

Unión Internacional de Telecomunicaciones

UIT-R

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

Recomendación UIT-R BS.1548-7
(10/2019)

**Requisitos de usuario para
sistemas de codificación de audio
en radiodifusión digital**

Serie BS
Servicio de radiodifusión
(sonora)



Unión
Internacional de
Telecomunicaciones

Prólogo

El Sector de Radiocomunicaciones tiene como cometido garantizar la utilización racional, equitativa, eficaz y económica del espectro de frecuencias radioeléctricas por todos los servicios de radiocomunicaciones, incluidos los servicios por satélite, y realizar, sin limitación de gamas de frecuencias, estudios que sirvan de base para la adopción de las Recomendaciones UIT-R.

Las Conferencias Mundiales y Regionales de Radiocomunicaciones y las Asambleas de Radiocomunicaciones, con la colaboración de las Comisiones de Estudio, cumplen las funciones reglamentarias y políticas del Sector de Radiocomunicaciones.

Política sobre Derechos de Propiedad Intelectual (IPR)

La política del UIT-R sobre Derechos de Propiedad Intelectual se describe en la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI a la que se hace referencia en la Resolución UIT-R 1. Los formularios que deben utilizarse en la declaración sobre patentes y utilización de patentes por los titulares de las mismas figuran en la dirección web <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/es>, donde también aparecen las Directrices para la implementación de la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI y la base de datos sobre información de patentes del UIT-R sobre este asunto.

Series de las Recomendaciones UIT-R

(También disponible en línea en <http://www.itu.int/publ/R-REC/es>)

Series	Título
BO	Distribución por satélite
BR	Registro para producción, archivo y reproducción; películas en televisión
BS	Servicio de radiodifusión (sonora)
BT	Servicio de radiodifusión (televisión)
F	Servicio fijo
M	Servicios móviles, de radiodeterminación, de aficionados y otros servicios por satélite conexos
P	Propagación de las ondas radioeléctricas
RA	Radio astronomía
RS	Sistemas de detección a distancia
S	Servicio fijo por satélite
SA	Aplicaciones espaciales y meteorología
SF	Compartición de frecuencias y coordinación entre los sistemas del servicio fijo por satélite y del servicio fijo
SM	Gestión del espectro
SNG	Periodismo electrónico por satélite
TF	Emisiones de frecuencias patrón y señales horarias
V	Vocabulario y cuestiones afines

Nota: Esta Recomendación UIT-R fue aprobada en inglés conforme al procedimiento detallado en la Resolución UIT-R 1.

Publicación electrónica
Ginebra, 2020

© UIT 2020

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

RECOMENDACIÓN UIT-R BS.1548-7

**Requisitos de usuario para sistemas de codificación de audio
en radiodifusión digital**

(Cuestión UIT-R 19-1/6)

(2001-2002-2006-2012-2013-2017-01/2019-10/2019)

Cometido

En la presente Recomendación se especifican los requisitos pertinentes a la utilización de sistemas de codificación en la fuente de audio que se emplean en la radiodifusión sonora, incluida la televisión. La Recomendación abarca las aplicaciones de contribución y distribución, y la de emisión.

Palabras clave

Audio, códec, codificación de audio, radiodifusión, radiodifusión digital, sonido, televisión

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que los sistemas de codificación audio para la radiodifusión digital son el objeto de la Recomendación UIT-R BS.775;
- b) que las posiciones de los altavoces y las configuraciones de los canales para los sistemas de sonido avanzados son objeto de la Recomendación UIT-R BS.2051;
- c) que los sistemas de codificación audio para la radiodifusión digital son el objeto de la Recomendación UIT-R BS.1196;
- d) que los sistemas de codificación considerados en la Recomendación UIT-R BS.1196 permiten modos de codificación monofónico, estereofónico de dos canales y multicanales;
- e) que es preciso ofrecer la mayor calidad básica posible de audio y de imagen estereofónica en sistemas de sonido para radiodifusión sonora y de televisión, lo que supone, en general, evitar la deformación del material de origen;
- f) que la calidad de audio exigida por algunas aplicaciones de emisión debe ser equivalente o mejor que la de los servicios de radiodifusión analógica con buena recepción de modulación de frecuencia o modulación en amplitud;
- g) que la Recomendación UIT-R BS.1283 constituye una guía para las Recomendaciones del UIT-R en materia de evaluación de la calidad del sonido;
- h) que es necesario considerar minuciosamente las condiciones de interfuncionamiento y explotación de la red con conexiones de programas, como los enlaces de contribución y distribución;
- i) que es necesario considerar minuciosamente el interfuncionamiento con los equipos de audio multicanal de uso público, como los decodificadores matriciales de sonido ambiental o los decodificadores multicanal discretos;
- j) que la integración de un sistema de sonido multicanal en un servicio de radiodifusión existente obliga a considerar la compatibilidad con los receptores existentes, para mantener el servicio;
- k) que, en un plano más general y teniendo en cuenta las numerosas aplicaciones de estos sistemas, es necesario especificar todas las condiciones técnicas, de calidad y operacionales;

- l) que las prestaciones de los sistemas de codificación de audio dependen en buena parte de la configuración de explotación del sistema (velocidad binaria, utilización de sistemas de prematrización, utilización de la codificación compuesta, etc.);
- m) que algunos servicios de radiodifusión ya utilizan o han especificado la utilización de los sistemas descritos en la Recomendación UIT-R BS.1196;
- n) que, visto lo anterior, los organismos de radiodifusión deben obtener la información necesaria para definir todos los parámetros de codificación disponibles de los sistemas recomendados;
- o) que, en lo posible, debe evitarse la introducción de sistemas incompatibles con características de prestación similares;
- p) que es importante que los radiodifusores que todavía no están ofreciendo el servicio puedan elegir el sistema que sea más adecuado para su aplicación y que tenga la mejor eficacia en relación con los costos,

recomienda

- 1** que los sistemas de codificación audio de radiodifusión sonora y de televisión digital para aplicaciones de contribución y distribución se definan según las condiciones del Anexo 1;
- 2** que los sistemas de codificación de audio para la radiodifusión sonora y de televisión digital para aplicaciones de emisión se definan según las condiciones del Anexo 2;
- 3** que las categorías de calidad de audio enumeradas en el Anexo 3 controlen la calidad y las aplicaciones de audio de los *recomienda* 1 y 2.

