

RECOMENDACIÓN UIT-R BO.1516*

Sistemas de televisión digital multiprograma para utilización por satélites que funcionan en la gama de frecuencias 11/12 GHz

(Cuestión UIT-R 3/6)

(2001)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que se han diseñado sistemas digitales multiprograma para ser utilizados por satélites en la gama de frecuencias 11/12 GHz;
- b) que estos sistemas, siendo digitales, proporcionan importantes ventajas en la calidad de servicio de vídeo, sonido y datos, flexibilidad de utilización, uso eficaz del espectro y robustez de la emisión;
- c) que estos sistemas proporcionan una multiplicidad de servicios, tales como programas de televisión, elementos multimedios, servicios de datos, canales de audio, y otros, en un solo múltiplex;
- d) que estos sistemas ya están en uso operacional generalizado o están proyectados para ser operacionales en el futuro próximo;
- e) que cuatro de estos sistemas han sido descritos en las Recomendaciones UIT-R BO.1211, UIT-R BO.1294 y UIT-R BO.1408;
- f) que se han realizado adelantos importantes en la tecnología de sistemas digitales multiprograma después de la elaboración de la Recomendación UIT-R BO.1294, y que estos adelantos están incorporados en el sistema descrito en la Recomendación UIT-R BO.1408;
- g) que los cuatro sistemas, incluido el sistema de tecnología avanzada descrito en la Recomendación UIT-R BO.1408, tienen arquitecturas muy similares y comparten los mismos elementos de sistemas comunes identificados en la Recomendación UIT-R BO.1294;
- h) que es conveniente actualizar esta información y combinarla después en una sola Recomendación;
- j) que los circuitos integrados compatibles con algunos o todos los elementos comunes de dos o tres de estos sistemas han sido diseñados y fabricados y están en uso generalizado;
- k) que estos sistemas tienen diversas características distintivas que pueden hacer que uno u otro de los mismos sea más apropiado para las necesidades de una administración determinada;
- l) que la Resolución UIT-R 1 establece que «Cuando las Recomendaciones contengan información sobre diversos sistemas relacionados con una aplicación de radiocomunicaciones precisa, se deben basar en los criterios pertinentes a la aplicación y deben incluir, cuando sea posible, una evaluación de los sistemas recomendados, utilizando esos criterios.»

* Esta Recomendación reemplaza a la Recomendación UIT-R BO.1294 que es suprimida.

recomienda

- 1 que las administraciones que deseen ofrecer servicios de televisión digital multiprograma por satélite utilicen las características descritas en el Anexo 1, § 4 como una ayuda para seleccionar un sistema específico;
- 2 que al ofrecer servicios de televisión digital multiprograma por satélite, se seleccione uno de los sistemas de transmisión descritos en el Anexo 1;
- 3 que los elementos comunes de los requisitos funcionales comunes de un sistema de transmisión digital multiprograma, descrito en el § 3 del Anexo 1, sirva de base para la prestación de los servicios en las zonas donde coexistan o puedan coexistir más de un sistema en el futuro.

ANEXO 1

**Requisitos funcionales comunes para la recepción de emisiones
de televisión digital multiprograma por satélites que
funcionan en la gama de frecuencias 11/12 GHz**

ÍNDICE

		<i>Página</i>
1	Introducción	5
2	Modelo de referencia genérico de sistemas de transmisión digital multiprograma	6
	2.1 Modelo de referencia genérico	6
	2.2 Aplicación al IRD de satélite	8
3	Elementos comunes de sistemas de transmisión digital multiprograma	9
	3.1 Modulación/demodulación y codificación/decodificación	9
	3.1.1 Modulación y demodulación	9
	3.1.2 Filtro adaptado	11
	3.1.3 Codificación y decodificación convolucional	11
	3.1.4 Decodificador de bytes de sincronismo	12
	3.1.5 Desentrelazador convolucional	12
	3.1.6 Codificador y decodificador Reed-Solomon	12
	3.1.7 Eliminación de la dispersión de energía	13
	3.2 Transporte y demultiplexación	13

3.3	Decodificación de vídeo, audio y datos de la fuente.....	13
3.3.1	Vídeo	14
3.3.2	Audio	14
3.3.3	Datos.....	14
4	Resumen de las características y comparación de los sistemas de televisión digital multiprograma por satélite	14
4.1	Resumen de las características de los sistemas	15
4.2	Comparación de las características de los sistemas	15
5	Características específicas.....	22
5.1	Espectro de señal de los diferentes sistemas a la salida del modulador.....	22
5.1.1	Espectro de señal para el Sistema A.....	22
5.1.2	Espectro de señal para el Sistema B	24
5.1.3	Espectro de señal para el Sistema C	25
5.1.4	Espectro de señal para el Sistema D.....	30
5.2	Codificación convolucional	30
5.2.1	Características de codificación convolucional para el Sistema A	30
5.2.2	Características de codificación convolucional para el Sistema B	31
5.2.3	Características de codificación convolucional para el Sistema C	31
5.2.4	Características de codificación convolucional para el Sistema D	32
5.3	Características de sincronización	35
5.3.1	Características de sincronización para el Sistema A	35
5.3.2	Características de sincronización para el Sistema B	35
5.3.3	Características de sincronización para el Sistema C	35
5.3.4	Características de sincronización para el Sistema D	37
5.4	Entrelazador	40
5.4.1	Entrelazador convolucional para el Sistema A.....	40
5.4.2	Entrelazador convolucional para el Sistema B	41
5.4.3	Entrelazador convolucional para el Sistema C	42
5.4.4	Entrelazador de bloques para el Sistema D	42
5.5	Codificador Reed-Solomon.....	44
5.5.1	Características del codificador Reed-Solomon para el Sistema A	44
5.5.2	Características del codificador Reed-Solomon para el Sistema B	44

5.5.3	Características del codificador Reed-Solomon para el Sistema C	44
5.5.4	Características del codificador Reed-Solomon para el Sistema D	45
5.6	Dispersión de energía.....	45
5.6.1	Dispersión de energía para el Sistema A	45
5.6.2	Dispersión de energía para el Sistema B	46
5.6.3	Dispersión de energía para el Sistema C	46
5.6.4	Dispersión de energía para el Sistema D	47
5.7	Características de alineación de trama y trenes de transporte	48
5.7.1	Características de alineación de trama y trenes de transporte para el Sistema A	48
5.7.2	Características de alineación de trama y trenes de transporte para el Sistema B.....	48
5.7.3	Características de alineación de trama y trenes de transporte para el Sistema C.....	48
5.7.4	Características de alineación de trama y trenes de transporte para el Sistema D	48
5.8	Señales de control	49
5.8.1	Señales de control para el Sistema A	49
5.8.2	Señales de control para el Sistema B.....	49
5.8.3	Señales de control para el Sistema C.....	49
5.8.4	Señales de control para el Sistema D	49
6	Referencias Bibliográficas	50
7	Lista de acrónimos	50
Apéndice 1 al Anexo 1 – Características de los trenes de transporte del Sistema B		
1	Introducción	51
2	Prefijo.....	52
3	Paquetes nulos y paquetes variantes	53
4	Paquetes de aplicación de vídeo.....	55
4.1	Paquetes de datos auxiliares.....	56
4.2	Paquetes del servicio de vídeo básico	59
4.3	Paquetes de datos redundantes	60
4.4	Paquetes de datos de vídeo no MPEG.....	62

Página

5	Paquetes de aplicación de audio.....	63
5.1	Paquetes de datos auxiliares.....	63
5.2	Paquetes del servicio de audio básico	64
5.3	Paquetes de datos de audio no MPEG.....	64
6	Paquetes de guía de programas	65
7	Constricciones del múltiplex de transporte.....	66
7.1	Definición de constricciones del múltiplex de trenes elementales.....	66

Apéndice 2 al Anexo 1 – Señal de control para el Sistema D

1	Introducción	67
2	Codificación de la información TMCC	68
2.1	Orden de cambio	68
2.2	Información de combinación de modulación-código.....	68
2.3	Identificación de TS	69
2.4	Otra información	70
3	Codificación exterior para la información TMCC.....	70
4	Referencias de temporización	70
5	Codificación del canal para TMCC	70

Apéndice 3 al Anexo 1 – Estado de disponibilidad de circuitos integrados para el receptor-decodificador integrado común

1	Introducción	71
2	Análisis	72
3	Conclusiones	72

1 Introducción

Desde su introducción, los sistemas de televisión digital por satélite han demostrado su capacidad de utilizar eficazmente el espectro de frecuencias de satélite y la capacidad de entregar servicios de alta calidad a los consumidores. Cuatro de estos sistemas se han descrito en las Recomendaciones UIT-R BO.1211, UIT-R BO.1294 y UIT-R BO.1408.

Con el fin de favorecer la convergencia hacia una sola norma mundial de los sistemas de recepción digital multiprograma por satélite para servicios de radiodifusión sonora y de televisión y de datos, en la Recomendación UIT-R BO.1294 se han descrito los requisitos funcionales comunes para la recepción de emisiones de televisión digital multiprograma por satélite. En la presente Recomendación, se describen requisitos funcionales comunes y elementos comunes para un

receptor-decodificador integrado (IRD, *integrated receiver decoder*) de satélite que funciona en la gama de frecuencias 11/12 GHz. No se ha excluido ni se excluye la utilización en otras gamas de frecuencias. La Recomendación UIT-R BO.1294 tomó en cuenta el único sistema descrito en la Recomendación UIT-R BO.1211.

Los elementos comunes del IRD de satélite definidos en la Recomendación UIT-R BO.1294 son capaces de recibir emisiones de tres sistemas de transmisión digitales multiprograma. Estos sistemas se identificaron como Sistemas A, B y C. Se han analizado los elementos comunes y específicos de cada sistema, y se ha llegado a la conclusión de que es factible la realización práctica de los elementos comunes de un IRD de satélite. Desde entonces, el desarrollo constante de los circuitos integrados para uso en estos sistemas ha confirmado claramente esta conclusión, estando actualmente disponibles muchos circuitos integrados que son compatibles con los elementos comunes de dos o de los tres sistemas indicados.

Se ha desarrollado un cuarto sistema, que se describe en la Recomendación UIT-R BO.1408, que comparte también los mismos elementos comunes descritos en la Recomendación UIT-R BO.1294. Representa un adelanto de la tecnología de estos sistemas digitales multiprograma. Proporciona características añadidas, como la capacidad de sustentar simultáneamente múltiples tipos de modulación, un esquema de modulación jerárquico y la capacidad de tratar múltiples trenes de transporte del Grupo de Expertos sobre imágenes en movimiento (MPEG) dentro de una portadora dada.

En los siguientes puntos de este Anexo se examinan brevemente los requisitos y elementos funcionales comunes de estos sistemas, y se describen sucintamente las funciones de una transmisión digital multiprograma genérica.

Se proporcionan también las características de sistema resumidas y detalladas de estos cuatro sistemas. Estos parámetros son aplicables a la realización del equipo de transmisión o del receptor decodificador integrado.

2 Modelo de referencia genérico de sistemas de transmisión digital multiprograma

2.1 Modelo de referencia genérico

Se ha elaborado un modelo de referencia genérico para los requisitos funcionales comunes de un sistema de transmisión digital multiprograma. Este modelo de referencia genérico ha demostrado su aplicabilidad a los cuatro sistemas descritos en esta Recomendación.

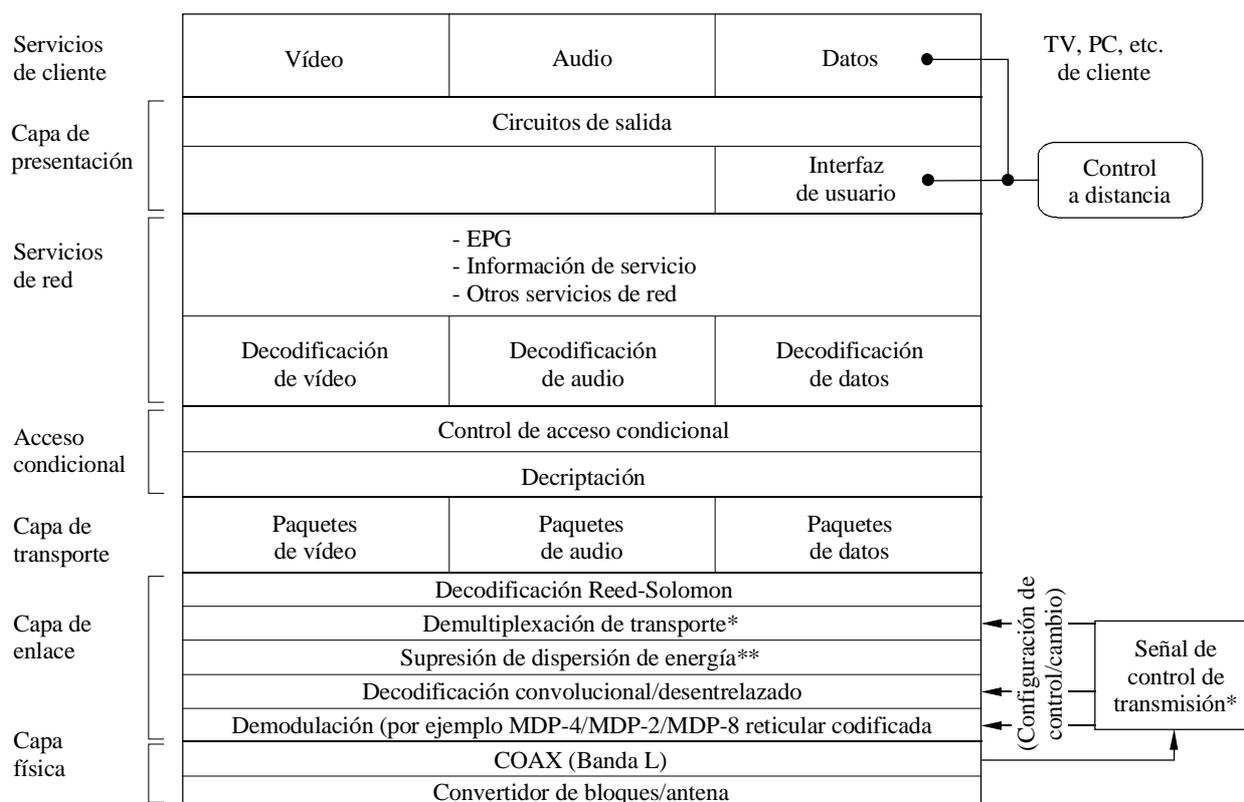
El modelo de referencia genérico se ha definido basándose en las funciones requeridas para cubrir todas las capas de una pila de protocolos de un sistema de transmisión digital multiprograma y se puede utilizar para definir las funciones comunes requeridas en un IRD para la recepción de estas transmisiones.

Para referencia, la Fig. 1 presenta la pila de protocolos IRD típica que se basa en las siguientes capas:

- *Capas física y de enlace* que comprenden las funciones típicas de la unidad frontal: generación de portadora y recepción de portadora (sintonización), modulación y demodulación por desplazamiento de fase cuaternaria (MDP-4), codificación y decodificación convolucional, entrelazado y desentrelazado, codificación y decodificación Reed-Solomon y aplicación y supresión de la dispersión de energía.

- *Capa de transporte* encargada de la multiplexación y demultiplexación de los diferentes programas y componentes, así como del empaquetado y desempaquetado de la información (vídeo, audio y datos).
- *Acceso condicional*, funciones que controlan la operación de las funciones de cifrado y descifrado externos y funciones de control asociadas (interfaz común para acceso condicional como una opción).
- *Servicios de red* que efectúan la codificación y decodificación de vídeo y audio, así como la gestión de funciones de la guía electrónica de programas (EPG, *electronic programme guide*) e información de servicio y, opcionalmente, decodificación de datos.
- *Capa de presentación* responsable, entre otras cosas, de la interfaz de usuario, del control a distancia, etc.
- *Servicios de cliente* que comprenden las diferentes aplicaciones basadas en vídeo, audio y datos.

FIGURA 1
Pila de protocolos IRD típica

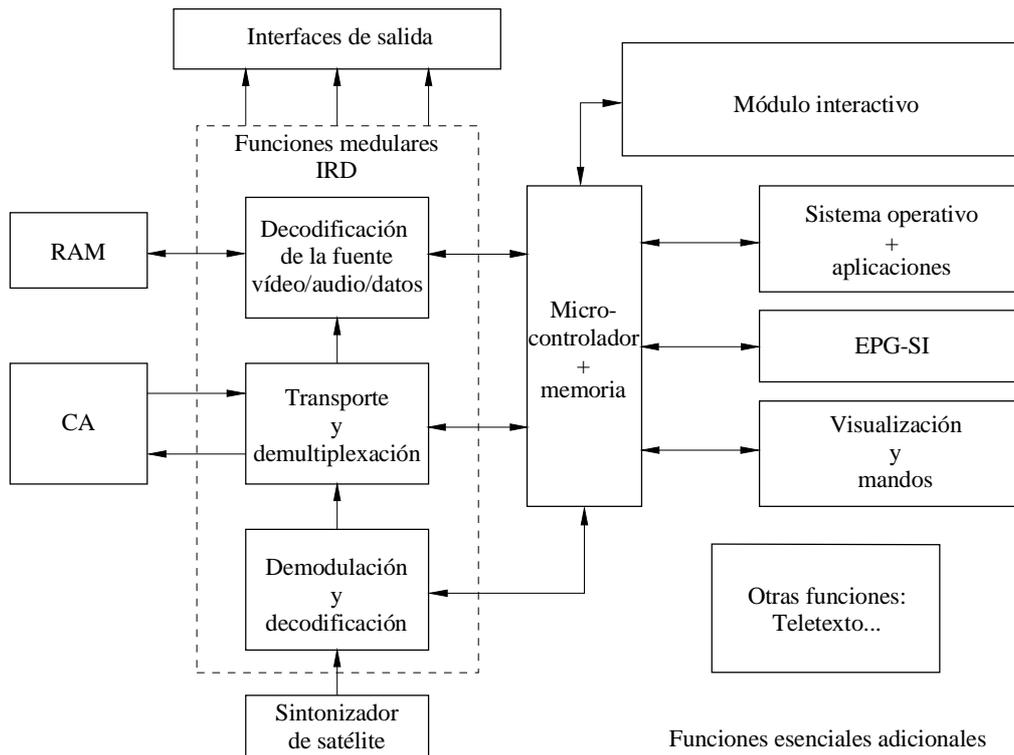


* Sólo presente en el Sistema D.
** No está presente en el Sistema B.

2.2 Aplicación al IRD de satélite

Sobre la base de la pila de protocolos, se obtiene el diagrama de bloques genérico para el IRD de satélite (véase la Fig. 2), que es útil para demostrar cómo están organizados los elementos comunes dentro del IRD.

FIGURA 2
Modelo de referencia genérico de un IRD de satélite



1516-02

Se identifican dos tipos de funciones en el modelo de referencia genérico; funciones medulares IRD y otras funciones esenciales adicionales:

- *Funciones medulares IRD:* comprenden las funciones IRD fundamentales que definen el sistema de televisión digital. Las funciones medulares IRD incluyen:
 - demodulación y decodificación,
 - transporte y demultiplexación,
 - decodificación de la fuente de vídeo, audio y datos.
- *Funciones esenciales adicionales:* se requieren para hacer funcionar el sistema y potenciarlo con características adicionales y/o complementarias. Estas funciones están

estrechamente relacionadas con la prestación del servicio. Las siguientes funciones y bloques podrían ser considerados como las funciones esenciales adicionales y pueden diferenciar un IRD de otro:

- sintonizador de satélite,
- interfaces de salida,
- sistema operativo y aplicaciones,
- EPG,
- SI (Información del servicio/sistema (*service/system information*)),
- CA (Acceso condicional (*conditional access*)),
- visualización, control a distancia y diferentes mandos,
- Memoria de lectura solamente (ROM, *read only memory*), memoria de acceso aleatorio (RAM, *random access memory*) y memoria FLASH,
- módulo interactivo,
- microcontrolador,
- otras funciones, como teletexto, subtulado, etc.

3 Elementos comunes de sistemas de transmisión digital multiprograma

Los elementos comunes son los siguientes:

- modulación/demodulación y codificación/decodificación con corrección de errores;
- múltiplex y demúltiplex de transporte;
- codificación y decodificación de la fuente de vídeo, audio y datos.

3.1 Modulación/demodulación y codificación/decodificación

El diagrama de bloques de las funciones de modulación/demodulación y codificación/decodificación para los elementos comunes de un IRD de satélite se presenta en la Fig. 3. Los bloques superpuestos representan funciones con elementos comunes a los cuatro sistemas, aunque con características diferentes. Los bloques de trazo interrumpido representan funciones no utilizadas por los cuatro sistemas.

3.1.1 Modulación y demodulación

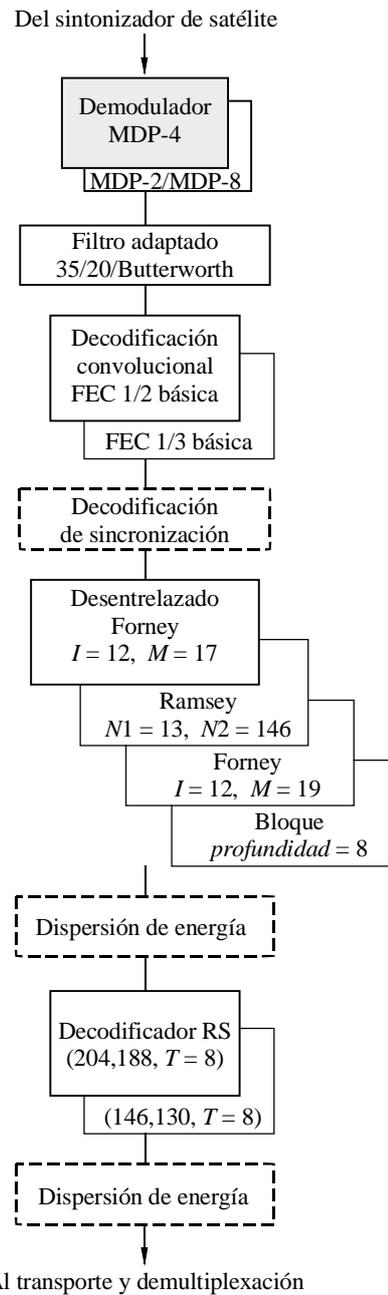
Este elemento común realiza la función de modulación y demodulación coherente de fase en cuadratura, binaria o de 8 niveles. En el demodulador, éste proporciona información I y Q de «decisión flexible» al decodificador interno.

Dentro de un IRD de satélite, este elemento común será capaz de demodular una señal que emplea modulación MDP-4 codificada de Gray convencional y modulación MDP-8 reticular codificada con correspondencia absoluta (sin codificación diferencial).

Para la modulación MDP-4, se utilizará la correspondencia de bits en la señal indicada en la Fig. 4.

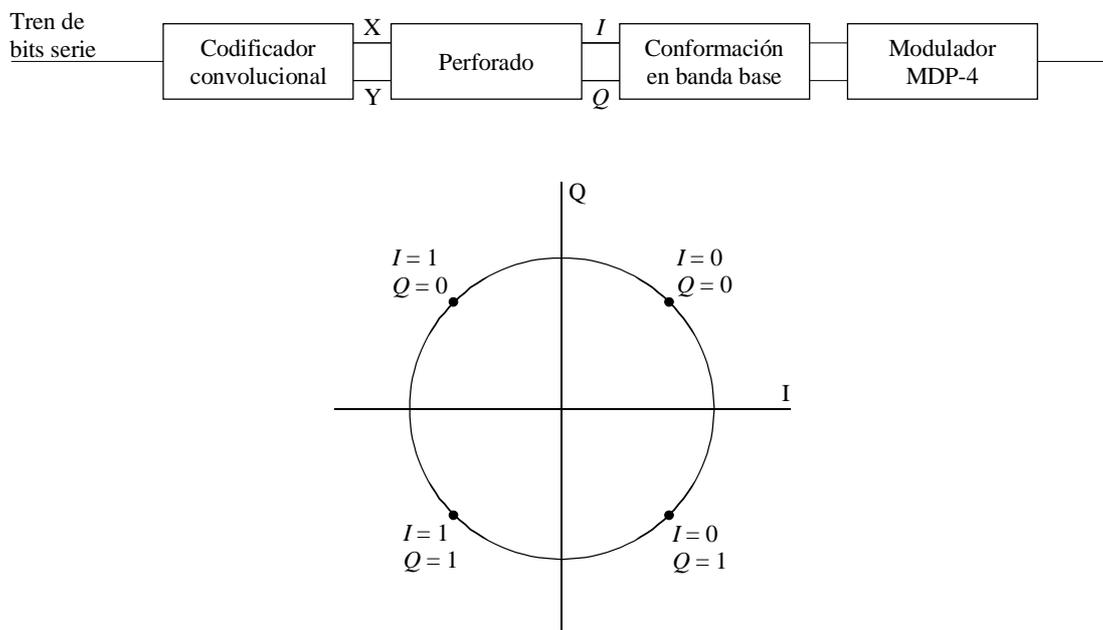
Para la modulación MDP-2 o MDP-8, se utilizará la correspondencia de bits en la señal indicada en el § 5.2.4.

FIGURA 3
Diagrama de bloques de la demodulación y decodificación de canal



FEC: corrección de errores en recepción sin canal de retorno

FIGURA 4
Constelación MDP-4



1516-04

3.1.2 Filtro adaptado

Este elemento común de un demodulador realiza el filtrado de conformación de impulso complementario tipo de acuerdo con el régimen de caída. La utilización de un filtro digital de respuesta a impulso finita (FIR, *finite impulse response*) puede proporcionar la igualación de las distorsiones lineales de canal en el IRD.

El IRD de satélite debe ser capaz de procesar la señal con los siguientes factores de conformación y de caída:

Raíz cuadrada de coseno alzado:

$\alpha = 0,35$ y $0,20$

Butterworth de 4° orden con limitación de banda:

Modos normalizado y de espectro truncado

En el § 5.1 se da información sobre la plantilla para el espectro de señal a la salida del modulador.

3.1.3 Codificación y decodificación convolucional

Este elemento común efectúa el primer nivel de codificación y decodificación de protección contra errores. Está diseñado de modo que el demodulador funcione con una proporción de bits erróneos (BER) «de decisión rígida» equivalente de entrada del orden de 1×10^{-1} y 1×10^{-2} (según la velocidad de código adoptada), y producirá una BER de salida de aproximadamente 2×10^{-4} o inferior. Esta BER de salida corresponde a un servicio casi sin error (QEF, *quasi-error-free*) después de la corrección de código exterior. Es posible que esta unidad utilice información de «decisión flexible». Esta unidad se encuentra en condiciones de intentar cada una de las velocidades de código y configuraciones de perforación hasta que se consiga el enclavamiento. Además, puede resolver una ambigüedad de fase de demodulación de $\pi/2$.

