



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

T.800

(08/2002)

SERIE T: TERMINALES PARA SERVICIOS DE
TELEMÁTICA

**Tecnología de la información – Sistema
de codificación de imágenes JPEG 2000:
Sistema de codificación básico**

Recomendación UIT-T T.800

**Tecnología de la información –
Sistema de codificación de imágenes JPEG 2000:
Sistema de codificación básico**

Resumen

En esta Recomendación | Norma Internacional se define un conjunto de métodos de compresión, con o sin pérdida (se preservan o no los bits) para codificar imágenes fijas digitales binivel, en escala de grises de tonos continuos, de una paleta de colores, o en color de tonos continuos.

En esta Recomendación | Norma Internacional:

- se especifica un proceso de decodificación que convierte los datos de la imagen comprimida en datos de la imagen reconstruida;
- se especifica la sintaxis del tren codificado que contiene información para interpretar los datos de imagen comprimida;
- se especifica el formato del fichero;
- se proporciona orientación sobre los procesos de codificación para convertir los datos de la imagen fuente en datos de la imagen comprimida;
- se proporciona orientación sobre la implementación de estos procesos en la práctica.

Orígenes

La Recomendación UIT-T T.800, preparada por la Comisión de Estudio 16 (2001-2004) del UIT-T, fue aprobada el 29 de agosto de 2002. Se publica también un texto idéntico como Norma Internacional ISO/CEI 15444-1.

PREFACIO

La UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) es el organismo especializado de las Naciones Unidas en el campo de las telecomunicaciones. El UIT-T (Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT) es un órgano permanente de la UIT. Este órgano estudia los aspectos técnicos, de explotación y tarifarios y publica Recomendaciones sobre los mismos, con miras a la normalización de las telecomunicaciones en el plano mundial.

La Asamblea Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (AMNT), que se celebra cada cuatro años, establece los temas que han de estudiar las Comisiones de Estudio del UIT-T, que a su vez producen Recomendaciones sobre dichos temas.

La aprobación de Recomendaciones por los Miembros del UIT-T es el objeto del procedimiento establecido en la resolución 1 de la AMNT.

En ciertos sectores de la tecnología de la información que corresponden a la esfera de competencia del UIT-T, se preparan las normas necesarias en colaboración con la ISO y la CEI.

NOTA

En esta Recomendación, la expresión "Administración" se utiliza para designar, en forma abreviada, tanto una administración de telecomunicaciones como una empresa de explotación reconocida de telecomunicaciones.

PROPIEDAD INTELECTUAL

La UIT señala a la atención la posibilidad de que la utilización o aplicación de la presente Recomendación suponga el empleo de un derecho de propiedad intelectual reivindicado. La UIT no adopta ninguna posición en cuanto a la demostración, validez o aplicabilidad de los derechos de propiedad intelectual reivindicados, ya sea por los miembros de la UIT o por terceros ajenos al proceso de elaboración de Recomendaciones.

En la fecha de aprobación de la presente Recomendación, la UIT ha recibido notificación de propiedad intelectual, protegida por patente, que puede ser necesaria para aplicar esta Recomendación. Sin embargo, debe señalarse a los usuarios que puede que esta información no se encuentre totalmente actualizada al respecto, por lo que se les insta encarecidamente a consultar la base de datos sobre patentes de la TSB.

© UIT 2004

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

ÍNDICE

		<i>Página</i>
1	Alcance.....	1
2	Referencias.....	1
	2.1 Recomendaciones | Normas Internacionales idénticas.....	1
	2.2 Referencias adicionales.....	2
3	Definiciones.....	2
4	Abreviaturas y símbolos.....	7
	4.1 Abreviaturas.....	7
	4.2 Símbolos.....	7
5	Descripción general.....	8
	5.1 Finalidad.....	9
	5.2 Tren codificado.....	9
	5.3 Principios de codificación.....	9
6	Requisitos del codificador.....	11
7	Requisitos del decodificador.....	11
	7.1 Requisitos de la sintaxis del tren codificado.....	11
	7.2 Requisitos del formato del fichero opcional.....	11
8	Requisitos de implementación.....	12
Anexo A – Sintaxis del tren codificado.....		12
	A.1 Marcadores, segmentos marcadores y encabezamiento.....	12
	A.2 Información en los segmentos marcadores.....	14
	A.3 Construcción del tren codificado.....	16
	A.4 Marcadores y segmentos marcadores delimitantes.....	19
	A.5 Segmento marcador de información fija.....	21
	A.6 Segmentos marcadores funcionales.....	23
	A.7 Segmentos marcadores punteros.....	34
	A.8 Marcador y segmentos marcadores en el tren de bits.....	39
	A.9 Segmentos marcadores de información.....	40
	A.10 Restricciones del tren codificado que son conformes a esta Recomendación | Norma Internacional.....	42
Anexo B – Ordenación de los datos de la imagen y de la imagen comprimida.....		44
	B.1 Introducción a los conceptos de estructura de datos de la imagen.....	44
	B.2 Correspondencia del componente con la rejilla de referencia.....	44
	B.3 División del área de la imagen en losas y componentes losa.....	46
	B.4 Ejemplo de correspondencia de componentes con la rejilla de referencia (informativo).....	48
	B.5 División de componentes losa transformadas, en niveles de resolución y subbandas.....	50
	B.6 División de los niveles de resolución en recintos.....	51
	B.7 División de las subbandas en bloques de código.....	52
	B.8 Capas.....	53
	B.9 Paquetes.....	54
	B.10 Codificación de la información del encabezamiento de paquete.....	56
	B.11 Losa y partes de losa.....	61
	B.12 Orden de progresión.....	62
Anexo C – Codificación aritmética de entropía.....		66
	C.1 Codificación binaria (informativo).....	66
	C.2 Descripción del codificador aritmético (informativo).....	67
	C.3 Procedimiento de decodificación aritmética.....	78
Anexo D – Modelización de bits de coeficientes.....		86
	D.1 Patrón de barrido de los bloques de código.....	86
	D.2 Bits de coeficientes y significación.....	86
	D.3 Pasadas de decodificación sobre los planos de bits.....	87

	<i>Página</i>
D.4 Inicialización y terminación	91
D.5 Símbolo de segmentación para la recuperación de errores.....	93
D.6 Exención selectiva de la codificación aritmética.....	93
D.7 Formación del contexto verticalmente causal	94
D.8 Diagrama de flujos de la codificación de bloques de código	94
Anexo E – Cuantificación.....	97
E.1 Procedimiento de cuantificación inversa.....	97
E.2 Cuantificación de coeficientes escalares (informativo).....	99
Anexo F – Transformada en ondícula discreta de componentes losa	100
F.1 Parámetros de componente losa	100
F.2 Transformadas en ondícula discretas	100
F.3 Transformada en ondícula discreta inversa	100
F.4 Transformada directa (informativo).....	113
Anexo G – Traslación del nivel de c.c. y transformadas de múltiples componentes	124
G.1 Traslación del nivel de c.c. de componentes losa.....	124
G.2 Transformada multicomponente reversible (RCT).....	125
G.3 Transformada multicomponente irreversible (ICT)	126
G.4 Submuestreo de componentes de crominancia y rejilla de referencia	126
Anexo H – Codificación de imágenes con regiones de interés	127
H.1 Decodificación de ROI.....	127
H.2 Descripción del método Maxshift	127
H.3 Observaciones sobre la codificación de la región de interés (informativo).....	128
Anexo I – Sintaxis del formato de fichero JP2	131
I.1 Ámbito de aplicación del formato de fichero	131
I.2 Introducción al formato de fichero JP2	131
I.3 Arquitectura de la especificación escala de grises/colores/paleta de colores/multicomponentes.....	133
I.4 Definición de casilla.....	135
I.5 Casillas definidas	138
I.6 Adición de información sobre derechos de propiedad intelectual en archivos JP2	154
I.7 Adición de información específica del fabricante al formato de fichero JP2	154
I.8 Tratamiento de casillas desconocidas.....	156
Anexo J – Ejemplos y directrices	157
J.1 Decodificador de entropía adaptativo en programa informático	157
J.2 Selección de los tamaños del escalón de cuantificación en las transformadas irreversibles	159
J.3 Respuestas a impulso de un filtro con procedimientos de filtrado irreversible por elevación.....	159
J.4 Ejemplo de transformada en ondícula discreta.....	160
J.5 Transformada en ondícula por filas.....	164
J.6 Codificación por barrido	173
J.7 Capacidad de recuperación de errores.....	173
J.8 Requisito de compatibilidad con ficheros JFIF/SPIFF.....	174
J.9 Implementación del método ICC restringido independiente del mecanismo de gestión completa del color ICC.....	174
J.10 Ejemplo de interpretación de múltiples componentes.....	179
J.11 Ejemplo de decodificación en el que se señalan las operaciones intermedias.....	180
J.12 Ponderación de frecuencia visual.....	184
J.13 Submuestreo de componentes en el codificador	187
J.14 Control de velocidad	187
J.15 Directrices para el tratamiento del tren codificado YCC.....	191

	<i>Página</i>
Anexo K – Bibliografía	194
K.1 General	194
K.2 Cuantificación y codificación de entropía	194
K.3 Transformada en ondícula	194
K.4 Codificación de la región de interés	195
K.5 Ponderación de frecuencia visual	195
K.6 Recuperación de errores	195
K.7 Codificación basada en el barrido	196
K.8 Color	196
Anexo L – Declaración de patente	196

LISTA DE FIGURAS

	<i>Página</i>
Figura 5-1 – Especificación del diagrama de bloques	10
Figura A.1 – Ejemplo de una figura descriptiva de un segmento marcador	14
Figura A.2 – Construcción del tren codificado.....	16
Figura A.3 – Construcción del encabezamiento principal.....	17
Figura A.4 – Construcción del encabezamiento de la primera parte de una determinada losa.....	18
Figura A.5 – Construcción del encabezamiento de una parte de la losa distinta de la primera	18
Figura A.6 – Sintaxis del inicio de parte de una losa	19
Figura A.7 – Sintaxis del tamaño de la imagen de la losa	21
Figura A.8 – Sintaxis del tipo de codificación por defecto.....	23
Figura A.9 – Diagrama del parámetros tipo de codificación, para los parámetros SGcod y SPcod.....	25
Figura A.10 – Sintaxis del componente tipo de codificación	27
Figura A.11 – Diagrama del parámetro tipo de codificación de los parámetros SPcoc.....	28
Figura A.12 – Sintaxis de la región de interés.....	29
Figura A.13 – Sintaxis de la cuantificación por defecto.....	30
Figura A.14 – Sintaxis del componente de cuantificación	31
Figura A.15 – Sintaxis de cambio del orden de progresión.....	33
Figura A.16 – Longitudes de parte de losa.....	34
Figura A.17 – Sintaxis de longitud de parte de una losa	34
Figura A.18 – Sintaxis de la longitud de paquete, encabezamiento principal	35
Figura A.19 – Sintaxis de longitud de paquete, encabezamiento de parte de losa.....	37
Figura A.20 – Sintaxis de encabezamientos de paquete empaquetados, encabezamiento principal.....	38
Figura A.21 – Sintaxis de los encabezamientos de paquete empaquetados, encabezamiento de parte de losa	39
Figura A.22 – Sintaxis del inicio del paquete.....	39
Figura A.23 – Sintaxis del registro de componente.....	41
Figura A.24 – Sintaxis del comentario	41
Figura B.1 – Diagrama de la rejilla de referencia.....	45
Figura B.2 – Posición de las muestras de componentes sobre la rejilla de referencia para diferentes valores de XRsiz e YRsiz.....	45
Figura B.3 – Ejemplo de las posiciones de la muestra superior izquierda del componente	46
Figura B.4 – Diagrama de división en losas de la rejilla de referencia.....	46
Figura B.5 – Ejemplo de rejilla de referencia.....	48
Figura B.6 – Ejemplo de tamaños y posiciones de losas del componente 0.....	49
Figura B.7 – Ejemplo de tamaños y posiciones de las losas del componente 1	50
Figura B.8 – Recinto de una resolución reducida.....	51
Figura B.9 – Bloques de código y recintos en la subbanda <i>b</i> para cuatro losas diferentes.....	53
Figura B.10 – Diagrama de recintos de un nivel de resolución de un componente.....	54
Figura B.11 – Diagrama de bloques de código en los recintos en un nivel de resolución.....	55
Figura B.12 – Ejemplo de la representación conocida como árbol de etiquetas.....	57
Figura B.13 – Ejemplo de información conocida por el codificador.....	60
Figura B.14 – Ejemplo de un volumen de orden de progresión en dos dimensiones	64

Figura B.15 – Ejemplo de posición de los segmentos marcadores POC	65
Figura C.1 – Entradas y salidas del codificador aritmético	66
Figura C.2 – Proceso de un codificador MQ	68
Figura C.3 – Procedimiento CODIFICAR	69
Figura C.4 – Procedimiento CODE1	69
Figura C.5 – Procedimiento CODE0	70
Figura C.6 – Procedimiento CODELPS con la permutación condicional MPS/LPS	71
Figura C.7 – Procedimiento CODEMPS con intercambio MPS/LPS condicional	73
Figura C.8 – Procedimiento de renormalización en el codificador	74
Figura C.9 – Procedimiento BYTEOUT para el codificador	75
Figura C.10 – Inicialización del codificador	76
Figura C.11 – Procedimiento FLUSH	77
Figura C.12 – Fijación de los últimos bits en el registro C	78
Figura C.13 – Entradas y salidas del decodificador aritmético	78
Figura C.14 – Decodificador para el codificador MQ	79
Figura C.15 – Decodificación de un MPS o un LPS	80
Figura C.16 – Procedimiento de permutación condicional para el trayecto MPS del codificador	81
Figura C.17 – Procedimiento de permutación condicional para el trayecto LPS del decodificador	82
Figura C.18 – Procedimiento de renormalización en el decodificador	83
Figura C.19 – Procedimiento BYTEIN del decodificador	84
Figura C.20 – Inicialización del decodificador	85
Figura D.1 – Ejemplo de patrón de barrido de un plano de bits de bloque de código	86
Figura D.2 – Estados colindantes que se utilizan para formar el contexto	87
Figura D.3 – Diagrama de flujo para todas las pasadas de codificación de un plano de bits de un bloque de código	95
Figura F.1 – Entradas y salidas del procedimiento IDWT	100
Figura F.2 – Transformada IDWT ($N_L = 2$)	101
Figura F.3 – El procedimiento IDWT	102
Figura F.4 – Entradas y salidas del procedimiento 2D_SR	102
Figura F.5 – Un nivel de reconstrucción de subbanda a partir de cuatro subbandas (procedimiento 2D_SR)	103
Figura F.6 – El procedimiento 2D_SR	103
Figura F.7 – Parámetros del procedimiento 2D_INTERLEAVE	104
Figura F.8 – El procedimiento 2D_INTERLEAVE	105
Figura F.9 – Entradas y salidas del procedimiento HOR_SR	106
Figura F.10 – El procedimiento HOR_SR	107
Figura F.11 – Entradas y salidas del procedimiento VER_SR	108
Figura F.12 – El procedimiento VER_SR	108
Figura F.13 – Parámetros del procedimiento 1D_SR	109
Figura F.14 – El procedimiento 1D_SR	109
Figura F.15 – Extensión simétrica periódica de la señal	109
Figura F.16 – Parámetros del procedimiento 1D_FILTR	110
Figura F.17 – Entradas y salidas del procedimiento FDWT	113
Figura F.18 – Transformada FDWT ($N_L=2$)	113

Figura F.19 – El procedimiento FDWT.....	114
Figura F.20 – Entradas y salidas del procedimiento 2D_SD.....	114
Figura F.21 – Descomposición de un nivel en cuatro subbandas (procedimiento 2D_SD).....	115
Figura F.22 – El procedimiento 2D_SD.....	115
Figura F.23 – Entradas y salidas del procedimiento VER_SD.....	116
Figura F.24 – El procedimiento VER_SD.....	116
Figura F.25 – Entradas y salidas del procedimiento HOR_SD.....	117
Figura F.26 – El procedimiento HOR_SD.....	118
Figura F.27 – Parámetros del procedimiento 2D_DEINTERLEAVE.....	119
Figura F.28 – El procedimiento 2D_DEINTERLEAVE.....	120
Figura F.29 – Parámetros del procedimiento 1D_SD.....	121
Figura F.30 – El procedimiento 1D_SD.....	121
Figura F.31 – Parámetros del procedimiento 1D_FILTD.....	122
Figura G.1 – La traslación del nivel de c.c. con transformada de componentes.....	124
Figura G.2 – La traslación del nivel de c.c. sin transformada de componentes.....	124
Figura H.1 – La transformada en ondícula inversa con el filtro reversible 5-3.....	129
Figura H.2 – La transformada en ondícula inversa con el filtro irreversible 9-7.....	130
Figura I.1 – Estructura conceptual de los ficheros JP2.....	132
Figura I.2 – Ejemplo de figuras de descripción de casillas.....	135
Figura I.3 – Ejemplo de figura de descripción de supercasillas.....	135
Figura I.4 – Organización de una casilla.....	135
Figura I.5 – Ejemplo de longitudes de casilla.....	136
Figura I.6 – Organización del contenido de una casilla Tipo de fichero.....	138
Figura I.7 – Organización del contenido de la casilla encabezamiento JP2.....	139
Figura I.8 – Organización del contenido de la casilla encabezamiento de la imagen.....	140
Figura I.9 – Organización del contenido de la casilla bits por componente.....	142
Figura I.10 – Organización del contenido de una casilla especificación del color.....	143
Figura I.11 – Organización del contenido de la casilla paleta de colores.....	146
Figura I.12 – Organización del contenido de una casilla correspondencia de componentes.....	147
Figura I.13 – Organización del contenido de las casillas definición de canal.....	148
Figura I.14 – Organización del contenido de la casilla resolución.....	151
Figura I.15 – Organización del contenido de la casilla resolución de adquisición.....	151
Figura I.16 – Organización del contenido de la casilla resolución de visualización por defecto.....	152
Figura I.17 – Organización del contenido de la casilla tren codificado contiguo.....	153
Figura I.18 – Organización del contenido de la casilla XML.....	154
Figura I.19 – Organización del contenido de la casilla UUID.....	154
Figura I.20 – Organización del contenido de una casilla info UUID.....	155
Figura I.21 – Organización del contenido de una casilla lista UUID.....	155
Figura I.22 – Organización del contenido de una casilla URL de recogida de datos.....	156
Figura J.1 – Inicialización del programa decodificador.....	157
Figura J.2 – Decodificación de un MPS o un LPS con el programa decodificador.....	158
Figura J.3 – Inserción de un nuevo byte en el registro C del programa decodificador.....	158
Figura J.4 – El procedimiento FDWT_ROW.....	165

	<i>Página</i>
Figura J.5 – El procedimiento GET_ROW.....	166
Figura J.6 – El procedimiento INIT.....	167
Figura J.7 – El procedimiento START_VERT.....	168
Figura J.8 – El procedimiento RB_VERT_1.....	169
Figura J.9 – El procedimiento RB_VERT_2.....	170
Figura J.10 – El procedimiento END_1.....	171
Figura J.11 – El procedimiento END_2.....	172
Figura J.12 – Ilustración de las contribuciones del bloque de código a las capas del tren de bits.....	188
Figura J.13 – Formato 4:2:2 (coincidentes).....	192
Figura J.14 – Formato 4:2:2 (centrado).....	192
Figura J.15 – Formato 4:2:0 (coincidente).....	193
Figura J.16 – Formato 4:2:0 (centrado).....	193

LISTA DE CUADROS

	<i>Página</i>
Cuadro A.1 – Definiciones de marcadores	13
Cuadro A.2 – Lista de marcadores y segmentos marcadores	14
Cuadro A.3 – Información de los segmentos marcadores	15
Cuadro A.4 – Valores del parámetro inicio de tren codificado	19
Cuadro A.5 – Valores del parámetro inicio de parte de una losa.....	20
Cuadro A.6 – Valor del parámetro número de partes de una losa, TNsot	20
Cuadro A.7 – Valores del parámetro inicio de datos.....	20
Cuadro A.8 – Valores del parámetro fin de tren codificado	21
Cuadro A.9 – Valores del parámetro tamaño de la imagen y de la losa	22
Cuadro A.10 – Parámetro Rsiz de capacidades	22
Cuadro A.11 – Parámetro Ssiz del componente	23
Cuadro A.12 – Valores del parámetro tipo de codificación por defecto.....	24
Cuadro A.13 – Valores del parámetro tipo de codificación, para el parámetro Scod.....	24
Cuadro A.14 – Valores del parámetro tipo de codificación, para el parámetro SGcod.....	24
Cuadro A.15 – Valores del parámetro tipo de codificación, para los parámetros SPcod y SPcoc.....	25
Cuadro A.16 – Orden de progresión de los parámetros SGcod, SPcoc y Ppoc	25
Cuadro A.17 – Transformada multicomponente para los parámetros SGcod	26
Cuadro A.18 – Exponente de ancho o alto de los bloques de código para los parámetros SPcod y SPcoc.....	26
Cuadro A.19 – Tipo de bloque de código para los parámetros SPcod y SPcoc.....	26
Cuadro A.20 – Transformada para los parámetros SPcod y SPcoc	26
Cuadro A.21 – Ancho y alto del recinto para los parámetros SPcod y SPcoc	27
Cuadro A.22 – Valores del parámetro tipo de codificación de componente	28
Cuadro A.23 – Valores del parámetro tipo de codificación para el parámetro Scoc	28
Cuadro A.24 – Valores del parámetro región de interés.....	29
Cuadro A.25 – Valores del parámetro región de interés para el parámetro Srgn	29
Cuadro A.26 – Valores del parámetro región de interés para el parámetro SPrgn (Srgn = 0).....	29
Cuadro A.27 – Valores del parámetro cuantificación por defecto.....	30
Cuadro A.28 – Valores de cuantificación por defecto para los parámetros Sqcd y Sqcc	30
Cuadro A.29 – Magnitudes del escalón reversible para los parámetros SPqcd y SPqcc (sólo para transformada reversible).....	31
Cuadro A.30 – Valores de cuantificación para los parámetros SPqcd y SPqcc (sólo para transformada irreversible).....	31
Cuadro A.31 – Valores del parámetro componente de cuantificación.....	32
Cuadro A.32 – Cambio del orden de progresión, valores del parámetro losa	33
Cuadro A.33 – Valores del parámetro longitud de parte de una losa	35
Cuadro A.34 – Parámetros de tamaño para Stlm.....	35
Cuadro A.35 – Valores del parámetro longitud de paquete, encabezamiento principal	36
Cuadro A.36 – Lista de longitudes de paquete Iplm, Iplt	36
Cuadro A.37 – Valores del parámetro longitud de paquete, encabezamientos de parte de losa.....	37
Cuadro A.38 – Valores del parámetro encabezamientos de paquete empaquetados, encabezamiento principal.....	38
Cuadro A.39 – Valores del parámetro encabezamientos de paquete, encabezamientos de parte de losa	39

Cuadro A.40 – Valores del parámetro inicio del paquete	40
Cuadro A.41 – Valores del parámetro fin de encabezamiento de paquete	40
Cuadro A.42 – Valores del parámetro registro de componente	41
Cuadro A.43 – Valores del parámetro comentario	42
Cuadro A.44 – Valores de registro para el parámetro Rcom	42
Cuadro A.45 – Restricciones del tren codificado	42
Cuadro B.1 – Cantidades (x_{0b} , y_{0b}) para la subbanda b	51
Cuadro B.2 –Ejemplo de formación de capas (sólo se muestra un componente)	54
Cuadro B.3 – Ejemplo de formación de paquetes	55
Cuadro B.4 – Palabras código que indican el número de pasadas de codificación de cada bloque de código	58
Cuadro B.5 – Ejemplo de un tren de bits correspondiente a un encabezamiento de paquete	60
Cuadro C.1 – Estructuras del registro codificador.....	68
Cuadro C.2 – Valores de Q_e y cálculo de probabilidad.....	71
Cuadro C.3 – Estructuras del registro del decodificador	79
Cuadro D.1 – Contextos para las pasadas de propagación de significación y de limpieza en la codificación.....	88
Cuadro D.2 – Contribuciones de los coeficientes colindantes, vertical y horizontal, al contexto de signo	88
Cuadro D.3 – Contextos de signo para las contribuciones vertical y horizontal	89
Cuadro D.4 – Contextos para las pasadas de refinamiento de magnitud en la codificación.....	89
Cuadro D.5 – Decodificador de franjas para pasadas de limpieza.....	90
Cuadro D.6 – Ejemplo de orden de codificación del subplano de bits y propagación de significación	91
Cuadro D.7 – Estados iniciales para todos los contextos.....	91
Cuadro D.8 – Patrones de terminación del codificador aritmético	91
Cuadro D.9 – Exención selectiva de la codificación aritmética	93
Cuadro D.10 – Decisiones en el diagrama de flujo del modelo de contexto	96
Cuadro D.11 – Decodificación en el diagrama de flujo del modelo de contexto.....	96
Cuadro E.1 – Ganancia de las subbandas	98
Cuadro F.1 – Nivel de descomposición n_b para la subbanda b	101
Cuadro F.2 – Extensión hacia la izquierda	110
Cuadro F.3 – Extensión hacia la derecha.....	110
Cuadro F.4 – Definición de los parámetros de elevación para el filtro irreversible 9-7	112
Cuadro F.5 – Definición de los coeficientes g_n	112
Cuadro F.6 – Expresiones intermedias (r_0 , r_1 , s_0 , t_0).....	112
Cuadro F.7 – Expresiones intermedias	113
Cuadro F.8 – Extensión hacia la izquierda	121
Cuadro F.9 – Extensión hacia la derecha.....	122
Cuadro I.1 – Estructura binaria de una casilla	136
Cuadro I.2 – Casillas definidas.....	137
Cuadro I.3 – Valores posibles de marca	138
Cuadro I.4 – Formato del contenido de la casilla tipo de fichero	139
Cuadro I.5 – Formato del contenido de la casilla encabezamiento de la imagen.....	141
Cuadro I.6 – Valores BPC	142
Cuadro I.7 – Formato del contenido de la casilla bits por componente.....	142

Cuadro I.8 – Valores BPC ⁱ	143
Cuadro I.9 – Valores posibles de METH	144
Cuadro I.10 – Valores posibles de EnumCS	145
Cuadro I.11 – Formato del contenido de la casilla especificación del color	145
Cuadro I.12 – Formato del contenido de la casilla paleta de colores	146
Cuadro I.13 – Valores de B ⁱ	147
Cuadro I.14 – Valores del campo MTYP ⁱ	147
Cuadro I.15 – Formato del contenido de la casilla correspondencia de componentes	148
Cuadro I.16 – Valores del campo Typ ⁱ	149
Cuadro I.17 – Valores del campo Asoc ⁱ	149
Cuadro I.18 – Colores indicados por el campo Asoc ⁱ	149
Cuadro I.19 – Formato de la casilla definición de canal	150
Cuadro I.20 – Formato del contenido de la casilla resolución de captura	152
Cuadro I.21 – Formato del contenido de la casilla resolución de visualización por defecto	153
Cuadro I.22 – Formato del contenido de la casilla tren codificado contiguo	153
Cuadro I.23 – Formato del contenido de una casilla UUID	155
Cuadro I.24 – Valores de la estructura de datos en el contenido de la casilla lista UUID	156
Cuadro I.25 – Valores de la estructura de datos en el contenido de la casilla URL de recogida de datos	156
Cuadro J.1 – Definición de la respuesta a impulso de un banco de filtros de análisis irreversible 9-7	159
Cuadro J.2 – Definición de la respuesta a impulso de un banco de filtros de síntesis irreversible 9-7	160
Cuadro J.3 – Muestras originales del componente losa	160
Cuadro J.4 – Coeficientes de la subbanda 2LL (transformada en ondícula irreversible 9-7)	161
Cuadro J.5 – Coeficientes de la subbanda 2HL (transformada en ondícula irreversible 9-7)	161
Cuadro J.6 – Coeficientes de la subbanda 2LH (transformada en ondícula irreversible 9-7)	161
Cuadro J.7 – Coeficientes de la subbanda 2HH (transformada en ondícula irreversible 9-7)	161
Cuadro J.8 – Coeficientes de la subbanda 1HL (transformada en ondícula irreversible 9-7)	161
Cuadro J.9 – Coeficientes de la subbanda 1HL (transformada en ondícula irreversible 9-7)	162
Cuadro J.10 – Coeficientes de la subbanda 1HH (transformada en ondícula irreversible 9-7)	162
Cuadro J.11 – Coeficientes de la subbanda 2LL (transformada en ondícula reversible 5-3)	162
Cuadro J.12 – Coeficientes de la subbanda 2HL (transformada en ondícula reversible 5-3)	162
Cuadro J.13 – Coeficientes de la subbanda 2LH (transformada en ondícula reversible 5-3)	163
Cuadro J.14 – Coeficientes de la subbanda 2HH (transformada en ondícula reversible 5-3)	163
Cuadro J.15 – Coeficientes de la subbanda 1HL (transformada en ondícula reversible 5-3)	163
Cuadro J.16 – Coeficientes de la subbanda 1LH (transformada en ondícula reversible 5-3)	163
Cuadro J.17 – Coeficientes de la subbanda 1HH (transformada en ondícula reversible 5-3)	164
Cuadro J.18 – Herramientas de recuperación de errores	173
Cuadro J.19 – Procesamiento de etiquetas utilizado por el perfil ICC restringido	175
Cuadro J.20 – Decodificación del primer encabezamiento de paquete	182
Cuadro J.21 – Decodificación del segundo encabezamiento de paquete	182
Cuadro J.22 – Decodificación aritmética del primer bloque de código	183
Cuadro J.23 – Decodificación aritmética del segundo bloque de código	184
Cuadro J.24 – Ponderación de frecuencia recomendada	186
Cuadro J.25 – Ponderación de frecuencia recomendada para imágenes multicomponente (color)	186

	<i>Página</i>
Cuadro J.26 – Valores CRG (registro de componentes).....	193
Cuadro L.1 – Declaraciones recibidas sobre derechos de propiedad intelectual	196

**NORMA INTERNACIONAL
RECOMENDACIÓN UIT-T**

**Tecnología de la información –
Sistema de codificación de imágenes JPEG 2000:
Sistema de codificación básico**

1 Alcance

En esta Recomendación | Norma Internacional se define un conjunto de métodos de compresión, con o sin pérdida (se preservan o no los bits) para codificar imágenes fijas digitales binivel, en escala de grises de tonos continuos, de una paleta de colores, o en color de tonos continuos.

En esta Recomendación | Norma Internacional:

- se especifica un proceso de decodificación que convierte los datos de la imagen comprimida en datos de la imagen reconstruida;
- se especifica la sintaxis del tren codificado que contiene información para interpretar los datos de imagen comprimida;
- se especifica el formato del fichero;
- se proporciona orientación sobre los procesos de codificación para convertir los datos de la imagen fuente en datos de la imagen comprimida;
- se proporciona orientación sobre la implementación de estos procesos en la práctica.

2 Referencias

Las siguientes Recomendaciones y Normas Internacionales contienen disposiciones que, mediante su referencia en este texto, constituyen disposiciones de la presente Recomendación | Norma Internacional. Al efectuar esta publicación, estaban en vigor las ediciones indicadas. Todas las Recomendaciones y Normas son objeto de revisiones, por lo que se preconiza que los participantes en acuerdos basados en la presente Recomendación | Norma Internacional investiguen la posibilidad de aplicar las ediciones más recientes de las Recomendaciones y las Normas citadas a continuación. Los miembros de la CEI y de la ISO mantienen registros de las Normas Internacionales actualmente vigentes. La Oficina de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT mantiene una lista de las Recomendaciones UIT-T actualmente vigentes.

2.1 Recomendaciones | Normas Internacionales idénticas

- Recomendación UIT-T T.81 (1992) | ISO/CEI 10918-1:1994, *Tecnología de la información – Compresión digital y codificación de imágenes fijas de tonos continuos: Requisitos y directrices*.
- Recomendación UIT-T T.88 (2000) | ISO/CEI 14492:2001, *Tecnología de la información – Codificación con pérdida/sin pérdida de imágenes binivel*.
- ISO/CEI 646:1991, *Information technology – ISO 7-bit coded character set for information interchange*.
- ISO 8859-15:1999, *Information technology – 8-bit single-byte coded graphic character sets – Parts 15: Latin alphabet number 9*.
- Recomendación UIT-T T.84 (1996) | ISO/CEI 10918-3:1997, *Tecnología de la información – Compresión y codificación digitales de imágenes fijas de tonos continuos: Ampliaciones*.
- Recomendación UIT-T T.84 (1996)/enm.1 (1999) | ISO/CEI 10918-3:1997/enm.1:1999, *Tecnología de la información – Compresión y codificación digitales de imágenes fijas de tonos continuos: Ampliaciones – Enmienda 1: Disposiciones para permitir el registro de nuevos tipos de compresión y nuevas reuniones en el encabezamiento SPIFF*.
- Recomendación UIT-T T.86 (1998) | ISO/CEI 10918-4 (1999), *Tecnología de la información – Compresión digital y codificación de imágenes fijas de tonos continuos: Registro de perfiles JPEG, perfiles SPIFF, rótulos SPIFF, espacios de color SPIFF, marcadores APPn, tipos de compresión SPIFF y autoridades de registro (REGAUT)*.
- Recomendación UIT-T T.87 (1998) | ISO/CEI 14495-1 (2000), *Tecnología de la información – Compresión sin pérdida y casi sin pérdida de imágenes fijas de tonos continuos – Conceptos básicos*.

2.2 Referencias adicionales

- Specification ICC.1:1998-09, *File format for Color Profiles*.
- CEI 61966-2-1:1999 *Multimedia systems and equipment – Colour measurement and management – Part 2-1: Colour management – Default RGB colour space – sRGB*.
- W3C REC-xml-19980210, *Extensible Markup Language (XML 1.0)*.
- IETF RFC 2279 (1998), *UTF-8, a transformation format of ISO 10646*.
- ISO/CEI 11578:1996, *Information technology – Open Systems Interconnection – Remote Procedure Call*.
- CEI 61966-2-1:1999/enm.1:2003, *Multimedia systems and equipment – Colour measurement and management – Part 2-1: Colour management – Default RGB colour space – sRGB*.

3 Definiciones

A los efectos de esta Recomendación | Norma Internacional se aplican las siguientes definiciones.

En esta Recomendación | Norma Internacional se utilizan las siguientes definiciones:

- 3.1** $\lfloor x \rfloor$, **función redondeo a la unidad inferior**: El entero más grande que es menor o igual a x .
- 3.2** $\lceil x \rceil$, **función redondeo a la unidad superior**: El entero más pequeño que es mayor o igual a x .
- 3.3** **filtro reversible 5-3**: Un tipo de par filtro que se utiliza en la transformada en ondícula. Este par filtro reversible tiene 5 etapas en la banda de paso bajo y 3 etapas en la banda de paso alto.
- 3.4** **filtro irreversible 9-7**: Un tipo de par filtro que se utiliza en la transformada en ondícula. Este par filtro irreversible tiene 9 etapas en la banda de paso bajo y 7 etapas en la banda de paso alto.
- 3.5** **AND**: Operador lógico de bits AND.
- 3.6** **codificador aritmético**: Codificador de entropía que convierte cadenas de longitud variable en códigos de longitud variable (codificación) y viceversa (decodificación).
- 3.7** **canal auxiliar**: Canal que se utiliza en la aplicación fuera del ámbito de conversión del espacio de colores. Ejemplos de canales auxiliares son un canal de opacidad o un canal de profundidad.
- 3.8** **bit**: Abreviatura del término "número binario"; unidad de información que se representa por un cero o un uno.
- 3.9** **plano de bits**: Matriz de bits de dos dimensiones. En esta Recomendación | Norma Internacional un plano de bits es el conjunto de todos los bits de la misma magnitud en todos los coeficientes o muestras. Puede referirse a un plano de bits de un componente, de un componente losa, de un bloque de código, de una región de interés, u otros.
- 3.10** **tren de bits**: Secuencia real de bits que resulta de la codificación de una secuencia de símbolos. No incluye marcadores o segmentos marcadores en los encabezamientos principales o encabezamientos de partes de losa, ni marcadores EOC. Si están incluidos los encabezamientos de paquete y los marcadores de trenes y segmentos marcadores que no se encuentran en los encabezamientos principales o en los encabezamientos de parte de losa.
- 3.11** **big endian**: Los bits de un valor representado se ordenan del más significativo al menos significativo.
- 3.12** **casilla**: Parte del formato de fichero que se define mediante una longitud y un valor único de tipo de casilla. Algunos tipos de casillas pueden contener otras casillas.
- 3.13** **contenido de la casilla**: Se refiere a los datos contenidos en la estructura de la casilla. El contenido de una determinada casilla se almacena en el campo DBox, dentro de la correspondiente estructura de datos de la casilla.
- 3.14** **tipo de casilla**: Especifica el tipo de información que se almacenará en la casilla. El tipo de una determinada casilla se almacena en el campo TBox, dentro de la correspondiente estructura de datos de la casilla.
- 3.15** **byte**: Ocho bits.
- 3.16** **canal**: Componente lógico de la imagen. Un canal puede ser una representación directa de un componente del tren codificado, o puede generarlo la aplicación de una paleta a un componente del tren codificado.
- 3.17** **pasada de limpieza**: Pasada de codificación que se realiza sobre un solo plano de bits de un bloque de código de coeficientes. La primera pasada y la única pasada de codificación para el primer plano de bits significativo es una pasada de limpieza; las pasadas tercera y última de cada plano de bits restante es una pasada de limpieza.

- 3.18 tren codificado:** Conjunto de uno o más trenes de bits y al encabezamiento principal, los encabezamientos de parte de losa y el EOC necesarios para decodificarlos y presentar los datos de la imagen no comprimidos. Se trata pues de los datos de la imagen comprimidos con toda la señalización necesaria para su decodificación.
- 3.19 bloque de código:** Agrupación rectangular de los coeficientes de una misma subbanda de un componente losa.
- 3.20 barrido del bloque de código:** Orden en el cual se recorren los coeficientes de un bloque de código durante una pasada de codificación. El bloque de código se procesa por rayas: cada una de ellas está formada por cuatro filas (o el resto de las filas si es menor que cuatro) y se extiende hasta la anchura del bloque de código. Cada raya se procesa columna por columna, de arriba abajo y de izquierda a derecha.
- 3.21 codificador/decodificador:** La concretización de un proceso de codificación o decodificación.
- 3.22 pasada de codificación:** Una pasada completa a través del bloque de código al que se aplican los correspondientes valores de los coeficientes y el contexto. Hay tres tipos de pasadas de codificación: pasada de propagación de significación, pasada de refinamiento de magnitud y pasada de limpieza. El resultado de cada pasada (después de la codificación aritmética, si no se utiliza la exención selectiva de la codificación aritmética) es un tren de datos de la imagen comprimida.
- 3.23 coeficiente:** Los valores que resultan de aplicar una transformada.
- 3.24 canal de color:** Canal que constituye los datos de entrada de un sistema de transformación de color. Ejemplos de canal de color son un canal rojo o un canal de escala de grises.
- 3.25 componente:** Matriz bidimensional de las muestras. Por lo general una imagen está formada por varios componentes, por ejemplo los componentes rojo, verde y azul.
- 3.26 datos de la imagen comprimida:** Una parte o la totalidad del tren de bits. También puede referirse a un conjunto de trenes de bits en una parte o en todo el tren codificado.
- 3.27 lector de conformidad:** Una aplicación que lee e interpreta correctamente un fichero JP2.
- 3.28 contexto:** Función de coeficientes previamente decodificados y que se utiliza para preparar la codificación del coeficiente de que se trate.
- 3.29 etiqueta de contexto:** Un índice arbitrario que se utiliza para distinguir los diferentes valores de contexto. Las etiquetas no tienen carácter normativo sino que son un convenio de notación.
- 3.30 vector de contexto:** Vector binario que consiste en los estados de significación de los coeficientes incluidos en un contexto.
- 3.31 decodificador:** La concretización de un proceso de decodificación y posiblemente un proceso de transformación de color.
- 3.32 proceso de decodificación:** Proceso que se aplica a la totalidad o una parte del tren codificado y genera la totalidad o una parte de la imagen reconstruida.
- 3.33 nivel de descomposición:** Conjunto de subbandas ondícula en la que cada coeficiente tiene el mismo impacto o expansión espacial con respecto a las muestras componentes originales. El conjunto incluye las subbandas HL, LH, y HH de la misma descomposición de subbanda en dos dimensiones. En el último nivel de descomposición también se incluye la subbanda LL.
- 3.34 marcadores y segmentos marcadores de delimitación:** Marcadores y segmentos marcadores que proporcionan la información sobre los puntos de inicio y fin de estructuras en el tren codificado.
- 3.35 transformada ondícula discreta (DWT, *discrete wavelet transformation*):** Transformada que realiza iterativamente la transformación de una señal en dos o más señales filtradas y diezmadas que corresponden a bandas de frecuencia diferentes. La transformada se aplica sobre muestras discretas espacialmente.
- 3.36 codificador:** Una concretización de un proceso de codificación.
- 3.37 proceso de codificación:** Proceso que se aplica a la totalidad o una parte de los datos de la imagen fuente y genera un tren codificado.
- 3.38 formato de fichero:** Tren codificado y datos e información de soporte adicionales que no se necesitan explícitamente para decodificar el tren codificado. Ejemplos de este tipo de datos de soporte son los campos de texto correspondiente a títulos, información de seguridad e histórica, datos que permiten incluir múltiples trenes de código en un mismo fichero de datos y datos que permiten el intercambio entre plataformas o la conversión a otros formatos de fichero.

