

Unión Internacional de Telecomunicaciones

UIT-R

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

Recomendación UIT-R BT.1120-8
(01/2012)

**Interfaces digitales para las señales
de estudio de TVAD**

Serie BT
Servicio de radiodifusión (televisión)



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 el Anexo 1 a 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	Radioastronomía
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, 2012

© UIT 2012

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 BT.1120-8*

Interfaces digitales para las señales de estudio de TVAD

(Cuestión UIT-R 130/6)

(1994-1998-2000-2003-2004-2005-2007-2012)

Cometido

Esta interfaz de TVAD funciona con dos frecuencias de reloj nominales: 1,485 GHz y 2,97 GHz. La carga útil sin comprimir de la interfaz se define en la Parte 2 de la Recomendación UIT-R BT.709. La interfaz también puede utilizarse para transportar datos en paquetes.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que la Recomendación UIT-R BT.709 contiene los valores y parámetros de formato de las imágenes de TVAD e intercambio internacional de programas e incluye la siguiente norma de estudio de TVAD para cubrir una amplia gama de aplicaciones:
- 1 125 líneas en total y 1 080 líneas activas;
 - velocidades de imagen de 60¹, 50, 30¹, 25 y 24¹ Hz, incluyendo el transporte de trama progresivo, con entrelazado y segmentado;
- b) que se ha desarrollado toda una gama de equipos basados en los sistemas indicados, que ya están disponibles en el mercado;
- c) que se están produciendo muchos programas en los sistemas indicados, utilizando dichos equipo, y que para el desarrollo de la radiodifusión y de otros servicios resulta cada vez más necesario contar con instalaciones de producción de TVAD;
- d) que se ha desarrollado la interconexión digital en serie para ofrecer interconexiones digitales transparentes y fiables,

recomienda

- 1** que se utilicen las especificaciones descritas en esta Recomendación como interfaces binarias en serie digitales para señales de estudio de TVAD;
- 2** que la Nota 1 se considere parte de la Recomendación.

NOTA 1 – El cumplimiento de esta Recomendación es voluntario. No obstante, la Recomendación puede contener ciertas disposiciones obligatorias (por ejemplo, para asegurar la interoperabilidad o la aplicabilidad), por lo que el cumplimiento de la Recomendación se logra cuando se cumplen todas las disposiciones obligatorias. El término «deberá» o cualquier otra palabra que conlleve la idea de obligatoriedad, como «tendrá que», así como los equivalentes correspondientes de negación se emplean para formular los requisitos.

* La Comisión de Estudio 6 de Radiocomunicaciones introdujo cambios de edición en la presente Recomendación en mayo de 2012, con arreglo a lo dispuesto en la Resolución UIT-R 1.

¹ También se incluyen las velocidades de tramas de 60/1,001, 30/1,001 y 24/1,001 Hz.

Anexo 1

Interfaces para señales de TVAD conformes con la Parte 2² de la Recomendación UIT-R BT.709

En el Anexo se especifican las interfaces digitales de los sistemas enumerados en el Cuadro 1. Los parámetros de codificación digital figuran en el Cuadro 2. Para los sistemas de 60, 30 y 24 Hz, se incluyen también las frecuencias de imágenes cuyos valores se dividen por 1,001. Los valores de los parámetros de estos sistemas aparecen entre paréntesis.

CUADRO 1

Sistemas de TVAD basados en el CIF

Sistema	Captura (Hz)	Transporte
60/P	60 progresiva	Progresivo
30/P	30 progresiva	Progresivo
30/PsF	30 progresiva	Cuadro segmentado
60/I	30 con entrelazado	Con entrelazado
50/P	50 progresiva	Progresivo
25/P	25 progresiva	Progresivo
25/PsF	25 progresiva	Cuadro segmentado
50/I	25 con entrelazado	Con entrelazado
24/P	24 progresiva	Progresivo
24/PsF	24 progresiva	Cuadro segmentado

1 Representación digital

1.1 Características de codificación

Las señales de TVAD que se transportan deben satisfacer las características descritas en la Parte 2 de la Recomendación UIT-R BT.709.

² Señales tradicionales que cumplen la Parte 1 de la Recomendación UIT-R BT.709: véase Apéndice 3 al Anexo 1.

2 Interfaz digital

La interfaz proporciona una interconexión unidireccional. Las señales de datos se presentan como información binaria y están codificadas en consecuencia:

- datos de vídeo (palabras de 10 bits);
- referencia de temporización y códigos de identificación (palabras de 10 bits);
- datos auxiliares (véase la Recomendación UIT-R BT.1364).

Cuando se utilizan datos de vídeo de 8 bits, deben añadirse dos bits menos significativos compuestos de ceros a las palabras de 8 bits para formar palabras de 10 bits.

2.1 Datos de vídeo en serie

Las señales Y , C_B y C_R se tratan como palabras de 20 bits multiplexando en el tiempo las componentes C_B y C_R . Cada palabra de 20 bits corresponde a una muestra de diferencia de color y a una muestra de luminancia. El múltiplex se organiza de la forma siguiente:

$$(C_{B0}Y_0)(C_{R0}Y_1)(C_{B1}Y_2)(C_{R1}Y_3) \dots$$

siendo Y_i la muestra de luminancia activa i -ésima de una línea, y C_{Bj} y C_{Rj} , las muestras de diferencia de color j -ésimas de las componentes C_B y C_R . Las muestras C_{Bj} y C_{Rj} coinciden en el espacio con la muestra par Y_i debido a que las señales de diferencia de color se muestrean a la mitad de velocidad.

Las palabras de datos que corresponden a los niveles digitales $0_{(10)}$ a $3_{(10)}$ y $1\ 020_{(10)}$ a $1\ 023_{(10)}$ se reservan para la identificación de datos y no deben aparecer como datos de vídeo.

Las señales R , G y B se tratan como palabras de 30 bits, además de las palabras de 20 bits ya indicadas para las señales Y , C_B y C_R .

CUADRO 2

Parámetros de codificación digital

Punto	Parámetro	Sistema									
		60/P	30/P	30/PsF	60/I	50/P	25/P	25/PsF	50/I	24/P	24/PsF
1	Señales codificadas Y, C_B, C_R o R, G, B	Estas señales se obtienen a partir de las señales con precorrección gamma, es decir, $E'Y, E'_{C_B}, E'_{C_R}$ o $E'R, E'G, E'B$. Véase también la Parte 2 de la Recomendación UIT-R BT.709									
2	Retícula de muestreo – R, G, B, Y	Ortogonal, repetitiva en cada línea e imagen									
3	Retícula de muestreo – C_B, C_R	Ortogonal, repetitiva en cada línea e imagen, coinciden en el espacio entre sí y con las muestras alternas ⁽¹⁾ de Y									
4	Número de líneas activas	1080									
5	Frecuencia de muestreo ⁽²⁾ (MHz) – R, G, B, Y – C_B, C_R ⁽³⁾	148,5 (148,5/1,001)	74,25 (74,25/1,001)		148,5	74,25		74,25		74,25 (74,25/1,001)	
		74,25 (74,25/1,001)	37,125 (37,125/1,001)		74,25	37,125		37,125		37,125 (37,125/1,001)	
6	Número de muestras/línea – R, G, B, Y – C_B, C_R	2 200 1 100			2 640 1 320			2 750 1 375			
7	Número de muestras activas/línea – R, G, B, Y – C_B, C_R	1 920 960									
8	Posición de los primeros instantes de muestreo de las señales Y, C_B y C_R con respecto a la referencia temporal de sincronización analógica O_H ⁽⁴⁾ (véase la Fig. 1)	192 T									

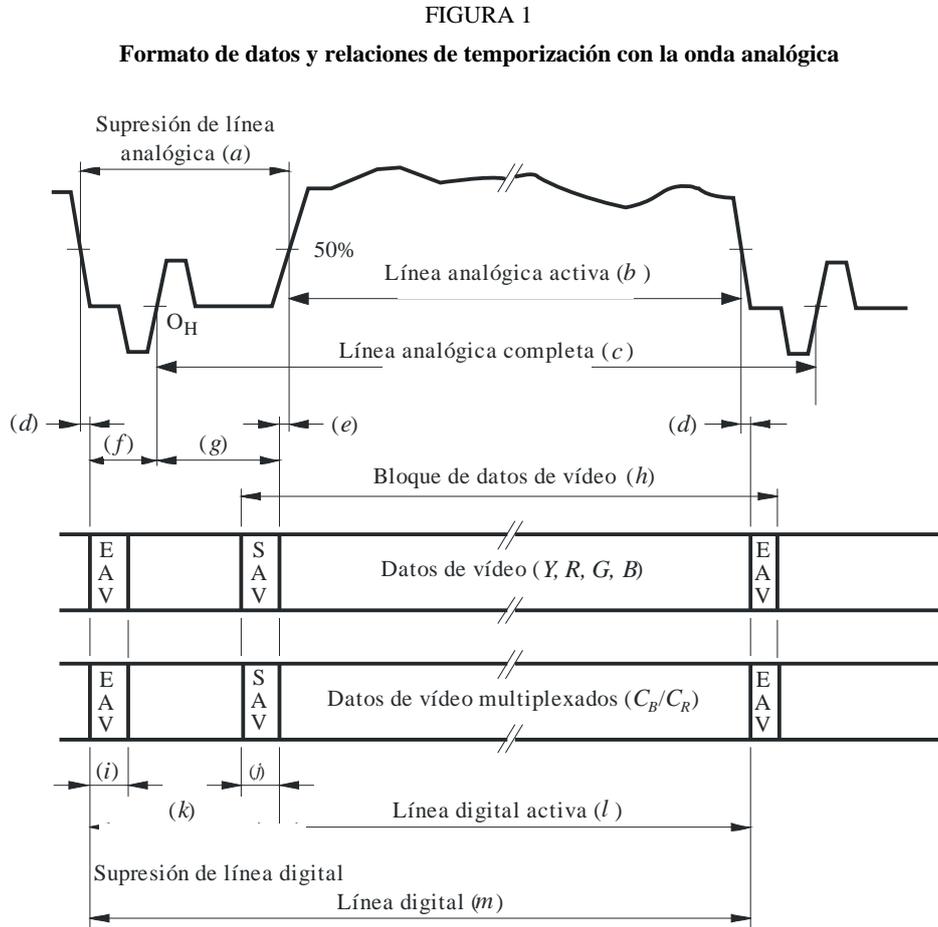
CUADRO 2 (Fin)

Punto	Parámetro	Sistema									
		60/P	30/P	30/PsF	60/I	50/P	25/P	25/PsF	50/I	24/P	24/PsF
9	Formato de codificación	MIC con cuantificación uniforme para cada una de las señales componentes del vídeo, 8 ó 10 bits/muestra									
10	Asignación de nivel de cuantificación ⁽⁵⁾ – Datos de vídeo – Referencia de temporización	$1_{(8)}$ a $254_{(8)}$ ó $4_{(10)}$ a $1\ 019_{(10)}$ $0_{(8)}$ y $255_{(8)}$ ó $0_{(10)}$ a $3_{(10)}$ y $1\ 020_{(10)}$ a $1\ 023_{(10)}$									
11	Niveles de cuantificación ⁽⁶⁾ – Nivel negro R, G, B, Y – Nivel acromático C_B, C_R – Cresta nominal – R, G, B, Y – C_B, C_R	$16_{(8)}$ ó $64_{(10)}$ $128_{(8)}$ ó $512_{(10)}$ $235_{(8)}$ ó $940_{(10)}$ $16_{(8)}$ y $240_{(8)}$ ó $64_{(10)}$ y $960_{(10)}$									
12	Características del filtro	Véase la Recomendación UIT-R BT.709									

- (1) Las primeras muestras de diferencia de color activas coinciden en el espacio con la primera muestra Y activa.
- (2) El reloj de muestreo debe sincronizarse a la frecuencia de línea. La tolerancia en frecuencia es de $\pm 0,001\%$.
- (3) La frecuencia de muestreo de CB y CR es la mitad de la frecuencia de muestreo de luminancia.
- (4) T indica la duración del reloj de muestreo de luminancia o la inversa de la frecuencia de muestreo de luminancia.
- (5) Cuando se tratan palabras de 8 bits en un sistema de 10 bits, deben añadirse dos bits menos significativos compuestos de ceros a las palabras de 8 bits.
- (6) Estos niveles se refieren a niveles de vídeo nominales concretos. El procesamiento de la señal puede provocar a veces una desviación del nivel de la señal fuera de estos márgenes.

2.2 Relación de temporización del vídeo con una onda analógica

La línea digital ocupa m periodos de reloj. Comienza a f periodos de reloj antes de la transición de referencia (O_H) de la señal de sincronización analógica en la línea correspondiente. La línea activa digital comienza a g periodos de reloj después de la transición de referencia (O_H). Los valores de m , f y g figuran en el Cuadro 3. En la Fig. 1 y en el Cuadro 3 aparece información detallada sobre las relaciones en el intervalo de trama.



BT.1120-01

En los sistemas con entrelazado y de cuadro segmentado, el inicio de la trama/segmento digital se fija por medio de la posición especificada al inicio de la línea digital. En la Fig. 2a) y en el Cuadro 4a) aparece información detallada sobre las relaciones en el intervalo trama/segmento.

Para los sistemas progresivos, el inicio del cuadro digital se fija por medio de la posición especificada para el inicio de la línea digital. En la Fig. 2b) y en el Cuadro 4b) aparece información detallada sobre las relaciones en el intervalo de cuadro.

2.3 Códigos de referencia para la temporización de la señal de vídeo SAV y EAV

Existen dos códigos de referencia para la temporización, uno al comienzo de cada bloque de datos de vídeo (SAV) y otro al final de cada bloque de datos de vídeo (EAV). Estos códigos son contiguos a los datos de vídeo y continúan durante el intervalo de supresión trama/cuadro/segmento, tal y como se muestra en la Fig. 2.

CUADRO 3

Especificaciones de la temporización del intervalo de línea

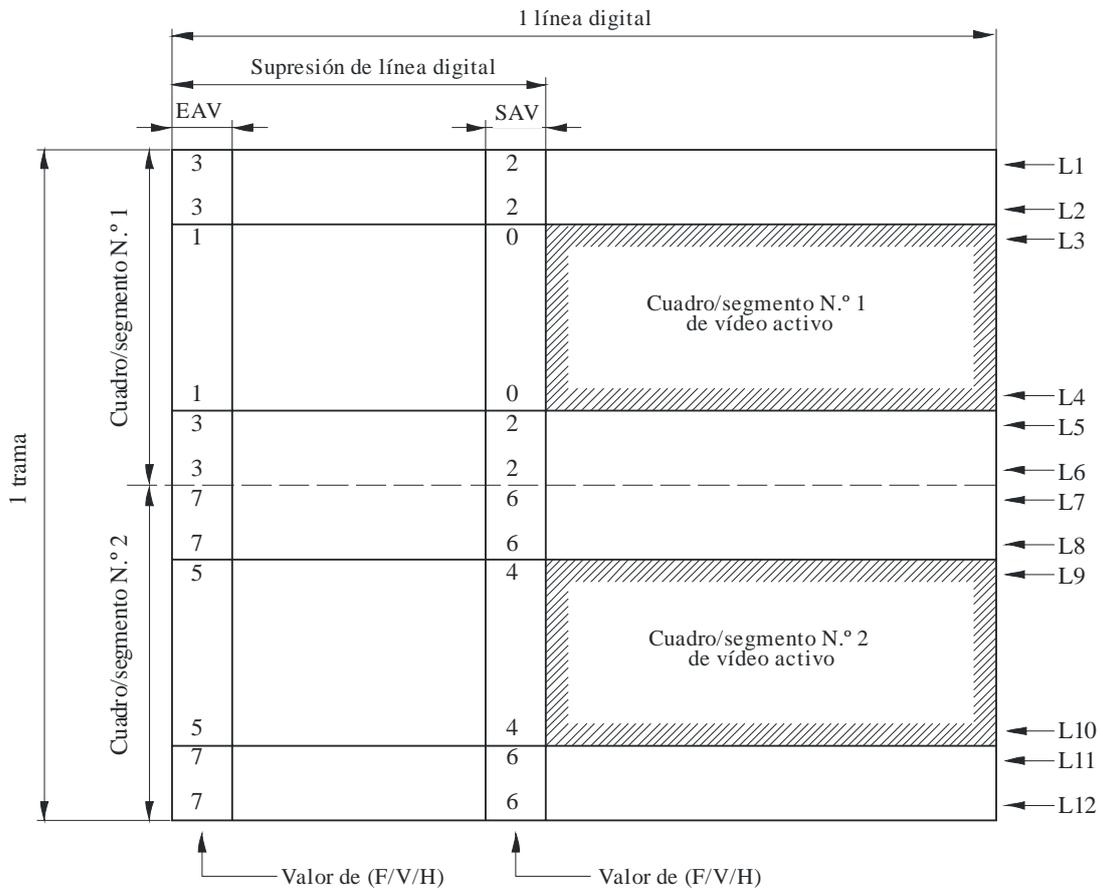
Símbolo	Parámetro	Valor									
		60/P	30/P	30/PsF	60/I	50/P	25/P	25/PsF	50/I	24/P	24/PsF
	Número de muestras Y activas por línea	1920									
	Frecuencia de muestreo de la luminancia (MHz)	148,5 (148,5/ 1,001)	74,25 (74,25/1,001)			148,5	74,25			74,25 (74,25/1,001)	
<i>a</i>	Supresión de línea analógica (T)	+12 280 -0				+12 280 -0				+12 280 -0	
<i>b</i>	Línea analógica activa (T)	+0 1 920 -12									
<i>c</i>	Línea analógica completa (T)	2 200				2 640				2 750	
<i>d</i>	Tiempo transcurrido entre el final de la señal de vídeo analógica activa y el inicio del EAV (T)	0-6									
<i>e</i>	Tiempo transcurrido entre el final del SAV y el inicio de la señal de vídeo analógica activa (T)	0-6									
<i>f</i>	Tiempo transcurrido entre el inicio del EAV y la referencia de temporización analógica O_H (T)	88				528				638	
<i>g</i>	Tiempo transcurrido entre la referencia de temporización analógica O_H y el final del SAV (T)	192									
<i>h</i>	Bloque de datos de vídeo (T)	1 928									
<i>i</i>	Duración del EAV (T)	4									
<i>j</i>	Duración del SAV (T)	4									
<i>k</i>	Supresión de línea digital (T)	280				720				830	
<i>l</i>	Línea digital activa (T)	1 920									
<i>m</i>	Línea digital (T)	2 200				2 640				2 750	

NOTA 1 – Los valores de parámetro para especificaciones analógicas expresados por los símbolos *a*, *b* y *c* indican los valores nominales.

