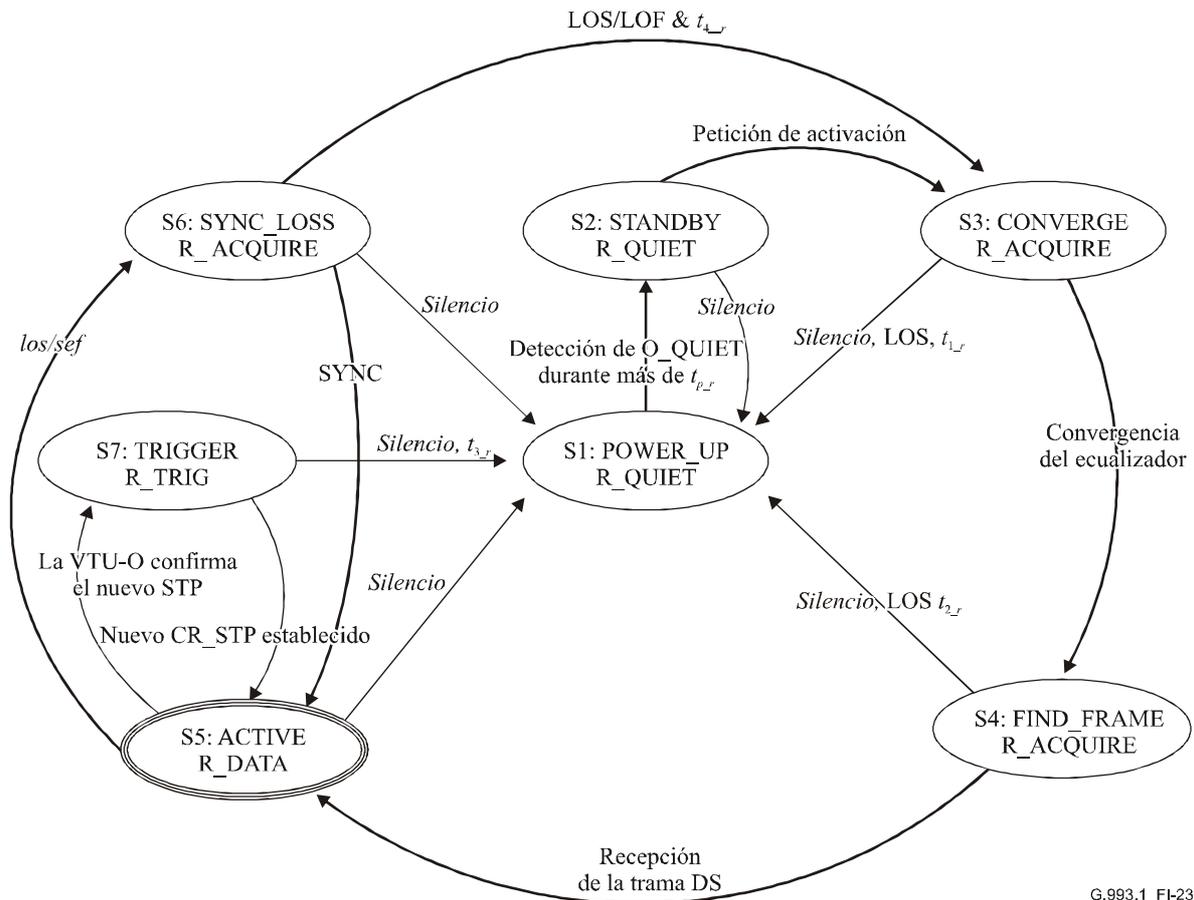
*Transiciones de activación:*

- A) Cuando se confirma VOC CHANGE/BTSERVC/IDLEREQ, la VTU-R pasa al estado S7.
- B) Cuando se confirma VOC CHANGE/BTSERVC/IDLEREQ la VTU-O detecta  $r\_trig = 1$ , y la VTU-O pasa al estado S7.
- C) La VTU\_R detecta  $o\_trig = 1$  y pasa a S5.
- D) 50 ms después del paso a S7, la VTU-O pasa a S5.

**Figura I.22/G.993.1 – Transiciones de activación a continuación de los mensajes VOC CHANGE, BTSERV e IDLEREQ**

#### I.4.3.7 Máquina de estados de la VTU-R

En la figura I.23 se muestra la máquina de estados de la VTU-R. Las convenciones para la interpretación de esta figura son las mismas que las de la figura I.21.



G.993.1\_FI-23

**Figura I.23/G.993.1 – Máquina de estados para la activación/desactivación de la VTU-R**

### S1: Estado R\_POWERUP

Se trata del estado inicial de la máquina de estado y corresponde al comienzo del proceso. Se pasará a este estado en los siguientes casos:

- Cuando se aplica una señal de control *QUIET* o una petición de conexión de energía. Se trata del primer paso en el intento de *arranque en frío* o en *arranque en caliente*, como se muestra en la figura I.19.
- Cuando se detecta la pérdida de la señal en sentido descendente (*DS\_LOS*) durante los estados *S3*, *S4*, o cuando se produce el fin de temporización de los estados *S3*, *S4*. El paso al estado *S1* ocurre tras un intento de activación fallido y constituye el primer paso de un intento de reactivación pendiente del tipo especificado en la figura I.19.

Durante el estado *S1* la VTU-R transmitirá *R\_QUIET*. El transmisor y el receptor de la VTU-R serán configurados con el STP almacenados en *CR\_STPM*. La VTU-R pasará al estado *S2* si se detecta pérdida de la señal recibida en sentido descendente (*DS\_LOS*) durante más de  $t_{p_r}$  ms.

NOTA – En I.3.1 se especifica la definición de *DS\_LOS* (primitiva *LOS*).

### S2: Estado R\_STANDBY

Durante este estado VTU-R transmitirá *R\_QUIET* y aguardará por una petición de activación, la cual podría ser la señal de control *CON*, si el enlace se activó desde la VTU-R, o la detección de la energía de la señal recibida en sentido descendente, si el enlace se activó desde la VTU-O. Una vez realizada la petición de activación, el temporizador  $t_R$  arrancará desde cero y se pasará al estado *S3*. Si se aplica *QUIET* durante este estado, la VTU-R regresará al estado *S1*.

NOTA – El temporizador  $t_R$  se utiliza para supervisar el proceso de sincronización de la VTU-O.

### S3: Estado R\_CONVERGE

Se entra en él desde el estado S2 a continuación de una petición de activación, o desde el estado S6 a continuación de una pérdida de sincronización no recuperada. Durante el estado S3, la VTU-R transmitirá la señal R\_ACQUIRE mientras trata de lograr la convergencia de los ecualizadores en sentido descendente. El IB-9 (*rdi*) se fijará a 1 para indicar que el sentido descendente no está sincronizado.

NOTA – La transición del estado S6 a S3 corresponde al inicio del intento de activación por *reanudación tras el error*. Además incluye el caso cuando la pérdida de sincronización se debe a una modificación de los parámetros de transmisión en sentido ascendente a través de un mensaje VOC CHANGE.

La VTU-R debería lograr la convergencia de sus ecualizadores en sentido descendente antes de que el temporizador  $t_R$  alcance  $t_{1,r}$  ms. Si no se logra la convergencia dentro de este tiempo, la VTU-R regresará al estado S1. Si, por el contrario, se logra la convergencia antes de dicho tiempo, la VTU-R pasará al estado S4 sin esperar a que transcurra todo el periodo de temporización. Si se aplica *QUIET* o si se produce *DS\_LOS* durante este estado, la VTU-R regresará al estado S1.

Si se llega al estado S3 desde el estado S2, se aplicará un procedimiento de reducción de potencia en sentido ascendente (UPBO) (véase 6.3.2). En el estado S3 la VTU-R comenzará la transmisión de la señal R\_ACQUIRE con el nivel de potencia por defecto (bajo), como se especifica en I.4.3.5. Al comienzo de la convergencia de los ecualizadores en sentido descendente, se calculará la UPBO necesaria, como se describe en 0, y el nivel de potencia de la señal R\_ACQUIRE se fijará al valor nominal, incluida la UPBO. Los diagramas funcionales en los que se describe la activación de las VTU-O y VTU-R se presentan en las figuras I.24 e I.25, respectivamente.