- 3.39 marcadores de información fija y segmentos marcadores de información fija:** Marcadores y segmentos marcadores que contienen información sobre la imagen original.
- 3.40 marcadores funcionales y segmentos marcadores funcionales:** Marcadores y segmentos marcadores que contienen información sobre procedimientos de codificación.
- 3.41 resolución de la rejilla:** Resolución espacial de la rejilla de referencia, la cual especifica la distancia entre puntos contiguos de la rejilla de referencia.
- 3.42 bits de guarda:** Bits más significativos adicionales que se han añadido a los datos de muestreo.
- 3.43 encabezamiento:** Parte del tren codificado que contiene únicamente marcadores y segmentos marcadores (encabezamiento principal y encabezamiento de parte de losa) o parte de señalización de un paquete (encabezamiento de paquete).
- 3.44 subbanda HH:** Subbanda que se obtiene al aplicar un filtro horizontal paso alto y un filtro vertical de paso alto. En la reconstrucción de esta subbanda se aplica un filtro inverso vertical de paso alto y un filtro inverso horizontal de paso alto.
- 3.45 subbanda HL:** Subbanda que se obtiene al aplicar un filtro horizontal paso alto y un filtro vertical de paso bajo. En la reconstrucción de esta subbanda se aplica un filtro inverso vertical de paso bajo y un filtro inverso horizontal de paso alto.
- 3.46 imagen:** Conjunto de todos los componentes.
- 3.47 área de imagen:** Parte rectangular de la rejilla de referencia definida mediante valores de desplazamiento con respecto al origen y la extensión de la rejilla de referencia.
- 3.48 traslación del área de imagen:** Número de puntos de la rejilla de referencia por debajo y a la derecha del origen de la rejilla de referencia donde se encuentra el origen del área de imagen.
- 3.49 datos de imagen:** Los componentes y las muestras componentes que constituyen una imagen. Los datos de imagen pueden ser los datos de la imagen original o los datos de la imagen reconstruida.
- 3.50 marcadores en los trenes de bits y segmentos marcadores en los trenes de bits:** Marcadores y segmentos marcadores que proporcionan la funcionalidad de recuperación de errores.
- 3.51 marcadores de información y segmentos marcadores de información:** Marcadores y segmentos marcadores que ofrecen información auxiliar.
- 3.52 irreversible:** Una transformación, progresión, sistema, cuantificación u otro tipo de proceso que no admite una recuperación sin pérdidas, debido a errores sistémicos o de cuantificación. Un proceso irreversible produce siempre una compresión con pérdidas.
- 3.53 fichero JP2:** El nombre de un fichero que tiene el formato descrito en esta Recomendación | Norma Internacional. Estructuralmente, un fichero JP2 es una secuencia continua de casillas.
- 3.54 JPEG:** Término utilizado para referirse, en general, al proceso de codificación y decodificación de las siguientes Recomendaciones | Normas Internacionales:
- Rec. UIT-T T.81 | ISO/CEI 10918-1, *Tecnología de la información – Compresión digital y codificación de imágenes fijas de tonos continuos: Requisitos y directrices.*
 - Rec. UIT-T T.83 | ISO/CEI 10918-2, *Tecnología de la información – Compresión digital y codificación de imágenes fijas de tonos continuos: Pruebas de conformidad.*
 - Rec. UIT-T T.84 | ISO/CEI 10918-3, *Tecnología de la información – Compresión y codificación digitales de imágenes fijas de tonos continuos: Ampliaciones.*
 - Rec. UIT-T T.84 | ISO/CEI 10918-3/enm. 1, *Tecnología de la información - Compresión y codificación digitales de imágenes fijas de tonos continuos: Ampliaciones – Enmienda 1: Disposiciones para permitir el registro de nuevos tipos de compresión y nuevas versiones en el encabezamiento SPIFF.*
 - Rec. UIT-T T.86 | ISO/CEI 10918-4, *Tecnología de la información – Compresión digital y codificación de imágenes fijas de tonos continuos: Registro de perfiles JPEG, perfiles SPIFF, rótulos SPIFF, espacios de color SPIFF, marcadores APPn, tipos de compresión SPIFF y autoridades de registro (REGAUT).*
- 3.55 JPEG 2000:** Término que se utiliza, en general, para referirse al proceso de codificación y decodificación descrito en esta Recomendación | Norma Internacional y su realización práctica en aplicaciones.

- 3.56 subbanda LH:** Subbanda que se obtiene al aplicar un filtro de paso bajo horizontal y de paso alto vertical. En la reconstrucción de esta subbanda se aplica un filtro inverso vertical de paso alto y un filtro inverso horizontal de paso bajo.
- 3.57 subbanda LL:** Subbanda que se obtiene al aplicar un filtro de paso bajo horizontal y de paso bajo vertical. En la reconstrucción de esta subbanda se aplica un filtro inverso vertical de paso bajo y un filtro inverso horizontal de paso bajo.
- 3.58 capa:** Conjunto de datos de imágenes comprimidas obtenidos al realizar pasadas de codificación de uno o más bloques de código de un componente losa. Se ha de preservar el orden de codificación y de decodificación que tienen las capas.
- 3.59 sin pérdida:** Término que describe el efecto del conjunto de procesos de codificación y decodificación cuando los datos de salida de la decodificación son idénticos a los datos de entrada de la codificación. Puede garantizarse una restauración sin distorsión. Todos los procesos ya las etapas de codificación y decodificación son reversibles.
- 3.60 con pérdida:** Término que describe el efecto del conjunto de procesos de codificación y decodificación cuando los datos de salida de la decodificación no son idénticos a los datos de entrada de la codificación. Se produce distorsión (calculada matemáticamente). Es irreversible al menos uno de los procesos o etapas realizadas para codificar y decodificar.
- 3.61 pasada de refinamiento de magnitud:** Un tipo de pasada de codificación.
- 3.62 encabezamiento principal:** Grupo de marcadores y segmentos marcadores situados al principio del tren codificado que describe los parámetros de la imagen y los parámetros de codificación que pueden aplicarse a cada losa y componente losa.
- 3.63 marcador:** Código de dos bytes en el que el primer byte es hexadecimal FF (0xFF) y el segundo byte es un valor comprendido entre 1 (0x01) y el hexadecimal FE (0xFE).
- 3.64 segmento marcador:** Marcador y su conjunto (no vacío) de parámetros relacionados.
- 3.65 mod:** $\text{mod}(y,x) = z$, donde z es un entero cuyo valor es $0 \leq z < x$, y que satisface la condición $y-z =$ un múltiplo de x .
- 3.66 paquete:** Parte del tren de bits formado por el encabezamiento de paquete y los datos de la imagen comprimida correspondiente a una capa de un recinto, para un nivel de resolución de un componente losa.
- 3.67 encabezamiento del paquete:** Porción del paquete que contiene la señalización necesaria para decodificar el paquete.
- 3.68 marcadores puntero y segmentos marcadores puntero:** Marcadores y segmentos marcadores que contienen información sobre la posición de estructuras en el tren codificado.
- 3.69 recinto:** Región rectangular de un componente losa transformado, en cada nivel de resolución, que se utiliza para limitar el tamaño de los paquetes.
- 3.70 precisión:** Número de bits atribuidos a una determinada muestra, un determinado coeficiente u otra representación numérica binaria.
- 3.71 progresión:** El orden de un tren codificado en el que la decodificación sucesiva de los bits contribuye a reconstruir "mejor" la imagen. En cada aplicación hay un sistema que permite una reconstrucción "más fiel". Ejemplos de progresión son la resolución progresiva y la mayor fidelidad de la muestra.
- 3.72 cuantificación:** Método para reducir la precisión de cada uno de los coeficientes para que sea menor el número de bits que se utilizan en la codificación de entropía de esos coeficientes. Equivale a dividir al comprimir y multiplicar al descomprimir. Puede hacerse una operación explícita de cuantificación con un valor determinado, o suprimir (truncar) pasadas de codificación del tren codificado.
- 3.73 orden de rasado:** Un determinado orden secuencial de datos de cualquier tipo dentro de una matriz. El orden de rasado empieza en el punto superior izquierdo de los datos y continúa por el punto inmediatamente a su derecha, así sucesivamente hasta el final de la fila. Al llegar al final de la fila, el siguiente punto de datos de la secuencia es el primero a la izquierda inmediatamente debajo de esa fila. Este orden se sigue hasta el final de la matriz.
- 3.74 imagen reconstruida:** Imagen que se obtiene a la salida de un decodificador.
- 3.75 muestra reconstruida:** Muestra reconstruida por el decodificador. Su valor siempre es igual al valor de la muestra original en la codificación sin pérdidas, pero puede ser distinto en la codificación con pérdidas.

- 3.76 rejilla de referencia:** Una matriz rectangular regular de puntos que se utiliza como referencia para otras matrices rectangulares de datos. Los componentes y las losas son ejemplos de rejillas de referencia.
- 3.77 losa de referencia:** Una subrejilla rectangular de cualquier tamaño relacionada con la rejilla de referencia.
- 3.78 región de interés (ROI, *region of interest*):** Conjuntos de coeficientes que se consideran especialmente importantes para ciertas medidas definidas por el usuario.
- 3.79 nivel de resolución:** Es igual al nivel de descomposición, con una excepción: la subbanda LL también es un nivel de resolución aparte.
- 3.80 reversible:** Transformación, progresión, sistema u otro proceso que no produce errores sistémicos o de cuantificación, por lo que permite recuperar la señal sin pérdidas.
- 3.81 muestra:** Un elemento de la matriz bidimensional que constituye un componente.
- 3.82 símbolo de segmentación:** Un símbolo especial codificado con un contexto uniforme al final de cada pasada de codificación para la recuperación de errores.
- 3.83 exención selectiva de la codificación aritmética:** Tipo de codificación en la que no se aplica el codificador aritmético a algunas de las pasadas del bloque de código. En lugar de codificarse, los bits se añaden al tren de bits directamente sin codificar.
- 3.84 desplazamiento:** Multiplicación o división de un número por potencias de dos.
- 3.85 bit de signo:** Bit que indica si un número es positivo (valor cero) o negativo (valor uno).
- 3.86 notación signo-magnitud:** Representación binaria de entero en la cual la distancia desde el origen se expresa mediante un número positivo, y el sentido desde el origen (positivo o negativo) se expresa mediante un solo bit de signo diferente.
- 3.87 pasada de propagación de significación:** Pasada de codificación realizada sobre un solo plano de bits de un código de bloques de coeficientes.
- 3.88 estado de significación:** Estado de un coeficiente en un determinado plano de bits. En la notación signo-magnitud, si el primer bit 1 de magnitud del coeficiente está en el plano de bits considerado, o antes, el coeficiente es "significante". En caso contrario se considera "insignificante".
- 3.89 imagen fuente:** Imagen que se utiliza a la entrada del codificador.
- 3.90 subbanda:** Grupo de coeficientes de transformada que se obtienen de la misma secuencia de operaciones de filtración de paso alto y paso bajo, tanto vertical como horizontalmente.
- 3.91 coeficiente subbanda:** Coeficiente de la transformada en una determinada subbanda.
- 3.92 descomposición en subbandas:** Transformación en subbandas de un componente losa de la imagen.
- 3.93 supercasilla:** Una casilla que en ella misma contiene, únicamente, secuencias de casillas contiguas. El fichero JP2 es una supercasilla porque contiene únicamente secuencias de casillas contiguas. Cuando se utiliza para describir la relación entre dos casillas, el término supercasilla hace referencia a la casilla que contiene directamente la otra casilla.
- 3.94 losa:** Matriz rectangular de puntos sobre la rejilla de referencia, determinada por una traslación desde el origen de la rejilla de referencia, y definida por los valores de anchura y altura. Las losas que se superponen se utilizan para definir componentes losa.
- 3.95 componente losa:** Todas las muestras de un determinado componente que están reunidos en una losa.
- 3.96 índice de losa:** El índice de la losa en cuestión, que va desde cero hasta el número total de losas menos uno.
- 3.97 parte de losa:** Una porción del tren codificado con los datos de la imagen comprimida de todo o una parte de una losa. La parte de losa comprende como mínimo uno de los paquetes que constituyen la losa codificada, y puede incluirlos todos.
- 3.98 encabezamiento de la parte de losa:** Grupo de marcadores y segmentos marcadores al principio de cada parte de losa en el tren codificado, utilizados para describir los parámetros de codificación de la parte de losa.
- 3.99 índice de la parte de losa:** Índice de la parte de losa en cuestión, que va desde cero hasta el número total de partes de losa que constituyen una determinada losa, menos uno.
- 3.100 transformada:** Correspondencia matemática entre dos espacios de señales.
- 3.101 coeficiente de transformada:** Valor que resulta de aplicar una transformada.

3.102 XOR: Operador lógico "O" exclusivo.

4 Abreviaturas y símbolos

4.1 Abreviaturas

A los efectos de esta Recomendación | Norma Internacional se utilizan las siguientes siglas.

CCITT	Comité Consultivo Internacional Telegráfico y Telefónico, ahora UIT-T
ICC	Consortio internacional del color (<i>international colour consortium</i>)
ICT	Transformada componente irreversible (<i>irreversible component transform</i>)
CEI	Comisión Electrotécnica Internacional (<i>international electrotechnical commission</i>)
ISO	Organización Internacional de Normalización (<i>international organization for standardization</i>)
ITTF	Grupo Especial sobre Tecnologías de la Información (<i>information technology task force</i>)
UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones
UIT-T	Unión Internacional de Telecomunicaciones – Sector de Normalización de las Telecomunicaciones (anteriormente CCITT)
JPEG	Grupo mixto de expertos en fotografía (<i>joint photographic experts group</i>) – Es una Comisión Mixta ISO/UIT encargada de elaborar las normas para la codificación de imágenes fijas de tonos continuos. También se refiere a las normas elaboradas por esta Comisión: Rec. UIT-T T.81 | ISO/CEI 10918-1, Rec. UIT-T T.83 | ISO/CEI 10918-2, Rec. UIT-T T.84 | ISO/CEI 10918-3 y Rec. UIT-T T.87 | ISO/CEI 14495.
JURA	Autoridad de registro de funciones JPEG (<i>JPEG utilities registration authority</i>)
1D-DWT	Transformada en ondícula discreta unidimensional (<i>one-dimensional discrete wavelet transformation</i>)
FDWT	Transformada en ondícula discreta (<i>forward discrete wavelet transformation</i>)
IDWT	Transformada en ondícula discreta inversa (<i>inverse discrete wavelet transformation</i>)
LSB	Bit menos significativo (<i>least significant bit</i>)
MSB	Bit más significativo (<i>most significant bit</i>)
PCS	Espacio de conexión de perfil (<i>profile connection space</i>)
RCT	Transformada componente reversible (<i>reversible component transform</i>)
ROI	Región de interés (<i>region of interest</i>)
SNR	Relación señal/ruido (<i>signal-to-noise ratio</i>)
UCS	Conjunto universal de caracteres (<i>universal character set</i>)
URI	Identificador uniforme de recursos (<i>uniform resource identifier</i>)
URL	Localizador de recurso uniforme (<i>uniform resource locator</i>)
UTF-8	Formato 8 de transformada UCS (<i>UCS transformation format 8</i>)
UUID	Identificador universal único (<i>universal unique identifier</i>)
XML	Lenguaje de marcaje extensible (<i>extensible markup language</i>)
W3C	Consortio WWW (<i>world-wide web consortium</i>)

4.2 Símbolos

En esta Recomendación | Norma Internacional se utilizan los siguientes símbolos.

0x----	Indica un número hexadecimal
\nnn	Un número de tres cifras precedido por una barra hacia atrás indica el valor de un solo byte en una cadena de caracteres, siendo las tres cifras el valor octal de ese byte
ϵ_b	Exponente del valor de cuantificación para una subbanda definida en QCD y QCC
μ_b	Mantisa del valor de cuantificación para una subbanda definida en QCD y QCC
M_b	Número máximo de planos de bits codificados en un determinado bloque de código

N_L	Número de niveles de descomposición, según se define en COD y COC
R_b	Rango dinámico de una muestra de un componente, según se define en SIZ
COC	Marcador tipo de codificación de componente (<i>coding style component marker</i>)
COD	Marcador tipo de codificación por defecto (<i>coding style default marker</i>)
COM	Marcador de comentario (<i>comment marker</i>)
CRG	Marcador registro del componente (<i>component registration marker</i>)
EPH	Marcador fin de encabezamiento de paquete (<i>end of packet header marker</i>)
EOC	Marcador fin de tren codificado (<i>end of codestream marker</i>)
PLM	Marcador longitud de paquete, encabezamiento principal (<i>packet length, main header marker</i>)
PLT	Marcador longitud de paquete, encabezamiento de parte de losa (<i>packet length, tile-part header marker</i>)
POC	Marcador cambio del orden de progresión (<i>progression order change marker</i>)
PPM	Marcador encabezamientos de paquete empaquetados, encabezamiento principal (<i>packed packet headers, main header marker</i>)
PPT	Marcador encabezamientos de paquete empaquetados, encabezamiento de parte de losa (<i>packed packet headers, tile-part header marker</i>)
QCC	Marcador cuantificación propio de componente (<i>quantization component marker</i>)
QCD	Marcador cuantificación por defecto (<i>quantization default marker</i>)
RGN	Marcador región de interés (<i>region of interest marker</i>)
SIZ	Marcador tamaño de imagen y de losa (<i>image and tile size marker</i>)
SOC	Marcador comienzo de tren codificado (<i>start of codestream marker</i>)
SOP	Marcador comienzo de paquete (<i>start of packet marker</i>)
SOD	Marcador comienzo de datos (<i>start of data marker</i>)
SOT	Marcador comienzo de parte de losa (<i>start of tile-part marker</i>)
TLM	Marcador longitudes de parte de losa (<i>tile-part lengths marker</i>)

5 Descripción general

En esta Recomendación | Norma Internacional se describe un sistema de compresión de imágenes muy flexible, no sólo en la compresión de las imágenes sino también en el acceso al tren codificado. El tren codificado proporciona una serie de mecanismos para localizar y extraer partes de los datos de imagen comprimida para la retransmisión, almacenamiento, visualización o edición. Con este tipo de acceso se pueden almacenar y recuperar sin decodificar los datos de la imagen comprimida necesarios para una determinada aplicación.

Dividiendo de distintas formas los datos de la imagen original y los datos de la imagen comprimida se pueden extraer datos de la imagen comprimida para formar una imagen reconstruida de menor resolución o menor precisión, o regiones de la imagen original. Con esto se consigue adaptar el tren codificado al canal de transmisión, dispositivo de almacenamiento o dispositivo de visualización, independientemente del tamaño, el número de componentes y la precisión de las muestras de la imagen original. El tren codificado se puede manipular sin decodificarlo para organizarlo de manera más eficaz para una determinada aplicación.

Las funciones muy sutiles de esta Recomendación | Norma Internacional permiten utilizar eficazmente el mismo tren codificado en diversas aplicaciones. Por ejemplo, los dispositivos de imagen fuente más grandes pueden generar un tren codificado que se pueda procesar fácilmente en los dispositivos de visualización de imagen más pequeños.

En general, esta Recomendación | Norma Internacional abarca tres dominios: espacial (muestras), transformada (coeficientes) y datos de la imagen comprimida. Algunas entidades (por ejemplo, los componentes de losa) tienen significado en los tres dominios. Otras (por ejemplo, bloques de código o paquetes) sólo tienen significado en un dominio (transformada o datos de la imagen comprimida, respectivamente). La división de una entidad en otras del mismo dominio (por ejemplo, división de un componente en componentes de losa) se describe por separado para cada uno de los dominios.

5.1 Finalidad

En esta Recomendación | Norma Internacional se describen cuatro elementos principales:

- Codificador: Concretización de un proceso de codificación. El codificador toma los datos digitales de la imagen fuente y las especificaciones de parámetros, y genera un tren codificado mediante una serie de procedimientos.
- Decodificador: Concretización de un proceso de decodificación. El decodificador toma los datos de la imagen comprimida y las especificaciones de parámetros, y genera datos digitales de una imagen reconstruida mediante un determinado conjunto de procedimientos.
- Sintaxis del tren codificado: Representación de los datos de la imagen comprimida que incluye todas las especificaciones de parámetros necesarias para la decodificación.
- Formato del fichero opcional: El formato del fichero opcional se utiliza para el intercambio entre diferentes aplicaciones. El tren codificado se puede utilizar en otros formatos de fichero o de manera independiente sin este formato de fichero.

5.2 Tren codificado

El tren codificado es un tren de bits lineal ordenado del primer bit al último. Por comodidad, puede dividirse en bytes (8 bits) empezando por el primer bit del tren codificado; el bit "primero" de un byte será el bit más significativo de ese byte, por ejemplo en una representación hexadecimal. Este tren de bytes se puede dividir en grupos de bytes consecutivos. En el documento se supondrá tácitamente algunas veces que la representación del valor es hexadecimal, cuando se describan bytes o grupos de bytes que no tienen una representación de valor numérico "natural".

5.3 Principios de codificación

En la figura 5-1 se muestran los procedimientos más importantes de esta Recomendación | Norma Internacional. Se muestra únicamente el orden de decodificación. Los datos de la imagen comprimida ya están conceptualmente asignados a porciones de los datos de la imagen. En los anexos se presentan estos procedimientos en el orden de la decodificación. La codificación se resume a continuación.

NOTA 1 – Los anexos A a I a esta Recomendación | Norma Internacional se consideran normativos, aunque ciertas subcláusulas y notas señaladas, y todos los ejemplos, son sólo informativos.

Muchas imágenes tienen múltiples componentes. En esta Recomendación | Norma Internacional se utiliza una transformada multicomponente para decorrelacionar tres componentes. Es la única función en esta Recomendación | Norma Internacional que relaciona los componentes entre sí (véase el anexo G).

Los componentes de la imagen se pueden dividir en losas. Las losas son matrices rectangulares que corresponden a la misma parte de cada uno de los componentes que constituyen la imagen. Es decir, mediante la creación de losas en la imagen se crean en realidad componentes losa que pueden extraerse o decodificarse de manera independiente. Esta independencia entre las losas es una de las características que permiten extraer una región de la imagen (véase el anexo B).

Los componentes losa se descomponen en diferentes niveles de descomposición utilizando la transformada en ondícula. Estos niveles de descomposición contienen una serie de subbandas con coeficientes que describen las características de frecuencias espacial horizontal y vertical de los componentes losa originales. Los coeficientes indican las frecuencias de determinadas porciones, no de toda la imagen como es el caso de la transformada de Fourier. Es decir, una muestra se puede describir completamente con unos pocos coeficientes. El valor de un nivel de descomposición con respecto al siguiente está dado por un factor espacial de dos. Es decir, cada nivel de descomposición de las subbandas tiene aproximadamente la mitad de la resolución horizontal y vertical del nivel anterior. Se pueden generar imágenes de menor resolución que el original decodificando un subconjunto de estas subbandas (véase el anexo F).

Aunque hay tantos coeficientes como muestras, el contenido de información suele concentrarse en sólo unos pocos coeficientes. Mediante la cuantificación se consigue reducir aún más el contenido de información de una gran serie de coeficientes de magnitud pequeña (anexo E). Otro procesamiento realizado por el codificador de entropía reduce el número de bits necesarios para representar estos coeficientes cuantificados (la reducción puede ser considerable con respecto a la imagen original) (véanse los anexos C, D y B).

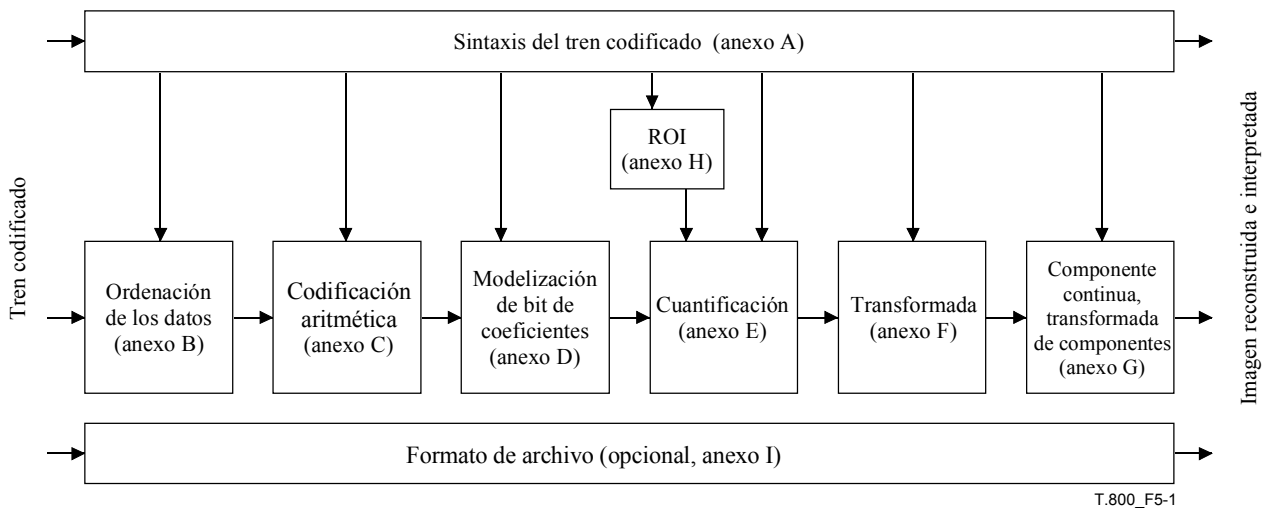


Figura 5-1 – Especificación del diagrama de bloques

Cada subbanda de un componente losa se divide además en bloques de código. Estas matrices rectangulares de coeficientes se pueden extraer por separado. Cada plano de bits de los coeficientes en un bloque de código se codifica mediante tres pasadas de codificación. Cada una de estas pasadas de codificación reúne información contextual sobre los datos de la imagen comprimida del plano de bits (véase el anexo D). El codificador aritmético utiliza esta información contextual, y su estado interno, para decodificar el tren de bits comprimido (véase el anexo C). Los diferentes mecanismos de terminación permiten extraer de forma independiente y a niveles diferentes estos datos de la imagen que ha sido comprimida mediante pasadas de codificación.

Los datos de imagen comprimida generados por estas pasadas de codificación, que constituyen un tren de bits, están repartidos en capas. Las capas son agrupaciones arbitrarias de pasadas de codificación aplicadas a bloques de código (véase el anexo B).

NOTA 2 – Si bien la noción de capa es muy flexible, la premisa es que cada capa sucesiva contribuya a mejorar la calidad de la imagen.

Los coeficientes de subbanda en cada nivel de resolución se dividen en parcelas rectangulares llamadas recintos (véase anexo B).

La unidad fundamental del tren codificado comprimido es el paquete. Un paquete contiene datos de la imagen comprimida correspondientes a una capa de uno de los recintos de un nivel de resolución de un componente losa. Los paquetes son otra característica que permite extraer del tren codificado una región espacial independiente. Hay varios métodos para intercalar los paquetes en el tren codificado (véase el anexo B).

Se proporciona un mecanismo que permite codificar los datos de la imagen comprimida correspondientes a las regiones de interés en los componentes losa originales, y colocarlos en primer lugar en el tren de bits (véase el anexo H).

Se facilitan varios mecanismos para detectar y ocultar errores en los bits que pueden producirse durante la transmisión por un canal ruidoso (véanse D.5 y J.7).

El tren codificado correspondiente a una losa, organizado en paquetes, se dispone en una o más partes de losa. El encabezamiento de una parte de losa está formada por una serie de marcadores y segmentos marcadores con información sobre los diversos mecanismos y tipos de codificación que se necesitan para localizar, extraer, decodificar y reconstruir cada componente losa. Al principio de todo el tren codificado se coloca el encabezamiento principal, formado por marcadores y segmentos marcadores con el mismo tipo de información y también información sobre la imagen original (véase el anexo A).

Es posible ajustar el tren codificado a un formato de fichero que permita a las aplicaciones interpretar el significado y otra información de la imagen. El formato de fichero puede contener otros datos además del tren codificado (véase el anexo I).

En resumen, los procedimientos que dividen la imagen original son:

- Los componentes de la imagen se dividen en losas rectangulares. El componente losa es la unidad básica de la imagen original o reconstruida.
- La aplicación de la transformada en ondícula sobre los componentes losa crea niveles de descomposición.

- Estos niveles de descomposición están formados por subbandas de coeficientes que indican la frecuencia de determinadas parcelas del componente losa, no de todo el componente losa.
- Las subbandas de coeficientes se cuantifican y se reúnen en matrices rectangulares de bloques de código.
- A cada plano de bits de los coeficientes en un bloque de código se le aplica una codificación de entropía mediante tres tipos de pasadas de codificación.
- Algunos de los coeficientes se pueden codificar primero para delimitar una región de interés.

Llegado a este punto, se ha realizado el proceso completo de compresión de los datos de la imagen. Los procedimientos que reorganizan estas unidades de trenes de bits en un tren codificado son los siguientes:

- Los datos de la imagen comprimida generados por las pasadas de codificación se reúnen en capas.
- Los paquetes están formados por datos de la imagen comprimida correspondientes a un recinto de una sola capa de un nivel de resolución de un solo componente losa. El paquete es la unidad básica de los datos de la imagen comprimida.
- Todos los paquetes de una losa se intercalan en uno de los posibles órdenes y van colocados en una parte de la losa o en varias partes.
- Las partes de la losa tienen un encabezamiento descriptivo y se pueden intercalar de varias maneras.
- El tren codificado tiene al principio un encabezamiento principal que describe la imagen original y las diversas descomposiciones y tipos de codificación.
- El formato de fichero opcional describe el significado de la imagen y sus componentes en el contexto de una determinada aplicación.

6 Requisitos del codificador

La codificación convierte los datos de la imagen fuente en datos de imagen comprimida. En los anexos A, B, C, D, E, F, G y H se describe la codificación. La especificación de una codificación sólo es informativa.

Un codificador es una concretización de la codificación. Para ser conforme a esta Recomendación | Norma Internacional, el codificador deberá convertir los datos de la imagen fuente en datos de una imagen comprimida, empleando la sintaxis de trenes codificados especificada en el anexo A.

7 Requisitos del decodificador

La decodificación convierte los datos de una imagen comprimida en datos de una imagen reconstruida. La decodificación se describe en los anexos A a H. Todo proceso de decodificación tiene carácter normativo.

Un decodificador es una concretización de una decodificación. Para ser conforme a esta Recomendación | Norma Internacional, el decodificador deberá convertir todos los datos de imagen comprimida que son conformes a la sintaxis de tren codificado especificada en el anexo A, o sólo determinadas partes de estos datos, y producir una imagen reconstruida.

No hay una implementación normativa u obligatoria para el codificador o el decodificador. En algunas descripciones se utilizan determinadas técnicas de implementación, únicamente con propósitos ilustrativos.

7.1 Requisitos de la sintaxis del tren codificado

En el anexo A se describe la sintaxis del tren codificado que define la representación codificada de los datos de una imagen comprimida para el intercambio entre aplicaciones. Todos los datos de imagen comprimida deben ajustarse a la sintaxis y las asignaciones de código propias de los procesos de codificación definidos en esta Recomendación | Norma Internacional.

En esta Recomendación | Norma Internacional no se incluye la definición de adecuación o conformidad. Los valores de parámetros de la sintaxis descrita en el anexo A no son condiciones de conformidad.

7.2 Requisitos del formato del fichero opcional

En el anexo I se describe el formato de fichero opcional que contiene metadatos sobre la imagen, además del tren de códigos. Estos datos permiten, por ejemplo, visualizar en pantalla o imprimir a una determinada resolución. El formato de fichero opcional, si se utiliza, deberá ajustarse a la sintaxis de formato de fichero y las asignaciones de codificación propias de los procesos de codificación definidos en esta Recomendación | Norma Internacional.

8 Requisitos de implementación

No existe una implementación normativa u obligatoria para esta Recomendación | Norma Internacional. En algunas descripciones se utilizan determinadas técnicas de implementación, únicamente con propósitos ilustrativos.

Anexo A

Sintaxis del tren codificado

(Este anexo es parte integrante de esta Recomendación | Norma Internacional)

En este anexo y en todas sus subcláusulas, los diagramas de flujo y los cuadros son normativos únicamente en el sentido de que definen un formato de salida necesario para todas las implementaciones.

En este anexo se especifican las sintaxis y la semántica de los marcadores y los segmentos marcadores definidos en esta Recomendación | Norma Internacional. Estos marcadores y segmentos marcadores proporcionan información sobre el tren codificado de esta Recomendación | Norma Internacional. En este anexo también se especifica una sintaxis de marcadores y segmentos marcadores prevista para futuras especificaciones que incluyan como referencia normativa esta Recomendación | Norma Internacional.

Esta Recomendación | Norma Internacional no incluye la definición de adecuación o conformidad. Los valores de parámetros de la sintaxis descrita en este anexo no son condiciones de conformidad.

A.1 Marcadores, segmentos marcadores y encabezamiento

En esta Recomendación | Norma Internacional se utilizan marcadores y segmentos marcadores para delimitar y señalar las características de la imagen fuente y del tren codificado. Este conjunto de marcadores y segmentos marcadores constituye la información mínima necesaria para lograr las características descritas en esta Recomendación | Norma Internacional, y no se trata de un formato de fichero. En el anexo I se describe un formato de fichero mínimo.

El encabezamiento principal y el encabezamiento de una parte de losa son recopilaciones de marcadores y segmentos marcadores. El encabezamiento principal se encuentra al principio del tren codificado. Los encabezamientos de partes de losa se encuentran al principio de cada una de estas partes (véase más adelante). Algunos marcadores y segmentos marcadores pueden estar únicamente en uno de los dos tipos de encabezamientos, mientras que otros se pueden encontrar en ambos.

La longitud de cada marcador es de dos bytes. El primero es el byte 0xFF. El segundo byte especifica el marcador y su valor está comprendido entre 0x01 y 0xFE. Muchos de estos marcadores ya se utilizan en la Rec. UIT-T T.81 | ISO/CEI 10918-1 y en la Rec. UIT-T T.84 | ISO/CEI 10918-3, y se deberán considerar como marcadores reservados, a no ser que se utilicen por especificación.

Un segmento marcador consta de un marcador y parámetros relacionados, denominados parámetros del segmento marcador. En cada segmento marcador, los dos primeros bytes después del marcador representarán un valor sin signo que indique la longitud en bytes de los parámetros del segmento marcador (contando los dos bytes de este parámetro de longitud, pero sin contar los dos bytes del marcador propiamente dicho). El decodificador utilizará el parámetro longitud para descartar los segmentos marcadores del tren codificado que no estén especificados en la Recomendación | Norma Internacional.

A.1.1 Tipos de marcadores y segmentos marcadores

Se utilizan seis tipos de marcadores y segmentos marcadores: delimitantes, información fija, funcionales, en trenes de bits, punteros y de información. Los marcadores y segmentos marcadores delimitantes se utilizan para delimitar el encabezamiento principal y el encabezamiento de una parte de losa, y los datos del tren de bits. Los segmentos marcadores de información fija contienen información necesaria sobre la imagen. Se especifica la posición de estos segmentos marcadores, así como la posición de los marcadores y segmentos marcadores delimitantes. Los segmentos marcadores funcionales se utilizan para describir las funciones de codificación utilizadas. Los marcadores y segmentos marcadores en los trenes de bits se utilizan para la recuperación de errores. Los segmentos marcadores punteros proporcionan traslaciones específicas en el tren de bits. Los segmentos marcadores de información proporcionan información auxiliar.

A.1.2 Similitud de la sintaxis con respecto a la Rec. UIT-T T.81 | ISO/CEI 10918-1

Los marcadores y segmentos marcadores utilizan la sintaxis que fue definida en la Rec. UIT-T T.81 | ISO/CEI 10918-1.

En esta Recomendación | Norma Internacional, los valores comprendidos entre 0xFF30 y 0xFF3F están reservados para los marcadores que no tienen parámetros de segmento marcador. En el cuadro A.1 se enumeran las especificaciones en las que se definen estos marcadores y segmentos marcadores.

Cuadro A.1 – Definiciones de marcadores

Valores de código de marcador	Definición normativa
0xFF00, 0xFF01, 0xFFFE, 0xFFC0 a 0xFFDF	Definido en Rec. UIT-T T.81 | ISO/CEI 10918-1
0xFFF0 a 0xFFF6	Definido en Rec. UIT-T T.84 | ISO/CEI 10918-3
0xFFF7 a 0xFFF8	Definido en Rec. UIT-T T.87 | ISO/CEI 14495-1
0xFF4F a 0xFF6F, 0xFF90 a 0xFF93	Definido en esta Recomendación | Norma Internacional
0xFF30 a 0xFF3F	Reservado para definirse como marcadores únicamente (sin segmentos marcadores)
	Todos los demás valores reservados

A.1.3 Reglas para los marcadores, los segmentos marcadores y el tren codificado

- Los segmentos marcadores y, por lo tanto, el encabezamiento principal y el encabezamiento de una parte de losa son múltiplos de 8 bits (un byte). Además, los datos del tren de bits entre los encabezamientos y antes del marcador EOC (véase A.4.4) se completan para que también sean múltiplos de 8 bits.
- Todos los segmentos marcadores en el encabezamiento de una parte de losa valen únicamente para la losa a la que pertenecen.
- Todos los segmentos marcadores en el encabezamiento principal valen para toda la imagen, a no ser que sean específicamente invalidados por marcadores o segmentos marcadores en el encabezamiento de una parte de una losa.
- Los marcadores y segmentos marcadores delimitantes y de información fija deben aparecer en determinados puntos del tren codificado.
- Los segmentos marcadores describirán correctamente la imagen según está representada en el tren codificado. Si el tren codificado ha sido recortado, alterado o editado, los segmentos marcadores deberán actualizarse, en caso necesario.
- Todos los valores de parámetros en segmentos marcadores se ordenan de mayor a menor significación.
- En un determinado encabezamiento los segmentos marcadores pueden aparecer en cualquier orden, excepto los marcadores y segmentos marcadores delimitantes, y los segmentos marcadores de información fija.
- Todos los marcadores designados por un código de marcador comprendido entre 0xFF30 y 0xFF3F no tienen parámetros de segmento marcador. El decodificador no los tendrá en cuenta.
- Algunos segmentos marcadores tienen valores asignados a grupos de bits dentro de un parámetro. Para algunos bits indicados por "x", no se asigna ningún valor a ninguno de los campos de un parámetro. El tren codificado tendrá un valor igual a cero para todos los bits de este tipo. El decodificador no tendrá en cuenta estos bits.

NOTA – Es posible que los marcadores cuyo valor está comprendido entre 0xFF30 y 0xFF3F se utilicen en futuras extensiones. Los decodificadores sin ramificación pueden o no tenerlos en cuenta.

A.1.4 Clave para las descripciones gráficas (informativo)

Cada segmento marcador se describe por su función, utilización y longitud. La función describe la información que aparece el segmento marcador. La utilización indica la posición lógica y la frecuencia del segmento marcador en el tren codificado. La longitud indica cuáles son los parámetros que determinan la longitud del segmento marcador.

Estas descripciones se acompañan con una figura que muestra el orden y la relación de los parámetros en el segmento marcador. La figura A.1 es un ejemplo de este tipo de figura. Los segmentos marcadores se designan mediante un código de tres letras del marcador que corresponde al segmento marcador. Los símbolos del parámetro se designan con una letra en mayúsculas seguida de los símbolos del marcador en minúsculas. Se utiliza un rectángulo para indicar la posición de los parámetros en el segmento marcador. El ancho del rectángulo es proporcional al número de bytes del parámetro. El rectángulo sombreado (líneas diagonales) indica que el tamaño del parámetro es variable. Los dos parámetros con superíndices y una zona gris entre ellos indican una serie de varios de estos parámetros.

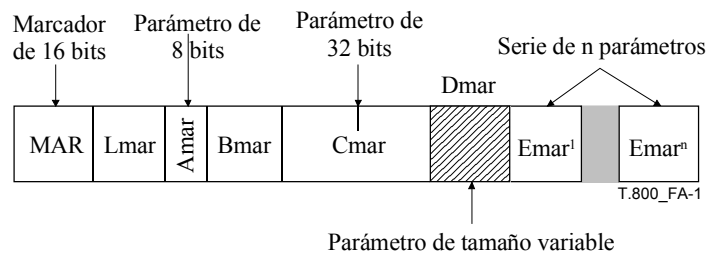


Figura A.1 – Ejemplo de una figura descriptiva de un segmento marcador

La figura se acompaña con una lista que describe el significado de cada parámetro en el segmento marcador. Si hay parámetros que se repiten, se define la longitud y naturaleza de la serie de parámetros. En el ejemplo de la figura A.1 el primer rectángulo representa el marcador identificado con el símbolo MAR. El segundo rectángulo representa la longitud del parámetro. La longitud de los parámetros Amar, Bmar, Cmar y Dmar es, respectivamente: 8 bits, 16 bits, 32 bits y longitud variable. La notación Emar¹ implica que hay *n* parámetros diferentes Emar¹ en una fila.

Después de la lista hay un cuadro que describe los valores posibles de los parámetros o proporciona referencias a otros cuadros que describen esos valores. Se incluyen otros cuadros para describir los parámetros que no se pueden describir mediante un simple valor numérico. Algunos de estos parámetros se describen mediante un valor de bits en un campo de bits. En este caso, una "x" señala los bits que no están incluidos en la especificación del parámetro o subparámetro en la correspondiente fila del cuadro.

Algunos parámetros de segmento marcador se describen utilizando la notación "Sxxx" y "SPxxx" (siendo XXX el símbolo del marcador). El parámetro Sxxx selecciona uno de los posibles estados del parámetro SPxxx. El parámetro SPxxx o la lista de parámetros se modifica de acuerdo con esta selección.

A.2 Información en los segmentos marcadores

En el cuadro A.2 se enumeran los marcadores especificados en esta Recomendación | Norma Internacional. En el cuadro A.3 se especifica la información facilitada por los distintos marcadores y segmentos marcadores.