El código interior tiene las siguientes características:

- Viterbi y perforado,
- longitud de limitación de código $K = 7$.

El codificador y el decodificador funcionan con tres códigos convolucionales diferentes. El sistema permitirá la decodificación convolucional con velocidades de código basadas en una velocidad de $1/2$ ó $1/3$:

- basada en la velocidad básica $1/2$: FEC = $1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 6/7$ y $7/8$,
- basada en la velocidad básica $1/3$: FEC = $5/11, 1/2, 3/4, 2/3, 3/5, 4/5, 5/6$ y $7/8$.

En el § 5.2 se proporcionan las características específicas.

3.1.4 Decodificador de bytes de sincronismo

Este elemento común decodificará los bytes de sincronismo. Este decodificador proporciona la información de sincronización para el desentrelazado. También está en condiciones de detectar la ambigüedad de fase del demodulador (no detectable por el decodificador Viterbi).

En el § 5.3 se proporcionan las características específicas.

3.1.5 Desentrelazador convolucional

Este elemento común permite la aleatorización de las ráfagas de errores a la salida del decodificador interior byte por byte para mejorar la capacidad de corrección de errores en ráfaga del decodificador exterior.

Este elemento común utiliza sistemas de entrelazado convolucional Ramsey Tipo II ($N1 = 13, N2 = 146$) y Ramsey Tipo III (método Forney) ($I = 12, M = 17$ y 19) o el sistema de entrelazado de bloques (profundidad = 8), específicamente definidos en el § 5.4.

3.1.6 Codificador y decodificador Reed-Solomon

Este elemento común proporciona el segundo nivel de protección contra errores. Está en condiciones de proporcionar salida QEF (es decir, BER de aproximadamente 1×10^{-10} y 1×10^{-11}) en presencia de ráfagas de errores de entrada con una BER de aproximadamente 7×10^{-4} o mejor con entrelazado de bytes. En el caso de profundidad de entrelazado $I = 12$, se supone $BER = 2 \times 10^{-4}$ para QEF.

Este elemento común tiene las siguientes características:

- Generador Reed-Solomon: (255,239, $T = 8$).
- Polinomio generador de código Reed-Solomon:

$$(x + \alpha^0) (x + \alpha^1) \dots (x + \alpha^{15})$$

ó:

$$(x + \alpha^1) (x + \alpha^2) \dots (x + \alpha^{16})$$

donde:

$$\alpha = 02_h.$$

- Polinomio generador de campo Reed-Solomon:

$$x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$$

En el § 5.5 se proporcionan las características específicas.

3.1.7 Eliminación de la dispersión de energía

Este elemento común añade un esquema de aleatorización a la transmisión para asegurar dispersión de energía uniforme, que cuando está presente debe ser suprimida por el demodulador. Puede aplicarse de manera que sea capaz de desaleatorizar señales en las que el proceso de desaleatorización se ha colocado antes o después del decodificador Reed-Solomon. Este elemento común de un IRD de satélite puede aplicar un puente de derivación a esta característica.

En el § 5.6 se proporcionan las características específicas.

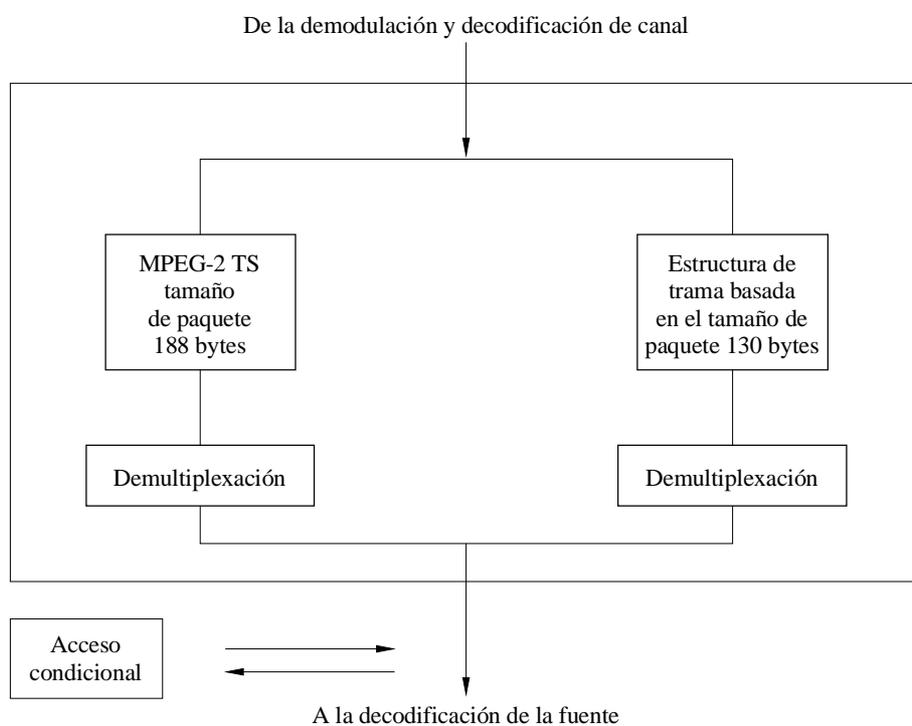
3.2 Transporte y demultiplexación

El diagrama de bloques de las funciones de transporte y demultiplexación para el IRD de satélite se presenta en la Fig. 5.

El sistema será capaz de recibir y demultiplexar paquetes según el multiplexor de transporte MPEG-2 (véase la Norma ISO/CEI 13818-1), así como las características específicas del tren de transporte definidas en el § 5.7.

El acceso condicional está fuera del ámbito de esta Recomendación.

FIGURA 5
Diagrama de bloques para el transporte y la demultiplexación



1516-05

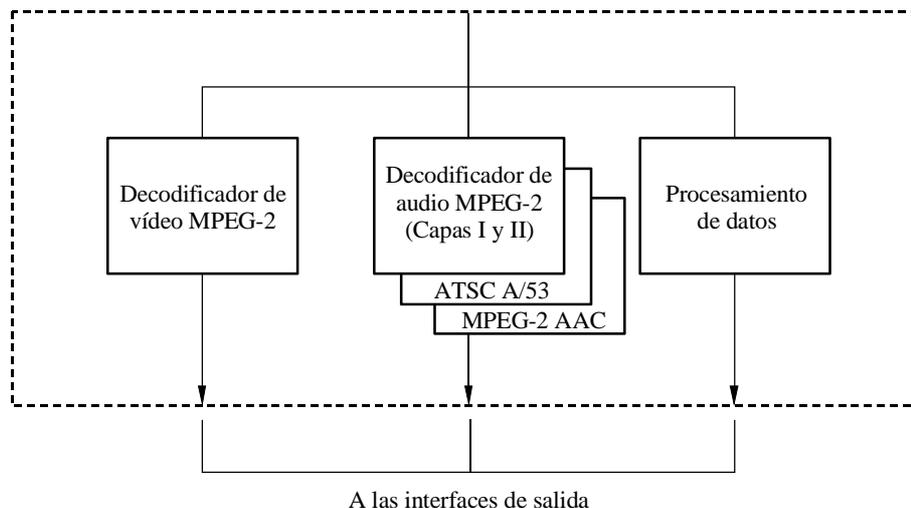
3.3 Decodificación de vídeo, audio y datos de la fuente

El diagrama de bloques de las funciones de codificación y decodificación de vídeo, audio y datos de la fuente se presenta en la Fig. 6.

FIGURA 6

Diagrama de bloques para la decodificación de la fuente

Del transporte y la demultiplexación

ATSC: Comité de Sistemas de Televisión Avanzados (*Advanced Television Systems Committee*)

1516-06

3.3.1 Vídeo

Este elemento común requiere, como mínimo, la codificación y decodificación de los formatos de vídeo según las señales MPEG-2 de nivel principal del perfil principal que han sido codificadas como se especifica en la Norma ISO/CEI 13818-2.

3.3.2 Audio

Este elemento común requiere la codificación y decodificación de las señales de audio según los formatos MPEG-2 de Capas I y II (Norma ISO/CEI 13818-3) y ATSC-A/53, Anexo B (véase el Anexo 2 a la Recomendación UIT-R BS.1196) y MPEG-2 AAC (codificación de audio avanzada) (Norma ISO/CEI 13818-7).

3.3.3 Datos

Este bloque trata las funciones requeridas para procesar los datos entregados a o recibidos del múltiplex de transporte. Este tema está fuera del ámbito de esta Recomendación.

4 Resumen de las características y comparación de los sistemas de televisión digital multiprograma por satélite

Como se describe en la introducción, la presente Recomendación incluye las características de cuatro sistemas de televisión digital multiprograma que comparten los elementos comunes descritos en el § 3. Estos sistemas se identifican como Sistemas A, B, C y D. El Sistema A fue descrito primero en la Recomendación UIT-R BO.1211 y se incluye también en la Recomendación UIT-R BO.1294. Los Sistemas B y C fueron descritos por primera vez en la Recomendación UIT-R BO.1294. El Sistema D se describe en la Recomendación UIT-R BO.1408. Tres de estos sistemas están en uso operacional actualmente, y el cuarto está proyectado para ser instalado en el futuro cercano.

Estos sistemas están diseñados para entregar robustamente programas vídeo y audio MPEG de calidad mediante transmisiones digitales por satélite. La aplicación de las técnicas de compresión

MPEG permite la utilización muy eficaz del espectro disponible, y el diseño de la capa de transporte permite una asignación muy flexible de la programación de vídeo y audio a transpondedores de satélite.

El Sistema A se basa en el algoritmo de codificación de vídeo y sonido MPEG-2 y en el múltiplex de transporte MPEG-2. Un esquema de FEC concatenado que utiliza codificación Reed-Solomon y convolucional, con decodificación de Viterbi de decisión flexible, permite un funcionamiento RF muy robusto en presencia de ruido e interferencia. Cinco pasos de velocidad de codificación en la gama 1/2 a 7/8 ofrecen diferentes compromisos entre la eficacia de espectro y de potencia. La velocidad de símbolos de transmisión del sistema puede ser elegida por el operador, con el fin de optimizar la explotación de la anchura de banda del transpondedor de satélite.

El Sistema B se basa también en el algoritmo de codificación vídeo de nivel principal de perfil principal MPEG-2. Utiliza la sintaxis audio de Capa II MPEG-1 y la especificación de transporte del Sistema B. Como en el caso del Sistema A, un esquema de FEC concatenado que utiliza codificación Reed-Solomon y convolucional con decodificación de Viterbi de decisión flexible, permite un funcionamiento RF muy robusto en presencia de ruido e interferencia. Tres pasos de velocidad de codificación en la gama 1/2 a 6/7 ofrecen diferentes compromisos entre la utilización eficaz del espectro y la potencia. La velocidad de símbolos de transmisión es fija en 20 m símbolos/s.

El Sistema C puede transportar también múltiples servicios de televisión digital (y radiofónicos) en el formato multiplex por división en el tiempo (MDT), y comparte los mismos elementos comunes de arquitectura descritos anteriormente. El sistema incluye control de acceso renovable, pago por visión sin previo aviso (IPPV, *impulse pay-per-view*), y servicios de datos. Los canales virtuales permiten una «navegación» simplificada del televidente entre canales.

El Sistema D es un sistema recientemente elaborado diseñado para la radiodifusión de servicios multimedia. Integra sistemáticamente distintas clases de contenido digital, cada una de las cuales puede incluir vídeo multiprograma desde televisión de definición reducida (TVDR) a televisión de alta definición (TVAD), audio multiprograma, gráficos, textos, etc. El sistema propuesto puede ser integrado sobre la base del tren de transporte MPEG-TS, que se utiliza ampliamente como un contenedor común para contenidos digitales.

Con el fin de satisfacer una amplia gama de requisitos que pueden diferir de un servicio a otro, el Sistema D proporciona una serie de esquemas de modulación y/o protección contra errores que pueden ser seleccionados y combinados flexiblemente. La introducción de múltiples esquemas de modulación/corrección de errores es especialmente útil para los países situados en zonas hidrometeorológicas que experimentan una alta atenuación de la señal debida a la lluvia.

4.1 Resumen de las características de los sistemas

El Cuadro 1 proporciona información sobre los correspondientes parámetros que caracterizan estos cuatro sistemas digitales multiprograma. El Cuadro incluye información sobre funciones núcleo (elementos comunes) y otras funciones esenciales.

4.2 Comparación de las características de los sistemas

La Asamblea de Radiocomunicaciones, en el § 6.1.2 de la Resolución UIT-R 1 establece que: «Cuando las Recomendaciones contengan información sobre diversos sistemas relacionados con una aplicación de radiocomunicaciones precisa, se deben basar en los criterios pertinentes a la aplicación, y deben incluir, cuando sea posible, una evaluación de los sistemas recomendados, utilizando esos criterios.». El Cuadro 2 proporciona esta evaluación. Se han seleccionado criterios de calidad de funcionamiento pertinentes a estos sistemas, y se proporcionan los valores paramétricos o capacidades de cada uno de estos sistemas.

CUADRO 1

Resumen de las características de los sistemas de televisión digital multiprograma por satélite

a) *Función*

	Sistema A	Sistema B	Sistema C	Sistema D
Servicios entregados	SDTV y TVAD	SDTV y TVAD	SDTV y TVAD	SDTV y TVAD
Formato de señal de entrada	MPEG-TS	MPEG-TS modificado	MPEG-TS	MPEG-TS
Capacidad de múltiples señales de entrada	No	No	No	Sí, máximo 8
Sobrevivencia al desvanecimiento debido a la lluvia	Determinada por la potencia del transmisor y la velocidad de código interna	Determinada por la potencia del transmisor y la velocidad de código interna	Determinada por la potencia del transmisor y la velocidad de código interna	Transmisión jerárquica disponible además de la potencia del transmisor y la velocidad de código interna
Recepción móvil	No disponible y para consideración futura			
Asignación flexible de velocidad binaria de servicios	Disponible	Disponible	Disponible	Disponible
Diseño de receptor común con otros sistemas de receptor	Son posibles los Sistemas A, B, C y D	Son posibles los Sistemas A, B, C y D	Son posibles los Sistemas A, B, C y D	Son posibles los Sistemas A, B, C y D
Puntos comunes con otros medios (es decir, terrenal, cable, etc.)	Base de MPEG-TS	Base de MPEG-ES (tren elemental)	Base de MPEG-TS	Base de MPEG-TS
¿En servicio?	Sí	Sí	Sí	Sí
N.º total de receptores (en octubre de 1999)	Millones	Millones	Millones	Las Figuras para 2001 no están disponibles todavía
Equipo de estación de radiodifusión	Disponible en el mercado			
Recomendaciones UIT-R de referencia	Rec. UIT-R BO.1121, Rec. UIT-R BO.1294	Rec. UIT-R BO.1294	Rec. UIT-R BO.1294	Rec. UIT-R BO.1408

CUADRO 1 (Continuación)

b) *Funcionamiento*

	Sistema A	Sistema B	Sistema C	Sistema D
Velocidad de datos neta (velocidad transmisible sin paridad)	La velocidad de símbolos (R_s) no es fija. Las siguientes velocidades de datos netas resultan de un ejemplo de R_s de 27,776 MBd: 1/2: 23,754 Mbit/s 2/3: 31,672 Mbit/s 3/4: 35,631 Mbit/s 5/6: 39,590 Mbit/s 7/8: 41,570 Mbit/s	1/2: 17,69 Mbit/s 2/3: 23,58 Mbit/s 6/7: 30,32 Mbit/s	19,5 MBd 29,3 MBd 5/11: 16,4 Mbit/s 24,5 Mbit/s 1/2: 18,0 Mbit/s 27,0 Mbit/s 3/5: 21,6 Mbit/s 32,4 Mbit/s 2/3: 24,0 Mbit/s 36,0 Mbit/s 3/4: 27,0 Mbit/s 40,5 Mbit/s 4/5: 28,8 Mbit/s 43,2 Mbit/s 5/6: 30,0 Mbit/s 45,0 Mbit/s 7/8: 31,5 Mbit/s 47,2 Mbit/s	Hasta 52,2 Mbit/s (a una velocidad de símbolos de 28,86 MBd)
Extensibilidad ascendente	Sí	Sí	Sí	Sí
Capacidad de TVAD	Sí	Sí	Sí	Sí
Acceso condicional seleccionable	Sí	Sí	Sí	Sí

c) *Características técnicas (Transmisión)*

	Sistema A	Sistema B	Sistema C	Sistema D
Esquema de modulación	MDP-4	MDP-4	MDP-4	MDP-8 reticular codificada MDP-4/ MDP-2
Velocidad de símbolos	Sin especificar	Fijo 20 MBd	Variable 19,5 y 29,3 MBd	Sin especificar (por ej.: 28,86 MBd)
Anchura de banda necesaria (-3 dB)	Sin especificar	24 MHz	19,5 y 29,3 MHz	Sin especificar (por ej.: 28,86 MHz)
Tasa de decremento	0,35 (coseno alzado)	0,2 (coseno alzado)	0,55 y 0,33 (filtro Butterworth de 4º orden)	0,35 (coseno alzado)
Código externo Reed-Solomon	(204,188, $T = 8$)	(146,130, $T = 8$)	(204,188, $T = 8$)	(204,188, $T = 8$)
Generador Reed-Solomon	(255,239, $T = 8$)			
Polinomio generador de código Reed-Solomon	$(x + \alpha^0)(x + \alpha^1) \dots (x + \alpha^{15})$ donde $\alpha = 02_h$	$(x + \alpha^0)(x + \alpha^1) \dots (x + \alpha^{15})$ donde $\alpha = 02_h$	$(x + \alpha^0)(x + \alpha^2) \dots (x + \alpha^{16})$ donde $\alpha = 02_h$	$(x + \alpha^0)(x + \alpha^1) \dots (x + \alpha^{15})$ donde $\alpha = 02_h$

CUADRO 1 (Continuación)

	Sistema A	Sistema B	Sistema C	Sistema D
Polinomio generador de campo Reed-Solomon	$x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$	$x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$	$x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$	$x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$
Aleatorización para dispersión de energía	PRBS: $1 + x^{14} + x^{15}$	Ninguna	PRBS: $1 + x + x^3 + x^{12} + x^{16}$ truncada durante un periodo de 4 894 bytes	PRBS: $1 + x^{14} + x^{15}$
Carga de secuencia en registro de secuencia binaria pseudoaleatoria (PRBS)	100101010000000	N.º aplicable.	0001 _h	100101010000000
Punto de aleatorización	Antes del codificador RS	N.º aplicable.	Después del codificador RS	Después del codificador RS
Entrelazado	Convolutivo, $I = 12, M = 17$ (Forney)	Convolutivo, $N1 = 13, N2 = 146$ (Ramsey II)	Convolutivo, $I = 12, M = 19$ (Forney)	Bloque (profundidad = 8)
Codificación interna	Convolutivo	Convolutivo	Convolutivo	Convolutivo, Reticular (MDP-8: TCM 2/3)
Longitud constreñida	$K=7$	$K=7$	$K=7$	$K=7$
Código básico	1/2	1/2	1/3	1/2
Polinomio generador	171, 133 (octal)	171, 133 (octal)	117, 135, 161 (octal)	171, 133 (octal)
Velocidad de codificación interna	1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8	1/2, 2/3, 6/7	1/2, 2/3, 3/4, 3/5, 4/5, 5/6, 5/11, 7/8	1/2, 3/4, 2/3, 5/6, 7/8
Control de transmisión	Ninguno	Ninguno	Ninguno	TMCC
Estructura de trama	Ninguna	Ninguna	Ninguna	48 intervalos/trama 8 tramas/supertrama
Tamaño de paquete	188 bytes	130 bytes	188 bytes	188 bytes
Capa de transporte	MPEG-2	No MPEG	MPEG-2	MPEG-2
Gama de frecuencias de enlace descendente de satélite	Originalmente diseñada para 11/12 GHz, sin excluir otras gamas de frecuencias de satélite	Originalmente diseñada para 11/12 GHz, sin excluir otras gamas de frecuencias de satélite	Originalmente diseñada para gamas de frecuencia de satélite de 11/12 GHz y 4 GHz	Originalmente diseñada para 11/12 GHz, sin excluir otras gamas de frecuencias de satélite

CUADRO 1 (Fin)

d) Características técnicas (Codificación de la fuente)

		Sistema A	Sistema B	Sistema C	Sistema D
Vídeo fuente codificación	Sintaxis	MPEG-2	MPEG-2	MPEG-2	MPEG-2
	Niveles	Por lo menos el nivel principal	Por lo menos el nivel principal	Por lo menos el nivel principal	De bajo nivel a alto nivel
	Perfiles	Por lo menos el perfil principal	Por lo menos el perfil principal	Por lo menos el perfil principal	Perfil principal
Relación del formato de la imagen		4:3 16:9 (2,12:1 opcionalmente)	4:3 16:9	4:3 16:9	4:3 16:9
Formatos de imagen sustentados		No restringidos, Recomendados: 720 × 576 704 × 576 544 × 576 480 × 576 352 × 576 352 × 288	720 × 480 704 × 480 544 × 480 480 × 480 352 × 480 352 × 240 720 × 1280 1280 × 1024 1920 × 1080	720(704) × 576 720(704) × 480 528 × 480 528 × 576 352 × 480 352 × 576 352 × 288 352 × 240	1920 × 1080 1440 × 1080 1280 × 720 720 × 480 544 × 480 480 × 480 352 × 240* 176 × 120* (*por transmisión jerárquica)
Velocidades de trama en el monitor (por segundo)		25	29,97	25 ó 29,97	29,97 ó 59,94
Decodificación de la fuente audio		MPEG-2, Capas I y II	MPEG-1, Capa II; ATSC A/53 (AC3)	ATSC A/53 o MPEG-2 Capas I y II	MPEG-2 AAC
Información de servicio		ETS 300 468	Sistema B	ATSC A/56 SCTE DVS/011	ETS 300 468
EPG		ETS 300 707	Sistema B	Seleccionable por el usuario	Seleccionable por el usuario
Teletexto		Sustentado	Sin especificar	Sin especificar	Seleccionable por el usuario
Subtitulado		Sustentado	Sustentado	Sustentado	Sustentado
Leyendas para personas con deficiencias		Sin especificar	Sí	Sí	Sustentado

CUADRO 2

Tabla de comparación de características

Modulación y codificación		Sistema A		Sistema B		Sistema C		Sistema D	
Modos de modulación sustentados individualmente y en la misma portadora		MDP-4		MDP-4		MDP-4		MDP-8, MDP-4 et MDP-2	
Calidad de funcionamiento (requiere definir C/N casi sin errores) (bits/s/Hz)		Eficacia espectral	C/N para QEF ⁽¹⁾	Eficacia espectral	C/N para QEF ⁽²⁾	Eficacia espectral ⁽³⁾	C/N para QEF ⁽⁴⁾	Eficacia espectral	C/N para QEF ⁽⁵⁾
Modos Código interno									
MDP-2 Conv.	1/2	No utilizado		No utilizado		No		0,35	0,2
MDP-4 Conv.	5/11	No utilizado		No utilizado		0,54/0,63	2,8/3,0	No utilizado	
	1/2	0,72	4,1	0,74	3,8	0,59/0,69	3,3/3,5	0,7	3,2
	3/5	No		No utilizado		0,71/0,83	4,5/4,7		
	2/3	0,96	5,8	0,98	5	0,79/0,92	5,1/5,3	0,94	4,9
	3/4	1,08	6,8	No utilizado		0,89/1,04	6,0/6,2	1,06	5,9
	4/5	No utilizado		No utilizado		0,95/1,11	6,6/6,8	No utilizado	
	5/6	1,2	7,8	No utilizado		0,99/1,15	7,0/7,2	1,18	6,8
	6/7	No utilizado		1,26	7,6	No utilizado		No utilizado	
	7/8	1,26	8,4	No utilizado		1,04/1,21	7,7/7,9	1,24	7,4
MDP-8 Reticular		No utilizado		No utilizado		No utilizado		1,4	8,4
¿Capaz de control de modulación jerárquico?		No		No		No		Sí	
Característica de velocidad de símbolos		Continuamente variable		Fijo, 20 MBd		Variable, 19,5 ó 29,3 MBd		Continuamente variable	

CUADRO 2 (Fin)

Transporte y multiplexación	Sistema A	Sistema B	Sistema C	Sistema D
Longitud de paquete (bytes)	188	130	188	188
Trenes de transporte sustentados	MPEG-2	Sistema B	MPEG-2	MPEG-2
Correspondencia de trenes de transporte con canales de satélite	Un tren/canal	Un tren/canal	Un tren/canal	1 a 8 trenes/canal
Soporte para múltiplex estadístico de trenes de vídeo	Sin limitación dentro de un tren de transporte	Sin limitación dentro de un tren de transporte	Sin limitación dentro de un tren de transporte	Sin limitación dentro de un tren de transporte. También puede ser posible a través de trenes de transporte dentro de un canal de satélite

ATOP: amplificador de tubo de ondas progresivas

- (1) Con una BER $<10^{-10}$. Los valores de C/N para el Sistema A se refieren a resultados de simulación por computador logrados en una cadena de satélites ficticia, que incluye Múltiplex de entrada, ATOP y Múltiplex de salida con caída de modulación de 0,35. Se basan en la hipótesis de decodificación de Viterbi por decisión programable en el receptor. Se ha adoptado una relación de anchura de banda/velocidad de símbolos de 1,28. Las cifras para C/N incluyen una degradación calculada de 0,2 dB debida a limitaciones de anchura de banda en los filtros IMUX y OMUX, distorsión no lineal de 0,8 dB en ATOP en saturación y degradación del módem de 0,8 dB. Las cifras se aplican a una BER = 2×10^{-4} antes del codificador RS (204,188), lo que corresponde a QEF a la salida del codificador RS. No se tiene en cuenta la degradación debida a la interferencia.
- (2) Con una BER de 1×10^{-12} .
- (3) Calculado por $2(R_c)(188/204)/1,55$ ó $2(R_c)(188/204)/1,33$ para conformación espectral normal y truncada, respectivamente, del Sistema C, donde R_c es la velocidad de código convolucional.
- (4) MDP-4 teórica (2 bits por símbolo) E_s/N_0 , es decir, C/N medida en la anchura de banda de velocidad de baudios para conformación espectral normal y truncada, respectivamente. No incluye el margen de realización del soporte físico ni el margen de pérdida del transpondedor del satélite.
- (5) Estos valores han sido derivados de simulaciones por computador y se consideran valores teóricos. Los valores se aplican a una BER = 2×10^{-4} antes de RS (204,188) con anchura de banda de velocidad de baudios (anchura de banda de Nyquist). No incluye el margen de realización del soporte físico ni el margen de pérdida del transpondedor del satélite.