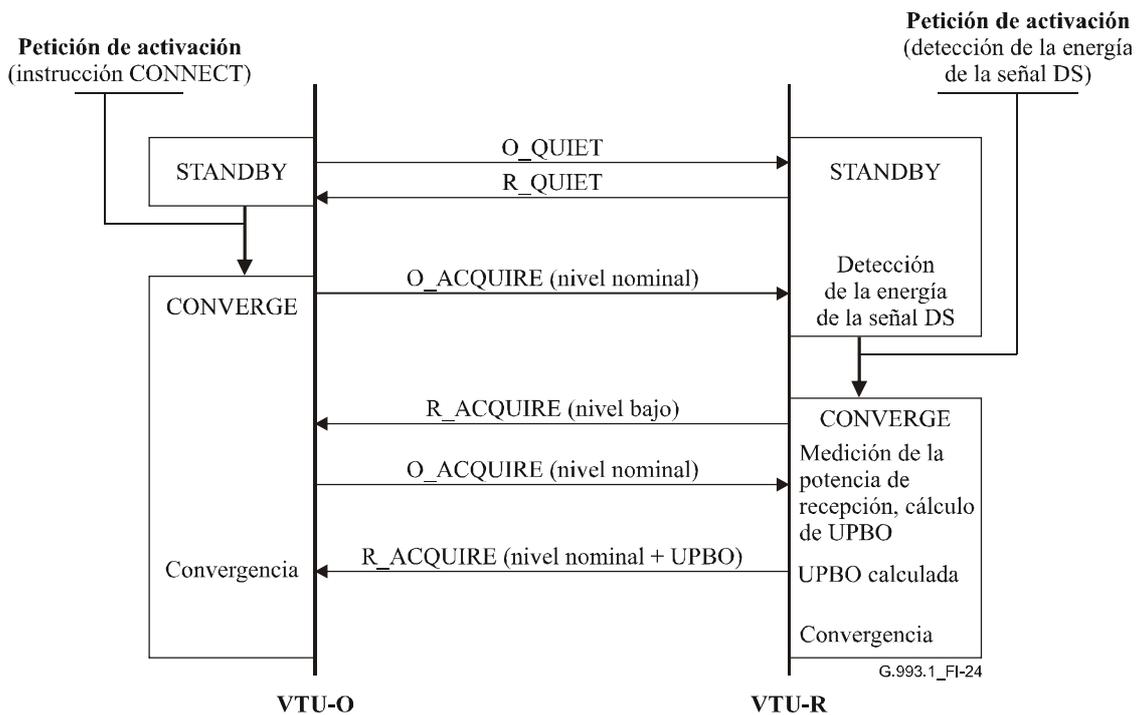


Figura I.24/G.993.1 – Activación desde la VTU-O

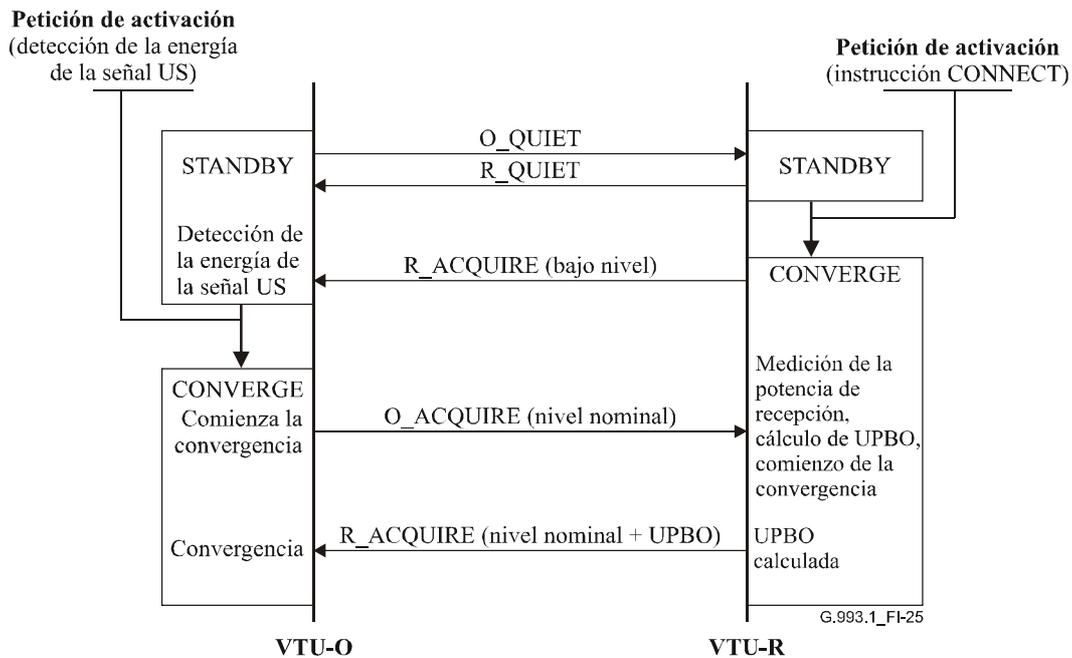


Figura I.25/G.993.1 – Activación desde la VTU-R

#### S4: Estado R\_FINDFRAME

Durante este estado, la VTU-R transmitirá R\_ACQUIRE y el bit IB-9 (*rdi*) se fijará a 1 para indicar que el sentido descendente no está aún sincronizado. Durante el estado *S4* la VTU-R procesará la señal recibida en sentido descendente para obtener la trama de transmisión (véase I.1.2). La VTU-R pasará al estado *S5* tan pronto como se completa la obtención de la trama y se mantiene estable por al menos 100 ms. La VTU-R regresará al estado *S1* si no se completa la obtención de la trama antes de que  $t_R$  alcance  $t_{2_f}$  ms, o cuando se aplica *QUIET*, o si se produce *DS\_LOS* durante este estado.

#### S5: Estado R\_ACTIVE

La VTU-R permanece en ese estado mientras se obtiene el canal en sentido descendente. Durante el estado *S5* la VTU-R transmitirá R\_DATA y el estado del enlace será en régimen permanente o reposo.

Durante *S5* la VTU-R podrá recibir mensajes VOC con valores de parámetros de transmisión modificados para CR\_STP, WS\_STP o I\_STP, conforme a las instrucciones de la VTU-O. Si se aplica la señal de control *B\_SERV*, la VTU-R transmitirá  $r\_flag = 1$  y aguardará por la recepción satisfactoria del mensaje VOC BTSEV, el cual confirma que la VTU-O recibió la señal de *B\_SERV* aplicada en la VTU-R. Si la VTU-R recibe satisfactoriamente el mensaje VOC CHANGE, BTSEV o IDLEREQ, pasará al estado *S7*. Si se produce *DS\_los* o *DS\_sef* durante este estado, la VTU-R pasará al estado *S6*. Si se aplica *QUIET* la VTU-R regresará al estado *S1*.

#### S6: Estado de pérdida de R\_SYNC

Durante este estado la VTU-R tratará de recuperar la sincronización de la trama de transmisión perdida y transmitirá R\_ACQUIRE para informar a la VTU-O de la pérdida de sincronización fijando el bit IB-9 (*rdi*) = 1. Tras la recuperación de la sincronización, la VTU-R regresará al estado *S5*. Si no se recupera la sincronización durante el intervalo de tiempo  $t_{4_r}$  ms, la VTU-R pasará al estado *S3* a fin de iniciar una petición de activación por *reanudación tras el error*. La VTU-R pasará al estado *S1* si se aplica *QUIET*.

## S7: Estado R\_TRIGGER

Durante este estado la VTU-R transmitirá la señal R\_TRIGGER con  $r\_trig = 1$ , y supervisará el bit  $o\_trig$  en las tramas de transmisión recibidas. Una vez detectado  $o\_trig = 1$ , la VTU-R sustituirá CR\_STP con un nuevo valor de parámetro, WR\_STP o I\_STP, dependiendo de cuál haya sido el último mensaje VOC transmitido, CHANGE, BTSERVC o IDLREQ, respectivamente. A continuación la VTU-R efectuará las modificaciones correspondientes de sus parámetros de transmisión y regresará al estado S5 con un nuevo valor de parámetro CR\_STP. Al entrar al estado S5, RE\_STP será sustituido automáticamente por CR\_STP. Si no se detecta  $o\_trig = 1$  dentro del intervalo de tiempo  $t_{3,r}$  ms después de haber entrado al estado S7, la VTU-R regresará al estado S1. Si se aplica QUIET, la VTU-R regresará al estado S1.