Cuadro A.2 – Lista de marcadores y segmentos marcadores

	Símbolo	Código	Encabezamiento principal	Encabezamiento de parte de una losa
Marcadores y segmentos marcadores delimitantes				
Inicio del tren codificado	SOC	0xFF4F	Obligatorio ^{a)}	No permitido
Inicio de parte de una losa	SOT	0xFF90	No permitido	Obligatorio
Inicio de los datos	SOD	0xFF93	No permitido	último marcador
Fin del tren codificado	EOC	0xFFD9	No permitido	No permitido
Segmentos marcadores de información fija				
Tamaño de la imagen y de la losa	SIZ	0xFF51	Obligatorio	No permitido
Segmentos marcadores funcionales				
Tipo de codificación por defecto	COD	0xFF52	Obligatorio	Opcional
Tipo de codificación de componente	COC	0xFF53	Opcional	Opcional
Región de interés	RGN	0xFF5E	Opcional	Opcional
Cuantificación por defecto	QCD	0xFF5C	Obligatorio	Opcional
Cuantificación de componente	QCC	0xFF5D	Opcional	Opcional
Cambio del orden de progresión ^{b)}	POC	0xFF5F	Opcional	Opcional
Segmentos marcadores punteros				
Longitudes de parte de losa	TLM	0xFF55	Opcional	No permitido
Longitud del paquete, encabezamiento principal	PLM	0xFF57	Opcional	No permitido
Longitud del paquete, encabezamiento de parte de losa	PLT	0xFF58	Opcional	No permitido

Cuadro A.2 – Lista de marcadores y segmentos marcadores

	Símbolo	Código	Encabezamiento principal	Encabezamiento de parte de una losa
Encabezamientos de paquetes empaquetados, encabezamiento principal ^{c)}	PPM	0xFF60	No permitido	Opcional
Encabezamientos de paquetes empaquetados, encabezamiento de parte de losa ^{c)}	PPT	0xFF61	Opcional	No permitido
Marcadores y segmentos marcadores en el tren de bits				
Inicio de paquete	SOP	0xFF91	No permitido	No permitido en el encabezamiento de parte de losa, opcional en el tren de bits
Fin de encabezamiento de paquete	EPH	0xFF92	Opcional en el segmento marcador PPM	Opcional en el segmento marcador PPT o en el tren de bits
Segmentos marcadores de información				
Registro de componentes	CRG	0xFF63	Opcional	No permitido
Comentario	COM	0xFF64	Opcional	opcional
<p>a) "Obligatorio" significa que el marcador o segmento marcador ha de estar en este encabezamiento; "opcional" significa que puede utilizarse.</p> <p>b) El segmento marcador POC es obligatorio si hay cambios en el orden de progresión.</p> <p>c) El segmento marcador PPM o el PPT es obligatorio si los encabezamientos de paquete no están distribuidos en el tren de bits. Cuando se utilice el segmento marcador PPM no se utilizarán los segmentos marcadores PPT, y viceversa.</p>				

Cuadro A.3 – Información de los segmentos marcadores

Información	Segmento marcador
Capacidades Tamaño del área de la imagen o tamaño de la rejilla de referencia (ancho y alto) Tamaño de la losa (ancho y alto) Número de componentes Precisión del componente Correspondencia del componente con la rejilla de referencia (submuestreo)	SIZ
Índice de losa Longitud de los datos de la parte de losa	SOT, TLM
Orden de progresión Número de capas Se utiliza transformada multicomponente	COD
Tipo de codificación Número de niveles de descomposición Tamaño del bloque de código Tipo de bloque de código Transformada en ondícula Tamaño del recinto	COD, COC
Desplazamiento de la región de interés	RGN
Sin cuantificación Cuantificación calculada Cuantificación indicada	QCD, QCC
Punto de inicio de la progresión Punto de fin de la progresión Orden de progresión por defecto	POC

Cuadro A.3 – Información de los segmentos marcadores

Información	Segmento marcador
Recuperación de errores	SOP
Fin del encabezamiento de paquete	EPH
Encabezamientos de paquete	PPM, PPT
Longitudes de paquete	PLM, PLT
Registro del componente	CRG
Información opcional	COM

A.3 Construcción del tren codificado

En la figura A.2 se ha representado la construcción del tren codificado. La figura A.3 representa la construcción del encabezamiento principal. Las líneas continuas indican los segmentos marcadores obligatorios. Es obligatorio que los siguientes marcadores y segmentos marcadores estén en una determinada posición: SOC, SIZ, SOT, SOD, y EOC. Las líneas discontinuas indican segmentos marcadores opcionales, eventualmente segmentos marcadores que no son obligatorios.

En la figura A.4 se representa la construcción del encabezamiento de la primera parte de una losa. En la figura A.5 se representa la construcción del encabezamiento de las siguientes partes de una losa.

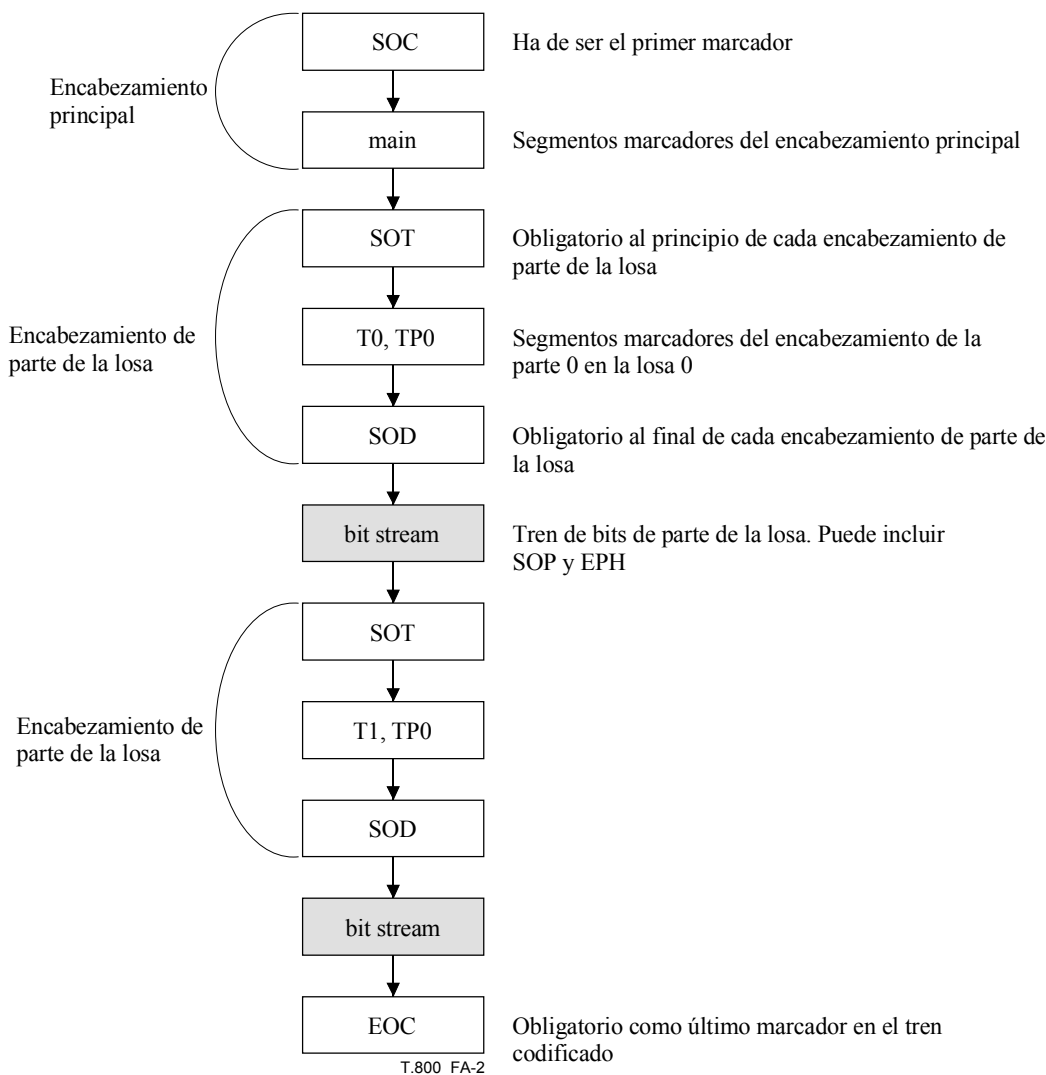


Figura A.2 – Construcción del tren codificado

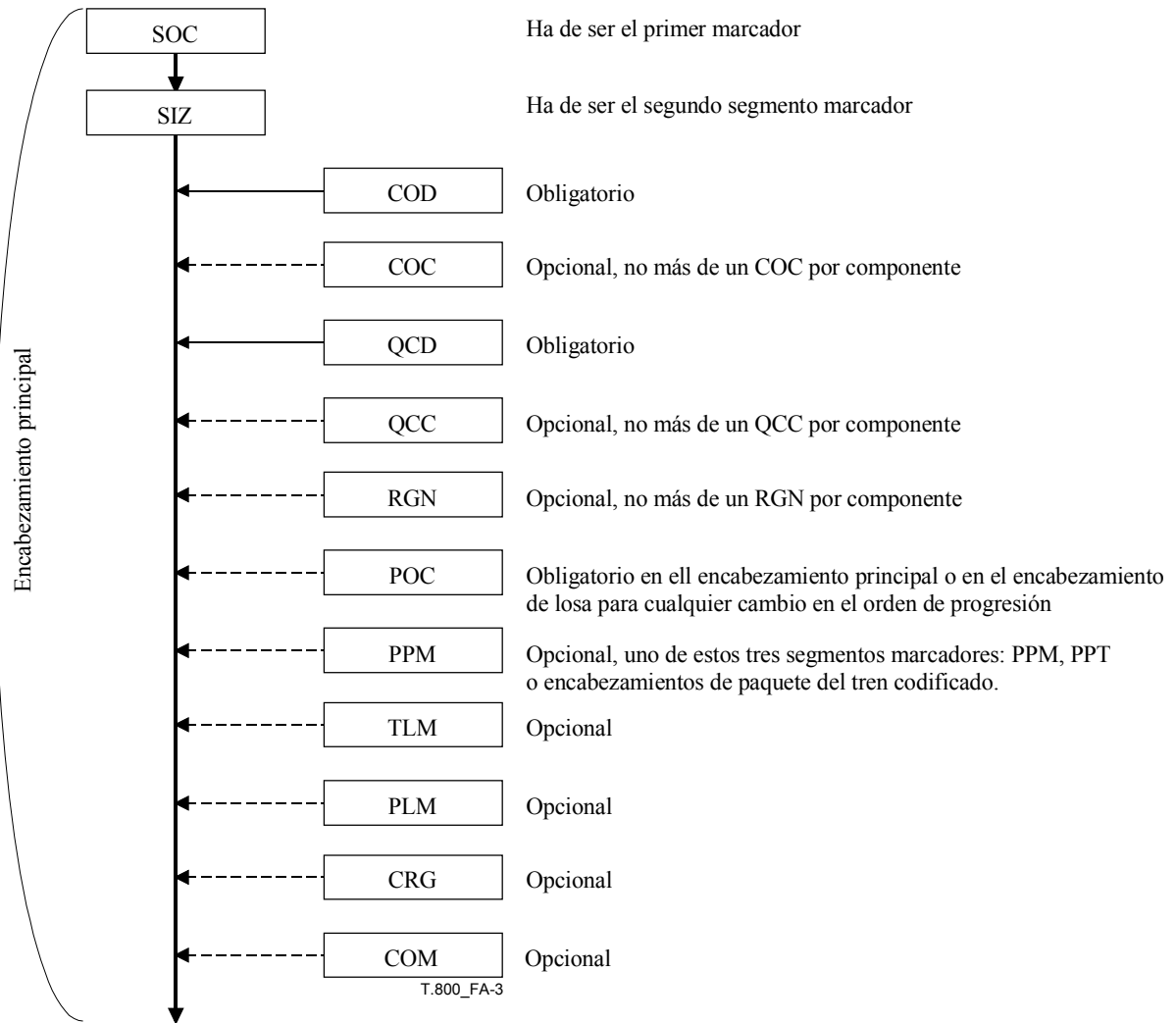


Figura A.3 – Construcción del encabezamiento principal

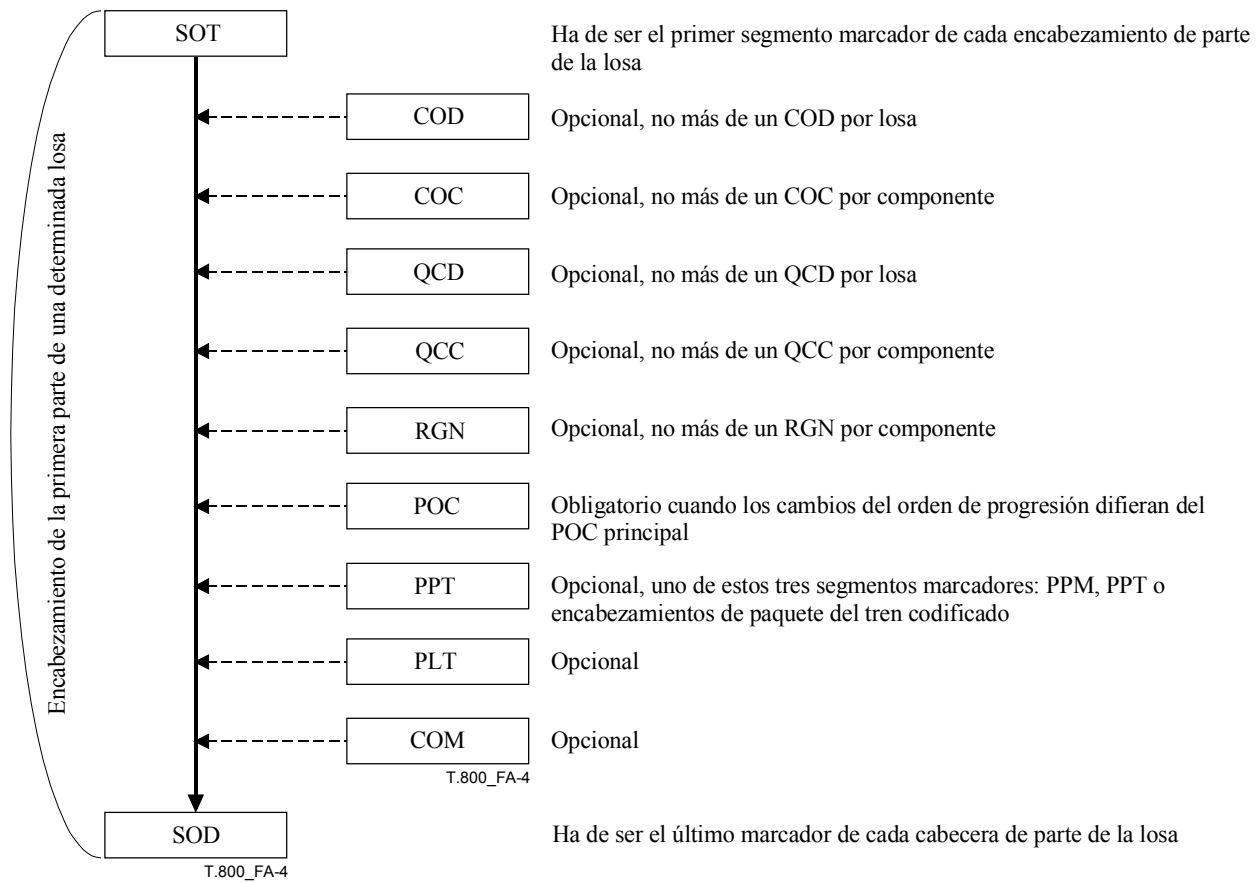


Figura A.4 – Construcción del encabezamiento de la primera parte de una determinada losa

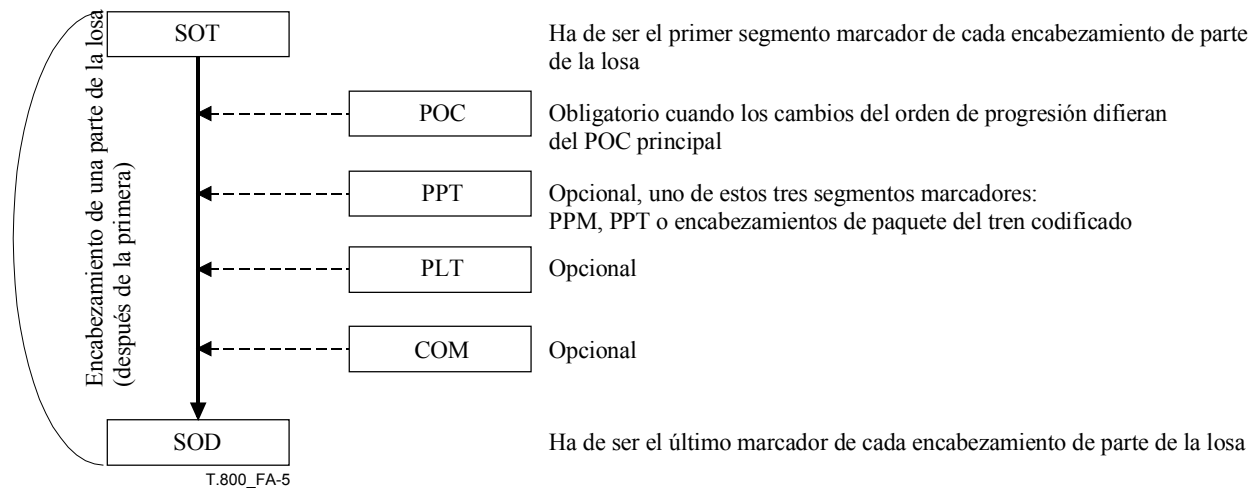


Figura A.5 – Construcción del encabezamiento de una parte de la losa distinta de la primera

Los segmentos marcadores COD y COC y los segmentos marcadores QCD y QCC tienen una jerarquía de utilización, que se ha diseñado para permitir que los componentes losa tengan características de codificación y cuantificación diferentes con un mínimo de señalización.

Por ejemplo, el segmento marcador COD es obligatorio en el encabezamiento principal. Si todos los componentes en todas las losas se codifican de la misma manera, no se necesita nada más. Cuando un componente no se codifica como los demás (por ejemplo el componente luminancia de una imagen compuesta de componentes de luminancia y crominancia) el COC puede indicarlo en el encabezamiento principal. Si uno o más componentes se codifican diferentemente en distintas losas, los segmentos marcadores COD y COC indicarán las diferencias en los encabezamientos de parte de la losa.

El segmento marcador POC que aparece en el encabezamiento principal se utiliza para todas las losas, a no ser que el encabezamiento de parte de la losa tenga un POC diferente.

Los segmentos marcadores pueden aparecer en cualquier orden dentro de los respectivos encabezamientos excepto los marcadores y segmentos marcadores SOC, SOT, SOD, EOC y SIZ.

A.4 Marcadores y segmentos marcadores delimitantes

Los marcadores y segmentos marcadores delimitantes han de estar presentes en todos los trenes codificados conformes a esta Recomendación | Norma Internacional. Cada tren codificado tiene un solo marcador SOC, un marcador EOC, y como mínimo una parte de una losa. Cada parte de losa tiene un marcador SOT y un SOD. SOC, SOD y EOC son marcadores delimitantes, no segmentos marcadores, y no tienen información explícita sobre longitud ni otros parámetros.

A.4.1 Inicio del tren codificado (SOC, *start of codestream*)

Función: Marca el inicio de un tren codificado especificado en esta Recomendación | Norma Internacional.

Utilización: Encabezamiento principal. Es el primer marcador del tren codificado. Sólo habrá un SOC para cada tren codificado.

Longitud: Fija.

SOC: Código del marcador.

Cuadro A.4 – Valores del parámetro inicio de tren codificado

Parámetro	Tamaño (bits)	Valores
SOC	16	0xFF4F

A.4.2 Inicio de parte de una losa (SOT, *start of tile-part*)

Función: Marca el inicio de una parte de la losa, el índice de la losa, y el índice de la parte. Las partes de una determinada losa aparecerán en orden (véase TP_{sot}) en el tren codificado. Ahora bien, en el tren codificado se pueden intercalar partes de otras losas, lo que significa que las partes de una determinada losa no son necesariamente contiguas en el tren codificado.

Utilización: En todos los encabezamientos de parte de una losa. Debe ser el primer segmento marcador en un encabezamiento de parte de una losa. Deberá haber como mínimo un SOT en un tren codificado y sólo habrá un SOT para cada parte de una losa.

Longitud: Fija.

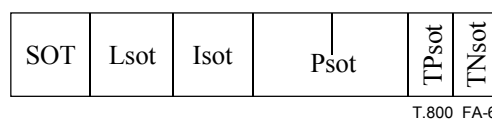


Figura A.6 – Sintaxis del inicio de parte de una losa

SOT: Código del marcador. En el cuadro A.5 se especifican el tamaño y el valor de este marcador y de los parámetros del segmento marcador inicio de parte de una losa.

Lsot: Longitud del segmento marcador en bytes (sin contar el marcador).

Isot: Índice de losa. Este número se refiere a las losas en orden de rasado, empezando por 0.

P_{sot}: Longitud en bytes desde el principio del primer byte de este segmento marcador SOT de parte de la losa, hasta el final de los datos de esa parte de la losa. En la figura A.16 se representa esta ordenación. Solamente la última parte de la losa en el tren codificado puede tener un P_{sot} de valor 0. Si el P_{sot} es 0, se supone que esta parte de la losa contiene todos los datos hasta el marcador EOC.

- TPsot:** Índice de parte de la losa. Las partes de losa se deben decodificar en cierto orden; este índice indica el orden a partir de 0. Su valor es cero cuando una determinada losa sólo tiene una parte. Las partes de esta losa aparecerán en orden en el tren codificado, aunque no necesariamente de manera consecutiva.
- TNsot:** Número de partes de una losa en el tren codificado. Hay dos valores posibles: el número exacto de partes de losa para esa losa y cero. Un valor cero indica que el número de partes de esta losa no se especifica en esta parte de la losa.

Cuadro A.5 – Valores del parámetro inicio de parte de una losa

Parámetro	Tamaño (bits)	Valores
SOT	16	0xFF90
Lsot	16	10
Isot	16	0 a 65 534
Psot	32	0, ó 14 a $(2^{32} - 1)$
TPsot	8	0 a 254
TNsot	8	Cuadro A.6

Cuadro A.6 – Valor del parámetro número de partes de una losa, TNsot

Valor	Número de partes de una losa
0	En este encabezamiento no se define el número de partes de esta losa en el tren codificado
1 a 255	Número de partes de esta losa en el tren codificado

A.4.3 Inicio de datos (SOD, *start of data*)

Función: Indica el principio del tren de bits de datos para la correspondiente parte de una losa. El SOD también indica el final del encabezamiento de parte de una losa.

Utilización: En todos los encabezamientos de parte de una losa. Es el último marcador del encabezamiento de parte de una losa. El tren de bits de datos entre el SOD y el siguiente SOT o EOC (fin de la imagen) será un múltiplo de 8 bits – el tren codificado se completa con bits cuando sea necesario. En el tren codificado habrá como mínimo un SOD. Deberá haber un SOD para cada parte de una losa.

Longitud: Fija.

SOD: Código del marcador

Cuadro A.7 – Valores del parámetro inicio de datos

Parámetro	Tamaño (bits)	Valores
SOD	16	0xFF93

A.4.4 Fin del tren codificado (EOC, *end of codestream*)

Función: Indica el fin del tren codificado.

NOTA 1 – Este marcador tiene el mismo código que el marcador EOI de la Rec. UIT-T T.81 | ISO/CEI 10918-1.

Utilización: Es el último marcador de un tren codificado. Habrá un EOC para cada tren codificado.

NOTA 2 – En caso de que un fichero contenga errores, es posible que el codificador pueda extraer muchos datos útiles de la imagen comprimida aunque no encuentre el marcador EOC.

Longitud: Fija.

EOC: Código del marcador

Cuadro A.8 – Valores del parámetro fin de tren codificado

Parámetro	Tamaño (bits)	Valores
EOC	16	0xFFD9

A.5 Segmento marcador de información fija

Este segmento marcador describe información necesaria sobre la imagen. El segmento marcador SIZ ha de estar en el encabezamiento principal inmediatamente después del segmento marcador SOC.

A.5.1 Tamaño de la imagen y de la losa (SIZ, *image and tile size*)

Función: Proporciona información sobre la imagen sin comprimir, por ejemplo el ancho y el alto de la rejilla de referencia, el ancho y el alto de las losas, el número de componentes, el número de bits por punto del componente y la separación de las muestras componentes con respecto a la rejilla de referencia (véase B.2).

Utilización: Encabezamiento principal. Sólo habrá uno en el encabezamiento principal inmediatamente después del segmento marcador SOC. Sólo habrá un SIZ para cada tren codificado.

Longitud: Variable en función del número de componentes.

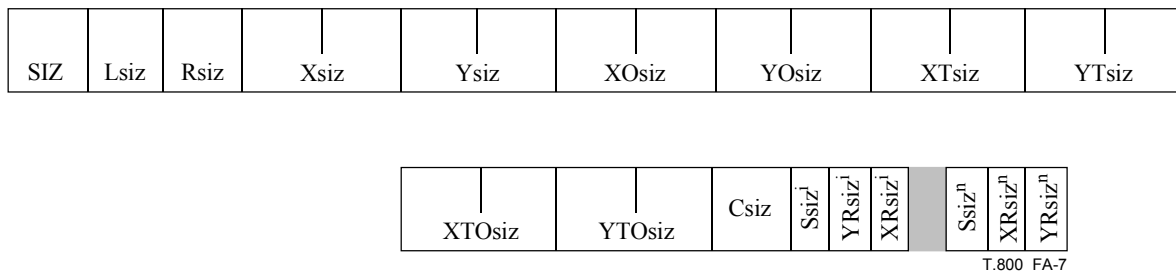


Figura A.7 – Sintaxis del tamaño de la imagen de la losa

SIZ: Código del marcador. En el cuadro A.9 se especifican el tamaño y el valor de este marcador y de los parámetros del segmento marcador tamaño de la imagen y de losa.

Lsiz: Longitud del segmento marcador en bytes (sin contar el marcador). El valor de este parámetro se determina mediante la siguiente ecuación:

$$Lsiz = 38 + 3 \cdot Csiz \quad (A-1)$$

Rsiz: Indica las capacidades que necesita el decodificador para decodificar correctamente el tren codificado.

Xsiz: Ancho de la rejilla de referencia.

Ysiz: Alto de la rejilla de referencia.

XOsiz: Traslación horizontal, desde el origen de la rejilla de referencia hasta el lado izquierdo del área de la imagen.

YOsiz: Traslación vertical, desde el origen de la rejilla de referencia hasta el lado superior del área de la imagen.

XTsiz: Ancho de una losa de referencia con respecto a la rejilla de referencia.

YTtiz: Alto de una losa de referencia con respecto a la rejilla de referencia.

XTOsiz: Traslación horizontal, desde el origen de la rejilla de referencia hasta el lado izquierdo de la primera losa.

YTOsiz: Traslación vertical, desde el origen de la rejilla de referencia hasta el lado superior de la primera losa.

Csiz: Número de componentes en la imagen.

- Ssizⁱ**: Precisión (profundidad) del registro en bits y signo muestras de la i-ésima componente. Se trata de la precisión de las muestras componentes antes de desplazar el nivel de CC (es decir, la precisión de las muestras componentes originales antes de cualquier procesamiento). Si los valores de las muestras componente tienen signo, el intervalo de valores posibles es $-2^{(Ssiz+1 Y 0x7F)-1} \leq$ valor de la muestra componente $\leq 2^{(Ssiz+1 Y 0x7F)-1} - 1$. Hay uno de estos parámetros por cada componente. El orden corresponde al índice de componente, empezando desde cero.
- XRsizⁱ**: Separación horizontal de la muestra de la i-ésima componente con respecto a la rejilla de referencia. Hay uno de estos parámetros por cada componente.
- YRsizⁱ**: Separación vertical de la muestra de la i-ésima componente con respecto a la rejilla de referencia. Hay uno de estos parámetros por cada componente.

Cuadro A.9 – Valores del parámetro tamaño de la imagen y de la losa

Parámetro	Tamaño (bits)	Valores
SIZ	16	0xFF51
Lsiz	16	41 a 49 190
Rsiz	16	Cuadro A.10
Xsiz	32	1 a $(2^{32} - 1)$
Ysiz	32	1 a $(2^{32} - 1)$
XOsiz	32	0 a $(2^{32} - 2)$
YOsiz	32	0 a $(2^{32} - 2)$
XTsiz	32	1 a $(2^{32} - 1)$
YTsiz	32	1 a $(2^{32} - 1)$
XTOsiz	32	0 a $(2^{32} - 2)$
YTOsiz	32	0 a $(2^{32} - 2)$
Csiz	16	1 a 16 384
Ssiz ⁱ	8	Cuadro A.11
XRsiz ⁱ	8	1 a 255
YRsiz ⁱ	8	1 a 255

Cuadro A.10 – Parámetro Rsiz de capacidades

Valor (bits)		Capacidad
MSB	LSB	
0000	0000 0000 0000	Capacidades especificadas únicamente en esta Recomendación | Norma Internacional
0000	0000 0000 0000 0001	Tren codificado limitado, según la especificación del cuadro A.45 para el perfil 0
0000	0000 0000 0000 0010	Tren codificado limitado, según la especificación del cuadro A.45 para el perfil 1
		Todos los demás valores reservados

Cuadro A.11 – Parámetro Ssiz del componente

Valor (bits)		Precisión de la muestra componente
MSB	LSB	
x000	0000	Número de bits por punto de la muestra componente = valor + 1. De 1 bit hasta 38 bits respectivamente (contando el bit de signo, cuando corresponda) ^{a)} , R_I
a	x010 0101	
0xxx	xxxx	Valores de la muestra componente sin signo
1xxx	xxxx	Valores de la muestra componente con signo
		Todos los demás valores reservados.
^{a)} La precisión de la muestra componente está limitada por el número de bits de guarda, la cuantificación, el crecimiento de los coeficientes en cada nivel de descomposición y el número de pasadas de codificación que pueden señalarse. Con algunas combinaciones de tipos de codificación no será posible codificar muestras de 38 bits.		

A.6 Segmentos marcadores funcionales

Estos segmentos marcadores describen las funciones utilizadas para codificar toda la losa, cuando se encuentran en el encabezamiento de parte de una losa, o toda la imagen, cuando se encuentra en el encabezamiento principal.

A.6.1 Tipo de codificación por defecto (COD, *coding style default*)

Función: Describe el tipo de codificación, el número de niveles de descomposición y la división en capas que se utilizan por defecto para comprimir todos los componentes de una imagen (cuando se encuentra en el encabezamiento principal) o una losa (cuando se encuentra en el encabezamiento de parte de una losa). Los valores del parámetro para una determinada componente pueden ser reemplazados por un segmento marcador COC, tanto en el encabezamiento principal como en el encabezamiento de parte de losa.

Utilización: En el encabezamiento principal y en la primera parte de una determinada losa. Sólo puede haber uno en el encabezamiento principal, y no más de uno para cada losa. Si una losa está dividida en varias partes y tiene este segmento marcador, sólo se colocará en la primera parte de la losa (TPsot = 0).

Cuando se utiliza en el encabezamiento principal, los valores del parámetro segmento marcador COD sirven para todos los componentes losa que no tengan un correspondiente segmento marcador COC en su encabezamiento principal o en su encabezamiento de parte de losa. Cuando se utiliza en el encabezamiento de parte de la losa, anula el COD y los COC del encabezamiento principal y vale para todos los componentes de esa losa que no dispongan de un segmento marcador COC en la parte de losa. Por consiguiente, el orden de prioridad es el siguiente:

COC parte de losa > COD parte de losa > COC principal > COD principal

donde el signo "mayor", >, significa que el segmento marcador mayor anula al menor.

Longitud: Variable en función del valor de Scod.



Figura A.8 – Sintaxis del tipo de codificación por defecto

COD: Código del marcador. En el cuadro A.12 se especifican el tamaño y el valor de este marcador y de los parámetros para el segmento marcador, tipo de codificación por defecto.

Lcod: Longitud del segmento marcador en bytes (sin contar el marcador). El valor de este parámetro viene determinado por la siguiente ecuación:

$$Lcod = \begin{cases} 12 & \text{máximo_recintos} \\ 13 + \text{número_niveles_descomposición} & \text{recintos-definidos_usuario} \end{cases} \quad (\text{A-2})$$

donde máximo_recintos y recintos-definidos_usuario se indican en el parámetro Scod, y el número_niveles_descomposición se indica en el parámetro SPcod.

- Scod:** Tipo de codificación para todos los componentes. En el cuadro A.13 se especifica el valor del parámetro Scod.
- SGcod:** Parámetros para el tipo de codificación designado en Scod. Los parámetros son independientes de los componentes y se enumeran en el cuadro A.14, en orden de arriba abajo. Los parámetros de tipo de codificación en el campo SGcod aparecen en el orden mostrado en la figura A.9.
- SPcod:** Parámetros para el tipo de codificación designado en Scod. Los parámetros identifican a todos los componentes y se enumeran en el cuadro A.15, en orden de arriba abajo. Los parámetros de tipo de codificación en el campo SPcod aparecen en el orden mostrado en la figura A.9.

Cuadro A.12 – Valores del parámetro tipo de codificación por defecto

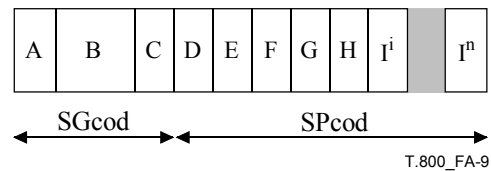
Parámetro	Tamaño (bits)	Valores
COD	16	0xFF52
Lcod	16	12 a 45
Scod	8	Cuadro A.13
SGcod	32	Cuadro A.14
SPcod	Variable	Cuadro A.15

Cuadro A.13 – Valores del parámetro tipo de codificación, para el parámetro Scod

Valor (bits) MSB LSB	Tipo de codificación
xxxx xxx0	Codificador de entropía, recintos con PPx = 15 y PPy = 15
xxxx xxx1	Codificador de entropía con los recintos definidos a continuación
xxxx xx0x	No se utilizan segmentos marcadores SOP
xxxx xx1x	Pueden utilizarse segmentos marcadores SOP
xxxx x0xx	No se utiliza el marcador EPH
xxxx x1xx	Se deberá utilizar el marcador EPH
	Todos los demás valores reservados

Cuadro A.14 – Valores del parámetro tipo de codificación, para el parámetro SGcod

Parámetros (en orden)	Tamaño (bits)	Valores	Significado de los valores SGcod
Orden de progresión	8	Cuadro A.16	Orden de progresión
Número de capas	16	1 a 65 535	Número de capas
Transformada multicomponente	8	Cuadro A.17	Utilización de la transformada multicomponente



- A Orden de progresión
 B Número de capas
 C Transformada multicomponente
 D Número de niveles de descomposición
 E Ancho del bloque de código
 F Alto del bloque de código
 G Tipo de bloque de código
 H Transformada
 Iⁱ a Iⁿ Tamaño del recinto

Figura A.9 – Diagrama del parámetro tipo de codificación, para los parámetros SGcod y SPcod

Cuadro A.15 – Valores del parámetro tipo de codificación, para los parámetros SPcod y SPcoc

Parámetros (en orden)	Tamaño (bits)	Valores	Significado de los valores SPcod
Número de niveles de descomposición	8	0 a 32	Número de niveles de descomposición, N_L , cero significa que no hay transformación
Ancho del bloque de código	8	Cuadro A.18	Valor de traslación del exponente de ancho del bloque de código, xcb
Alto del bloque de código	8	Cuadro A.18	Valor de traslación del exponente de alto del bloque de código, ycb
Tipo de bloque de código	8	Cuadro A.19	Tipo de las pasadas de codificación del bloque de código
Transformada	8	Cuadro A.20	Transformada en ondulada utilizada
Tamaño del recinto	Variable	Cuadro A.21	Cuando Scod o Scoc = xxxx xxx0, este parámetro no se utiliza, en caso contrario indica el alto y ancho del recinto. El primer parámetro (8 bits) corresponde a la sub-banda $N_L LL$. Cada parámetro sucesivo corresponde a cada nivel de resolución sucesivo en orden

Cuadro A.16 – Orden de progresión de los parámetros SGcod, SPcoc y Ppoc

Valores (bits)		Orden de progresión
MSB	LSB	
0000	0000	CapA.nivel de resolución-componente-posición
0000	0001	Nivel de resolución-capA.componente-posición
0000	0010	Nivel de resolución-posición-componente-capa
0000	0011	Posición-componente-nivel de resolución-capa
0000	0100	Componente-posición-nivel de resolución-capa
		Todos los demás valores reservados

Cuadro A.17 – Transformada multicomponente para los parámetros SGcod

Valores (bits)		Tipo de transformada multicomponente
MSB	LSB	
0000	0000	Transformada multicomponente no especificada
0000	0001	Transformada de componentes utilizada sobre los componentes 0, 1, 2 para una codificación eficiente (véase G.2). Transformada de componentes irreversible utilizada con el filtro irreversible 9-7. Transformada de componentes reversible utilizada con el filtro reversible 5-3
		Todos los demás valores reservados

Cuadro A.18 – Exponente de ancho o alto de los bloques de código para los parámetros SPcod y SPcoc

Valores (bits)		Ancho y alto del bloque de código
MSB	LSB	
xxxx	0000 a xxxx	Valor de traslación del exponente ancho y alto del bloque de código $xcb = valor + 2$ o $ycb = valor + 2$. El ancho y alto del bloque de código está limitado a potencias de dos, siendo el tamaño mínimo 2^2 y el máximo 2^{10} . Además, el tamaño del bloque de código ha de cumplir la condición $xcb + ycb \leq 12$.
		Todos los demás valores reservados

Cuadro A.19 – Tipo de bloque de código para los parámetros SPcod y SPcoc

Valores (bits)		Tipo de bloque de código
MSB	LSB	
xxxx	xxx0 xxx1	Sin exención selectiva de la codificación aritmética Exención selectiva de la codificación aritmética
xxxx	xx0x xx1x	No se ponen a cero las probabilidades de contexto en los límites de la pasada de codificación Se ponen a cero las probabilidades de contexto en los límites de la pasada de codificación
xxxx	x0xx x1xx	Sin terminación en cada pasada de codificación Terminación en cada pasada de codificación
xxxx	0xxx 1xxx	Sin contexto causal verticalmente Contexto causal verticalmente
xxx0	xxxx xxx1	Sin terminación previsible Terminación previsible
xx0x	xxxx xx1x	No se utilizan símbolos de segmentación Se utilizan símbolos de segmentación
		Los demás valores reservados

Cuadro A.20 – Transformada para los parámetros SPcod y SPcoc

Valores (bits)		Tipo de transformada
MSB	LSB	
0000	0000	Filtro irreversible 9-7
0000	0001	Filtro reversible 5-3
		Los demás valores reservados

Cuadro A.21 – Ancho y alto del recinto para los parámetros SPcod y SPcoc

Valores (bits)		Tamaño del recinto
MSB	LSB	
xxxx	0000 a xxxx	Los 4 LSB son el exponente del ancho del recinto $PPx = valor$. Este valor sólo puede ser cero en el nivel de resolución correspondiente a la banda N_{tLL} .
0000	xxxx a 1111	Los 4 MSB son el exponente del alto del recinto $PPy = valor$. Este valor sólo puede ser cero en el nivel de resolución correspondiente a la banda N_{tLL} .
		Los demás valores reservados

A.6.2 Tipo de codificación de componente (COC, coding style component)

Función: Describe el tipo de codificación y el número de niveles de descomposición utilizados para comprimir una determinada componente.

Utilización: Encabezamiento principal y de la primera parte de una determinada losa. Es opcional tanto en el encabezamiento principal como en el encabezamiento de parte de losa. No puede haber más de uno por componente en los encabezamientos principal o de parte de losa. Si una losa está dividida en varias partes y tiene este segmento marcador, sólo se colocará en la primera parte de la losa ($TP_{sot} = 0$).

Cuando se utiliza en el encabezamiento principal invalida el segmento marcador COD principal para el componente en cuestión. Cuando se utiliza en el encabezamiento de parte de losa invalida el COD principal, el COC principal, y el COD de losa para el componente en cuestión. Así pues, el orden de prioridad es el siguiente:

COC parte de losa > COD parte de losa > COC principal > COD principal

donde el signo "mayor", >, significa que el segmento marcador mayor invalida al menor.

Longitud: Variable en función del valor de Scoc.

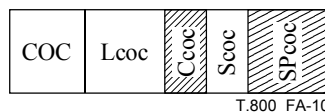


Figura A.10 – Sintaxis del componente tipo de codificación

COC: Código del marcador. En el cuadro A.22 se especifican el tamaño y el valor de este marcador y de los parámetros del segmento marcador tipo de codificación de componente.

Lcoc: Longitud del segmento marcador en bytes (sin contar el marcador). El valor de este parámetro viene dado por la siguiente ecuación:

$$Lcoc = \begin{cases} 9 & \text{m\u00e1ximo_recintos Y Csiz} < 257 \\ 10 & \text{m\u00e1ximo_recintos Y Csiz} \Rightarrow 257 \\ 10 + \text{n\u00famero_niveles_descomposici\u00f3n} & \text{recintos_definidos usuario Y Csiz} < 257 \text{ (A-3)} \\ 11 + \text{n\u00famero_niveles_descomposici\u00f3n} & \text{recintos_definidos usuario Y Csiz} \Rightarrow 257 \end{cases}$$

donde $\text{n\u00famero_niveles_descomposici\u00f3n}$ y $\text{m\u00e1ximo_recintos}$ se indican en el par\u00e1metro Scoc y $\text{n\u00famero_niveles_descomposici\u00f3n}$ se indica en el par\u00e1metro SPcoc.

Ccoc: \u00cdndice del componente con el que est\u00e1 relacionado este segmento marcador. Los componentes se indexan 0, 1, 2, etc.

Scoc: Tipo de codificaci\u00f3n para este componente. En el cuadro A.23 se especifica el valor de cada par\u00e1metro Scoc.

SPcoc: Parámetros del tipo de codificación designados en Scoc. Los parámetros se indican en el cuadro A.15, ordenados de arriba abajo. Los parámetros tipo de codificación en el campo SPcoc aparecen en el orden mostrado en la figura A.11.