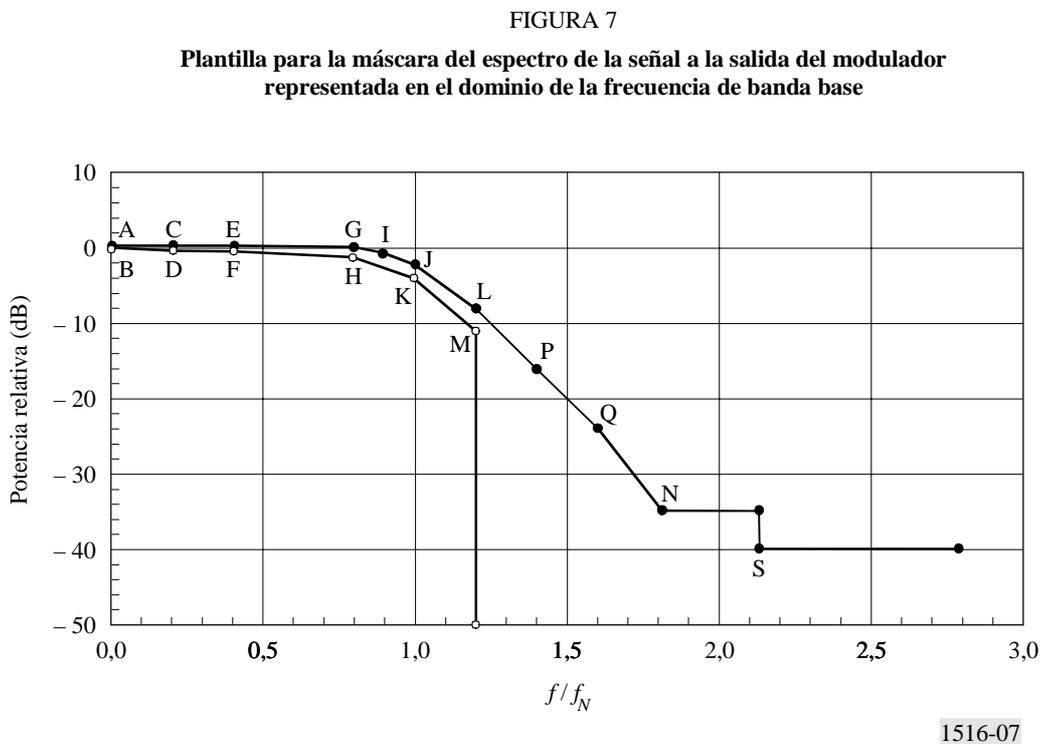
5 Características específicas

5.1 Espectro de señal de los diferentes sistemas a la salida del modulador

5.1.1 Espectro de señal para el Sistema A

El Sistema A utiliza un factor de caída en raíz cuadrada de coseno alzado de 0,35.

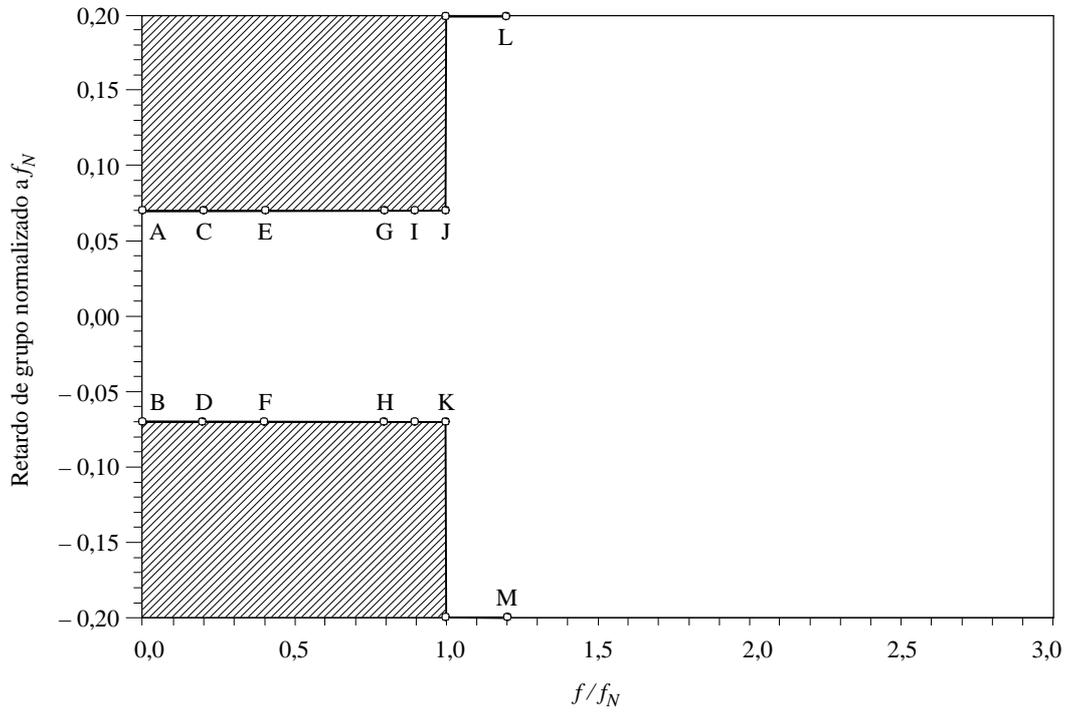
La Fig. 7 presenta una plantilla del espectro de la señal a la salida del modulador.



La Fig. 7 también representa una posible máscara para la realización del soporte físico del filtro modulador de Nyquist. Los puntos A a S indicados en las Figs. 7 y 8 se definen en el Cuadro 3. La máscara para la respuesta del filtro en frecuencia se basa en la hipótesis de señales de entrada en delta de Dirac ideales, separadas por un periodo de símbolos $T_s = 1/R_s = 1/2f_N$, mientras que en el caso de señales de entrada rectangulares se aplicará a la respuesta del filtro una corrección adecuada en $x/\text{sen } x$.

La Fig. 8 presenta una máscara de retardo de grupo para la realización del soporte físico del filtro modulador de Nyquist.

FIGURA 8
Plantilla del retardo de grupo del filtro modulador



1516-08

CUADRO 3

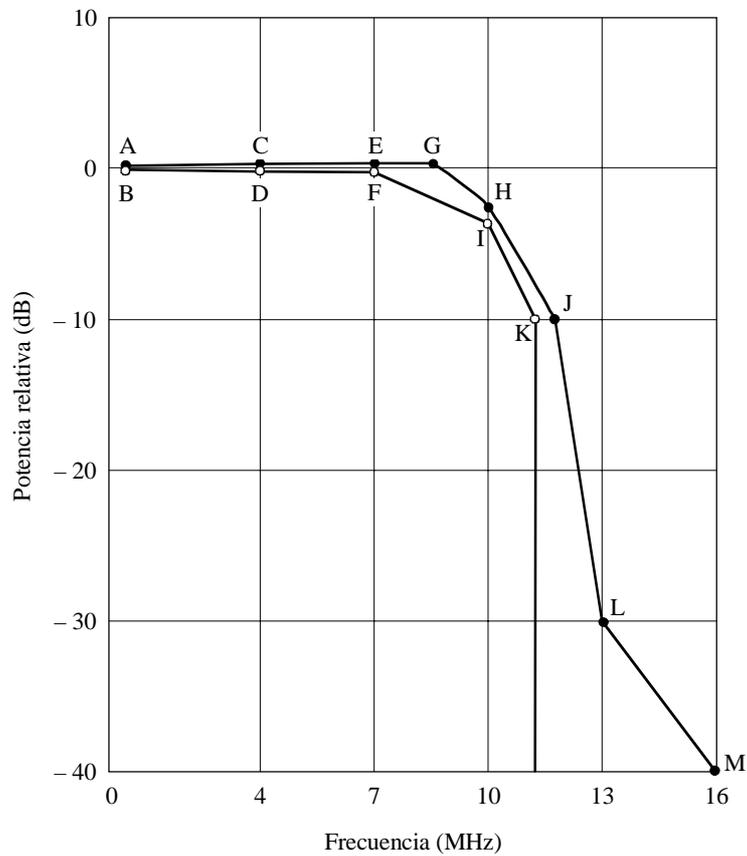
Coordenadas de los puntos indicados en las Figs. 7 y 8

Punto	Frecuencia	Potencia relativa (dB)	Retardo de grupo
A	$0,0 f_N$	+0,25	$+0,07/f_N$
B	$0,0 f_N$	-0,25	$-0,07/f_N$
C	$0,2 f_N$	+0,25	$+0,07/f_N$
D	$0,2 f_N$	-0,40	$-0,07/f_N$
E	$0,4 f_N$	+0,25	$+0,07/f_N$
F	$0,4 f_N$	-0,40	$-0,07/f_N$
G	$0,8 f_N$	+0,15	$+0,07/f_N$
H	$0,8 f_N$	-1,10	$-0,07/f_N$
I	$0,9 f_N$	-0,50	$+0,07/f_N$
J	$1,0 f_N$	-2,00	$+0,07/f_N$
K	$1,0 f_N$	-4,00	$-0,07/f_N$
L	$1,2 f_N$	-8,00	-
M	$1,2 f_N$	-11,00	-
N	$1,8 f_N$	-35,00	-
P	$1,4 f_N$	-16,00	-
Q	$1,6 f_N$	-24,00	-
S	$2,12 f_N$	-40,00	-

5.1.2 Espectro de señal para el Sistema B

El Sistema B utiliza un factor de caída en raíz cuadrada de coseno alzado de 0,2.

FIGURA 9
Espectro de señal para el Sistema B



1516-09

CUADRO 4

Coordenadas de puntos

Punto	Potencia relativa (dB)	Frecuencia (MHz)
A	0,2	0,05
B	-0,2	0,05
C	0,25	3,5
D	-0,25	3,5
E	0,3	7
F	-0,3	7
G	0,3	8,5
H	-2,5	10
I	-3,5	10
J	-10	11,75
K	-10	11,25
L	-30	13
M	-40	16

5.1.3 Espectro de señal para el Sistema C

En este punto se dan recomendaciones de diseño del Sistema C para la conformación de la señal de banda base y el espectro de salida del modulador.

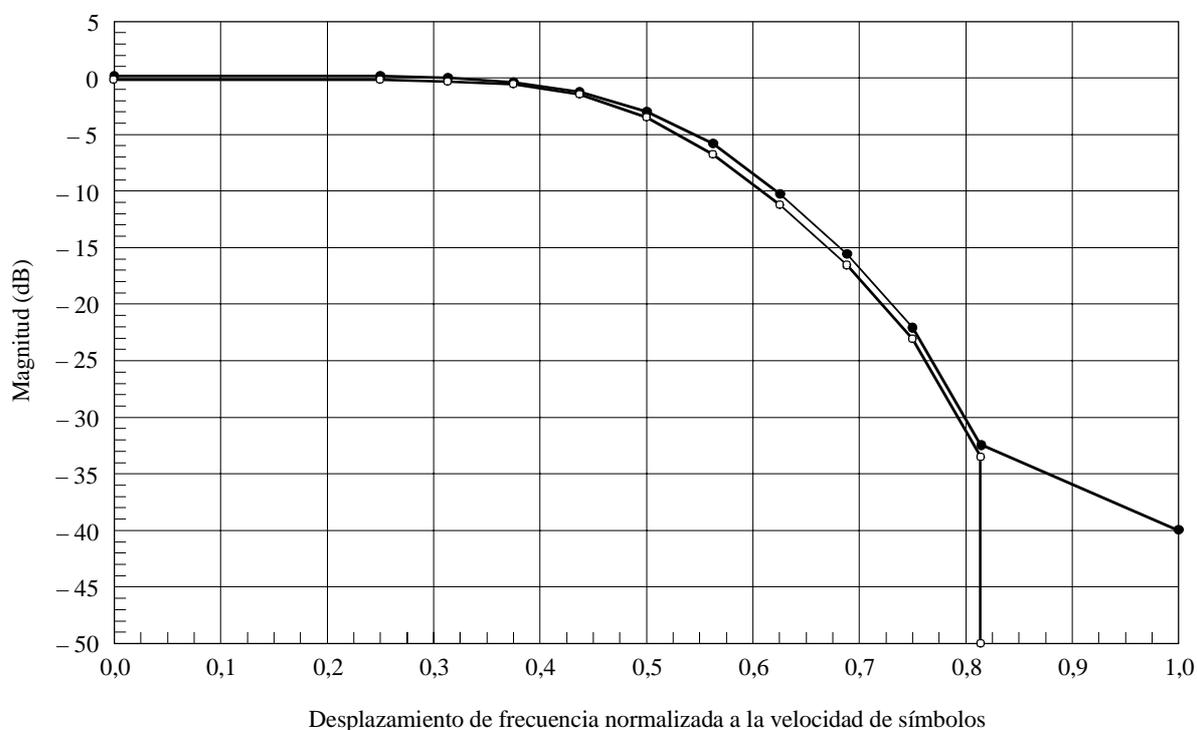
5.1.3.1 Conformación de la señal de banda base

El Sistema C utiliza filtrado Butterworth de cuarto orden en modo normalizado o de espectro truncado, según las exigencias del sistema.

5.1.3.1.1 Respuesta de amplitud

Las Figs. 10a y 10b muestran los objetivos de diseño recomendado en modo normalizado y de espectro truncado, respectivamente, para la densidad espectral de conformación de la señal de banda base normalizada a la velocidad de símbolos de transmisión. Los Cuadros 5a y 5b indican los correspondientes puntos críticos para los modos normalizado y de espectro truncado, respectivamente.

FIGURA 10a
Máscara de densidad espectral para el modo normalizado



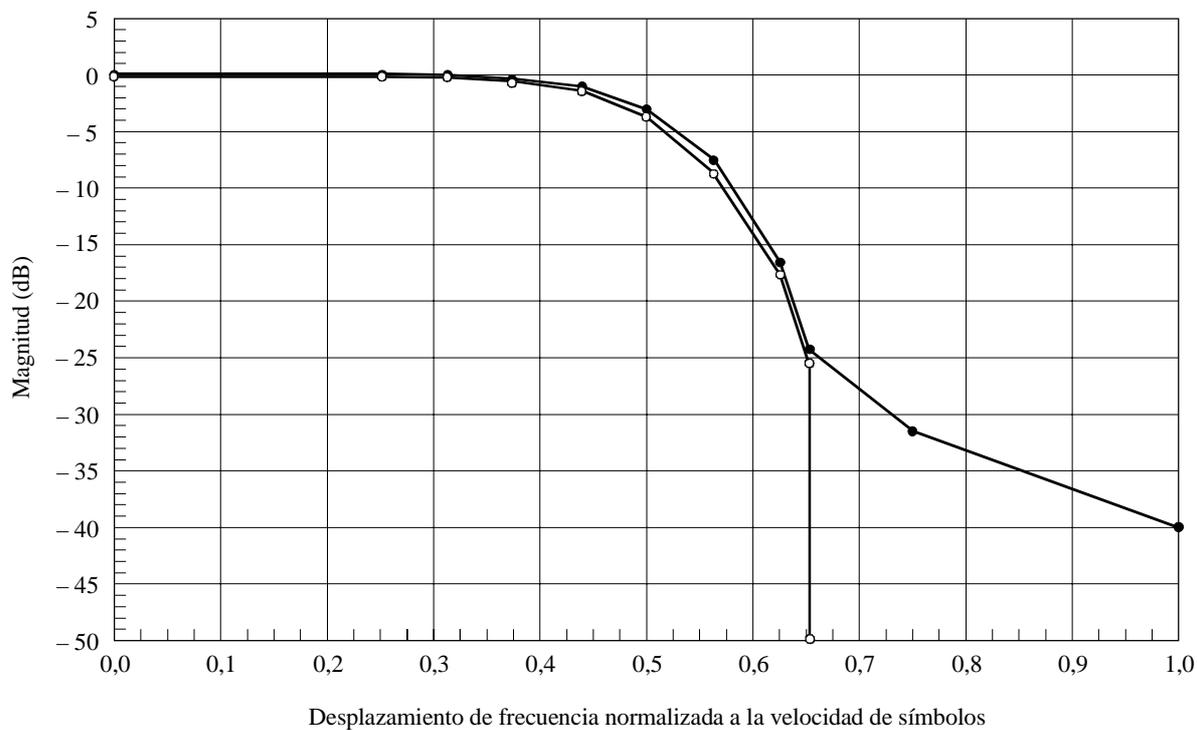
CUADRO 5a

Puntos críticos de la máscara de densidad espectral para el modo normalizado

Frecuencia normalizada a la velocidad de símbolos de transmisión	Puntos críticos superiores de la máscara (dB)	Puntos críticos inferiores de la máscara (dB)
0,00	0,1	- 0,1
0,25	0,1	- 0,1
0,3125	0,0	- 0,2
0,375	- 0,35	- 0,55
0,4375	-1,25	-1,45
0,50	-3,0	-3,50
0,5625	-5,85	- 6,85
0,625	-10,25	-11,25
0,6875	-15,55	-16,55
0,75	-22,05	-23,05
0,8125	-32,3	-33,3
0,8125		-50,0
1,0	- 40,0	

FIGURA 10b

Máscara de densidad espectral para el modo de espectro truncado



CUADRO 5b

Puntos críticos de la máscara de densidad espectral para el modo de espectro truncado

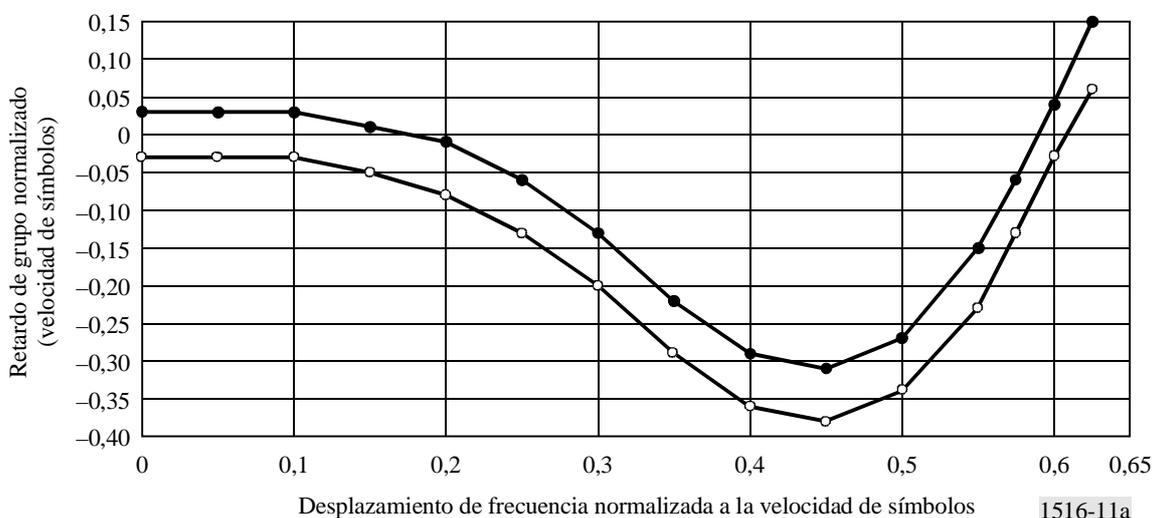
Desplazamiento de frecuencia normalizada a la velocidad de símbolos de transmisión	Puntos críticos superiores de la máscara (dB)	Puntos críticos inferiores de la máscara (dB)
0,00	0,1	- 0,1
0,25	0,1	- 0,1
0,3125	- 0,15	- 0,35
0,375	- 0,35	- 0,55
0,4375	-1,0	-1,2
0,50	-2,9	-3,4
0,5625	-7,4	-8,4
0,625	-16,6	-17,6
0,654	-24,5	-25,5
0,654		-50,0
0,75	-31,8	
1,0	- 40,0	

5.1.3.1.2 Respuesta de retardo de grupo

Las Figs. 11a y 11b muestran los objetivos de diseño recomendados para el modo normalizado y el modo truncado respectivamente en cuanto al retardo de grupo de conformación de la señal de banda base normalizada a la velocidad de símbolos de transmisión. Los Cuadros 6a y 6b tabulan los correspondientes puntos críticos para los modos normalizado y de espectro truncado, respectivamente. El retardo de grupo requerido real puede obtenerse dividiendo los valores del cuadro por la velocidad de símbolos (Hz); por ejemplo, para la segunda operación a 29,27 Msímbolos/s, el punto de plantilla superior en modo normalizado a un desplazamiento de frecuencia de $0,3 \times 29,27 \text{ MHz} = 8,78 \text{ MHz}$ se deduce del Cuadro 6a que es $(-0,20/29,27 \times 10^6 \text{ Hz}) = -6,8 \times 10^{-9} \text{ s} = -6,8 \text{ ns}$.

FIGURA 11a

Máscara de retardo de grupo normalizada para el modo normalizado



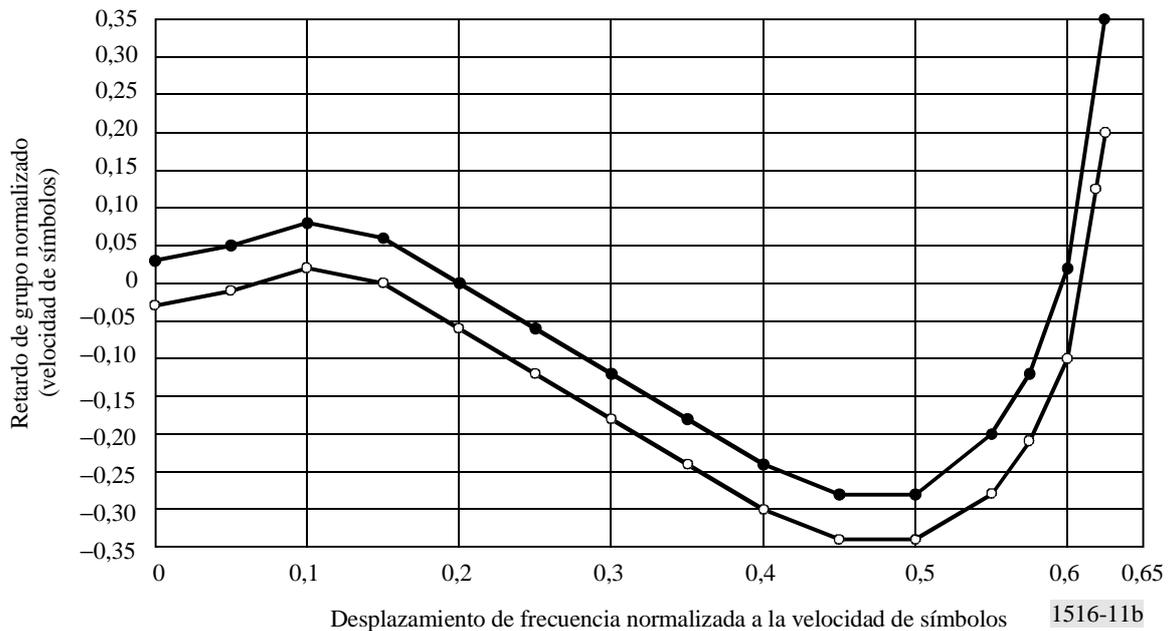
CUADRO 6a

Puntos críticos de retardo de grupo normalizado para el modo normalizado

Desplazamiento de frecuencia normalizada a la velocidad de símbolos de transmisión ($f_{sím}$)	Retardo de grupo superior de la máscara normalizado a la velocidad de símbolos (Retardo $\times (f_{sím} \text{ (Hz)})$)	Retardo de grupo inferior de la máscara normalizado a la velocidad de símbolos (Retardo $\times (f_{sím} \text{ (Hz)})$)
0,00	-0,03	0,03
0,05	-0,03	0,03
0,10	-0,03	0,03
0,15	-0,05	0,01
0,20	-0,08	-0,01
0,25	-0,13	-0,06
0,30	-0,20	-0,13
0,35	-0,29	-0,22
0,40	-0,36	-0,29
0,45	-0,38	-0,31
0,50	-0,34	-0,27
0,55	-0,23	-0,15
0,575	-0,13	-0,06
0,60	-0,03	0,04
0,625	0,06	0,15

FIGURA 11b

Máscara de retardo de grupo normalizada para el modo de espectro truncado



CUADRO 6b

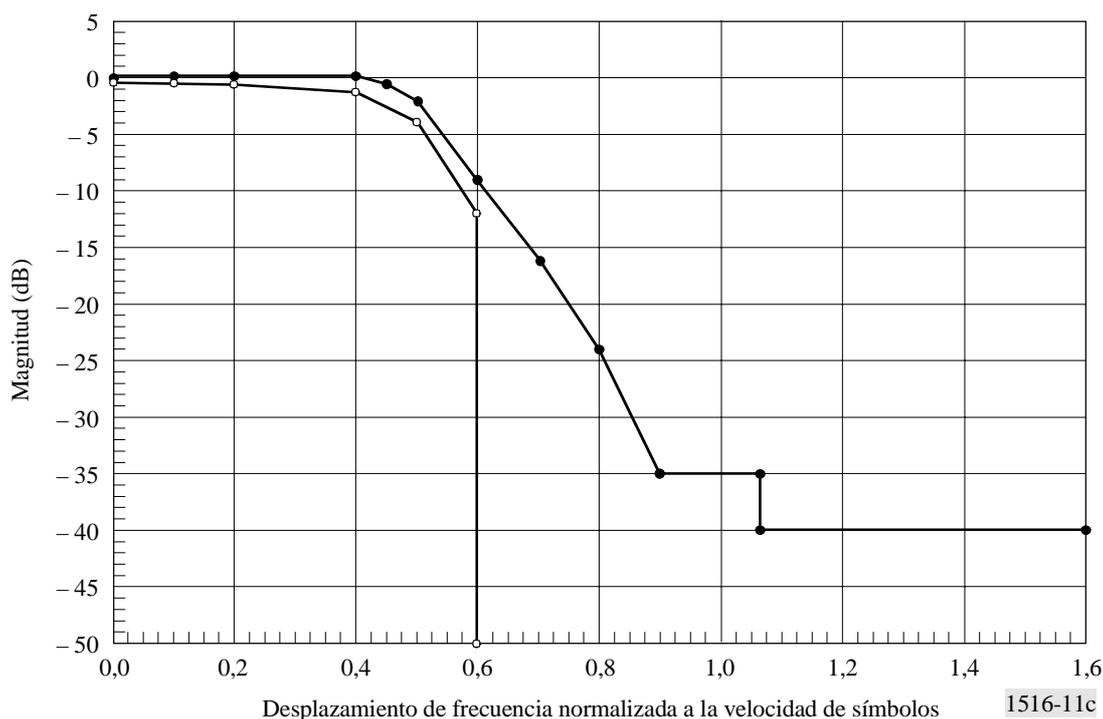
Puntos críticos de retardo de grupo normalizado para el modo de espectro truncado

Desplazamiento de frecuencia normalizada a la velocidad de símbolos de transmisión ($f_{sím}$)	Retardo de grupo inferior de la máscara normalizado a la velocidad de símbolos (Retardo \times ($f_{sím}$ (Hz)))	Retardo de grupo superior de la máscara normalizado a la velocidad de símbolos (Retardo \times ($f_{sím}$ (Hz)))
0,00	-0,03	0,03
0,05	-0,01	0,05
0,10	0,02	0,08
0,15	-0,00	0,06
0,20	-0,06	-0,00
0,25	-0,12	-0,06
0,30	-0,18	-0,12
0,35	-0,24	-0,18
0,40	-0,30	-0,24
0,45	-0,34	-0,28
0,50	-0,34	-0,28
0,55	-0,28	-0,20
0,575	-0,21	-0,12
0,60	-0,10	0,02
0,625	0,20	0,32

5.1.3.2 Respuesta del modulador

La respuesta espectral de salida del modulador recomendada para el Sistema C se muestra en la Fig. 11c y se tabula en el Cuadro 6c.