### I.4.3.8 Activación en dos etapas

Las VTU-O y VTU-R pueden soportar un proceso de activación de dos etapas:

Etapas 1: Activación con una constelación de 4 puntos.

Etapas 2: Modificación de la constelación al tamaño necesario utilizando un procedimiento de modificación CR-STP normalizado (véase 9.2.2.2).

Esta activación de dos etapas utilizará el diagrama de activación normalizado que se describe en 9.1 y la máquina de estados de la VTU normalizada que se describe en I.4.3.6 e I.4.3.7, para ambas etapas. La activación se realizará conforme a la siguiente secuencia:

- 1) Arrancar el enlace y alcanzar la transmisión en régimen permanente con DF\_STP.
- 2) Asignar el perfil de transmisión de la primera etapa con todos los parámetros de transmisión iguales a los parámetros del perfil de transmisión requerido, excepto por la fijación de la constelación igual a 4 para ambas portadoras en ambos sentidos.
- 3) Modificar CR\_STP desde DF\_STP al perfil de transmisión de la primera etapa utilizando la instrucción CHANGE hasta alcanzar la transmisión en régimen permanente.
- 4) Asignar el tamaño de la constelación igual al tamaño de la constelación original del perfil de transmisión requerido (mediante la instrucción CONSTEL).
- 5) Modificar CR\_STP al tamaño de constelación asignado utilizando la instrucción CHANGE hasta alcanzar la transmisión en régimen permanente.

Se pueden permitir mensajes VOC de supervisión de la calidad de funcionamiento entre las cinco etapas enumeradas. Si la VTU-R tiene capacidad sólo para la activación de 2 etapas, el tamaño de constelación aplicado para WS\_STP se fijará siempre a QAM-4.

## I.4.4 Definiciones de bits para la toma de contacto G.994.1

### I.4.4.1 Mensajes CL

Cuando una VTU-O desea indicar sus capacidades conforme a este anexo en un mensaje CL G.994.1, podrá hacerlo fijando a UNO al menos uno de los bits del anexo I/G.993.1 {NPar(2) o SPar(2)} del campo de información normalizado como se define y se muestra en los cuadros 11.61/G.994.1 y 11.62/G.994.1. Por cada bit {SPar(2)} del anexo I/G.993.1 fijado a UNO, es necesario que haya un campo {NPar(3)} correspondiente (véase 9.4/G.994.1). En los cuadros I.28 e I.29 se definen los campos {NPar(2) y SPar(2)} del mensaje CL G.994.1.

**Cuadro I.28/G.993.1 – Definiciones de los bits NPar(2) del mensaje CL de la VTU-O conforme al anexo I**

Bit G.994.1	Definición
OptUp	Si se fija a UNO, significa que la VTU-O podrá configurarse para que utilice la banda facultativa de 25 a 138 kHz de transmisión en sentido ascendente (VTU-R → VTU-O).
OptDn	Si se fija a UNO, significa que la VTU-O podrá configurarse para que emplee la banda facultativa de 25 a 138 kHz de transmisión en sentido descendente (VTU-O → VTU-R).
PSDRed	Si se fija a UNO, significa que la VTU-O podrá configurarse para reducir la PSD en la región de frecuencias por debajo de 1,104 MHz.
PTM	Si se fija a UNO, significa que la VTU-O podrá configurarse para transporte PTM.
ATM	Si se fija a UNO, significa que la VTU-O podrá configurarse para transporte de células ATM. (véase el anexo G)
EOC-Clear	Si se fija a UNO, significa que la VTU-O soporta la transmisión y recepción de tramas OAM G.997.1.

**Cuadro I.29/G.993.1 – Definiciones de los bits SPar(2) del mensaje CL de la VTU-O conforme al anexo I**

Bit G.994.1	Definición
DF_STP	Si se fija a UNO, significa que se utilizará DF_STP transmitido por el mensaje CL de la VTU-O.

#### **I.4.4.2 Mensajes MS de la VTU-O**

Una VTU-O podrá seleccionar el modo de funcionamiento conforme a este anexo en un mensaje MS G.994.1 fijando a UNO los bits adecuados del anexo I/G.993.1 {NPar(2) o SPar(2)} del campo de información normalizado como se define en los cuadros 11.61/G.994.1 y 11.62/G.994.1. Por cada bit {SPar(2)} del anexo I/G.993.1 fijado a UNO, es necesario que haya un campo {NPar(3)} correspondiente (véase 9.4/G.994.1). En los cuadros I.30 e I.31 se definen los campos {NPar(2)} del mensaje MS G.994.1 correspondientes al bit {SPar(1)}.

**Cuadro I.30/G.993.1 – Definiciones del bit NPar(2) del mensaje MS de la VTU-O conforme al anexo I**

Bit G.994.1	Definición
OptUp	Si se fija a UNO, significa que se puede utilizar la banda facultativa de 25 a 138 kHz de transmisión en sentido ascendente (VTU-R → VTU-O). En un mensaje MS, sólo uno de OptUp y OptDn podrá fijarse a UNO.
OptDn	Si se fija a UNO, significa que se puede utilizar la banda facultativa de 25 a 138 kHz de transmisión en sentido descendente (VTU-O → VTU-R). En un mensaje MS, sólo uno de OptUp y OptDn podrá fijarse a UNO.
PSDRed	Si se fija a UNO, significa que se debe reducir la PSD en la región de frecuencias por debajo de 1,104 MHz.
PTM	Se debe fijar a UNO, únicamente cuando se haya fijado este bit a UNO en el último mensaje CL y en el último mensaje CLR. Significa que tanto la VTU-O como la VTU-R se configurarán para transporte PTM.
ATM	Se debe fijar a UNO, únicamente cuando se haya fijado este bit a UNO en el último mensaje CL y en el último mensaje CLR. Significa que tanto la VTU-O como la VTU-R se configurarán para transporte de células ATM.
EOC-Clear	Se debe fijar a UNO, únicamente cuando se haya fijado este bit a UNO en el último mensaje CL y en el último mensaje CLR. Significa que tanto la VTU-O como la VTU-R podrán transmitir y recibir tramas OAM G.997.1.

**Cuadro I.31/G.993.1 – Definición de los bits SPar(2) del mensaje MS de la VTU-O conforme al anexo I**

Bit G.994.1	Definición
DF_STP	Si se fija a UNO, significa que se utilizará DF_STP transmitido por el mensaje CL de la VTU-O.

#### **I.4.4.3 Mensaje CLR de la VTU-R**

Cuando una VTU-R desea indicar sus capacidades conforme a este anexo en un mensaje CLR G.994.1, fijará a UNO al menos uno de los bits del anexo I/G.993.1 {NPar(2) o SPar(2)} del campo de información normalizado como se define en los cuadros 11.61/G.994.1 y 11.62/G.994.1. Por cada bit {SPar(2)} del anexo I/G.993.1 fijado a UNO, debe haber un campo {NPar(3)} correspondiente (véase 9.4/G.994.1). En los cuadros I.32 e I.33 se definen los campos {NPar(2) y SPar(2)} del mensaje CLR G.994.1.

**Cuadro I.32/G.993.1 – Definición de los bits NPar(2) del mensaje CLR de VTU-R conforme al anexo I**

<b>Bit G.994.1</b>	<b>Definición</b>
OptUp	Si se fija a UNO, significa que la VTU-R podrá configurarse para utilizar la banda facultativa de 25 a 138 kHz de transmisión en sentido ascendente (VTU-R → VTU-O).
OptDn	Si se fija a UNO, significa que la VTU-R podrá configurarse para utilizar la banda facultativa de 25 a 138 kHz de transmisión en sentido descendente (VTU-O → VTU-R).
PSDRed	Si se fija a UNO, significa que la VTU-R podrá configurarse para reducir la PSD en la región de frecuencias por debajo de 1,104 MHz.
PTM	Si se fija a UNO, significa que la VTU-R podrá configurarse para transporte PTM.
ATM	Si se fija a UNO, significa que la VTU-R podrá configurarse para transporte de células ATM.
EOC-Clear	Si se fija a UNO, significa que la VTU-R soporta la transmisión y recepción de tramas OAM G.997.1.