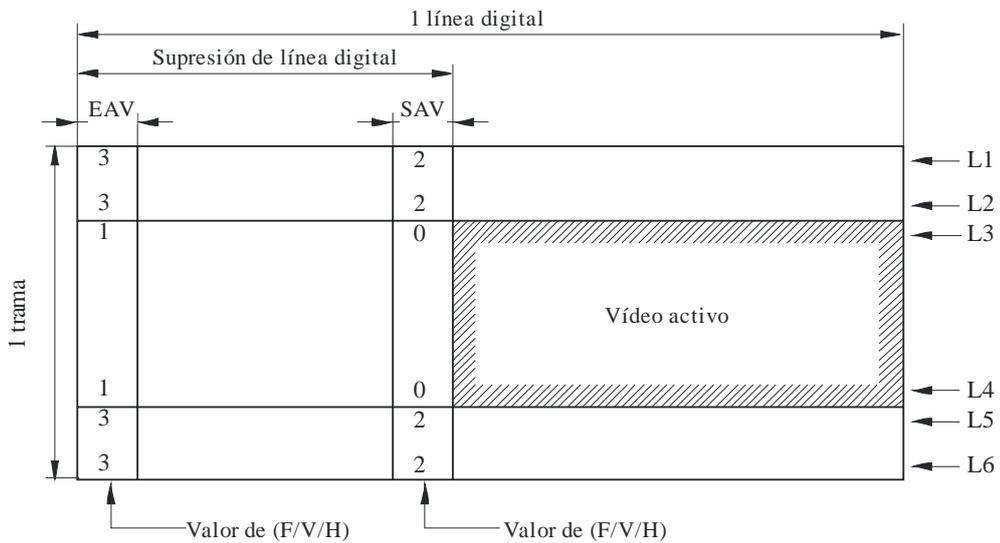
NOTA 2 – T es el periodo del reloj o la inversa de la frecuencia de muestreo de la luminancia.

FIGURA 2

Código de referencia para temporización de la señal de vídeo SAV y EAV



a) Relación de la temporización de trama/segmento para sistemas de cuadro con entrelazado y segmentado



b) Relación de la temporización de cuadro/segmento para sistemas con exploración progresiva

Nota 1 – Los valores de (F/V/H) para EAV y SAV representan el estado de los bits para F, V, y H; de forma que la palabra de tres bits compuesta por F, V, H representa un número binario expresado en notación decimal (F corresponde al MSB y H al LSB). Por ejemplo, el valor 3 representa los bits de F = 0, V = 1 y H = 1.

Cada código consiste en una secuencia de cuatro palabras. La asignación de bits de la palabra aparece en el Cuadro 5. Las tres primeras palabras constituyen un preámbulo fijo y la cuarta contiene la información que define la identificación de trama (F), el periodo de supresión de trama/cuadro (V) y el periodo de supresión de línea (H). En una realización de 8 bits, se utilizan los bits N.º 9 a 2 inclusive.

Los bits F y V modifican su estado de manera síncrona con el EAV al comienzo de la línea digital.

El valor de los bits de protección, P_0 a P_3 , depende de los valores de F, V y H como se indica en el Cuadro 6. Esta disposición permite corregir errores en un bit y detectar errores en dos bits en el receptor, pero sólo en los 8 bits más significativos, como se indica en el Cuadro 7.

CUADRO 4

a) Especificaciones de la temporización del intervalo de trama/segmento para sistemas con entrelazado y sistemas de cuadro segmentado

Símbolo	Definición	Número de línea digital de la interfaz
	Número de líneas activas	1 080
L1	Primera línea de la trama/segmento N.º 1	1
L2	Última línea de la supresión de la trama/segmento digital N.º 1	20
L3	Primera línea de la señal de vídeo activa de la trama/segmento N.º 1	21
L4	Última línea de la señal de vídeo activa de la trama/segmento N.º 1	560
L5	Primera línea de la supresión de la trama/segmento digital N.º 2	561
L6	Última línea de la trama/segmento N.º 1	563
L7	Primera línea de la trama/segmento N.º 2	564
L8	Última línea de la supresión de la trama/segmento digital N.º 2	583
L9	Primera línea de la señal de vídeo activa de la trama/segmento N.º 2	584
L10	Última línea de la señal de vídeo activa de la trama/segmento N.º 2	1 123
L11	Primera línea de la supresión de la trama/segmento digital N.º 1	1 124
L12	Última línea de la trama/segmento N.º 2	1 125

NOTA 1 – Supresión de la trama/segmento digital N.º 1 se refiere al periodo de supresión de la trama/segmento previo a la señal de vídeo activa de la trama/segmento N.º 1, y supresión de la trama/segmento N.º 2 se refiere al periodo de supresión de la trama/segmento que precede a la señal de vídeo activa de la trama/segmento N.º 2.

b) Especificaciones de la temporización del intervalo de cuadro para sistemas con exploración progresiva

Símbolo	Definición	Número de línea digital de la interfaz
	Número de líneas activas	1 080
L1	Primera línea del cuadro	1
L2	Última línea de la supresión del cuadro digital	41
L3	Primera línea del vídeo activo	42
L4	Última línea del vídeo activo	1 121
L5	Primera línea de la supresión del cuadro digital	1 122
L6	Última línea del cuadro	1 125

CUADRO 5

**Asignación de bits en los códigos de referencia
para la temporización de la señal de vídeo**

Palabra	Número del bit									
	9 (MSB)	8	7	6	5	4	3	2	1	0 (LSB)
Primera	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Segunda	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tercera	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cuarta	1	F	V	H	P ₃	P ₂	P ₁	P ₀	0	0
Sistema de exploración entrelazada y de cuadro segmentado	F = 1 durante la trama/segmento N.º 2 = 0 durante la trama/segmento N.º 1		V = 1 durante la supresión de trama/segmento = 0 en los demás sitios			H = 1 en el EAV = 0 en el SAV				
Sistema con exploración progresiva	F = 0		V = 1 durante la supresión de cuadro = 0 en los demás sitios			H = 1 en el EAV = 0 en el SAV				

NOTA 1 – P₀, P₁, P₂, P₃ en la cuarta palabra son los bits de protección (véase el Cuadro 6).

CUADRO 6

Bits de protección para SAV y EAV

Bit 9 (fijo)	Estado del bit SAV/EAV			Bits de protección				1 (fijo)	0 (fijo)
	8 (F)	7 (V)	6 (H)	5 (P ₃)	4 (P ₂)	3 (P ₁)	2 (P ₀)		
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	1	1	0	1	0	0
1	0	1	0	1	0	1	1	0	0
1	0	1	1	0	1	1	0	0	0
1	1	0	0	0	1	1	1	0	0
1	1	0	1	1	0	1	0	0	0
1	1	1	0	1	1	0	0	0	0
1	1	1	1	0	0	0	1	0	0

CUADRO 7

Corrección de errores utilizando los bits de protección (P₃-P₀)

Bits recibidos 5-2 para P ₃ -P ₀	Bits recibidos 8-6 para F, V y H							
	000	001	010	011	100	101	110	111
0000	000	000	000	-	000	-	-	111
0001	000	-	-	111	-	111	111	111
0010	000	-	-	011	-	101	-	-
0011	-	-	010	-	100	-	-	111
0100	000	-	-	011	-	-	110	-
0101	-	001	-	-	100	-	-	111
0110	-	011	011	011	100	-	-	011
0111	100	-	-	011	100	100	100	-
1000	000	-	-	-	-	101	110	-
1001	-	001	010	-	-	-	-	111
1010	-	101	010	-	101	101	-	101
1011	010	-	010	010	-	101	010	-
1100	-	001	110	-	110	-	110	110
1101	001	001	-	001	-	001	110	-
1110	-	-	-	011	-	101	110	-
1111	-	001	010	-	100	-	-	-

NOTA 1 – El sistema de corrección de errores aplicado proporciona una función DEDSEC (protección de errores dobles – corrección de errores sencillos). Los bits recibidos indicados por «-» en el Cuadro, si se detectan, indican que ha aparecido un error pero no puede corregirse.

2.4 Datos auxiliares

Opcionalmente, los datos auxiliares se pueden incluir en los intervalos de supresión de una interfaz digital conforme a la presente Recomendación. Las señales auxiliares deberán satisfacer las reglas generales que figuran en la Recomendación UIT-R BT.1364.

El intervalo de supresión horizontal que existe entre el final del EAV y el comienzo del SAV se puede utilizar para transportar paquetes de datos auxiliares.

Los paquetes de datos auxiliares se pueden transportar en el intervalo de supresión vertical que existe entre el final del SAV y el principio del EAV, de la siguiente manera:

- en un sistema de exploración progresiva, en las líneas 1 a 41 inclusive y en las líneas 1 122 a 1 125 inclusive;
- en un sistema de exploración entrelazada, en las líneas 1 a 20 inclusive, en las líneas 561 a 583 inclusive y en las líneas 1 124 y 1 125 inclusive;

- en cualquier línea que esté fuera del alcance vertical de la imagen, como se indicó anteriormente, y que no se utilice para transportar señales del intervalo de supresión vertical que se puedan representar en el dominio analógico a través de una conversión directa digital/analógica (D/A);
- los paquetes de datos auxiliares no deben colocarse en el área que puede verse afectada por la conmutación como se define en el Cuadro del Apéndice 3 al Anexo 1 de la Recomendación UIT-R BT.1364.

2.5 Palabras de datos durante la supresión

Las palabras de datos que aparecen durante los intervalos de supresión digital y que no se utilizan para el SAV y el EAV de los códigos de referencia para la temporización, los datos de número de línea, los códigos de detección de errores o los datos auxiliares (ANC) se rellenan con palabras correspondientes a los siguientes niveles de supresión, situadas adecuadamente en los datos multiplexados:

$64_{(10)}$ para señales Y, R, G, B

$512_{(10)}$ para C_B, C_R (señal de diferencia de color multiplexada en el tiempo).

3 Interfaz para bits en paralelo

La interfaz para bits en paralelo definida en versiones anteriores de la presente Recomendación ya no se utiliza y se desaconseja su uso.

4 Interfaz para bits en serie

4.1 Formato de datos

Los datos de bits en serie se componen de los datos de vídeo, los códigos de referencia de temporización de vídeo, los datos de número de línea, los códigos de detección de errores, los datos auxiliares y los datos de supresión. Cada uno de los datos consiste en una palabra de 10 bits de longitud y se representa como datos en paralelo antes de su serialización. Se multiplexan y se serializan dos trenes en paralelo (es decir, los datos de luminancia Y y los datos de diferencia de color C_B/C_R) de conformidad con el § 4.2.

4.1.1 Datos de vídeo

Los datos de vídeo deben ser palabras de 10 bits que representan las componentes $Y, C_B/C_R$ de los sistemas de vídeo definidos en el § 1.

4.1.2 Códigos de referencia de la temporización de vídeo

Los códigos de referencia de temporización de vídeo, SAV y EAV tienen el mismo formato definido en el § 2.

4.1.3 Datos de número de línea

Los datos de número de línea se componen de dos palabras que indican el número de línea. El Cuadro 13 muestra la asignación de bits en los datos de número de línea. Estos datos deben ir situados inmediatamente después del EAV.

CUADRO 8

Asignación de bits para los datos de número de línea

Palabra	b9 (MSB)	b8	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0 (LSB)
LN0	No b8	L6	L5	L4	L3	L2	L1	L0	R	R
LN1	No b8	R	R	R	L10	L9	L8	L7	R	R

L0 (LSB)-L10 (MSB): Número de línea en código binario.

R: Reservada (se pone en cero).

4.1.4 Códigos de detección de errores

Los códigos de detección de errores, códigos de verificación por redundancia cíclica (CVR), utilizados para detectar errores en las líneas activas digitales, los EAV y los datos de número de línea, constan de dos palabras determinadas mediante el polinomio generador:

$$EDC(x) = x^{18} + x^5 + x^4 + 1$$

Los valores iniciales de los códigos se ponen a cero. El cálculo comienza con la primera palabra de la línea activa digital y finaliza al final de la palabra de los datos de número de línea. Se determinan dos códigos de detección de errores, uno para los datos de luminancia (YCR) y otro para los datos de diferencia de color (CCR). En el Cuadro 9 aparece la asignación de bits de los códigos de detección de errores. Estos códigos deben situarse inmediatamente después de los datos de número de línea.

CUADRO 9

Asignación de bits para los códigos de detección errores

Palabra	b9 (MSB)	b8	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0 (LSB)
YCR0	No b8	CRC8	CRC7	CRC6	CRC5	CRC4	CRC3	CRC2	CRC1	CRC0
YCR1	No b8	CRC17	CRC16	CRC15	CRC14	CRC13	CRC12	CRC11	CRC10	CRC9
CCR0	No b8	CRC8	CRC7	CRC6	CRC5	CRC4	CRC3	CRC2	CRC1	CRC0
CCR1	No b8	CRC17	CRC16	CRC15	CRC14	CRC13	CRC12	CRC11	CRC10	CRC9

NOTA 1 – CRC0 es el MSB de los códigos de detección de errores.

4.1.5 Datos auxiliares

Los datos auxiliares deben tener las mismas normas que las definidas en el § 2.4.

4.1.6 Datos de supresión

Las palabras de datos de supresión durante los intervalos de supresión digital no utilizadas para los SAV, los EAV, los datos de número de línea, los códigos de detección de errores y los datos auxiliares, deben rellenarse con las palabras de 10 bits definidas en el § 2.5.

4.2 Formato de transmisión

Los dos trenes de datos en paralelo se transmiten por un solo canal en forma de bits en serie tras realizar una multiplexión de las palabras, una conversión en paralelo a serie y una aleatorización.

4.2.1 Multiplexión de palabra

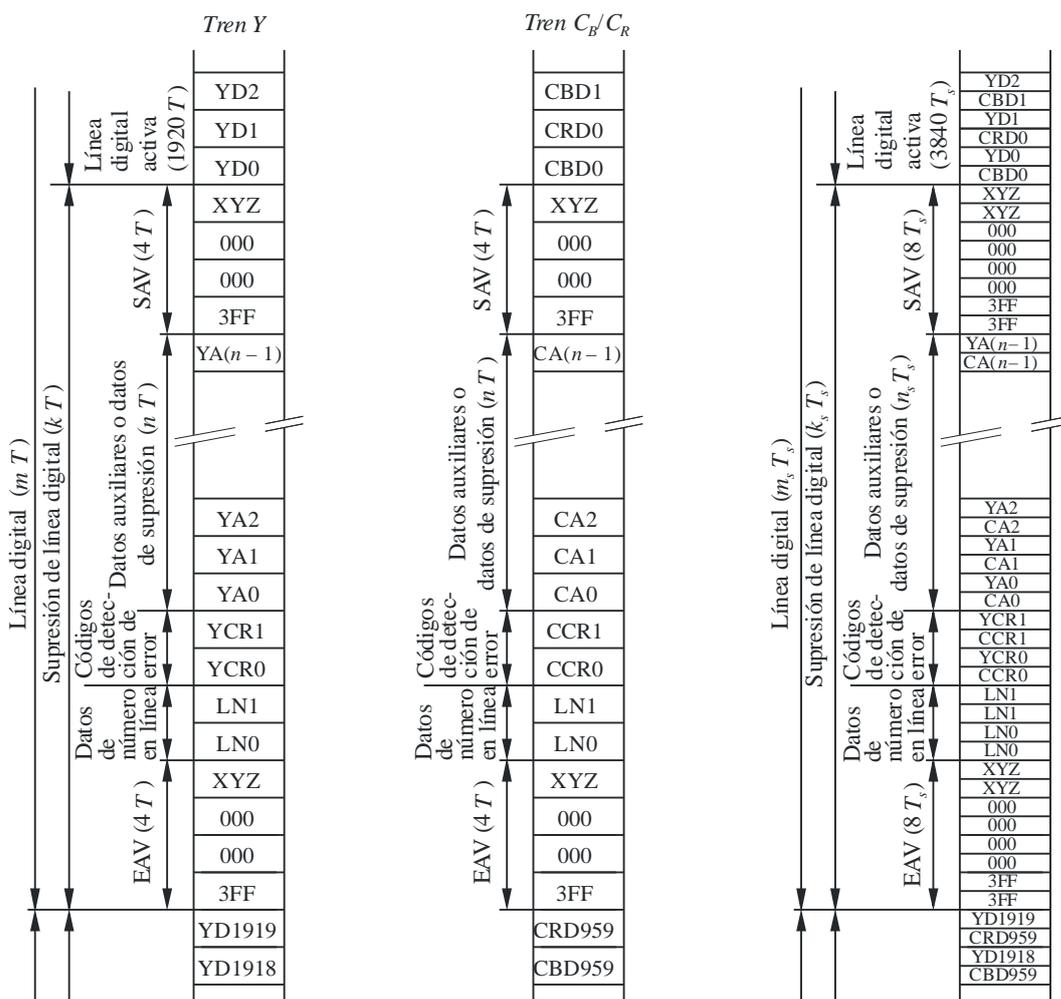
Los dos trenes en paralelo deben multiplexarse palabra a palabra en un solo tren en paralelo de 10 bits en el siguiente orden: $C_B, Y, C_R, Y, C_B, Y, C_R, Y \dots$ (véase la Fig. 3 y el Cuadro 11).