NOTA 1 – La información sobre los sistemas que han demostrado satisfacer la calidad, así como otros requisitos de las aplicaciones de contribución y de distribución figura en el Adjunto 1 al Anexo 1.

NOTA 2 – La información sobre los sistemas que han demostrado satisfacer la calidad y otros requisitos para las aplicaciones de emisión figura en el Adjunto 1 al Anexo 2.

Anexo 1

Condiciones de contribución y distribución

Los sistemas de codificación de audio para radiodifusión sonora y de televisión digital en ambas aplicaciones de contribución y distribución deben cumplir las siguientes condiciones.

1 Condiciones de servicio

1.1 Configuraciones de canales

Los sistemas deben soportar al menos una de las siguientes configuraciones de canales para servicios de audio, de acuerdo con los requisitos de las aplicaciones.

1.1.1 Configuraciones de los canales de acuerdo con la Recomendación UIT-R BS.775

CUADRO 1

Nº de canales	Configuración de canales	Asignación del canal
1 canal	1/0	Monofónico
2 canales	2/0	Izquierda, derecha
3 canales	3/0 2/1	Izquierda, derecha, centro Izquierda, derecha/ambiente
4 canales	3/1 2/2	Izquierda, derecha, centro/ambiente Izquierda, derecha/ambiente izquierda, ambiente derecha
5 canales	3/2	Izquierda, derecha, centro/ambiente Izquierda, ambiente derecha

NOTA – Para la configuración de canales «a/b», «a» y «b» indican los números de canales frontales y posteriores respectivamente.

Por otra parte, para aplicaciones de contribución, puede ser necesario en algunos casos transmitir programas creados en formatos diferentes de los indicados anteriormente, por ejemplo 3/4, lo que supone que el sistema de codificación ha de permitir la integración de canales de alta calidad adicionales.

1.1.2 Configuraciones de canales de los sistemas de sonido avanzados basados en canales de acuerdo con la Recomendación UIT-R BS.2051

CUADRO 2

Etiqueta del sistema de sonido	Nº de canales	Configuración de canales	Nº de canales LFE	Asignación del canal
Sistema C	8	2+5+0 (2/0+3/2+0)	1	Frontal superior izquierdo, frontal superior derecho + izquierda, derecha, central/ambiente izquierda, ambiente derecha. LFE
Sistema D	10	4+5+0 (2/2+3/2+0)	1	Frontal superior izquierdo, frontal superior derecho /posterior superior izquierdo, posterior superior derecho + izquierda, derecha, central/ambiente izquierda, ambiente derecha. LFE
Sistema E	11	4+5+1 (2/2+3/2+1/0)	1	Frontal superior izquierdo, frontal superior derecho posterior superior izquierdo, posterior superior derecho + izquierda, derecha, central/ambiente izquierda, ambiente derecha + frontal inferior central. LFE
Sistema F	12	3+7+0 (2/1+3/2/2+0)	2	Altura izquierda, altura derecha/altura central + izquierda, derecha, central/lateral izquierdo, lateral derecho/posterior izquierdo, posterior derecho. LFE izquierdo, LFE derecho

CUADRO 2 (fin)

Etiqueta del sistema de sonido	Nº de canales	Configuración de canales	Nº de canales LFE	Asignación del canal
Sistema G	14	4+9+0 (2/2+5/2/2+0)	1	Frontal superior izquierdo, frontal superior derecho/posterior superior izquierdo, posterior superior derecho + izquierda, derecha, central, pantalla izquierda, pantalla derecha/ambiente lado izquierdo, ambiente lado derecho/ambiente posterior izquierdo, ambiente posterior derecho. LFE
Sistema H	24	9+10+3 (3/3/3+5/2/3+3/0)	2	Frontal superior izquierdo, frontal superior derecho, frontal superior central/lateral superior izquierdo, lateral superior derecho, central superior/posterior superior izquierdo, posterior superior derecho, posterior superior central + frontal izquierdo, frontal derecho, frontal izquierdo central, frontal derecho central, frontal central/lateral izquierdo, lateral derecho/posterior izquierdo, posterior derecho, posterior central + frontal inferior izquierdo, frontal inferior derecho, frontal inferior central. LFE-1, LFE-2
Sistema I	8	0+7+0 (0+3/2/2+0)	1	Izquierda, derecha, central/ambiente lado izquierdo, ambiente lado derecho/ambiente posterior izquierdo, ambiente posterior derecho. LFE
Sistema J	12	4+7+0 (2/2+3/2/2+0)	1	Frontal superior izquierdo, frontal superior derecho/posterior superior izquierdo, posterior superior derecho + izquierda, derecha, central/ambiente lado izquierdo, ambiente lado derecho/ambiente posterior izquierdo, ambiente posterior derecho. LFE

NOTA – En la configuración de canales «a/b/c+a/b/c+a/b/c», las primeras, segundas y terceras partes «a/b/c» indican el número de canales de audio en las capas superior, intermedia e inferior respectivamente. «a», «b» y «c» indican los números de canales frontales, laterales y posteriores, respectivamente. Cuando el número de canales laterales es 0, «a/b/c» puede escribirse como «a/c». Cuando el número de canales de audio en la capa es 0, «a/b/c» puede escribirse como «0».

Para aplicaciones de contribución, puede ser necesario en algunos casos transmitir programas creados en formatos diferentes de los indicados anteriormente; lo que supone que el sistema de codificación ha de permitir la integración de canales de alta calidad adicionales.