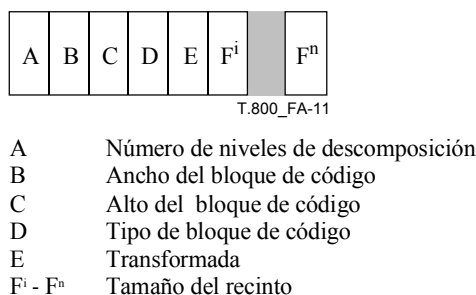


Figura A.11 – Diagrama del parámetro tipo de codificación de los parámetros SPcoc

Cuadro A.22 – Valores del parámetro tipo de codificación de componente

Parámetro	Tamaño (bits)	Valores
COC	16	0xFF53
Lcoc	16	9 a 43
Ccoc	8 16	0 a 255; si Csiz < 257 0 a 16 383; Csiz ≥ 257
Scoc	8	Cuadro A.23
SPcoc ⁱ	Variable	Cuadro A.15

Cuadro A.23 – Valores del parámetro tipo de codificación para el parámetro Scoc

Valores (bits)		Tipo de codificación
MSB	LSB	
0000	0000	Codificador de entropía con el valor máximo del recinto PP _x = PP _y = 15
0000	0001	Codificador de entropía con los valores del recinto definidos a continuación
		Los demás valores reservados

A.6.3 Región de interés (RGN, *region of interest*)

Función: Indica la presencia de una ROI en el tren codificado.

Utilización: En el encabezamiento principal y en el encabezamiento de la primera parte de una determinada losa. Cuando se utiliza en el encabezamiento principal indica el valor de cambio de escala de la ROI para un componente en toda la imagen y vale para todos los losas, excepto las que tengan un segmento marcador RGN.

Cuando se utiliza en el encabezamiento de parte de losa, el valor de cambio de escala es válido únicamente para un componente en esa losa. No puede haber más de un segmento marcador RGN para cada componente en los encabezamientos principal o de parte de losa. El segmento marcador RGN para un determinado componente que aparece en un encabezamiento de parte de losa invalida cualquier otro marcador de ese componente en el encabezamiento principal, para la losa en la que aparece. Si una losa está dividida en varias partes, este segmento marcador deberá aparecer únicamente en el encabezamiento de la primera parte de la losa.

Longitud: Variable.

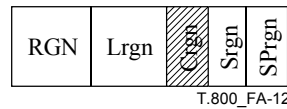


Figura A.12 – Sintaxis de la región de interés

- RGN:** Código del marcador. En el cuadro A.24 se especifican el tamaño y el valor de este marcador y de los parámetros del segmento marcador región de interés.
- Lrgn:** Longitud del segmento marcador en bytes (sin contar el marcador).
- Crgn:** Índice del componente con la que está relacionado el segmento marcador. Los componentes se indexan 0, 1, 2, etc.
- Srgn:** Tipo de esa ROI. En el cuadro A.25 se especifica el valor del parámetro Srgn.
- SPrgn:** Parámetro para el tipo de ROI designado en Srgn.

Cuadro A.24 – Valores del parámetro región de interés

Parámetro	Tamaño (bits)	Valores
RGN	16	0xFF5E
Lrgn	16	5 a 6
Crgn	8 16	0 a 255; si Csiz < 257 0 a 16 383; Csiz ≥ 257
Srgn	8	Cuadro A.25
SPrgn	8	Cuadro A.26

Cuadro A.25 – Valores del parámetro región de interés para el parámetro Srgn

Valores	Tipo de ROI (Srgn)
0	ROI implícita (desplazamiento máximo)
	Los demás valores reservados

Cuadro A.26 – Valores del parámetro región de interés para el parámetro SPrgn (Srgn = 0)

Parámetros (en orden)	Tamaño (bits)	Valores	Significado del valor SPrgn
Desplazamiento ROI implícito	8	0 a 255	Desplazamiento binario de los coeficientes ROI sobre el fondo

A.6.4 Cuantificación por defecto (QCD, *quantization default*)

Función: Describe la cuantificación por defecto utilizada para comprimir todos los componentes que no están definidos por un segmento marcador QCC. Los valores del parámetro pueden modificarse para cada componente utilizando un segmento marcador QCC en el encabezamiento principal o en el encabezamiento de parte de losa.

Utilización: En el encabezamiento principal y en el encabezamiento de la primera parte de una determinada losa. Habrá uno, sólo uno, en el encabezamiento principal. Puede haber uno, sólo uno, para todos los encabezamientos de parte de una losa. Si una losa está dividida en varias partes y tiene este segmento marcador, sólo se colocará en la primera parte de la losa (TPsot = 0).

Si se utiliza en el encabezamiento de parte de losa, invalida el QCD principal y el QCC principal del componente en cuestión. Así pues, el orden de prioridad es el siguiente:

QCC parte de losa > QCD parte de losa > QCC principal > QCD principal

donde el signo "mayor", >, significa que el segmento marcador mayor invalida al menor.

Longitud: Variable en función del número de elementos cuantificados.

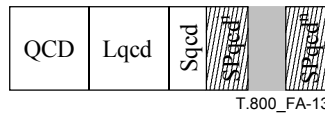


Figura A.13 – Sintaxis de la cuantificación por defecto

- QCD:** Código del marcador. En el cuadro A.27 se especifica el tamaño y el valor de este marcador y de los parámetros del segmento marcador cuantificación por defecto.
- Lqcd:** Longitud en bytes del segmento marcador (sin contar el marcador). El valor de este parámetro viene dado por la siguiente ecuación:

$$Lqcd = \begin{cases} 4 + 3 \cdot \text{número_niveles_descomposición} & \text{sin_cuantificación} \\ 5 & \text{cuantificación_escalar_calculada (A-4)} \\ 5 + 6 \cdot \text{número_niveles_descomposición} & \text{cuantificación_escalar_indicada} \end{cases}$$

donde número_niveles_descomposición se define en los segmentos marcadores COD y COC, y las indicaciones sin_cuantificación, cuantificación_escalar_calculada, o cuantificación_escalar_indicada aparecen en el parámetro Sqcd.

NOTA – El parámetro Lqcd puede utilizarse para determinar cuántas magnitudes de cuantificación tiene el segmento marcador. Ahora bien, no tiene porque haber una correspondencia con el número de subbandas presentes porque las subbandas se pueden recortar sin que sea necesario corregir este segmento marcador.

- Sqcd:** Tipo de cuantificación para todos los componentes.
- SPqcdⁱ:** Magnitud del escalón de cuantificación para la i-ésima subbanda en el orden definido (véase F.3.1). El número de parámetros es el mismo que el número de subbandas del componente losa que tiene el mayor número de niveles de descomposición.

Cuadro A.27 – Valores del parámetro cuantificación por defecto

Parámetro	Tamaño (bits)	Valores
QCD	16	0xFF5C
Lqcd	16	4 a 197
Sqcd	8	Cuadro A.28
SPqcd ⁱ	Variable	Cuadro A.28

Cuadro A.28 – Valores de cuantificación por defecto para los parámetros Sqcd y Sqcc

Valores (bits)		Tipo de cuantificación	Tamaño de SPqcd o SPqcc (bits)	Utilización de SPqcd o SPqcc
MSB	LSB			
xxx0	0000	Sin cuantificación	8	Cuadro A.29
xxx0	0001	Cuantificación escalar calculada (valores señalados únicamente para la subbanda N_L LL). Utilícese la ecuación (E-5)	16	Cuadro A.30
xxx0	0010	Cuantificación escalar indicada (valores indicados para cada subbanda). Hay el mismo número de tamaños de escalón que de subbandas.	16	Cuadro A.30
000x	xxxx a 111x xxxx	Número de bits de guarda: 0 a 7		
		Los demás valores reservados		

Cuadro A.29 – Magnitudes del escalón reversible para los parámetros SPqcd y SPqcc (sólo para transformada reversible)

Valores (bits)		Magnitudes del escalón reversible
MSB	LSB	
0000	0xxx a	Exponente, ϵ_b , del rango dinámico reversible señalado para cada subbanda [véase ecuación (E-5)]
1111	1xxx	Los demás valores reservados

Cuadro A.30 – Valores de cuantificación para los parámetros SPqcd y SPqcc (sólo para transformada irreversible)

Valor (bits)		Magnitudes del escalón de cuantificación
MSB	LSB	
xxxx	x000 0000 0000 a	Mantisa, μ_b , del valor del escalón de cuantificación [véase ecuación (E-3)]
xxxx	x111 1111 1111	
0000	0xxx xxxx xxxx a	Exponente, ϵ_b , del valor del escalón de cuantificación [véase ecuación (E-3)]
1111	1xxx xxxx xxxx	

A.6.5 Componente de cuantificación (QCC, *quantization component*)

Función: Describe la cuantificación utilizada para comprimir un determinado componente.

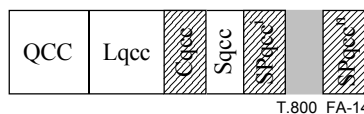
Utilización: En el encabezamiento principal y en el encabezamiento de la primera parte de una determinada losa. Es opcional tanto en el encabezamiento principal como en el encabezamiento de parte de losa. No puede haber más de uno por componente en el encabezamiento principal o en el encabezamiento de parte de losa. Si una losa está dividida en varias partes y tiene este segmento marcador, sólo se colocará en la primera parte de la losa (TP_{spot} = 0).

Es opcional en los encabezamientos principal y de parte de losa. Cuando se utiliza en el encabezamiento principal invalida el segmento marcador QCD principal del componente en cuestión. Cuando se utiliza en el encabezamiento de parte de losa invalida el QCD principal, el QCC principal y el QCD de losa del componente en cuestión. Así pues, el orden de prioridad es el siguiente:

QCC parte de losa > QCD parte de losa > QCC principal > QCD principal

donde el signo "mayor", >, significa que el segmento marcador mayor invalida al menor.

Longitud: Variable en función del número de elementos cuantificados.

**Figura A.14 – Sintaxis del componente de cuantificación**

QCC: Código del marcador. En el cuadro A.31 se especifican el tamaño y el valor de este marcador y de los parámetros del segmento marcador componente de cuantificación.

Lqcc: Longitud en bytes del segmento marcador (sin contar el marcador). El valor de este parámetro viene determinado por la siguiente ecuación:

$$Lqcc = \begin{cases} 5 + 3 \cdot \text{número_niveles_descomposición} & \text{sin_cuantificación Y Csiz} < 257 \\ 6 & \text{cuantificación_escalar_calculada Y Csiz} < 257 \\ 6 + 6 \cdot \text{número_niveles_descomposición} & \text{cuantificación_escalar_indicada Y Csiz} < 257 \\ 6 + 3 \cdot \text{número_niveles_descomposición} & \text{sin_cuantificación Y Csiz} \Rightarrow 257 \\ 7 & \text{cuantificación_escalar_calculada Y Csiz} \Rightarrow 257 \\ 7 + 6 \cdot \text{número_niveles_descomposición} & \text{cuantificación_escalar_indicada Y Csiz} \Rightarrow 257 \end{cases} \quad (\text{A-5})$$

donde número_niveles_descomposición se define en los segmentos marcadores COD y COC, y las indicaciones sin_cuantificación, cuantificación_escalar_calculada, o cuantificación_escalar_indicada aparecen en el parámetro Sqcc.

NOTA – El parámetro Lqcc se puede utilizar para determinar cuántas magnitudes de cuantificación tiene el segmento marcador. Ahora bien, no tiene porqué coincidir con el número de subbandas presentes porque las subbandas se pueden recortar sin ser necesario corregir este segmento marcador.

Cqcc: Índice del componente con el que está relacionado este segmento marcador. Los componentes se indexan 0, 1, a 2, etc. (8 ó 16 bits en función del valor Csiz.)

Sqcc: Tipo de cuantificación para este componente.

SPqccⁱ: Valor de cuantificación para cada subbanda en el orden definido (véase F.3.1). El número de parámetros es igual al número de subbandas del componente losa que tiene el mayor número de niveles de descomposición.

Cuadro A.31 – Valores del parámetro componente de cuantificación

Parámetro	Tamaño (bits)	Valores
QCC	16	0xFF5D
Lqcc	16	5 a 199
Cqcc	8 16	0 a 255; si Csiz < 257 0 a 16 383; Csiz ≥ 257
Sqcc	8	Cuadro A.28
SPqcc ⁱ	Variable	Cuadro A.28

A.6.6 Cambio del orden de progresión (POC, *progression order change*)

Función: Describe los límites y el orden de progresión, cuando es diferente del orden de progresión especificado en los segmentos marcadores COD en el tren codificado.

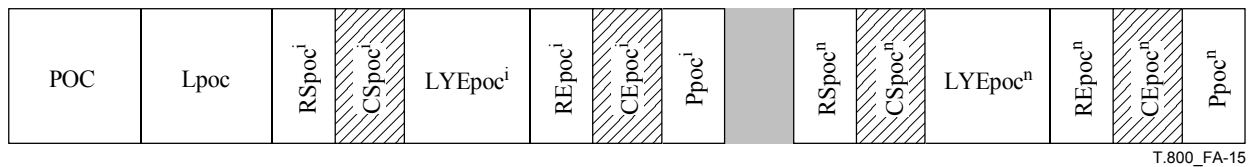
Utilización: Encabezamiento principal y encabezamientos de parte de losa. En cada encabezamiento sólo puede haber un segmento marcador POC, pero en un solo segmento marcador POC se pueden describir varias progresiones. El segmento marcador POC en el encabezamiento principal invalida el orden de progresión establecido en los segmentos marcadores COD principal y de losa. Cuando se utiliza un POC para describir la progresión de una determinada losa, el segmento marcador POC debe aparecer en el encabezamiento de la primera parte de dicha losa. Así pues, el orden de progresión de una determinada losa viene dado por la presencia del POC o los valores del COD, con el siguiente orden de prioridad:

POC parte de losa > POC principal > COD parte de losa > COD principal

donde el signo "mayor" >, significa que el segmento marcador mayor invadida al inferior.

Cuando se utilice un segmento marcador POC, la progresión de cada paquete en el tren codificado (o para esa losa del tren codificado) se definirá en uno o más segmentos marcadores POC. Cada orden de progresión se describe en un solo segmento marcador POC, y siempre deberá describirse en el encabezamiento de parte de la losa antes de los paquetes de esa progresión.

Longitud: Variable en función del número de progresiones diferentes.



T.800_FA-15

Figura A.15 – Sintaxis de cambio del orden de progresión

- POC:** Valor del marcador. En el cuadro A.32 se especifican el tamaño y el valor de este marcador y de los parámetros para el segmento marcador cambio del orden de progresión.
- Lpoc:** Longitud del segmento marcador en bytes (sin contar el marcador). El valor de este parámetro viene dado por la siguiente ecuación:

$$Lpoc = \begin{cases} 2 + 7 \cdot \text{número_cambios_orden_progresión} & \text{Csiz} < 257 \\ 2 + 9 \cdot \text{número_cambios_orden_progresión} & \text{Csiz} \geq 257 \end{cases} \quad (\text{A-6})$$

donde el $\text{número_cambios_orden_progresión}$ está definido por el codificador.

- RSpocⁱ:** Índice de nivel de resolución (inclusive) para el inicio de una progresión. Hay un valor para cada cambio de progresión en esta losa o parte de losa. El número de cambios de progresión es proporcional a la longitud del segmento marcador.
- CSpocⁱ:** Índice del componente (inclusive) para el inicio de una progresión. Los componentes se indexan 0, 1, 2, etc. (8 ó 16 bits dependiendo del valor Csiz). Hay un valor para cada cambio de progresión en esta losa o parte de losa. El número de cambios de progresión es proporcional a la longitud del segmento marcador.
- LYEpocⁱ:** Índice de capa (exclusive) para el final de una progresión. El índice de capa siempre empieza en cero para cada progresión. Los paquetes ya incluidos en el tren codificado no se vuelven a incluir. Hay un valor para cada cambio de progresión en esta losa o parte de losa. El número de cambios de progresión es proporcional a la longitud del segmento marcador.
- REpocⁱ:** Índice del nivel de resolución (exclusive) para el final de una progresión. Hay un valor para cada cambio de progresión en esta losa o parte de losa. El número de cambios de progresión es proporcional a la longitud del segmento marcador.
- CEpocⁱ:** Índice de componente (exclusive) para el final de una progresión. Los componentes se indexan 0, 1, 2, etc. (8 ó 16 bits dependiendo del valor Csiz). Hay un valor para cada cambio de progresión en esta losa o parte de losa. El número de cambios de progresión es proporcional a la longitud del segmento marcador.
- Ppocⁱ:** Orden de progresión. Hay un valor para cada cambio de progresión en esta losa o parte de losa. El número de cambios de progresión es proporcional a la longitud del segmento marcador.

Cuadro A.32 – Cambio del orden de progresión, valores del parámetro losa

Parámetro	Tamaño (bits)	Valores
POC	16	0xFF5F
Lpoc	16	9 a 65 535
RSpoc ⁱ	8	0 a 32
CSpoc ⁱ	8 16	0 a 255; si Csiz < 257 0 a 16 383; Csiz ≥ 257
LYEpoc ⁱ	16	1 a 65 535
REpoc ⁱ	8	(RSpoc ⁱ + 1) a 33
CEpoc ⁱ	8 16	(CSpoc ⁱ + 1) a 255, 0; si Csiz < 257 (CSpoc ⁱ + 1) a 16 384, 0; Csiz ≥ 257 (0 vale 256)
Ppoc ⁱ	8	Cuadro A.16

A.7 Segmentos marcadores punteros

Los segmentos marcadores punteros proporcionan una longitud o un puntero en el tren codificado. El segmento marcador TLM describe la longitud de partes de losa. La información de longitud es la misma que la del segmento marcador SOT. El segmento marcador PLM o PLT describe la longitud de los paquetes.

NOTA – Si los segmentos marcadores punteros se encuentran en el encabezamiento principal es posible acceder directamente a los datos del tren de bits. Si la información del puntero se encuentra en los encabezamientos de parte de losa, el codificador no tendrá que volver atrás para almacenar la información.

Los parámetros TLM (Ptlm) o SOT (Pspot) apuntan desde el principio del segmento marcador SOT de la parte de losa considerada hasta el final de los datos del tren de bits en esa parte de losa. Puesto que las partes de losa han de ser múltiplos de 8 bits, la longitud de estos valores es siempre de un byte. En la figura A.16 se representa la longitud de una parte de losa.

Los segmentos marcadores PLM o PLT son opcionales. El segmento marcador PLM se utiliza en el encabezamiento principal y los segmentos marcadores PLT se utilizan en los encabezamientos de partes de losa. Los segmentos marcadores PLM y PLT describen las longitudes de cada paquete en el tren codificado.

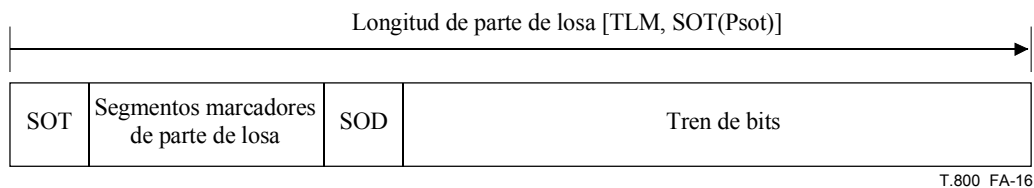


Figura A.16 – Longitudes de parte de losa

A.7.1 Longitudes de parte de losa (TLM, tile-part lengths)

Función: Describe la longitud de cada parte de losa en el tren codificado. La longitud de una parte de la losa se mide desde el primer byte del segmento marcador SOT hasta el final de los datos del tren de bits de esa parte de la losa. Cada longitud de parte de una losa tiene el mismo valor en el segmento marcador TLM y en el parámetro Pspot correspondiente en el segmento marcador SOT.

Utilización: Encabezamiento principal. Es opcional en el encabezamiento principal únicamente. Puede haber múltiples segmentos marcadores TLM en el encabezamiento principal.

Longitud: Variable en función del número de partes de losa en el tren codificado.

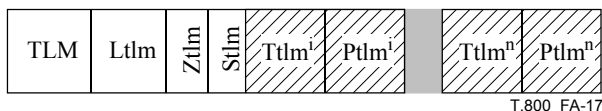


Figura A.17 – Sintaxis de longitud de parte de una losa

TLM: Código del marcador. En el cuadro A.33 se especifican el tamaño y el valor de este marcador y de los parámetros para el segmento marcador longitud de parte de losa.

Ltlm: Longitud del segmento marcador en bytes (sin contar el marcador). El valor de este parámetro viene dado por la siguiente ecuación:

$$Ltlm = \begin{cases} 4 + 2 \cdot \text{número_de_partes_losa_en_segmento_marcador} & ST = 0 \text{ Y } SP = 0 \\ 4 + 3 \cdot \text{número_de_partes_losa_en_segmento_marcador} & ST = 1 \text{ Y } SP = 0 \\ 4 + 4 \cdot \text{número_de_partes_losa_en_segmento_marcador} & ST = 2 \text{ Y } SP = 0 \\ 4 + 4 \cdot \text{número_de_partes_losa_en_segmento_marcador} & ST = 0 \text{ Y } SP = 1 \\ 4 + 5 \cdot \text{número_de_partes_losa_en_segmento_marcador} & ST = 1 \text{ Y } SP = 1 \\ 4 + 6 \cdot \text{número_de_partes_losa_en_segmento_marcador} & ST = 2 \text{ Y } SP = 1 \end{cases} \quad (A-7)$$

donde número_de_partes_losa_en_segmento_marcador es el número de longitudes de partes de losa que se indican en este segmento marcador; *ST* y *SP* se señalan en el parámetro *Stlm*.

- Ztlm:** Índice de este segmento marcador relativo a todos los demás segmentos marcadores TLM presentes en el encabezamiento considerado. Hay una concatenación entre la secuencia de pares (*Ttlmⁱ*, *Ptlmⁱ*) de este segmento marcador, en orden creciente de *Ztlm*, y las secuencias de pares de otros segmentos marcadores. En el asiento *j*-ésimo de la lista resultante aparece el par de valores índice de losa y longitud de la *j*-ésima parte de la *j*-ésima losa, el mismo par que aparece en el tren codificado.
- Stlm:** Tamaño de los parámetros *Ttlm* y *Ptlm*.
- Ttlmⁱ:** Índice de losa, de la *i*-ésima parte de la losa. No habrá ningún índice o habrá uno para cada parte de la losa. El número de partes en que está dividida cada losa se puede calcular a partir de este segmento marcador (o de la lista concatenada de todos los segmentos marcadores de este tipo) o a partir de un parámetro *TNSot* distinto de cero, si lo hubiere.
- Ptlmⁱ:** Longitud en bytes desde el principio del marcador SOT de la *i*-ésima parte de la losa hasta el final de los datos del tren de bits para esa parte de la losa. Habrá un valor para cada parte de la losa.

Cuadro A.33 – Valores del parámetro longitud de parte de una losa

Parámetro	Tamaño (bits)	Valores
TLM	16	0xFF55
Ltlm	16	6 a 65 535
Ztlm	8	0 a 255
Stlm	8	Cuadro A.34
Ttlm ⁱ	0 si ST = 0 8 si ST = 1 16 si ST = 2	Losas ordenadas 0 a 254 0 a 65 534
Ptlm ⁱ	16 si SP = 0 32 si SP = 1	14 a 65 535 14 a (2 ³² - 1)

Cuadro A.34 – Parámetros de tamaño para Stlm

Valores (bits)		Tamaño del parámetro
MSB	LSB	
xx00	xxxx	ST = 0; el parámetro <i>Ttlm</i> es 0 bits, hay sólo una parte por losa y las losas están en orden de índice sin omisión ni repetición
xx01	xxxx	ST = 1; <i>Ttlm</i> , parámetro de 8 bits
xx10	xxxx	ST = 2; <i>Ttlm</i> , parámetro de 16 bits
x0xx	xxxx	SP = 0; <i>Ptlm</i> , parámetro de 16 bits
x1xx	xxxx	SP = 1; <i>Ptlm</i> , parámetro de 32 bits
		Todos los demás valores reservados

A.7.2 Longitud de paquete, encabezamiento principal (PLM, *packet length, main header*)

Función: Lista de longitudes de los paquetes en las partes de la losa, en orden para cada parte de la losa.

Utilización: Encabezamiento principal. Puede haber varios segmentos marcadores PLM. Los segmentos marcadores PLM y PLT son opcionales y pueden utilizarse juntos o por separado.

Longitud: Variable en función del número de partes de losa en la imagen y del número de paquetes en cada parte de losa.

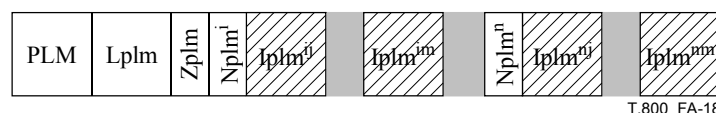


Figura A.18 – Sintaxis de la longitud de paquete, encabezamiento principal

PLM: Código del marcador. En el cuadro A.35 se especifica el tamaño y el valor de este marcador y de los parámetros del segmento marcador longitud de paquete, encabezamiento principal.

Lplm: Longitud del segmento marcador en bytes (sin contar el marcador).

Zplm: Índice de este segmento marcador, que relaciona éste y los demás segmentos marcadores PLM presentes en el encabezamiento considerado. Hay una concatenación entre la secuencia de parámetros (Iplmⁱ) de este segmento marcador, en orden creciente de Zplm, y las secuencias de parámetros de los Nplmⁱ, demás segmentos marcadores. En el asiento k-ésimo de la lista resultante aparece el par de parámetros número de bytes y encabezamiento de paquete de la k-ésima parte de losa, el mismo par que aparece en el tren codificado.

Cada segmento marcador en esta serie deberá terminar con una indicación de longitud de encabezamiento de paquete. Ahora bien, no es necesario que la serie de parámetros Iplm descritos por el Nplm esté completa en un determinado segmento marcador. Por ende, es posible que el siguiente segmento marcador PLM no tenga un parámetro Nplm después del Zplm, sino que continúe la serie de Iplm del último segmento marcador PLM.

Nplmⁱ: Número de bytes de información Iplm de la i-ésima parte de losa en el orden en que aparece en el tren codificado. Habrá un valor para cada parte de losa. Si una o más partes de losa del tren codificado sobrepasan los límites de marcadores PLM, estos marcadores no se utilizarán.

NOTA – Este valor se expresa con un número de 8 bits, lo que limita a 255 el número de bytes Iplm y a 255, o menos, el número de paquetes en una parte de losa. Esto no supone una restricción del número de paquetes que puede haber en una parte de losa. Se trata solamente del límite de este segmento marcador para describir el número de paquetes en una parte de losa.

Iplm^{ij}: Longitud del j-ésimo paquete en la i-ésima parte de losa. Si los encabezamientos de paquete están almacenados en el paquete, esta longitud incluye el encabezamiento de paquete. Si los encabezamientos de paquete están almacenados en el PPM o el PPT, esta longitud no incluye la longitud de los encabezamientos de paquete. Cada parte de losa se describirá con una serie de valores, y cada paquete de la losa con un valor.

Cuadro A.35 – Valores del parámetro longitud de paquete, encabezamiento principal

Parámetro	Tamaño (bits)	Valores
PLM	16	0xFF57
Lplm	16	4 a 65 535
Zplm	8	0 a 255
Nplm ⁱ	8	0 a 255
Iplm ^{ij}	Variable	Cuadro A.36

Cuadro A.36 – Lista de longitudes de paquete Iplm, Iplt

Parámetros (en orden)	Tamaño (bits)	Valores	Significado de los valores Iplm o Iplt
Longitud del paquete	8 bits repetidos según sea necesario	0xxx xxxx 1xxx xxxx x000 0000 a x111 1111	Últimos 7 bits de la longitud del paquete, número terminado ^{a)} Se continúa leyendo ^{b)} 7 bits de la longitud del paquete
^{a)} Son los últimos 7 bits de la longitud del paquete. ^{b)} No son los últimos 7 bits de la longitud del paquete, sino una parte de los bits que constituyen la longitud. La longitud del paquete se ha dividido en segmentos de 7 bits que se envían en orden del segmento más significativo al menos significativo. Además, los bits del segmento más significativo están justificados a la derecha del límite de byte. Por ejemplo, una longitud de paquete de 128 se indica 1000 0001 0000 0000, mientras que una longitud de 512 se indica 1000 0100 0000 0000.			

A.7.3 Longitud de paquete, encabezamiento de parte de losa (PLT, *packet length, tile-part header*)

Función: Lista de longitudes de los paquetes en las partes de la losa.

Utilización: Encabezamiento de parte de losa. Puede haber varios segmentos marcadores PLT por losa. Los segmentos marcadores PLM y PLT son opcionales y se pueden utilizar juntos o por separado. Siempre aparecerán en el encabezamiento de parte de losa antes de los paquetes cuyas longitudes describen.

Longitud: Variable en función del número de paquetes en cada parte de losa.

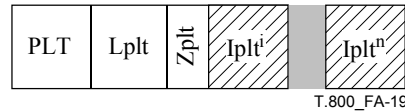


Figura A.19 – Sintaxis de longitud de paquete, encabezamiento de parte de losa

- PLT:** Código del marcador. En el cuadro A.37 se especifica el tamaño y el valor de este marcador y de los parámetros del segmento marcador longitud de paquete, encabezamiento de parte de losa.
- Lplt:** Longitud del segmento marcador en bytes (sin contar el marcador).
- Zplt:** Índice de este segmento marcador, que relaciona éste y los demás segmentos marcadores PLT presentes en el encabezamiento considerado. Hay una concatenación entre la secuencia de parámetros (Ipltⁱ) de este segmento marcador, en orden creciente de Zplt, y la secuencia de los parámetros de los demás segmentos marcadores. Cada segmento marcador en esta serie deberá terminar con una indicación de longitud de encabezamiento de paquete.
- Ipltⁱ:** Longitud del i-ésimo paquete. Si los encabezamientos de paquetes están almacenados en el paquete, esta longitud incluye el encabezamiento de paquete; si los encabezamientos de paquete están almacenados en el PPM o en el PPT esta longitud no incluye la longitud del encabezamiento de paquete.

Cuadro A.37 – Valores del parámetro longitud de paquete, encabezamientos de parte de losa

Parámetro	Tamaño (bits)	Valores
PLT	16	0xFF58
Lplt	16	4 a 65 535
Zplt	8	0 a 255
Iplt ⁱ	Variable	Cuadro A.36

A.7.4 Encabezamientos de paquete empaquetados, encabezamiento principal (PPM, *packed packet headers, main header*)

Función: Conjunto de encabezamientos de paquete para todas las losas.

NOTA – La utilidad estriba en que no es necesario múltiples lecturas para decodificar los encabezamientos.

Utilización: Encabezamiento principal. Se puede utilizar en el encabezamiento principal para todas las partes de losa, a no ser que se utilice un segmento marcador PPT en el encabezamiento de parte de losa.

Los encabezamientos de paquete se deberán colocar en uno de tres lugares posibles en el tren codificado. Cuando haya un segmento marcador PPM, todos los encabezamientos de paquete se encontrarán en el encabezamiento principal. En este caso se inhabilitan el segmento marcador PPT y los paquetes distribuidos en el tren de bits de partes de losa.

Si no se incluye el segmento marcador PPM, los encabezamientos de paquetes se pueden distribuir en segmentos marcadores PPT o en el tren codificado, según se describe en B.10. Para una misma losa, los encabezamientos de paquete no podrán estar a la vez en el segmento marcador PPT y en el tren codificado. Si los encabezamientos de paquete se colocan en segmentos marcadores PPT, aparecerán en el encabezamiento de parte de losa antes de los correspondientes datos de paquete (es decir, en el mismo encabezamiento de parte de losa o en un encabezamiento que tenga un valor TP_{sot} menor). Podrá haber varios segmentos marcadores PPT en un encabezamiento de parte de losa.

Longitud: Variable en función del número de paquetes en cada parte de losa y del tamaño de los encabezamientos de los paquetes.

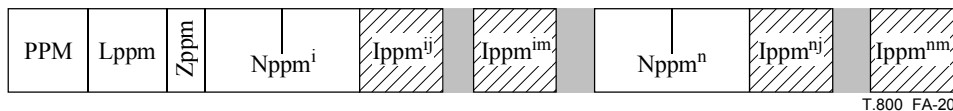


Figura A.20 – Sintaxis de encabezamientos de paquete empaquetados, encabezamiento principal

- PPM:** Código del marcador. En el cuadro A.38 se especifica el tamaño y el valor de este marcador y de los parámetros del segmento marcador encabezamientos de paquete empaquetados, encabezamiento principal.
- Lppm:** Longitud del segmento marcador en bytes, sin contar el marcador.
- Zppm:** Índice de este segmento marcador, que relaciona éste y los demás segmentos marcadores PPM presentes en el encabezamiento principal. Hay una concatenación entre la secuencia de parámetros (Nppmⁱ, Ippmⁱ) de este segmento marcador, en orden creciente de Zppm, y las secuencias de parámetros de los demás segmentos marcadores. En el asiento k-ésimo de la lista resultante aparece el número de bytes y los encabezamientos de paquete de la k-ésima parte de losa, los mismos parámetros que aparecen en el tren codificado.
 Cada segmento marcador en esta serie deberá terminar con una indicación de longitud de encabezamiento de paquete. Ahora bien, no es necesario que la serie de parámetros Ippm descritos por el Nppm esté completa en un determinado segmento marcador. Por ende, es posible que el siguiente segmento marcador PPM no tenga un parámetro Nppm después del Zppm, sino que continúe la serie de Ippm del último segmento marcador PPM.
- Nppmⁱ:** Número de bytes de información Ippm para la i-ésima parte de losa en el orden en que se encuentran en el tren codificado. Habrá un valor para cada parte de losa (no para cada losa).
- Ippm^{ij}:** Encabezamiento de cada paquete en orden en la parte de losa. Corresponde exactamente al encabezamiento de paquete distribuido en el tren de bits, en el caso de la solución descrita en B.10.

Cuadro A.38 – Valores del parámetro encabezamientos de paquete empaquetados, encabezamiento principal

Parámetro	Tamaño (bits)	Valores
PPM	16	0xFF60
Lppm	16	7 a 65 535
Zppm	8	0 a 255
Nppm ⁱ	32	0 a (2 ³² - 1)
Ippm ^{ij}	Variable	Encabezamientos de paquete

A.7.5 Encabezamientos de paquete empaquetados, encabezamiento de parte de losa (PPT, packed packet headers, tile-part header)

- Función:** Conjunto de encabezamientos de paquetes de una losa o una parte de losa.
- Utilización:** Encabezamientos de parte de losa. Aparecerá en los encabezamientos de parte de losa antes de los paquetes que describen.
 Los encabezamientos de paquete se deberán colocar sólo en uno de tres lugares posibles en el tren codificado. Cuando haya un segmento marcador PPM, todos los encabezamientos de paquete se encontrarán en el encabezamiento principal. En este caso se inhabilitan el segmento marcador PPT y los paquetes distribuidos en el tren de bits de las partes de losa.
 Si no se incluye el segmento marcador PPM, los encabezamientos de paquetes se pueden distribuir en segmentos marcadores PPT o en el tren codificado, según se describe en B.10. Los encabezamientos de paquete no podrán aparecer a la vez en el segmento marcador PPT y en el tren codificado para la misma losa. Si los encabezamientos de paquete se colocan en segmentos marcadores PPT, aparecerán en el encabezamiento de parte de losa antes de los correspondientes datos de paquete (es decir, en el mismo encabezamiento de parte de losa o en un encabezamiento que tenga un valor TP_{sot} menor). Puede haber varios segmentos marcadores PPT en un encabezamiento de parte de losa.
- Longitud:** Variable en función del número de paquetes en cada parte de losa y el tamaño de los encabezamientos de paquete.

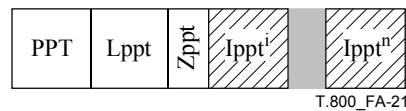


Figura A.21 – Sintaxis de los encabezamientos de paquete empaquetados, encabezamiento de parte de losa

- PPT:** Código del marcador. En el cuadro A.39 se especifica el tamaño y el valor de este marcador y de los parámetros del segmento marcador encabezamientos de paquete empaquetados, encabezamiento de parte de losa.
- Lppt:** Longitud del segmento marcador en bytes, sin contar el marcador.
- Zppt:** Índice del segmento marcador, que relaciona éste y los demás segmentos marcadores PPT presentes en el encabezamiento considerado. Hay una concatenación entre la secuencia de parámetros (Ipptⁱ) de este segmento marcador, en orden creciente de Zppt, y las secuencias de parámetros de los demás segmentos marcadores. Cada segmento marcador en esta serie terminará con una indicación de encabezamiento de paquete.
- Ipptⁱ:** Encabezamiento de cada paquete en orden en la parte de losa. El índice, la capa y el nivel de resolución del componente vienen dados por el método de progresión o por los segmentos marcadores POC. Corresponde exactamente al encabezamiento de paquete distribuido en el tren de bits, en el caso de la solución descrita en B.10, Información del encabezamiento de paquete.

Cuadro A.39 – Valores del parámetro encabezamientos de paquete, encabezamientos de parte de losa

Parámetro	Tamaño (bits)	Valores
PPT	16	0xFF61
Lppt	16	4 a 65 535
Zppt	8	0 a 255
Ippt ⁱ	Variable	Encabezamientos de paquete

A.8 Marcador y segmentos marcadores en el tren de bits

Este marcador y estos segmentos marcadores se utilizan para la recuperación de errores. Pueden encontrarse en el tren de bits (el marcador EPH también puede utilizarse en los segmentos marcadores PPM y PPT).

A.8.1 Inicio de paquete (SOP, *start of packet*)

Función: Marca el inicio de un paquete en el tren codificado.

Utilización: Opcional. Puede utilizarse en el tren de bits antes de cada paquete. Sólo se utilizará cuando se indique que está permitido en el segmento marcador COD adecuado (véase A.6.1). Cuando se utilicen los segmentos marcadores PPM o PPT el segmento marcador SOP podrá aparecer en el tren de bits inmediatamente antes de los datos del paquete.

Cuando esté permitido utilizar segmentos marcadores SOP (está señalado en el segmento marcador COD, véase A.6.1) cada paquete en una determinada parte de losa puede o no estar anexado por un segmento marcador SOP. Sin embargo, se utilice o no el segmento marcador SOP, el contador en el Nsop se incrementa para cada paquete. Cuando los encabezamientos de paquete se desplazan a los segmentos marcadores PPM o PPT (véanse A.7.4 y A.7.5) los segmentos marcadores SPO pueden aparecer inmediatamente antes del cuerpo del paquete en la porción de datos de la imagen comprimida de la parte de losa.

Longitud: Fija.

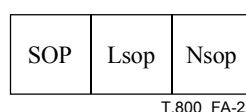


Figura A.22 – Sintaxis del inicio del paquete

- SOP:** Código del marcador. En el cuadro A.40 se especifica el tamaño y el valor de este marcador y de los parámetros del segmento marcador inicio de paquete.
- Lsop:** Longitud del segmento marcador en bytes, sin contar el marcador.
- Nsop:** Número de orden del paquete. El valor asignado al primer paquete en una losa codificada es cero. Este número se incrementa en uno para cada paquete sucesivo en esta losa codificada. Cuando se alcanza el número máximo se vuelve a empezar desde cero.

Cuadro A.40 – Valores del parámetro inicio del paquete

Parámetro	Tamaño (bits)	Valores
SOP	16	0xFF91
Lsop	16	4
Nsop	16	0 a 65 535

A.8.2 Fin de encabezamiento de paquete (EPH, end of packet header)

Función: Indica el final del encabezamiento de un determinado paquete. Sirve para delimitar el encabezamiento del paquete en el tren de bits o en los segmentos marcadores PPM o PPT. Este marcador no indica el principio de los datos del paquete. Cuando los encabezamientos de paquete no se colocan en el tren de bits (porque se utilizan segmentos marcadores PPM o PPT), no se utilizará este marcador en el tren de bits.

Utilización: Sólo se utilizará cuando se indique en el segmento marcador COD adecuado (véase A.6.1). Aparecerá inmediatamente después del encabezamiento del paquete.

Cuando se exija utilizar marcadores EPH (mediante su indicación en el segmento marcador COD, véase A.6.1), cada encabezamiento de paquete en una determinada parte de losa deberá terminar con un segmento marcador EPH. Si los encabezamientos de paquete se colocan en segmentos marcadores PPM o PPT (véanse A.7.4 y A.7.5), los marcadores EPH aparecerán después de los encabezamientos de paquete en los segmentos marcadores PPM o PPT.

Longitud: Fija.

EPH: Código del marcador

Cuadro A.41 – Valores del parámetro fin de encabezamiento de paquete

Parámetro	Tamaño (bits)	Valores
EPH	16	0xFF92

A.9 Segmentos marcadores de información

Estos segmentos marcadores son estrictamente informativos y no son necesarios para la decodificación. Ahora bien, pueden ser útiles para el analizador sintáctico o el decodificador. Se puede obtener más información sobre la imagen original y sus características utilizando un formato de fichero como el JP2 (véase anexo I).

A.9.1 Registro de componentes (CRG, component registration)

Función: Permite el registro específico de componentes con respecto a los demás. En la codificación se considera que las muestras de componentes están situadas en puntos de la rejilla de referencia que son múltiplos enteros de XRsiz y YRsiz (véase A.5.1). Sin embargo, esta solución no siempre permite reconstruir la imagen. El segmento marcador CRG describe el "centro de masas" de las muestras de cada componente con respecto a la separación. Este segmento marcador no se tiene en cuenta al decodificar el tren codificado.

NOTA – La traslación en el registro del componente debe considerarse con respecto a la traslación de la imagen (XOsiz y YOsiz) y la separación de componente (XRsiz^l y YRsiz^l). Por ejemplo, el punto de la rejilla de referencia horizontal para las muestras que están más a la izquierda del componente *c* es $XRsiz^c \lceil XOsiz / XRsiz^c \rceil$. (Similar para la dirección vertical.) La traslación horizontal indicada en este segmento marcador es con respecto a esta traslación.