FIGURA 11c
Máscara espectral del Sistema C



CUADRO 6c

Máscara espectral del sistema C

Desplazamiento de frecuencia normalizada a la velocidad de símbolos de transmisión	Puntos críticos superiores de la máscara (dB)	Puntos críticos inferiores de la máscara (dB)
0,0	0,25	-0,25
0,1		-0,4
0,2		-0,4
0,4	0,25	-1,0
0,45	-0,5	
0,5	-2,0	-4,0
0,6	-9,0	-12,0
0,6		-50,0
0,7	-16,0	
0,8	-24,0	
0,9	-35,0	
1,06	-35,0	
1,06	-40,0	
1,6	-40,0	

5.1.4 Espectro de señal para el Sistema D

El espectro de señal para el Sistema D es igual que para el Sistema A. Véase el § 5.1.1.

5.2 Codificación convolucional

5.2.1 Características de codificación convolucional para el Sistema A

El Cuadro 7a presenta la definición de código perforado para el Sistema A basado en el código básico 1/2.

CUADRO 7a

Características de codificación convolucional para el sistema A

Código original			Velocidades de código									
			1/2		2/3		3/4		5/6		7/8	
K	G ₁ (X)	G ₂ (Y)	P	d _{libre}	P	d _{libre}	P	d _{libre}	P	d _{libre}	P	d _{libre}
7	171 _o	133 _o	X = 1 Y = 1 I = X ₁ Q = Y ₁	10	X = 10 Y = 11 I = X ₁ Y ₂ Y ₃ Q = Y ₁ X ₃ Y ₄	6	X = 101 Y = 110 I = X ₁ Y ₂ Q = Y ₁ X ₃	5	X = 10101 Y = 11010 I = X ₁ Y ₂ Y ₄ Q = Y ₁ X ₃ X ₅	4	X = 1000101 Y = 1111010 I = X ₁ Y ₂ Y ₄ Y ₆ Q = Y ₁ Y ₃ X ₅ X ₇	3

1: Bit transmitido

0: Bit no transmitido

P: Perforación.

5.2.2 Características de codificación convolucional para el Sistema B

El Cuadro 7b presenta la definición de código perforado para el Sistema B.

CUADRO 7b

Características de codificación convolucional para el Sistema B

Código original			Velocidades de código					
			1/2		2/3		6/7	
K	G ₁ (X)	G ₂ (Y)	P	d _{libre}	P	d _{libre}	P	d _{libre}
7	171 _o	133 _o	X = 1 Y = 1 I = X ₁ Q = Y ₁	10	X = 10 Y = 11 I = X ₁ Y ₂ Y ₃ Q = Y ₁ X ₃ Y ₄	6	X = 100101 Y = 111010 I = X ₁ Y ₂ X ₄ X ₆ Q = Y ₁ Y ₃ Y ₅ Y ₇	Se determinará

P: Perforación.

5.2.3 Características de codificación convolucional para el Sistema C

La definición de código perforado para el Sistema C basado en el código básico 1/3 es la siguiente:

Se incluyen en la capa de codificación las siguientes características de codificación convolucional:

- La transmisión de canales múltiplex *I* y *Q* entrelazados bit a bit es sustentada por el codificador convolucional.
- El IRD efectúa la sincronización de nodos y perforación de código convolucional.
- El código convolucional es perforado a partir de una longitud de constricción 7, código de velocidad 1/3. Los generadores de código para el código 1/3 de velocidad son G(2) = 1001111 binario (117 octal), G(1) = 1011101 binario (135 octal) y G(0) = 1110001 binario (161 octal). Los generadores de código se definen desde el bit de entrada menos retardado hasta el más retardado (véase la Fig. 12).
- Las matrices de perforación son las siguientes:
 - La matriz de perforación de velocidad 3/4 es p₂ = [100], p₁ = [001], p₀ = [110] (binario). Para la salida 1, se suprimen todos los segundos y terceros bits de una secuencia de tres; para la salida 2, se suprimen todos los primeros y segundos bits; y para la salida 3 se suprimen todos los terceros bits de salida.
 - La matriz de perforación de velocidad 1/2 es [0], [1], [1] (binario).
 - La matriz de perforación de velocidad 5/11 es [00111], [11010], [11111] (binario).
 - La matriz de perforación de velocidad 2/3 es [11], [00], [01] (binario).
 - La matriz de perforación de velocidad 4/5 es [0111], [0010], [1000] (binario).
 - La matriz de perforación de velocidad 7/8 es [0000000], [0000001], [1111111] (binario).
 - La matriz de perforación de velocidad 3/5 es [001], [010], [111] (binario).
 - La matriz de perforación de velocidad 5/6 es [00111], [00000], [11001] (binario).

- El orden de salida del codificador convolucional es salida de G_2 perforado, seguido por salida de G_1 perforado, seguido por G_0 perforado.
- El primer bit de la secuencia de perforación que sale del codificador se aplica al canal I de la señal MDP-4 en un modo de funcionamiento múltiplex combinado; por ejemplo, en el diagrama siguiente (véase la Fig. 12), $i_0, k_1, i_3, k_4, \dots$ se aplican al canal I , mientras que $k_0, j_2, k_3, j_5, \dots$ se aplican al canal Q .

5.2.4 Características de codificación convolucional para el Sistema D

Las características de codificación convolucional para el Sistema D son muy similares a las del Sistema A.

El Sistema emplea D no sólo MDP-4 sino también MDP-8 reticular codificada y MDP-2. Por consiguiente, las características del Sistema D están ampliadas con respecto a las del Sistema A.

El Sistema D permitirá aplicar diversos esquemas de modulación, así como varios códigos convolucionales perforados sobre la base de un código convolucional de velocidad $1/2$ con una restricción de longitud de 7. El polinomio generador será 171 octal y 133 octal (véase la Fig. 13). Puede permitir la utilización de la MDP-8 reticular codificada, MDP-4 y MDP-2. Cuando acepta estos esquemas de modulación, el sistema permitirá aplicar una velocidad de código de $2/3$ para la MDP-8 reticular codificada y las velocidades de código de $1/2, 2/3, 3/4, 5/6$ y $7/8$ para MDP-4 y $1/2$ para MDP-2.

La Fig. 12 muestra el codificador convolucional y la Fig. 13 los circuitos del código de perforación y de correspondencia de símbolos. Los códigos perforados serán los que se definen en el Cuadro 8. La correspondencia de símbolos será la especificada en la Fig. 14. En relación con la MDP-2, los dos bits codificados (P_0 y P_1) se transmitirán en el orden de P_1 y P_0 . El bit de entrada B_1 se utilizará únicamente en el caso de la MDP-8 reticular codificada, siendo B_1 y B_0 dos bits sucesivos de un bit de datos (B_1 representa el bit de orden superior).

Para las modulaciones y códigos convolucionales distintos de los descritos, deben aplicarse las especificaciones adecuadas.

FIGURA 12
Codificador convolucional

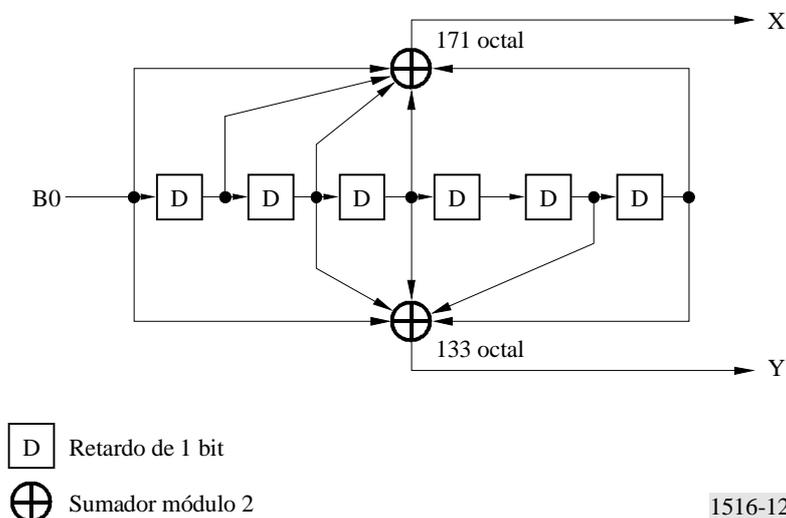
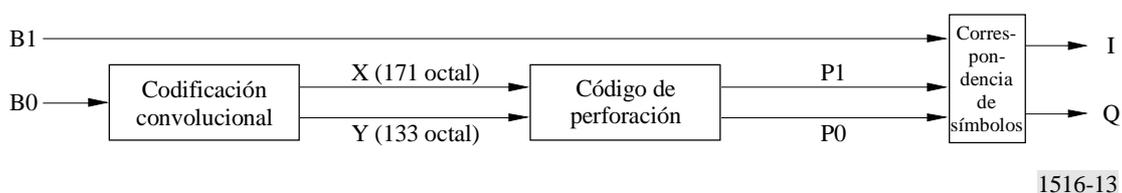


FIGURA 13
Circuitos de codificación interior y de correspondencia de símbolos



CUADRO 8

Definición del código perforado

MDP-2		MDP-4										MDP-8 reticular codificado	
1/2		1/2		2/3		3/4		5/6		7/8		2/3	
P	d_{libre}	P	d_{libre}	P	d_{libre}	P	d_{libre}	P	d_{libre}	P	d_{libre}	P	d_{libre}
X = 1 Y = 1	10	X = 1 Y = 1	10	X = 10 Y = 11	6	X = 101 Y = 110	5	X = 10101 Y = 11010	4	X = 1000101 Y = 1111010	3	X = 1 Y = 1	10
P1 = X ₁ P0 = Y ₁		P1 = X ₁ P0 = Y ₁		P1 = X ₁ Y ₂ Y ₃ P0 = Y ₁ X ₃ Y ₄		P1 = X ₁ Y ₂ P0 = Y ₁ X ₃		P1 = X ₁ Y ₂ Y ₄ P0 = Y ₁ X ₃ X ₅		P1 = X ₁ Y ₂ Y ₄ Y ₆ P0 = Y ₁ Y ₃ X ₅ X ₇		P1 = X ₁ P0 = Y ₁	

1: Bit transmitido

0: Bit no transmitido

d_{libre} : Distancia libre del código convolucional.

NOTA 1 – El código perforado se inicializa al principio de los intervalos sucesivos asignados al código correspondiente.

FIGURA 14
Correspondencia de símbolos

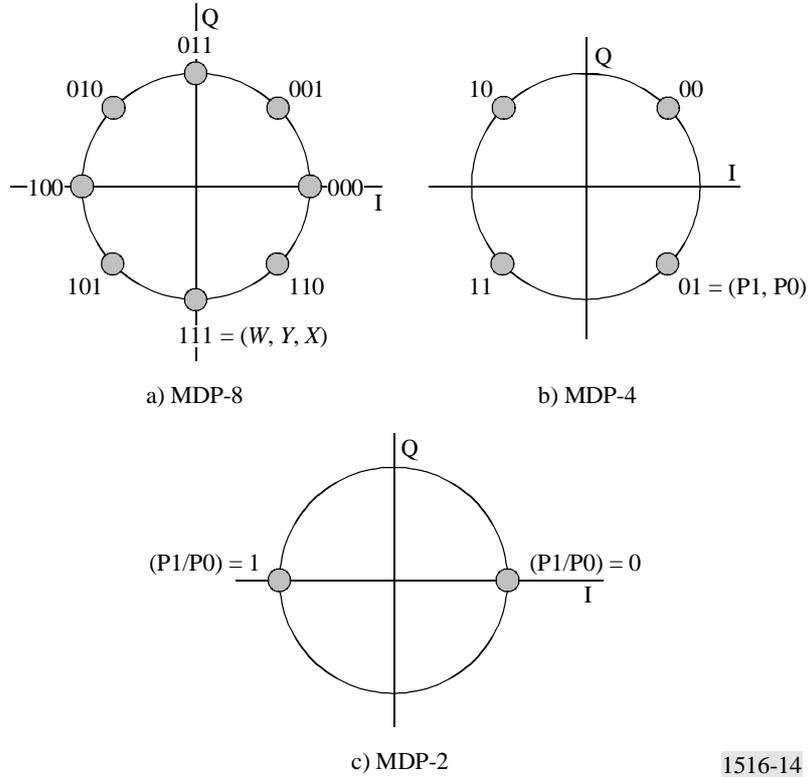
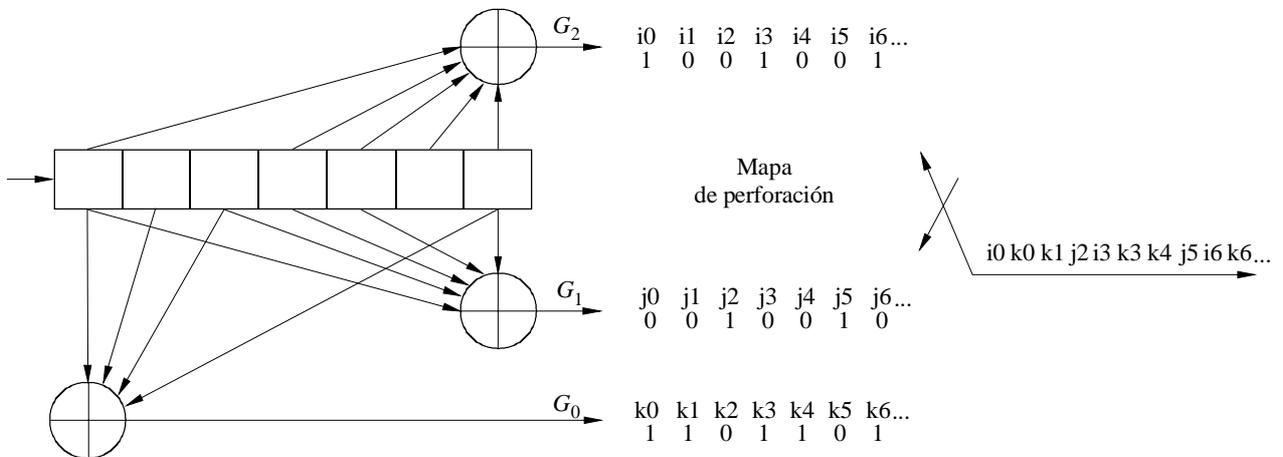


FIGURA 15
Codificador convolucional (ejemplo a velocidad 3/4)



5.3 Características de sincronización

5.3.1 Características de sincronización para el Sistema A

El tren de entrada del sistema se organizará en paquetes de longitud fija, según el multiplexor de transporte MPEG-2 (véase ISO/CEI DIS 13818-1 (véase [1] en el § 6)). La longitud de paquete total del paquete múltiplex (MUX) de transporte del MPEG-2 es de 188 bytes, que incluyen 1 byte de palabra de sincronismo (es decir, 47_{h}). El procesamiento por orden en el lado transmisor comenzará siempre por el bit más significativo (MSB) (es decir, «0») del byte de palabra de sincronismo (es decir, 01000111).

5.3.2 Características de sincronización para el Sistema B

Se añade un solo byte de sincronización a cada bloque codificado (146 bytes). El byte de sincronización se añade después de que se efectúa el entrelazamiento. El byte de sincronización es el valor binario 00011101 y se agrega al comienzo de cada bloque codificado.

5.3.3 Características de sincronización para el Sistema C

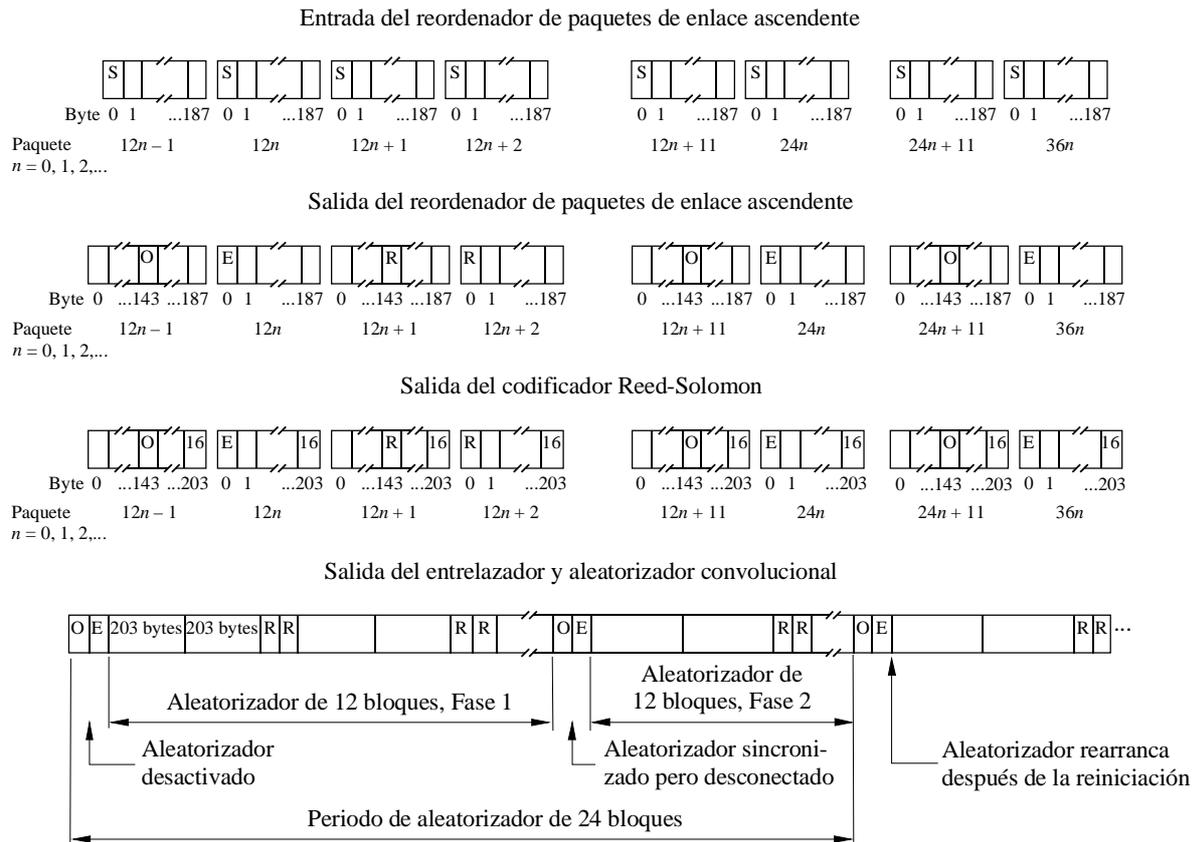
El procesamiento de la transmisión de enlace descendente facilita la sincronización de enlace descendente del sistema de código FEC efectuando la reordenación de paquetes MPEG-2 y la formatación del sincronismo de trama de 16 bits y la palabra reservada. La Fig. 16 muestra el procesamiento de enlace ascendente necesario para asegurar que el esquema de sincronismo de trama de 16 bits aparece a la salida del decodificador Viterbi en posiciones de byte consecutivas cada 12 intervalos de bloque Reed-Solomon.

Las siguientes funciones son realizadas por el codificador con fines de sincronización:

- La entrada del reordenador de paquetes de enlace ascendente es un tren de paquetes de transporte MPEG-2 de 188 bytes numerados de 0 a 187. Los paquetes de transporte MPEG-2 pueden numerarse $n = 0, 1, 2$.
- Para paquetes de transporte numerados 0 módulo 12, el número 0 de byte de sincronismo MPEG-2 es sustituido por el byte de sincronismo de trama par 00110110 numerado de izquierda a derecha como MSB a bit menos significativo (LSB). El MSB se transmite primero por el canal. Si el tren de transporte MPEG en curso es un MUX de canal Q en un modo MUX dividido el byte de sincronismo par es 10100100.
- Para paquetes de transporte numerados 11 módulo 12, el número 0 de byte de sincronismo MPEG-2 es descartado, los números de byte 1 a 143 son desplazados, el byte de sincronismo de trama impar 01011010 (MSB a LSB, MSB primero por el canal) se inserta después del byte 143 MPEG-2 (para el MUX de canal Q en un modo MUX dividido, el byte de sincronismo impar es 01111110), y los bytes 144 a 187 MPEG-2 se agregan para completar la estructura de paquete. La Fig. 17 muestra este procesamiento de paquetes de número impar.
- Para paquetes de transporte de número par no iguales a 0 módulo 12, el número 0 de byte de sincronismo MPEG-2 es sustituido por un byte reservado.
- Para paquetes de transporte de número impar no iguales a 11 módulo 12, el número 0 de byte de sincronismo MPEG-2 se descarta, los bytes número 1 a 143 se desplazan, el byte reservado se inserta después del byte 143 MPEG-2 y los bytes 144 a 187 MPEG se agregan para completar la estructura de paquete.
- El aleatorizador se inicializa en los paquetes de transporte número 0 módulo 24; el aleatorizador se desactiva durante 16 apariciones de bits de byte de sincronismo impares y pares en la salida del entrelazador convolucional cada 12 tiempos de bloque Reed-Solomon.

- Para el funcionamiento MUX dividido, los datos del tren Q se retardan un tiempo de símbolo con relación a los datos del tren I cuando se aplican al modulador MDP-4. Esto permite una rápida readquisición durante los desvanecimientos de enlace descendente o los deslizamientos de ciclo.

FIGURA 16
Procesamiento de enlace ascendente



S: Byte de sincronismo MPEG = 01000111
 O: Byte de sincronismo de trama impar = 01011010 (canal I en MUX dividido) = 01111110 (canal Q en MUX dividido)
 E: Byte de sincronismo de trama par = 00110110 (canal I en MUX dividido) = 10100100 (canal Q en MUX dividido)
 R: Byte reservado.
 (Todos los bytes transmitidos con el MSB primero, sincronismo de trama de canal I utilizado en MUX combinado.)

1516-16

Este procesamiento de enlace ascendente produce una palabra de sincronismo de 16 bits a la salida del entrelazador cada 12 intervalos de bloque Reed-Solomon. La palabra de sincronismo correspondiente para los modos de operación MUX de canal I o MUX combinado es:

Sincronismo de MUX de canal I o combinado: 0101, 1010, 0011, 0110
MSB LSB

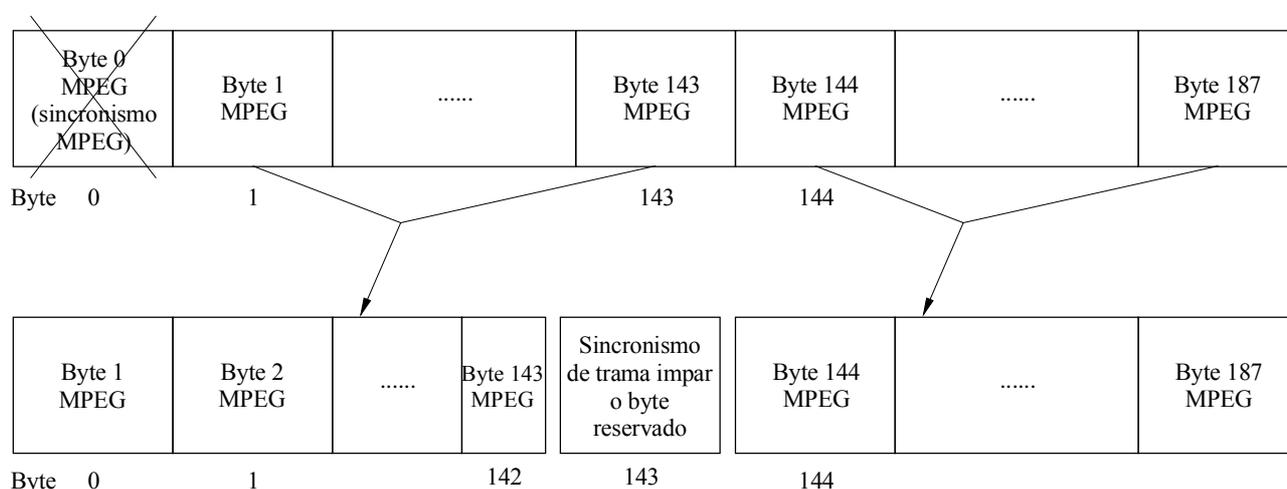
donde el MSB se transmite primero por el canal.

La correspondiente palabra de sincronismo MUX de canal Q para los modos de operación MUX dividido es:

Sincronismo de MUX de canal Q o dividido: 0111, 1110, 1010, 0100
 MSB LSB

Un par de bytes reservados tratados por la secuencia de sincronismo del aleatorizador aparece cada 2 intervalos de bloque Reed-Solomon; esto da 10 palabras reservadas por periodo de aleatorizador truncado.