**Cuadro I.33/G.993.1 – Definición de los bits SPar(2) del mensaje CLR de la VTU-R conforme al anexo I**

<b>Bit G.994.1</b>	<b>Definición</b>
DF_STP	Si se fija a UNO.

#### **I.4.4.4 Mensajes MS de la VTU-R**

Una VTU-R puede seleccionar el modo de operación conforme a este anexo en un mensaje MS G.994.1 fijando a UNO los bits apropiados del anexo I/G.993.1 {NPar(2) o SPar(2)} del campo de información normalizado como se define en los cuadros 11.61/G.994.1 y 11.62/G.994.1. Por cada bit {SPar(2)} del anexo I/G.993.1 fijado a UNO debe haber un campo {NPar(3)} correspondiente (véase 9.4/G.994.1). En los cuadros I.34 e I.35 se definen los campos {NPar(2)} del mensaje MS G.994.1 correspondientes al bit {SPar(1)}.

**Cuadro I.34/G.993.1 – Definición de los bits NPar(2) del mensaje MS de la VTU-R MS conforme al anexo I**

Bit G.994.1	Definición
OptUp	Si se fija a UNO, significa que se puede utilizar la banda facultativa de 25 a 138 kHz de transmisión en sentido ascendente (VTU-R → VTU-O). En un mensaje MS, sólo uno de los OptUp y OptDn podrá fijarse a UNO.
OptDn	Si se fija a UNO, significa que se puede utilizar la banda facultativa de 25 a 138 kHz de transmisión en sentido descendente (VTU-O → VTU-R). En un mensaje MS, sólo uno de los OptUp y OptDn podrá fijarse a UNO.
PSDRed	Si se fija a UNO, significa que se puede reducir la PSD en la región de frecuencias por debajo de 1,104 MHz.
PTM	Se debe fijar a UNO, únicamente si este bit se fijó a UNO en el último mensaje CL y en el último mensaje CLR. Significa que tanto la VTU-O como la VTU-R podrán configurarse para transporte PTM.
ATM	Se debe fijar a UNO, únicamente si este bit se fijó a UNO en el último mensaje CL y en el último mensaje CLR. Significa que tanto la VTU-O como la VTU-R se podrán configurar para transporte de células ATM.
EOC-Clear	Se debe fijar a UNO, únicamente si este bit se fijó a UNO en el último mensaje CL y en el último mensaje CLR. Significa que tanto la VTU-O como la VTU-R podrán transmitir y recibir tramas OAM G.997.1.

**Cuadro I.35/G.993.1 – Definición de los bits SPar(2) del mensaje MS de la VTU-R conforme al anexo I**

Bit G.994.1	Definición
DF_STP	Si está fijado a UNO en un mensaje CL, se debe fijar a UNO.

#### **I.4.4.5 Mensajes MP de la VTU-R**

Una VTU-R puede proponer un modo de operación conforme a este anexo en un mensaje MP G.994.1 fijando a UNO los bits pertinentes del anexo I/G.993.1 {NPar(2) o SPar(2)} del campo de información normalizado como se define en los cuadros 11.61/G.994.1 y 11.62/G.994.1. Por cada bit {SPar(2)} del anexo I/G.993.1 fijado a UNO, debe haber un campo {NPar(3)} correspondiente (véase 9.4/G.994.1). En los cuadros I.36 e I.37 se definen los campos {NPar(2) y SPar(2)} del mensaje MP G.994.1 correspondientes al bit {SPar(1)}.

**Cuadro I.36/G.993.1 – Definición de los bits NPar(2) del mensaje MP de la VTU-R conforme al anexo I**

Bit G.994.1	Definición
OptUp	Si se fija a UNO, significa proponer la utilización de la banda facultativa de 25 a 138 kHz de transmisión en sentido ascendente (VTU-R → VTU-O). En un mensaje MP, únicamente uno de los OptUp y OptDn podrá fijarse a UNO.
OptDn	Si se fija a UNO, significa proponer la utilización de la banda facultativa de 25 a 138 kHz de transmisión en sentido descendente (VTU-O → VTU-R). En un mensaje MP, únicamente uno de los OptUp y OptDn podrá fijarse a UNO.
PSDRed	Si se fija a UNO, significa proponer la reducción de la PSD en la región de frecuencias por debajo de 1,104 MHz.
PTM	Se debe fijar a UNO, únicamente si este bit se fijó a UNO en el último mensaje CL y en el último mensaje CLR. Propone que tanto la VTU-O como la VTU-R se configuren para transporte PTM.
ATM	Se debe fijar a UNO, únicamente si este bit se fijó a UNO en el último mensaje CL y en el último mensaje CLR. Propone que tanto la VTU-O como la VTU-R se configuren para transporte de células ATM.
EOC-Clear	Se debe fijar a UNO, únicamente si este bit se fijó a UNO en el último mensaje CL y en el último mensaje CLR. Propone que tanto la VTU-O como la VTU-R puedan transmitir y recibir tramas OAM G.997.1.

**Cuadro I.37/G.993.1 – Definición de bits SPar(2) del mensaje MP de la VTU-R conforme al anexo I**

Bit G.994.1	Definición
DF_STP	Si está fijado a UNO en un mensaje CL, se debe fijar a UNO.

## **I.5 Información suplementaria relativa a la implementación de QAM (informativo)**

### **I.5.1 Atribución espectral de la señal de transmisión**

Conforme a las características del filtro de transmisión que se describe en I.2.2.3.2.2, todas las portadoras deben tener una conformación espectral de potencia tipo raíz cuadrada de coseno alzado (*raised-cosine*) con un excedente de ancho de banda  $\alpha$ . Por consiguiente, la frecuencia más baja ( $f_{BAJA}$ ) y la frecuencia más alta ( $f_{ALTA}$ ) de cada portadora debe calcularse como:

$$f_{BAJA} = f_C - 0,5(1 + \alpha \times SR)$$

$$f_{ALTA} = f_C + 0,6 \times SR$$

donde  $f_C$  y  $SR$  son la frecuencia portadora y su velocidad de símbolos, respectivamente. El ancho de banda de 3 dB de una portadora ocupa la gama de frecuencias entre  $f_C - 0,5 \times SR$  y  $f_C + 0,5 \times SR$ .

### **I.5.2 Capacidad de transporte de la subcapa PMS-TC**

La capacidad de transporte agregada (ATC, *aggregate transport capability*) de la subcapa PMS-TC se determina mediante el formato de la trama de transmisión. La ATC del canal rápido, de los canales lentos y de la ATC total, respectivamente, se calculan de la siguiente manera:

$$ATC\_f = TR \times \frac{2(F - RF)}{405} \text{ Mbit/s}$$

$$ATC_{-s} = TR \times \frac{2(S-19)}{405} \text{ Mbit/s}$$

$$ATC = TR \times \frac{362}{405} \text{ Mbit/s}$$

donde  $TR$  [Mbit/s] representa la velocidad binaria total del perfil de transmisión aplicado en el sentido determinado.

La ATC máxima del canal de operaciones (que se comparte entre el *eoc* y el VOC) se calcula como:

$$ATC_{-OC} = TR \times \frac{6}{405} \text{ Mbit/s}$$

La ATC máxima del canal *eoc* es igual a  $0,66 \times ATC_{-OC}$ .

Si la ATC del canal lento o del canal rápido se comparte entre distintos servicios (configuración de multiusuario), la ATC prevista para un servicio particular  $k$  se calcula como:

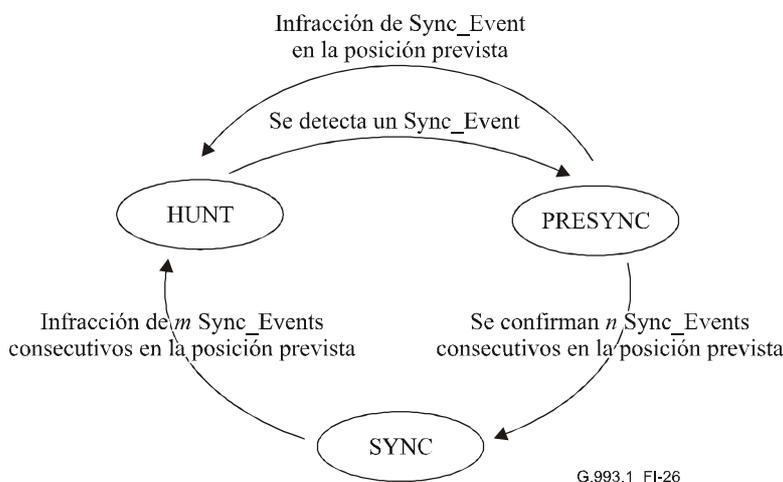
$$ATC_{-k} = TR \times \frac{2K}{405} \text{ Mbit/s}$$

donde  $K$  indica el número de octetos (ya sea en la palabra de código lenta o rápida) dedicado para este servicio (véase I.1.2.3).