Utilización: Sólo en el encabezamiento principal. Sólo se puede utilizar un CRG en el encabezamiento principal y vale para todas las losas.

Longitud: Variable en función del número de componentes.

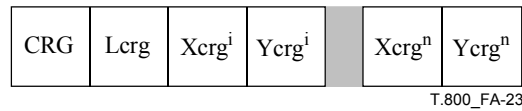


Figura A.23 – Sintaxis del registro de componente

- CRG:** Código del marcador. En el cuadro A.42 se especifica el tamaño y el valor de este marcador y de los parámetros para el segmento marcador registro de componente.
- Lcrg:** Longitud del segmento marcador en bytes (sin contar el marcador).
- Xcrgⁱ:** Valor de la traslación horizontal, en unidades de 1/65536 de la separación horizontal XRsizⁱ, para la i-ésima componente. Así pues, los valores van de 0/65536 (la muestra ocupa su punto en la rejilla de referencia) hasta XRsiz^c(65535/65536) (justo antes del punto de la rejilla de referencia de la siguiente muestra). Este valor se repite para cada componente.
- Ycrgⁱ:** Valor de la traslación vertical, en unidades de 1/65536 de la separación vertical YRsizⁱ, para el i-ésimo componente. Así pues, los valores van de 0/65536 (la muestra ocupa su punto en la rejilla de referencia) hasta YRsiz^c(65535/65536) (justo antes del punto de la rejilla de referencia de la siguiente muestra). Este valor se repite para cada componente.

Cuadro A.42 – Valores del parámetro registro de componente

Parámetro	Tamaño (bits)	Valores
CRG	16	0xFF63
Lcrg	16	6 a 65 534
Xcrg ⁱ	16	0 a 65 535
Ycrg ⁱ	16	0 a 65 535

A.9.2 Comentario (COM, *comment*)

Función: Permite la introducción de datos sin estructura en el encabezamiento principal y en el encabezamiento de parte de losa.

Utilización: Encabezamiento principal y encabezamiento de parte de losa. Puede aparecer repetido tantas veces como se desee en el encabezamiento principal, en el encabezamiento de parte de losa, o en ambas. Este segmento marcador no se tiene en cuenta al decodificar el tren codificado.

Longitud: Variable en función de la longitud del mensaje.

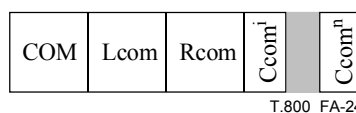


Figura A.24 – Sintaxis del comentario

- COM:** Código del marcador. En el cuadro A.43 se especifica el tamaño y el valor de este marcador y de los parámetros para el segmento marcador comentario.
- Lcom:** Longitud del segmento marcador en bytes (sin contar el marcador).
- Rcom:** Valor registrado del segmento marcador.
- Ccomⁱ:** Byte de datos sin estructura.

Cuadro A.43 – Valores del parámetro comentario

Parámetro	Tamaño (bits)	Valores
COM	16	0xFF64
Lcom	16	5 a 65 535
Rcom	16	Cuadro A.44
Ccom ⁱ	8	0 a 255

Cuadro A.44 – Valores de registro para el parámetro Rcom

Valores	Valores de registro
0	Utilización general (valores binarios)
1	Utilización general [valores ISO/CEI 8859-15 (latín)]
	Los demás valores reservados

A.10 Restricciones del tren codificado que son conformes a esta Recomendación | Norma Internacional

Se han establecido restricciones para permitir un interfuncionamiento general del tren codificado JPEG 2000. Las "restricciones del tren codificado" corresponden a dos perfiles, Perfil-0 y Perfil-1. El caso de tren codificado "sin restricciones", conforme a esta Recomendación | Norma Internacional, puede denominarse Perfil-2. A continuación se definen el Perfil-0 y Perfil-1.

La máxima compatibilidad se logra con los trenes codificados correspondientes al Perfil-0, y una compatibilidad media con los correspondientes al Perfil-1.

Cuadro A.45 – Restricciones del tren codificado

Restricciones	Perfil-0	Perfil-1
Segmento marcador SIZ		
Indicación del perfil	Rsiz = 1	Rsiz = 2
Tamaño de la imagen	Xsiz, Ysiz < 2 ³¹	Xsiz, Ysiz < 2 ³¹
Losas	Losas de dimensión 128 × 128: YTsiz = XTsiz = 128 o una losa para toda la imagen: YTsiz + YTOsiz ≥ Ysiz XTsiz + XTOsiz ≥ Xsiz	XTsiz / min(XRsiz ⁱ , YRsiz ⁱ) ≥ 1024 XTsiz = YTsiz o una losa para toda la imagen: YTsiz + YTOsiz ≥ Ysiz XTsiz + XTOsiz ≥ Xsiz
Origen de la imagen y de la losa	XOsiz = YOsiz = XTOsiz = YTOsiz = 0	XOsiz, YOsiz, XTOsiz, YTOsiz < 2 ³¹
Segmento marcador RGN	SPrgn ≤ 37	SPrgn ≤ 37
Submuestreo	XRsiz ⁱ = 1, 2, ó 4 YRsiz ⁱ = 1, 2, ó 4	Sin restricción
Bloques de código		
Tamaño del bloque de código	xcb = ycb = 5 o xcb = ycb = 6	xcb ≤ 6, ycb ≤ 6
Tipo de bloque de código	SPcod, SPcoc = 00sp vtra siendo a = r = v = 0, y t, p, s = 0 ó 1 NOTA 1 – t = 1 para terminación en cada pasada de codificación p = 1 para terminación previsible s = 1 para símbolos de segmentación	Sin restricción
Posición del marcador		
Encabezamientos empaquetados (PPM, PPT)	No permitido	Sin restricción
COD, COC, QCD, QCC	Sólo en el encabezamiento principal	Sin restricción

Cuadro A.45 – Restricciones del tren codificado

Restricciones	Perfil-0	Perfil-1
Requisitos de subconjuntos		
Resolución LL	Si se utiliza una losa para toda la imagen, $(X_{siz} - X_{Osiz}) / D(I) \leq 128$ y $(Y_{siz} - Y_{Osiz}) / D(I) \leq 128$ donde $D(I) = 2^{\text{número_niveles descomposición}}$ en SPcod o SPcoc, para I = componente 0 a 3	Para cada losa de la imagen, $\lfloor x1 / D(i) \rfloor - \lfloor tx0 / D(i) \rfloor \leq 128$ y $\lfloor ty1 / D(i) \rfloor - \lfloor ty0 / D(i) \rfloor \leq 128$ donde $D(I) = 2^{\text{número_niveles descomposición}}$ en SPcod o SPcoc, para I = componente 0 a 3. NOTA 2 – tx0, tx1, ty0 y ty1 son las definidas en las ecuaciones (B-7) a (B-10).
Capacidad de análisis sintáctico	Si tiene el marcador POC, éste tendrá los valores RSPOC0 = 0 y CSPOC0 = 0. NOTA 3 – Es posible que algunos decodificadores conformes sólo decodifiquen paquetes relacionados con la primera progresión.	Sin restricción
Partes de losa	Para cada losa, las partes que tienen TP _{sot} = 0 antes de las partes que tienen TP _{sot} > 0. Desde Isot = 0 hasta Isot = número_de_losas – 1 para las partes de losa, en orden secuencial para todas las partes de losa que tengan TP _{sot} = 0	Sin restricción
Tamaño del recinto	El "tamaño del recinto" definido por SPcod o SPcoc (cuadros A.15 y A.21) debe ser lo suficientemente grande para que haya un solo recinto en todos los niveles de resolución con dimensión inferior o igual a 128 por 128. NOTA 4 – Tamaño del recinto PP _x ≥ 7 y PP _y ≥ 7 es suficiente para garantizar un solo recinto por subbanda cuando X _{Osiz} = 0 y Y _{Osiz} = 0.	Sin restricción

Anexo B

Ordenación de los datos de la imagen y de la imagen comprimida

(Este anexo es parte integrante de esta Recomendación | Norma Internacional)

En este anexo y en todas sus subcláusulas los diagramas de flujo y los cuadros son normativos únicamente en el sentido que definen un formato de salida necesario en todas las implementaciones.

En este anexo se describen las diversas entidades estructurales y su organización en el tren codificado: componentes, losas, subbandas y sus divisiones.

B.1 Introducción a los conceptos de estructura de datos de la imagen

La rejilla de referencia proporciona un mecanismo para registrar componentes y definir subconjuntos de la rejilla de referencia, por ejemplo las losas y el área de la imagen.

Los componentes son matrices bidimensionales de muestras. Cada componente, (c), tiene los parámetros XR_{siz}^c , YR_{siz}^c (véase A.5.1) que definen la correspondencia entre las muestras del componente y los puntos de la rejilla de referencia. Cada muestra de un componente corresponde a un punto en la rejilla de referencia (pero no a la inversa). Teniendo en cuenta esta correspondencia, se hace un registro de cada componente relativo a los demás, sólo para la codificación.

Cada componente se divide en losas que corresponden a la división en losas de la rejilla de referencia. Estos componentes losa se codifican por separado. A cada componente losa se le aplica la transformada en ondícula, lo que da lugar a varios niveles de descomposición los cuales están relacionados con los niveles de resolución (véase anexo F). Cada nivel de resolución está compuesto de las subbandas HL, LH y HH para un nivel de descomposición, o bien de la subbanda N_L LL. Así pues, el número de niveles de resolución es igual al número de niveles de descomposición máximo.

Cada subbanda tiene su propio origen. Cada subbanda HL, LH y HH tiene unos límites específicos.

NOTA – Este convenio difiere de los diagramas normales en ondícula, en los cuales se sitúan todas las subbandas para un componente en un sólo espacio.

Los recintos y los bloques de código se definen en el nivel de resolución y la subbanda, lo que significa que pueden variar entre los componentes losa. Los recintos se definen de manera que los bloques de código se ajusten exactamente, es decir, que coincidan con los demás.

En las figuras se muestran los límites y los ejes de coordenadas. En cada caso, las muestras o los coeficientes que coinciden con el límite superior o de la izquierda se incluyen en una determinada región, mientras que las muestras o los coeficientes del límite de la derecha y/o el límite inferior no se incluyen en esa región.

Además, los valores de muchas de las variables en las fórmulas pueden variar en función del componente, la losa, o el nivel de resolución. Estos valores pueden cambiar explícitamente (mediante la sintaxis descrita en el anexo A) o tácitamente (mediante propagación). Para facilitar la notación, se han eliminado algunas dependencias en las explicaciones siguientes.

B.2 Correspondencia del componente con la rejilla de referencia

Todos los componentes (y muchas otras estructuras en este anexo) se definen con respecto a la rejilla de referencia. En la figura B.1 se indican los diversos parámetros que definen la rejilla de referencia. La rejilla de referencia es una rejilla rectangular de puntos, identificados por índices que van de $(0, 0)$ a $(X_{siz} - 1, Y_{siz} - 1)$. Un "área de la imagen" en la rejilla de la referencia se define mediante los parámetros dimensionales (X_{siz}, Y_{siz}) y (XO_{siz}, YO_{siz}) . Concretamente, el área de la imagen sobre la rejilla de referencia se define mediante su punto superior izquierdo de la rejilla de referencia en la posición (XO_{siz}, YO_{siz}) y el punto inferior derecho de la rejilla de referencia en la posición $(X_{siz} - 1, Y_{siz} - 1)$.

Las muestras del componente c están situadas en un lugar de la rejilla de referencia que es un múltiplo entero de (XR_{siz}^c, YR_{siz}^c) . Cada dominio del componente es una versión submuestreada de la rejilla de referencia con la coordenada $(0, 0)$ como punto común a cada componente. Las muestras de fila están situadas en puntos de la rejilla de referencia que son múltiplos enteros de XR_{siz}^c , y las muestras de columna están situadas en puntos de la rejilla que son múltiplos enteros de YR_{siz}^c . Sólo las muestras que se encuentran dentro del área de la imagen pertenecen realmente al componente imagen. Así pues, las muestras del componente c corresponden a un rectángulo que tiene la muestra superior izquierda en las coordenadas (x_0, y_0) y la muestra inferior derecha en las coordenadas $(x_1 - 1, y_1 - 1)$, siendo:

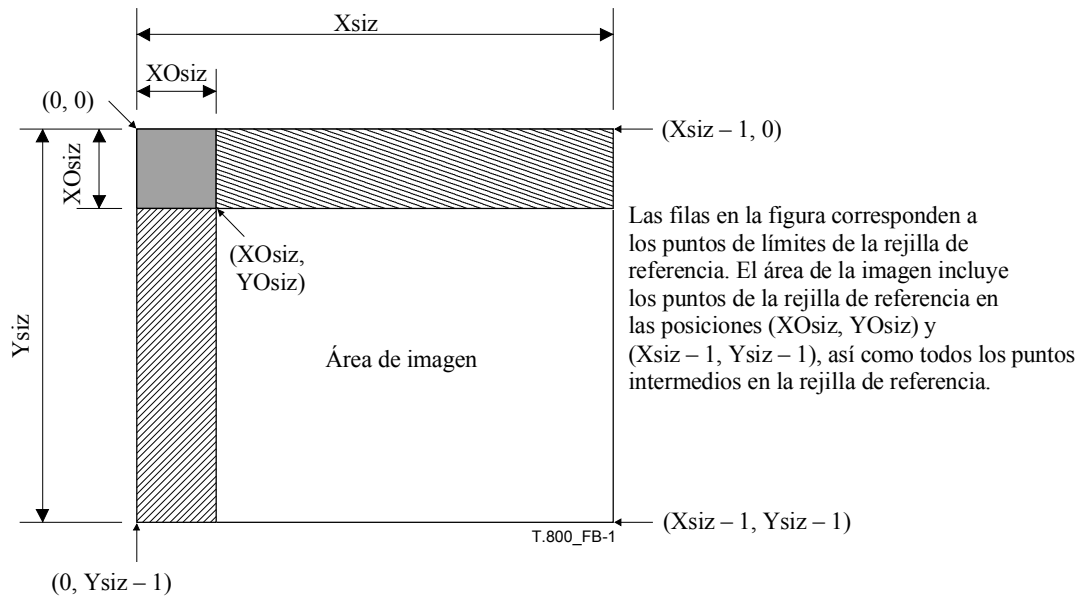


Figura B.1 – Diagrama de la rejilla de referencia

$$x_0 = \left\lceil \frac{XOsiz}{XRsiz^c} \right\rceil \quad x_1 = \left\lceil \frac{Xsiz}{XRsiz^c} \right\rceil \quad y_0 = \left\lceil \frac{YOsiz}{YRsiz^c} \right\rceil \quad y_1 = \left\lceil \frac{Ysiz}{YRsiz^c} \right\rceil \quad (B-1)$$

Así pues, las dimensiones del componente c vienen dada por:

$$(ancho, alto) = (x_1 - x_0, y_1 - y_0) \quad (B-2)$$

Los parámetros $Xsiz$, $Ysiz$, $XOsiz$, $YOsiz$, $XRsiz^c$ y $YRsiz^c$ se definen todos ellos en el segmento marcador SIZ (véase A.5.1).

NOTA 1 – El hecho de que todos los componentes tengan la misma traslación de la imagen ($XOsiz$, $YOsiz$) y el mismo tamaño ($Xsiz$, $Ysiz$) produce un registro de los componentes.

NOTA 2 – La figura B.2 es un ejemplo de correspondencia de tres componentes con la rejilla de referencia. En la figura B.3 se muestra el área de la imagen a partir de una determinada traslación de la imagen con valores diferentes ($XRsiz$, $YRsiz$). También se muestra la coordenada de la muestra superior izquierda, en el dominio del componente de la imagen, que se incluye en el área de la imagen.

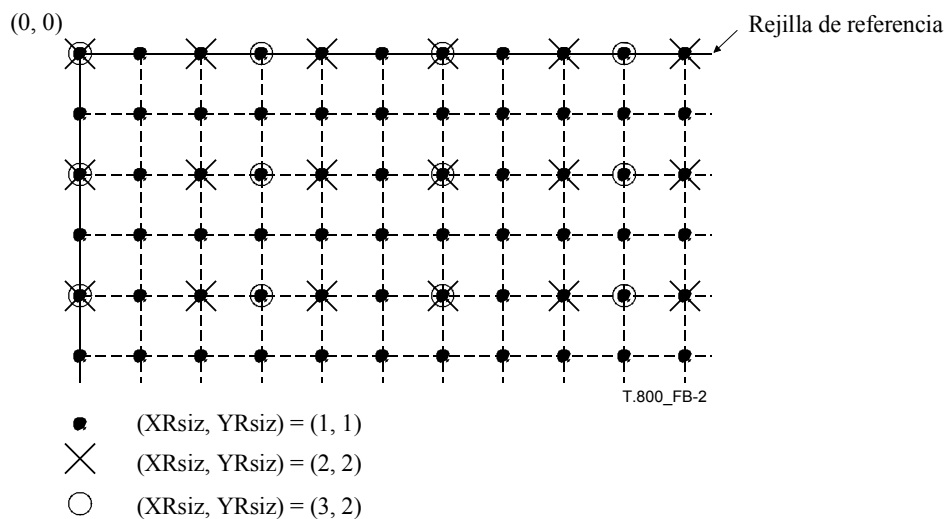


Figura B.2 – Posición de las muestras de componentes sobre la rejilla de referencia para diferentes valores de $XRsiz$ e $YRsiz$

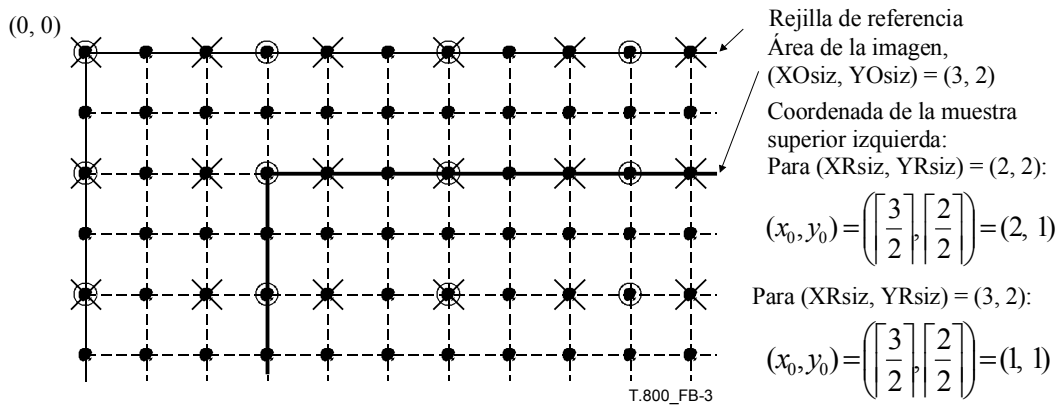


Figura B.3 – Ejemplo de las posiciones de la muestra superior izquierda del componente

B.3 División del área de la imagen en losas y componentes losa

La rejilla de referencia se divide en una matriz rectangular de losas de tamaño regular. En la rejilla de referencia, el tamaño de la losa y la traslación de la división en losas se definen mediante los pares dimensionales $(XTsiz, YTsiz)$ y $(XTOsiz, YTOsiz)$, respectivamente. Todos son parámetros del segmento marcador SIZ (véase A.5.1).

Cada losa tiene un ancho de $XTsiz$ puntos de la rejilla de referencia, y un alto de $YTsiz$ puntos de la rejilla de referencia. La esquina superior izquierda de la primera losa (losa 0) tiene una traslación con respecto a la esquina superior izquierda de la rejilla de referencia igual a $(XTOsiz, YTOsiz)$. Las losas se enumeran en el orden de rasado, que es el índice de losa en el parámetro $Isot$ del segmento marcador SOT descrito en A.4.2. Así pues, las coordenadas de la esquina superior izquierda de la primera losa, respecto de la rejilla de referencia, son $(XTOsiz, YTOsiz)$. En la figura B.4 se muestra esta relación.

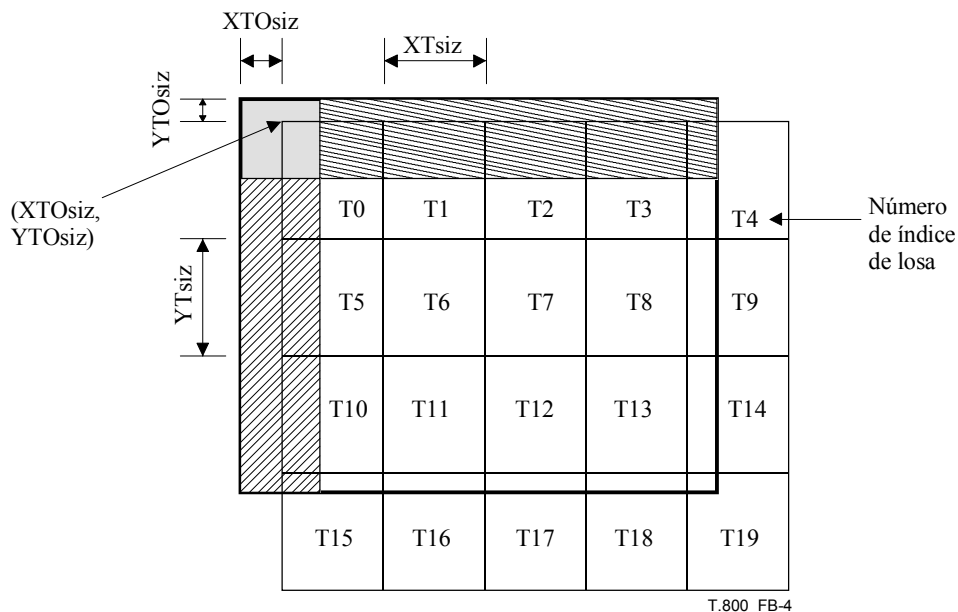


Figura B.4 – Diagrama de división en losas de la rejilla de referencia

La traslación de la losa con respecto a la rejilla $(XTOsiz, YTOsiz)$ no puede ser mayor que la traslación del área de la imagen. Esto se expresa mediante los siguientes intervalos:

$$0 \leq XTOsiz \leq XOsiz \qquad 0 \leq YTOsiz \leq YOsiz \qquad (B-3)$$

Además, el tamaño de la losa más la traslación de la losa debe ser superior que la traslación del área de la imagen. De esta manera se garantiza que la primera losa (losa 0) contendrá como mínimo un punto de la rejilla de referencia del área de la imagen. Esto se expresa mediante los siguientes intervalos:

$$XTsiz + XTOsiz > XOsiz \quad YTsiz + YTOsiz > YOsiz \quad (\text{B-4})$$

El número de losas en la dirección X ($numXtiles$) y en la dirección Y ($numYtiles$) viene determinado así:

$$numXtiles = \left\lceil \frac{Xsiz - XTOsiz}{XTsiz} \right\rceil \quad numYtiles = \left\lceil \frac{Ysiz - YTOsiz}{YTsiz} \right\rceil \quad (\text{B-5})$$

En esta descripción es útil tener las losas indexadas por su posición horizontal y vertical. Sea p el índice horizontal de una losa, con valores entre 0 y $numXtiles - 1$, y sea q el índice vertical de una losa, con valores de 0 a $numYtiles - 1$, determinados a partir del índice de losa del siguiente modo:

$$p = \text{mod}(t, numXtiles) \quad q = \left\lceil \frac{t}{numXtiles} \right\rceil \quad (\text{B-6})$$

donde t es el índice de losa en la figura B.4.

Las coordenadas de una determinada losa sobre la rejilla de referencia se describen mediante las siguientes ecuaciones:

$$tx_0(p, q) = \max(XTOsiz + p \cdot XTsiz, XOsiz) \quad (\text{B-7})$$

$$ty_0(p, q) = \max(YTOsiz + q \cdot YTsiz, YOsiz) \quad (\text{B-8})$$

$$tx_1(p, q) = \min(XTOsiz + (p + 1) \cdot XTsiz, Xsiz) \quad (\text{B-9})$$

$$ty_1(p, q) = \min(YTOsiz + (q + 1) \cdot YTsiz, Ysiz) \quad (\text{B-10})$$

siendo $tx_0(p, q)$ y $ty_0(p, q)$ las coordenadas de la esquina superior izquierda de la losa, y $tx_1(p, q) - 1$ y $ty_1(p, q) - 1$ las coordenadas de la esquina inferior derecha de la losa. Con frecuencia se omitirán las coordenadas de la losa al referirse a una determinada losa, y se mencionarán las coordenadas (tx_0, ty_0) y (tx_1, ty_1) .

En este caso, las dimensiones de una losa en la rejilla de referencia son:

$$(tx_1 - tx_0, ty_1 - ty_0) \quad (\text{B-11})$$

En el dominio del componente i de la imagen, las coordenadas de la muestra superior izquierda vienen dadas por (tcx_0, tcy_0) y las coordenadas de la muestra inferior derecha vienen dadas por $(tcx_1 - 1, tcy_1 - 1)$, siendo:

$$tcx_0 = \left\lceil \frac{tx_0}{XRsiz^i} \right\rceil \quad tcx_1 = \left\lceil \frac{tx_1}{XRsiz^i} \right\rceil \quad tcy_0 = \left\lceil \frac{ty_0}{YRsiz^i} \right\rceil \quad tcy_1 = \left\lceil \frac{ty_1}{YRsiz^i} \right\rceil \quad (\text{B-12})$$

de manera que las dimensiones del componente losa son:

$$(tcx_1 - tcx_0, tcy_1 - tcy_0) \quad (\text{B-13})$$

B.4 Ejemplo de correspondencia de componentes con la rejilla de referencia (informativo)

El siguiente ejemplo sirve para ilustrar la correspondencia de componentes de la imagen con la rejilla de referencia y el área producida por la división en losas de los componentes con diferentes factores de submuestreo. Es el ejemplo de una aplicación que comprime una imagen original de formato 16:9 de conformidad con esta Recomendación | Norma Internacional. Se eligen opciones de tamaño de la imagen, traslación de la imagen, tamaño de losa y desplazamiento de losa apropiadas para poder recortar una imagen de formato 4:3 del centro de la imagen original. En la figura B.5 se muestra la rejilla de referencia y las áreas de la imagen, así como la estructura de división en losas que se aplicará en este ejemplo.

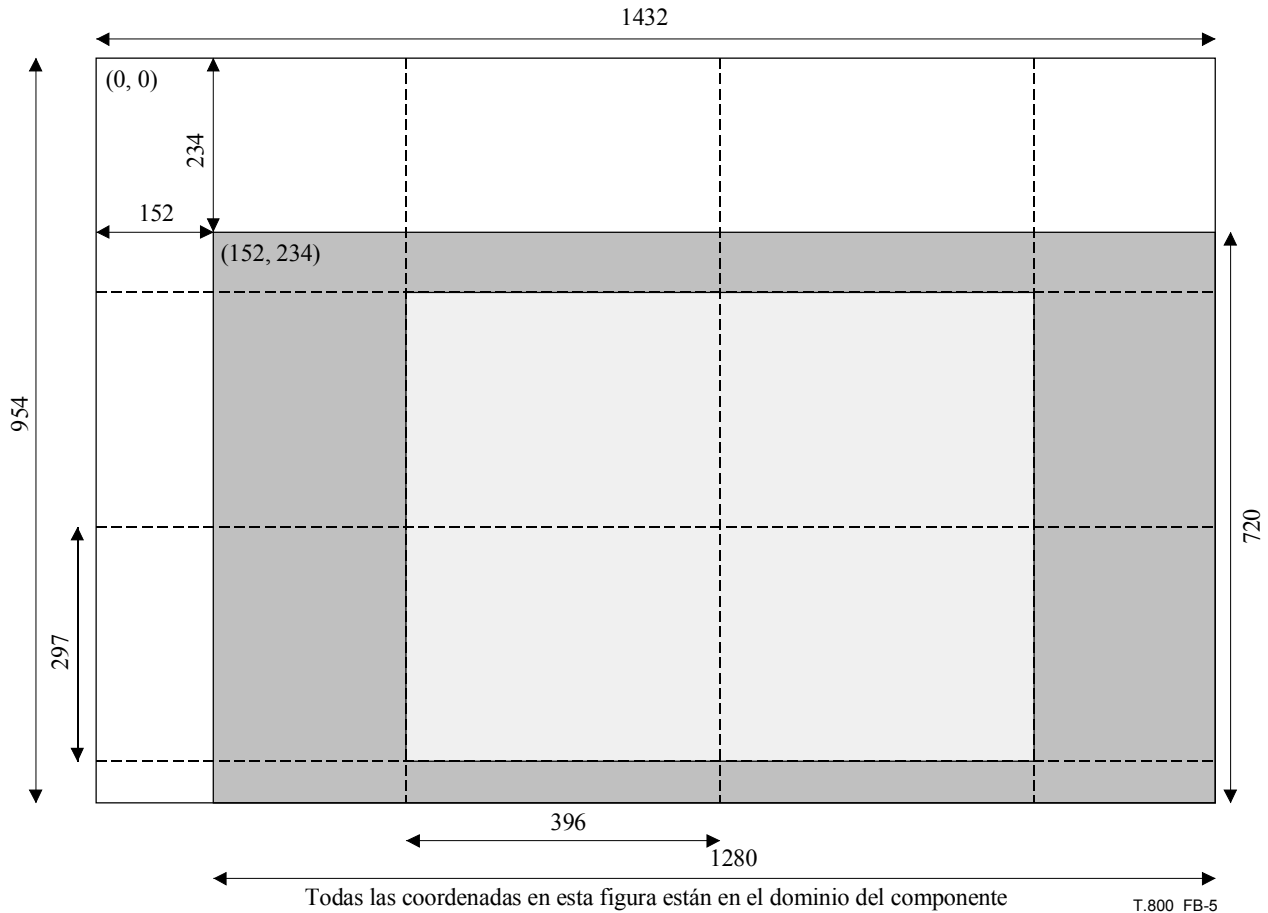
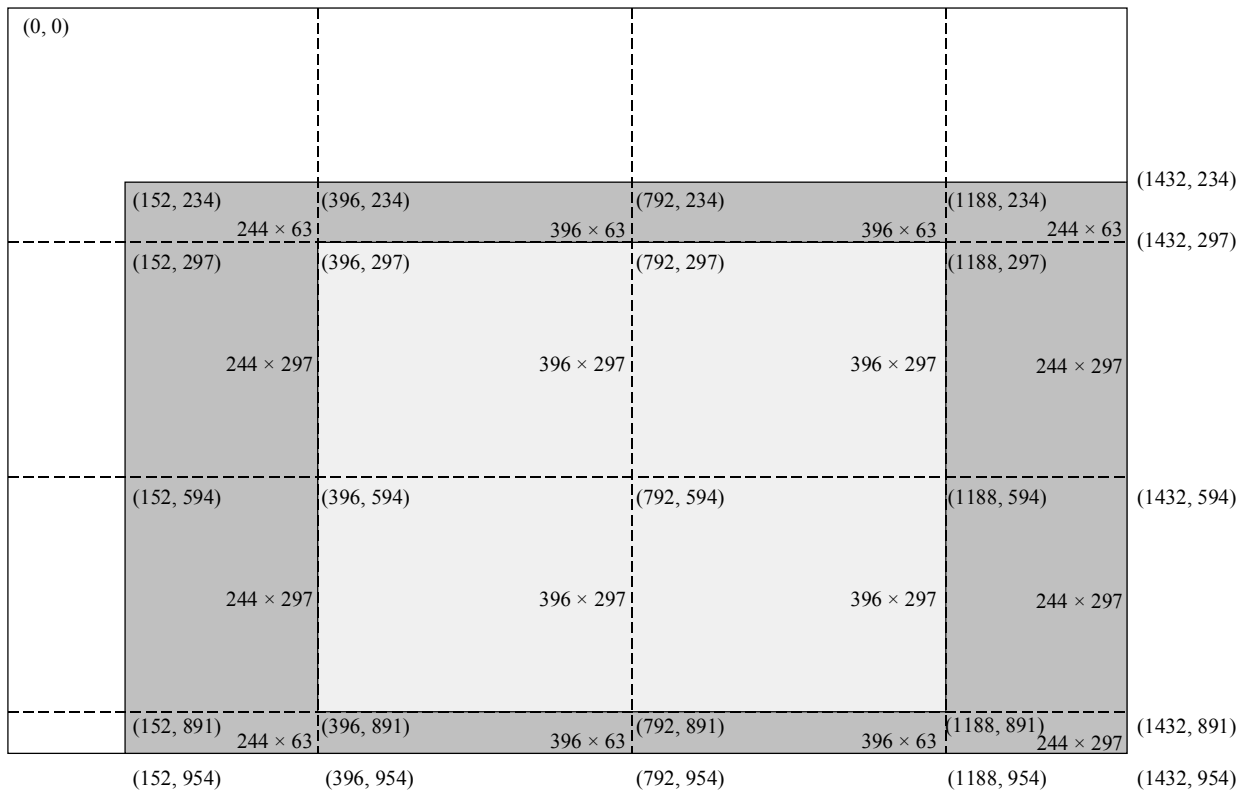


Figura B.5 – Ejemplo de rejilla de referencia

Sea el tamaño de la rejilla de referencia (Xsiz, Ysiz) igual a (1432, 954). En este ejemplo la imagen tendrá dos componentes (los índices de componente se representan por $i = 0, 1$). Los factores de submuestreo XR_{siz}^i y YR_{siz}^i de los dos componentes con respecto a la rejilla de referencia serán $XR_{siz}^0 = YR_{siz}^0 = 1$ y $XR_{siz}^1 = YR_{siz}^1 = 2$. La traslación de la imagen se fija en $(XO_{siz}, YO_{siz}) = (152, 234)$. Con estos parámetros, los tamaños de los dos componentes de la imagen se pueden determinar mediante la ecuación (B-1). La esquina superior izquierda del componente 0 está en $(\lceil 152/1 \rceil, \lceil 234/1 \rceil) = (152, 234)$. La esquina inferior derecha del componente 0 está en $(\lceil 1432/1 \rceil - 1, \lceil 954/1 \rceil - 1) = (1431, 953)$. Así pues, el tamaño real del componente 0 es 1280 muestras de ancho y 720 muestras de alto. La esquina superior izquierda del componente 1 está en $(\lceil 152/2 \rceil, \lceil 234/2 \rceil) = (76, 117)$, y la esquina inferior derecha de ese componente está en $(\lceil 1432/2 \rceil - 1, \lceil 954/2 \rceil - 1) = (715, 476)$. El tamaño real del componente 1 es 640 muestras de ancho y 360 muestras de alto.

Se determinan losas de formato 4:3. En este ejemplo, (XT_{siz}, YT_{siz}) se han fijado a 396, 297 y las traslaciones de losa (XT_{osiz}, YT_{osiz}) se han fijado a (0, 0). La ecuación (B-5) determina el número de losas en las direcciones x, y $numX_{tiles} = \lceil 1432/396 \rceil = 4$, $numY_{tiles} = \lceil 954/297 \rceil = 4$. Por tanto, los componentes de la imagen dividida en losas tendrán en total $t = 16$ losas, siendo los índices p y q de la rejilla de losas: $0 \leq p, q < 4$. Ahora se puede calcular la posición de las losas en cada componente de la imagen. Para ello, se calculan los valores de tx_0, tx_1, ty_0 , y ty_1 mediante las ecuaciones (B-7), (B-8), (B-9) y (B-10). Dado que p y q tienen el mismo conjunto de valores posibles, se utilizará la notación '0:3' para referirse a la secuencia de valores {0, 1, 2, 3}, y la notación "*" para indicar que el resultado es válido para todos los valores posibles. Los valores de tx_0 calculados son $tx_0(0:3, *) = \{152, 396, 792, 1188\}$, y los

valores de tx_1 son $tx_1(0:3, *) = \{396, 792, 1188, 1432\}$. Los valores de ty_0 son $ty_0(*, 0:3) = \{234, 297, 594, 891\}$, y los valores de ty_1 son $ty_1(*, 0:3) = \{297, 594, 891, 954\}$.



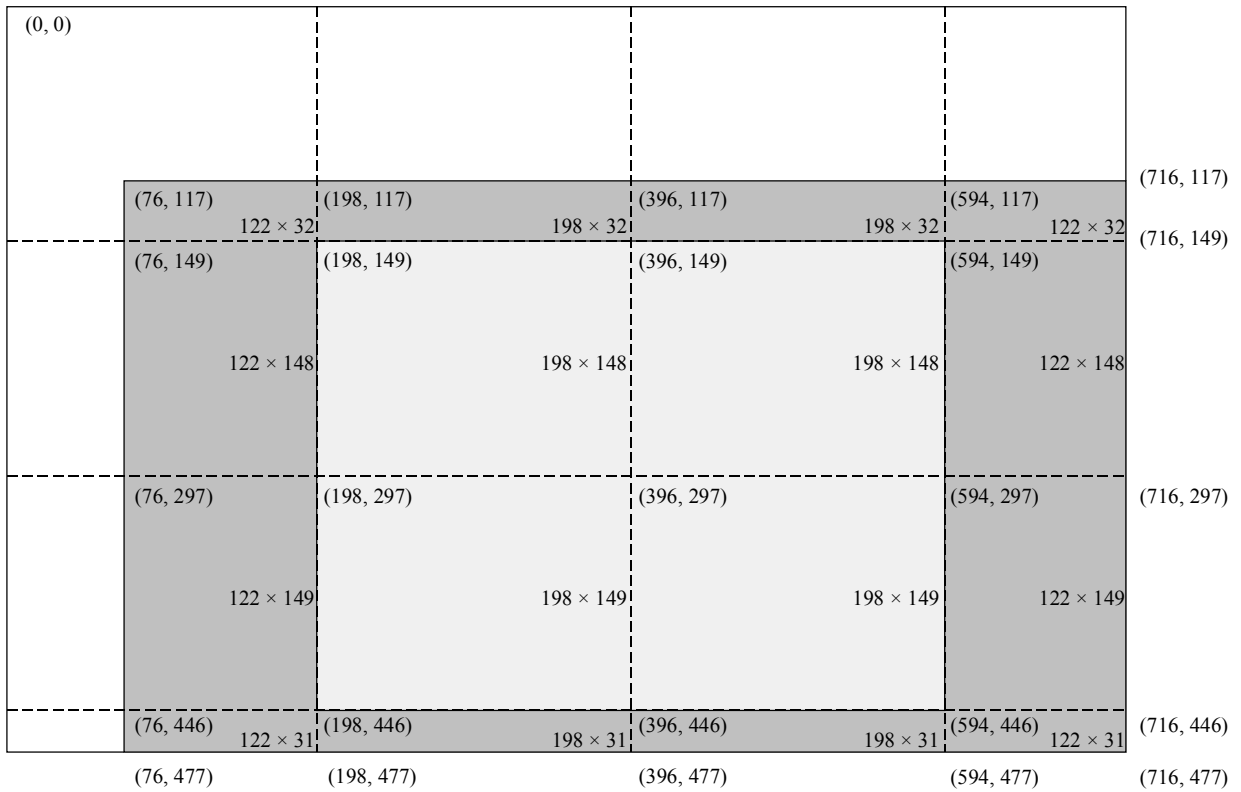
División en losas del componente 0. Todas las coordenadas en esta figura están en el dominio del componente

T.800_FB-6

Figura B.6 – Ejemplo de tamaños y posiciones de losas del componente 0

Conociendo los valores de tx_0 , tx_1 , ty_0 , y ty_1 , se pueden determinar las posiciones y los tamaños de todas las losas para cada componente. Para ello se utiliza la ecuación (B-12). Las posiciones y los tamaños correspondientes al componente 0 se muestran en la figura B.6, y en la figura B.7 se muestra esta misma información para el componente 1. Las losas 'interiores' en las figuras [losas (1, 1), (1, 2), (2, 1), y (2, 2)] son de especial interés. La extensión de estas losas no está limitada por el área de la imagen. En el componente 0, todas estas losas tienen el mismo tamaño. Esta regularidad se debe a que los factores de submuestreo de este componente son $(XRsiz^0, YRsiz^0) = (1, 1)$. Las losas del componente 1 son diferentes porque $(XRsiz^1, YRsiz^1) = (2, 2)$. Obsérvese que el tamaño de las losas (1, 1) y (2, 1) es 198 por 148, mientras que el tamaño de las losas (1, 2) y 2, 2) es 198 por 149. Esto pone de manifiesto que el número de muestras en las losas interiores de un componente puede variar según las condiciones específicas: tamaño de losa y factores de submuestreo del componente.

Después de determinar la rejilla de referencia, la traslación de la imagen, el tamaño de losa y la traslación de losa, se puede recortar la imagen codificada directamente sobre la región de interior deseada. Pueden retenerse las cuatro losas interiores de cada componente, que representarán una imagen recortada del tamaño de la rejilla de referencia (792, 594). Al recortar no es necesario volver a codificar las losas, aunque deben cambiarse los valores de algunos parámetros de la rejilla de referencia. Las traslaciones de la imagen deben fijarse con respecto a las coordenadas de las posiciones de recorte, de manera que $(XOsiz', YOsiz') = (396, 297)$, donde $(XOsiz', YOsiz')$ son las traslaciones de imagen de la imagen recortada. También se debe ajustar el tamaño de la imagen al tamaño de la imagen recortada $(Xsiz', Ysiz') = (1188, 891)$, donde $(Xsiz', Ysiz')$ son los tamaños de la rejilla de referencia recortada. Por último, las traslaciones de la losa ya no son 0 sino que deben fijarse a $(XTOsiz', YTOsiz') = (396, 297)$, donde $(XTOsiz', YTOsiz')$ son las traslaciones de losa de la rejilla de referencia recortada.



División en losas del componente 1. Todas las coordenadas de esta figura están en el dominio del componente

T.800_FB-7

Figura B.7 – Ejemplo de tamaños y posiciones de las losas del componente 1

B.5 División de componentes losa transformadas, en niveles de resolución y subbandas

La transformada en ondícula se aplica a cada componente losa con N_L niveles de descomposición, según se describe en el anexo F. Hay pues $N_L + 1$ niveles de resolución distintos, representados por $r = 0, 1, \dots, N_L$. El nivel de resolución más bajo, $r = 0$, está representado por la banda N_L LL. En general, la subbanda n LL, es una versión de menor resolución del componente losa en el nivel de resolución r , donde $n = N_L - r$. En esta cláusula se describen las dimensiones de esta resolución reducida.