1.2 Atribución flexible de canales

El sistema debe disponer de una cadena de bits que proporcione los datos de identificación para la señalización y el control de las configuraciones de sonido. Es necesario que el sistema de transmisión pueda hacer una conmutación dinámica entre las configuraciones de canales mencionadas en el § 1.1.

1.3 Datos auxiliares

El sistema de codificación de audio debe permitir la transmisión de datos auxiliares. Estos datos auxiliares pueden transportar varios tipos de información incluido el control de gama dinámica, el control de sonoridad, los datos de usuario, y otros metadatos necesarios para el codificador de emisión que codificará la señal de audio final entregada al consumidor.

2 Condiciones de prestaciones

2.1 Calidad de audio

2.1.1 Calidad de audio básica

Es importante que la calidad del sonido reproducido después de una cascada de contribución/distribución de referencia (cinco códecs de contribución y tres códecs de distribución que funcionan en cascada) no pueda distinguirse, subjetivamente, de la fuente en la mayor parte del material de programas de audio. Si se utiliza el método de triple estímulo doblemente ciego con referencia oculta, descrito en la Recomendación UIT-R BS.1116 – Métodos para la evaluación subjetiva de pequeñas degradaciones en los sistemas de audio incluyendo los sistemas de sonido multicanal, la nota media ha de ser superior a 4,5 en una escala de degradación de 5 notas, para los oyentes en general, en la posición de escucha de referencia. Ninguna nota podrá ser inferior a 4.

NOTA 1 – El intervalo de confianza (barra de error) para la nota de apreciación media de un códec y de un elemento es la gama por encima y por debajo de la nota media general, donde hay una determinada probabilidad (generalmente un 95%) de que se encuentre la nota efectiva. Un códec y un elemento pueden tener una nota efectiva tan baja como el límite inferior del intervalo de confianza con respecto a la nota general. Para poder hacer una evaluación significativa de las prestaciones esperadas de códecs en cascada, es necesario que el intervalo de confianza asociado con las notas medias de cada uno de los códecs sea aproximadamente igual o menor a la diferencia entre las notas que se comparan.

NOTA 2 – La cascada de contribución/distribución, si está en tándem con el códec de emisión, no debe afectar de forma significativa la calidad de funcionamiento con respecto a la calidad de audio básica del códec de emisión. Es necesario efectuar ulteriores estudios para elaborar una especificación precisa.

NOTA 3 – Los parámetros de calidad objetiva de audio para las aplicaciones de contribución/distribución pueden incorporarse ulteriormente conforme a la Recomendación UIT-R BS.1387.

NOTA 4 – El atributo de calidad subjetiva de audio «calidad básica de audio» está descrito en la Recomendación UIT-R BS.1116.

2.1.2 Definición de cuantificación

Es necesaria una definición mínima de 18 bits para distribución y, preferentemente, 20 bits o más para contribución.

2.1.3 Frecuencia de muestreo

Con arreglo a la Recomendación UIT-R BS.646 – Codificación en la fuente de las señales de sonido digitales en los estudios de producción de radiodifusión, la frecuencia de muestreo debe ser de 48 kHz.

2.1.4 Anchura de banda

Canales de audio principales: 20-20 000 Hz.

Canal LFE: 15-120 Hz.

2.1.5 Acentuación

El sistema de codificación audio no debe utilizar acentuación.

2.1.6 Posibilidad de funcionamiento en tándem

La posibilidad de funcionamiento en tándem es diferente según la aplicación, de acuerdo con el siguiente Cuadro:

CUADRO 3

Distribución	3 códecs en cascada
Contribución	5 códecs en cascada

Estas cifras reflejan los resultados de experiencias anteriores de evaluación de sistemas de radiodifusión de sonido de dos canales (véase la Recomendación UIT-R BS.1196) y no son necesariamente representativas de la situación real de la radiodifusión sonora y de televisión. Es necesario disponer de más información para elaborar especificaciones concretas sobre este particular.

2.1.7 Capacidad de postprocesamiento

La aplicación determina, en buena parte, la capacidad de postprocesamiento necesaria. En la distribución puede aplicarse desvanecimiento junto con el control de la gama dinámica.

2.2 Retardo de codificación

El retardo de codificación debe ser el mismo para todos los canales de un programa. Ha de ser tan bajo como sea posible, teniendo en cuenta las prestaciones de codificación (importancia de la reducción de velocidad binaria) que son necesarias. Cuando se trata de sonido de televisión, el retardo de audio y el retardo de vídeo deben coincidir. Preferentemente, el codificador de audio debe producir tramas de audio codificadas (unidades de acceso) que coincidan exactamente con el intervalo de tiempo de la trama de vídeo correspondiente.

2.3 Compensación de errores

En la cadena de bits de audio debe incorporarse un mecanismo que permita al decodificador identificar errores de canal residuales y tomar las medidas apropiadas para su ocultación.

2.4 Tiempo de recuperación

El tiempo de recuperación ha de ser lo más reducido posible. Si es estimado por unidades de acceso de audio (AAU, *audio access unit*), el tiempo de recuperación será, como máximo, de unas cuantas AAU, y la señal de audio debe ser recuperada, preferentemente, al recibir la primera unidad AAU sin errores.

3 Condiciones de funcionamiento y operacionales

3.1 Velocidad binaria y principio de codificación

Para los enlaces de distribución y contribución, la Recomendación UIT-R BS.1196 recomienda la Capa II de MPEG-1, como se especifica en la Norma ISO/CEI 11172-3 de la Organización Internacional de Normalización (ISO)/Comisión Electrotécnica Internacional (CEI) con una velocidad binaria de 180 kbit/s por canal o superior y MPEG-4 AAC, como se especifica en ISO/CEI 14496-3, a una velocidad de 144 kbit/s por canal, o superior y el MPEG-H 3D Audio, como se especifica en ISO/CEI 23008-3, con una velocidad binaria de 144 kbit/s por canal, o superior en caso de hasta 5 cascadas y AC-4 como se especifica en ETSI TS 103 190-1 v1.3.1 y en ETSI TS 103 1901-2 v1.3.1, con una velocidad binaria de 128 kbit/s por canal o superior en caso de hasta

5 cascadas. En distintas circunstancias, es posible que el sistema sea aplicado con una velocidad binaria diferente o que se utilicen otros sistemas.