### I.5.3 Algoritmo de delineación de tramas de transmisión

Este algoritmo se basa en Sync\_Events (detección de Syncword en las ubicaciones esperadas). La máquina de estados de delineación de tramas, que comprende los estados HUNT, PRESYNC y SYNC, se muestra en la figura I.26. Durante el estado HUNT se pierde la sincronización de tramas y la máquina de estados trata de recuperar la sincronización buscando la trama Sync\_Event. Tras la aparición del primer Sync\_Event, la máquina de estados pasa del estado HUNT al estado PRESYNC. La máquina de estados pasa del estado PRESYNC al estado SYNC cuando se produce Sync\_Event al menos  $n = 2$  veces consecutivas. Si se produce un Sync\_Event de infracción durante el estado PRESYNC, la máquina de estados regresa al estado HUNT. La máquina de estados pasa del estado SYNC al estado HUNT cuando se infringe Sync\_Event al menos  $m = 6$  veces consecutivas.

NOTA – En el caso de velocidades de datos superiores a 26 Mbit/s el número de Sync\_Event violados consecutivamente para pasar del estado SYNC al estado HUNT debería ser de al menos  $m = 8$  veces.



**Figura I.26/G.993.1 – Máquina de estados de delineación de tramas**

## I.5.4 Parámetros del entrelazador

### I.5.4.1 Parámetros

En el cuadro I.38 se presentan las principales características del entrelazador.

**Cuadro I.38/G.993.1 – Características del entrelazador**

Parámetro	Valor	Notas
Longitud del bloque ( $I$ )	$I = S/4, S/8, S/16$ [octetos]	$S = PS + 19$ [octetos]
Profundidad ( $D$ )	$D = M \times I + 1$ [octetos]	$M = 0 - 64$ , programable
Corrección por supresión ( $E$ )	$E = \lfloor t \times I / S \rfloor \times (M \times I + 1)$ [octetos]	$t = 8$ (aptitud de corrección de errores RS)
Retardo extremo a extremo ( $DL$ )	$DL = M \times I \times (I - 1)$ [octetos]	
Tamaño de la memoria del entrelazador	$MEM = M \times I \times (I - 1)/2$ [octetos]	

NOTA – El símbolo " $\lfloor \ ]$ " indica el recorte al entero inferior o "parte entera de".

La corrección por supresión  $E$  del entrelazador define el número máximo de octetos corruptos secuenciales en el tren de datos que podrán corregirse mediante el algoritmo RS cuando se aplica el entrelazado. Por consiguiente, la duración de los pulsos de ruido contra los que está protegido el sistema podrán calcularse como  $E \times 8/R$ , siendo  $R$  la velocidad binaria de la señal de transmisión.

En el cuadro I.39 se presentan algunos valores típicos de los parámetros de entrelazado  $M$ ,  $E$  y del retardo extremo a extremo calculado para  $S/I = 8$ ,  $t = 8$  y distintas velocidades binarias de línea en el cuadro I.39.

**Cuadro I.39/G.993.1 – Parámetros de entrelazado**

Velocidad de línea, Mbit/s		1,62	3,24	6,48	12,96	25,92
Valor de $N/I$		8				
250 $\mu$ s de corrección por supresión	$M$ [octetos]	2	4	8	16	32
	Retardo [ms]	5,9				
500 $\mu$ s de corrección por supresión	$M$ [octetos]	4	8	16	32	64
	Retardo [ms]	11,8				

### I.5.4.2 Ejemplo de implementación

El entrelazado se realiza en el lado de transmisión escribiendo los octetos de la palabra de código Reed-Solomon entrante en un banco de  $I$  registros por desplazamiento virtual numerados  $j = 0, 1, \dots (I - 1)$ . La longitud del registro por desplazamiento virtual  $j$  en la memoria del entrelazador es:  $M \times j$ .

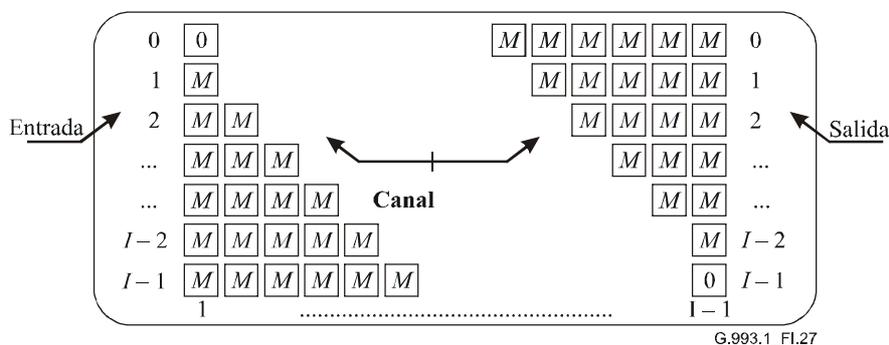
El desentrelazado se lleva a cabo en el lado de recepción escribiendo los octetos de la palabra de código entrante en un banco de  $I$  registros por desplazamiento virtual numerados  $j = 0, 1, \dots (I - 1)$ . La longitud del registro por desplazamiento virtual  $j$  en la memoria del desentrelazador es:  $M \times (I - 1 - j)$ .

La palabra de código se introduce en la memoria del entrelazador o en la del desentrelazador por bloques de  $I$  octetos a la vez. El primer octeto se escribe en el primer registro por desplazamiento, y el segundo en el segundo registro por desplazamiento, y así sucesivamente hasta el registro  $(I - 1)$ .

El proceso se repite  $S/I$  veces hasta que toda la palabra de código se introduce en el banco de los registros por desplazamiento.

La palabra de código sale de la memoria del entrelazador o del desentrelazador leyendo bloques de  $I$  octetos a la vez. El primer octeto se lee del primer registro por desplazamiento, el segundo del segundo registro por desplazamiento y así sucesivamente, hasta el registro  $(I - 1)$ . El proceso se repite  $S/I$  veces hasta que se extrae toda la palabra de código del banco de registros por desplazamiento.

En la figura I.27 se ilustra la estructura del entrelazador. Las  $I$  ramas paralelas, numeradas  $0, 1, \dots, (I - 1)$  se implementan con un aumento de retardo de  $M \times I$  octetos por rama. Cada rama representa un registro por desplazamiento con una longitud de  $0, M \times I, 2M \times I, \dots, (I - 1) \times M \times I$  bytes. El desentrelazador es similar al entrelazador, aunque los índices de las ramas están invertidos, de modo que el retardo más grande del entrelazador corresponde al retardo más pequeño del desentrelazador. La sincronización del desentrelazador se logra encaminando el primer octeto de un bloque entrelazado de  $I$  bytes a la rama 0.