A partir de las coordenadas de una determinada componente losa con respecto a la rejilla de referencia en un nivel de resolución r , se deducen las coordenadas de la muestra superior izquierda, (trx_0, try_0) y las coordenadas de la muestra inferior derecha $(trx_1 - 1, try_1 - 1)$, siendo:

$$trx_0 = \left\lceil \frac{tcx_0}{2^{N_L - r}} \right\rceil \quad try_0 = \left\lceil \frac{tcy_0}{2^{N_L - r}} \right\rceil \quad trx_1 = \left\lceil \frac{tcx_1}{2^{N_L - r}} \right\rceil \quad try_1 = \left\lceil \frac{tcy_1}{2^{N_L - r}} \right\rceil \quad (B-14)$$

De igual manera, se puede establecer una correspondencia de las coordenadas de la losa en cualquier subbanda b , para obtener las coordenadas de la muestra superior izquierda (tbx_0, tby_0) y las coordenadas de la muestra inferior derecha $(tbx_1 - 1, tby_1 - 1)$, siendo

$$tbx_0 = \left\lceil \frac{tcx_0 - (2^{n_b} - 1 \cdot xo_b)}{2^{n_b}} \right\rceil \quad tby_0 = \left\lceil \frac{tcy_0 - (2^{n_b} - 1 \cdot yo_b)}{2^{n_b}} \right\rceil$$

$$tbx_1 = \left\lceil \frac{tcx_1 - (2^{n_b} - 1 \cdot xo_b)}{2^{n_b}} \right\rceil \quad tby_1 = \left\lceil \frac{tcy_1 - (2^{n_b} - 1 \cdot yo_b)}{2^{n_b}} \right\rceil \quad (B-15)$$

y donde n_b es el nivel de descomposición relacionado con la subbanda b , según se describe en el anexo F y las cantidades (xo_b, yo_b) están especificadas en el cuadro B.1.

Cuadro B.1 – Cantidades (xo_b, yo_b) para la subbanda b

Subbanda	xo_b	yo_b
n_bLL	0	0
n_bHL (de paso alto horizontal)	1	0
n_bLH (de paso alto vertical)	0	1
n_bHH	1	1

NOTA – Ya se ha dicho en B.1 que cada una de las subbandas es diferente.

Para cada subbanda, estas coordenadas definen límites de losa en dominios de subbanda distintos. Además, el ancho de cada subbanda en su dominio (en el nivel de descomposición en cuestión) viene dado por $tbx_1 - tbx_0$, y la altura es $tby_1 - tby_0$.

B.6 División de los niveles de resolución en recintos

Considérese un determinado componente losa y un nivel de resolución cuyas coordenadas de muestra de contorno en el dominio de la imagen de resolución reducida son (trx_0, try_0) and $(trx_1 - 1, try_1 - 1)$, según se ha descrito anteriormente. En la figura B.8 se muestra la división de este nivel de resolución del componente losa en recintos. El recinto tiene como referencia la posición $(0, 0)$, de manera que la esquina superior izquierda de un determinado recinto en la partición está situada en un lugar que es un múltiplo entero de $(2^{PPx}, 2^{PPy})$, donde PPx y PPy se indican en los segmentos marcadores COD o COC (véanse A.6.1 y A.6.2). PPx y PPy pueden ser diferentes para cada componente losa y cada nivel de resolución. PPx y PPy deben valer 1 como mínimo en todos los niveles de resolución excepto en $r = 0$, donde pueden ser cero.

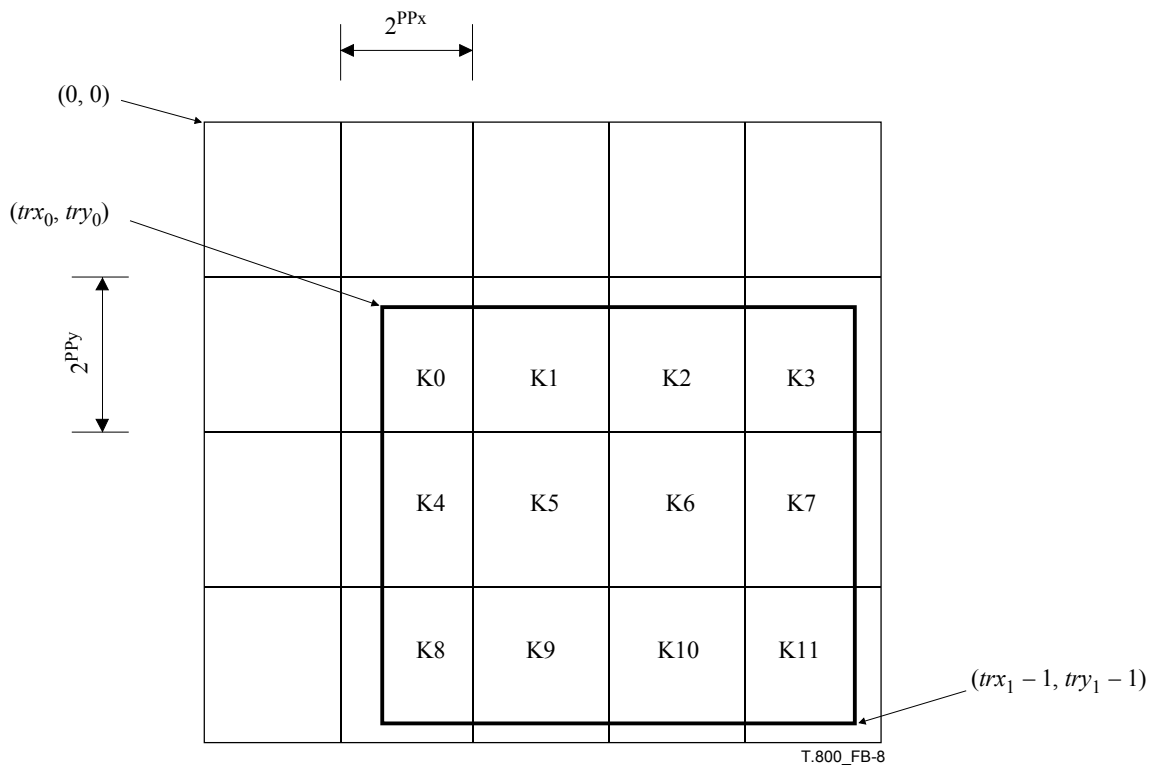


Figura B.8 – Recinto de una resolución reducida

El número de recintos en que está dividido el componente losa en un nivel de resolución r , viene dado por:

$$numprecinctswide = \begin{cases} \left\lceil \frac{trx_1}{2^{PPx}} \right\rceil - \left\lfloor \frac{trx_0}{2^{PPx}} \right\rfloor & trx_1 > trx_0 \\ 0 & trx_1 = trx_0 \end{cases} \quad numprecinctshigh = \begin{cases} \left\lceil \frac{try_1}{2^{PPy}} \right\rceil - \left\lfloor \frac{try_0}{2^{PPy}} \right\rfloor & try_1 > try_0 \\ 0 & try_1 = try_0 \end{cases} \quad (B-16)$$

ISO/CEI 15444-1:2002 (S)

De la ecuación (B-16) se desprende que $numprecinctswide$ y $numprecinctshigh$ no son cero, algunos o todos los recintos pueden estar vacíos, véase más adelante. El índice del recinto va de 0 a $numprecincts - 1$, siendo $numprecincts = numprecinctswide * numprecinctshigh$ en el orden de rasado (véase figura B.8). Este índice se utiliza para determinar el orden de aparición en el tren codificado de los paquetes correspondientes a cada recinto, según se describe en B.12.

Puede suceder que $numprecincts$ sea 0 para un determinado componente losa y un determinado nivel de resolución: no hay paquetes para este componente losa y este nivel de resolución.

También puede suceder que un recinto esté vacío, lo que significa que no hay coeficientes de subbanda para el nivel de resolución pertinente que contribuyan realmente al recinto. Esto puede suceder, por ejemplo, en el recinto inferior derecho de un componente losa, debido al muestreo con respecto a la rejilla de referencia. Aunque así sea, todos los paquetes correspondientes a ese recinto se deberán incluir en el tren codificado (véase B.9).

B.7 División de las subbandas en bloques de código

Las subbandas se dividen en bloques de código rectangulares para modelizar y codificar los coeficientes. El tamaño de cada bloque de código se define mediante dos parámetros, xcb e ycb , que se indican en los segmentos marcadores COD o COC (véanse A.6.1 y A.6.2). El tamaño del bloque de código es el mismo para todos los niveles de resolución. Ahora bien, en cada nivel de resolución el tamaño del bloque de código está limitado por el tamaño del recinto. El tamaño del bloque de código de cada subbanda en un determinado nivel de resolución es $2^{xcb'}$ por $2^{ycb'}$, siendo:

$$xcb' = \begin{cases} \min(xcb, PPx - 1), & \text{for } r > 0 \\ \min(xcb, PPx), & \text{for } r = 0 \end{cases} \quad (\text{B-17})$$

y,

$$ycb' = \begin{cases} \min(ycb, PPy - 1), & \text{for } r > 0 \\ \min(ycb, PPy), & \text{for } r = 0 \end{cases} \quad (\text{B-18})$$

Estas ecuaciones indican que el tamaño de bloque de código está limitado por el tamaño del recinto y por el tamaño de bloque de código, cuyos parámetros, xcb e ycb , son idénticos para todas las subbandas en el componente losa. Al igual que para los recintos, la partición del bloque de código tiene por referencia el punto (0, 0), según se muestra en la figura B.9. Así pues, en la división en bloques de código, la primera fila de bloques de código siempre está situada en $y = m2^{ycb'}$ y la primera columna de bloques de código siempre está situada en $x = n2^{xcb'}$, siendo m y n enteros.

NOTA – Los bloques de código en la partición pueden extenderse más allá de los contornos de los coeficientes de subbanda. Cuando esto suceda, sólo los coeficientes que están dentro de la subbanda se codifican utilizando el método descrito en el anexo D. La primera línea que se codifica por este método corresponde a las primeras cuatro filas de coeficientes de subbanda en el bloque codificado, o al número de filas presentes.

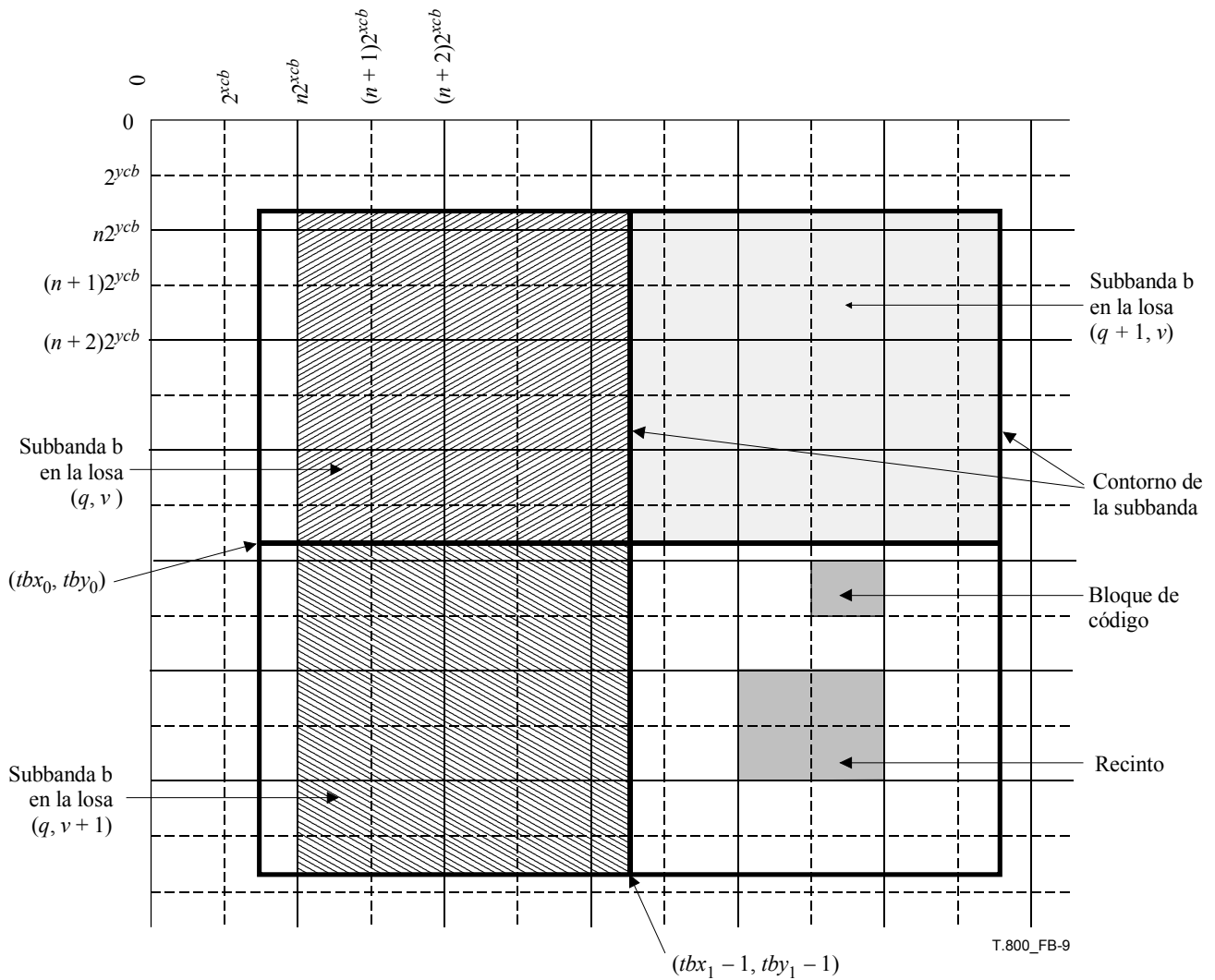


Figura B.9 – Bloques de código y recintos en la subbanda b para cuatro losas diferentes

B.8 Capas

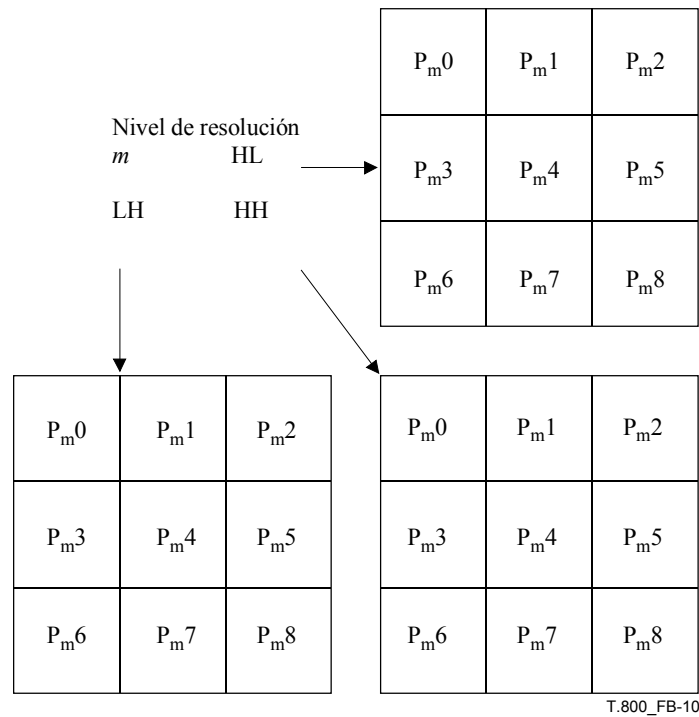
Los datos de la imagen comprimida de cada bloque de código se distribuyen entre una o más capas en el tren codificado. Cada capa está formada por una serie de pasadas de codificación consecutivas en el plano de bits de cada bloque de código en la losa, que abarca todas las subbandas de todos los componentes de esa losa. El número de pasadas de codificación en la capa puede variar en cada bloque de código, incluso puede ser cero para algunos o todos los bloques de código. El segmento marcador COD indica el número de capas de la losa (véase anexo A.6.1).

Para un determinado bloque de código, la primera pasada de codificación en la capa n , si la hubiere, es la pasada de codificación inmediatamente posterior a la última pasada de codificación para el bloque de código en la capa $n - 1$, si la hubiere.

NOTA 1 – Cada capa consigue una mejora monótona de la calidad de la imagen con respecto a la capa anterior.

Las capas se indexan de 0 a $L - 1$, siendo L el número de capas en cada componente losa.

NOTA 2 – La figura B.10 es un ejemplo de nueve recintos de nivel m . El cuadro B.2 es un ejemplo de formación de una capa.



T.800_FB-10

Figura B.10 – Diagrama de recintos de un nivel de resolución de un componente

Cuadro B.2 –Ejemplo de formación de capas (sólo se muestra un componente)

Nivel de resolución	0				...	m				...	N_L		
Recinto	P_{00}	P_{01}	...	...		P_{m0}	P_{m1}	...	P_{m8}	...	P_{N_L0}	P_{N_L1}	...
Capa 0	Paquete 0	Paquete 0	...	...		Paquete 0	Paquete 0	...	Paquete 0	...	Paquete 0	Paquete 0	...
Capa 1	Paquete 1	Paquete 1	...	...		Paquete 1	Paquete 1	...	Paquete 1	...	Paquete 1	Packet 1	...
...

Los bloques básicos constitutivos de las capas son los paquetes. Los paquetes se crean a partir de los datos de la imagen comprimida del bloque de código, a partir de los recintos de diferentes niveles de resolución (para un determinado componente losa).

B.9 Paquetes

Todos los datos de la imagen comprimida que representan una determinada losa, capa, componente, nivel de resolución y recinto aparecen en el tren codificado en un segmento contiguo denominado paquete. Los datos del paquete están organizados en secciones de 8 bits (un byte).

Según se define en F.3.1, el nivel de resolución $r = 0$ contiene los coeficientes de la subbanda para la banda $N_L LL$, siendo N_L el número de niveles de descomposición. Cada nivel de resolución subsiguiente, $r > 0$, contiene los coeficientes de las subbandas nHL , nLH , y nHH , según se define en el anexo F, siendo $n = N_L - r + 1$. Hay $N_L + 1$ niveles de resolución para un componente losa que tiene N_L niveles de descomposición.

Los datos de la imagen comprimida en un paquete se ordenan de manera que la contribución de las subbandas LL, HL, LH y HH aparezca en ese orden. Es el mismo orden de subbandas definido en F.3.1. En cada subbanda, las contribuciones del bloque de código aparecen en el orden de rasado, confinadas a los límites de cada recinto. El nivel de resolución $r = 0$ contiene solamente la banda N_{LL} , y los niveles de resolución $r > 0$ contienen solo las bandas HL, LH y HH. En el paquete sólo aparecen aquellos bloques de código que contienen muestras de la subbanda pertinente, confinadas a los límites del recinto.

NOTA 1 – En la figura B.11 se muestra la organización de los bloques de código en un recinto que forman un paquete. El cuadro B.3 es un ejemplo de pasadas de codificación de bloques de código que constituyen los paquetes. En el cuadro B.3, las variables a, b y c son las pasadas de codificación del bloque de código, siendo a = pasada de propagación de significación, b = pasada de refinamiento de magnitud y c = pasada de limpieza (véase anexo D).

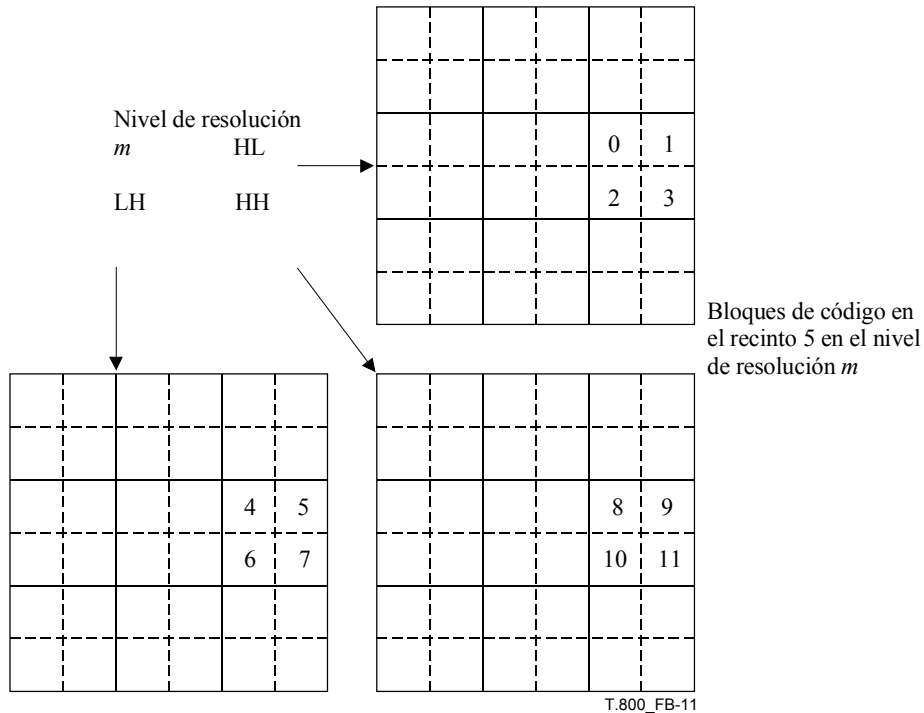


Figura B.11 – Diagrama de bloques de código en los recintos en un nivel de resolución

Cuadro B.3 – Ejemplo de formación de paquetes

	Bloque de código 0	Bloque de código 1	Bloque de código 2	...	Bloque de código 10	Bloque de código 11	
MSB	c	0	0	...	c	0	Paquete 0
	a	0	0	...	a	0	
	b	0	0	...	b	0	
	c	c	0	...	c	0	
	a	a	0	...	a	0	Paquete 1
	b	b	0	...	b	0	
	c	c	c	...	c	c	
LSB	etc.
	a	a	a	...	a	a	
	b	b	b	...	b	b	
	c	c	c	...	c	c	

Los datos de paquete están precedidos por un encabezamiento de paquete cuya sintaxis se describe en B.10, seguida del cuerpo del paquete que contiene los bytes de código propiamente dichos de cada uno de los correspondientes bloques de código. En la construcción del encabezamiento y el cuerpo de paquete se sigue el orden definido anteriormente.

ISO/CEI 15444-1:2002 (S)

Según se describe en B.6, pueden haber recintos que no continuen ningún bloque de código de ninguna de las subbandas en un determinado nivel de resolución. Cuando esto suceda, todos los paquetes correspondientes a ese recinto deben aparecer en el tren codificado como paquetes vacíos, de conformidad con el encabezamiento de paquete descrito en B.10.

NOTA 2 – Aún cuando un recinto contenga bloques de código pertinentes, el codificador puede optar por no incluir ninguna pasada de codificación en el correspondiente paquete en una determinada capa. En este caso, debe seguir apareciendo un paquete vacío en el tren codificado.

B.10 Codificación de la información del encabezamiento de paquete

Los paquetes tienen encabezamientos con la siguiente información:

- Paquete de longitud cero.
- Inclusión del bloque de código.
- Información del plano de bits cero.
- Número de pasadas de codificación.
- Longitud de los datos de la imagen comprimida para un determinado bloque de código.

Dos elementos del encabezamiento se codifican por el sistema de árbol de etiquetas que se describe a continuación. Los bits del encabezamiento de paquete se empaquetan en un número entero de bytes siguiendo la rutina de relleno de bits que se describe en el anexo B.10.1.

El encabezamiento aparece inmediatamente antes de los datos del paquete, en el tren codificado, a no ser que se utilice el segmento marcador PPM o PPT. Si se utiliza el segmento marcador PPM, todos los encabezamientos de paquete se pasan al encabezamiento principal (véase A.7.4). Cuando no se utiliza el segmento marcador PPM, se puede utilizar el PPT. En ese caso, todos los encabezamientos de paquete en esa losa se pasan a los encabezamientos de parte de losa (véase A.7.5).

B.10.1 Rutina de relleno de bits

Los bits se empaquetan en bytes del MSB al LSB. Cada byte completo se añade al encabezamiento de paquete. Si el valor del byte es 0xFF, el siguiente byte incluye un bit cero adicional en el MSB. Una vez armados todos los bits en el encabezamiento del paquete, se forma un paquete del último byte a los límites del byte y se emite. El último byte en el encabezamiento de paquete no puede tener un valor de 0xFF (por consiguiente, debe incluirse el bit cero de relleno después del byte 0xFF, aún cuando este byte 0xFF tendría que haber sido el último).

B.10.2 Árboles de etiquetas

Un árbol de etiquetas es una manera de representar jerárquicamente una matriz bidimensional de enteros no negativos. Se crean sucesivamente niveles de resolución reducida de esta matriz bidimensional, formando un árbol. En cada nodo de este árbol se registra el entero más pequeño de los nodos siguientes (máximo cuatro). La figura B.12 es un ejemplo de esta representación. La notación $q_i(m,n)$ es el valor en el nodo m-ésimo contando desde la izquierda y n-ésimo contando desde arriba, en el nivel i-ésimo. El nivel 0 es el nivel más bajo del árbol de etiquetas y contiene el nodo superior.

1 $q_3(0, 0)$	3 $q_3(1, 0)$	2 $q_3(2, 0)$	3	2	3
2	2	1	4	3	2
2	2	2	2	1	2

a) Matriz original de números, nivel 3

1 $q_1(0, 0)$	1
------------------	---

c) Mínimo de cuatro (o menos) nodos, nivel 1

1 $q_2(0, 0)$	1 $q_2(1, 0)$	2
2	2	1

b) Mínimo de cuatro (o menos) nodos, nivel 2

1 $q_0(0, 0)$

d) Mínimo de cuatro (o menos) nodos, nivel 0

T.800_FB-12

Figura B.12 – Ejemplo de la representación conocida como árbol de etiquetas

Los elementos en la matriz se recorren en el orden rasado para codificar. La codificación es la respuesta a una serie de preguntas. Cada nodo tiene un valor actual asociado, que se inicializa a cero (el mínimo). Un bit 0 en el árbol de etiquetas significa que el mínimo (o el valor en el caso del nivel más alto) es mayor que el valor actual, y un bit 1 significa que el mínimo (o el valor en el caso del nivel más alto) es igual al valor actual. Cada bit 0 contiguo en el árbol de etiquetas corresponde a un incremento del valor actual en una unidad. Los nodos en los niveles superiores sólo se pueden codificar después de fijar los valores de los nodos de nivel inferior (codificar un bit 1). El nodo superior en el nivel 0 (el nivel más bajo) es el primero que se cuestiona. Seguidamente se cuestiona el siguiente nodo correspondiente en el nivel 1, y así sucesivamente.

En el punto actual en el encabezamiento de paquete se almacena únicamente la información necesaria para el bloque de código actual. La decodificación se detiene cuando se ha obtenido información suficiente. De otra parte, debido a la índole jerárquica de los árboles de etiquetas, se habrán formado las respuestas a muchas preguntas cuando se codificaron bloques de código y/o capas adyacentes. Esta información no se vuelve a codificar. Hay pues una relación de casualidad en la información en los encabezamientos de paquetes.

NOTA – Por ejemplo, en la figura B.12 la codificación para el número en $q_3(0, 0)$ sería 01111. Los dos bits, 01, indican que el nodo $q_0(0, 0)$ es mayor que 0 y su valor es de hecho uno. El tercer bit, 1, significa que el nodo en $q_1(0, 0)$ también vale uno. El cuarto bit, 1, implica que el nodo en $q_2(1, 0)$ también vale uno. El último bit, 1, implica que el nodo en cuestión en $q_3(0, 0)$ es también uno. Para decodificar el siguiente nodo $q_3(1, 0)$ ya se conocen los nodos $q_0(0, 0)$, $q_1(0, 0)$, y $q_2(0, 0)$. Así pues, los bits codificados son 001, el cero significa que el nodo en $q_3(1, 0)$ es mayor que 1, el segundo cero indica que es mayor que 2, y el bit 1 significa que el valor es 3. Ahora que se conocen $q_3(0, 0)$ y $q_3(1, 0)$, los bits de código para $q_3(2, 0)$ serían 101. El primer 1 indica que $q_2(1, 0)$ es uno. El siguiente 01 indica que $q_3(2, 0)$ es 2. Este proceso se continúa en toda la matriz de la figura B.12a.

B.10.3 Paquete de longitud cero

El primer bit en el encabezamiento de paquete indica si la longitud del paquete es cero (paquete vacío). El valor 0 indica longitud cero; en este caso no se incluyen bloques de código. El valor 1 indica una longitud distinta de cero; de aquí en adelante se supone siempre este caso.

NOTA – Cuando un paquete esté marcado como vacío, no habrá bloques de código que contribuyan a la correspondiente capa. Si el siguiente paquete no estuviese marcado como vacío, se deberá incluir la información de inclusión de bloques de código (definida en B.10.4) de la capa anterior para el que se ha puesto a 1 el bit que indica que está vacío. La información de inclusión de bloques de código que todavía no han sido incluidos en ningún paquete se codifica utilizando un árbol de etiquetas que tiene los asientos inicializados con el número de la primera capa a la que contribuye el bloque de código. Así pues, el árbol de etiquetas tendrá información redundante para indicar si el bloque de código contribuye o no a la capa actual y la capa en la que el paquete se marcó como vacío.

B.10.4 Inclusión de bloques de código

Hay dos formas de indicar si los datos de la imagen comprimida de cada bloque de código se incluye en el paquete, en función de si el mismo bloque de código ya se ha incluido o no en un paquete anterior (es decir en una capa anterior).

Si se trata de bloques de código que ya se han incluido en un paquete anterior, se utiliza un solo bit para representar la información: 1 significa que el bloque de código está incluido en esta capa, y 0 significa que no.

Si se trata de bloques de código que no se han incluido anteriormente en ningún paquete, esta indicación se da mediante un código de árbol de etiquetas para cada recinto, confinado en una subbanda. Los valores en este árbol de etiquetas son el número de la capa en la que se incluye por primera vez el bloque de código actual. En el tren de bits aparece la secuencia exacta de bits que representan el árbol de etiquetas utilizado para señalar la inclusión, pero en el encabezamiento del paquete sólo se incluyen los bits necesarios para determinar si el bloque de código está incluido. Si ya se conoce una parte del árbol de etiquetas de los bloques de código anteriores o de capas anteriores, no se vuelve a repetir. De igual manera, sólo se incluye la parte del árbol de etiquetas que se necesita para determinar la inclusión en la capa actual. Si un bloque de código no se incluye hasta una capa posterior, en ese punto en el tren de bits sólo se incluye una parte del árbol de etiquetas.

B.10.5 Información de planos de bit cero

Cuando se incluye por primera vez un bloque de código, el encabezamiento del paquete contiene información que determina el número real de planos de bit que se utiliza para representar los coeficientes del bloque de código. El número de planos de bit disponibles para representar los coeficientes de una subbanda b , viene dado en la expresión de M_b definida en la ecuación (E-2). No obstante, por lo general el número de planos de bit para los cuales se generan pasadas de codificación es $M_b - P$, donde P , el número de planos de bit más significativos que faltan, puede variar de un bloque de código a otro; se considera que estos planos de bit que faltan son cero. El valor de P se codifica en el encabezamiento de paquete con un árbol de etiquetas distinto para cada recinto, de la misma manera que la información de inclusión de bloques de código.

B.10.6 Número de pasadas de codificación

El número de pasadas de codificación incluidas en este paquete para cada bloque de código se identifica en el encabezamiento del paquete utilizando las palabras código del cuadro B.4. En este cuadro se proporcionan valores para señalar hasta 164 pasadas de codificación.

Cuadro B.4 – Palabras código que indican el número de pasadas de codificación de cada bloque de código

Número de pasadas de codificación	Palabra código en el encabezamiento de paquete
1	0
2	10
3	1100
4	1101
5	1110
6 a 36	1111 0000 0 a 1111 1111 0
37 a 164	1111 11111 0000 000 a 1111 11111 1111 111

NOTA – Dado que la sintaxis de los segmentos marcadores QCD y QCC [véanse A.6.4 y A.6.5 y la ecuación (E-4)] limita el valor de M_b a un máximo de 37, con el algoritmo de codificación del bloque de código descrito en el anexo D no es posible dar más de 109 pasadas de codificación.

B.10.7 Longitud de los datos de imagen comprimida, de un determinado bloque de código

El encabezamiento del paquete determina el número de bytes correspondientes a cada bloque de código incluido. La secuencia de bytes realmente incluida para cada bloque de código dado no deberá acabar con un 0xFF. Así pues, en caso de que apareciera un 0xFF al final de la contribución del bloque de código en algún paquete, este valor puede desplazarse sin problemas al siguiente paquete que contenga contribuciones del bloque de código, o se puede rechazar si no hubiera otro paquete. El ejemplo de algoritmo de cálculo de la longitud de pasadas de codificación descrito en el anexo D garantiza que no se tendrá en cuenta nunca una pasada de codificación que acabe con 0xFF.

NOTA – No hay mucha dificultad, porque el codificador aritmético descrito en el anexo C siempre sintetiza los 0xFF como es necesario.

Se pueden dar dos situaciones al señalar el número de bytes correspondientes a un bloque de código: la contribución del bloque de código contiene un solo segmento de palabra código, o contiene varios segmentos de palabras código. Este último caso surge cuando se produce una terminación entre pasadas de codificación que se incluyen en el paquete, según se muestra en los cuadros D.8 y D.9.

B.10.7.1 Un solo segmento de palabra código

Un segmento de palabra de código es el número de bytes que un bloque de código aporta a un paquete. La longitud del segmento de palabra código se representa mediante un número binario de longitud:

$$bits = Lblock + \lfloor \log_2(\text{pasadas de codificación añadidas}) \rfloor \quad (\text{B-19})$$

siendo *Lblock* una variable de estado del bloque de código. Se utiliza un *Lblock* distinto para cada bloque de código en el recinto.

El valor de *Lblock* se fija inicialmente a tres. El número de bytes que aporta cada bloque de código está precedido por los bits de señalización, que aumentan el valor de *Lblock* según sea necesario. Un bit de señalización con valor cero indica que el valor actual de *Lblock* es suficiente. Si hay *k* bits 1 seguidos de un cero, el valor de *Lblock* se incrementa en *k*. Aunque el valor de *Lblock* sólo puede aumentar, el número de bits que se utilizan para señalar la longitud de la contribución del bloque de código puede aumentar o disminuir en función del número de pasadas de codificación incluidas.

NOTA 1 – Por ejemplo, supóngase que un bloque de código tiene 6, 31, 44 y 134 bytes en capas sucesivas. Supóngase además que el número de pasadas de codificación es 1, 9, 2 y 5. El código para cada uno sería 0 110 (0 delimita y 110 = 6), 0011111 (0 delimita, $\log_2 9 = 3$ bits para 9 pasadas de codificación, 011111 = 31), 11 0 101100 (110 añade dos bits a *Lblock*, $\log_2 2 = 1$, 101100 = 44), y 1 0 10000110 (10 añade un bit a *Lblock*, $\log_2 5 = 2$, 10000110 = 134).

NOTA 2 – No se exige que se utilice el número mínimo de bits para señalar la longitud (cualquier número es válido).

B.10.7.2 Varios segmentos de palabra código

Sea *T* el conjunto de índices de pasadas de codificación terminadas del bloque de código incluidas en el paquete, según se indica en los cuadros D.8 y D.9. Si el índice de la última pasada de codificación incluida en el paquete no pertenece a *T*, se añade a *T*. Sean $n_1 < \dots < n_K$ los índices en *T*. Se señalan consecutivamente *K* longitudes y en cada una de ellas se utiliza el mecanismo descrito en B.10.7.1. La primera longitud es el número de bytes desde el principio de la contribución del bloque de código en este paquete al final de la pasada de codificación n_1 . El número de pasadas de codificación añadidas que se ha de utilizar en la ecuación (B-19) es el número de pasadas en el paquete hasta n_1 inclusive. La segunda longitud es el número de bytes desde el final de la pasada de codificación, n_1 , hasta el final de la pasada de codificación n_2 . El número de pasadas de codificación añadidas que se ha de utilizar en la ecuación (B-19) es $n_2 - n_1$. Este procedimiento se repite para las *K* longitudes.

NOTA – Considérese la exención selectiva de la codificación aritmética (véase D.6). Supóngase que las pasadas incluidas en un paquete para un determinado bloque de código son la pasada de limpieza de plano de bit número 4 hasta la pasada de propagación de significación del plano de bit número 6 (véase cuadro D.9). Estas pasadas se indexan {0, 1, 2, 3, 4} y sus longitudes son respectivamente {6, 31, 44, 134, 192}. En este caso $T = \{0, 2, 3, 4\}$ y se señalan $K = 4$ longitudes. El conjunto de longitudes que se ha de señalar es {6, 75, 134, 192} y el correspondiente número de pasadas de codificación que se añaden es {1, 2, 1, 1}. Una secuencia válida de bits de código es 11 1110 (*Lblock* aumentado en 8), 0000 0110 ($\log_2 1 = 0$, se utilizan 8 bits para codificar una longitud de 6), 0 0100 1011 ($\log_2 2 = 1$, se utilizan 9 bits para codificar una longitud de 75), 1000 0110 ($\log_2 1 = 0$, se utilizan 8 bits para codificar una longitud de 134), y 1100 0000 ($\log_2 1 = 0$, se utilizan 8 bits para codificar la longitud de 192). Obsérvese que el valor de *Lblock* se aumenta únicamente al principio de la secuencia.

B.10.8 Orden de la información en el encabezamiento del paquete

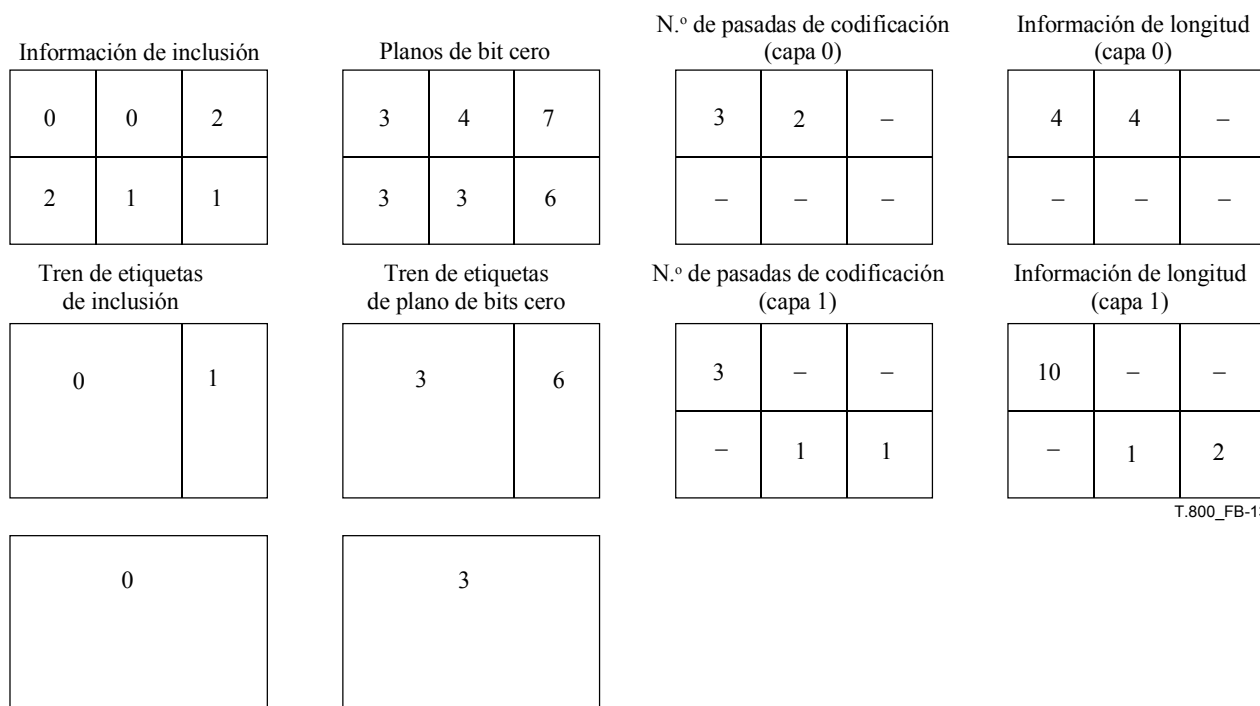
La información en el encabezamiento de un paquete de una determinada capa, componente losa, nivel de resolución y recinto aparece en el siguiente orden.

- bit que indica si la longitud del paquete es cero o distinta de cero para cada subbanda (LL o HL, LH y HH)
- para todos los bloques de código en esta subbanda confinada al recinto pertinente, en orden de rasado
 - bits de inclusión de bloques de código (árbol de etiquetas si no se han incluido anteriormente, en caso contrario bit 1)
 - si se ha incluido el bloque de código
 - si se trata del primer ejemplar del bloque de código
 - información de los planos de bit cero
 - número de pasadas de codificación incluidas
 - incrementar el indicador de longitud del bloque de código (*Lblock*)

para cada segmento de palabra código
longitud del segmento de palabra código

El marcador EPH puede estar inmediatamente después del encabezamiento del paquete, según se describe en A.8.2. El marcador EPH puede aparecer aunque el paquete no contenga contribuciones del bloque de código. Cuando el encabezamiento de paquete aparezca en un segmento marcador PPM o PPT, el marcador EPH (si se utiliza) debe aparecer junto con el encabezamiento del paquete.

NOTA – En la figura B.13 y en el cuadro B.5 se muestra un breve ejemplo de construcción del encabezamiento del paquete. En la figura B.13 se representa la información conocida por el codificador. En particular, la "información de inclusión" indica la capa en la que aparece cada bloque de código por primera vez en un paquete. El decodificador recibirá esta información mediante el árbol de etiquetas utilizado para señalar la inclusión en varios encabezamientos de paquete. En el cuadro B.5 se muestra (una parte) del tren de bits resultante de esta información.