Puede ocurrir, por ejemplo, en las siguientes circunstancias:

- un margen de codificación superior que permita el tratamiento de las señales eventualmente introducidas en el intervalo de generación de codificación (no se hicieron pruebas ni verificaciones sobre este particular en el proceso de definición de la Recomendación UIT-R BS.1196);
- para reducir la velocidad binaria en los enlaces de contribución y distribución;
- para elevar el nivel de calidad;
- una sincronización apropiada y la conmutación con las señales de vídeo asociadas.

3.2 Codificación compuesta

En el material de programa de dos canales o multicanal muchas veces hay cierta correlación estadística entre canales. La función de codificación compuesta es tal vez una solución eficaz para reducir la irrelevancia o la redundancia entre canales, y elevar así la eficiencia de codificación. En algunos sistemas de codificación se aplican criterios de apreciación para eliminar parcialmente la irrelevancia entre canales, combinando dos o más canales en regiones de frecuencias donde el oído humano tiene poca capacidad para distinguir la dirección de la fuente. El inconveniente de esta técnica es que, generalmente, no se puede reintegrar la información de sonido en los canales originales en una fase posterior. Estos principios de codificación compuesta no deben ser utilizados para contribución ni para muchas aplicaciones de distribución.

Adjunto 1 al Anexo 1 (informativo)

Información sobre los sistemas de codificación que han demostrado satisfacer la calidad y otros requisitos de usuario para aplicaciones de contribución y distribución

En la columna de la izquierda del Cuadro 4 se enumeran los requisitos especificados en el Anexo 1. En las columnas de la derecha se indica las capacidades de un códec específico en el que estos requisitos se cumplen. Se prevé que las próximas revisiones de esta Recomendación contendrán información adicional sobre otros códecs.

CUADRO 4

Lista de requisitos del Anexo 1	Códec: Dolby E [ref. 1]	MPEG-4 AAC	AC-4	MPEG-H 3D Audio
1.1.1 Configuraciones de canales de acuerdo con la Rec. UIT-R BS.775	Cumple [ref. 1, p. 6]	Cumple	Cumple	Cumple
1.1.2 Configuraciones de canales de los sistemas de sonido avanzados basados en canales de acuerdo con la Recomendación UIT-R BS.2051 (soportadas por defecto)	N/A	Sistemas C, H, I	Sistemas C, D, G, I, J	Sistemas C, D, F a J
1.2 Asignación flexible de canales	Cumple [ref. 1, p. 15]	Cumple	Cumple	Cumple
1.3 Datos auxiliares	Cumple [ref. 1, p. 14]	Cumple	Cumple	Cumple
2.1.1 Calidad de audio básica	Cumple [ref. 2]	Cumple	Cumple	Cumple
2.1.2 Cuantificación	Cumple [ref. 1, p. 5]	Cumple	Cumple	Cumple
2.1.3 Frecuencia de muestreo	Cumple [ref. 1, p. 5]	Cumple	Cumple	Cumple
2.1.4 Anchura de banda	Cumple [ref. 1, p. 9]	Cumple	Cumple	Cumple
2.1.5 Acentuación	Cumple [ref. 1]	Cumple	Cumple	Cumple
2.1.6 Posibilidad de operación en tándem	Cumple [ref. 2]	Cumple	Cumple	Cumple
2.1.7 Posibilidad de postprocesamiento	No demostrada	Cumple	Cumple	Cumple
2.2 Retardo de codificación	Cumple ⁽¹⁾ [ref. 1, p. 7]	Cumple	Cumple	Cumple
2.3 Compensación de errores	Cumple [ref. 1, p. 15]	Cumple	Cumple	Cumple
2.4 Tiempo de recuperación	Cumple [ref. 1, p. 15]	Cumple	Cumple	Cumple
3.1 Velocidad binaria y principio de codificación	Cumple ⁽²⁾ [ref. 1, p. 6]	Cumple	Cumple	Cumple
3.2 Codificación compuesta	Cumple [ref. 1]	Cumple	Cumple	Cumple

N/A: No aplicable.

⁽¹⁾ Para facilitar la operación con sonido de televisión, el retardo de codificación o de decodificación es idéntico a la correspondiente velocidad de trama de vídeo (1/24, 1/25, 1/30 s). Las unidades de acceso corresponden a las tramas vídeo.

⁽²⁾ La velocidad binaria de canal es de 250 kbit/s para obtener las ventajas indicadas en los primero, tercero y cuarto apartados del § 3.1.

Referencias Bibliográficas

- [1] FIELDER, L. D., LYMAN, S. B., VERNON, S. y TODD, C. C. [septiembre de 1999] *Professional audio coder optimized for use with video*. 107th AES Convention, Nueva York, NY, Estados Unidos de América.
- [2] GRANT, D., DAVIDSON, G. y FIELDER, L. [21-24 de septiembre de 2001] *Subjective evaluation of an audio distribution coding system*. 111th AES Convention, Nueva York, NY, Estados Unidos de América.

Anexo 2

Condiciones de emisión

Los sistemas de codificación audio para la radiodifusión sonora y de televisión digital en aplicaciones de emisión deben cumplir las siguientes condiciones.

1 Condiciones de servicio

1.1 Configuraciones de canales

El sistema debe soportar al menos una de las siguientes configuraciones de canales para servicios de audio, según las especificaciones de las aplicaciones (véase la Recomendación UIT-R BS.775).