FIGURA 3

Mapa del tren de datos

a) Trenes de datos en paralelo Y y C_B/C_R

b) Trenes de datos en paralelo multiplexados



- YD0 - Yd1919: Datos de luminancia digital Y
- CBD0 - CBD959: Datos de diferencia de color digital C_b
- CRD0 - CRD959: Datos de diferencia de color digital C_r
- Ya0 - Ya267: Datos auxiliares o datos de supresión en tren Y
- Ca0 - Ca267: Datos auxiliares o datos de supresión en tren C_b/C_r

Está asimismo disponible P, un formato alternativo. Véase el § 4.5 y el § 4.6.

4.2.2 Serialización

El bit menos significativo de cada una de las palabras de 10 bits en el tren en paralelo de palabras multiplexadas debe transmitirse en primer lugar en el formato de bits en serie.

4.2.3 Codificación de canal

El esquema de codificación de canal debe tener una aleatorización NRZ invertida (NRZI). El tren de bits serializado debe aleatorizarse utilizando la siguiente ecuación de generación de polinomio:

$$G(x) = (x^9 + x^4 + 1) (x + 1)$$

La señal de entrada al aleatorizador deberá ser de lógica positiva. (La tensión más elevada representa el dato 1 y la tensión más baja representa el dato 0.)

4.2.4 Reloj serie

CUADRO 10

Valores de frecuencia del reloj serie

Parámetro	Valor									
	60/P	30/P	30/PsF	60/I	50/P	25/P	25/PsF	50/I	24/P	24/PsF
Frecuencia del reloj serie (GHz)	1,485 para funcionamiento con enlace doble 2,97 para funcionamiento con enlace (2,97/1,001)	1,485 (1,485/1,001)			1,485 para funcionamiento con enlace doble 2,97 para funcionamiento con enlace único	1,485			1,485 (1,485/1,001)	

CUADRO 11

Especificaciones de la temporización del flujo de datos (véase la Fig. 3)

Símbolo	Parámetro	Valor									
		60/P	30/P	30/PsF	60/I	50/P	25/P	25/PsF	50/I	24/P	24/PsF
T	Periodo del reloj paralelo (ns)	1 000/148,5 (1 001/148,5)	1 000/74,25 (1 001/74,25)		1 000/148,5	1 000/74,25			1 000/74,25 (1 001/74,25)		
T_s	Periodo del reloj de datos en paralelo multiplexados	T/2									
m	Línea digital en tren de datos en paralelo	2 200			2 640			2 750			
k	Supresión de línea digital en tren de datos en paralelo	280			720			830			
n	Datos auxiliares o datos de supresión en tren de datos en paralelo	268			708			818			
m_s	Línea digital en tren de datos en paralelo multiplexado	4 400			5 280			5 500			
k_s	Supresión de línea digital en tren de datos en paralelo multiplexado	560			1 440			1 660			
n_s	Datos auxiliares o datos de supresión en tren de datos en paralelo multiplexado	536			1 416			1 636			

4.2.5 Trama de comprobación digital de serie binaria

En el Anexo 2 se describen las señales de prueba digitales apropiadas para la igualación del cable y la sincronización del bucle de enganche de fase (PLL).

4.2.6 Identificador de carga útil

El identificador de carga útil es opcional para una interfaz sencilla de 1,5 Gbit/s y obligatorio para una interfaz sencilla de 3 Gbit/s y una interfaz de doble enlace de 1,5 Gbit/s. De estar presente, debe introducirse en el espacio de datos auxiliares horizontal del canal Y. Los valores reservados deben ponerse en 0 a menos que se especifique otra cosa.

El identificador de carga útil debe ser conforme al formato de datos del identificador de carga útil definido en la Recomendación UIT-R BT.1614. Cuando existe un identificador de carga útil de 4 bytes, debe transponerse al área de supresión horizontal de la interfaz inmediatamente después de una secuencia de palabras EAV-LN-CRC.

En las interfaces digitales de 1 125 líneas con estructuras de barrido entrelazadas (I) y progresivas de cuadro segmentado (PsF), el paquete de datos auxiliares debe agregarse una vez por trama en el canal Y. Si se dispone de espacio para datos auxiliares, la ubicación recomendada del paquete de datos auxiliares debe ser en las líneas siguientes:

- 1 125I (trama 1): Línea 10
- 1 125I (trama 2): Línea 572.

Estos números de línea se aplican también a HD-SDI de enlace doble si se utiliza un barrido entrelazado y progresivo de cuadro fragmentado.

En las interfaces digitales de 1 125 líneas con estructuras de barrido progresivas (P), el paquete de datos auxiliares debe agregarse una vez por trama en el canal Y. Si se dispone de espacio para datos auxiliares, la ubicación recomendada del paquete de datos auxiliares debe ser en la línea siguiente:

- 1 125P: Línea 10.

CUADRO 12A

Definiciones del identificador de carga útil para cargas útiles de 1 080 líneas en interfaz digital en serie de 1,5 Gbit/s (nominal)

	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4
Bit 7	1	Transporte entrelazado (0) o progresivo (1)	Reservado	Reservado
Bit 6	0	Imagen entrelazada (0) o progresiva (1)	Cómputo de píxel horizontal 1 920 (0) reservado (1)	Reservado
Bit 5	0	Reservado	Relación de formato 16:9 (1), desconocido (0)	Reservado
Bit 4	0	Reservado	Reservado	Reservado
Bit 3	0	Velocidades de imagen 25 Hz (5h), 24/1,001 Hz (2h), 30/1,001 Hz (6h), 24 Hz (3h)	Estructura de muestreo 4:2:2 Y, C _B , C _R (0h)	Reservado
Bit 2	1			Reservado
Bit 1	0			Reservado
Bit 0	1			Profundidad binaria 8 bits (0) ó 10 bits (1)

CUADRO 12B

**Definiciones del identificador de carga útil para cargas útiles de 1 080 líneas
en interfaz digital en serie de 3 Gbit/s³ (nominal)**

	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4
Bit 7	1	Transporte entrelazado (0) o progresivo (1)	Reservado	Reservado
Bit 6	0	Imagen entrelazada (0) o progresiva (1)	Cómputo de píxel horizontal 1 920 (0) reservado (1)	Reservado
Bit 5	0	Reservado	Relación de formato 16:9 (1), desconocido (0)	Reservado
Bit 4	0	Reservado	Reservado	Reservado
Bit 3	1	Velocidades de imagen 50 Hz (9h), 60/1,001 Hz (Ah), 60 Hz (Bh)	Estructura de muestreo 4:2:2 Y, C _B , C _R (0h)	Reservado
Bit 2	0			Reservado
Bit 1	0			Reservado
Bit 0	1			Profundidad binaria 8 bits (0) o 10 bits (1)

Byte 1 Debe tener un valor de (85h) por 1,5 Gbit/s

Byte 2 Debe tener un valor de (89h) por 3 Gbit/s

El segundo byte debe utilizarse para indicar la velocidad de imagen y la estructura de la imagen y el transporte.

El bit b7 debe utilizarse para indicar si la interfaz digital utiliza una estructura de transporte progresiva o entrelazada de modo que:

b7 = (0) indica transporte entrelazado

b7 = (1) indica transporte progresivo.

El bit b6 debe utilizarse para indicar si la imagen tiene una estructura progresiva o entrelazada de modo que:

b6 = (0) indica estructura entrelazada

b6 = (1) indica estructura progresiva.

NOTA – Las cargas útiles de video PsF se identifican con una imagen progresiva transportada por interfaz digital entrelazada. El transporte lleva la carga útil de video progresiva como primer y segundo segmentos dentro de la duración de la trama de transporte. Dichos segmentos de imagen primero y segundo se señalan por medio de los indicadores de trama primero y segundo del transporte digital de interfaz.

Los bits b5 a b4 deben ponerse a (0).

³ 3 Gbit/s es la terminología más común, la tasa real es de 2,97 Gbit/s y 2,97/1,001 Gbit/s.

Los bits b3 a b0 deben emplearse para indicar la velocidad de imagen en Hz y deben restringirse a las velocidades de tramas definidas en la Parte 2 de la Recomendación UIT-R BT.709:

- (2h) indica 24/1,001 tramas/s
- (3h) indica 24 tramas/s
- (5h) indica 25 tramas/s
- (6h) indica 30/1,001 tramas/s
- (9h) indica 50 tramas/s
- (Ah) indica 60/1,001 tramas/s
- (Bh) indica 60 tramas/s
- (7h) indica 30 tramas/s.

Byte 3

El tercer byte debe utilizarse para indicar la relación de formato y la estructura de muestreo de la carga útil de vídeo.

El bit b6 debe utilizarse para indicar el cómputo de píxel horizontal:

- (0) 1 920 píxeles
- (1) reservado.

El bit b5 debe utilizarse para indicar la relación de formato de la imagen:

- (0) relación de formato desconocida
- (1) imagen 16:9.

Los bits b3 a b0 del byte 3 deben utilizarse para indicar la estructura de muestreo horizontal. Esta Recomendación se restringe al valor (0h); los bits b7 y b4 deben reservarse y ponerse a (0).

Byte 4

Los bits b7 a b1 se reservan y se ponen a (0).

El bit b0 debe utilizarse para identificar la profundidad binaria.

- (0) indica 8 bits por muestra
- (1) indica 10 bits por muestra.

4.3 Interfaces de cable coaxial

Las interfaces de cable coaxial constan de un origen y un destino en una conexión punto a punto. Estas interfaces especifican las características del emisor de línea (origen), del receptor de línea (destino), la línea de transmisión y los conectores.

4.3.1 Características del emisor de línea (origen)

El Cuadro 13 muestra las características del emisor de línea. Dicho emisor debe tener un circuito de salida asimétrico.

CUADRO 13

Características del emisor de línea

Punto	Parámetro	Valor	
		1,485 Gbit/s	2,97 Gbit/s
1	Impedancia de salida	75 Ω nominal	
2	Desviación del nivel de continua ⁽¹⁾	0,0 V \pm 0,5 V	
3	Amplitud de la señal ⁽²⁾	800 mV _{p-p} \pm 10%	
4	Pérdida de retorno	\geq 15 dB ⁽³⁾ , \geq 10 dB ⁽⁴⁾	
5	Tiempos de elevación y caída ⁽⁵⁾	< 270 ps (20% a 80%)	< 135 ps (20% a 80%)
6	Diferencia entre los tiempos de elevación y caída	\leq 100 ps	\leq 50 ps
7	Fluctuación de fase a la salida ⁽⁶⁾	$f_1 = 10$ Hz $f_3 = 100$ kHz $f_4 = 1/10$ de la velocidad del reloj A1 = 1 UI (UI: intervalo unitario) A2 = 0,2 UI	$f_1 = 10$ Hz $f_3 = 100$ kHz $f_4 = 1/10$ de la velocidad del reloj A1 = 2 UI A2 = 0,3 UI

⁽¹⁾ Definida por el punto de amplitud mitad de la señal.

⁽²⁾ Medida a través de una carga resistiva de 75 Ω conectada mediante un cable coaxial de 1 m.

⁽³⁾ En la gama de frecuencias de 5 MHz a $f_c/2$ (f_c : frecuencia del reloj serie)

⁽⁴⁾ En la gama de frecuencia de $f_c/2$ a f_c .

⁽⁵⁾ Determinados entre los puntos de amplitud del 20% y del 80% y medidos a través de una carga resistiva de 75 Ω . La sobreoscilación de los flancos anterior y posterior de la onda no debe rebasar el 10% de la amplitud.

⁽⁶⁾ 1 UI corresponde a $1/f_c$. La especificación de la fluctuación de fase y los métodos para medirla deben satisfacer la Recomendación UIT-R BT.1363 – Especificaciones de la fluctuación de fase y métodos para medir la fluctuación de fase en señales de bits en serie conformes a las Recomendaciones UIT-R BT.656, UIT-R BT.799 y UIT-R BT.1120.

Las desviaciones en amplitud de salida debidas a las señales con una componente dc continua significativa que aparecen en una línea horizontal (señales patológicas) no deberán rebasar el valor de 50 mV por encima o por debajo del valor medio de la envolvente de la señal cresta a cresta. (En efecto, esta especificación define una constante de tiempo de acoplamiento de salida mínima.)

4.3.2 Características del receptor de línea (destino)

El Cuadro 14 muestra las características del receptor de línea, que debe tener un circuito de entrada asimétrico. Debe detectar correctamente los datos recibidos cuando se conecta a un emisor de línea que funcione en los límites de tensión extremos permitidos por el § 4.3.1, y cuando se conecta mediante un cable que funcione en las condiciones más desfavorables permitidas por el § 4.3.3.

CUADRO 14

Características del receptor de línea

Punto	Parámetro	Valor	
1	Impedancia de entrada	75 Ω nominal	
2	Pérdida de retorno	≥ 15 dB ⁽¹⁾ , ≥ 10 dB ⁽²⁾	
3	Señal interferente ⁽³⁾	$\pm 2,5$ V _{máx}	DC
		$< 2,5$ V _{p-p}	Por debajo de 5 kHz
		< 100 mV _{p-p}	5 kHz a 27 MHz
		< 40 mV _{p-p}	Por encima de 27 MHz

⁽¹⁾ En la gama de frecuencias de 5 MHz a $f_c/2$.

⁽²⁾ En la gama de frecuencias de $f_c/2$ a f_c .

⁽³⁾ Los valores son orientativos.

4.3.3 Características de la línea de transmisión

Las especificaciones correspondientes figuran en el Cuadro 15.

CUADRO 15

Características de la línea de transmisión

Punto	Parámetro	Valor	
1	Pérdida de transmisión ⁽¹⁾	≤ 20 dB a 1/2 frecuencia de reloj	
2	Pérdida de retorno	≥ 15 dB ⁽²⁾ , ≥ 10 dB ⁽³⁾	
3	Impedancia	75 Ω nominal	

⁽¹⁾ Características de pérdida de \sqrt{f} .

⁽²⁾ En la gama de frecuencias de 5 MHz a $f_c/2$.

⁽³⁾ En la gama de frecuencias de $f_c/2$ a f_c .

4.3.4 Conector

Los conectores macho y hembra deben ser de 75 ohmios BNC, como se define en la Norma CEI 61169-8, Parte 8, Anexo A.

4.4 Interfaces de fibra óptica

Las interfaces de fibra óptica deben utilizar interfaces ópticas monomodo únicamente y deben ajustarse a las reglas generales de la Recomendación UIT-R BT.1367 – Sistema de transmisión en serie por fibra digital para señales conformes a las Recomendaciones UIT-R BT.656, UIT-R BT.799 y UIT-R BT.1120.

Para utilizar esta Recomendación son necesarias las especificaciones siguientes.

Punto	Parámetro	Valor	
		1,485 Gbit/s	2,97 Gbit/s
1	Tiempos de elevación y caída	< 270 ps (20% a 80%)	< 135 ps (20% a 80%)
2	Fluctuación de fase a la salida ⁽¹⁾	$f_1 = 10 \text{ Hz}$ $f_3 = 100 \text{ kHz}$ $f_4 = 1/10$ de la velocidad del reloj $A1 = 1 \text{ UI}$ (UI: intervalo unitario) $A2 = 0,2 \text{ UI}$	$f_1 = 10 \text{ Hz}$ $f_3 = 100 \text{ kHz}$ $f_4 = 1/10$ de la velocidad del reloj $A1 = 2 \text{ UI}$ $A2 = 0,3 \text{ UI}$

⁽¹⁾ La especificación de la fluctuación de fase y los métodos para medirla deben satisfacer la Recomendación UIT-R BT.1363. La fluctuación de fase se mide con un cable corto (2 m).

4.5 Interfaz binaria en serie para funcionamiento de enlace doble en sistemas de 60/P y 50/P

La interfaz consiste en dos interconexiones unidireccionales entre dos dispositivos. Las interconexiones cursan los datos correspondientes a la señal de televisión de alta definición y a los datos asociados. Las dos interconexiones se denominan enlace A y enlace B. Con el término «enlace» se pretende definir un tren binario serie con un formato que se ajuste a la especificación del § 4. La velocidad de datos total de la interfaz de enlace doble es de 2,970 Gbit/s o 2,970/1,001 Gbit/s.

4.5.1 Numeración de las muestras de la fuente

Cada línea de la componente Y consta de un total de 2 640 (50/P) o 2 200 (60/P) muestras, y cada una de las líneas de las componentes C_B y C_R consta de un total de 1 320 (50/P) o 1 100 (60/P) muestras, como se muestra en el Cuadro 2. Las muestras se designan con 0-2 639 ó 0-2 199 para la componente Y y con 0-1 319 ó 0-1 099 para las componentes C_B y C_R . Las muestras individuales se marcan mediante sufijos tales como muestra $Y135$ o muestra C_B429 .