T.800_FB-13

Figura B.13 – Ejemplo de información conocida por el codificador

Cuadro B.5 – Ejemplo de un tren de bits correspondiente a un encabezamiento de paquete

Tren de bits (en orden)	Significado
1	Paquete de longitud distinta de cero
111	Primera vez que se incluye el código de bloque 0, 0 (parte del árbol de etiquetas que señala la inclusión)
000111	El bloque de código 0, 0 es insignificante para 3 planos de bits
1100	El bloque de código 0, 0 incluye 3 pasadas de codificación
0	El indicador de longitud del bloque de código 0, 0 no cambia
0100	El bloque de código 0, 0 tiene 4 bytes, se utilizan 4 bits, $3 + \text{floor}(\log_2 3)$
1	Primera vez que se incluye el bloque de código 1, 0 (parte del árbol de etiquetas que señala la inclusión)
01	El bloque de código 1, 0 es insignificante para 4 planos de bits
10	El bloque de código 1, 0 incluye 2 pasadas de codificación
10	El indicador de longitud del bloque de código 1, 0 se aumenta en 1 bit (de 3 a 4)
00100	El bloque de código 1, 0 tiene 4 bytes, se utilizan 5 bits, $4 + \text{floor}(\log_2 2)$, (Obsérvese que es un asiento permitido, pero la longitud del código no es la mínima)
0	Todavía no se ha incluido el bloque de código 2, 0 (parte del árbol de etiquetas)
0	Todavía no se ha incluido el bloque de código 0, 1

0	Todavía no se ha incluido el bloque de código 1, 1
	Todavía no se ha incluido el bloque de código 2, 1 (no se necesitan datos, ya se han transmitido mediante el árbol de etiquetas parcial para el bloque de código 2, 0)
...	Datos del encabezamiento de paquete para otras subbandas, datos de paquete
Paquete de la capa siguiente	
1	Longitud del paquete distinta de cero
1	El bloque de código 0, 0 se incluye otra vez
1100	El bloque de código 0, 0 incluye tres pasadas de codificación
0	El indicador de longitud del bloque de código 0, 0 no cambia
1010	El bloque de código 0, 0 consta de 10 bytes, se utilizan $3 + \log_2(3)$ bits
0	En esta capa no se incluye el bloque de código 1, 0
10	Todavía no se ha incluido el bloque de código 2, 0
0	Todavía no se ha incluido el bloque de código 0, 1
1	Primera vez que se incluye el bloque de código 1, 1
1	El bloque de código 1, 1 es insignificante para 3 planos de bits
0	El bloque de código 1, 1 incluye una pasada de codificación
0	La información de longitud del bloque de código 1, 1 no cambia
001	El bloque de código 1, 1 consta de 1 byte, se utilizan $3 + \log_2(1)$ bits
1	Primera vez que se incluye el bloque de código 2, 1
00011	El bloque de código 2, 1 es insignificante para 6 planos de bits
0	El bloque de código 2, 1 incluye una pasada de codificación
0	El indicador de longitud del bloque de código 2, 1 no cambia
010	El bloque de código 2, 1 consta de 2 bytes, se utilizan $3 + \log_2(2)$ bits
...	Datos del encabezamiento de paquete para las demás subbandas, datos de paquete

B.11 Losa y partes de losa

Cada losa codificada se representa mediante una secuencia de paquetes. En B.12 se especifican las reglas que rigen el orden de aparición de los paquetes de una losa en el tren codificado. Es posible que una losa no contenga paquetes cuando ninguna muestra de ninguno de los componentes de la imagen corresponda a la región ocupada por la losa en la rejilla de referencia.

Toda representación de losa se puede cortar descartando uno o más bytes de arrastre. Además se puede descartar el número que se desee de paquetes enteros (en orden) y se puede cortar parcialmente el paquete final que aparece en la losa. El segmento marcador longitud de losa deberá indicarlo.

La secuencia de paquetes que representa una determinada losa se puede dividir en segmentos contiguos conocidos como partes de losa. Una parte de losa puede contener el número que se desee de paquetes (incluso cero). Cada losa debe contener como mínimo una parte de losa. Las divisiones entre partes de losa se deben hacer en los límites de paquete. Las losas son áreas geométricas coherentes, pero no hay ninguna regla para la distribución de las partes de losa en el tren codificado, sólo que las partes de una losa aparezcan en el orden que preserve la secuencia de paquetes original. Cada parte de losa comienza con un segmento marcador SOT (véase A.4.2) que contiene el índice de la losa a la cual pertenece.

NOTA – Es posible intercalar partes de losa que pertenecen a diferentes losas, siempre y cuando se conserve el orden de las partes de cada losa. Por ejemplo, se admite un tren codificado con el siguiente orden.

- Número de losa 0, número de parte de losa 0.
- Número de losa 1, número de parte de losa 0.
- Número de losa 0, número de parte de losa 1.
- Número de losa 1, número de parte de losa 1.
- etc.

Si se pueden utilizar segmentos marcadores SOP (señalándolo en el segmento marcador COD, véase A.6.1), cada paquete en una determinada parte de losa puede estar anexo por un segmento marcador SOP (véase A.8.1). Ahora bien, se utilice o no el segmento marcador SOP, el contador en el N_{sop} se incrementa para cada paquete. Si los encabezamientos de paquete se desplazan a los segmentos marcadores PPM o PPT (véanse A.7.4 y A.7.5) los segmentos marcadores SOP pueden aparecer inmediatamente antes del cuerpo del paquete en la porción de datos de la imagen comprimida de la parte de losa.

Cuando se necesite utilizar marcadores EPH (señalándolo en el segmento marcador COD, véase A.6.1) se añadirá al final de todos los encabezamientos de paquete en una determinada parte de losa un segmento marcador EPH (véase A.8.2). Si los encabezamientos de paquetes se desplazan a segmentos marcadores PPM o PPT (véanse A.7.4 y A.7.5), los marcadores EPH aparecerán después de los encabezamientos de paquetes en los segmentos marcadores PPM o PPT.

B.12 Orden de progresión

En una determinada parte de losa, los paquetes contienen todos los datos de la imagen comprimida para una capa, un componente, un nivel de resolución y un recinto determinados. El orden en que aparecen estos paquetes en el tren codificado se denomina orden de progresión. Los paquetes se pueden ordenar a lo largo de cuatro ejes: capa, componente, nivel de resolución y recinto.

Un número de niveles de resolución no es necesariamente el mismo en todos los componentes. El nivel de resolución que corresponde a la subbanda N_{LL} es el primer nivel de resolución ($r = 0$) para todos los componentes, y los índices se sincronizan a partir de ese punto.

NOTA – Por ejemplo, supóngase una progresión nivel de resolución-posición-componente-capA y dos componentes, una con 7 niveles de resolución (6 niveles de descomposición) y otra con 3 niveles de resolución (2 niveles de descomposición). El $r = 0$ corresponde a la subbanda N_{LL} de ambos componentes. De $r = 0$ a $r = 2$, los componentes estarán intercaladas como se describe a continuación. A partir de $r = 3$ hasta $r = 6$ sólo habrá paquetes del componente 0.

B.12.1 Determinación del orden de progresión

Los segmentos marcadores COD indican cuál de los cinco ordenes de progresión se utiliza (véase A.6.1). El orden de progresión también puede quedar anulado mediante el segmento marcador POC (véase A.6.6) en cualquier encabezamiento de parte de losa. A continuación se describe el mecanismo para determinar el orden en que están incluidos los paquetes para cada uno de los posibles ordenes de progresión.

B.12.1.1 Progresión capA.nivel de resolución-componente-posición

La progresión capA.nivel de resolución-componente-posición consiste en intercalar los paquetes en el orden siguiente:

para cada $l = 0, \dots, L - 1$

para cada $r = 0, \dots, N_{m\acute{a}x}$

para cada $i = 0, \dots, Csiz - 1$

para cada $k = 0, \dots, numprecincts - 1$

paquetes del componente i , nivel de resolución r , capa l , y recinto k .

Siendo L el número de capas y $N_{m\acute{a}x}$ el número máximo de niveles de descomposición, N_L , utilizado en todos los componentes de la losa. Este tipo de progresión puede ser útil cuando se desea poca precisión en las muestras, pero se necesita información para todos los componentes.

B.12.1.2 Progresión nivel de resolución-capA.componente-posición

La progresión nivel de resolución-capA.componente-posición consiste en intercalar los paquetes en el orden siguiente:

para cada $r = 0, \dots, N_{m\acute{a}x}$

para cada $l = 0, \dots, L - 1$

para cada $i = 0, \dots, Csiz - 1$

para cada $k = 0, \dots, numprecincts - 1$

paquete para el componente i , nivel de resolución r , capa l , y recinto k .

Este tipo de progresión puede ser útil para facilitar versiones de nivel de resolución bajo de todos los componentes de la imagen.

B.12.1.3 Progresión nivel de resolución-posición-componente-capA

La progresión nivel de resolución-posición-componente-capA consiste en intercalar los paquetes en el orden siguiente:

para cada $r = 0, \dots, N_{m\acute{a}x}$

para cada $y = ty_0, \dots, ty_1 - 1$,

para cada $x = tx_0, \dots, tx_1 - 1$,

para cada $i = 0, \dots, \text{Csiz} - 1$

si ((y divisible por $\text{YRsiz}(i) \cdot 2^{PPy(r,i) + N_L(i) - r}$) O (($y = ty_0$) Y ($try_0 \cdot 2^{N_L(i) - r}$ NO divisible por $2^{PPy(r,i) + N_L(i) - r}$))

si ((x divisible por $\text{XRsiz}(i) \cdot 2^{PPx(r,i) + N_L(i) - r}$) O (($x = tx_0$) Y ($trx_0 \cdot 2^{N_L(i) - r}$ NO divisible por $2^{PPx(r,i) + N_L(i) - r}$))

para el siguiente recinto, k , si lo hubiere,

para cada $l = 0, \dots, L - 1$

paquete de la componente i , nivel de resolución r , capa l , y recinto k .

En este caso, el valor de k se puede calcular así:

$$k = \left[\frac{\left[\frac{x}{\text{XRsiz}(i) \cdot 2^{N_L - r}} \right]}{2^{PP_x(r,i)}} - \left[\frac{trx_0}{2^{PP_x(r,i)}} \right] + \text{numprecinctswide}(r,i) \cdot \left(\left[\frac{\left[\frac{y}{\text{YRsiz}(i) \cdot 2^{N_L - r}} \right]}{2^{PP_y(r,i)}} - \left[\frac{try_0}{2^{PP_y(r,i)}} \right] \right) \right] \quad (\text{B-20})$$

Para utilizar esta progresión, los valores de XRsiz y YRsiz deben ser potencias de dos para cada componente. Este tipo de progresión puede ser útil para proporcionar versiones de nivel de resolución bajo de todos los componentes de la imagen en una determinada posición espacial.

NOTA – La iteración de las variables x e y en la fórmula anterior se muestra únicamente para simplificar la expresión, no para su implementación. La mayoría de los pares (x, y) generados por este bucle no resultará, por lo general, en la inclusión de paquetes. Se pueden encontrar iteraciones más eficaces basándose en el mínimo de las dimensiones de los distintos recintos, que se han hecho corresponder con la rejilla de referencia. Esta nota también se aplica a los bucles de las dos progresiones siguientes.

B.12.1.4 Progresión posición-componente-nivel de resolución-capa

La progresión posición-componente-nivel de resolución-capa consiste en intercalar los paquetes en el orden siguiente:

para cada $y = ty_0, \dots, ty_1 - 1$,

para cada $x = tx_0, \dots, tx_1 - 1$,

para cada $i = 0, \dots, \text{Csiz} - 1$

para cada $r = 0, \dots, N_L$ donde N_L es el número de niveles de descomposición de la componente i ,

si ((y divisible por $\text{YRsiz}(i) \cdot 2^{PPy(r,i) + N_L(i) - r}$) O (($y = ty_0$) Y ($try_0 \cdot 2^{N_L(i) - r}$ NO divisible por $2^{PPy(r,i) + N_L(i) - r}$))

si ((x divisible por $\text{XRsiz}(i) \cdot 2^{PPx(r,i) + N_L(i) - r}$) O (($x = tx_0$) Y ($trx_0 \cdot 2^{N_L(i) - r}$ NO divisible por $2^{PPx(r,i) + N_L(i) - r}$))

para el siguiente recinto, k , si lo hubiere, en la secuencia mostrada en la figura B.8

para cada $l = 0, \dots, L - 1$

paquete de la componente i , nivel de resolución r , capa l , y recinto k .

En este caso, se puede calcular k a partir de la ecuación (B-20). Para utilizar esta progresión, los valores XRsiz y YRsiz deben ser potencias de dos para cada componente. Este tipo de progresión puede ser útil para proporcionar gran precisión de muestras en todos los componentes, para una determinada posición espacial.

B.12.1.5 Progresión componente-posición-nivel de resolución-capa

La progresión componente-posición-nivel de resolución-capa consiste en intercalar los paquetes en el orden siguiente:

para cada $i = 0, \dots, \text{Csiz} - 1$

para cada $y = ty_0, \dots, ty_1 - 1$,

para cada $x = tx_0, \dots, tx_1 - 1$,

para cada $r = 0, \dots, N_L$ siendo N_L el número de niveles de descomposición de la componente i ,
 si ((y divisible por $YR_{siz}(i) \cdot 2^{PPy(r,i) + N_L(i) - r}$) O (($y = ty_0$) Y ($try_0 \cdot 2^{N_L(i) - r}$ NO divisible por $2^{PPy(r,i) + N_L(i) - r}$))
 si ((x divisible por $XR_{siz}(i) \cdot 2^{PPx(r,i) + N_L(i) - r}$) O (($x = tx_0$) Y ($trx_0 \cdot 2^{N_L(i) - r}$ NO divisible por $2^{PPx(r,i) + N_L(i) - r}$))
 para el siguiente recinto, k , si lo hubiere, en la secuencia mostrada en la figura B.8
 para cada $l = 0, \dots, L - 1$
 paquete de la componente i , nivel de resolución r , capa l , y recinto k .

En este caso, k se puede calcular a partir de la ecuación (B-20). Este tipo de progresión puede ser útil para proporcionar mucha precisión para una determinada posición espacial en un determinado componente de la imagen.

B.12.2 Volúmenes de orden de progresión

El orden de progresión por defecto se indica en el segmento marcador COD en el encabezamiento principal o en los encabezamientos de losa (véase A.6.1). Todos los bucles de progresión de B.12.1 van desde cero hasta el valor máximo.

Para cambiar el orden de progresión se utiliza el segmento marcador POC (véase A.6.6). En este caso, las escalas descritas en B.12.1 "para los bucles" se limitan mediante puntos de inicio (CSpoc, RSpoc, capa = 0, inclusive) y puntos de terminación (CEpoc, REpoc y LEpoc, exclusive). Esto genera un volumen de paquetes en orden de progresión. Todos los paquetes incluidos en todo el volumen de orden de progresión se encuentran en orden en el tren codificado antes de que se pase al siguiente orden de progresión. En el tren codificado no se repite nunca un paquete. Por ende, la capa siempre empieza con el siguiente paquete para un componente de losa, un nivel de resolución y un recinto determinados. Se necesita utilizar el decodificador para determinar la siguiente capa.

Así pues, las variables en los bucles anteriores están acotadas por el volumen de orden de progresión descrito en la ecuación (B-21).

$$\begin{aligned}
 CSpod \leq i < CEpod \\
 RSpod \leq r < REpod \\
 0 \leq l < LEpod
 \end{aligned}
 \tag{B-21}$$

NOTA – En la figura B.14 se representan dos volúmenes de progresión para una imagen de un solo componente. Los primeros paquetes se envían según el orden de progresión nivel de resolución-capA.componente-posición, hasta completar la casilla etiquetada "Primera" en la figura; posteriormente los paquetes se envían según el orden de progresión capA.nivel de resolución-componente-posición para las capas de todos los niveles de resolución que no fueron enviados previamente.

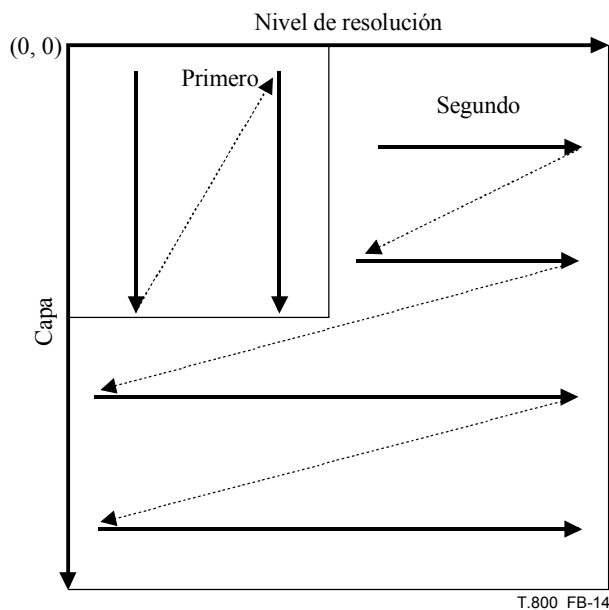


Figura B.14 – Ejemplo de un volumen de orden de progresión en dos dimensiones

B.12.3 Señalización del cambio del orden de progresión

Si hay un cambio en el orden de progresión deberá utilizarse como mínimo un segmento marcador POC en el tren codificado (véase A.6.6). En cada encabezamiento (principal o de parte de losa) puede haber un solo segmento marcador POC, pero en él se pueden indicar muchos cambios del orden de progresión.

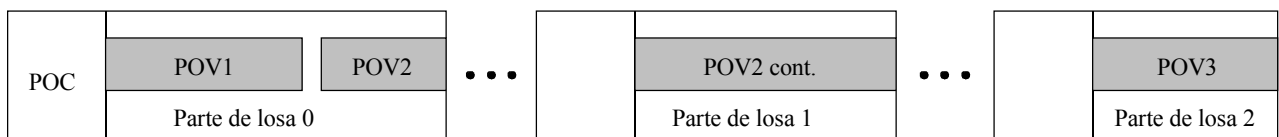
El segmento marcador POC en el encabezamiento principal invalida la progresión indicada por el COD para todas las losas. El segmento marcador POC en el encabezamiento principal sirve para las losas que no tienen segmentos marcadores POC en encabezamientos de parte de losa.

Cuando se utilice un segmento marcador POC para una determinada losa, habrá un marcador POC en el encabezamiento de la primera parte de esa losa, y todos los cambios en el orden de progresión se señalarán en los correspondientes encabezamientos de parte de losa. El orden de progresión indicado por el COD y el segmento marcador POC en el encabezamiento principal (si lo hubiera) quedan anulados.

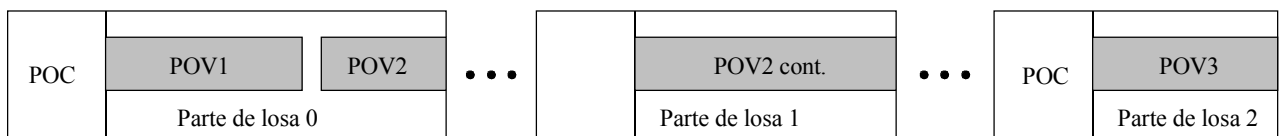
Si en los segmentos marcadores POC se señalan cambios del orden de progresión sea en el encabezamiento principal o en los encabezamientos de parte de losa, es necesario describir el orden de progresión completo de todos los paquetes en el tren codificado o en las partes de losa afectadas del tren codificado, mediante volúmenes de orden de progresión en los segmentos marcadores POC. Nunca se dará el caso de un volumen de orden de progresión completo y que el siguiente esté sin definir. Por otra parte, los segmentos marcadores POC pueden describir un número de volúmenes de orden de progresión superior al que existe en el tren codificado. Además, el último volumen de orden de progresión en cada losa puede quedar incompleto.

Los segmentos marcadores POC describirán los volúmenes de orden de progresión en orden en cada parte de losa antes de que aparezca el primer paquete. Ahora bien, el marcador POC puede estar, aunque no es obligatorio, en el encabezamiento de parte de losa inmediatamente antes de que se utilice el volumen del orden de progresión. También es posible describir muchos volúmenes de orden de progresión en un encabezamiento de parte de losa, aun cuando esos volúmenes de orden de progresión sólo aparezcan en partes de losa posteriores.

NOTA – Todos los volúmenes de orden de progresión podrían describirse en un segmento marcador POC en el encabezamiento de la primera parte de una losa. En la figura B.15a se ha representado este ejemplo. Es igualmente aceptable, en este caso, describir dos volúmenes de orden de progresión en el encabezamiento de la primera parte de losa, y uno en la tercera, como se muestra en la figura B.15b.



a) Todos los volúmenes de orden de progresión se describen al segmento marcador POC en el encabezamiento de la primera parte de losa.



T.800_FB-15

b) Los volúmenes de orden de progresión se describen en el segmento marcador POC en el encabezamiento de la primera parte de losa, excepto el volumen de orden de progresión 3 que se describe en el encabezamiento de la tercera parte de losa.

Figura B.15 – Ejemplo de posición de los segmentos marcadores POC

Anexo C

Codificación aritmética de entropía

(Este anexo es parte integrante de esta Recomendación | Norma Internacional)

En este anexo, los diagramas de flujo y los cuadros son normativos únicamente por su carácter de definición de un formato de salida que todas las implementaciones deberán garantizar.

C.1 Codificación binaria (informativo)

La figura C.1 es una representación básica en diagrama de bloques del codificador aritmético adaptativo binario. Los pares decisión (D) y contexto (CX) se procesan conjuntamente para producir los datos de imagen comprimida (CD). El modelizador (no se representa) proporciona D y CX. CX determina la estimación de probabilidad que se utilizará durante la codificación de D. En esta Recomendación | Norma Internacional, CX es una etiqueta de un contexto.



Figura C.1 – Entradas y salidas del codificador aritmético

C.1.1 Subdivisión recursiva de intervalos (informativo)

La subdivisión recursiva de intervalos de probabilidad que se emplea en la codificación Elias es la base para la codificación aritmética binaria. En cada decisión binaria, el intervalo de probabilidad actual se divide en dos subintervalos y la cadena de código se modifica (si es necesario) de manera que apunte a la base (límite inferior) del subintervalo de probabilidad asignado al símbolo que se produce.

En la división de intervalo actual en dos subintervalos, el subintervalo que corresponde al símbolo más probable (MPS, *more probable symbol*) se coloca por encima del intervalo que corresponde al signo menos probable (LPS, *less probable symbol*). Así pues, cuando se codifica el MPS, el subintervalo LPS se añade a la cadena de código. En este convenio de codificación es necesario reconocer los símbolos como MPS o LPS, en lugar de 0 ó 1. Por eso no es necesario conocer el tamaño del intervalo LPS y el sentido del MPS para cada decisión, para codificar dicha decisión.

Puesto que la cadena de código siempre apunta a la base del intervalo actual, el proceso de decodificación consiste en determinar, para cada decisión, a qué subintervalo apuntan los datos de la imagen comprimida. Esto también se realiza de manera recursiva, utilizando el mismo proceso de subdivisión en intervalos que se utiliza en el codificador. Cada vez que se decodifica una decisión, el decodificador resta los intervalos que el codificador añadió a la cadena de código. Así pues, la cadena de código en el decodificador es un puntero al intervalo actual, que apunta a la base de este intervalo. Puesto que la codificación implica la suma de fracciones binarias en lugar de la concatenación de palabras código enteras, muchas de las decisiones binarias más probables se pueden codificar con menos de un bit por decisión.

C.1.2 Convenios y aproximaciones para la codificación (informativa)

Las operaciones de codificación se realizan utilizando una aritmética de enteros de precisión fija y una representación en números enteros de los valores fraccionarios, en la que $0x8000$ es equivalente al decimal 0,75. El intervalo A se mantiene dentro de la gama $0,75 \leq A < 1,5$ duplicándolo cuando el valor en números enteros sea inferior a $0x8000$.

El registro de código C también se duplica cada vez que se duplica A. Para evitar que se produzca desbordamiento en C, se elimina periódicamente un byte de los datos de la imagen comprimida de los bits de orden superior del registro C, que se coloca en una memoria intermedia externa para los datos de la imagen comprimida. La transferencia a la memoria intermedia externa se controla mediante un procedimiento de relleno de bits.

Si A se mantiene en la gama $0,75 \leq A < 1,5$ se puede utilizar una aproximación aritmética sencilla en la subdivisión de los intervalos. Siendo A el intervalo y Q_e la estimación actual de la probabilidad de LPS, el cálculo exacto de los subintervalos supondría las siguientes condiciones:

$$A - (Q_e * A) = \text{subintervalo para el MPS} \quad (C-1)$$

$$Q_e * A = \text{subintervalo para el LPS} \quad (\text{C-2})$$

Dado que el valor de A es del orden de la unidad, estas ecuaciones se pueden aproximar así:

$$A - Q_e = \text{subintervalo para el MPS} \quad (\text{C-3})$$

$$Q_e = \text{subintervalo para el LPS} \quad (\text{C-4})$$

Cuando se codifica el MPS, se añade el valor de Q_e al registro del código y el intervalo se reduce a $A - Q_e$. Cuando se codifica el LPS, no se modifica el registro de código y se reduce el intervalo a Q_e . Si fuera necesario, se restablecerá después la gama de precisión necesaria para A, mediante la renormalización de A y C.

En este proceso y debido a las aproximaciones en el proceso de subdivisión del intervalo, el subintervalo LPS podría ser mayor que el subintervalo MPS ocasionalmente. Por ejemplo, si el valor de Q_e es 0,5 y A es 0,75, el valor mínimo permitido, el cambio de escala aproximado resulta en 1/3 del intervalo para el MPS y 2/3 para el LPS. Para evitar esta inversión de tamaño, se hará una permutación cada vez que el intervalo LPS sea mayor que el intervalo MPS. Esta permutación condicional MPS/LPS se realizará únicamente cuando se necesite la renormalización.

Cada vez que se realice la renormalización se aplicará el proceso de cálculo de probabilidad que determina otra estimación de probabilidad para el contexto que se está codificando en ese momento. Para la estimación no es necesario contar específicamente los símbolos. Las probabilidades relativas de renormalización después de la codificación de un LPS o MPS facilitan un mecanismo para contar los símbolos de manera aproximada, que se utiliza para calcular directamente las probabilidades.

C.2 Descripción del codificador aritmético (informativo)

El CODIFICADOR (figura C.2) inicializa el codificador mediante el procedimiento INITENC. Lectura de los pares CX y D y paso a CODIFICAR hasta que se hayan leído todos los pares. Los procedimientos de cálculo de la probabilidad, que proporcionan estimaciones adaptables para cada contexto, están incorporados en CODIFICAR. Los bytes de los datos de la imagen comprimida son generados cuando es necesario. Una vez leídos todos los pares CX y D, EVACUAR fija el contenido del registro C al mayor número posible de bits 1 y genera los bytes finales. EVACUAR también termina la codificación y genera el marcador de terminación obligatorio.

NOTA – EVACUAR es obligatorio en la Rec. UIT-T T.88 | ISO/CEI 14492, pero en esta Recomendación | Norma Internacional sólo es informativo. Se pueden utilizar otros métodos, como los definidos en D.4.2.

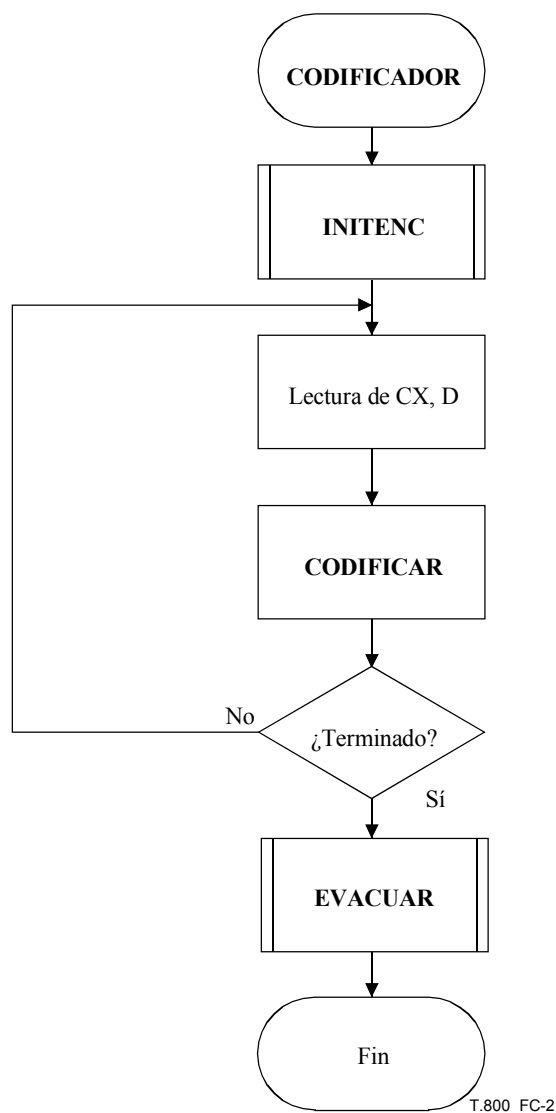


Figura C.2 – Proceso de un codificador MQ

C.2.1 Convenios relativos al registro de código del codificador (informativo)

En los diagramas de flujo que aparecen en este anexo se supone que el registro del codificador tiene las estructuras que se muestran en el cuadro C.1.

Cuadro C.1 – Estructuras del registro codificador

	MSB			LSB
Registro C	0000 cbbb	bbbb bsss	xxxx xxxx	xxxx xxxx
Registro A	0000 0000	0000 0000	1aaa aaaa	aaaa aaaa

Los bits "a" son los bits fraccionarios en el registro A (el valor del intervalo actual) y los bits "x" son los bits fraccionarios en el registro de código. Los bits "s" son bits de separación que permiten limitar oportunamente la transferencia, y los bits "b" indican las posiciones de bits que marcan el inicio de bytes completos de datos de la imagen comprimida que se retiran del registro C. El bit "c" es un bit de arrastre. La descripción detallada del relleno de bits y el tratamiento de transferencias se describen más adelante en este anexo.

C.2.2 Codificación de una decisión (CODIFICAR) (informativo)

El procedimiento CODIFICAR determina si la decisión D es 0 o no y se inicia el procedimiento CODE0 o CODE1 según el caso. Muchas implementaciones no tienen el procedimiento CODIFICAR y activan los procedimientos CODE0 o CODE1 directamente para codificar una decisión 0 o una decisión 1. En la figura C.3 se ha representado este procedimiento.

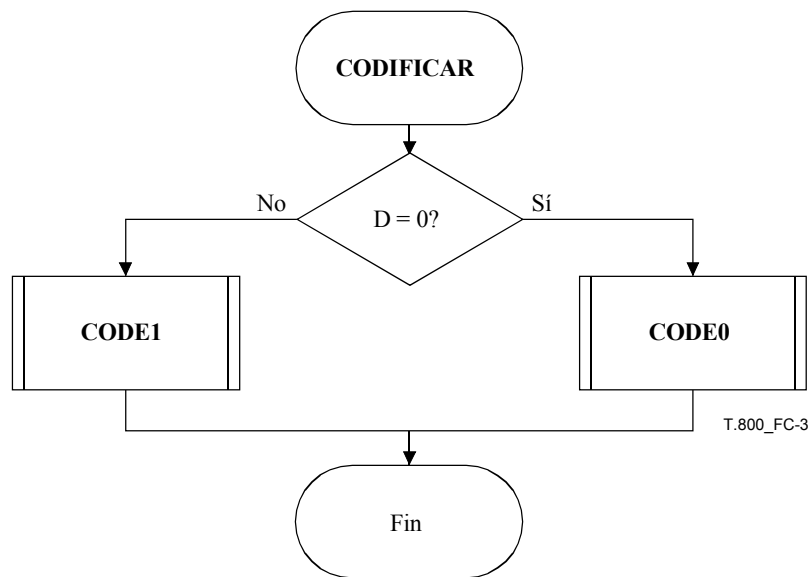


Figura C.3 – Procedimiento CODIFICAR

C.2.3 Codificación de un 1 o un 0 (CODE1 y CODE0) (informativo)

Cuando se codifica una determinada decisión binaria pueden darse dos casos: el símbolo es el más probable o bien es el menos probable. CODE1 y CODE0 se muestran en las figuras C.4 y C.5. En estas figuras, CX es el contexto. Para cada contexto se almacena el índice correspondiente a la estimación de probabilidad a utilizar en la codificación y el valor MPS. $MPS(CX)$ es el sentido (0 ó 1) del MPS para el contexto CX.

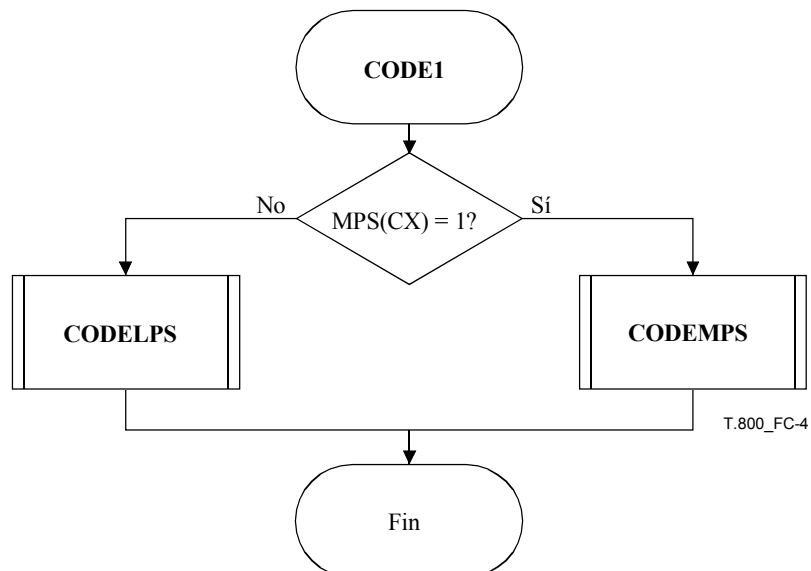


Figura C.4 – Procedimiento CODE1

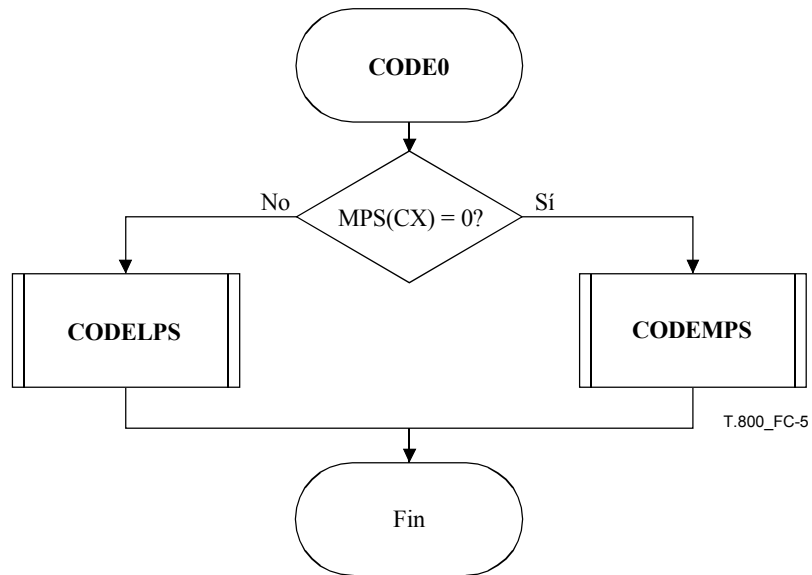


Figura C.5 – Procedimiento CODE0

C.2.4 Codificación de un MPS o un LPS (CODEMPS y CODELPS) (informativo)

El procedimiento CODELPS (figura C.6) consiste normalmente en un cambio de escala del intervalo a $Qe(I(CX))$ que es la estimación de probabilidad del LPS correspondiente al índice I almacenado para el contexto CX. Se calcula primero el intervalo superior de manera que pueda compararse con el intervalo inferior para confirmar que el valor de Qe es el mínimo. A continuación se realiza siempre una renormalización (RENORME). Si los tamaños de los intervalos están invertidos, se realiza la permutación condicional MPS/LPS y se codifica el intervalo superior. En cualquier caso, se actualiza el cálculo de la probabilidad. Si el indicador SWITCH para el índice I(CX) es uno, se invierte el MPS(CX). Se guarda un nuevo índice I en CX, el que aparece en la columna NLPS (siguiente índice LPS) del cuadro C.2.

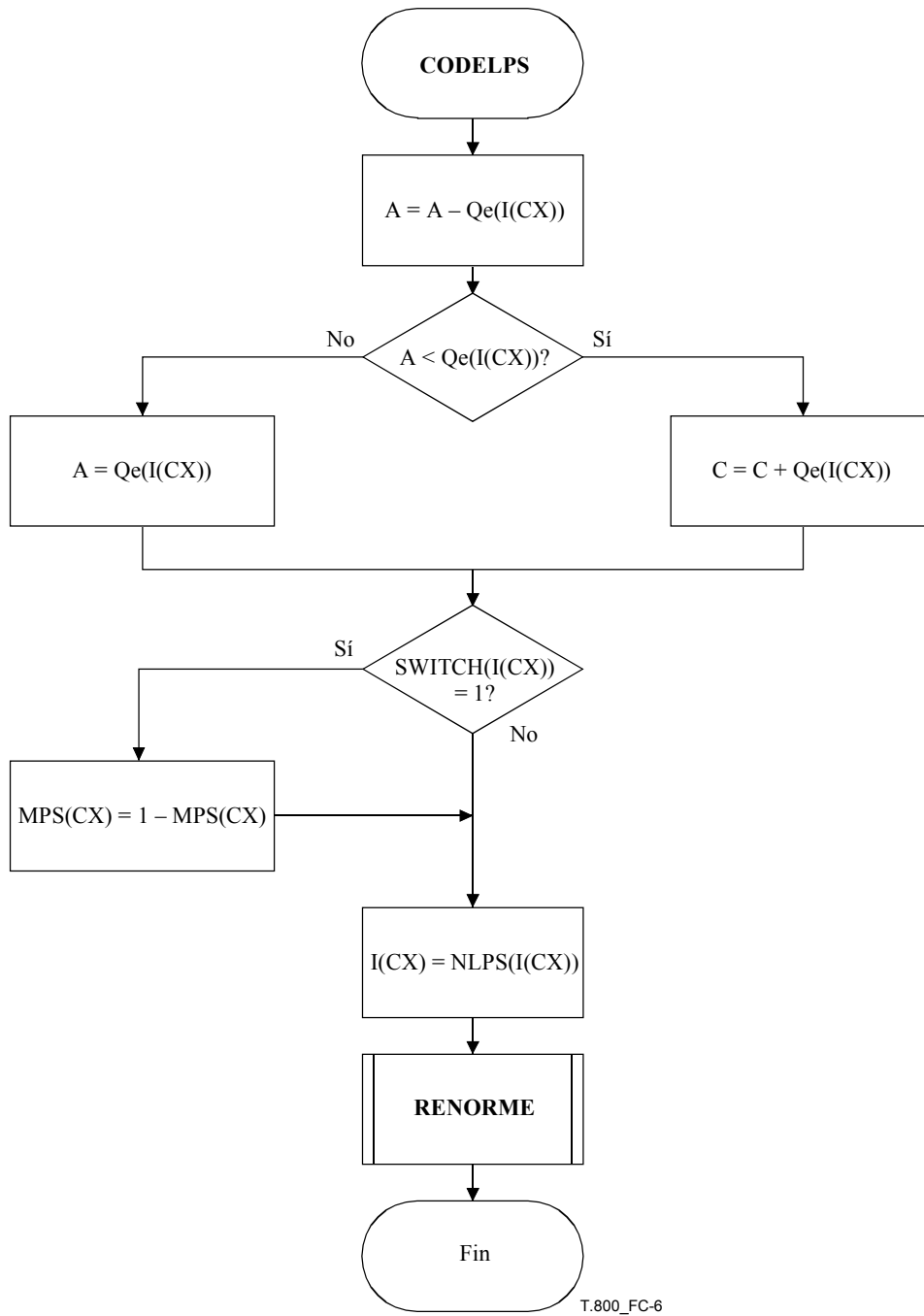


Figura C.6 – Procedimiento CODELPS con la permutación condicional MPS/LPS

Cuadro C.2 – Valores de Qe y cálculo de probabilidad

Índice	Valor_Qe			NMPS	NLPS	SWITCH
	(hexadecimal)	(binario)	(decimal)			
0	0x5601	0101 0110 0000 0001	0,503 937	1	1	1
1	0x3401	0011 0100 0000 0001	0,304 715	2	6	0
2	0x1801	0001 1000 0000 0001	0,140 650	3	9	0
3	0x0AC1	0000 1010 1100 0001	0,063 012	4	12	0
4	0x0521	0000 0101 0010 0001	0,030 053	5	29	0
5	0x0221	0000 0010 0010 0001	0,012 474	38	33	0
6	0x5601	0101 0110 0000 0001	0,503 937	7	6	1

Cuadro C.2 – Valores de Qe y cálculo de probabilidad (*fin*)

Índice	Valor_Qe			NMPS	NLPS	SWITCH
	(hexadecimal)	(binario)	(decimal)			
7	0x5401	0101 0100 0000 0001	0,492 218	8	14	0
8	0x4801	0100 1000 0000 0001	0,421 904	9	14	0
9	0x3801	0011 1000 0000 0001	0,328 153	10	14	0
10	0x3001	0011 0000 0000 0001	0,281 277	11	17	0
11	0x2401	0010 0100 0000 0001	0,210 964	12	18	0
12	0x1C01	0001 1100 0000 0001	0,164 088	13	20	0
13	0x1601	0001 0110 0000 0001	0,128 931	29	21	0
14	0x5601	0101 0110 0000 0001	0,503 937	15	14	1
15	0x5401	0101 0100 0000 0001	0,492 218	16	14	0
16	0x5101	0101 0001 0000 0001	0,474 640	17	15	0
17	0x4801	0100 1000 0000 0001	0,421 904	18	16	0
18	0x3801	0011 1000 0000 0001	0,328 153	19	17	0
19	0x3401	0011 0100 0000 0001	0,304 715	20	18	0
20	0x3001	0011 0000 0000 0001	0,281 277	21	19	0
21	0x2801	0010 1000 0000 0001	0,234 401	22	19	0
22	0x2401	0010 0100 0000 0001	0,210 964	23	20	0
23	0x2201	0010 0010 0000 0001	0,199 245	24	21	0
24	0x1C01	0001 1100 0000 0001	0,164 088	25	22	0
25	0x1801	0001 1000 0000 0001	0,140 650	26	23	0
26	0x1601	0001 0110 0000 0001	0,128 931	27	24	0
27	0x1401	0001 0100 0000 0001	0,117 212	28	25	0
28	0x1201	0001 0010 0000 0001	0,105 493	29	26	0
29	0x1101	0001 0001 0000 0001	0,099 634	30	27	0
30	0x0AC1	0000 1010 1100 0001	0,063 012	31	28	0
31	0x09C1	0000 1001 1100 0001	0,057 153	32	29	0
32	0x08A1	0000 1000 1010 0001	0,050 561	33	30	0
33	0x0521	0000 0101 0010 0001	0,030 053	34	31	0
34	0x0441	0000 0100 0100 0001	0,024 926	35	32	0
35	0x02A1	0000 0010 1010 0001	0,015 404	36	33	0
36	0x0221	0000 0010 0010 0001	0,012 474	37	34	0
37	0x0141	0000 0001 0100 0001	0,007 347	38	35	0
38	0x0111	0000 0001 0001 0001	0,006 249	39	36	0
39	0x0085	0000 0000 1000 0101	0,003 044	40	37	0
40	0x0049	0000 0000 0100 1001	0,001 671	41	38	0
41	0x0025	0000 0000 0010 0101	0,000 847	42	39	0
42	0x0015	0000 0000 0001 0101	0,000 481	43	40	0
43	0x0009	0000 0000 0000 1001	0,000 206	44	41	0
44	0x0005	0000 0000 0000 0101	0,000 114	45	42	0
45	0x0001	0000 0000 0000 0001	0,000 023	45	43	0
46	0x5601	0101 0110 0000 0001	0,503 937	46	46	0

C.2.5 Cálculo de probabilidad

En el cuadro C.2 aparecen los valores Qe correspondientes cada índice Qe, expresados como enteros hexadecimales, enteros binarios y fracciones decimales. Para convertir la representación de Qe en enteros de 15 bits a una probabilidad decimal, se dividen los valores de Qe por $4/3 * (0x8000)$.