**Figura I.27/G.993.1 – Ejemplo de implementación de entrelazador/desentrelazador**

## Apéndice I

### Implementación UTOPIA de la interfaz ATM-TC

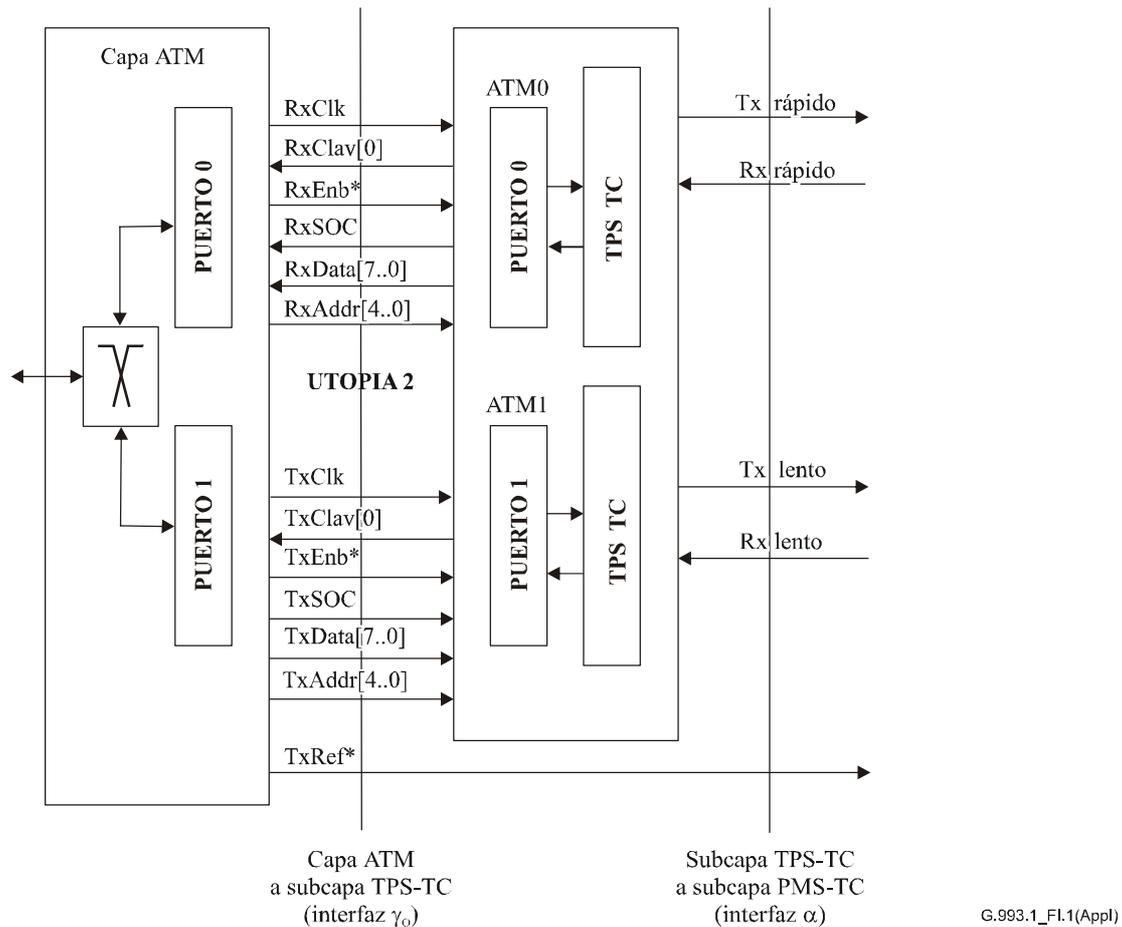
En este apéndice se describe la implementación de la interfaz entre la subcapa TPS-TC específica del ATM y la capa ATM en la interfaz VTU-O, denominada  $\gamma_0$ , en el modelo de referencia G.993.1. La implementación es también aplicable a la VTU-R.

La capa ATM efectúa la multiplexación de células desde, y la demultiplexación de célula hacia, el puerto físico adecuado (es decir, trayecto de latencia – rápido o lento) basándose en el identificador de trayecto virtual (VPI) y en el identificador de conexión virtual (VCI), ambos contenidos en el encabezamiento de célula ATM. La configuración del proceso de demultiplexación de célula lo efectúa la gestión de capa ATM.

Se proporciona una subcapa TPS-TC ATM por cada trayecto de latencia, separadamente. La funcionalidad ATM-TC se describe en el anexo G.

Las interfaces lógicas de entrada y de salida en el punto de referencia  $\gamma_0$  para el transporte ATM se basan en la interfaz de nivel 2 UTOPIA con toma de contacto a nivel de célula. La interfaz lógica se presenta en los cuadros I.1 e I.2 y se muestra en la figura I.1. Cuando la VTU-O activa una bandera de control de flujo (es decir, la VTU-O quiere transmitir o recibir una célula), la capa ATM inicia un ciclo de Tx de célula o de Rx de célula (transferencia de 53 octetos). La VTU soporta la transferencia de una célula completa en 53 ciclos de reloj consecutivos. Los relojes Tx y Rx de

UTOPIA son gobernados desde la capa ATM. Las mismas interfaces lógicas de entrada y de salida basadas en la interfaz de nivel 2 UTOPIA pueden utilizarse en el punto de referencia  $\gamma_R$  en la VTU-R.



**Figura I.1/G.993.1 – Implementación UTOPIA-2 de la interfaz de aplicación ATM-TC (VTU-O)**

**Cuadro I.1/G.993.1 – Señales de interfaz ATM de nivel 2 UTOPIA para Tx**

Nombre de señal	Sentido	Descripción
<i>Interfaz en transmisión</i>		
TxCk	ATM a PHY	Señal de temporización para transferencia
TxCkav[0]	PHY a ATM	Aseverada para indicar que la capa PHY posee espacio de memoria tampón disponible para recibir una célula de la capa ATM (desaseverada cuatro ciclos antes del final de la transferencia de célula)
TxEb*	ATM a PHY	Aseverada para indicar que la capa PHY debe muestrear y aceptar datos durante el actual ciclo de reloj
TxSOC	ATM a PHY	Identifica la demarcación de célula en TxData
TxDat[7..0]	ATM a PHY	Transferencia de datos de célula ATM (modo 8 bits)
TxAadr[4..0]	ATM a PHY	Dirección de dispositivo PHY para seleccionar el dispositivo que estará activo o que será interrogado para obtener el estatus TxClav
TxRef*	ATM a PHY	Referencia de temporización de red (señal de temporización de 8 kHz) (solamente en la interfaz $\gamma_0$ )

**Cuadro I.2/G.993.1 – Señales de interfaz ATM de nivel 2 UTOPIA para Rx**

<b>Nombre de la señal</b>	<b>Sentido</b>	<b>Descripción</b>
<i>Interfaz en recepción</i>		
RxCIk	ATM a PHY	Señal de temporización para transferencia
RxClav[0]	PHY a ATM	Aseverada para indicar a la capa ATM que la capa PHY tiene una célula lista para su transferencia a la capa ATM (desaseverada al final de la transferencia de célula)
RxEnb*	ATM a PHY	Aseverada para indicar que la capa ATM debe muestrear y aceptar datos durante el siguiente ciclo de reloj
RxSOC	PHY a ATM	Identifica la demarcación de célula en RxData
RxData[7..0]	PHY a ATM	Transferencia de datos de célula ATM (modo 8 bits)
RxAddr[4..0]	ATM a PHY	Dirección de dispositivo PHY para seleccionar el dispositivo que estará activo o que será interrogado para obtener el estatus RxClav
RxRef*	PHY a ATM	Referencia de temporización de red (señal de temporización de 8 kHz) (solamente en la interfaz $\gamma_R$ )

Se pueden encontrar más detalles acerca de la interfaz de nivel 2 UTOPIA en [ATMF].