4.5.2 Trenes de datos de interfaz y estructura del múltiplex

Los datos de imagen se dividen en dos trenes de datos que se transmiten por el enlace A y el enlace B. El tren de datos en serie de un enlace contiene dos canales, el canal primero (canal Y) y el canal segundo (canal C_B/C_R). Los datos se hacen corresponder a dichos canales. El término «canal» se utiliza aquí para definir cómo se utilizan el primer canal y el segundo canal del enlace.

La correspondencia de los datos creados por la estructura de muestreo de la imagen 4:2:2 se representa en las Figs. 4 y 5. Cada línea de la imagen fuente se hace corresponder alternativamente entre el enlace A y el enlace B de la interfaz de enlace doble.

4.5.3 Señales de referencia de temporización y números de línea

Los bits F (trama/cuadro), V (vertical), H (horizontal), y los números de línea de interfaz del enlace A y del enlace B se muestran en la Fig. 4.

NOTA 1 – Este proceso exige que la operación de tampón tenga una duración mínima de una línea horizontal en cada interfaz, lo que genera un retardo mínimo de transmisión de dos líneas horizontales.

FIGURA 4

Numeración y empaquetado de las líneas de la interfaz de enlace doble

		Número de línea de imagen fuente original (véase la Nota 1)		Número de línea de interfaz digital (véase la Nota 2)
		Enlace A	Enlace B	
	Supresión de cuadro digital (V = 1)	2	3	1
Cuadro digital N.º 1 (F = 0)		40	41	20
	Cuadro activo digital (V = 0)	42	43	21
(Total de líneas: 563 × 2)		1 120	1 121	560
		1 122	1 123	561
		1 124	1 125	562
	Supresión de cuadro digital (V = 1)	1	2	563
		3	4	564
Cuadro digital N.º 2 (F = 1)		41	42	583
	Cuadro activo digital (V = 0)	43	44	584
(Total de líneas: 562 × 2)		1 121	1 122	1 123
	Supresión de cuadro digital (V = 1)	1 123	1 124	1 124
		1 125	1	1 125

Nota 1 – Número de línea progresiva 1 125, tal como se describe en la Parte 2 de la Recomendación UIT-R BT.709.

Nota 2 – Los números de línea digital 1 125 con entrelazado se definen en la Parte 2 de la Recomendación UIT-R BT.709. El número de línea encaminado por la interfaz debe ser el número de línea de la interfaz, y no el de la línea de imagen fuente.

Nota 3 – La bandera V de las líneas de imagen fuente 42 y 1 122 cambia cuando se transponen al enlace B. La línea con entrelazado 583 del enlace B encamina datos de vídeo, pero V = 1, y la línea de interfaz 1 123 del enlace B no encamina datos de vídeo activos, sin embargo V = 0.

4.5.4 Consideraciones sobre la temporización de la señal

Las diferencias temporales entre el enlace A y el enlace B no deben exceder de 400 ns en la fuente.

4.5.5 Identificación del enlace A y del enlace B

Para esta aplicación deberá estar presente un identificador de carta útil que deberá insertarse en el espacio de datos auxiliares horizontal del canal y de los enlaces A y B.

El enlace A y el enlace B se identifican mediante el identificador de carga útil, conforme a la Recomendación UIT-R BT.1614, junto con la definición del Cuadro 16.

CUADRO 16

Definiciones del identificador de carga útil para cargas útiles de vídeo de 1 920 × 1 080 en interfaces digitales de alta definición con enlace doble

Bits	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4
Bit 7	1	Transporte entrelazado (0) o progresivo (1)	Reservado	Reservado
Bit 6	0	Imagen entrelazada (0) o progresiva (1)	Cómputo de píxeles horizontales 1 920 (0) o reservado (1)	Asignación de canal de enlace doble enlace A (0) o enlace B (1)
Bit 5	0	Reservado	Relación de formato 16:9 (1) o desconocido (0)	Reservado
Bit 4	0	Reservado	Reservado	Reservado
Bit 3	0	Velocidades de imagen 50 Hz (9h), 60 Hz (Bh), 60/1,001 Hz (Ah)	Estructura de muestreo 4:2:2 Y, C _B , C _R (0h)	Reservado
Bit 2	1			Reservado
Bit 1	1			Profundidad binaria 8 bits (0h), 10 bits (1h), reservado (2h, 3h)
Bit 0	1			

Al indicar las cargas útiles progresivas de la línea 1 080 en una interfaz digital en serie con enlace doble de 1,485 Gbit/s, deben aplicarse las siguientes restricciones:

- El valor del byte 1 debe ser de (87h).
- La velocidad de imagen debe ser siempre la velocidad a la que se desean presentar las imágenes, independientemente de la frecuencia.
- En el caso de las señales progresivas de 60 Hz, 60/1,001 Hz y 50 Hz y de todas las señales PsF, el tipo de transporte debe ser entrelazado (bit b7 del byte 2 = 0) y el tipo de imagen debe ser progresiva (bit b6 del byte 2 = 1).
- El bit b6 del byte 3 debe emplearse para identificar las muestras de Y tal y como se definen en el cómputo de muestras horizontal, y debe ponerse en (0).
- El número de canal del bit b6 del byte 4 debe fijarse al valor 0 para el enlace A y a 1 para el enlace B.
- Los bits b0 y b1 del byte 4 deben fijarse del siguiente modo: profundidad binaria de píxel de 8 bits (0h), profundidad binaria de píxel de 10 bits (1h).

4.5.6 Datos auxiliares

Los datos auxiliares se deben incluir en el área de supresión del enlace A y el enlace B. Deben ser conformes a la Recomendación UIT-R BT.1364. La inclusión de los datos auxiliares en el enlace A debe hacerse antes de la inclusión en el enlace B.

4.5.7 Datos de audio

De haberlos, los datos de audio se deben incluir en el espacio de datos auxiliares del enlace A y el enlace B. Deben ser conformes a la Recomendación UIT-R BT.1365. La inclusión de los datos de audio en el enlace A debe hacerse antes de la inclusión en el enlace link B.

- *Ejemplo 1:* Cuando se incluyen 12 canales de datos de audio en la conexión de enlace doble, los 12 canales deben asignarse al enlace A – está prohibido incluir 8 canales en el enlace A y 4 en el enlace B.
- *Ejemplo 2:* Cuando se incluyen 20 de datos de audio, 16 deben asignarse al enlace A y 4, al enlace B.

4.5.8 Código horario

De haberlo, el código horario debe incluirse en el espacio de datos auxiliares del enlace A. Debe ser conforme a la Recomendación UIT-R BT.1366.

4.6 Transposición de enlace único de 3 Gbit/s – Fuente de enlace doble

Las dos interfaces de 10 bits en paralelo de la misma línea y estructura de trama con sincronización de bits y construidas conforme al § 4 de la presente Recomendación deben transponerse a una interfaz virtual de 20 bits de dos trenes de datos –tren de datos uno y tren de datos dos.

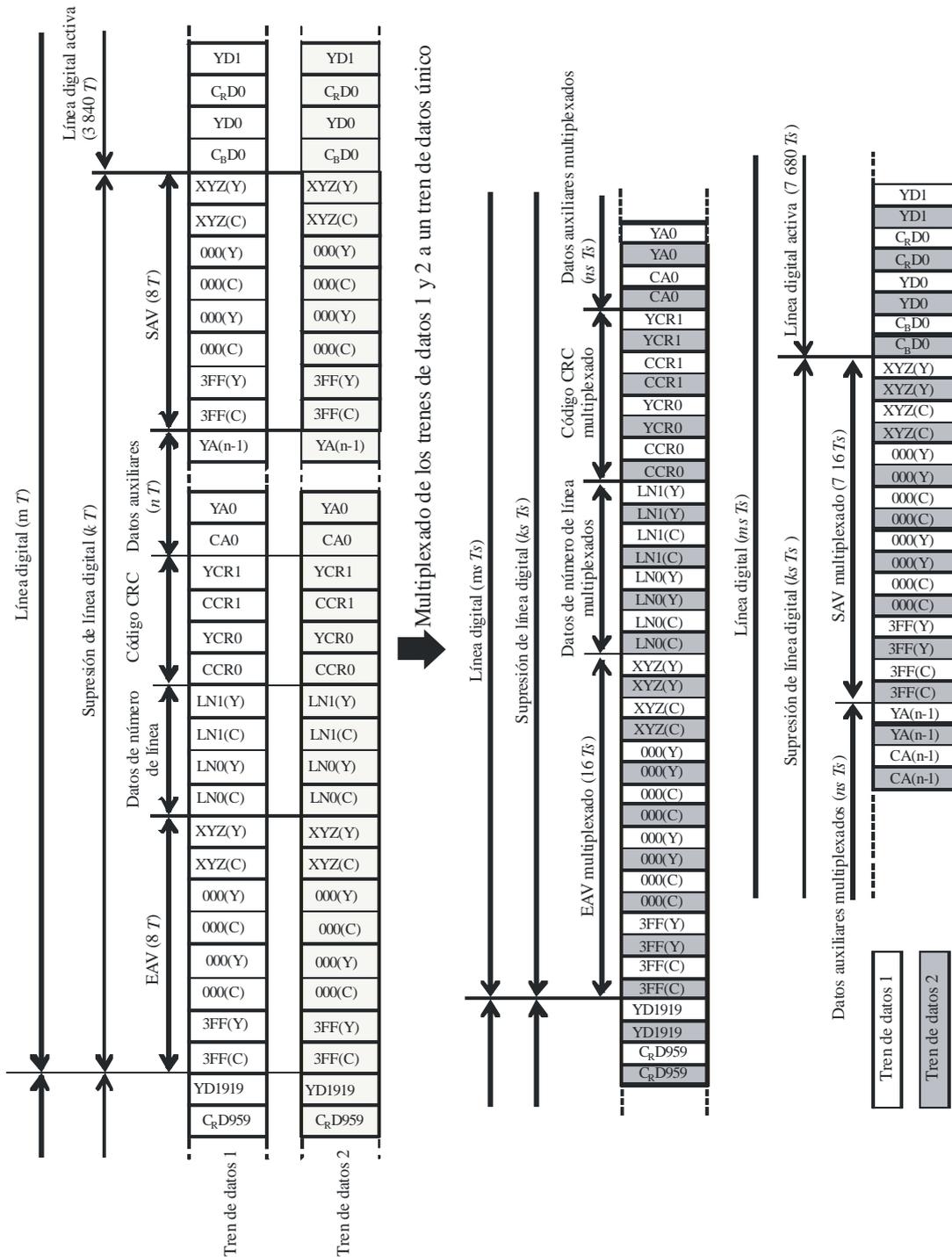
El tren de datos uno debe contener todas las palabras de datos de 10 bits de la interfaz del enlace A y el tren de datos dos, todas las palabras de datos de la interfaz del enlace B, como se muestra en la Fig. 6.

Las interfaces de 10 bits así construidas deben contener palabras de codificación de referencia de temporización (SAV/EAV, números de línea y VRC basadas en línea, como se define en la presente Recomendación).

Cada interfaz de 10 bits en paralelo debe estar alineada por línea y palabra. La frecuencia de interfaz debe ser de 148,5 MHz o 148,5/1,001 MHz.

FIGURA 5

Estructura de transposición de enlace único de 3 Gbit/s de Y, C_B, C_R



BT.1120-05

- YD0 – YD1919: Datos de luminancia digital Y
- CBD0 – CBD959: Datos de diferencia de color digital C_B
- CRD0 – CRD959: Datos de diferencia de color C_R
- YA0 – YA(n-1): Datos auxiliares o datos de supresión en canal Y
- CA0 – CA(n-1): Datos auxiliares o datos de supresión en canal C_B/C_R

Véase el Cuadro 17 para consultar los valores de muestra que no se indican con números.

CUADRO 17

Especificaciones de la temporización del flujo de datos (véase la Fig. 5)

Símbolo	Parámetro	Valor	
		60/P	50/P
T	Periodo del reloj paralelo (ns)	1 000/148,5 (1 001/148,5)	1 000/148,5
T_s	Periodo del reloj de datos en paralelo multiplexados	T/2	
m	Línea digital en tren de datos en paralelo	4400	5280
k	Supresión de línea digital en tren de datos en paralelo	560	1 440
n	Datos auxiliares o datos de supresión en tren de datos en paralelo	536	1 416
m_s	Línea digital en tren de datos en paralelo multiplexado	8800	10560
k_s	Supresión de línea digital en tren de datos en paralelo multiplexado	1 120	2880
n_s	Datos auxiliares o datos de supresión en tren de datos en paralelo multiplexado	1 072	2832

4.6.1 Identificador de carga útil de enlace sencillo a 3 Gbit/s (fuente de enlace doble)

Para esta aplicación, el identificador de carga útil es obligatorio. Este debe introducirse en el espacio de datos auxiliares horizontal del canal Y tanto del tren de datos uno como del tren de datos dos.

El identificador de carga útil debe ser conforme al formato de datos del identificador de carga útil definido en la Recomendación UIT-R BT.1614 asociado con la definición del Cuadro 18. Cuando existe un identificador de carga útil de 4 bytes, debe transponerse al área de supresión horizontal de la interfaz inmediatamente después de una secuencia de palabras EAV-LN-CRC.

1 125I (trama 1): Línea 10

1 125I (trama 2): Línea 572.

CUADRO 18

Transposición única de 3 Gbit/s – Identificador de carga útil de enlace doble

	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4
Bit 7	1	Transporte entrelazado (0) o progresivo (1)	Reservado	Reservado
Bit 6	0	Imagen entrelazada (0) o progresiva (1)	Cómputo de píxel horizontal 1 920 (0) reservado (1)	Asignación de canal de enlace doble enlace A (0) o enlace B (1)
Bit 5	0	Reservado	Relación de formato 16:9 (1), desconocido (0)	Reservado
Bit 4	0	Reservado	Reservado	Reservado
Bit 3	1	Velocidades de imagen 50 Hz (9h), 60 Hz (Bh), 60/1,001 Hz (Ah)	Estructura de muestreo 4:2:2 (0h), Y, C _B , C _R	Reservado
Bit 2	0			Reservado
Bit 1	1			Profundidad binaria 8 bits (0h), 10 bits (1h) reservado (2h, 3h)
Bit 0	0			

Byte 1 Debe tener un valor de (8Ah)

Byte 2

El segundo byte debe utilizarse para indicar la velocidad de imagen y la estructura de la imagen y el transporte.

El bit b7 debe utilizarse para indicar si la interfaz digital utiliza una estructura de transporte progresiva o entrelazada de modo que:

b7 = (0) indica transporte entrelazado

b7 = (1) indica transporte progresivo.

El bit b6 debe utilizarse para indicar si la imagen tiene una estructura progresiva o entrelazada de modo que:

b6 = (0) indica estructura entrelazada

b6 = (1) indica estructura progresiva.

NOTA – Las cargas útiles de video PsF se identifican con una imagen progresiva transportada por interfaz digital entrelazada. El transporte lleva la carga útil de video progresiva como primer y segundo segmentos dentro de la duración de la trama de transporte. Dichos segmentos de imagen primero y segundo se señalan por medio de los indicadores de trama primero y segundo del transporte digital de interfaz.

Los bits b5 a b4 deben ponerse a (0).

Los bits b3 a b0 deben emplearse para indicar la velocidad de imagen en Hz y deben restringirse a las velocidades de tramas (50 Hz (9h), 60 Hz (Bh) y 60/1001 Hz (Ah)) definidas en la Parte 2 de la Recomendación UIT-R BT.709.

Byte 3

El tercer byte debe utilizarse para indicar la relación de formato y la estructura de muestreo de la carga útil de vídeo.

El bit b6 debe utilizarse para indicar el cómputo de píxel horizontal:

(0) 1 920 píxeles

(1) reservado.

El bit b5 debe utilizarse para indicar la relación de formato de la imagen:

(0) relación de formato desconocida

(1) imagen 16:9.

Los bits b3 a b0 del byte 3 deben utilizarse para indicar la estructura de muestreo. Esta Recomendación se restringe al valor (0h).

Los bits b7 y b4 deben reservarse y ponerse a (0).

Byte 4

Los bits b7 a b1 se reservan y se ponen a (0).

Los bits b1 y b0 deben utilizarse para indicar la profundidad binaria:

(0) indica 8 bits por muestra

(1) indica 10 bits por muestra.

4.7 Aplicaciones de la interfaz digital en serie de enlace doble

El Apéndice 1 del Anexo 1 muestra aplicaciones de TVAD de la interfaz digital en serie de enlace doble de alta definición para otros formatos de señal.

4.8 Aplicaciones de enlace único de 3 Gbit/s para transporte de datos formateados en dos interfaces de 1,5 Gbit/s

El Apéndice 2 al Anexo 1 muestra algunas aplicaciones de TVAD de la interfaz digital binaria en serie de alta definición y enlace único de 3 Gbit/s para otros formatos de señal ampliados.

Apéndice 1 al Anexo 1

Aplicaciones de la interfaz digital en serie de alta definición de enlace doble

La interfaz digital en serie de alta definición de enlace doble puede utilizarse también para transportar los formatos de señal de fuente de TVAD que se enumeran en el Cuadro 19.