FIGURA 17
 Reordenación de paquetes de enlace ascendente para paquetes con numeración impar



1516-17

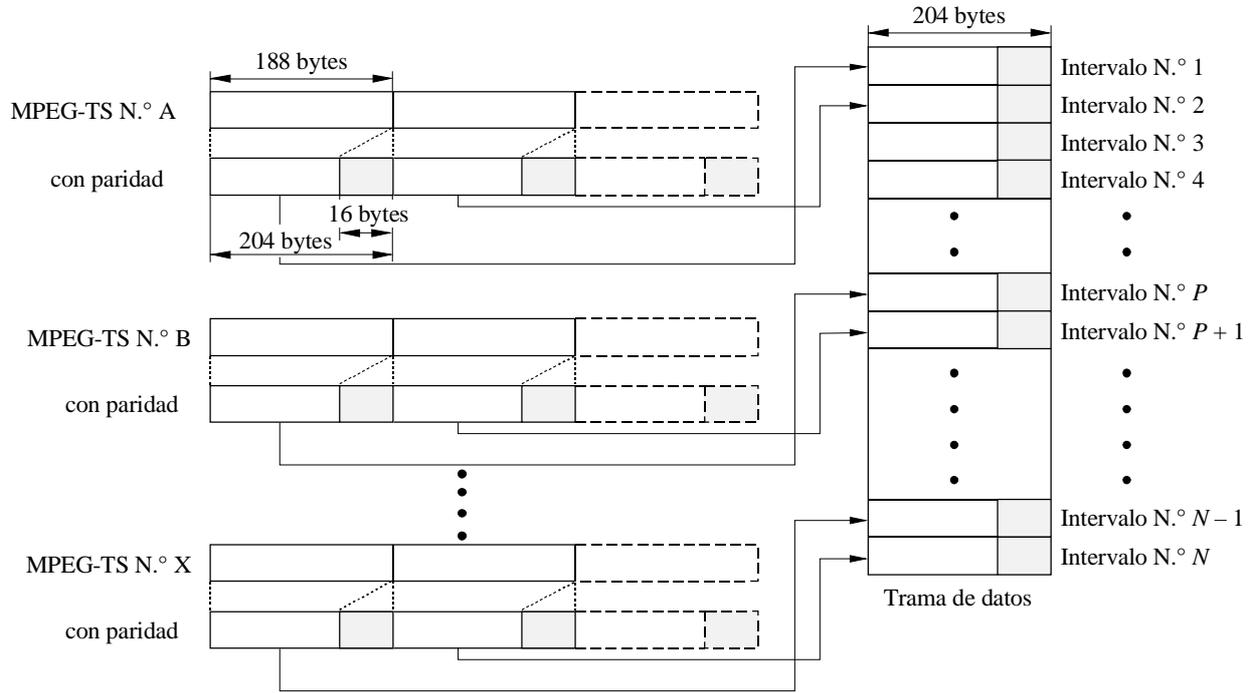
5.3.4 Características de sincronización para el Sistema D

Para tratar múltiples MPEG-TS y permitir la utilización simultánea de varios esquemas de modulación, en el Sistema D se emplea una estructura de trama.

Para combinar los MPEG-TS, se asigna a los paquetes de 204 bytes con protección de errores los «intervalos» en una «trama de datos», como se muestra en la Fig. 18. El intervalo indica la posición absoluta en la trama de datos y se utiliza como la unidad que designa el esquema de modulación y la identificación de MPEG-TS. El tamaño de intervalo (número de bytes en un intervalo) es 204 bytes para mantener una correspondencia de uno a uno entre intervalos y paquetes protegidos contra errores. La trama de datos se compone de N intervalos.

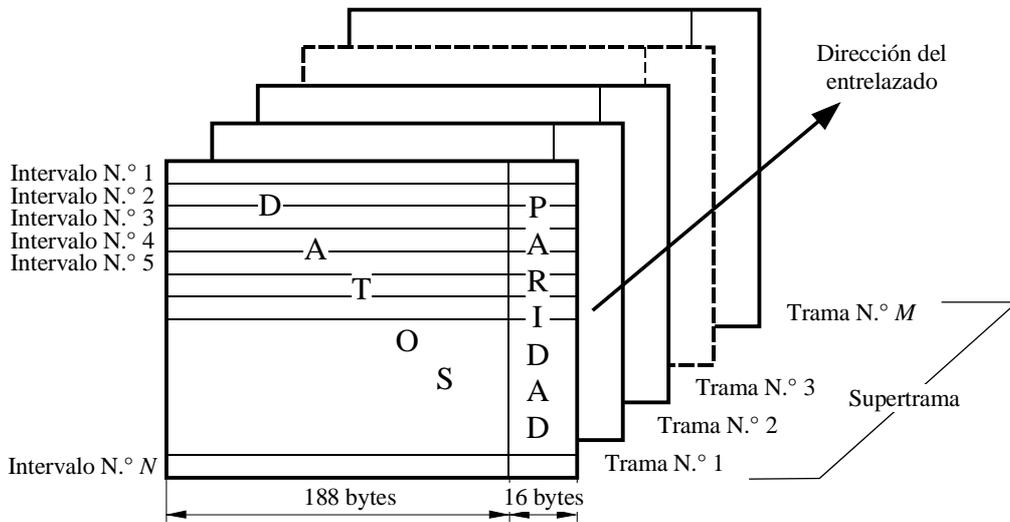
Se introduce una supertrama para efectuar fácilmente el entrelazado. La Fig. 19 muestra la estructura de supertrama. La supertrama se compone de M tramas, donde M corresponde a la profundidad de entrelazado.

FIGURA 18
Estructura de la trama



1516-18

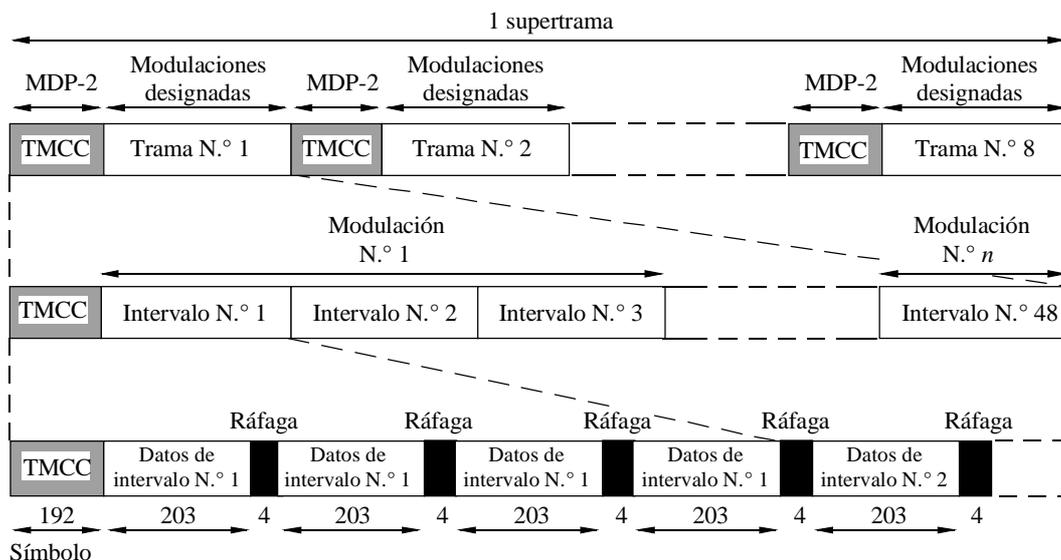
FIGURA 19
Estructura de supertrama



1516-19

El Sistema D utiliza TMCC para transportar la información de los esquemas de modulación y el MPEG-2-TS ID, que se asigna a los intervalos, etc. La información detallada de TMCC figura en el Apéndice 2. La Fig. 20 ilustra la señal de transmisión del Sistema D.

FIGURA 20
Esbozo de la señal de transmisión



Donde modulación N.º 1 = MDP-8 reticular codificada.

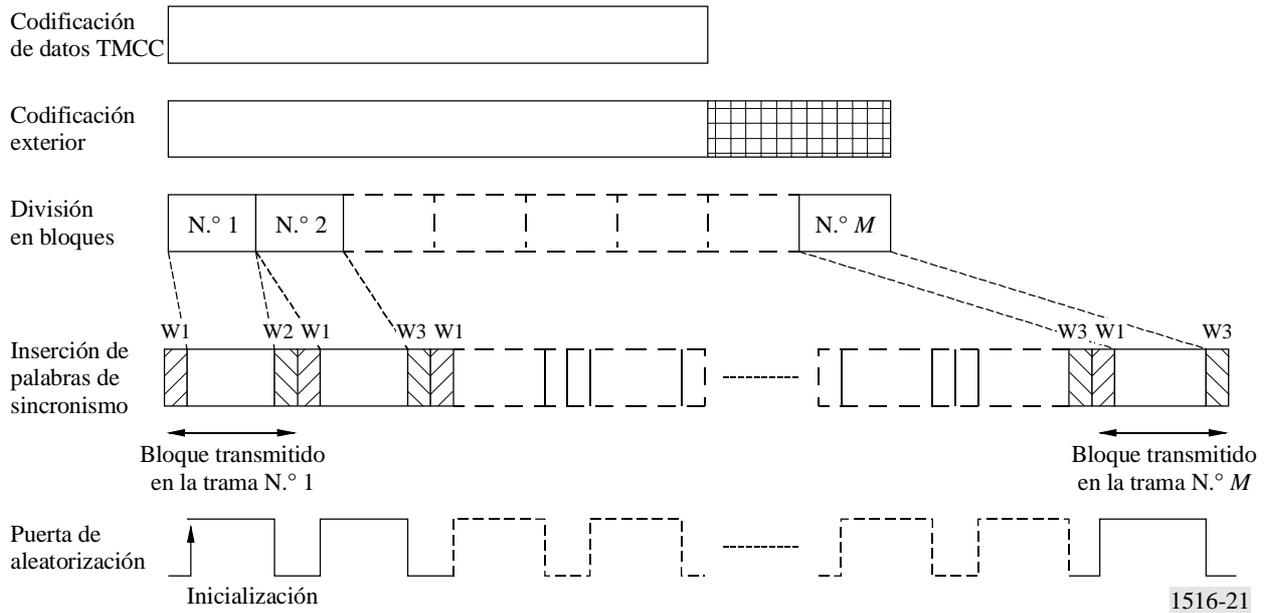
1516-20

Hay dos clases de referencias de temporización, contenidas en la señal TMCC a saber, la palabra de sincronismo de trama que indica el inicio de cada una de ellas y las palabras de identificación de trama que identifican la primera (trama N.º 1). Estas palabras se transmitirán en cada trama.

Tras dividir los datos TMCC con codificación exterior en M bloques (donde M es el número de tramas en una supertrama), las palabras de sincronismo se insertarán en cada bloque, tal como se representa en la Fig. 21. La palabra de sincronismo $W1$ se insertará al principio de cada bloque. La palabra $W2$ se insertará al final del bloque que se transmite en la primera trama, mientras que la palabra $W3$ se insertará al final de los bloques restantes. Las palabras $W1$, $W2$ y $W3$ estarán compuestas de 2 bytes. La $W1$ será $1B95_h$, la $W2$ será $A340_h$ y la $W3$ será $5CBF_h$ (la $W3$ se obtiene invirtiendo los bits de la $W2$).

Obsérvese que los primeros 6 bits de las palabras cambiarán con la información de carga útil (contenido de la señal principal y/o de la señal TMCC) debido a la codificación convolucional (longitud restringida a 7), que se aplica a la señal TMCC en la etapa del proceso siguiente. Dicho de otra manera, los primeros 6 bits de la palabra se utilizan como bits de terminación del código convolucional. En consecuencia, el esquema binario único de la palabra de sincronización tiene 10 bits de los 16 bits de la palabra original.

FIGURA 21
Generación de señal TMCC



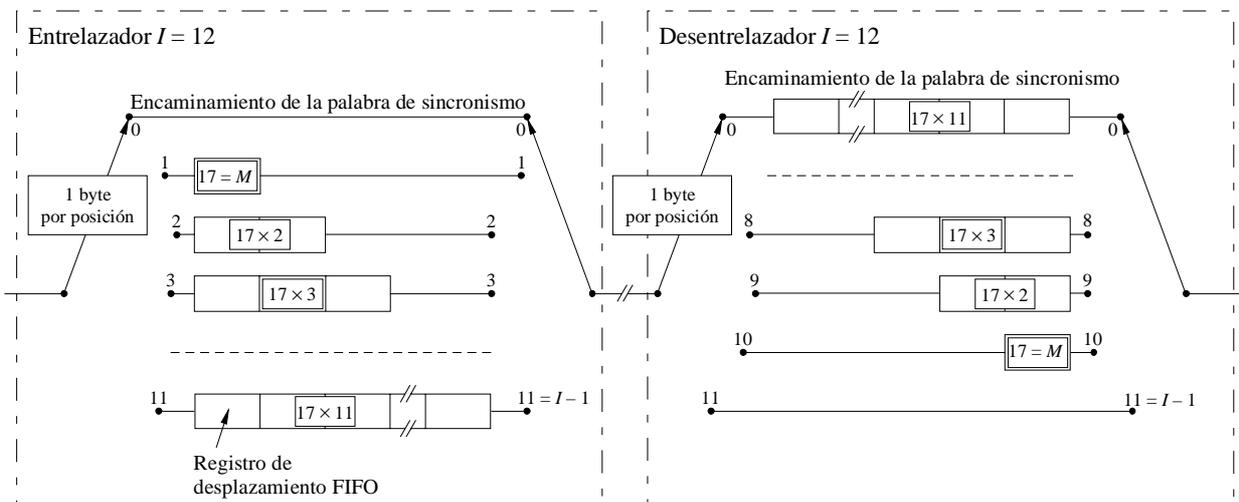
1516-21

5.4 Entrelazador

5.4.1 Entrelazador convolucional para el Sistema A

Según el esquema conceptual representado en la Fig. 22a, se aplicará a los paquetes protegidos contra errores un entrelazado convolucional con profundidad $I = 12$. Esto da como resultado una trama entrelazada.

FIGURA 22a
Diagrama conceptual del entrelazador y desentrelazador convolucional



1516-22a

El proceso de entrelazado convolucional se basará en el método de Forney, que es compatible con el método de Ramsey Tipo III, con $I = 12$. La trama entrelazada se compondrá de paquetes superpuestos protegidos contra errores y vendrá delimitada por bytes de sincronismo MPEG-2 no invertidos (preservando así la periodicidad de 204 bytes).

El entrelazador puede estar compuesto de $I = 12$ derivaciones, conectadas cíclicamente al tren de bytes de salida por el conmutador de entrada. Cada derivación consistirá en un registro de desplazamiento «primero en entrar, primero en salir» (FIFO) con células de profundidad (M_j) (siendo $M = 17 = N/I$, $N = 204 =$ longitud de trama protegida contra errores, $I = 12 =$ profundidad de entrelazado, $j =$ índice de derivación). Las células del registro FIFO contendrán un byte, y los conmutadores de entrada y salida estarán sincronizados.

A efectos de sincronización, los bytes de sincronismo y los bytes de sincronismo invertidos se encaminarán siempre en la derivación «0» del entrelazador (lo que corresponde a un retardo nulo).

NOTA 1 – El desentrelazador es similar, en principio, al entrelazador, pero los índices de derivación están invertidos (es decir, $j = 0$ corresponde al retardo más largo). La sincronización del desentrelazador puede realizarse encaminando el primer byte de sincronización reconocido en la derivación «0».

5.4.2 Entrelazador convolucional para el Sistema B

El Sistema B utiliza un entrelazador definido por el diagrama de bloques de la Fig. 22b. Este entrelazador es un entrelazador de Ramsey Tipo II (véase la Nota 1) con los siguientes parámetros:

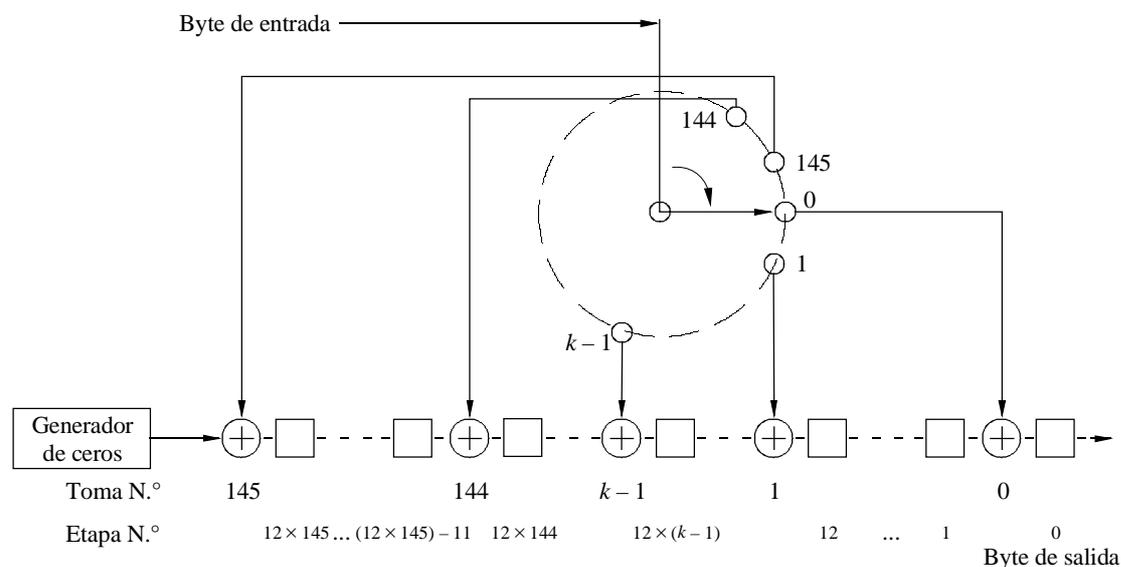
$I = 146$ longitud de bloque del entrelazador, y

$D = 13$ profundidad de entrelazado.

NOTA 1 – RAMSEY J. [mayo de 1970] Realization of optimum interleavers. *IEEE Trans. Inform. Theory*, Vol. IT-16, 338-345.

FIGURA 22b

Diagrama de bloques del entrelazador convolucional del Sistema B



El entrelazado convolucional introduce un retardo absoluto de lectura a escritura que incrementa linealmente con el índice de bytes dentro de un bloque de bytes I :

$$\text{Retardo de lectura/escritura (bytes)} \quad (D - 1)k \quad \text{con } k = 0, \dots, I - 1.$$

El entrelazador no añade datos de tara al tren de datos. Consta de un conmutador y un registro de desplazamiento con tomas. El entrelazador comienza en la posición de conmutador 0 al comienzo de cada paquete de datos y funciona con arreglo a los pasos siguientes.

Para cada byte de entrada:

Paso 1: Añadir el byte de entrada en la toma en la posición en curso del conmutador (0 está presente en la toma cuando no es seleccionado por el conmutador).

Paso 2: Desplazar el registro de desplazamiento un byte a la derecha.

Paso 3: Pasar el conmutador a la posición de conmutador siguiente.

Paso 4: Muestrear el byte de salida en la posición 0 del registro de desplazamiento.

5.4.3 Entrelazador convolucional para el Sistema C

La capa de codificación proporciona entrelazado convolucional de símbolos de salida de un codificador Reed-Solomon de 8 bits. Las siguientes características definen el entrelazado convolucional:

- El entrelazador de profundidad $I = 12$, $J = 19$ está compuesto por una memoria de símbolos Reed-Solomon $I(I - 1)J/2 = 1254$. La estructura del entrelazador será compatible con el tipo de conmutador presentado en la Fig. 23.
- El primer byte de un bloque de salida con codificación Reed-Solomon es introducido y es traído en el brazo conmutador del entrelazador de retardo cero.
- El k -ésimo brazo conmutador consta de $k \cdot J$ retardos de byte para $k = 0, 1, \dots, 11$ y $J = 19$. Un byte de salida es leído desde el k -ésimo FIFO o memoria circular, un byte de entrada es escrito o desplazado en la k -ésima memoria intermedia, y el brazo conmutador avanza al $k + 1$ brazo del entrelazador. Después de leer y escribir desde el último brazo del conmutador, el conmutador avanza al brazo de retardo cero para su salida siguiente.

5.4.4 Entrelazador de bloques para el Sistema D

Para tratar múltiples MPEG-TS y poder utilizar varios esquemas de modulación simultáneamente, en el Sistema D se emplea una estructura de trama. La estructura de alineación de trama se indica en el § 5.3.4.

El entrelazado de bloques entre tramas con una profundidad de M se aplicará a los datos aleatorizados, como se muestra en la Fig. 24. La asignación de intervalos para cada trama será idéntica a través de una supertrama resultando en que los datos son entrelazados solamente entre los transmitidos con la misma combinación de código de modulación. El entrelazado se aplicará salvo al primer byte (byte de sincronización MPEG) de cada intervalo.

La Fig. 24 ilustra un ejemplo de entrelazado cuando la profundidad de entrelazado es 8 (es decir, la supertrama consta de ocho tramas) y se están utilizando dos clases de combinaciones de código de modulación. Los datos en la trama original son leídos en el sentido entre tramas, es decir, en el orden de A1, 1, A2, 1, A3, 1, ..., donde $A_{i,j}$ representa los datos de byte en el j -ésimo intervalo en la i -ésima trama, para formar la trama entrelazada. Los datos en la trama entrelazada son leídos en el sentido de bytes (horizontalmente) y alimentados al multiplexor MDT.

FIGURA 23
Entrelazador convolucional

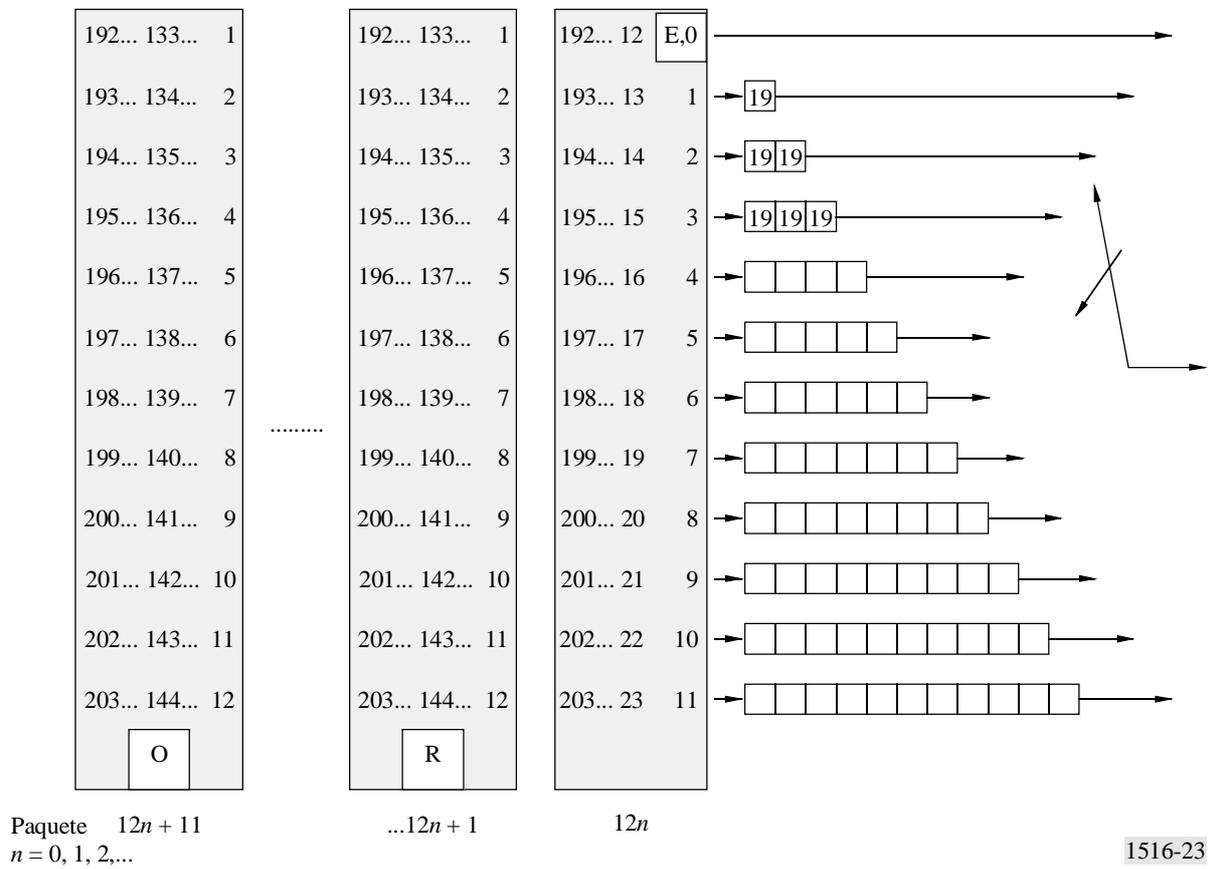
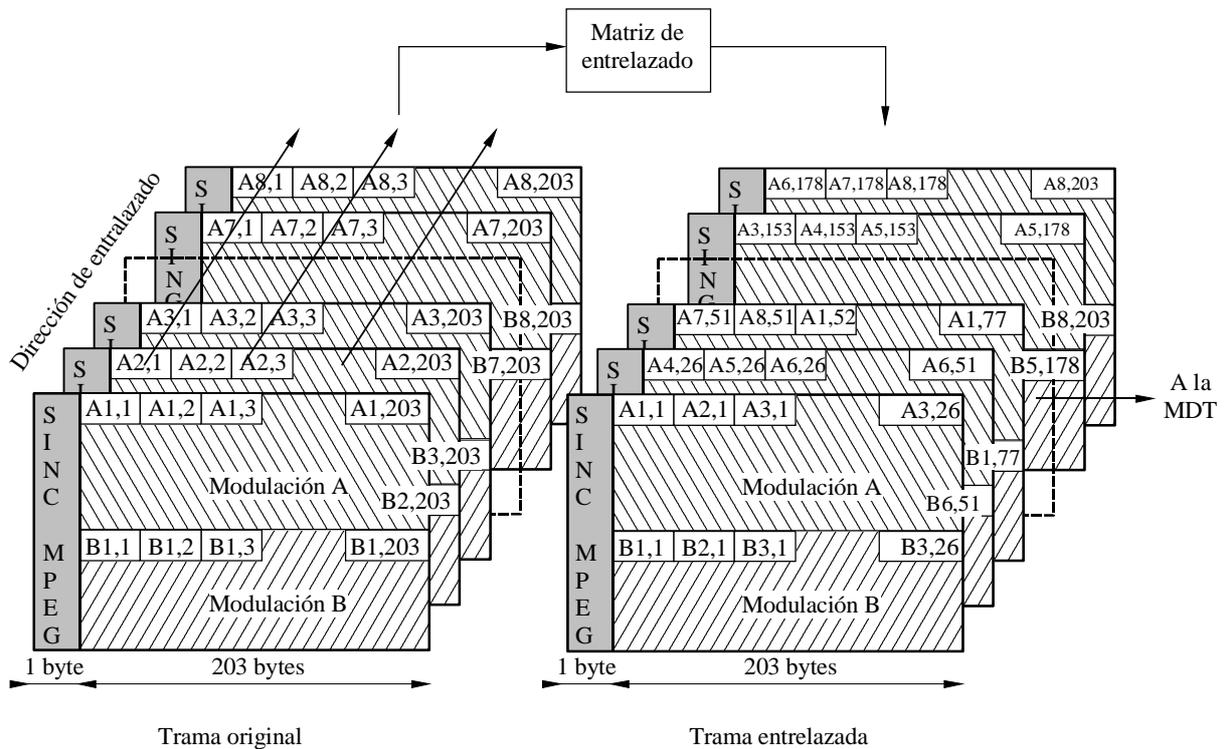


FIGURA 24
Esquema conceptual del entrelazado



1516-24

No es necesario transmitir el primer byte de cada paquete (la palabra de sincronismo MPEG de 47_h) porque las referencias de temporización (palabras de sincronización de trama) son enviadas por la señal TMCC. Las palabras de sincronización MPEG omitidas tienen que ser recuperadas en el receptor para ejecutar debidamente la decodificación exterior.