## Apéndice II

### Bandas internacionales de radioaficionados

**Cuadro II.1/G.993.1 – Bandas internacionales de radioaficionados**

<b>Reglamento de Radiocomunicaciones del UIT-R Región 1</b>		<b>Reglamento de Radiocomunicaciones del UIT-R Región 2</b>		<b>Reglamento de Radiocomunicaciones del UIT-R Región 3</b>	
<b>Inicio de la banda [kHz]</b>	<b>Fin de la banda [kHz]</b>	<b>Inicio de la banda [kHz]</b>	<b>Fin de la banda [kHz]</b>	<b>Inicio de la banda [kHz]</b>	<b>Fin de la banda [kHz]</b>
1 810	1 850	1 800	2 000	1 800	2 000
3 500	3 800	3 500	4 000	3 500	3 900
7 000	7 100	7 000	7 300	7 000	7 100
10 100	10 150	10 100	10 150	10 100	10 150
14 000	14 350	14 000	14 350	14 000	14 350
18 068	18 168	18 068	18 168	18 068	18 168
21 000	21 450	21 000	21 450	21 000	21 450
24 890	24 990	24 890	24 990	24 890	24 990
28 000	29 700	28 000	29 700	28 000	29 700

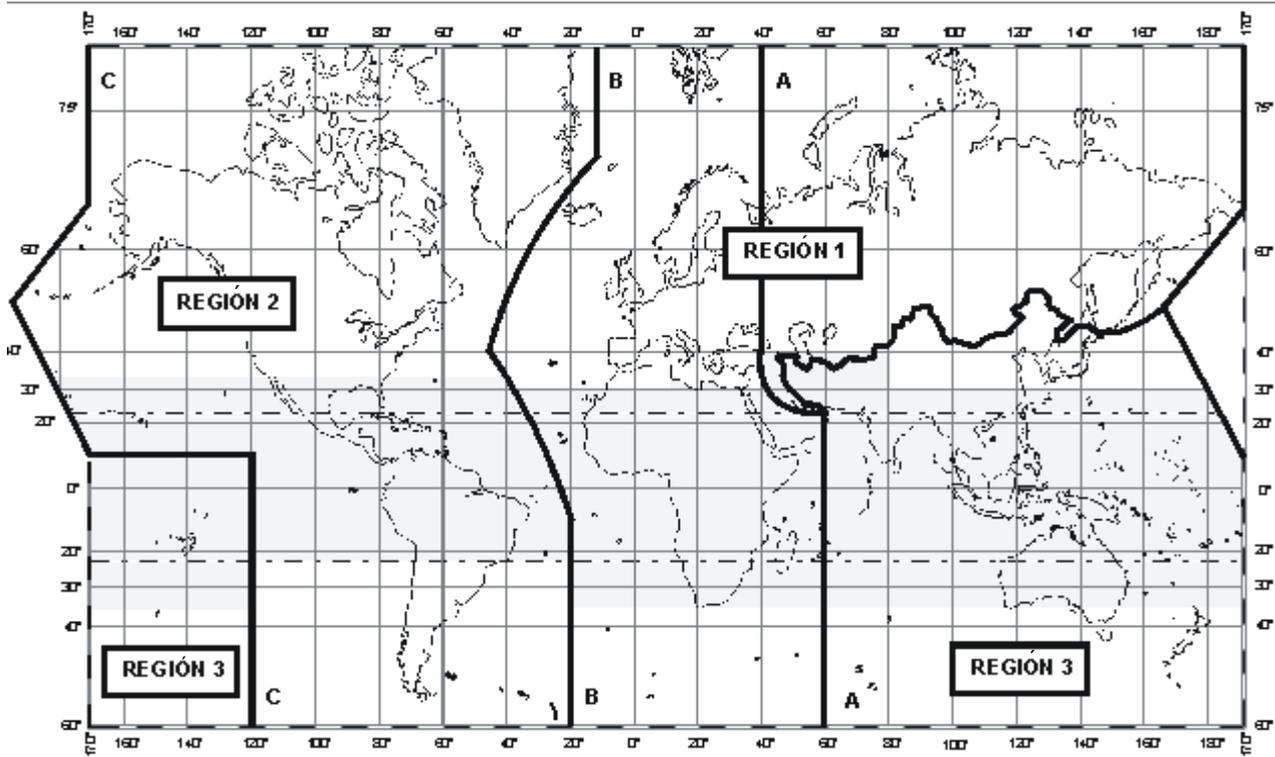


Figura II.1/G.993.1 – Regiones de las bandas internacionales de radioaficionados

## Apéndice III

### Separación entre los tonos de 8,625 kHz

#### III.1 Alcance

En este apéndice se describe un sistema VDSL con modulación multiportadora (MCM, *multicarrier modulation*) que funciona en el modo de separación de tonos de 8,625 kHz. La aplicación principal de este modo podría ser para bucles más cortos en los cuales la separación de los tonos de 8,625 kHz permitirá un tamaño menor de FFT/IFFT, sin modificaciones adicionales de la capa PMD. En el resto de este apéndice se describen cuestiones relativas al texto principal de esta Recomendación, las cuales podrían tenerse en cuenta para un sistema VDSL MCM funcionando con separación de tonos de 8,625 kHz.

#### III.2 Características funcionales de la capa PMD

Esta capa se implementa conforme a 9.2 empleando  $\Delta f = 8,625$  kHz.

NOTA 1 – Este modo está destinado a bucles con menos de 600 metros. Por consiguiente, las longitudes de extensión cíclica convencionales que se presentan en 9.2.2 serán suficientes.

NOTA 2 – En 9.2.3.4 se propone un modo facultativo para la sincronización de los usuarios en un mismo mazo, el cual se utiliza para reducir los efectos de NEXT producidos por los lóbulos laterales de los otros usuarios en el mazo. Suponiendo que exista una mezcla de sistemas con separaciones de portadoras de 8,625 y 4,3125 kHz y asumiendo además la utilización de la opción de sincronización de todos los usuarios, se puede mostrar fácilmente que las señales con separación de portadoras de 4,3125 kHz son ortogonales a aquéllas con separación de portadoras de 8,625 kHz en el sentido opuesto. No obstante, lo inverso no es verdad, es decir los tonos separados por 4,3125 kHz podrían verse afectados por los tonos separados por 8,625 kHz en el sentido opuesto. Por consiguiente, los proveedores de servicio podrán decidir no utilizar la separación de tonos de 8,625 kHz cuando se emplea la sincronización del mazo. De lo contrario, en el modo de funcionamiento asíncrono, dos sistemas que utilizan distinta separación de tonos no se afectan en mayor medida que dos sistemas que utilizan la separación de 4,3125 kHz.

#### III.3 Subcapa de convergencia de transmisión (TC)

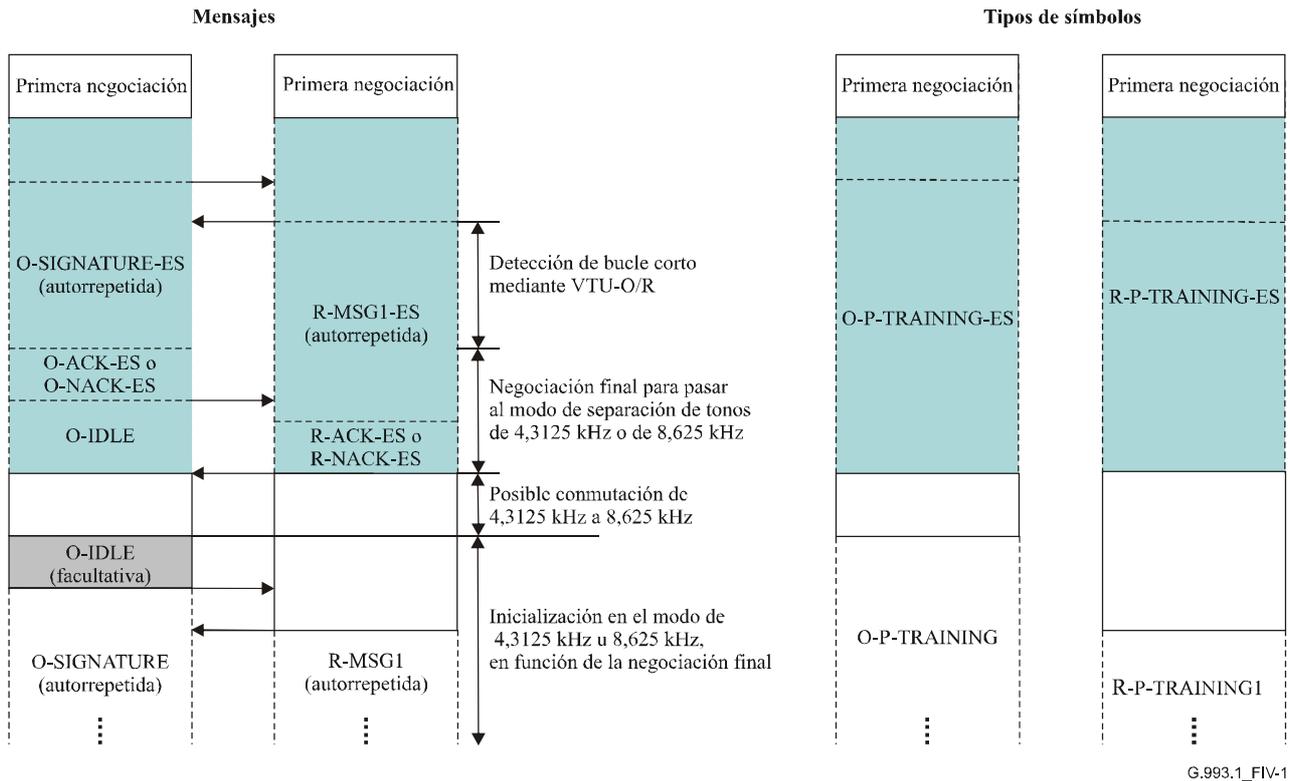
La subcapa TC del modo de separación de tonos de 8,625 kHz será conforme a las cláusulas 7 y 8, con excepción de la modificación de la definición de tramas en 8.5.1, como se presenta en III.3.1.