CUADRO 19

Formatos de señal de fuente ampliados de TVAD

Estructura de muestreo del formato de señal	Profundidad binaria del píxel	Velocidades de cuadro/trama
4:4:4 (<i>RGB</i>) 4:4:4:4 (<i>RGB+A</i> o <i>D</i>)	10 bits	30, 30/1,001, 25, 24, y 24/1,001 Hz para progresiva y cuadro segmentado 60, 60/1,001, y 50 Hz para tramas entrelazadas
4:4:4 (<i>RGB</i>)	12 bits	
4:2:2 (<i>YC_BCR</i>) 4:2:2:4 (<i>YC_BCR + A</i> o <i>D</i>)	12 bits	
4:4:4 (<i>YC_BCR</i>) 4:4:4:4 (<i>YC_BCR+A</i> o <i>D</i>)	10 bits	
4:4:4 (<i>YC_BCR</i>)	12 bits	

NOTA 1 – Las componentes «A» o «D» son componentes auxiliares definidas por el usuario dependiendo de la aplicación. La nomenclatura «A» se refiere a un canal de imagen, mientras que la nomenclatura «D» se refiere a un canal que no es de imagen (es decir, datos). En el caso de la componente «D», la profundidad binaria de la señal auxiliar se restringe a un máximo de 8 bits.

1 Señales 4:4:4 (*RGB*) y 4:4:4:4 (*RGB + A* o *D*) de 10 bits de sistemas 30/P, 30/PsF, 60/I, 25/P, 25/PsF, 50/I, 24/P y 24/PsF

1.1 Numeración de las muestras de la fuente

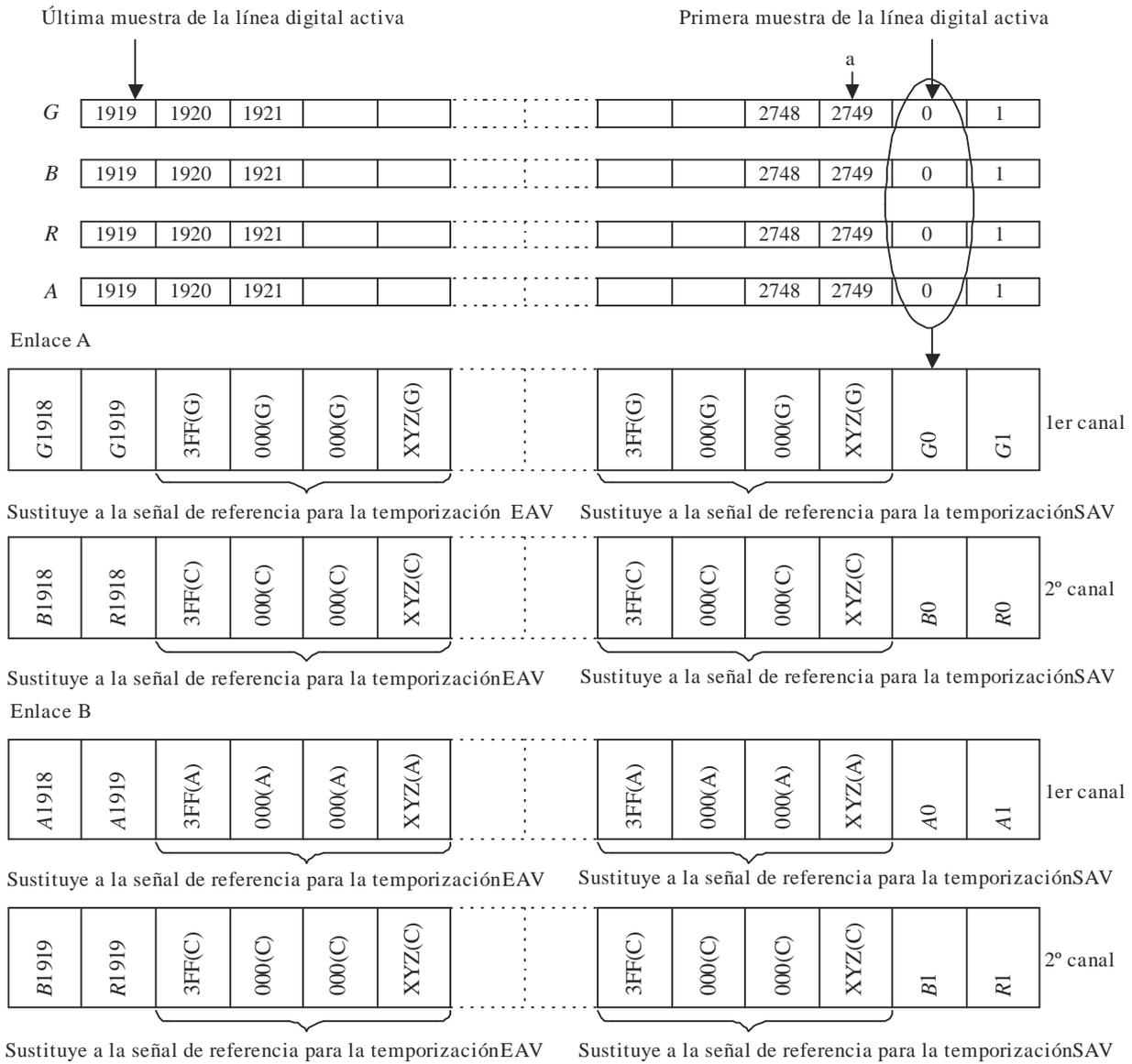
Cada línea de las componentes *G*, *B*, *R* y *A* o *D* consta de un total de 2 750, 2 640 ó 2 200 muestras, como se muestra en el Cuadro 2. Las muestras se designan 0-2 749, 0-2 639 ó 0-2 199 y las muestras individuales se designan mediante sufijos tales como muestra *G*135 o muestra *B*429.

1.2 Trenes de datos de la interfaz

El tren de datos del enlace A contiene todas las muestras de la componente *G* más las muestras pares (0, 2, 4, etc.) de las componentes *B* y *R*. El tren de datos del enlace B contiene las muestras impares (1, 3, 5, etc.) de las componentes *B* y *R*, más todas las muestras de la componente *A* o *D* (véase la Fig. 6).

FIGURA 6

Estructura del múltiplex para señales 4:4:4 (RGB) y 4:4:4:4 (RGB + A) de 10 bits



BT.1120-06

Velocidades de cuadro/trama	Profundidad binaria del píxel	Palabras totales por paquete de transmisión	Palabras totales de datos de imagen activa por paquete de transmisión	Número de palabras
60 ó 60/1,001 tramas, 30 ó 30/1,001 cuadros	10 bits	2 200	1 920	2 199
50 tramas, 25 cuadros	10 bits	2 640	1 920	2 639
24 ó 24/1,001 cuadros	10 bits	2 750	1 920	2 749

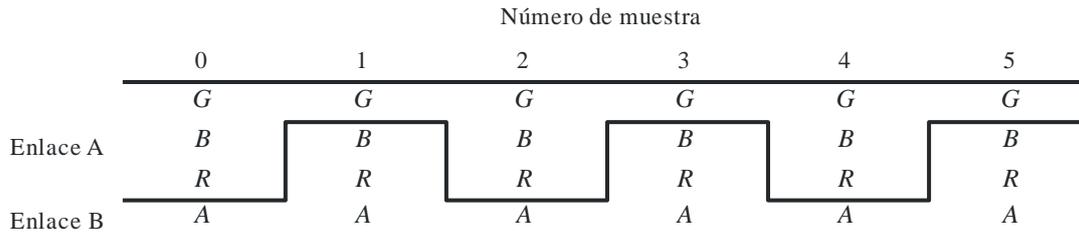
1.3 Estructura del múltiplex

Las palabras de datos de vídeo se transmitirán en el orden siguiente: (véase la Fig. 7)

Tren de datos del enlace A: B0, G0, R0, G1, B2, G2, R2, G3 ...

Tren de datos del enlace B: B1, A0, R1, A1, B3, A2, R3, A3 ...

FIGURA 7
 Contenido del enlace para señales 4:4:4 (RGB) y 4:4:4:4 (RGB + A) de 10 bits



BT.1120-07

1.4 Señal auxiliar

La utilización de la señal auxiliar (*A* o *D*) depende de la aplicación.

Si la señal auxiliar no está presente, el valor por defecto de la componente auxiliar se fijará en $64_{(10)}$. Si se utiliza la señal auxiliar para transmitir información de imagen, el formato del grupo de punto y la velocidad de cuadro/trama serán los mismos que los de la componente *G* cursada por la interfaz. Si se utiliza la señal auxiliar para transmitir información que no es de imagen, las palabras de datos de la señal auxiliar serán de un máximo de 8 bits. En cuanto a una interfaz de 10 bits, el bit b8 debe ser el bit de paridad para los bits b7 b0, y el bit debe ser el complemento del bit b8.

No están permitidos los valores de datos $0_{(10)}$ a $3_{(10)}$ y $1\ 020_{(10)}$ a $1\ 023_{(10)}$.

2 Señales 4:4:4 (RGB) de 12 bits de sistemas 30/P, 30/PsF, 60/I, 25/P, 25/PsF, 50/I, 24/P y 24/PsF

2.1 Numeración de muestras de la fuente

Cada línea de las componentes *G*, *B* y *R* consta de un total de 2 750, 2 640 ó 2 200 muestras, como se indica en el Cuadro 2. Las muestras se designan mediante 0-2 749, 0-2 639 ó 0-2 199 y las muestras individuales se designan mediante sufijos tales como muestra *G*135 o muestra *B*429. Las muestras se cuantifican con 12 bits conforme a las ecuaciones de codificación digital siguientes:

$$D'_R = \text{INT}[(219 E'_R + 16) \cdot 2^{n-8}]$$

$$D'_G = \text{INT}[(219 E'_G + 16) \cdot 2^{n-8}]$$

$$D'_B = \text{INT}[(219 E'_B + 16) \cdot 2^{n-8}]$$

«*n*» indica el número de la longitud binaria de la señal cuantificada, es decir, $n = 12$.

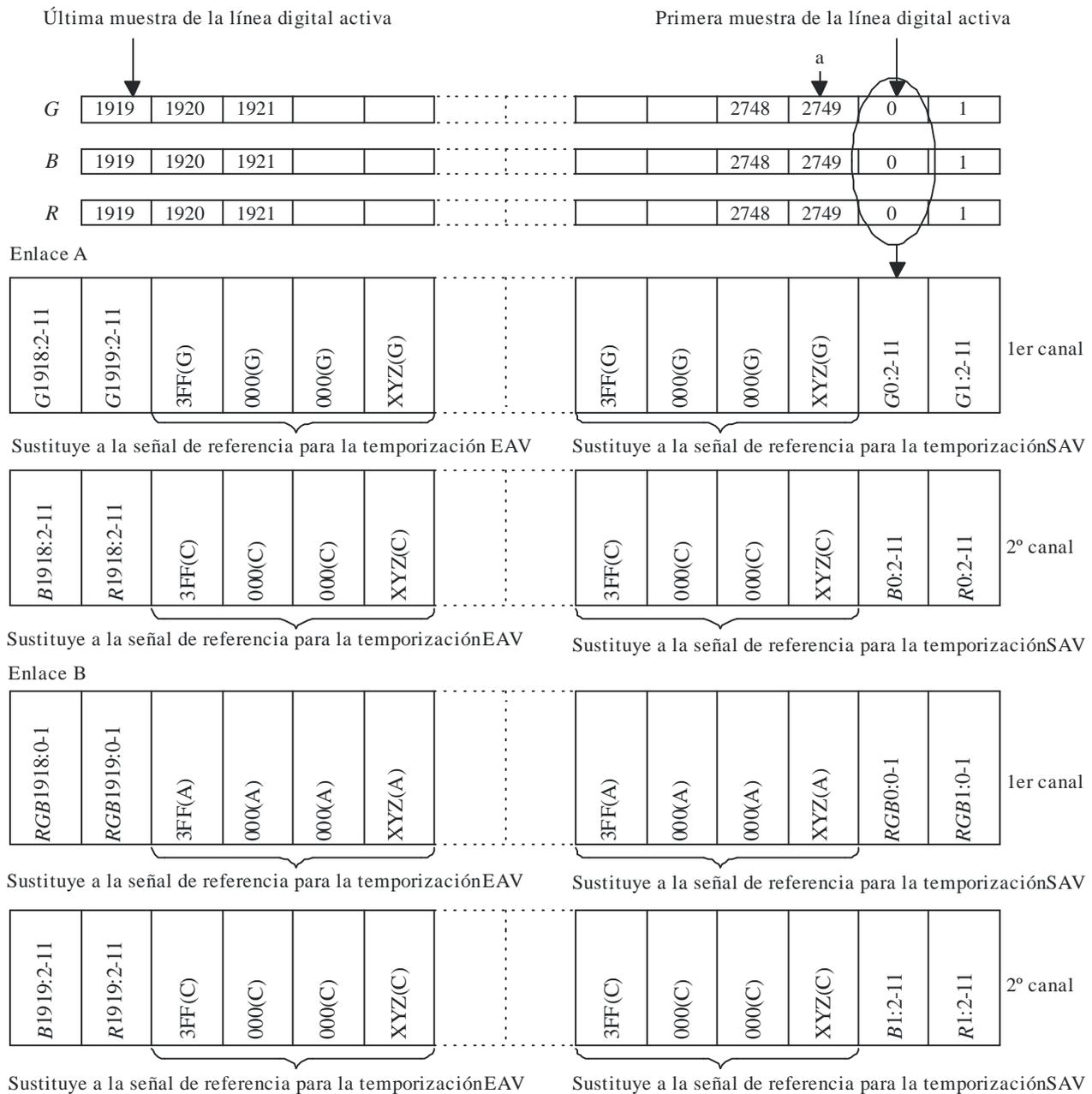
El operador INT da el valor 0 para partes fraccionales comprendidas entre 0 y 0,4999... y +1 para partes fraccionales comprendidas entre 0,5 y 0,9999..., es decir, redondea las fracciones por encima de 0,5.

Los 10 bits más significativos de las muestras de 12 bits se designan con sufijos como muestra *G*135:2-11 o muestra *B*429:2-11, y los 2 bits menos significativos de las muestras de 12 bits se designan con sufijos como *G*135:0-1 o muestra *B*429:0-1. Los 2 bits menos significativos de las señales *R*, *G* y *B* se asignan al primer canal del enlace B, y se designan con sufijos como *RGB*135:0-1. El bit *n*-ésimo de las señales *R*, *G* y *B* se designa con un sufijo como *G*:*n*. La estructura de datos *RGB*:0-1 se define en el § 2.3.

2.2 Trenes de datos de la interfaz

El tren de datos del enlace A consta de los 10 bits más significativos de todas las muestras de la componente *G*, más los 10 bits más significativos de las muestras pares (0, 2, 4, etc.) de las componentes *B* y *R*. El tren de datos del enlace B consta de los 10 bits más significativos de las muestras impares (1, 3, 5, etc.) de las componentes *B* y *R*, más los 2 bits menos significativos de todas las muestras de las componentes *R*, *G* y *B* (véase la Fig. 8).

FIGURA 8
Estructura del múltiplex para señales 4:4:4 (RGB) de 12 bits



Velocidades de cuadro/trama	Profundidad binaria del píxel	Palabras totales por paquete de transmisión	Palabras totales de datos de imagen activa por paquete de transmisión	Número de palabras
60 ó 60/1,001 tramas, 30 ó 30/1,001 cuadros	12 bits	2 200	1 920	2 199
50 tramas, 25 cuadros	12 bits	2 640	1 920	2 639
24 ó 24/1,001 cuadros	12 bits	2 750	1 920	2 749

2.3 Transposición de RGB:0-1 al primer canal del enlace B

La transposición de los 2 bits menos significativos de *R*, *G* y *B* al primer canal del enlace B se describe en el Cuadro 20.

CUADRO 20

Estructura de transposición de RGB:0-1 al primer canal del enlace B

Palabra	Número de bit									
	9 (MSB)	8	7	6	5	4	3	2	1	0 (LSB)
	—	EP	<i>G</i> :1	<i>G</i> :0	<i>B</i> :1	<i>B</i> :0	<i>R</i> :1	<i>R</i> :0	Res	Res

MSB: bit más significativo.

LSB: bit menos significativo.

El bit b8 es el bit de paridad para los bits b7 a b0.

El bit b9 es el complemento del bit b8.

Los bits b0 y b1 están reservados (los bits reservados deben ponerse a 0 hasta ser definidos).

2.4 Estructura del múltiplex

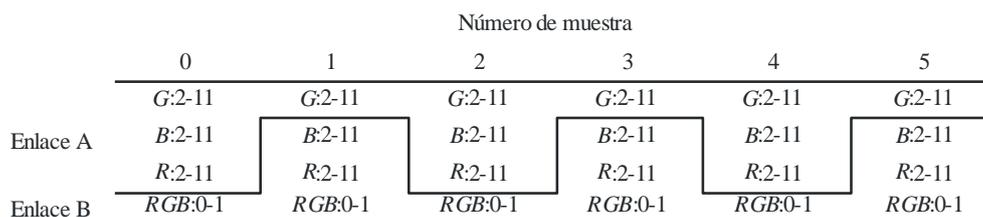
Las palabras de datos de imagen deben transmitirse en el orden siguiente: (véase la Fig. 9).

Tren de datos del enlace A: *B*0:2-11, *G*0:2-11, *R*0:2-11, *G*1:2-11, *B*2:2-11, *G*2:2-11, *R*2:2-11, *G*3:2-11 ...

Tren de datos del enlace B: *B*1:2-11, *RGB*0:0-1, *R*1:2-11, *RGB*1:0-1, *B*3:2-11, *RGB*2:0-1, *R*3:2-11, *RGB*3:0-1 ...