5.5 Codificador Reed-Solomon

El decodificador Reed-Solomon será capaz de funcionar con los siguientes parámetros abreviados:

- (204,188, $T = 8$)
- (146,130, $T = 8$).

Los códigos Reed-Solomon abreviados pueden implementarse añadiendo bytes (51 para (204,188), y 109 para (146,130)), todos puestos a cero, antes de los bytes de información a la entrada de un codificador (255,239). Después del procedimiento de codificación Reed-Solomon, se descartarán estos bytes nulos.

5.5.1 Características del codificador Reed-Solomon para el Sistema A

El Sistema A utiliza: (204,188, $T = 8$).

5.5.2 Características del codificador Reed-Solomon para el Sistema B

El Sistema B utiliza: (146,130, $T = 8$).

5.5.3 Características del codificador Reed-Solomon para el Sistema C

El Sistema C utiliza: (204,188, $T = 8$).

5.5.4 Características del codificador Reed-Solomon para el Sistema D

El Sistema D utiliza: (204,188, $T = 8$).

El código Reed-Solomon es un código (204,188, $T = 8$) con símbolos de 8 bits, abreviado a partir de una longitud de bloque de 256 símbolos, y corrigiendo hasta $t = 8$ símbolos por bloque.

El campo finito GF(256) se construye a partir del polinomio primitivo $p(x) = x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$.

El polinomio generador para el código corrector de errores t tiene raíces a $x = a^i$, $i = 1, 2, \dots, 2t$,

$$g(x) = \prod_{i=1}^{i=2t} (x + a^i).$$

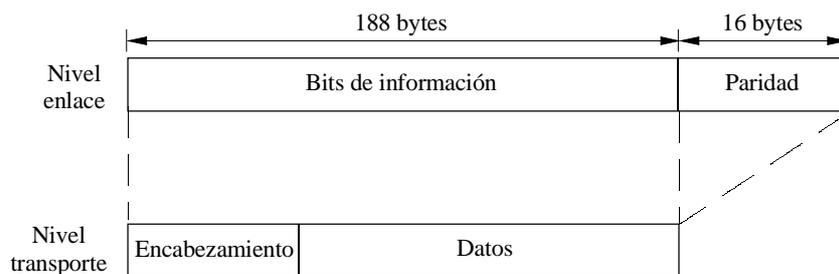
Para $t = 8$, el polinomio generador es $g(x) = x^{16} + a^{121}x^{15} + a^{106}x^{14} + a^{110}x^{13} + a^{113}x^{12} + a^{107}x^{11} + a^{167}x^{10} + a^{83}x^9 + a^{11}x^8 + a^{100}x^7 + a^{201}x^6 + a^{158}x^5 + a^{181}x^4 + a^{195}x^3 + a^{208}x^2 + a^{240}x + a^{136}$.

Para un código $(N, N - 2t)$, una palabra de código de símbolo N se genera introduciendo los símbolos de datos en los primeros ciclos de reloj $N - 2t$, y haciendo luego funcionar el circuito para generar los símbolos de paridad $2t$. Este codificador es claramente sistemático, ya que la salida es idéntica a la entrada de símbolos de datos para los primeros $N - 2t$ ciclos. Algebraicamente, la secuencia de símbolos $d_{N-2t-1}, d_{N-2t-2}, \dots, d_0$ introducida en el codificador representa el polinomio $d(x) = d_{N-2t-1}x^{N-2t-1} + d_{N-2t-2}x^{N-2t-2} + \dots + d_1x + d_0$. El codificador forma la palabra de código $c(x) = x^{2t}d(x) + rmd[d(x)/g(x)]$, y extrae los coeficientes desde el orden más alto al orden más bajo.

El convenio de conversión paralelo-serie de bits de datos a símbolos es el de un registro de desplazamiento de izquierda a derecha con el bit más antiguo formando el LSB y el bit más reciente formando el MSB. El código Reed-Solomon se aplica a paquetes como se muestra en la Fig. 25.

FIGURA 25

Código Reed-Solomon aplicado a un paquete



1516-25

5.6 Dispersión de energía

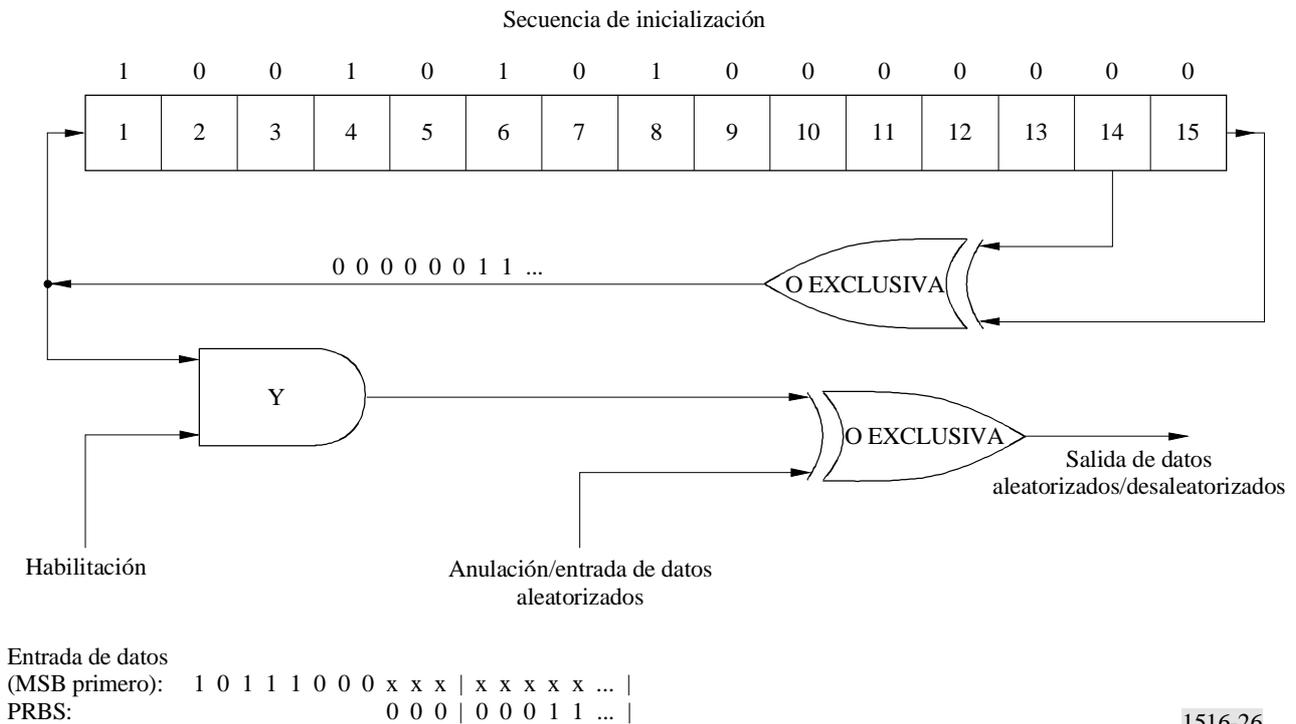
5.6.1 Dispersión de energía para el Sistema A

El Sistema A elimina el patrón de aleatorización después de la decodificación Reed-Solomon. El polinomio para el generador PRBS será $1 + x^{14} + x^{15}$ con una secuencia de carga «100101010000000».

Para cumplir el Reglamento de Radiocomunicaciones y asegurar transiciones binarias adecuadas, los datos del multiplex MPEG-2 de entrada serán aleatorizados de acuerdo con la configuración representada en la Fig. 26.

FIGURA 26

Diagrama esquemático del aleatorizador/desaleatorizador



El polinomio para el generador PRBS será:

$$1 + x^{14} + x^{15}$$

La carga de la secuencia «100101010000000» en los registros PRBS, como se indica en la Fig. 26, se iniciará al comienzo de cada ocho paquetes de transporte. Para proporcionar una señal de inicialización al desaleatorizador, el byte de sincronismo MPEG-2 del primer paquete de transporte de un grupo de ocho paquetes se invierte en los bits de 47_h a B8_h. Este proceso se denomina la «adaptación del múltiplex de transporte».

El primer bit a la salida de un generador PRBS se aplicará al primer bit (es decir, el MSB) del primer byte que sigue al byte de sincronismo MPEG-2 invertido (es decir, B8_h). Para ayudar a otras funciones de sincronización, durante los bytes de sincronismo MPEG-2 de los 7 paquetes de transporte posteriores, la generación de PRBS continuará, pero su salida será neutralizada, dejando estos bits desaleatorizados. De este modo, el periodo de la PRBS será de 1 503 bytes.

El proceso de aleatorización será activo también cuando el tren de bits de entrada del demodulador sea inexistente, o cuando no cumpla el formato del tren de transporte MPEG-2 (es decir, un byte de sincronismo más 187 bytes de paquetes). Se hace así para evitar la emisión de una portadora no modulada desde el modulador.

5.6.2 Dispersión de energía para el Sistema B

El Sistema B no utiliza patrón de aleatorización.

5.6.3 Dispersión de energía para el Sistema C

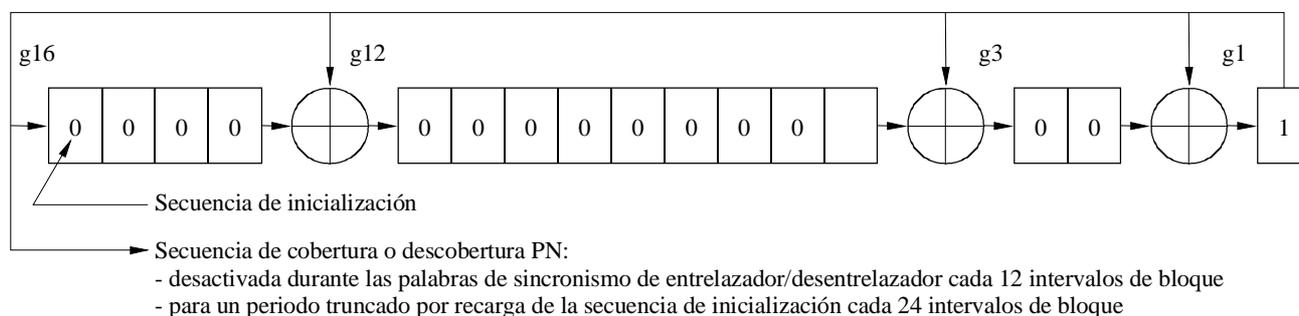
El Sistema C aplica funciones de aleatorización después de la decodificación convolucional. El polinomio para el generador PRBS será $1 + x + x^3 + x^{12} + x^{16}$, con una secuencia de carga «0001_h».

La capa de codificación utiliza aleatorización a la salida del entrelazador y a la entrada del desentrelazador para la dispersión de energía y para asegurar una alta densidad de transición de datos para fines de restablecimiento de la temporización de bits. Las siguientes características definen la aleatorización de datos:

- Los datos de transmisión antes de la codificación convolucional se aleatorizan mediante una operación «O EXCLUSIVA» con una secuencia pseudoaleatoria (PN) de longitud máxima $2^{16} - 1$ truncada que se reanuda cada 24 intervalos de bloque de codificador Reed-Solomon, como muestra la Fig. 27.
- Los patrones de sincronismo FEC de 16 bits que se producen cada 12 intervalos de bloque Reed-Solomon no están aleatorizados. El aleatorizador se temporiza durante los 16 tiempos de bits en que se insertan patrones de sincronismo FEC, pero la salida del aleatorizador no se utiliza en la operación «O EXCLUSIVA» con los datos de transmisión.
- La secuencia PN se genera a partir de un registro de desplazamiento de realimentación lineal de 16 etapas con tomas en las etapas 16, 12, 3 y 1, como muestra la Fig. 27. La entrada del aleatorizador se define como la secuencia de aleatorización PN.
- El aleatorizador se inicializa con el valor 0001_h en el primer bit que sigue a la salida de palabra sincronismo de trama FEC de byte impar/par procedente del entrelazador cada 24 bloques.

FIGURA 27

Diagrama de bloques del aleatorizador



1516-27

5.6.4 Dispersión de energía para el Sistema D

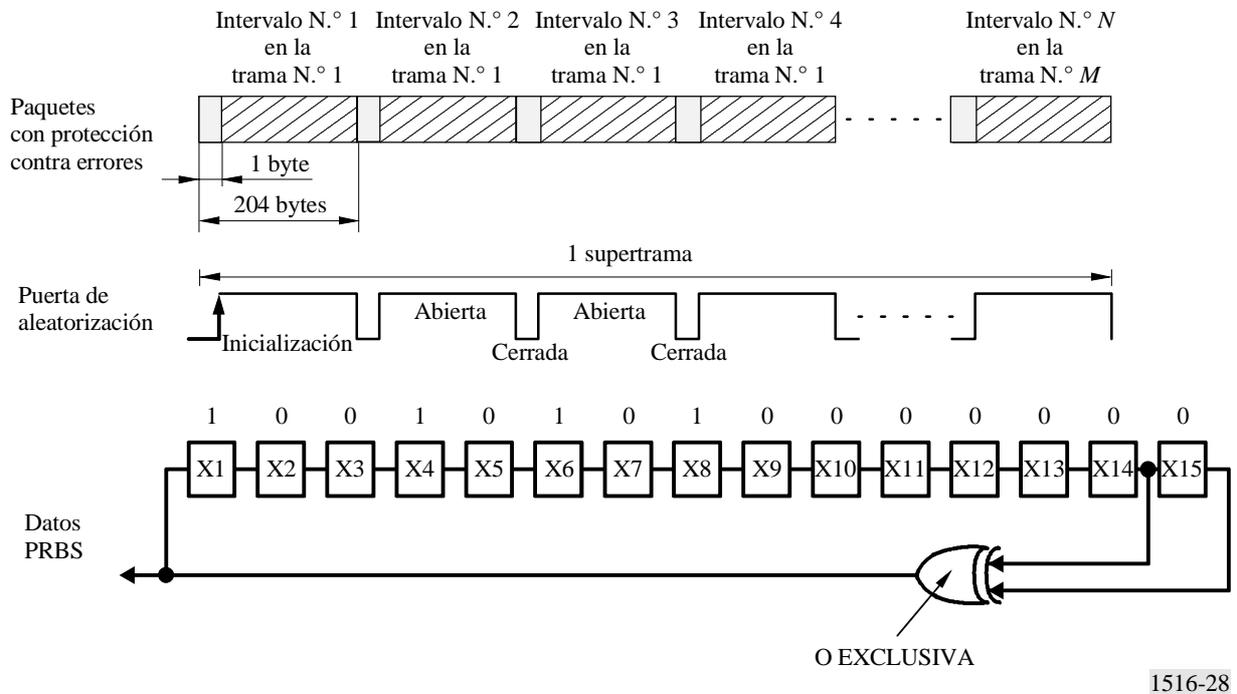
Para cumplir el Reglamento de Radiocomunicaciones y asegurar transiciones binarias adecuadas, los datos de la trama serán aleatorizados de acuerdo con la configuración mostrada en la Fig. 28.

El polinomio para el generador PRBS será:

$$1 + x^{14} + x^{15}$$

La carga de la secuencia «100101010000000» en los registros PRBS tal como se indica en la Fig. 28 se iniciará en el segundo byte de cada supertrama. El primer bit de la salida del generador PRBS se aplicará al primer bit (es decir, el MSB) del segundo byte del intervalo N.º 1 en la trama N.º 1. La PRBS se añadirá a los datos excepto en el primer byte (byte de sincronismo MPEG) de cada intervalo.

FIGURA 28
Diagrama esquemático del aleatorizador



5.7 Características de alineación de trama y trenes de transporte

5.7.1 Características de alineación de trama y trenes de transporte para el Sistema A

La organización de las tramas se basará en la estructura de paquetes de entrada (véase la Fig. 29a)).

5.7.2 Características de alineación de trama y trenes de transporte para el Sistema B

Véase el Apéndice 1.

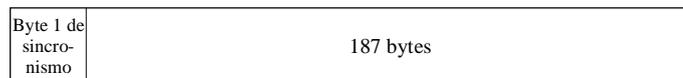
5.7.3 Características de alineación de trama y trenes de transporte para el Sistema C

Véanse las características de sincronización (§ 5.3.3).

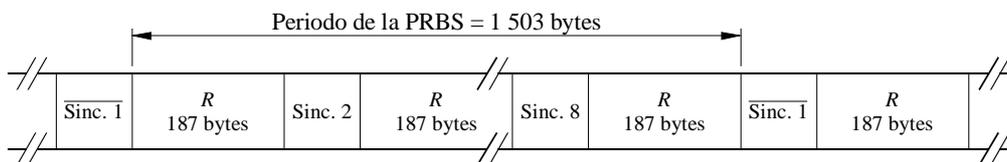
5.7.4 Características de alineación de trama y trenes de transporte para el Sistema D

Véanse las características de sincronización (§ 5.3.4).

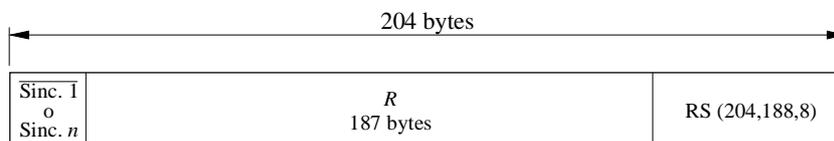
FIGURA 29
Estructura de alineación de la trama



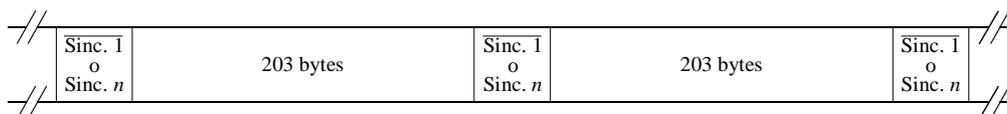
a) Paquete de MUX de transporte MPEG-2



b) Paquetes de transporte aleatorizados: bytes de sincronismo y secuencia aleatorizada R



c) Paquete protegido contra errores Reed-Solomon (RS) (204,188, $T = 8$)



d) Tramas entrelazadas; profundidad de entrelazado $I = 12$ bytes

Sinc. 1: byte de sincronismo complementado no aleatorizado
Sinc. n : byte de sincronismo no aleatorizado, $n = 2, 3, \dots, 8$

1516-29

5.8 Señales de control

5.8.1 Señales de control para el Sistema A

Ninguna.

5.8.2 Señales de control para el Sistema B

Ninguna.

5.8.3 Señales de control para el Sistema C

Ninguna.

5.8.4 Señales de control para el Sistema D

Véase el Apéndice 2.

6 Referencias Bibliográficas

- [1] ISO/CEI. Norma ISO/CEI DIS 13818. Coding of moving pictures and associated audio, Partes 1, 2 y 3.
- [2] ATSC/A53, Anexo B. Recomendación UIT-R BS.1196, Anexo 2.
- [3] ETS 300 468. Digital broadcasting systems for television, sound and data services; Specification for Service Information (SI) in Digital Video Broadcasting (DVB) systems
- [4] ETS 300 707. Electronic Programme Guide (EPG); Protocol for a TV Guide using electronic data.

7 Lista de acrónimos

AD	Datos auxiliares (<i>auxiliary data</i>)
ATM	Modo de transferencia asíncrono (<i>asynchronous transfer mode</i>)
ATSC	Comité de Sistemas de Televisión Avanzados (<i>Advanced Television Systems Committee</i>)
CA	Acceso condicional (<i>conditional access</i>)
ETS	Norma Europea de Telecomunicaciones (<i>European Telecommunication Standard</i>)
FEC	Corrección de errores sin canal de retorno
IRD	Receptor decodificador integrado (<i>integrated receiver-decoder</i>)
MAQ	Modulación de amplitud en cuadratura (<i>quadrature amplitude modulation</i>)
MDP-4	Modulación por desplazamiento de fase en cuadratura (<i>quadrature phase shift keying</i>)
MPEG	Grupo de Expertos de Imágenes en Movimiento (<i>Motion Pictures Experts Group</i>)
MPEG-2 TS	Tren de transporte MPEG-2 (<i>MPEG-2 transport stream</i>)
PID	Identificación de programa (<i>programme identification</i>)
PRBS	Secuencia binaria pseudoaleatoria (<i>pseudo-random binary sequence</i>)
QEF	Casi sin errores (<i>quasi error-free</i>)
RAM	Memoria de acceso aleatorio (<i>random access memory</i>)
ROM	Memoria de lectura solamente (<i>read only memory</i>)
RS	Reed-Solomon
SCID	Identificación de canal de servicio (<i>service channel identification</i>)
SCTE	Society of Cable and Telecommunication Engineers
TC8PSK	Manipulación con desplazamiento de fase de ocho niveles con codificación en rejilla (<i>trellis-coded eight phase shift keying</i>)
TMCC	Control de configuración de transmisión y de multiplexión (<i>transmission and multiplexing configuration control</i>)

APÉNDICE 1

AL ANEXO 1

Características de los trenes de transporte del Sistema B*

ÍNDICE

- 1 Introducción
- 2 Prefijo
- 3 Paquetes nulos y paquetes variantes
- 4 Paquetes de aplicación de vídeo
 - 4.1 Paquetes de datos auxiliares
 - 4.2 Paquetes del servicio de vídeo básico
 - 4.3 Paquetes de datos redundantes
 - 4.4 Paquetes de datos de vídeo no MPEG
- 5 Paquetes de aplicación de audio
 - 5.1 Paquetes de datos auxiliares
 - 5.2 Paquetes del servicio de audio básico
 - 5.3 Paquetes de datos de audio no MPEG
- 6 Paquetes de guía de programas
- 7 Constricciones del múltiplex de transporte
 - 7.1 Definición de constricciones del múltiplex de trenes elementales

1 Introducción

Este Apéndice define el protocolo de transporte de los trenes de bits del Sistema B. Tiene una estructura de paquete de longitud fija que proporciona la base para la detección de errores, la resincronización lógica y la ocultación de errores en el receptor. El protocolo de transporte del Sistema B consta de dos subcapas distintas: una subcapa «enlace de datos/red», prefijo y una subcapa de «adaptación» de transporte especificada de cada servicio. La subcapa de enlace de datos/red proporciona servicios de transporte genéricos tales como banderas de control de aleatorización, multiplexación asíncrona de células y control de errores. La capa de adaptación está

* Las características de los trenes de transporte de los Sistemas A y C figuran en la Referencia Bibliográfica [1] en el § 6 del Anexo 1.

diseñada para un empaquetamiento eficiente de datos MPEG de longitud variable en células de longitud fija, pero consiguiendo una resincronización lógica rápida y soporte de ocultación de errores en el decodificador después de eventos de error no corregibles.

El formato del protocolo de transporte define células (o paquetes) de datos de longitud fija en las que cada célula incluye un prefijo y un bloque de transporte. El prefijo consta de 4 bits de información de control y 12 bits para identificación del canal de servicio. Las capacidades de multiplexación de servicios proporcionan soporte de una combinación de servicios de vídeo, audio y datos. El bloque de transporte incluye datos auxiliares que contienen información de temporización y aleatorización, y datos específicos del servicio, por ejemplo, para servicios de vídeo MPEG: encabezamientos MPEG redundantes y datos MPEG normalizados.

Dentro de este protocolo se proporcionan mecanismos para facilitar un rápido restablecimiento del decodificador después de detectar la pérdida de una o más células en el canal. Identificando información específica y transmitiendo redundantemente datos MPEG clave, el decodificador puede controlar la región de la imagen afectada por los errores.

El § 2 de este Apéndice describe con detalle la parte prefijo de la estructura de transporte. En el § 3 se describen dos paquetes de transporte de aplicaciones especiales, los paquetes nulos y los paquetes de alcance. En los § 4 y 5 se describen los detalles de los paquetes de aplicación de vídeo, y en los paquetes de aplicación de audio, respectivamente. Los paquetes relativos a la guía de programas se describen en el § 6. Este Apéndice concluye con el § 7, que contiene la descripción de las limitaciones de multiplexación para la gestión de la memoria intermedia de transporte.

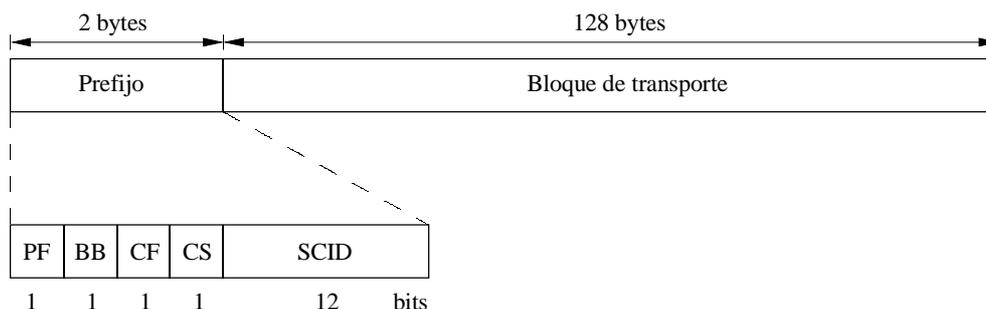
Obsérvese que en esta especificación el término «aleatorización» se utiliza genéricamente y significa cifrado cuando se aplica a sistemas digitales.

2 Prefijo

Los paquetes de transporte del Sistema B constarán de 130 bytes, de los cuales los dos primeros se reservarán como bytes de prefijo. El prefijo contiene varias banderas de control de capa de enlace, así como las identidades de canal para muchos servicios de vídeo, audio y datos diferentes. La Fig. 30 ilustra la estructura lógica de una célula de transporte en la que se identifican el prefijo y su relación con el bloque de transporte.

FIGURA 30

Estructura de paquete de transporte del Sistema B



La definición semántica de los campos del prefijo se indica a continuación en el Cuadro 9:

CUADRO 9

Campos de prefijo

PF	Trama de paquete (<i>packet framing</i>)	Este bit alterna entre 0 y 1 con cada paquete
BB	Frontera de haz (<i>bundle boundary</i>)	Este bit tiene significación para el servicio de vídeo solamente: El bit BB se pone a 1 en el primer paquete que contiene un encabezamiento de secuencia de vídeo redundante y a 0 en todos los demás paquetes. El decodificador debe ignorar este bit
CF	Bandera de control (<i>control flag</i>)	CF = 1: El bloque de transporte de este paquete no está aleatorizado CF = 0: El bloque de transporte de este paquete está aleatorizado
CS	Sincronismo de control (<i>control sync</i>)	Para paquetes de transporte aleatorizados (es decir, CF = 0), este bit indica la clave a utilizar para la desaleatorización. En los paquetes auxiliares, si la cabida útil del paquete Aux contiene el paquete de palabra de control (CWP, <i>control word packet</i>), este bit indica que se envía CWP (CS = 0 o CS = 1). La información de clave de desaleatorización, obtenida del CWP, se utiliza para desaleatorizar los paquetes de servicio que tienen el mismo CS (es decir, la clave obtenida del paquete Aux con CS = 0 se utiliza para desaleatorizar paquetes de transporte con CS = 0)
SCID	ID de canal de servicio (<i>service channel ID</i>)	Este campo de 12 bits (entero sin signo, MSB) identifica unívocamente la aplicación a la cual está destinada la información del bloque de transporte del paquete de transporte. Los siguientes SCID se reservan para fines específicos: SCID = 0x000 – Paquete NULO SCID = 0xFFF – Reservado (¡No utilizar!)
	Bloque de transporte	Éstos son los datos de aplicación (128 bytes) a procesar por la aplicación tratada por el SCID

3 Paquetes nulos y paquetes variantes

Hay dos paquetes de transporte especiales definidos en el Sistema B: paquetes nulos y paquetes variantes.