1.1.1 Configuraciones de canales de acuerdo con la Recomendación UIT-R BS.775

CUADRO 5

Nº de canales	Configuración de los canales	Asignación del canal
1 canal	1/0	Monofónico
2 canales	2/0	Izquierda, derecha
3 canales	3/0	Izquierda, derecha, centro
	2/1	Izquierda, derecha/ambiente
4 canales	3/1	Izquierda, derecha, centro/ambiente
	2/2	Izquierda, derecha/ambiente izquierda, ambiente derecha
5 canales	3/2	Izquierda, derecha, centro/ambiente izquierda, ambiente derecha

NOTA – Para la configuración de canales «a/b», «a» y «b» indican los números de canales frontales y posteriores respectivamente.

1.1.2 Configuraciones de canales de los sistemas de sonido avanzados basados en canales de acuerdo con la Recomendación UIT-R BS.2051

CUADRO 6

Etiqueta del sistema de sonido	Nº de canales	Configuración de canales	Nº de canales LFE	Asignación del canal
Sistema C	8	2+5+0 (2/0+3/2+0)	1	Frontal superior izquierdo, frontal superior derecho + izquierda, derecha, central/ambiente izquierda, ambiente derecha. LFE
Sistema D	10	4+5+0 (2/2+3/2+0)	1	Frontal superior izquierdo, frontal superior derecho/posterior superior izquierdo, posterior superior derecho + izquierda, derecha, central/ambiente izquierda, ambiente derecha. LFE
Sistema E	11	4+5+1 (2/2+3/2+1/0)	1	Frontal superior izquierdo, frontal superior derecho posterior superior izquierdo, posterior superior derecho + izquierda, derecha, central/ambiente izquierda, ambiente derecha + frontal inferior central. LFE
Sistema F	12	3+7+0 (2/1+3/2/2+0)	2	Altura izquierda, altura derecha/altura central + izquierda, derecha, central/lateral izquierdo, lateral derecho/posterior izquierdo, posterior derecho. LFE izquierdo, LFE derecho
Sistema G	14	4+9+0 (2/2+5/2/2+0)	1	Frontal superior izquierdo, frontal superior derecho/posterior superior izquierdo, posterior superior derecho + izquierda, derecha, central, pantalla izquierda, pantalla derecha/ambiente lado izquierdo, ambiente lado derecho/ambiente posterior izquierdo, ambiente posterior derecho. LFE
Sistema H	24	9+10+3 (3/3/3+5/2/3+3/0)	2	Frontal superior izquierdo, frontal superior derecho, frontal superior central/lateral superior izquierdo, lateral superior derecho, central superior/posterior superior izquierdo, posterior superior derecho, posterior superior central + frontal izquierdo, frontal derecho, frontal izquierdo central, frontal derecho central, frontal central/lateral izquierdo, lateral derecho/posterior izquierdo, posterior derecho, posterior central + frontal inferior izquierdo, frontal inferior derecho, frontal inferior central. LFE-1, LFE-2
Sistema I	8	0+7+0 (0+3/2/2+0)	1	Izquierda, derecha, central/ambiente lado izquierdo, ambiente lado derecho/ambiente posterior izquierdo, ambiente posterior derecho. LFE
Sistema J	12	4+7+0 (2/2+3/2/2+0)	1	Frontal superior izquierdo, frontal superior derecho/posterior superior izquierdo, posterior superior derecho + izquierda, derecha, central/ambiente lado izquierdo, ambiente lado derecho/ambiente posterior izquierdo, ambiente posterior derecho. LFE

NOTA – En la configuración de canales «a/b/c+a/b/c+a/b/c», las primeras, segundas y terceras partes «a/b/c» indican el número de canales de audio en las capas superior, intermedia e inferior respectivamente. «a», «b» y «c» indican los números de canales frontales, laterales y posteriores, respectivamente. Cuando el número de canales laterales es 0, «b» puede escribirse como «a/c». Cuando el número de canales de audio en la capa es 0, «a/b/c» puede escribirse como «0».

1.2 Servicios de audio

Además del servicio de audio principal, el sistema puede ofrecer los siguientes servicios de audio asociados, según las necesidades de las aplicaciones:

- servicio de varios idiomas – consiste en uno o varios canales independientes que permiten distribuir un programa con los comentarios en uno o varios idiomas,
- servicios de audio para personas con discapacidades de visión o auditivas – el servicio para personas con discapacidad de visión consiste generalmente en una descripción sonora del contenido de las imágenes, y el servicio para personas con discapacidad auditiva distribuye los diálogos limpios, sin música ni efectos especiales, o reduciendo la importancia de éstos, para facilitar la comprensión del diálogo,
- datos auxiliares – inclusión de varios tipos de información: control de gama dinámica, control de sonoridad o datos de usuario (Recomendación UIT-R BS.775).

Repartición de los distintos servicios:

- Servicio principal (todos los canales de un servicio principal son asignados al mismo programa, incluido el canal LFE facultativo).
- Servicio(s) ampliado(s), que pueden ser:
 - Servicios independientes (para programas adicionales que son independientes del programa de servicio principal, como el comentario y otros servicios en dos o más canales; los Cuadros del § 1.1 indica las posibilidades de configuración de canales).
 - Servicios alternativos (para programas que reemplazan a uno o varios de los canales del servicio principal, por ejemplo, un comentario en varios idiomas o adaptado a discapacidades auditivas).
 - Servicios adicionales (con canales que se añaden a los canales del servicio principal, por ejemplo, un comentario, o canales adicionales para sistemas de sonido especial como el 3D TV).

En todos los sistemas de transmisión es necesaria una capa de sistema que pueda realizar operaciones de multiplexión. Por tanto, no es necesario que todos los servicios de audio mencionados anteriormente sean transportados por una sola cadena de bits.