FIGURA 9

Contenido de los enlaces de las señales 4:4:4 (*RGB*) de 12 bits



3 Señales 4:2:2 (YCBCR) de 12 bits de sistemas 30/P, 30/PsF, 60/I, 25/P, 25/PsF, 50/I, 24/P y 24/PsF

3.1 Numeración de muestras de la fuente

Cada línea de la componente Y consta de un total de 2 750, 2 640 ó 2 200 muestras y cada línea de las componentes C_B y C_R consta de un total de 1 375, 1 320 ó 1 100 muestras, como se indica en el Cuadro 2. Las muestras se designan 0-2 749, 0-2 639 ó 0-2 199 para la componente Y y 0-1 374, 0-1 319 ó 0-1 099 para las componentes C_B y C_R . Las muestras individuales se designan mediante sufijos tales como muestra $Y135$ o muestra C_B429 . Las muestras se cuantifican con 12 bits conforme a las ecuaciones de codificación digital siguientes:

$$D'_Y = \text{INT} \left[(219 E'_Y + 16) \cdot 2^{n-8} \right]$$

$$D'_{C_B} = \text{INT} \left[(224 E'_{C_B} + 128) \cdot 2^{n-8} \right]$$

$$D'_{C_R} = \text{INT} \left[(224 E'_{C_R} + 128) \cdot 2^{n-8} \right]$$

« n » indica el número de la longitud binaria de la señal cuantificada, es decir, $n = 12$.

El operador INT da el valor 0 para partes fraccionales comprendidas entre 0 y 0,4999... y +1 para partes fraccionales comprendidas entre 0,5 y 0,9999..., es decir, redondea las fracciones por encima de 0,5.

Los 10 bits más significativos de las muestras de 12 bits se designan con sufijos como muestra $Y135:2-11$ o muestra $C_B429:2-11$, y los 2 bits menos significativos de las muestras de 12 bits se designan con sufijos como $Y135:0-1$ o muestra $C_B429:0-1$. Los 2 bits menos significativos de las señales Y , C_B y C_R se asignan al primer canal del enlace B, y se designan con sufijos como $YC_B C_R135:0-1$ y $Y136:0-1$. El bit n -ésimo de las señales Y , C_B y C_R se designa con un sufijo como $Y:n$. La estructura de datos $YC_B C_R:0-1$ y $Y:0-1$ se define en el § 3.3.

3.2 Trenes de datos de la interfaz

El tren de datos del enlace A consta de los 10 bits más significativos de todas las muestras de la componente Y , más los 10 bits más significativos de las muestras pares de las componentes C_B y C_R . El tren de datos del enlace B contiene los 2 bits menos significativos de las muestras de las componentes Y , C_B y C_R en todos los puntos de muestra par, y los dos 2 bits menos significativos de Y (solo) en los puntos de muestra impar, más la componente A o D (véase la Fig. 10).

3.3 Transposición de datos de $YC_B C_R:0-1$ y $Y:0-1$ al primer canal del enlace B

La transposición de los 2 bits menos significativos de las muestras pares de Y , C_B y C_R y de los 2 bits menos significativos de las muestras impares de Y (solo) al primer canal del enlace B se muestra en los Cuadros 21 y 22 y en la Fig. 11.

CUADRO 21

Estructura de asignación de $YC_B C_R:0-1$ al primer canal del enlace B

Palabra	Número de bit									
	9 (MSB)	8	7	6	5	4	3	2	1	0 (LSB)
	— Bit8	EP	Y:1	Y:0	$C_B:1$	$C_B:0$	$C_R:1$	$C_R:0$	Res	Res

MSB: bit más significativo.

LSB: bit menos significativo.

El bit b8 es el bit de paridad para los bits b7 a b0.

El bit b9 es el complemento del bit b8.

Los bits b0 y b1 están reservados (los bits reservados deben ponerse a 0 hasta ser definidos).

CUADRO 22

Estructura de transposición de $Y:0-1$ al primer canal del enlace B

Palabra	Número de bit									
	9 (MSB)	8	7	6	5	4	3	2	1	0 (LSB)
	— Bit8	EP	Y:1	Y:0	Res	Res	Res	Res	Res	Res

MSB: bit más significativo.

LSB: bit menos significativo.

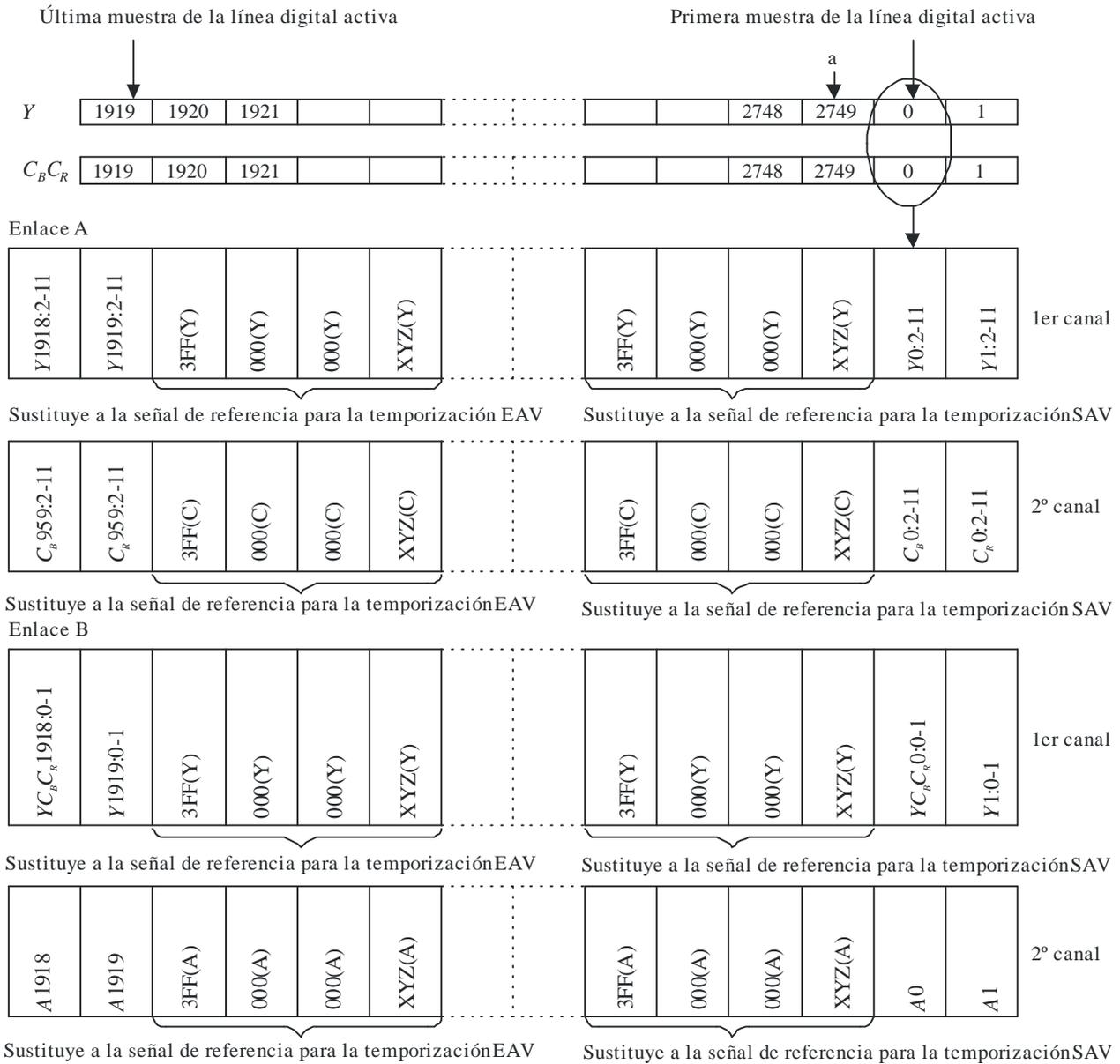
El bit b8 es el bit de paridad para los bits b7 a b0.

El bit b9 es el complemento del bit b8.

Los bits b0 y b1 están reservados (los bits reservados deben ponerse a 0 hasta ser definidos).

FIGURA 10

Estructura del múltiplex de señales 4:2:2 ($YC_B B_R$) de 12 bits



BT:1120-10

Velocidades de cuadro/trama	Profundidad binaria del píxel	Palabras totales por paquete de transmisión	Palabras totales de datos de imagen activa por paquete de transmisión	Número de palabras
60 ó 60/1,001 tramas, 30 ó 30/1,001 cuadros	12 bit	2 200	1 920	2 199
50 tramas, 25 cuadros	12 bit	2 640	1 920	2 639
24 ó 24/1,001 cuadro	12 bit	2 750	1 920	2 749

3.4 Estructura del múltiplex

Las palabras de datos de imagen deben transmitirse en el orden siguiente: (véase la Fig. 11).

Tren de datos del enlace A: $C_B0:2-11$, $Y0:2-11$, $C_R0:2-11$, $Y1:2-11$, $C_B2:2-11$, $Y2:2-11$, $C_R2:2-11$, $Y3:2-11$...

Tren de datos del enlace B: $A0$, $YC_B C_R0:0-1$, $A1$, $Y1:0-1$, $A2$, $YC_B C_R2:0-1$, $A3$, $Y3:0-1$...

FIGURA 11

Contenido del enlace para señales 4:2:2 ($YC_B B_R$) de 12 bits

		Número de muestra				
		0	1	2	3	
Enlace A		$Y:2-11$	$Y:2-11$	$Y:2-11$	$Y:2-11$	
		$C_B:2-11$		$C_B:2-11$		
		$C_R:2-11$		$C_R:2-11$		
Enlace B		$YC_B C_R:0-1$	$Y:0-1$	$YC_B C_R:0-1$	$Y:0-1$	← 1er canal
		A	A	A	A	← 2º canal

BT.1120-11

3.5 Señal auxiliar

Véase el § 1.4.

4 Señales 4:4:4 ($YC_B C_R$), 4:4:4:4 ($YC_B C_R + A$ o D) de 10 bits de sistemas 30/P, 30/PsF, 60/I, 25/P, 25/PsF, 50/I, 24/P y 24/PsF

4.1 Numeración de muestras de la fuente

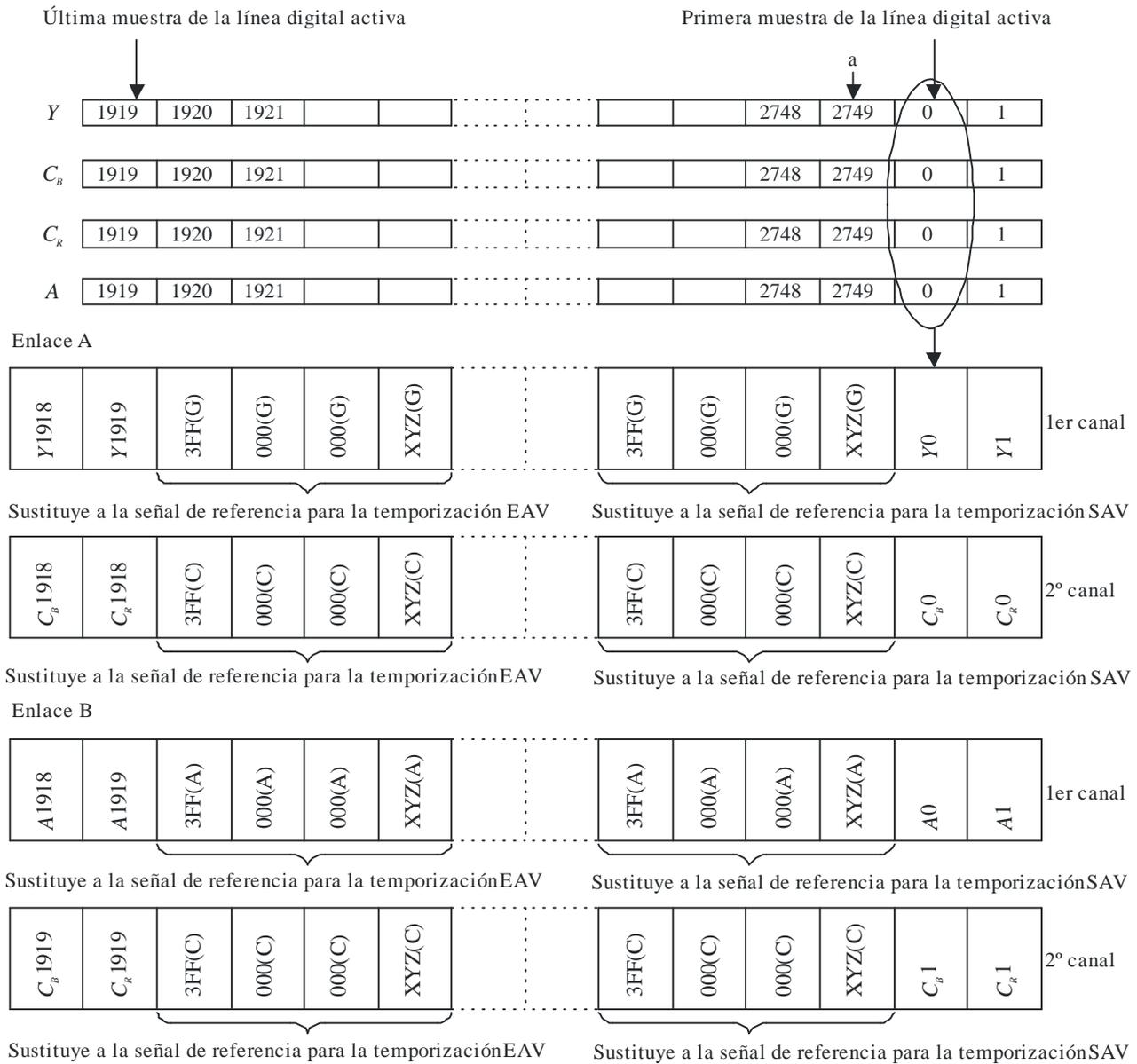
Cada línea de las componentes Y , C_B , C_R y A o D consta de un total de 2 750, 2 640 ó 2 200 muestras. Las muestras se designan 0-2 749, 0-2 639, ó 0-2199 y las muestras individuales se designan con sufijos como muestra $Y135$ o muestra C_B429 .

4.2 Trenes de datos de la interfaz

El tren de datos del enlace A contiene todas las muestras de la componente Y más las muestras pares (0, 2, 4, etc.) de las componentes C_B y C_R . El tren de datos del enlace B contiene las muestras impares (1, 3, 5, etc.) de las componentes C_B y C_R , más todas las muestras de las componentes A o D (véase la Fig. 12).

FIGURA 12

Estructura del múltiplex de señales 4:4:4 ($YC_B C_R$) y 4:4:4:4 ($YC_B C_R + A$) de 10 bits



BT.1120-12

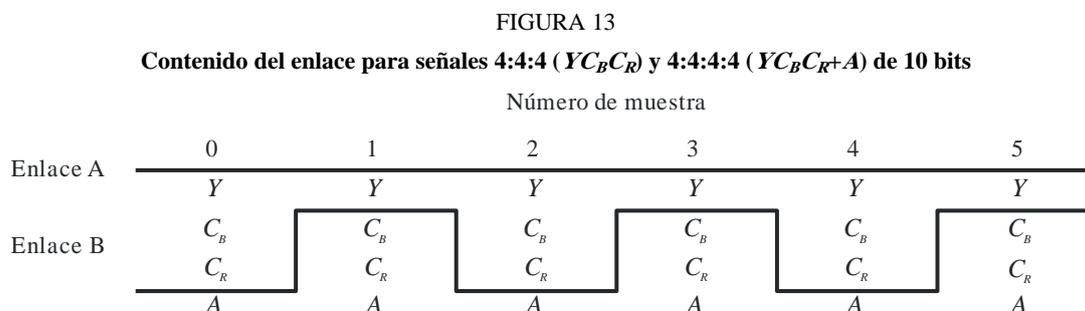
Velocidades de cuadro/trama	Profundidad binaria del píxel	Palabras totales por paquete de transmisión	Palabras totales de datos de imagen activa por paquete de transmisión	Número de palabras
60 ó 60/1,001 tramas, 30 ó 30/1,001 cuadros	10 bits	2 200	1 920	2 199
50 tramas, 25 cuadros	10 bits	2 640	1 920	2 639
24 ó 24/1,001 cuadros	10 bits	2 750	1 920	2 749

4.3 Estructura del múltiplex

Las palabras de datos de vídeo se transmitirán en el orden siguiente: (véase la Fig. 13)

Tren de datos del enlace A: $C_B0, Y0, C_R0, Y1, C_B2, Y2, C_R2, Y3 \dots$

Tren de datos del enlace B: $C_B1, A0, C_R1, A1, C_B3, A2, C_R3, A3 \dots$



BT.1120-13

4.4 Señal auxiliar

Véase el § 1.4.