Los paquetes nulos y los paquetes variantes no estarán cifrados (es decir, CF = 1).

La estructura de paquetes de estos paquetes es la siguiente:

Para los paquetes nulos

PF = x (Alterna de un paquete a otro)

BB = 0

CF = 1

CS = 0

SCID = 0x000

Por tanto, los dos primeros bytes (prefijo) de los paquetes nulos se leen en notación hexadecimal; 0x 20 00, o 0x A0 00 según el valor del bit PF.

Para los paquetes variantes

PF = x (Alterna de un paquete a otro)

BB = 0

CF = 1

CS = 0

SCID: determinado por el equipo múltiplex.

Los 128 bytes (bloque de transporte) de los paquetes nulos y los paquetes variantes son idénticos, y se describen a continuación en el Cuadro 10. (El contenido está diseñado para ser espectralmente neutro a fin de mantener el enclavamiento de la sintonización.)

CUADRO 10

Bloque de transporte de paquetes nulos y variantes

Byte N.º	Valor	Byte N.º	Valor	Byte N.º	Valor	Byte N.º	Valor
1 ⁽¹⁾	4 ⁽¹⁾	33	48	65	38	97	125
2	9	34	124	66	137	98	137
3	180	35	121	67	99	99	212
4	6	36	26	68	57	100	61
5	149	37	179	69	113	101	187
6	240	38	128	70	146	102	96
7	167	39	88	71	191	103	192
8	88	40	113	72	245	104	141
9	169	41	223	73	71	105	69
10	6	42	82	74	194	106	15
11	78	43	75	75	159	107	108
12	175	44	112	76	212	108	80
13	172	45	18	77	55	109	184
14	129	46	242	78	154	110	106
15	134	47	249	79	235	111	159
16	185	48	172	80	227	112	231
17	162	49	112	81	129	113	224
18	181	50	199	82	200	114	157
19	137	51	214	83	197	115	197
20	118	52	50	84	13	116	198

CUADRO 10 (Fin)

Byte N.º	Valor						
21	8	53	93	85	230	117	57
22	149	54	159	86	112	118	60
23	57	55	218	87	19	119	134
24	198	56	180	88	246	120	61
25	147	57	223	89	86	121	11
26	97	58	65	90	128	122	218
27	2	59	141	91	182	123	100
28	83	60	123	92	122	124	50
29	64	61	64	93	127	125	214
30	38	62	184	94	197	126	95
31	41	63	0	95	176	127	53
32	20	64	54	96	233	128	184

(1) Obsérvese que este byte corresponde al byte contador de continuidad/designador de encabezamiento (CC/HD) en otros paquetes, es decir, CC = 0 HD = 0100_b.

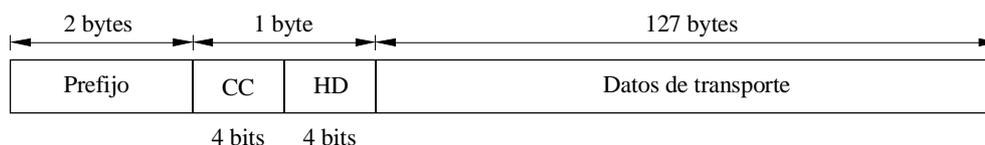
4 Paquetes de aplicación de vídeo

La estructura general de los paquetes de transporte de vídeo se ilustra en la Fig. 31. Dentro de los paquetes de aplicación de vídeo hay cuatro tipos de células de transporte, caracterizadas por el tipo de datos relativos al servicio de vídeo transportados por ellos:

- Paquetes de datos auxiliares (indicaciones de tiempo, paquetes de palabras de control de encriptación).
- Paquetes de servicio de vídeo básico (datos de vídeo MPEG).
- Paquetes de datos redundantes (encabezamientos MPEG redundantes y datos de vídeo MPEG no redundantes).
- Paquetes de datos de vídeo no MPEG (datos no MPEG y datos de vídeo MPEG no redundantes).

FIGURA 31

Estructura general del paquete de aplicación de vídeo



1516-31

Para indicar los diferentes tipos de células y los contadores asociados, el formato de capa de transporte de vídeo tiene 4 bits para un contador de continuidad (CC) y 4 bits para un designador de encabezamiento (HD), como muestra la Fig. 31. En el Cuadro 11 se incluye una descripción detallada de estos campos. Obsérvese que, del paquete de 130 bytes de longitud, los dos primeros bytes se utilizan como prefijo, el tercero contiene los campos CC y HD, y los 127 bytes restantes transportan la cabida útil.

CUADRO 11

La definición semántica de los campos en el byte CC HD

CC	Contador de continuidad (<i>continuity counter</i>)	Este campo de 4 bits (entero sin signo, MSB primero) se incrementa en uno con cada paquete que tiene el mismo SCID. Después de que el CC alcance su valor máximo 15 (1111 _b), el CC vuelve a 0. El CC se pone a 0 (0000 _b) y no se incrementará cuando el campo HD contiene «0x00» (es decir, paquetes auxiliares). Obsérvese que de la definición de los paquetes nulos y variantes, el campo CC en los paquetes nulos y variantes se pone a 0. El CC permite a un receptor detectar la discontinuidad de células (debida a errores de células) para un determinado servicio de transporte
HD	Designador de encabezamiento (<i>header designator</i>)	Este campo de 4 bits indica los 4 tipos de paquete de aplicación de vídeo que son: HD 0000 _b Paquetes de datos auxiliares 01x0 _b Paquetes del servicio de vídeo básico 10x0 _b Paquetes de datos redundantes 11x0 _b Paquetes de datos de vídeo no MPEG x: Este bit puede ser 0 ó 1 Todos los demás valores están reservados para uso futuro

4.1 Paquetes de datos auxiliares

Los paquetes de datos auxiliares (paquetes Aux) se utilizan para la transmisión de grupos de datos auxiliares (ADG, *auxiliary data groups*) y se identifican por HD = 0000_b.

Estos paquetes se transmiten en claro (no aleatorizados) y el bit de bandera de control (CF) del prefijo se pone a 1 para indicarlo.

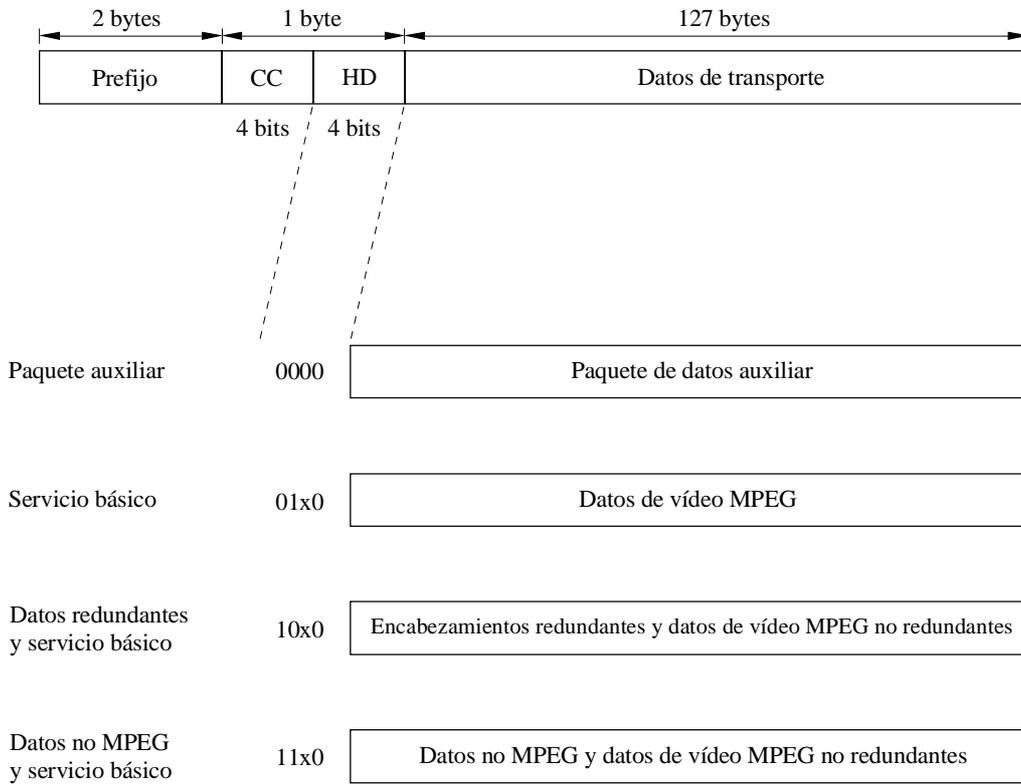
El ADG puede contener:

- códigos e indicaciones de tiempo de referencia;
- paquetes de palabra de control (CWP) de cifrado.

Un ADG consta de dos partes: prefijo de datos auxiliar (ADP) de 2 bytes y bloque de datos auxiliar (ADB) de longitud variable. Un paquete Aux puede contener uno o más grupos de datos situados próximos entre sí. Si la cabida útil de 127 bytes no está completamente rellena con datos ADG, los bytes restantes (no utilizados) se rellenan con ceros. Además, el bit CFF de cada campo ADP indica si el ADB correspondiente contiene datos válidos definidos. Si este bit se pone a cero, el resto del paquete que empieza inmediatamente después de ese bit CFF será ignorado. Esto significa que se ignorarán los AFID, AFS y ADB del ADG con un bit CFF cero. Además, no puede transmitirse ningún ADG válido en el resto del paquete.

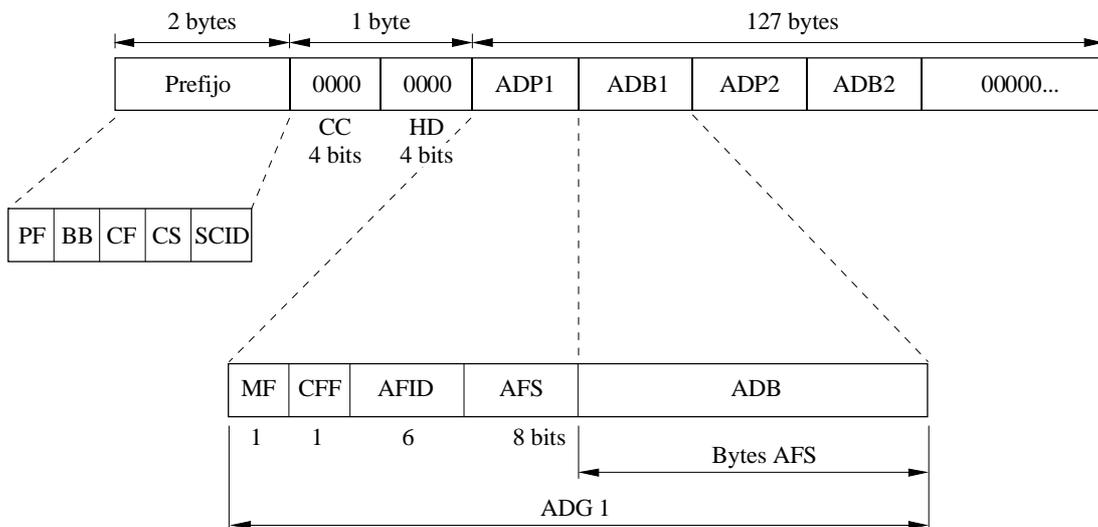
En la Fig. 33 se ilustra un ejemplo de estructura de paquete de datos auxiliar con dos campos ADG. La definición semántica de los campos (pertinentes) en el paquete de datos auxiliar se indica en el Cuadro 12.

FIGURA 32
Estructuras de paquete de aplicación de vídeo



1516-32

FIGURA 33
Estructura de paquete de datos auxiliar



1516-33

CUADRO 12

Definición semántica de los campos (pertinentes) en el paquete de datos auxiliar

BB	Frontera de haz (<i>bundle boundary</i>)	BB = 0 para paquetes auxiliares
CF	Bandera de control (<i>control flag</i>)	CF = 1 para paquetes auxiliares (no aleatorizados)
CS	Sincronismo de control (<i>control sync</i>)	Si la cabida útil de paquetes auxiliares contiene un paquete de palabra de control (CWP), este bit indica que CWP es enviado (CS = 0 o CS = 1). La información de clave de aleatorización, que se obtiene del CWP, se utiliza para desaleatorizar los paquetes de servicio que tienen el mismo CS (es decir, la clave obtenida del paquete auxiliar CS = 0 se utiliza para desaleatorizar los paquetes de transporte que tienen CS = 0)
CC	Contador de continuidad (<i>continuity counter</i>)	CC = 0000 _b para paquetes auxiliares
HD	Designador de encabezamiento (<i>header designator</i>)	HD = 0000 _b para paquetes auxiliares
MF	Bandera modificable (<i>modifiable flag</i>)	MF = 1: El ADB siguiente puede ser modificado MF = 0: El ADB siguiente no puede ser modificado El decodificador ignorará esta bandera
CFF	Bandera de campo en curso (<i>current field flag</i>)	CFF = 1: Este campo contiene un ADG válido CFF = 0: Este campo no contiene un ADG válido
AFID	ID de campo auxiliar (<i>aux field ID</i>)	Este campo de 6 bits identifica la información de datos auxiliar transportada en este grupo de datos auxiliar. Se definen tres grupos de datos auxiliares diferentes. AFID Definición de ADG 000000 _b Indicación de hora de referencia solamente 000001 _b Paquete de palabra de control de cifrado (CWP solamente) 000011 _b Indicación de hora de referencia y CWP 000010 _b y 000100 _b a 111111 _b : reservados para definición futura
AFS	Tamaño de campo auxiliar (<i>auxiliary field size</i>)	Este campo de un bit (entero sin signo, MSB primero) contiene la longitud del bloque de datos auxiliar en bytes
ADB	Bloque de datos auxiliar (<i>auxiliary data block</i>)	Información de datos auxiliar de bytes AFS de tamaño

Hay tres ADG definidos en el Sistema B, identificados por el campo AFID en el prefijo de datos auxiliar.

Indicación de hora de referencia solamente

AFID = 000000_b

AFS = 5 (0x05)

ADB = indicación de hora de 5 bytes: un byte todos ceros seguido por 32 bits que representan una muestra del contador de referencia del sistema de 27 MHz en el codificador. Esta muestra se toma en el momento en que el paquete de datos auxiliar abandona el codificador. Obsérvese que es diferente de las indicaciones de hora de referencia utilizadas por el MPEG. Un incremento de uno en las indicaciones de hora de referencia del Sistema B es igual a un ciclo del reloj de 27 MHz. Un incremento de uno en las indicaciones de hora de referencia MPEG es igual a 300 ciclos del reloj de 27 MHz, o un incremento de un reloj de 90 kHz. Esta muestra se toma en el momento en que el paquete de datos auxiliar abandona el codificador.

CWP de cifrado solamente

AFID = 000001_b

AFS = 120 (0x78)

ADB = 120 bytes del paquete de palabra de control: información necesaria para gestionar el cifrado y el acceso condicional.

Obsérvese que el bit CS del prefijo indica qué CWP es enviado en la cabida útil (CS = 0 o CS = 1). La información de clave de desaleatorización, derivada de la CWP, se utiliza para desaleatorizar los paquetes de servicio que tienen el mismo CS (es decir, la clave obtenida del paquete auxiliar con CS = 0 se utiliza para desaleatorizar paquetes de transporte con CS = 0).

Indicación de hora de referencia y CWP

AFID = 000011_b

AFS = 125 (0x7D)

ADB = indicación de hora de 5 bytes seguida por 120 bytes del CWP.

NOTA 1 – Para los programas «multiservicio», es decir los que contienen dos o más combinaciones de servicios de audio y vídeo, y de datos, es habitual (pero no necesario) que los datos auxiliares se produzcan sólo en uno de estos servicios. Como resultado, la información de temporización y/o acceso condicional recibida en un único paquete de datos auxiliar puede aplicarse a más de un servicio dentro del programa considerado. Esto es posible porque:

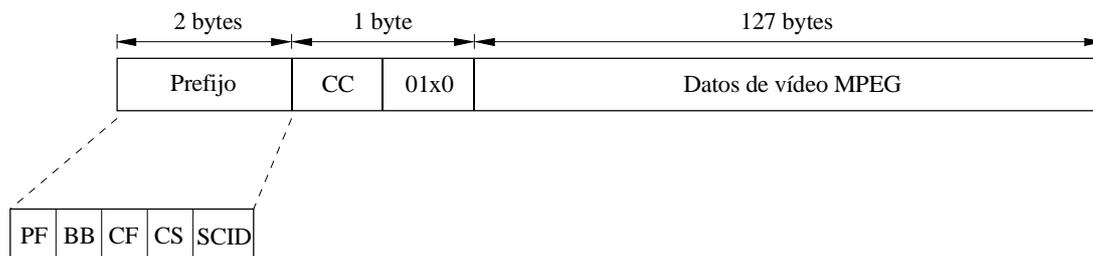
- La referencia horaria del sistema es común para todos los servicios de un determinado programa.
- A partir del CWP, el sistema de acceso condicional puede indicar autorización para hasta tres servicios dentro de un determinado programa.

4.2 Paquetes del servicio de vídeo básico

Los paquetes de transporte de un servicio de vídeo con el campo HD puesto a 01x0 transportan información del servicio de vídeo básico (es decir, bits de vídeo MPEG). La estructura del paquete de servicio de vídeo básico se ilustra en la Fig. 34. La definición semántica de los campos (pertinentes) de la estructura de un paquete del servicio de vídeo básico se indica en el Cuadro 13.

FIGURA 34

Estructura de paquete del servicio de vídeo básico



1516-34

CUADRO 13

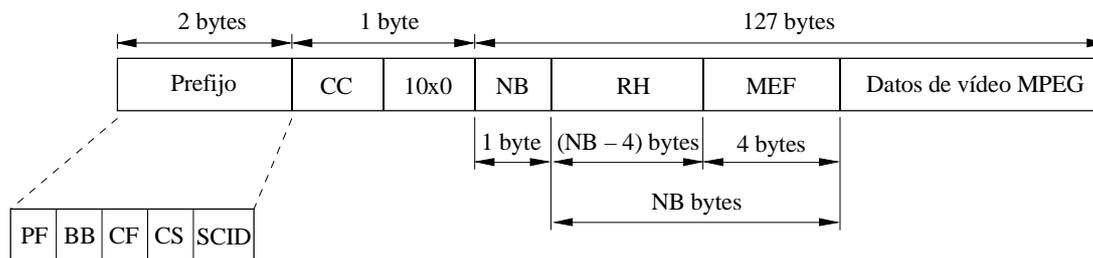
Definición semántica de los campos (pertinentes) en la estructura de paquete del servicio de vídeo básico

BB	Frontera de haz	El bit BB se pone a 1 en el primer paquete de vídeo básico que contiene un encabezamiento de secuencia de vídeo redundante, y a 0 en todos los demás paquetes. El decodificador debe ignorar este bit
CF	Bandera de control	CF = 1: El bloque de transporte de este paquete no está aleatorizado CF = 0: El bloque de transporte de este paquete está aleatorizado
CS	Sincronismo de control	Para paquetes de transporte aleatorizados (es decir, CF = 0), este bit indica la clave a utilizar para la desaleatorización
HD	Designador de encabezamiento	HD = 01x0 _b para paquetes del servicio de vídeo básico. El bit HD(1), indicado por x en HD = 01x0 _b , varía con cada paquete de servicio vídeo básico que contiene un código de comienzo de encabezamiento de imagen no redundante. En estos paquetes, el código de comienzo de encabezamiento de imagen está alineado por paquete para que sean los cuatro primeros bytes de la cabida útil de datos de vídeo MPEG que siguen a los campos CC/HD. No habrá otros paquetes que hagan variar el bit HD(1)
	Datos de vídeo MPEG	127 bytes de datos de vídeo MPEG

4.3 Paquetes de datos redundantes

Se define un tipo de paquete especial con HD = 10x0 que contiene grupos de imagen (GOP) y encabezamientos de imagen redundantes. En un tren de bits de vídeo pueden o no existir GOP y encabezamientos de imagen redundantes. Por tanto, pueden o no existir paquetes de datos redundantes. La estructura del paquete de datos redundante se ilustra en la Fig. 35. La definición semántica de los campos (pertinentes) de un paquete de datos redundante se indica en el Cuadro 14.

FIGURA 35
Estructura de paquete de datos redundante



1516-35

CUADRO 14

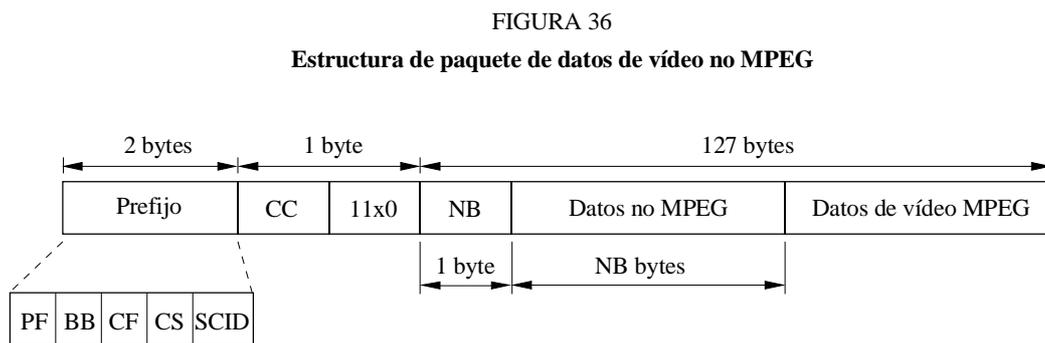
Definición semántica de los campos (pertinentes) en el paquete de datos redundante

BB	Frontera de haz	BB = 0 para paquetes del servicio de vídeo redundantes. El decodificador debe ignorar este bit
CF	Bandera de control	CF = 1: El bloque de transporte de este paquete no está aleatorizado. CF = 0: El bloque de transporte de este paquete está aleatorizado
CS	Sincronismo de control	Para paquetes de transporte aleatorizados (es decir, CF = 0), este bit indica la clave a utilizar para la desaleatorización
HD	Designador de encabezamiento	HD = 01x0 _b para paquetes de datos redundantes. El bit HD(1), indicado por x en HD = 10x0 _b , refleja el estado de alternancia del HD del último paquete del servicio de vídeo básico (valor x en HD = 01x0 _b) que tiene el mismo SCID que contiene el código de comienzo de encabezamiento de imagen original
NB	Número de bytes (<i>number of bytes</i>)	Este campo de un byte (entero sin signo, MSB primero) representa la longitud total en bytes de los RH y del MEF. El número de bytes indicado en el campo NB tiene que ser mayor o igual que 5 y menor o igual que 126 bytes. Es decir $5 \leq NB \leq 126$
RH	Encabezamientos redundantes (<i>redundant headers</i>)	Este campo de (NB - 4) bytes consta de Gop y/o encabezamientos de imagen redundantes
MEF	Campo de error de los medios (<i>media error field</i>)	Este campo MEF de 4 bytes se pone igual al código de error de secuencia definido por el MPEG de la ISO: 0x 00 00 01 B4 La utilización prevista es que el procesador de transporte envíe los GOP y encabezamientos de datos redundantes y los bytes del campo de error de los medios, al decodificador de vídeo MPEG siempre que es detectado un error de paquete (por el decodificador FEC o por discontinuidad del CC). En otros momentos, el GOP y los encabezamientos de imagen y el campo de medios no son enviados al decodificador de vídeo MPEG. El decodificador de vídeo MPEG detecta la presencia de bytes de errores en los medios y activa un procedimiento de ocultación de errores
	Datos MPEG	El resto del paquete de datos se rellena con datos de vídeo MPEG normalizados (no redundantes), que son una continuación del tren de datos de vídeo del paquete anterior del mismo SCID que tiene datos de vídeo

4.4 Paquetes de datos de vídeo no MPEG

Los paquetes de datos no MPEG no se utilizan en funcionamiento normal. Sólo se permite una excepción en el caso del primer paquete emitido de un codificador que cambie del modo de «reserva» al modo «operacional».

La estructura de un paquete de datos no MPEG se ilustra en la Fig. 36. La definición semántica de los campos (pertinentes) en el paquete de datos de vídeo no MPEG se indica en el Cuadro 15.



1516-36

CUADRO 15

Definición semántica de los campos (pertinentes) en el paquete de datos de vídeo no MPEG

BB	Frontera de haz	BB = 0 para el paquete de datos de vídeo no MPEG. El decodificador debe ignorar este bit
CF	Bandera de control	CF = 1: El bloque de transporte de este paquete no está aleatorizado. CF = 0: El bloque de transporte de este paquete está aleatorizado
CS	Sincronismo de control	Para paquetes de transporte aleatorizados (es decir, CF = 0), este bit indica la clave a utilizar para la desaleatorización
HD	Designador de encabezamiento	HD = 11x0 _b para paquetes de datos redundantes. El bit HD(1), indicado por x en HD = 11x0 _b , refleja el estado de alternancia del HD del último paquete de servicio de vídeo básico (valor x en HD = 01x0 _b) del mismo SCID
NB	Número de bytes	Este campo de un byte (entero sin signo, MSB primero) representa la longitud en número de bytes del campo de datos no MPEG siguiente. El número de bytes indicado en el campo NB tiene que ser mayor o igual que 5 y menor o igual que 126 bytes. Es decir, $5 \leq NB \leq 126$
	Datos no MPEG	Este campo de NB bytes se compone de datos no MPEG, que no pueden ser interpretados por un decodificador de vídeo MPEG
	Datos MPEG	El resto del paquete de datos no MPEG se rellena con datos de vídeo MPEG normalizados (no redundantes)

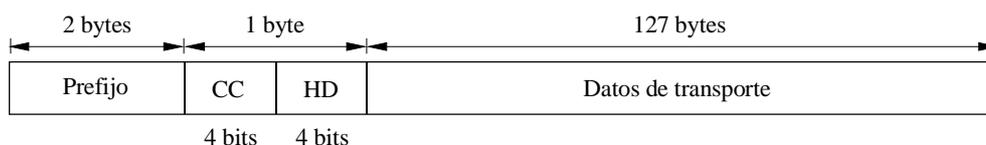
5 Paquetes de aplicación de audio

La estructura general de los paquetes de transporte de audio se ilustra en la Fig. 37. Dentro de los paquetes de aplicación de audio hay tres tipos de células de transporte, caracterizadas por el tipo de datos relacionados con el servicio de audio transportados a través de ellas:

- Paquetes de datos auxiliares (indicaciones de tiempo, paquetes de trabajo de control de cifrado).
- Paquetes del servicio de audio básico (datos de audio MPEG).
- Paquetes de datos de audio no MPEG (datos no MPEG y datos de audio MPEG).