##### III.3.1 Descripción de trama

Cuando se emplea la separación de tonos de 8,625 kHz, una trama de datos de la capa TC representa un conjunto de bytes transportados por dos tramas DMT (es decir, símbolos DMT). De lo contrario, la descripción de tramas es la misma que la descripción de trama para 4,3125 kHz.

#### III.4 Inicialización

Cuando se completa la negociación necesaria para indicar el soporte mutuo de la separación de tonos de 8,625 kHz (a la cual se hará referencia como "primera negociación"), se pasa a la fase "ES". El procedimiento de "primera negociación" queda fuera del alcance de este apéndice. En la figura III.1 se muestra la línea de tiempos de la fase ES. Los nombres de los mensajes SOC recién definidos y de los tipos de símbolos tienen el sufijo 'ES' y se describen en el cuadro III.1.



**Figura III.1/G.993.1 – Línea de tiempos relativa a la fase ES**

**Cuadro III.1/G.993.1 – Códigos para los mensajes SOC que se emplean durante la fase ES**

Mensaje SOC	Código de mensaje
O/R-ACK-ES	0x33 (nota)
O/R-NACK-ES	0xCC (nota)
O-SIGNATURE-ES	0x31
R-MSG1-ES	0xB1
NOTA – Se trata de la cabida útil total del mensaje.	

Durante la fase ES, se realiza la detección del bucle corto y la negociación del modo final. La VTU-O inicia la fase ES transmitiendo el símbolo O-P-TRAINING-ES. El mensaje O-SIGNATURE-ES se envía en paralelo por el canal SOC (que se repite automáticamente). El símbolo O-P-TRAINING-ES es idéntico a O-P-TRAINING, y también es idéntico a O-SIGNATURE, excepto por el código del mensaje (véase el cuadro III.1).

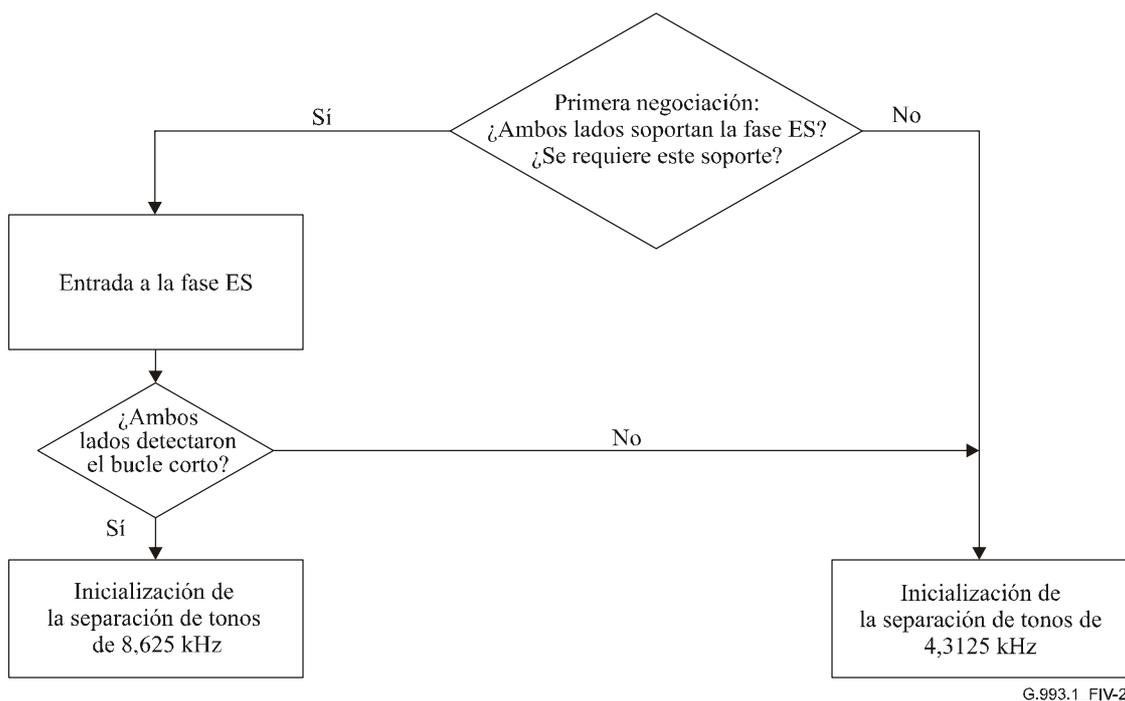
Una vez sincronizada la VTU-R y habiendo decodificado satisfactoriamente O-SIGNATURE-ES, ésta transmitirá R-P-TRAINING-ES que es idéntico a R-P-TRAINING1. El mensaje R-MSG1-ES se envía en paralelo por el canal SOC (y se repite automáticamente). R-MSG1-ES es idéntico a R-MSG1, excepto por el código de mensaje (véase el cuadro III.1).

Las VTU-O y VTU-R realizan la detección del bucle corto simultáneamente mientras reciben R-MSG1-ES y O-SIGNATURE-ES, respectivamente. La decisión de pasar a la inicialización con separación de tonos de 8,625 kHz podrá residir en el nivel PSD de la señal recibida en las frecuencias más elevadas donde la separación de tonos de 8,625 kHz podría representar una ventaja.

La negociación final se realiza tras la conclusión de la detección del bucle corto. Si la longitud del bucle medida es lo suficientemente corta de modo que la utilización de la separación de tonos de 8,625 kHz resulte ventajosa, tanto la VTU-O como la VTU-R lo confirmarán entre ellas transmitiendo O-ACK-ES y R-ACK-ES, respectivamente. Tras el periodo de negociación final viene la inicialización con separación de tonos de 8,625 kHz únicamente si las VTU-R y las VTU-O reciben O-ACK-ES y R-ACK-ES, respectivamente.

En función de la negociación final, la configuración del módem podrá conmutar de 4,3125 kHz a 8,625 kHz durante el periodo QUIET seguido por la transmisión del símbolo O-P-TRAINING y R-P-TRAINING1 desde las VTU-O y VTU-R, respectivamente.

En la figura III.2 se muestra el diagrama de flujo del procedimiento de inicialización completo para el modo de separación de tonos de 8,625 kHz.



**Figura III.2/G.993.1 – Diagrama de flujo de la inicialización con separación de tonos de 8,625 kHz**

En el cuadro III.1 se muestran los códigos de los mensajes SOC que se envían durante la fase ES.

En un sistema con separación de tonos de 8,625 kHz, el análisis del acondicionamiento y del canal que se describe en la cláusula 12 es el mismo que para la versión con separación de tonos de 4,3125 kHz, con excepción de que los índices de tono se calculan basándose en la separación de tonos de 8,625 kHz.

## BIBLIOGRAFÍA

- [UIT-T G.995.1] Recomendación UIT-T G.995.1 (2001), *Visión de conjunto de las Recomendaciones sobre la línea de abonado digital*.
- [ATMF UTOPIA] ATM Forum Specification af-phy-0039.000 (1995), *UTOPIA Level 2, Version 1.0*.
- [ANSI] T1.424, VDSL Metallic interface.
- [ETSI] TS 101 270-1, VDSL Part 1: *Transmission and Multiplexing (TM); Access transmission systems on metallic access cables; Very high speed Digital Subscriber Line (VDSL); Part 1: Functional requirements*.





## 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
<b>Serie G</b>	<b>Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales</b>
Serie H	Sistemas audiovisuales y multimedios
Serie I	Red digital de servicios integrados
Serie J	Redes de cable y transmisión de programas radiofónicos y televisivos, y de otras señales multimedios
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