5 Señales 4:4:4 ($YC_B C_R$) de 12 bits de sistemas 30/P, 30/PsF, 60/I, 25/P, 25/PsF, 50/I, 24/P y 24/PsF

5.1 Numeración de muestras de la fuente

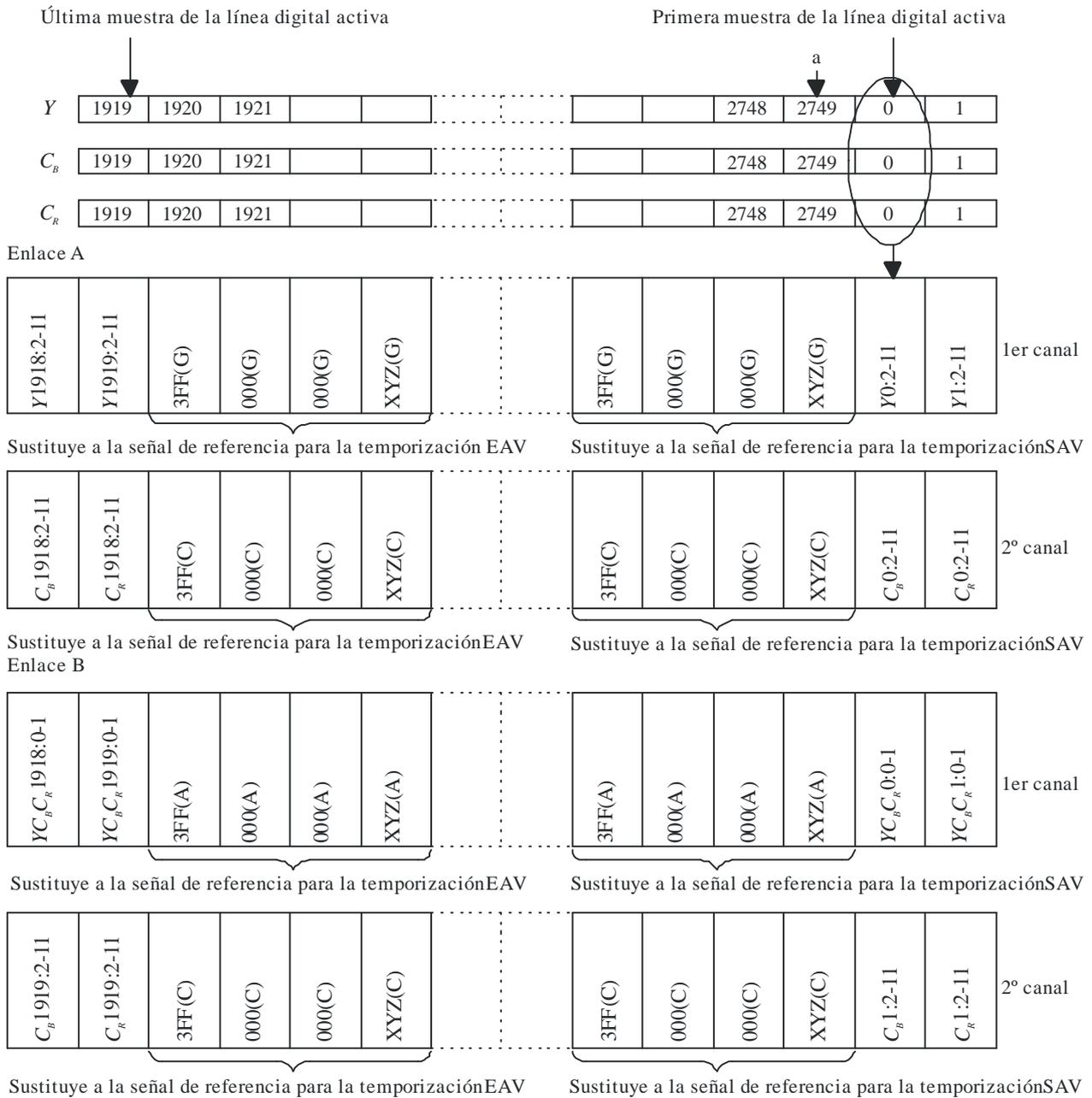
Cada línea de las componentes Y , C_B , y C_R consta de un total de 2 750, 2 640 ó 2 200. Las muestras se designan 0-2 749, 0-2 639 ó 0-2 199 y las muestras individuales se designan con sufijos como muestra $Y135$ o muestra C_B429 . Las muestras se cuantifican con 12 bits conforme a las ecuaciones de codificación digital del § 3.1. Los 10 bits más significativos de las muestras de 12 bits se designan con sufijos como muestra $Y135:2-11$ o muestra $C_B429:2-11$, y los 2 bits menos significativos de las muestras de 12 bits se designan con sufijos como muestra $Y135:0-1$ o muestra $C_B429:0-1$. Los 2 bits menos significativos de las señales Y , C_B y C_R se asignan al primer canal del enlace B, y se designan con sufijos como $Y, C_B, C_R135:0-1$. El bit n -ésimo de las señales Y, C_B y C_R se designa con un sufijo como $Y:n$. La estructura de datos de $Y, C_B, C_R:0-1$ se define conforme al § 3.3.

5.2 Trenes de datos de la interfaz

El tren de datos del enlace A consta de los 10 bits más significativos de todas las muestras de la componente Y , más los 10 bits más significativos de las muestras pares (0, 2, 4, etc.) de las componentes C_B y C_R . El tren de datos del enlace B consta de los 10 bits más significativos de las muestras impares (1, 3, 5, etc.) de las componentes C_B y C_R , más los 2 bits menos significativos de todas las muestras de las componentes Y, C_B y C_R (véase la Fig. 14).

FIGURA 14

Estructura del múltiplex de señales 4:4:4 ($YC_B C_R$) de 12 bits



BT.1120-14

Velocidades de cuadro/trama	Profundidad binaria del píxel	Palabras totales por paquete de transmisión	Palabras totales de datos de imagen activa por paquete de transmisión	Número de palabras
60 ó 60/1,001 tramas, 30 ó 30/1,001 cuadros	12 bits	2 200	1 920	2 199
50 tramas, 25 cuadros	12 bits	2 640	1 920	2 639
24 ó 24/1,001 cuadros	12 bits	2 750	1 920	2 749

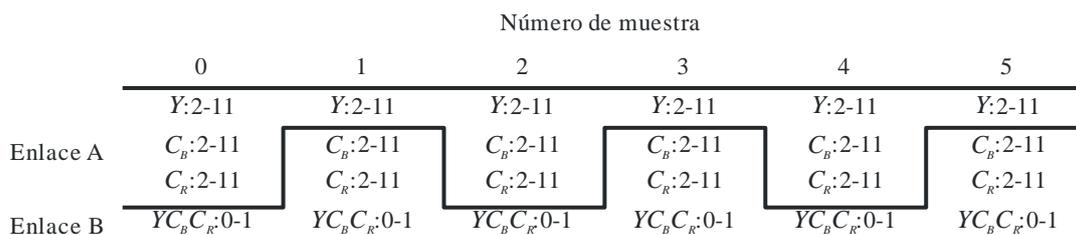
5.3 Estructura del múltiplex

Las palabras de datos de vídeo se transmitirán en el orden siguiente: (véase la Fig. 15)

Tren de datos de enlace A: $C_B0:2-11$, $Y0:2-11$, $C_R0:2-11$, $Y1:2-11$, $C_B2:2-11$, $Y2:2-11$, $C_R2:2-11$, $Y3:2-11$...

Tren de datos de enlace B: $C_B1:2-11$, $Y C_B C_R 0:0-1$, $C_R1:2-11$, $Y C_B C_R 1:0-1$, $C_B3:2-11$, $Y C_B C_R 2:0-1$, $C_R3:2-11$, $Y C_B C_R 3:0-1$...

FIGURA 15
Contenido del enlace de señales 4:4:4 ($Y C_B C_R$) de 12 bits



BT.1120-15

5.4 Valores de carga útil de imagen ampliada

CUADRO 23

Definiciones del identificador de carga útil de imagen ampliada 1 920 × 1 080 para cargas útiles de vídeo en interfaces digitales de alta definición con enlace doble

Bits	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4
Bit 7	1	Transporte entrelazado (0) o progresivo (1)	Reservado	Reservado
Bit 6	0	Imagen entrelazada (0) o progresiva (1)	Cómputo de muestras horizontales activas 1 920 (0) o reservado (1)	Asignación de canal de enlace doble enlace A (0) o enlace B (1)
Bit 5	0	Reservado	Relación de formato 16:9 (1) o desconocido (0)	Reservado
Bit 4	0	Reservado	Reservado	Reservado
Bit 3	0	Velocidades de imagen 24 Hz (3h), 24/1,001 Hz (2h), 25 Hz (5h), 30 Hz (7h) 30/1,001 Hz (6h)	Estructura de muestreo 4:4:4 $RGB(2h)$, 4:4:4:4 $RGB+A(6h)$ 4:4:4:4 $RGB+D(Ah)$ 4:4:4 $Y, C_B, C_R(1h)$ 4:2:2 $Y, C_B, C_R(0h)$ 4:2:2:4 $Y, C_B, C_R/+A(4h)$ 4:2:2:4 $Y, C_B, C_R/+D(8h)$	Reservado
Bit 2	1		Reservado	
Bit 1	1		Profundidad binaria 8 bits (0h), 10 bits (1h) 12 bits (2h), reservado (3h)	
Bit 0	1			

NOTA 1 – El término 4:4:4 indica el formato del muestreo de componentes independientemente de la resolución.

El enlace A y el enlace B deben ser identificados por el identificador de carga útil con un valor de 87h en el byte 1.

El identificador de carga útil es obligatorio para esta aplicación. Debe transponerse al espacio de datos auxiliares inmediatamente después de una secuencia de palabras EAV-LN-CRC en el canal Y del enlace A y del enlace B.

Si se dispone de espacio para datos auxiliares, la ubicación recomendada del paquete de datos auxiliares debe ser en la línea siguiente:

- 1 125I (trama 1): Línea 10
- 1 125I (trama 2): Línea 572.

Apéndice 2 al Anexo 1

Aplicaciones de transposición del enlace doble de 1,5 Gbit/s de la interfaz digital en serie de alta definición y enlace único de 3 Gbit/s a enlace único de 3 Gbit/s

La interfaz digital en serie de alta definición y enlace único de 3 Gbit/s puede utilizarse también para transportar los formatos de señal de fuente TVAD recogidos en el Cuadro 19 del Apéndice 1 al Anexo 1.

1 Fuente de enlace doble

Las dos interfaces de 10 bits en paralelo de la misma línea y estructura de trama con sincronización de bits y construidas conforme al § 4 de la presente Recomendación deben transponerse a una interfaz virtual de 20 bits de dos trenes de datos –tren de datos uno y tren de datos dos.

El tren de datos uno debe contener todas las palabras de datos de 10 bits de la interfaz del enlace A y el tren de datos dos, todas las palabras de datos de la interfaz del enlace B, como se muestra en la Fig. 16.

La información detallada sobre la transposición del enlace A y el enlace B se describe en los § 1 a § 5 del Apéndice 1 al Anexo 1 de esta Recomendación.

Las interfaces de 10 bits así construidas deben contener palabras de codificación de referencia de temporización (SAV/EAV, números de línea y VRC basadas en línea, como se define en la presente Recomendación).

Cada interfaz de 10 bits en paralelo debe estar alineada por línea y palabra. La frecuencia de interfaz debe ser de 148,5 MHz o 148,5/1,001 MHz.

Los formatos de fuente ampliados que figuran en el Cuadro 19 quedan cubiertos por este Apéndice.

1.1 Transposición de datos

Los datos de enlace doble se transponen en un único tren de datos, como se muestra en las Figs. 16A y 16B.

La Fig. 16A es una transposición genérica. La Fig. 16B es la transposición de *R, G, B/A*.

El enlace A corresponde al tren de datos 1 y en enlace B, al tren de datos 2.

1.2 Identificador de carga útil

Para esta aplicación, el identificador de carga útil es obligatorio (véase el Cuadro 25). Este debe introducirse en el espacio de datos auxiliares horizontal del canal Y tanto del enlace A como del enlace B.

El identificador de carga útil debe ser conforme al formato de datos del identificador de carga útil definido en la Recomendación UIT-R BT.1614. Cuando existe un identificador de carga útil de 4 bytes, debe transponerse al área de supresión horizontal de la interfaz inmediatamente después de una secuencia de palabras EAV-LN-CRC.

Si se dispone de espacio para datos auxiliares, la ubicación recomendada del paquete de datos auxiliares debe ser en la línea siguiente:

- 1 125I (tramo 1): Línea 10
- 1 125I (tramo 2): Línea 572.

FIGURA 16A

Transposición genérica de datos de enlace único de 3 Gbit/s

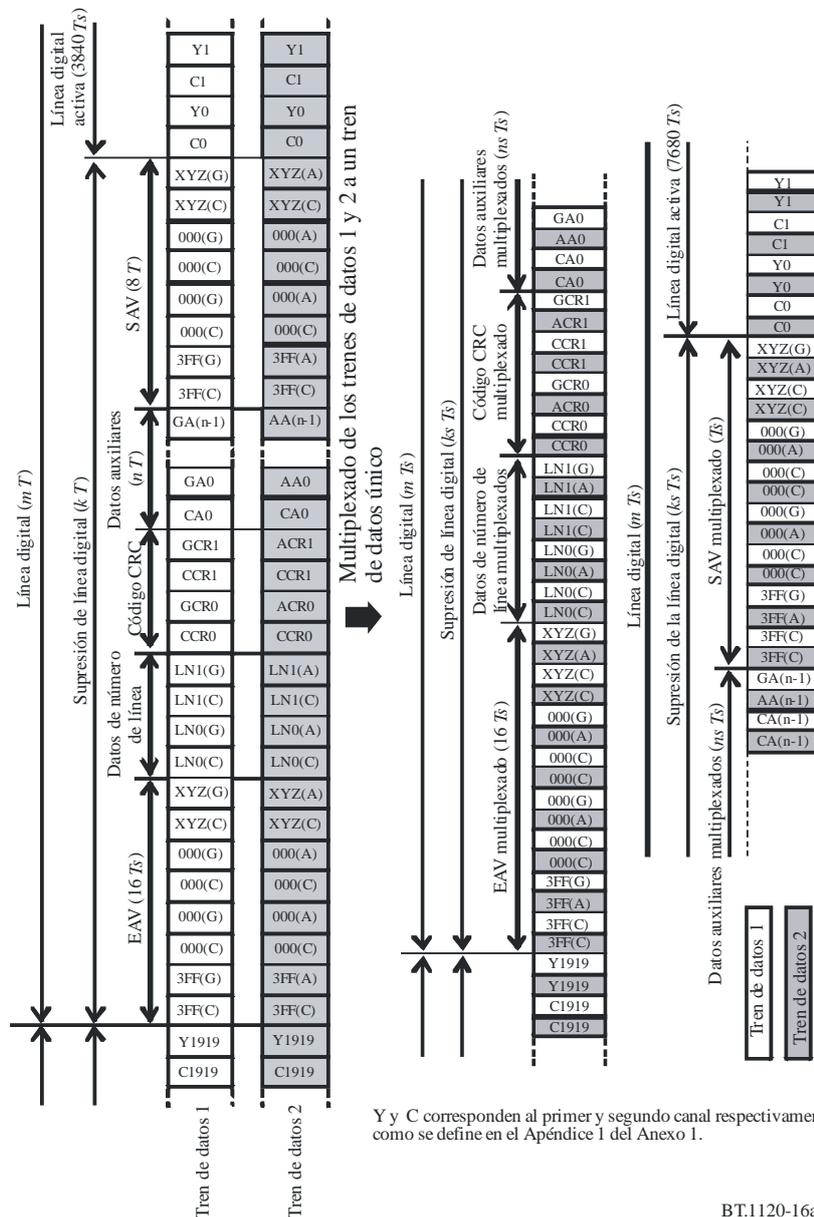
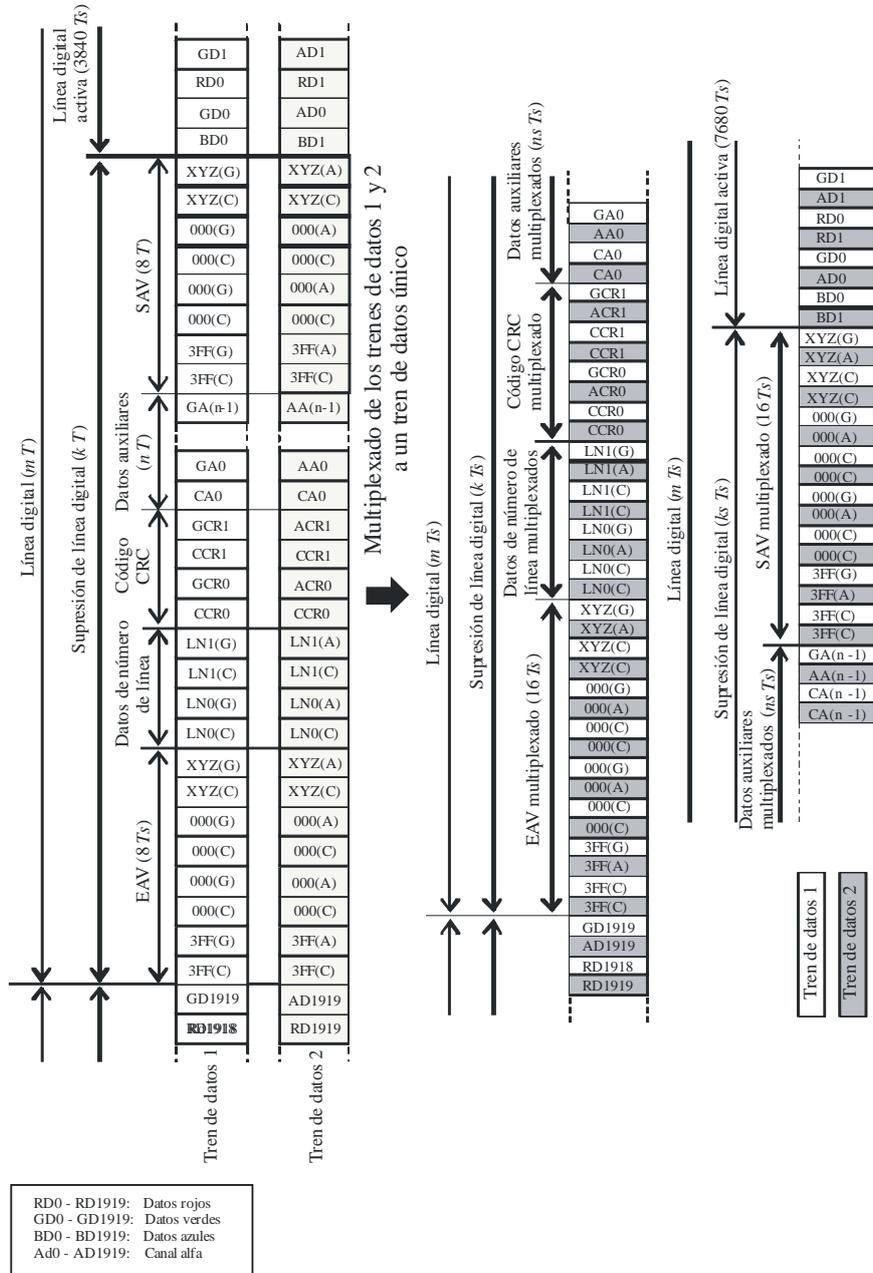