1.3 Atribución flexible de los canales

El sistema debe disponer de una cadena de bits que proporcione los datos de identificación para la señalización y el control de las configuraciones de sonido. También es necesario que el sistema de transmisión pueda hacer una conmutación dinámica entre las configuraciones de canales mencionadas en el § 1.1.

1.4 Datos auxiliares

El sistema de codificación de audio debe permitir la posibilidad de transmisión de datos auxiliares. Estos datos auxiliares pueden transportar varios tipos de información, incluido el control de la gama dinámica, el control de sonoridad y los datos de usuario.

2 Condiciones de prestaciones

2.1 Calidad de audio

Como se ilustra en el Anexo 3 para las aplicaciones de emisión se consideran dos categorías de calidad de audio. Se trata de las emisiones de alta calidad («calidad disco compacto (CD)») y de calidad intermedia.

La calidad de audio se caracteriza mediante diversos parámetros, en particular los métodos de codificación de audio, la velocidad de muestreo y la velocidad binaria. Las velocidades binarias necesarias para satisfacer la calidad de audio exigida vienen controladas por los métodos de codificación de audio y por las velocidades de muestreo.

2.1.1 Calidad de audio básica

2.1.1.1 Emisión de alta calidad

Habitualmente, la organización de radiodifusión puede modificar la calidad de audio adoptando una velocidad binaria más o menos superior. El objetivo es reproducir el sonido de forma que la calidad después de la decodificación sea, subjetivamente, similar a la señal original para la mayor parte del material de programa de audio. Cuando se utiliza el método de prueba de triple estímulo doblemente ciego con referencia oculta, descrito en la Recomendación UIT-R BS.1116, es preciso que las notas medias siempre sean superiores a 4, de conformidad con la Recomendación UIT-R BS.1116 y la escala de degradación de 5 notas, desde la posición de escucha de referencia. En la práctica, las condiciones comerciales algunas veces obligan a funcionar con una velocidad binaria inferior a la que sería necesaria para lograr este nivel de calidad. De todas maneras, el sistema ha de permitir que la organización de radiodifusión obtenga este nivel de calidad.

NOTA – Los parámetros de calidad objetiva de audio para las aplicaciones de contribución/distribución pueden incorporarse ulteriormente conforme a la Recomendación UIT-R BS.1387.

2.1.1.2 Emisión de calidad intermedia

En algunas aplicaciones de emisión podría necesitarse una calidad de audio inferior a la «calidad Disco Compacto» pero equivalente o mejor que la de los servicios de radiodifusión analógica con buena recepción de modulación de frecuencia o de modulación en amplitud. Si se aplica el método MUSHRA de la Recomendación UIT-R BS.1534, podrá resultar necesaria la nota media correspondiente al grado «excelente» o «bueno». Asimismo, podrán emplearse versiones con filtrado paso bajo de señales de audio no procesadas que se utilizan como referencia en la prueba y que representan la calidad de audio de los sistemas de radiodifusión sonora analógicos existentes.

2.1.2 Calidad del audio espacial

En las configuraciones de dos canales estereofónicos o multicanal, debe conservarse la calidad de la imagen sonora del material de origen. En las configuraciones que tienen un canal central (3/0, 3/1, 3/2) debe mantenerse la estabilidad direccional de la imagen sonora frontal dentro de límites razonables, en un espacio de escucha que es más grande que el espacio de los sistemas habituales estereofónicos de dos canales. En las configuraciones con sonido ambiente (2/1, 2/2, 3/1, 3/2) la sensación de realidad espacial (ambiente) debe ser notablemente superior a la que permite el sistema estereofónico de dos canales (véase la Recomendación UIT-R BS.775).

2.1.3 Resolución de cuantificación

La resolución mínima necesaria debe ser de 16 bits.

2.1.4 Frecuencia de muestreo

2.1.4.1 Emisión de alta calidad

De conformidad con la Recomendación UIT-R BS.646, la frecuencia de muestreo debe ser de 48 kHz.

2.1.4.2 Emisión de calidad intermedia

Debe permitirse la utilización de frecuencias de muestreo inferiores a 48 kHz cuando no se exige «calidad Disco Compacto». De acuerdo con la Recomendación UIT-R BS.1196, la frecuencia de muestreo debe ser 32 kHz o 48 kHz. Si se considera adicionalmente que en el caso de bajas velocidades binarias la calidad de audio percibida mejora gracias a la utilización de una frecuencia de muestreo reducida y que el audio MPEG-2 permite aplicar frecuencias de muestreo inferiores, concretamente, frecuencias de muestreo mitad (16, 22,05 y 24 kHz) y frecuencias de muestreo de un cuarto (8, 11,025 y 12 kHz), las frecuencias de muestreo más bajas pueden ser apropiadas para la emisión con calidad intermedia.

2.1.5 Anchura de banda

2.1.5.1 Emisión de alta calidad

Canales de audio principales: 20-20 000 Hz.

Canal LFE: 15-120 Hz.

2.1.5.2 Emisión de calidad intermedia

La anchura de banda depende de la frecuencia de muestreo.

2.1.6 Acentuación

En los sistemas de codificación de audio no debe utilizarse acentuación.

2.1.7 Capacidad de postprocesamiento

La capacidad de postprocesamiento necesaria depende, principalmente, de la aplicación. Para enlaces de emisión, puede limitarse a la ecualización y al control de la gama dinámica (por ejemplo, adaptar la gama dinámica del material de programa a los valores del entorno de escucha).

2.2 Retardo de codificación

Todos los canales de un programa deben tener el mismo retardo de codificación. Para el sonido de televisión, el retardo de audio debe coincidir con el retardo de vídeo.

2.3 Compensación de errores

En la cadena de bits de audio debe incorporarse un mecanismo que permita al decodificador identificar errores de canal residuales y tomar las medidas apropiadas para su ocultación.