Para indicar los diferentes tipos de células y contadores asociados, el formato de capa de transporte de audio tiene 4 bits para el CC y 4 bits para el HD. En el Cuadro 16 se hace una descripción detallada de estos campos. Obsérvese que, del paquete de 130 bytes de longitud, los dos primeros bytes se utilizan como prefijo, el tercer byte contiene campos CC y HD, y los 127 bytes restantes transportan la cabida útil.

FIGURA 37
Estructura general de paquete de aplicación de audio



1516-37

CUADRO 16

Definición semántica de los elementos en el byte CC HD

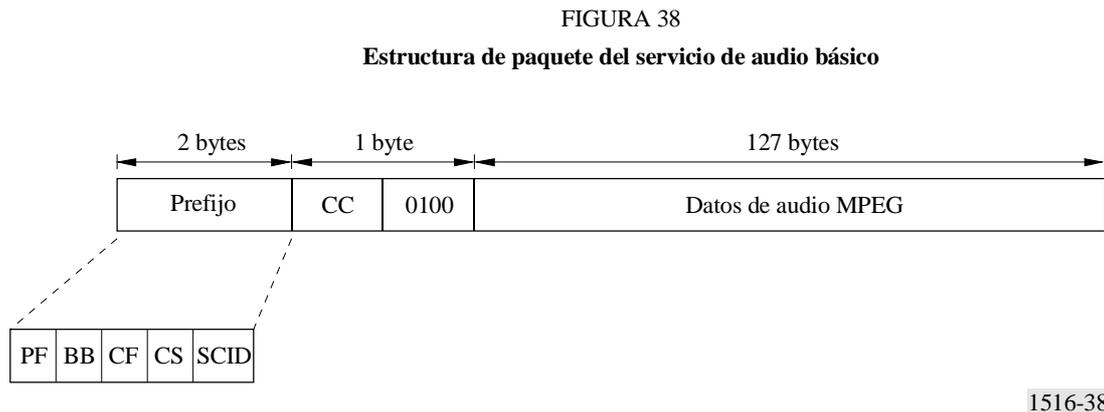
CC	Contador de continuidad	Este campo de 4 bits (entero sin signo, MSB primero) se incrementa en uno con cada paquete que tiene el mismo SCID. Después de que alcanza el valor máximo de 15 (1111 _b), el contador de continuidad vuelve a 0. El contador de continuidad se pone a 0 (0000 _b) y no se incrementará cuando el campo HD es igual a «0x00» (paquetes auxiliares). El CC permite a un receptor detectar discontinuidad de células (debido a errores de célula) en un determinado servicio de transporte
HD	Designador de encabezamiento	Este campo de 4 bits indica los tres tipos de paquetes de aplicación de audio, que son: HD 0000 _b Paquetes de datos auxiliares 0100 _b Paquetes del servicio de audio básico 1100 _b Paquetes de datos de audio no MPEG Todos los demás valores están reservados

5.1 Paquetes de datos auxiliares

Los paquetes de datos auxiliares para los servicios de audio tienen la misma estructura (sintaxis y semántica) que los paquetes de datos auxiliares para los servicios de vídeo, como se explica en el § 4.1.

5.2 Paquetes del servicio de audio básico

Los paquetes de transporte de un servicio de audio con el campo HD puesto a 0100_b transportan información del servicio de audio básico (es decir, bits de audio MPEG). La estructura de paquete del servicio de audio básico se ilustra en la Fig. 38 y la definición semántica de los campos (pertinentes) se indica en el Cuadro 17.



CUADRO 17

Definición semántica de los campos (pertinentes) en el paquete del servicio de audio básico

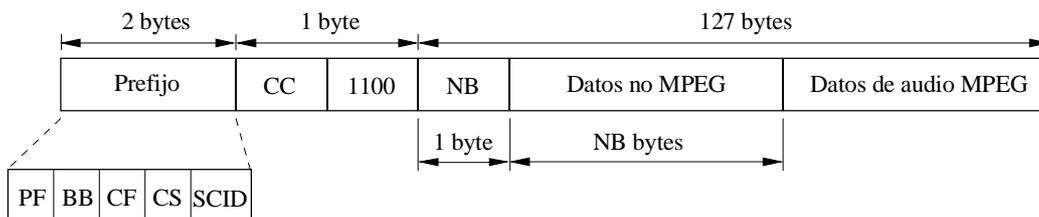
BB	Frontera de haz	BB = 0 para paquetes de servicio audio básico
CF	Bandera de control	CF = 1: El bloque de transporte de este paquete no está aleatorizado CF = 0: El bloque de transporte de este paquete está aleatorizado
CS	Sincronismo de control	Para paquetes de transporte aleatorizados (es decir, CF = 0), este bit indica la clave a utilizar para la desaleatorización
HD	Designador de encabezamiento	HD = 0100 _b para paquetes de servicio audio básico
	Datos audio MPEG	127 bytes de datos de audio MPEG normalizados

5.3 Paquetes de datos de audio no MPEG

Los paquetes de datos no MPEG no se utilizan en funcionamiento normal. Sólo se permite una excepción en el caso del primer paquete emitido de un codificador que cambie del modo de «reserva» al modo «operacional».

La estructura de un paquete de datos de audio no MPEG se ilustra en el Fig. 39 y la definición semántica de los campos (pertinentes) se indica en el Cuadro 18.

FIGURA 39
Estructura de paquete de datos de audio no MPEG



1516-39

CUADRO 18

Definición semántica de los campos (pertinentes) en el paquete de datos de audio no MPEG

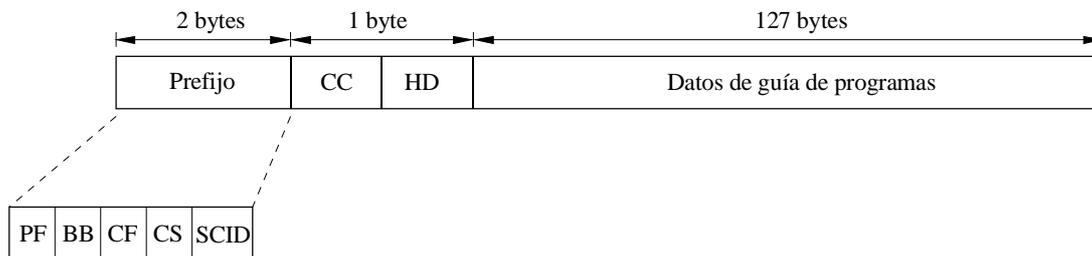
BB	Frontera de haz	BB = 0 para el paquete de datos de audio no MPEG
CF	Bandera de control	CF = 1: El bloque de transporte de este paquete no está aleatorizado CF = 0: El bloque de transporte de este paquete está aleatorizado
CS	Sincronismo de control	Para paquetes de transporte aleatorizados (es decir, CF = 0), este bit indica la clave a utilizar para la desaleatorización
HD	Designador de encabezamiento	HD = 1100 _b para paquetes de audio no MPEG
NB	Número de bytes	Este campo de un byte (entero sin signo, MSB primero) representa la longitud en número de bytes del campo de datos no MPEG siguiente. El número de bytes indicado en el campo NB tiene que ser mayor o igual que 5 y menor o igual que 126 bytes. Es decir, $5 \leq NB \leq 126$
	Datos no MPEG	Este campo de (NB) byte se compone de datos no MPEG, que no pueden ser interpretados por un decodificador de audio MPEG
	Datos audio MPEG	El resto del paquete de datos no MPEG se rellena con datos de audio MPEG normalizados

6 Paquetes de guía de programas

Los paquetes de guía de programas constan de todos los datos necesarios para sintonizar canales y visualizar la información de programas disponible para los espectadores. Los trenes de guía de programas definidos en el Sistema B son:

Trenes de guía de programas general (MPG, *master programme guide*), guía de programas especial (SPG, *special programme guide*), paquete de información de compras (PIP, *purchase information parcel*) y paquete de información de descripción (DIP, *description information parcel*). Estos trenes se transportan en paquetes que tienen la misma estructura ilustrada en la Fig. 40. El bit CF del campo de prefijo se pone a 1 para todos estos trenes (es decir, no aleatorizados). El SCID de los paquetes de guía de programas principal es siempre un valor fijo que es previamente definido por el usuario.

FIGURA 40
Estructura de paquete de guía de programas



1516-40

CUADRO 19

Definición semántica de los campos (pertinentes) en el paquete de guía de programas

BB	Frontera de haz	BB = 0 para paquetes de guía de programas
CF	Bandera de control	CF = 1 para paquetes de guía de programas (no aleatorizados)
SCID	ID de canal de servicio	SCID: éste es un valor fijo predefinido por el usuario para identificar datos de la guía de programas principal; el formato es un campo de 12 bits (enteros sin signo, MSB primero). El valor típico es 0x001
HD	Designador de encabezamiento	HD = 0100 _b para paquetes de guía de programas

7 Constricciones del múltiplex de transporte

Se identifican las constricciones del múltiplex para la programación de todos los paquetes de transporte en un múltiplex de transporte. Se definen paquetes NULOS para rellenar de otro modo los intervalos no programados en el múltiplex de transporte de manera que se mantenga una velocidad múltiplex de transporte constante en cualquier intervalo de tiempo.

7.1 Definición de constricciones del múltiplex de trenes elementales

Las limitaciones identificadas en este punto se aplican a paquetes de transporte de un determinado SCID que tengan cabida útil de los siguientes tipos de trenes de datos elementales: vídeo, audio, acceso condicional (CA), guía de programas principal (MPG), guías especiales (SPG), paquetes de información de descripción (DIP), paquetes de información de compra (PIP), datos serie a «baja velocidad» («continuos» y «de sesión») y datos de banda ancha a «alta velocidad» (con y sin memorización intermedia).

La naturaleza de la restricción es limitar la frecuencia de aparición de paquetes de un determinado SCID en el múltiplex de transporte, de manera que los paquetes que transportan carga útil de una velocidad de tren elemental inferior estén programados con menos frecuencia que los paquetes que transportan carga útil de una velocidad de tren elemental superior. La restricción del múltiplex de transporte vincula esencialmente la velocidad de cresta de los datos del tren elemental entregados a un decodificador con la velocidad de origen del tren elemental entregado desde una salida de codificador.

Un multiplex de transporte se considera válido solamente si cada uno de los tipos de datos del tren de transporte especificado, por SCID, satisface continuamente la prueba de la constricción del multiplex para las velocidades especificadas.

Constricción del multiplex

Para cada SCID de los tipos de datos especificados, la velocidad de entrega de paquetes de transporte de los datos del tren elemental se consideran válidos para la velocidad «R» únicamente si se satisface continuamente la siguiente condición:

Los datos del tren elemental se entregan a partir del campo de «cabida útil» de los paquetes de transporte del SCID seleccionado a una memoria intermedia de 508 bytes. Dado que los datos se eliminan de dicha memoria intermedia a una velocidad constante, R, cuando los datos están disponibles, los paquetes de transporte del SCID dado deben programarse de manera que no se desborde la citada memoria intermedia. Se permite que dicha memoria esté vacía.

APÉNDICE 2

AL ANEXO 1

Señal de control para el Sistema D

ÍNDICE

- 1 Introducción
- 2 Codificación de la información TMCC
 - 2.1 Orden de cambio
 - 2.2 Información de combinación de modulación-código
 - 2.3 Identificación de TS
 - 2.4 Otra información
- 3 Codificación exterior para la información TMCC
- 4 Referencias de temporización
- 5 Codificación del canal para TMCC

1 Introducción

Este Apéndice define la señal de control del Sistema D. El Sistema D utiliza la señal TMCC (control de configuración de transmisión y multiplexión) para una demodulación/decodificación apropiada en el receptor. La señal TMCC transporta la siguiente información:

- combinación modulación-código para cada intervalo;

- identificación MPEG-2 TS para cada intervalo; y
- otras (por ejemplo, orden de cambio, bit de bandera para la radiodifusión de avisos de emergencia).

La información TMCC se transmitirá antes de la señal principal porque ésta no puede demodularse sin la información TMCC. El intervalo mínimo para la renovación de la información TMCC será la duración de una supertrama. Los receptores decodificarán principalmente la información TMCC en cada supertrama. La señal TMCC llevará referencias de temporización además de la información mencionada.

2 Codificación de la información TMCC

La información que va en la señal TMCC llevará el formato que se indica en la Fig. 41. A continuación se indican los detalles de cada elemento.

FIGURA 41
Formato de la información TMCC

Orden de cambio	Combinación modulación-código para cada intervalo	ID relativa del TS para cada intervalo	Cuadro de correspondencia entre la ID del TS (TS_ID) y la ID de MPEG-2 TS (MPEG-2 TS_ID)	Otras informaciones
-----------------	---	--	--	---------------------

1516-41

2.1 Orden de cambio

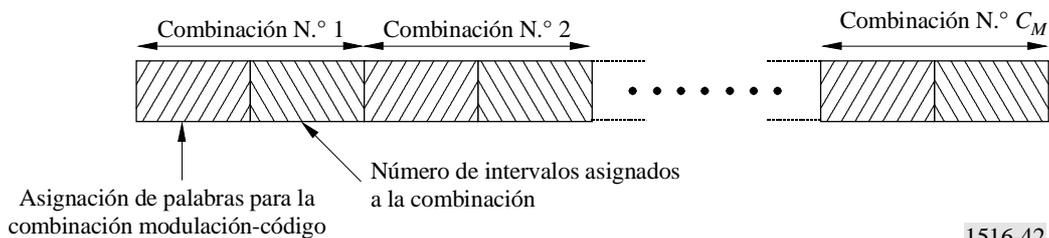
La «orden de cambio» es un número de 5 bits que indica la renovación de la información TMCC. Se incrementará cada vez que se renueva la TMCC. El receptor puede detectar únicamente los bits y puede decodificar la información TMCC únicamente cuando los bits cambian. La utilización de la orden de cambio se define opcionalmente por el sistema.

2.2 Información de combinación de modulación-código

Esta información representa las combinaciones del esquema de modulación y de la velocidad del código convolucional para cada intervalo. A fin de reducir los bits de transmisión correspondientes a esta información, se codificará la información en el formato que representa la Fig. 42. El número máximo de combinaciones modulación-código, C_M , que se utiliza simultáneamente será definido por el sistema, teniendo en cuenta los requisitos de servicio. La asignación de palabras para la combinación modulación-código será la que se define en el Cuadro 20. Cuando el número de combinaciones modulación-código utilizadas sea inferior al número máximo especificado por el sistema, se aplicará la palabra «1111» al resto de las combinaciones y el número de intervalos asignados se pondrá en cero.

FIGURA 42

Formato de codificación para la información de la combinación modulación-código



1516-42

CUADRO 20

Asignación de palabras para la combinación modulación-código

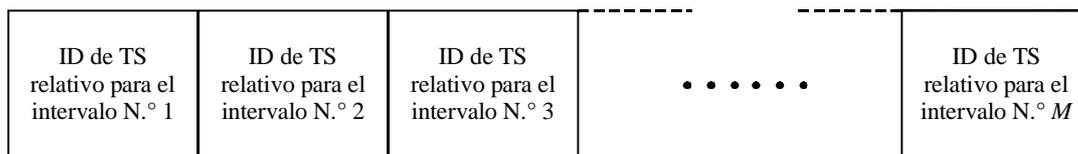
Palabra	Combinación modulación-código
0000	Reservada
0001	MDP-2 ($r = 1/2$)
0010	MDP-4 ($r = 1/2$)
0011	MDP-4 ($r = 2/3$)
0100	MDP-4 ($r = 3/4$)
0101	MDP-4 ($r = 5/6$)
0110	MDP-4 ($r = 7/8$)
0111	MDP-8 reticular codificada ($r = 2/3$)
1000-1110	Reservada
1111	Ficticia

2.3 Identificación de TS

En lugar de transmitir una ID de MPEG-2 TS (MPEG-2 TS_ID) (16 bits) para cada intervalo, se emplea una combinación de identificaciones de TS relativo que identifican únicamente los TS que se transmiten y la tabla de correspondencia entre estas dos clases de ID. Con ello se reducen los bits de transmisión. Las ID de TS relativo para cada intervalo se transmitirán secuencialmente a partir del intervalo N.º 1. El número máximo de TS transmitidos simultáneamente, T_M , se definirá en el sistema.

FIGURA 43

Disposición de datos de información de ID de TS relativo

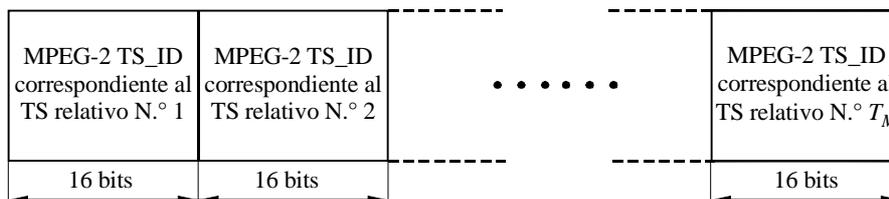


1516-43

El cuadro de correspondencia constará de un grupo de números de 16 bits que representan cada MPEG-2 TS_ID. Los números estarán dispuestos a partir del ID de TS relativo 0 a T_M .

FIGURA 44

Disposición de datos del cuadro de correspondencia



1516-44

2.4 Otra información

El formato de codificación para las otras informaciones será definido adecuadamente por el sistema.

3 Codificación exterior para la información TMCC

Como la información TMCC es indispensable para la demodulación en los receptores, la señal TMCC debe estar protegida con un nivel de corrección de errores en recepción sin canal de retorno (FEC) superior al de la FEC utilizada para la señal principal. Por el mismo motivo, dicha información se transmitirá con la combinación modulación-código que tenga mayor resistencia al ruido de transmisión.

4 Referencias de temporización

Hay dos clases de referencias de temporización, a saber, la palabra de sincronismo de trama que indica el inicio de cada una de ellas y las palabras de identificación de trama que identifican la primera trama (trama N.º 1). Estas palabras se transmitirán en cada trama.

Tras dividir los datos TMCC con codificación exterior en M bloques (donde M es el número de tramas en una supertrama), las palabras de sincronismo se insertarán en cada bloque, tal como se representa en la Fig. 45. La palabra de sincronismo W1 se insertará al principio de cada bloque. La palabra W2 se insertará al final del bloque que se transmite en la primera trama, mientras que la palabra W3 se insertará al final de los bloques restantes. Las palabras W1, W2 y W3 estarán compuestas de 2 bytes. La W1 será $1B95_h$, la W2 será $A340_h$ y la W3 será $5CBF_h$ (la W3 se obtiene invirtiendo los bits de la W2).

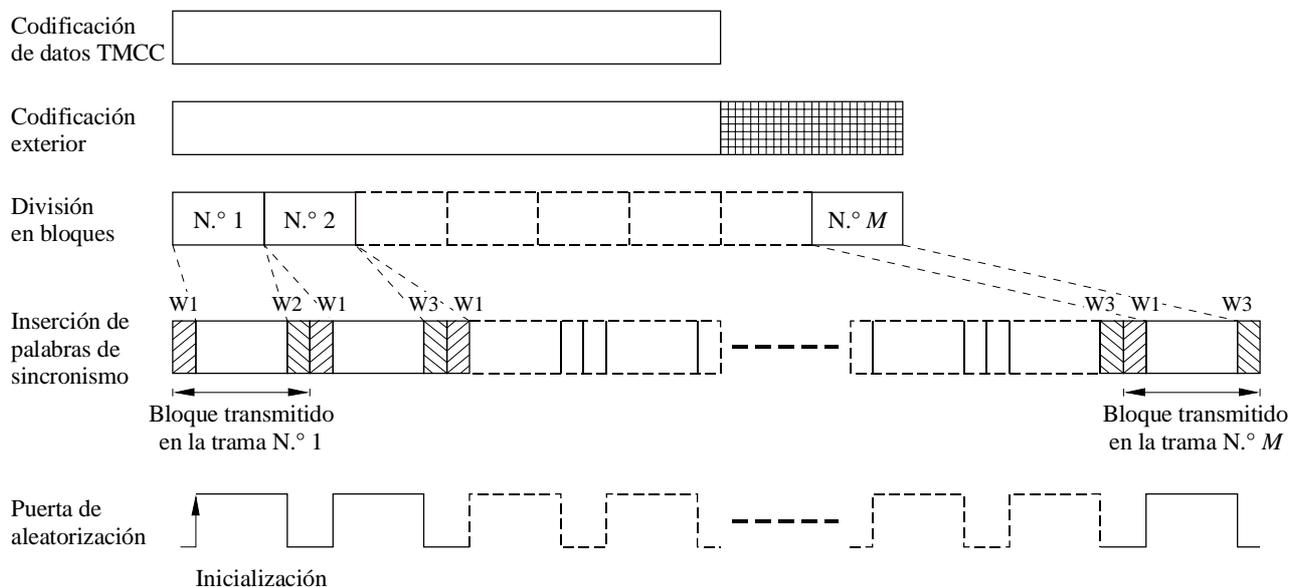
Obsérvese que los primeros 6 bits de las palabras cambiarán con la información de carga útil (contenido de la señal principal y/o de la señal TMCC) debido a la codificación convolucional (longitud restringida a 7), que se aplica a la señal TMCC en la etapa del proceso siguiente. Dicho de otra manera, los primeros 6 bits de la palabra se utilizan como bits de terminación del código convolucional. En consecuencia, el esquema binario único de la palabra de sincronización tiene 10 bits de los 16 bits de la palabra original.

5 Codificación del canal para TMCC

La señal TMCC se aleatorizará para revisar la dispersión de energía. El polinomio del generador PRBS será el mismo que el de la señal principal. La secuencia pseudoaleatoria se iniciará en el tercer byte (inmediatamente después de la palabra de sincronismo) del primer bloque. El primer bit de la salida del generador se aplicará al primer bit (es decir, MSB) del tercer byte del primer bloque. La secuencia pseudoaleatoria se añadirá a los datos, excepto en las palabras de referencia de temporización.

Los procesos de entrelazado pueden no ser necesarios para señales TMCC compuestas de un pequeño número de bits, porque el efecto de entrelazado es limitado. Debe especificarse, si es necesario un proceso adecuado de entrelazado.

FIGURA 45
Generación de la señal TMCC



1516-45

APÉNDICE 3

AL ANEXO 1

Estado de disponibilidad de circuitos integrados para el receptor-decodificador integrado común

ÍNDICE

- 1 Introducción
- 2 Análisis
- 3 Conclusión

1 Introducción

Este Apéndice describe el estado actual de los adelantos y disponibilidad de circuitos integrados (IC, *integrated circuit*). Se han establecido contactos con varios fabricantes reputados de IC para examinar su oferta actual de productos, los planes futuros y evaluar la posibilidad de desarrollar un IC que sustente los cuatro sistemas.

Varios fabricantes de IC ofrecen ya IC que sustentan los Sistemas A, B y C y un suministrador ofrece IC que sustenta los Sistemas A y D. Además, en el futuro cercano, es probable que los cuatro sistemas sean sustentados por varios suministradores.

El Informe UIT-R BO.2008 titulado «Radiodifusión digital de múltiples programas por satélite» se utilizó como base para evaluar la viabilidad de IC que admitan elementos comunes de los cuatro sistemas y la repercusión asociada en los costos.

2 Análisis

Recientes evaluaciones han confirmado las hipótesis identificadas en el Informe UIT-R BO.2008. Varios fabricantes están ofreciendo IC para elementos IRD comunes identificados y, por tanto, están haciendo posible desarrollar un IRD que sustente los Sistemas A, B y C.

Se evaluaron las nuevas funciones requeridas del IRD del Sistema D y se determinó que si bien se requieren todos los elementos comunes de un IRD universal, la capa de enlace ilustrada en la Fig. 1 del Informe UIT-R BO.2008 requeriría mejoras en las secciones de codificador del módulo «sintonizador/decodificador de satélite» ilustrado en las Figs. 7 y 8. Típicamente se utilizan dos IC para realizar el sintonizador de satélite y sus módulos de decodificador. Los cuatro sistemas pueden utilizar la microplaqueta de sintonizador común (IC).

La microplaqueta de decodificador de satélite incluye la función de demodulador. El Sistema D requiere, en la microplaqueta, una RAM mayor para sustentar la función de desentrelazado de bloques. Los Sistemas A, B y C utilizan la función de desentrelazado convolucional, que requiere un conjunto RAM reducido. Aunque hay funciones adicionales para sustentar la señalización de control requerida en esta microplaqueta, se determinó que su repercusión sería despreciable.

Para evaluar el precio de la microplaqueta del decodificador, se supuso el mismo volumen utilizado típicamente en la estimación de los costos de IRD. Si la división de costos de IRD típica indicada en el Informe UIT-R BO.2008 estima que la función de demodulador + decodificador de satélite cuesta 30 USD, su costo actual se estima en 4 USD en volumen típico. Se estima que dentro de un año la microplaqueta de demodulador + decodificador de satélite mejorada cueste 9 USD.

En el Informe UIT-R BO.2008 se indica que el costo estimado de un IRD es 300 USD. Consideramos, cuando se compara con el aumento de costo estimado de 5 USD (9 USD - 4 USD) para sustentar el Sistema D, la mayoría de los fabricantes de IRD desecharán un diseño IRD común. Aunque se estima que la diferencia de precio esté en la gama de 5 USD, se prevé que con el tiempo esta diferencia disminuirá. Las tendencias industriales actuales basadas en las mejoras de los procesos de fabricación proyectan una reducción del precio del 20% anual.

3 Conclusiones

En el Informe UIT-R BO.2008 se llega a la conclusión de que los adelantos en la fabricación de IC harían posible el diseño de IRD basados en elementos comunes. Actualmente varios fabricantes de IC están suministrando microplaquetas que sustentan los Sistemas A, B y C. Sobre la base de la evaluación del Informe UIT-R BO.2008 y el estado actual de las tecnologías, cabe llegar a la conclusión de que un IRD basado en elementos comunes que sustenten los cuatro sistemas será factible dentro de un año con un aumento de costo despreciable en relación con los costos totales del IRD.