FIGURA 16B

Asignación de datos para en enlace único de 3 Gbit/s –
Ejemplo informativo para R, G, B+A



CUADRO 24
Especificaciones de la temporización del flujo de datos
(véase la Fig. 16B)

Símbolo	Parámetro	Valor	
		60I	50I
T	Periodo del reloj paralelo (ns)	1 000/148,5 (1 001/148,5)	1 000/148,5
T_s	Periodo del reloj de datos en paralelo multiplexados	T/2	
m	Línea digital en tren de datos en paralelo	4 400	5 280
k	Supresión de línea digital en tren de datos en paralelo	560	1 440
n	Datos auxiliares o datos de supresión en tren de datos en paralelo	536	1 416
m_s	Línea digital en tren de datos en paralelo multiplexado	8 800	10 560
k_s	Supresión de línea digital en tren de datos en paralelo multiplexado	1 120	2 880
n_s	Datos auxiliares o datos de supresión en tren de datos en paralelo multiplexado	1 072	2 832

CUADRO 25
Identificador de carga útil de imagen ampliada
para enlace único de 3 Gbit/s

Bits	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4
Bit 7	1	Transporte entrelazado (0) o progresivo (1)	Reservado	Reservado
Bit 6	0	Imagen entrelazada (0) o progresiva (1)	Cómputo de muestras horizontales activas 1 920 (0) o reservado (1)	Asignación de canal de enlace doble enlace A (0) o enlace B (1)
Bit 5	0	Reservado	Relación de formato 16:9 (1) o desconocido (0)	Reservado
Bit 4	0	Reservado	Reservado	Reservado
Bit 3	1	Velocidades de imagen 24 Hz (3h), 24/1,001 Hz (2h), 25 Hz (5h), 30 Hz (7h), 30/1,001 Hz (6h)	Estructura de muestreo 4:4:4 <i>RGB</i> (2h), 4:4:4:4 <i>RGB+A</i> (6h) 4:4:4:4 <i>RGB+D</i> (Ah) 4:4:4 <i>Y, C_B, C_R</i> (1h) 4:2:2 <i>Y, C_B, C_R</i> (0h) 4:2:2:4 <i>Y, C_B, C_R+A</i> (4h) 4:2:2:4 <i>Y, C_B, C_R+D</i> (8h)	Reservado
Bit 2	0			Reservado
Bit 1	1			Profundidad binaria 8 bits (0h), 10 bits (1h) 12 bits (2h), reservado (3h)
Bit 0	0			

Byte 1 Debe tener un valor de (8Ah)

Byte 2

El segundo byte debe utilizarse para indicar la velocidad de imagen y la estructura de la imagen y el transporte.

El bit b7 debe utilizarse para indicar si la interfaz digital utiliza una estructura de transporte progresiva o entrelazada de modo que:

b7 = (0) indica transporte entrelazado

b7 = (1) indica transporte progresivo.

El bit b6 debe utilizarse para indicar si la imagen tiene una estructura progresiva o entrelazada de modo que:

b6 = (0) indica estructura entrelazada

b6 = (1) indica estructura progresiva.

Los bits b5 a b4 deben ponerse a (0).

Los bits b3 a b0 deben emplearse para indicar la velocidad de imagen en Hz.

(2h) debe indicar 24/1,001 Hz

(3h) debe indicar 24 Hz

(5h) debe indicar 25 Hz

(6h) debe indicar 30/1,001 Hz

(7h) debe indicar 30 Hz.

Byte 3

El tercer byte debe utilizarse para indicar la relación de formato y la estructura de muestreo de la carga útil de vídeo.

El bit b6 debe utilizarse para indicar el cómputo de píxel horizontal:

(0) 1 920 píxeles

(1) reservado.

El bit b5 debe utilizarse para indicar la relación de formato de la imagen:

(0) relación de formato de la imagen desconocida

(1) relación de formato de la imagen 16:9.

Los bits b3 a b0 del byte 3 deben utilizarse para indicar la estructura de muestreo.

(2h) debe indicar 4:4:4 *RGB*

(6h) debe indicar 4:4:4:4 *RGB+A*

(Ah) debe indicar 4:4:4:4 *RGB+D*

(1h) debe indicar 4:4;4 *Y, C_B, C_R*

(0h) debe indicar 4:2:2 *Y, C_B, C_R*

(4h) debe indicar 4:2:2:4 *Y, C_B, C_R/+A*

(8h) debe indicar 4:2:2:4 *Y, C_B, C_R/+D*.

Los bits b7 y b4 deben reservarse y ponerse a (0).

Byte 4

Los bits b7 a b2 se reservan y se ponen a (0).

Los bits b1 y b0 deben utilizarse para identificar la profundidad binaria:

- (0h) debe indicar 8 bits por muestra
- (1h) debe indicar 10 bits por muestra
- (2h) debe indicar 12 bits por muestra.

**Apéndice 3
al Anexo 1
(Informativo)**

**Transposición del formato de imagen 1 920 × 1 035 de la Parte 1
de la Recomendación UIT-R BT.709**

Para transponer imágenes activas anteriores de línea activa 1 035 a la interfaz digital conforme a la Recomendación UIT-R BT.1120 y que el centro de la imagen concuerde con las imágenes de línea activa 1 080, debe realizarse la siguiente transposición:

- Las líneas activas de la trama 1 deben transponerse a los números de línea de interfaz 32-548;
- Las líneas activas de la trama 2 deben transponerse a los números de línea de interfaz 596-1 113.

Anexo 2

**Trama de comprobación digital de serie binaria
para las interfaces digitales de TVAD**

1 Cometido

El presente Anexo especifica las señales de prueba digitales apropiadas para evaluar la respuesta en baja frecuencia de los equipos que cursan señales vídeo digitales en serie de TVAD. Si bien una gama de señales producirá los efectos de baja frecuencia deseados, se definen dos señales específicas para probar la igualación del cable y la sincronización del PLL respectivamente. Anteriormente, estas dos señales se denominaban coloquialmente «señales patológicas».

2 Consideraciones generales

Para forzar el igualador automático se utiliza una señal con el número máximo de unos o ceros, con impulsos poco frecuentes de un solo periodo de reloj en el nivel opuesto. Para forzar el bucle de enganche de fase se utiliza una señal con contenido de baja frecuencia máximo, es decir, con un tiempo máximo, entre transiciones de nivel.

2.1 La codificación de canal de la señal digital en serie definida en la presente Recomendación utiliza aleatorización y codificación en NRZI mediante la concatenación de las dos funciones siguientes:

$$G1(x) = x^9 + x^4 + 1 \quad G2(x) = x + 1$$

Como resultado de la codificación de canal, pueden obtenerse largas series de ceros en los datos de salida $G2(x)$ cuando el aleatorizador, $G1(x)$, está en determinado estado en el momento en que llegan las palabras específicas. Ese estado aparecerá de modo regular; por consiguiente, la aplicación continua de las palabras de datos específicas producirá regularmente los efectos de baja frecuencia.

2.2 Si bien la serie más larga de ceros en paralelo (40 ceros consecutivos) ocurrirá durante las palabras de secuencia de referencia temporal EAV/SAV, la frecuencia con la que la aleatorización de las palabras de secuencia de referencia temporal coincide con el estado del aleatorizador necesario para permitir cualquiera de las condiciones de forzamiento es baja. En los casos en que ocurre esta coincidencia, la generación de la condición de forzamiento es tan limitada en el tiempo que los igualadores y los PLL no son forzados al máximo.

2.3 En las porciones de datos de las señales de vídeo digital (excluyendo las palabras de referencia temporal en los EAV o SAV, y las palabras de bandera de datos ANC), los valores de las muestras están restringidos y excluyen los niveles de datos $0_{(10)}$ a $3_{(10)}$ y $1\ 020_{(10)}$ a $1\ 023_{(10)}$ (000_h a 003_h y $3FC_h$ a $3FF_h$ en representación hexadecimal de 10 bits, véase la Nota 1). El resultado de esta restricción es que la serie más larga de ceros, a la entrada del aleatorizador, es de 16 (bits), y ocurre cuando a un valor de muestra de $512_{(10)}$ (200_h) le sigue un valor comprendido entre $4_{(10)}$ (004_h) y $7_{(10)}$ (007_h). Esta situación puede producir hasta 26 ceros consecutivos en la salida del NRZI, lo que no es (tampoco) un caso de forzamiento máximo.

NOTA 1 – En este Anexo, el contenido de la palabra digital de 10 bits se expresa tanto en forma decimal como hexadecimal. Por ejemplo, el patrón de bits 1001000101 se expresaría $581_{(10)}$ ó 245_h .

2.4 Otras palabras de datos específicas en combinación con estados específicos del aleatorizador pueden producir una señal de salida repetitiva en serie de baja frecuencia hasta que el siguiente EAV o SAV afecte el estado del aleatorizador. Éstas son las combinaciones de palabras de datos que forman la base de las señales de prueba definidas por este Anexo.

2.5 Debido a la índole entrelazada Y/C de la señal digital componente, es posible obtener prácticamente cualquier permutación de valores de datos de pares de palabras en la totalidad de la zona de imagen activa definiendo un cuadro de color uniforme particular en un entorno sin ruido. Algunas de estas permutaciones de valores de datos de pares de palabras producirán los efectos de baja frecuencia deseados.

3 Datos de la trama de comprobación

3.1 La prueba del igualador del receptor se realiza mediante una señal digital en serie con un contenido máximo de corriente continua. Al aplicar la secuencia $768_{(10)}$ (300_h), $408_{(10)}$ (198_h) de manera continua a las muestras C e Y (respectivamente) durante la línea activa, se producirá una señal de 19 estados consecutivos altos (bajos) seguidos por un estado bajo (alto) de manera repetitiva, una vez que el aleatorizador llegue a la condición de inicio necesaria. Puede realizarse cualquiera de las polaridades de la señal, indicada por el nivel de los 19 estados consecutivos. Al producir aproximadamente la mitad de una trama de líneas continuas con esta secuencia, se realizará la condición de inicio necesaria del aleatorizador en varias líneas, y esto resultará en la generación de la condición deseada de prueba del igualador.

3.2 La prueba del PLL del receptor se realiza mediante una señal digital en serie con contenido máximo de baja frecuencia y contenido mínimo de alta frecuencia (es decir, la frecuencia más baja de las transiciones de nivel). Al aplicar la secuencia $512_{(10)}$ (200_h), $272_{(10)}$ (110_h) de manera continua a las muestras *C* e *Y* (respectivamente) durante la línea activa, se producirá una señal de 20 estados consecutivos altos (bajos) seguidos por 20 estados bajos (altos) de manera repetitiva, una vez que el aleatorizador llegue a la condición de inicio necesaria. Al producir aproximadamente la mitad de una trama de líneas continuas con esta secuencia, se realizará la condición necesaria de inicio del aleatorizador en varias líneas, lo que resultará en la generación de la condición deseada de prueba del PLL.

3.3 Debido a que la prueba del igualador funciona produciendo una señal digital en serie con una desviación, deben tomarse las medidas necesarias para garantizar que se realicen ambas polaridades de la desviación. Para cambiar la polaridad de la desviación de un cuadro al siguiente, la suma total de todos los bits en todas las palabras de datos en todas las líneas de una trama vídeo debe ser impar.

Para garantizar que la polaridad de la desviación pueda cambiar frecuentemente, se cambia una única palabra de datos de muestra *Y* de la señal de $480_{(10)}$ (198_h) a $400_{(10)}$ (190_h) un cambio neto de 1 bit de datos), en uno de cada dos cuadros. Esto hace que la polaridad de la desviación alterne a la velocidad de cuadro independientemente de si la suma de bits del cuadro original es par o impar. La palabra de datos en la que se hace la sustitución de valor es la primera muestra *Y* en la primera línea de imagen activa de uno de cada dos cuadros. Las palabras y líneas específicas para cada formato de señal figuran en el Cuadro 24 como palabras de control de polaridad.

3.4 La secuencia $768_{(10)}$ (300_h), $408_{(10)}$ (198_h) y $512_{(10)}$ (200_h), $272_{(10)}$ (110_h) aplicada a las muestras *C* e *Y* resulta en sombras de púrpura y gris, respectivamente. Al invertir el orden de *C* e *Y* en una de cada dos de estas secuencias, se obtienen sombras más claras y más oscuras de verde, respectivamente. El Cuadro 26 ilustra un ordenamiento de cada una de las dos secuencias, pero cualquiera de los dos ordenamientos de los valores de datos para cada secuencia es admitido por este Anexo.

Si se invierte el ordenamiento descrito en el § 3.1, entonces la palabra de control de polaridad descrita en el § 3.3 cambia a $512_{(10)}$ (200_h). En todos los casos la palabra de control de polaridad está situada en la primera muestra *Y* de la primera línea de imagen activa en la o las tramas especificadas en el § 3.3.

4 Trama de comprobación de interfaz digital en serie

La distribución de datos para las normas de señal en la trama de comprobación de la SDI se indica en la Fig. 16. En el Cuadro 26 se muestran distribuciones específicas de valores de muestra. En cada trama, la línea en que la señal pasa del diagrama de datos de señal de prueba del igualador al diagrama de datos de señal de prueba del PLL se especifica como un conjunto de líneas, y no como una sola línea específica. Si bien la línea específica seleccionada en el conjunto especificado no es técnicamente significativa, el punto de transición debe ser coherente de cuadro a cuadro y de trama a trama (en el caso de formatos de señal con entrelazado).

CUADRO 26

Valores de muestras de la trama de verificación de SDI

Sistema		60/I, 30/PsF, 50/I, 25/PsF, 24/PsF	60/P, 30/P, 50/P, 25/P, 24/P	
Número de muestras Y activas por línea		1 920		
Número de líneas activas		1 080		
Señal de prueba del igualador	Primera línea	21 (trama/segmento 1)	42	
		584 (trama/segmento 2)		
	Última línea (conjunto)	287-293 (trama/segmento 1)	578-585	
		850-856 (trama/segmento 2)		
	Valor de los datos ⁽¹⁾		Muestras	
	768 ₍₁₀₎ C _B		0 ... 3 836	
	408 ₍₁₀₎ Y		1 ... 3 837	
	768 ₍₁₀₎ C _R		2 ... 3 838	
	408 ₍₁₀₎ Y		3 ... 3 839	
	Palabra de control de polaridad		(Cada dos cuadros)	
Valor de los datos ^{(1), (2)} 400 ₍₁₀₎ Y		Línea 21 Muestra 1	Línea 42 Muestra 1	
Señal de prueba del PLL	Primera línea (conjunto) ⁽³⁾	288-294 (trama/segmento 1)	579-586	
		851-857 (trama/segmento 2)		
	Última línea	560 (trama/segmento 1)	1121	
		1 123 (trama/segmento 2)		
	Valor de datos ⁽¹⁾		Muestras	
	512 ₍₁₀₎ C _B		0 ... 3 836	
	272 ₍₁₀₎ Y		1 ... 3 837	
	512 ₍₁₀₎ C _R		2 ... 3 838	
272 ₍₁₀₎ Y		3 ... 3 839		

⁽¹⁾ El ordenamiento de los valores de datos para cada uno de los pares de valores de muestra puede invertirse. Si el ordenamiento de las muestras es invertido con relación al ordenamiento que figura en este Cuadro, entonces el valor de la palabra de control de polaridad es (512₍₁₀₎ Y) (véase el § 3.4).

⁽²⁾ La palabra de modificación de polaridad es una sustitución de la primera muestra Y de la zona de imagen activa, que se realiza en la primera línea de imagen activa de uno de cada dos cuadros (véase el § 3.3).

⁽³⁾ Se suministra un conjunto de números de línea para la transición entre los dos diagramas de prueba. El punto de transición entre estos dos conjuntos debe ser coherente en todas las tramas (véase el § 4).

FIGURA 17
Comprobación de la SDI

	Intervalo de supresión de trama vertical
EAV SAV	Primera línea de imagen activa Primera mitad de trama activa $768_{(10)}$, $408_{(10)}$ para la prueba del igualador ⁽¹⁾
Intervalo de supresión de trama horizontal	Segunda mitad de trama activa $512_{(10)}$, $272_{(10)}$ para la prueba del PLL ⁽¹⁾ Última línea de imagen activa

⁽¹⁾ El ordenamiento de los valores de datos para cada uno de los pares de valores de muestra puede invertirse (véase el § 3.4)