2.4 Tiempo de recuperación

El tiempo de recuperación ha de ser lo más reducido posible. Si es estimado por una unidad AAU, el tiempo de recuperación será, como máximo, de unas cuantas AAU, y la señal de audio debe ser recuperada, preferentemente, al recibir la primera unidad AAU sin errores.

3 Condiciones de funcionamiento y operacionales para sistemas multicanal

3.1 Compatibilidad con los sistemas monofónicos/estereofónicos (Recomendación UIT-R BS.775)

3.1.1 Compatibilidad descendente

Es indispensable que un formato de cadena de bits multicanal pueda ser decodificado por distintos tipos de decodificadores más o menos complejos. También es necesario que el decodificador permita organizar una presentación con un número de canales inferior al número de canales transmitidos, según las posibilidades de reproducción del usuario, perdiendo únicamente el efecto de localización estéreo o multicanal.

Se han definido dos métodos que garantizan la compatibilidad descendente con sistemas receptores poco complejos. El primero supone la utilización del proceso matricial. En este caso, un receptor económico necesita únicamente los canales A y B, como en el sistema 2/0 que no utiliza la matriz de compatibilidad con sistemas anteriores. El segundo método puede aplicarse al sistema de entrega discreto 3/2. Una combinación digital de las señales entregadas, mediante ecuaciones, permite disponer del número necesario de señales. Cuando se trata de señales codificadas en origen de baja velocidad binaria, es posible hacer la adaptación descendente de las señales 3/2 antes del tramo de síntesis del proceso de decodificación (la sección de mayor complejidad).

3.1.2 Compatibilidad con sistemas anteriores

Esta condición se aplica a los casos en los que una aplicación existente monofónica/estereofónica es convertida para sonido multicanal, y es necesario mantener los servicios a los actuales destinatarios. Cuando se trata de sistemas que ya utilizan una aplicación monofónica o estereofónica, la compatibilidad con sistemas anteriores para la codificación multicanal de baja velocidad binaria significa que un decodificador debe estar en condiciones de decodificar correctamente la información estereofónica básica, que es la adaptación descendente de toda la información de audio de los canales de la fuente. Esta condición podrá cumplirse aplicando el método de difusión simultánea o el método de matrización.

El método de difusión simultánea

Una solución es seguir ofreciendo el servicio monofónico/estereofónico, y completar con el nuevo servicio de canal 3/2. Es lo que acostumbra a llamarse difusión simultánea. La ventaja es que permite suspender en un futuro el servicio monofónico/estereofónico, y que permite hacer una mezcla óptima de programas 2/0 y 3/2 independientemente.

El método de matrización

Otra solución es utilizar matrices de compatibilidad para producir el número deseado de canales de audio por una combinación lineal de señales transportadas en los canales de emisión. Pueden introducirse ecuaciones matriciales para garantizar la compatibilidad con los receptores existentes. En este caso, los canales de emisión de izquierda y derecha existentes serán utilizados para transmitir las señales de matrices compatibles A y B. Otros canales de emisión se utilizan para transmitir las señales de matrices T, Q₁ y Q₂. Una posible ventaja de este método es que requiere menos capacidad adicional de datos para completarlo con el nuevo servicio.

3.1.3 Compatibilidad con sistemas posteriores

Para las aplicaciones en las que el nuevo sistema multicanal debe coexistir con el sistema monofónico/estereofónico, podría ser necesario que los decodificadores estén en condiciones de decodificar el tren de bits de audio monofónico/estereofónico.

3.2 Velocidad binaria

La Recomendación UIT-R BS.1196 especifica las velocidades binarias necesarias para una señal estereofónica de una aplicación de emisión con alta calidad. Por consiguiente, dos veces y media la velocidad binaria (es decir, $5/2 \times 144$ kbit/s a $5/2 \times 256$ kbit/s) podría ser el límite superior del servicio principal de cinco canales cuando no sea necesario garantizar la compatibilidad con sistemas anteriores (véase el § 3.1.2). Dado que las técnicas de codificación compuesta permitirían una mayor ganancia de codificación, los nuevos sistemas de codificación multicanal para la calidad de audio definida en el § 2.1 lograrían una reducción evidente de las velocidades binarias.

3.3 Complejidad del decodificador

Es importante limitar a valores razonables la complejidad del decodificador para el programa de audio, para poder utilizar un sistema decodificador más económico. Cuando se trata de reproducir un número inferior de canales M de un programa de audio con canales N , se utilizará un decodificador de menor complejidad que el decodificador completo de canal N .

Adjunto 1 al Anexo 2 (informativo)

Información sobre los sistemas de codificación que han demostrado satisfacer la calidad y otros requisitos de usuario para aplicaciones de emisión

En la columna de la izquierda de los Cuadros 7 y 8 se enumeran los requisitos para las emisiones de alta calidad y de calidad intermedia, respectivamente, especificados en el Anexo 2. En las demás columnas (de las cuales existen cuatro actualmente) se indica la capacidad de códecs específicos para satisfacer estos requisitos. Se prevé que las próximas revisiones de esta Recomendación contendrán información adicional sobre otros códecs.

CUADRO 7 (fin)

Lista de requisitos para el Anexo 2	Perfil LC AAC ⁽³⁾	AAC LC con MPEG Surround	AC-3/E-AC-3	MPEG-2 Capa II	AC-4 ⁽⁶⁾	Perfil MPEG-H LC	DTS-UHD ⁽⁹⁾
2.2 Retardo de codificación	Cumple ⁽¹⁾	Cumple ⁽¹⁾	Cumple ⁽¹⁾	Cumple ⁽¹⁾	Cumple	Cumple	Cumple
2.3 Compensación de errores	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple ⁽²⁾	Cumple	Cumple	Cumple
2.4 Tiempo de recuperación	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
3.1.1 Compatibilidad hacia abajo	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
3.1.2 Compatibilidad hacia atrás	Cumple con el método simulcast	Cumple por diseño o cumple con el método simulcast ⁽⁵⁾	Cumple con el método simulcast	Cumple con el método de matrización	Cumple con el método simulcast	Cumple con el método simulcast	Cumple con el método simulcast
3.1.3 Compatibilidad hacia adelante	Cumple con los decodificadores duales	Cumple	Cumple con los decodificadores duales	Cumple	Cumple con los decodificadores duales	Cumple con los decodificadores duales	Cumple con los decodificadores duales
3.2 Velocidad binaria	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
3.3 Complejidad del decodificador	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple

N/A: No aplicable.

- ⁽¹⁾ El retardo de codificación inherente es lo suficientemente bajo como para que las aplicaciones se ajusten fácilmente a los retardos de audio y vídeo.
- ⁽²⁾ El flujo de elementos de Capa II proporciona cierta resiliencia ante errores, y normalmente la aplicación proporciona resiliencia adicional.
- ⁽³⁾ AAC LC está incluido en HE AAC ampliado, HE AAC v2 y HE AAC. En consecuencia, todas estas versiones de AAC también cumplen la lista de requisitos del Anexo 2.
- ⁽⁴⁾ 384 k/bits para el tren de bits multicanal decodificable como mezclado descendente 2/0 por los decodificadores AAC estereofónicos tradicionales.
- ⁽⁵⁾ Si el servicio inicial de 2 canales utiliza codificación AAC, este requisito se cumple por diseño. Si el servicio original de 2 canales emplea otra tecnología de códec, este requisito se cumple con el método simulcast.
- ⁽⁶⁾ El núcleo de AC-4 se define en ETSI TS 103 190-1 v1.1.1 (2015-06) y está referenciado normativamente por ETSI TS 103 190-2 v1.2.1 (2015-09) que prevé un tren de bits mejorado que se utiliza aquí.
- ⁽⁷⁾ Las velocidades binarias se basan en una prueba interna realizada por un ponente.
- ⁽⁸⁾ Las velocidades binarias se basan en los resultados de una prueba subjetiva de un tercero que no se han publicado.
- ⁽⁹⁾ DTS-UHD se define en ETSI TS 103 491.

CUADRO 8 (fin)

Lista de requisitos para el Anexo 2	HE-AAC	HE-AAC con MPEG Surround	HE-AAC v2	HE-AAC ampliado	AC-4	Perfil MPEG-H LC	DTS-UHD
2.4 Tiempo de recuperación	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
3.1.1 Compatibilidad hacia abajo	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
3.1.2 Compatibilidad hacia atrás	Cumple con el método simulcast	Cumple (por diseño)	Cumple con el método simulcast	Cumple con el método simulcast	Cumple con el método simulcast	Cumple con el método simulcast	Cumple con el método simulcast
3.1.3 Compatibilidad hacia adelante	Cumple con los decodificadores duales	Cumple	Cumple con los decodificadores duales	Cumple con los decodificadores duales	Cumple con los decodificadores duales	Cumple con los decodificadores duales	Cumple con los decodificadores duales
3.2 Velocidad binaria	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
3.3 Complejidad del decodificador	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple

N/A: No aplicable.

NOTA – Los atributos «excelente» y «bien» se definen en la Recomendación UIT-R BS.1534.

⁽¹⁾ El retardo de codificación inherente es lo suficientemente bajo como para que las aplicaciones se ajusten fácilmente a los retardos de audio y vídeo.

Referencias Bibliográficas

- [1] GRANT D., DAVIDSON, G. y FIELDER, L. [21-24 de septiembre de 2001] *Subjective evaluation of an audio distribution coding system*. 111th AES Convention, Nueva York, NY, Estados Unidos de América.
- [2] ISO/CEI JTC 1/SC 29/WG 11 N6009 [octubre de 2003] *Report on the Verification Tests of MPEG-4 High Efficiency AAC*.
- [3] ISO/CEI JTC 1/SC 29/WG 11 N7137 [abril de 2005] *Listening test report on MPEG-4 High Efficiency AAC v2*.
- [4] KOMORI, T, SUGIMOTO, T. y KUROSUMI, K. [2005] *AAC + SBR Audio coding quality used for the mobile digital terrestrial broadcasting*. Proc. Spring meeting of the Acoustical Society of Japan.
- [5] ISO/CEI JTC 1/SC 29/WG11 N12232 [julio de 2011] *USAC Verification Test Report*.
- [6] HERRE J., y otros [mayo de 2007] *MPEG Surround – The ISO/MPEG Standard for Efficient and Compatible Multi-Channel Audio Coding*. 122^a Convención de la AES, Viena, Austria.
- [7] RÖDÉN J., y otros [octubre de 2007] *A study of the MPEG Surround quality versus bit-rate curve*. 123^a Convención de la AES, Nueva York, NY, Estados Unidos de América.
- [8] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N16584 [enero, 2017] *MPEG-H 3D Audio Verification Test Report*.
- [9] Riedmiller J., y otros [marzo de 2017] *Delivering Scalable Audio Experiences using AC-4*, IEEE Transactions on Broadcasting, Vol. 63, No.1.

Anexo 3

Categorías de calidad de audio para aplicaciones de radiodifusión

Las tres categorías de audio que se presentan a continuación están previstas para aplicaciones de radiodifusión.

CUADRO 9

Categoría	Calidad de audio	Aplicación
(1)	Muy alta calidad, con suficiente margen de calidad para facilitar la conexión en cascada (concatenación) y el postprocesamiento	Contribución, distribución, producción y postproducción
(2)	Calidad transparente desde el punto de vista subjetivo, suficiente para la radiodifusión de la más alta calidad	Emisión de alta calidad («calidad disco compacto (CD)»)
(3)	Equivalente o mejor que la buena calidad de servicio de modulación de frecuencia o equivalente o mejor que la buena calidad de servicio de modulación en amplitud	Emisión con calidad intermedia