Como se muestra en el cuadro C.2, el calculador se puede definir como una máquina de estados finitos: un cuadro de índices Q_e y los siguientes estados relacionados para cada tipo de renormalización (es decir, nuevas posiciones en el cuadro). Los cambios de estados se producen únicamente cuando se renormaliza el registro de intervalo del codificador aritmético. Esta operación siempre se realiza después de codificar el LPS, cuando el registro de intervalo es inferior a $0x8000$ (0,75 en notación decimal) después de codificar el MPS.

Después de una renormalización LPS, el NLPS da el nuevo índice para el cálculo de la probabilidad LPS. Si el conmutador es 1, se invierte el sentido del símbolo MPS.

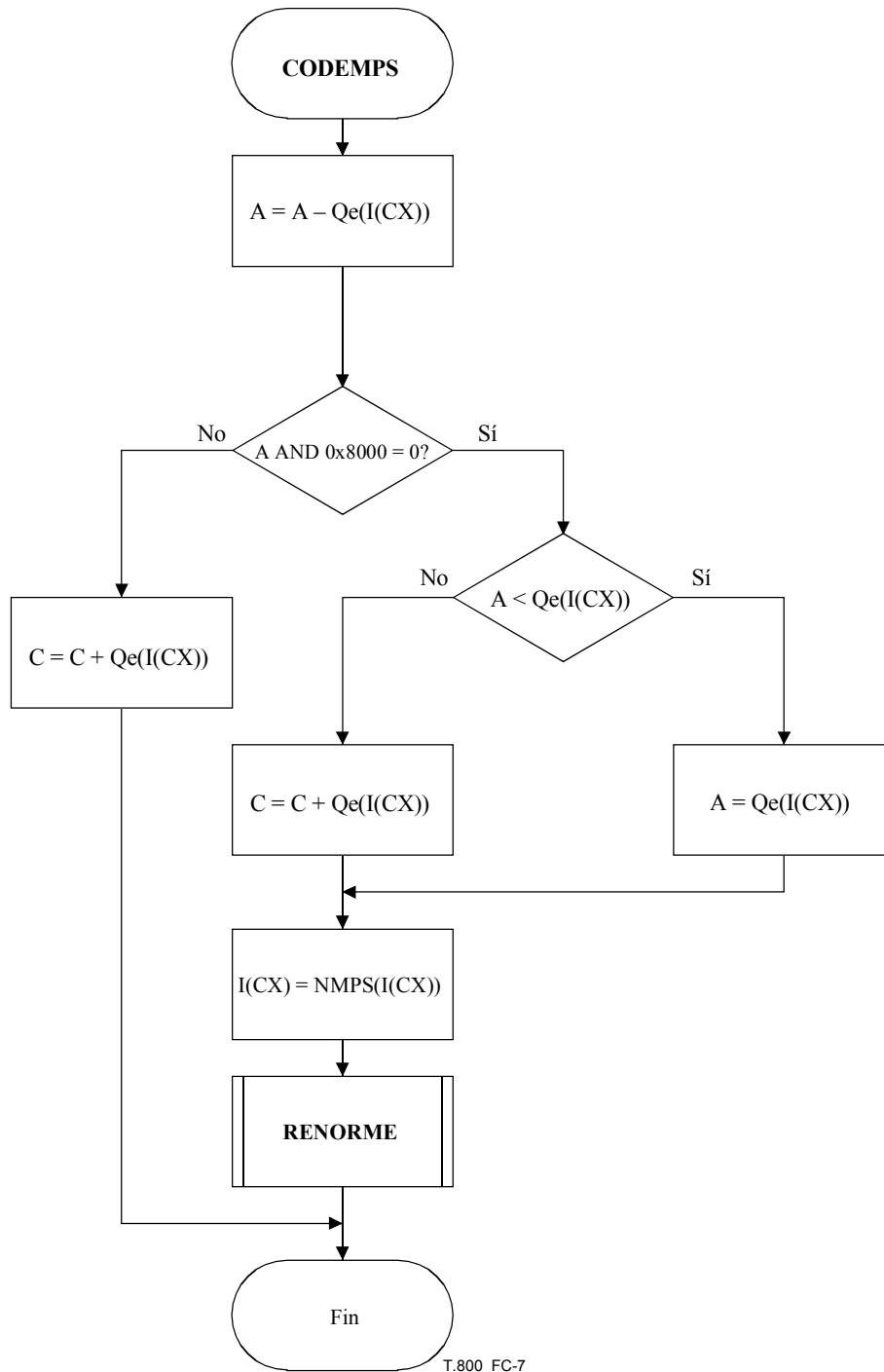


Figura C.7 – Procedimiento CODEMPS con intercambio MPS/LPS condicional

El índice del cálculo actual forma parte de la información almacenada para el contexto CX. Es el índice que se utiliza para el cuadro de valores en NMPS, que da el siguiente índice para una renormalización MPS. Este índice se guarda en el almacén de contexto en CX. El valor de $MPS(CX)$ no cambia.

El procedimiento para calcular la probabilidad sobre un trayecto de normalización LPS es similar al de una renormalización MPS, excepto que el sentido de MPS(CX) se invierte cuando SWITCH(I(CX)) es 1.

El estado 46 del último índice se puede utilizar para establecer un cálculo de probabilidad fijo a 0,5.

C.2.6 Renormalización en el codificador (RENORME) (informativo)

Los procesos de renormalización en el codificador y en el decodificador son muy similares; la diferencia es que el codificador genera bits comprimidos y el decodificador acepta bits comprimidos.

La figura C.8 representa el procedimiento RENORME para la renormalización en el codificador. El registro de intervalo A y el registro de código C saltan un bit cada vez. El número de saltos se cuenta en el contador CT, y cuando CT llega a cero, se elimina de C un byte de los datos de la imagen comprimida mediante el procedimiento BYTEOUT. La renormalización continúa hasta que A deje de ser inferior a 0x8000.

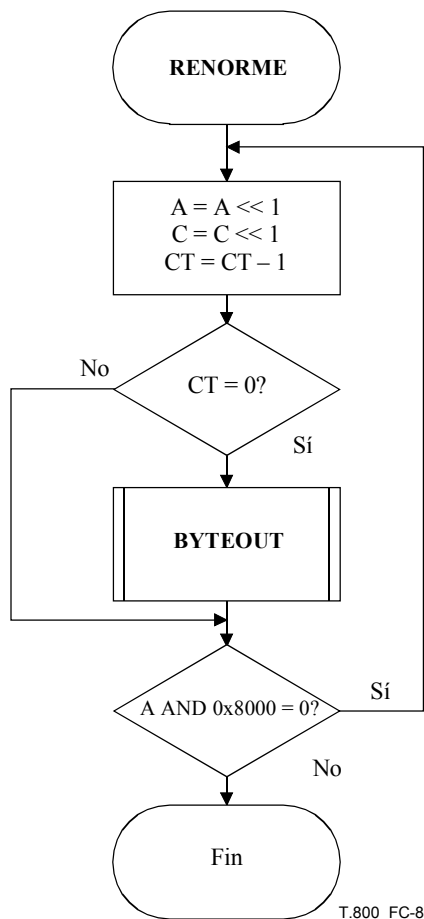


Figura C.8 – Procedimiento de renormalización en el codificador

C.2.7 Salida de los datos de la imagen comprimida (BYTEOUT) (informativo)

La figura C.9 representa la rutina BYTEOUT iniciada desde RENORME. Esta rutina contiene los procedimientos de relleno de bits necesarios para limitar la propagación del acarreo a los bytes completos de datos de la imagen comprimida. El convenio que se utiliza impide que un acarreo se extienda más allá del último byte que se ha guardado en la memoria intermedia de datos de la imagen comprimida.

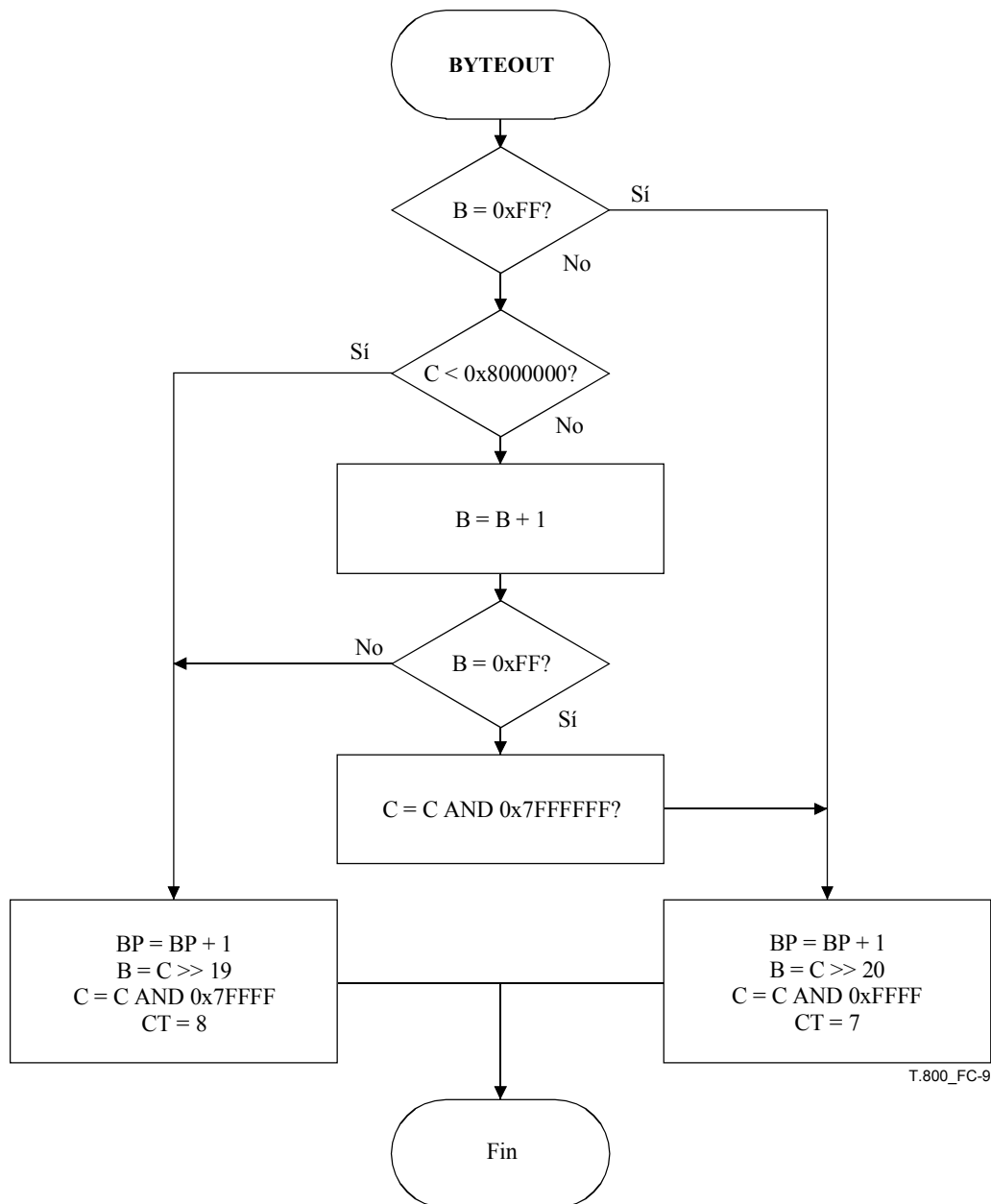


Figura C.9 – Procedimiento BYTEOUT para el codificador

El procedimiento representado por el bloque en la parte inferior derecha realiza el relleno de bits después de un byte 0xFF; el procedimiento análogo de la izquierda es para el caso en que no se necesita hacer un relleno de bits.

B es el byte señalado por el puntero de la memoria intermedia de datos de la imagen comprimida, BP. Si B es distinto de 0xFF, se comprueba el bit de acarreo. Si el bit de acarreo es 1, se suma a B y B se vuelve a comprobar para ver si se necesita añadir un bit en el siguiente byte. Si se necesita rellenar bits, se elige el trayecto adecuado, se incrementa BP y el nuevo valor de B se elimina de los bits "b" del registro de código.

C.2.8 Inicialización del codificador (INITENC) (informativo)

El procedimiento INITENC se utiliza para iniciar el codificador aritmético. En la figura C.10 se muestran los pasos básicos después de inicializar MPS e I.

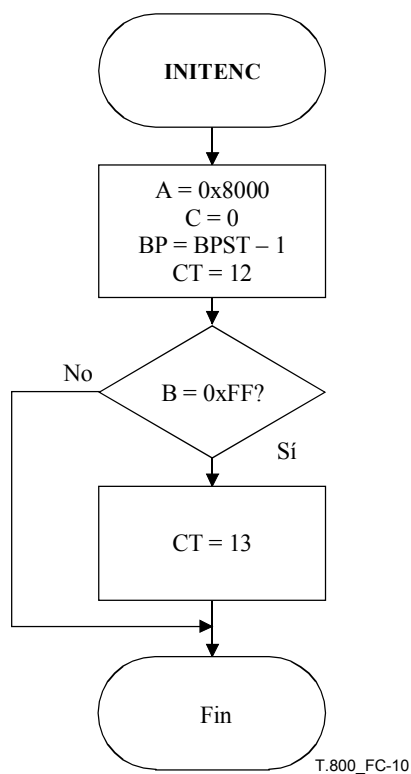


Figura C.10 – Inicialización del codificador

El registro de intervalo y el registro de código se fijan a sus valores iniciales y se fija el valor de contador de bits. CT = 12 indica que el registro tiene tres bits separadores que es necesario rellenar antes de que se llegue al campo desde el cual se eliminan los bytes. BP siempre apunta al byte anterior a la posición de BPST donde se coloca el primer byte. Así pues, cuando el byte anterior es un byte 0xFF, se añade un falso bit, pero puede compensarse aumentando CT. Véase la configuración inicial de MPS y de I en el cuadro D.7.

C.2.9 Terminación de la codificación (FLUSH) (informativo)

El procedimiento FLUSH mostrado en la figura C.11 se utiliza para terminar las operaciones de codificación y generar el marcador de terminación necesario. El procedimiento garantiza que el prefijo 0xFF en el código marcador reemplaza a los últimos bits de datos de la imagen comprimida. Con esto se garantiza que la decodificación no terminará sin reconocer e interpretar todos los códigos marcadores al final de los datos de imagen comprimida.

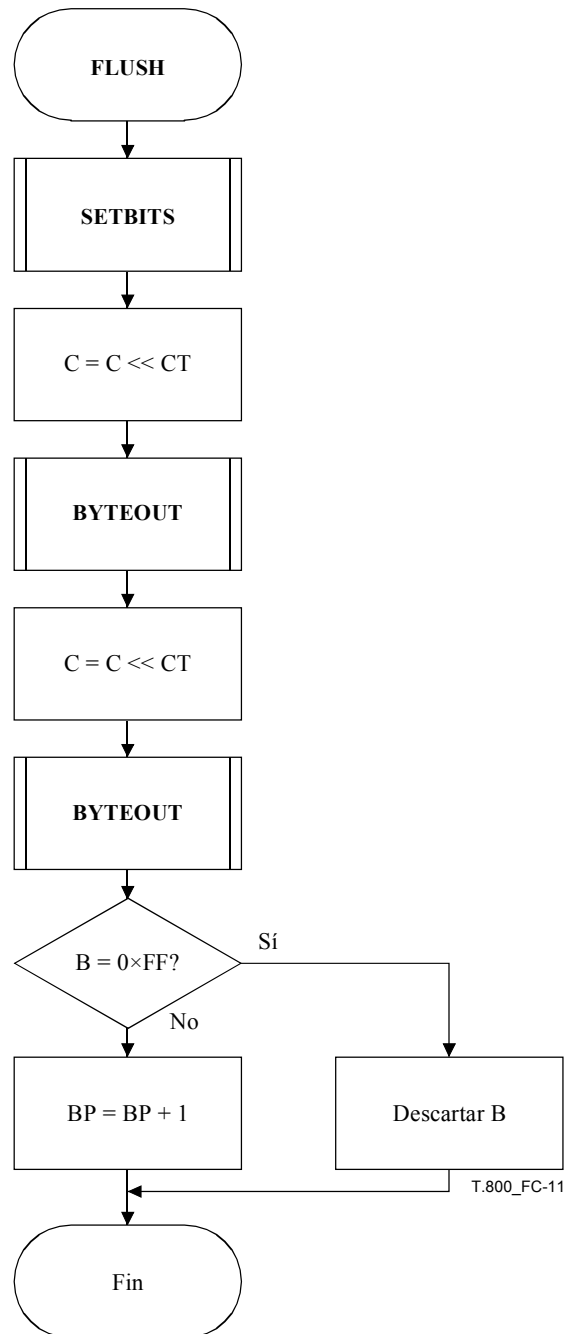


Figura C.11 – Procedimiento FLUSH

La primera parte del procedimiento FLUSH fija a 1 el mayor número posible de bits en el registro C, como muestra la figura C.12. El límite superior exclusivo para el registro C es la suma del registro C y el registro de intervalo. Los 16 bits de orden más bajo de C se ponen todos a 1 y el resultado se compara con el límite superior. Si C es demasiado grande, se elimina el primer bit, 1 para reducir C a un valor que esté dentro del intervalo.

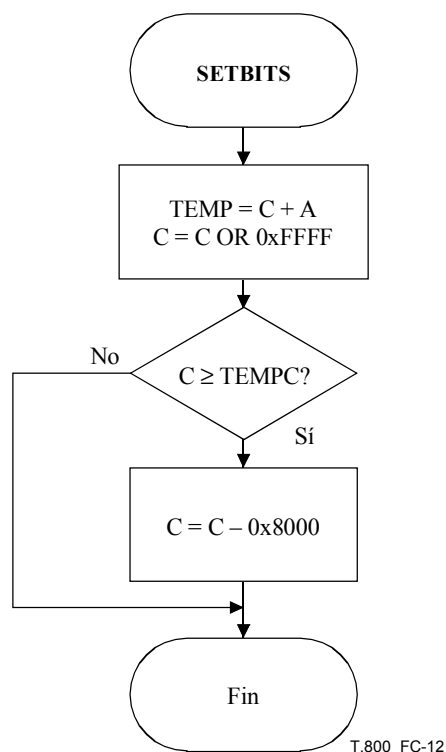


Figura C.12 – Fijación de los últimos bits en el registro C

Seguidamente se completa el byte en el registro C, realizando un desplazamiento de C, y se eliminan dos bytes. Si el byte B en la memoria intermedia es 0xFF, éste se descarta. En caso contrario, el B de la memoria intermedia se pasa al tren de bits.

NOTA – Según la Rec. UIT-T T.88 | ISO/CEI 14492, ésta es la única opción normativa para la terminación. Sin embargo, en esta Recomendación | Norma Internacional se permite reducir más el tren de bits siempre que se garantice la correcta decodificación (véase D.4.2).

C.3 Procedimiento de decodificación aritmética

La figura C.13 es un diagrama de bloques simple de un decodificador aritmético adaptativo binario. Las entradas al decodificador aritmético son los datos de la imagen comprimida CD y el contexto CX proporcionado por la unidad modelo del decodificador (que no se muestra). La salida del decodificador es la decisión D. Es necesario que las unidades modelo del codificador y su decodificador proporcionen exactamente el mismo contexto CX para cada decisión.



Figura C.13 – Entradas y salidas del decodificador aritmético

El DECODIFICADOR (figura C.14) inicializa la decodificación mediante INITDEC. Los contextos CX y los bytes de datos de la imagen comprimida (los que sean necesarios) se leen y se pasan a la rutina DECODIFICAR hasta que todos los contextos se hayan leído. La rutina DECODIFICAR decodifica la decisión binaria D y retorna un valor 0 ó 1. Los procedimientos para calcular de forma adaptativa la probabilidad para cada contexto están incluidos en DECODIFICAR. Los datos de la imagen comprimida se habrán descomprimido cuando se hayan leído todos los contextos.

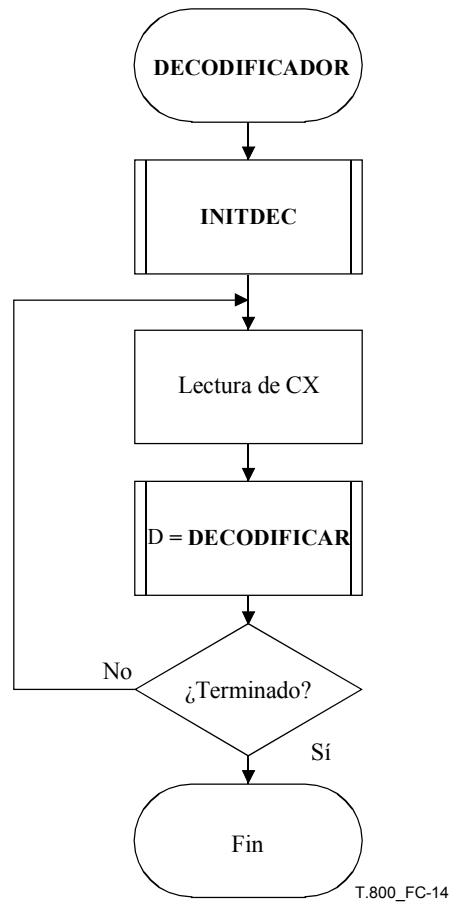


Figura C.14 – Decodificador para el codificador MQ

C.3.1 Convenios del registro de código del decodificador

En los diagramas de flujo que aparecen en este anexo se supone que el registro del decodificador está estructurado como se muestra en el cuadro C.3.

Cuadro C.3 – Estructuras del registro del decodificador

	MSB	LSB
Registro Chigh	xxxx xxxx	xxxx xxxx
Registro Clow	bbbb bbbb	0000 0000
Registro A	aaaa aaaa	aaaa aaaa

Se puede considerar que Chigh y Clow constituyen un registro C de 32 bits en el que la renormalización de C desplaza un bit de datos nuevos del MSB de Clow al LSB de Chigh. Sin embargo, las comparaciones de decodificación sólo utilizan Chigh. Los datos nuevos se insertan en los bit "b" de Clow, un byte cada vez.

Véase más adelante en este anexo la descripción detallada de la manipulación de los datos con bits de relleno.

Obsérvese que en los diversos procedimientos de esta cláusula se señalan comparaciones con el supuesto de que la precisión es superior a 16 bits. Las comparaciones lógicas se pueden utilizar con una precisión de 16 bits.

C.3.2 Decodificación de una decisión (DECODIFICAR)

El decodificador decodifica las decisiones binarias una por una, y cada vez resta todos los datos de la imagen comprimida que haya añadido el codificador. La cantidad que queda en los datos de la imagen comprimida es la traslación de la base del intervalo actual al subintervalo atribuido a todas las decisiones binarias que todavía no se han decodificado. En la primera comprobación que se realiza en el procedimiento DECODIFICAR de la figura C.15, el registro Chigh se compara con el tamaño del subintervalo LPS. Esta comprobación determina si se va a decodificar un MPS o un LPS, a no ser que se necesite una permutación condicional. Si Chigh es igual a la estimación de probabilidad de LPS $Q_e(I(CX))$, o es superior, esta cantidad se resta del valor de Chigh. Si A no es inferior a $0x8000$, se utiliza el sentido MPS almacenado en CX para fijar la decisión decodificada D.

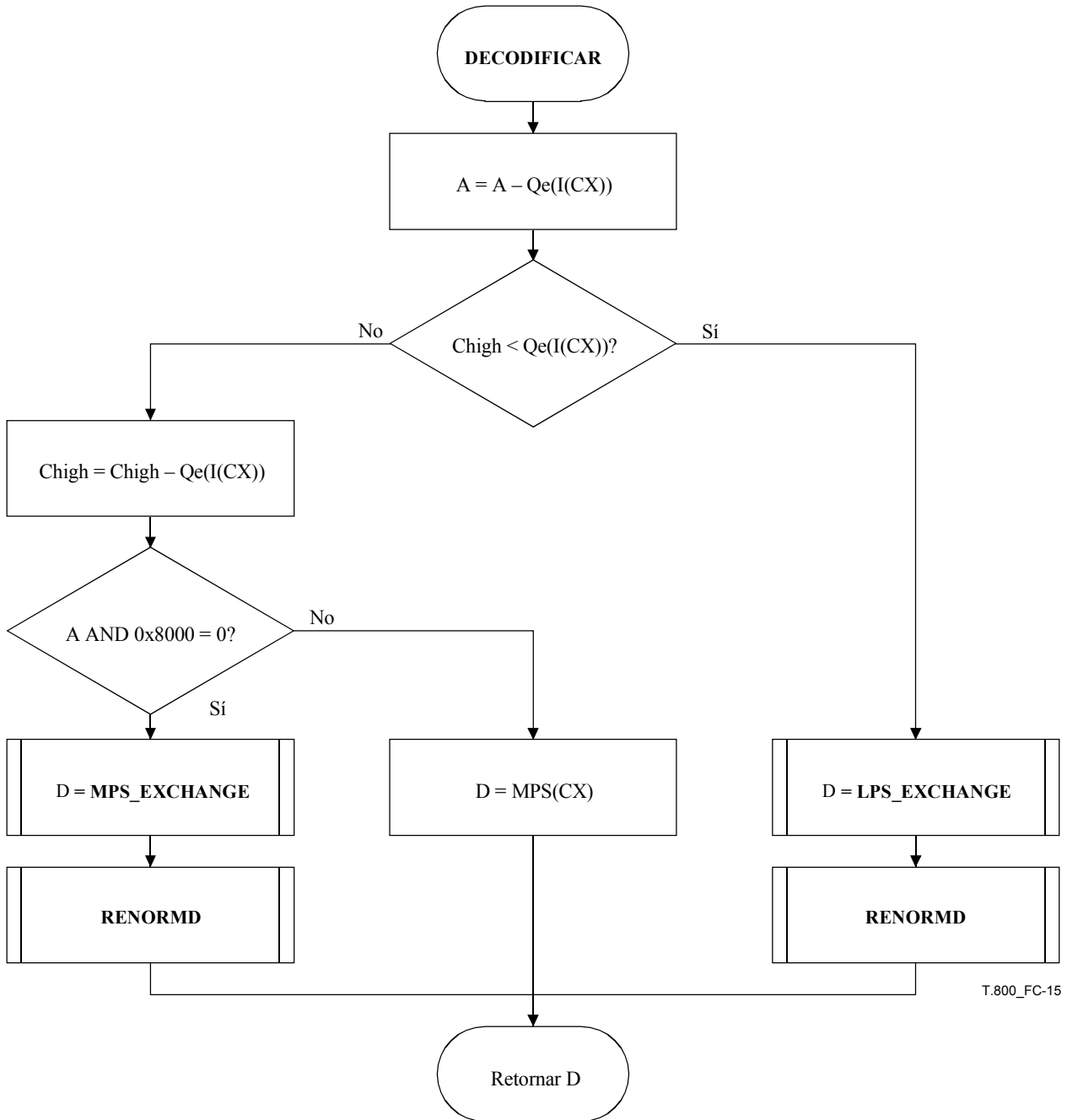


Figura C.15 – Decodificación de un MPS o un LPS

Cuando se necesita la renormalización, debe tenerse en cuenta la posibilidad de que se haya realizado una permutación condicional MPS/LPS. En la figura C.16 se muestra el procedimiento de permutación condicional para el trayecto MPS. Si el tamaño A del subintervalo MPS calculado en el primer paso de la figura C.16 no es lógicamente menor que el cálculo de la probabilidad LPS $Q_e(I(CX))$, se deduce que se ha producido un MPS, y la decisión se puede tomar a partir del $MPS(CX)$. Seguidamente se actualiza el índice $I(CX)$ a partir de la columna de índice del siguiente MPS (NMPS)

del cuadro C.2. Ahora bien, si el subintervalo LPS es mayor, se deduce que se ha hecho una permutación condicional y se ha producido un LPS. D se obtiene al invertir MPS(CX). La actualización de la probabilidad cambia el sentido del MPS si la columna SWITCH vale "1" y actualiza el índice I(CX) a partir de la columna índice del siguiente LPS (NLPS) del cuadro C.2. El cálculo de la probabilidad en el decodificador ha de ser idéntico al cálculo de probabilidad en el codificador.

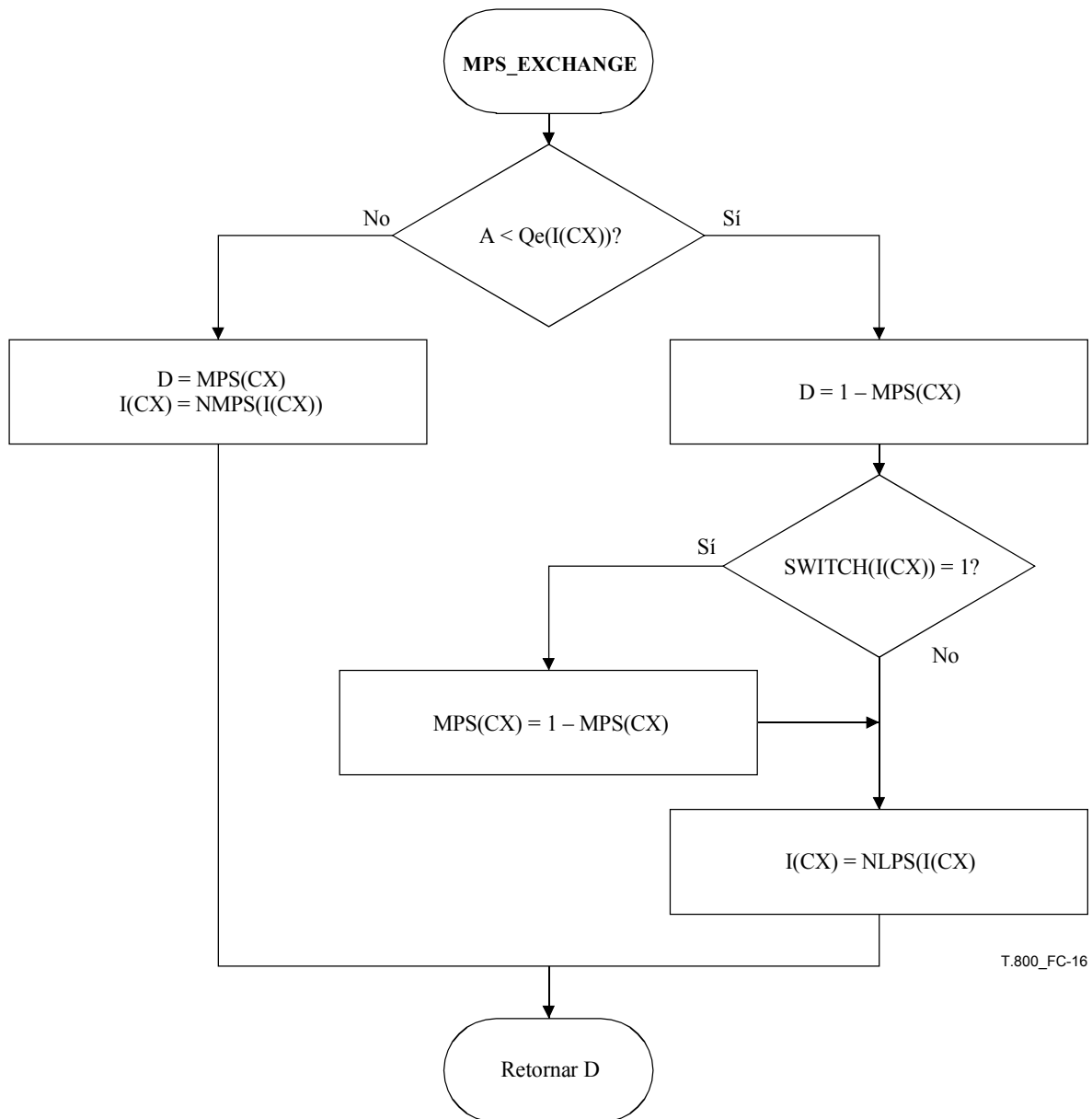
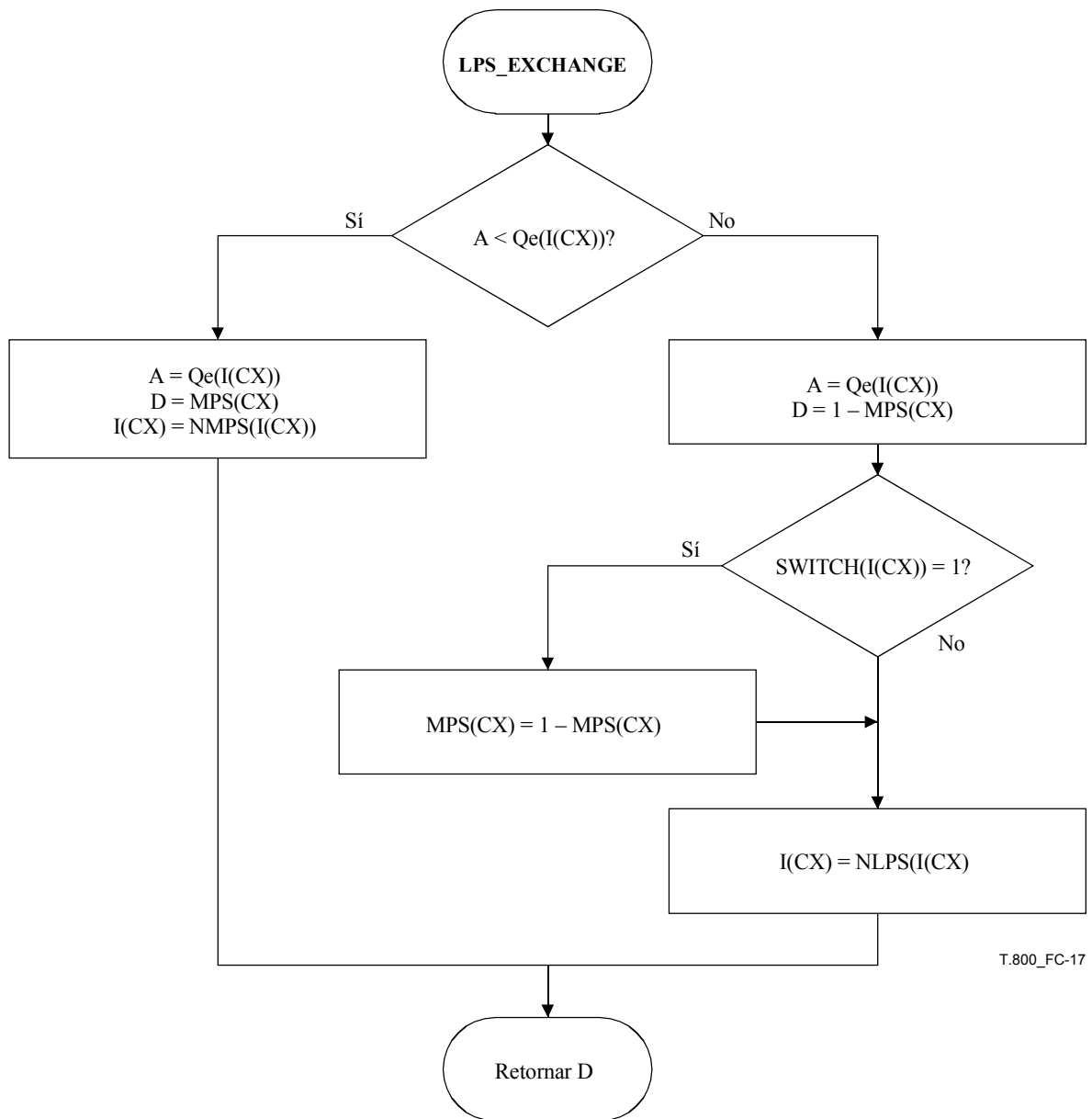


Figura C.16 – Procedimiento de permutación condicional para el trayecto MPS del codificador

Para el trayecto LPS del decodificador, el procedimiento de permutación condicional es el procedimiento LPS_EXCHANGE de la figura C.17. La misma comparación lógica entre el subintervalo MPS A y el subintervalo LPS $Qe(I(CX))$ determina si se ha producido una permutación condicional. El nuevo subintervalo A se fija a $Qe(I(CX))$ en los dos trayectos. En el trayecto de la izquierda, se realizan la decisión y la actualización correspondientes al caso MPS porque se ha realizado la permutación condicional. En el trayecto de la derecha, se siguen la decisión y actualización LPS.



T.800_FC-17

Figura C.17 – Procedimiento de permutación condicional para el trayecto LPS del decodificador

C.3.3 Renormalización en el decodificador (RENORMD)

La figura C.18 representa el procedimiento RENORMD para la renormalización en el decodificador. Un contador cuenta el número de bits comprimidos en la sección Clow del registro C. Si CT es cero, se inserta un nuevo byte en Clow mediante el procedimiento BYTEIN. El registro C en este procedimiento es la concatenación de los registros de Chigh y Clow.

El registro de intervalo A y el registro de código C se desplazan, un bit cada vez, hasta que A ya no sea inferior a 0x8000.

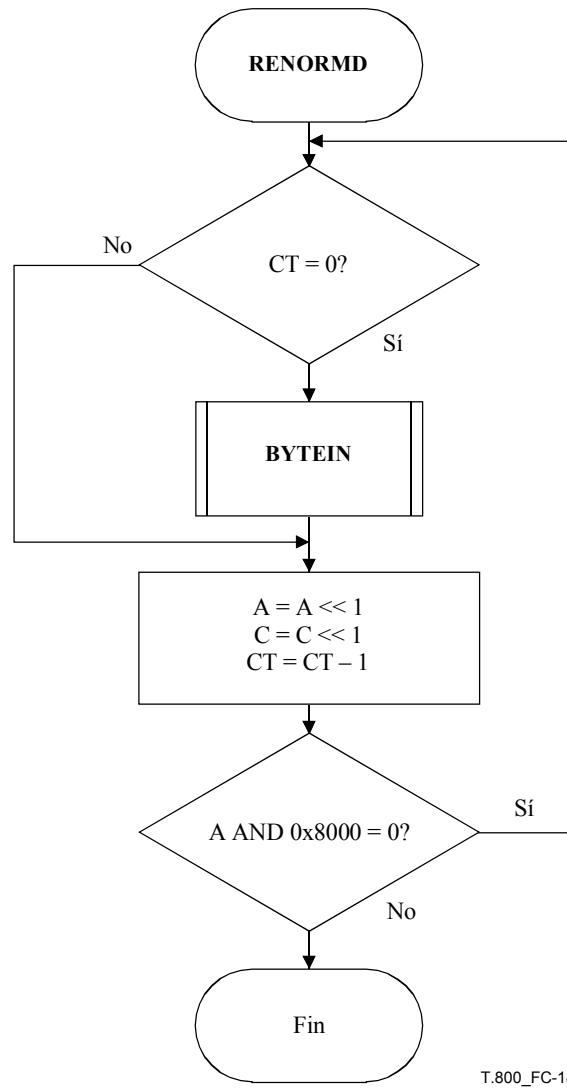


Figura C.18 – Procedimiento de renormalización en el decodificador

C.3.4 Entrada de datos de la imagen comprimida (BYTEIN)

En la figura C.19 se muestra el procedimiento BYTEIN iniciado desde RENORMD. Este procedimiento lee en un byte de datos, compensando para los bits de relleno que siguen el byte 0xFF en el proceso. También detecta los códigos marcadores que deben aparecer al final de una pasada de codificación. El registro C en este procedimiento es la concatenación de los registros Chigh y Clow.

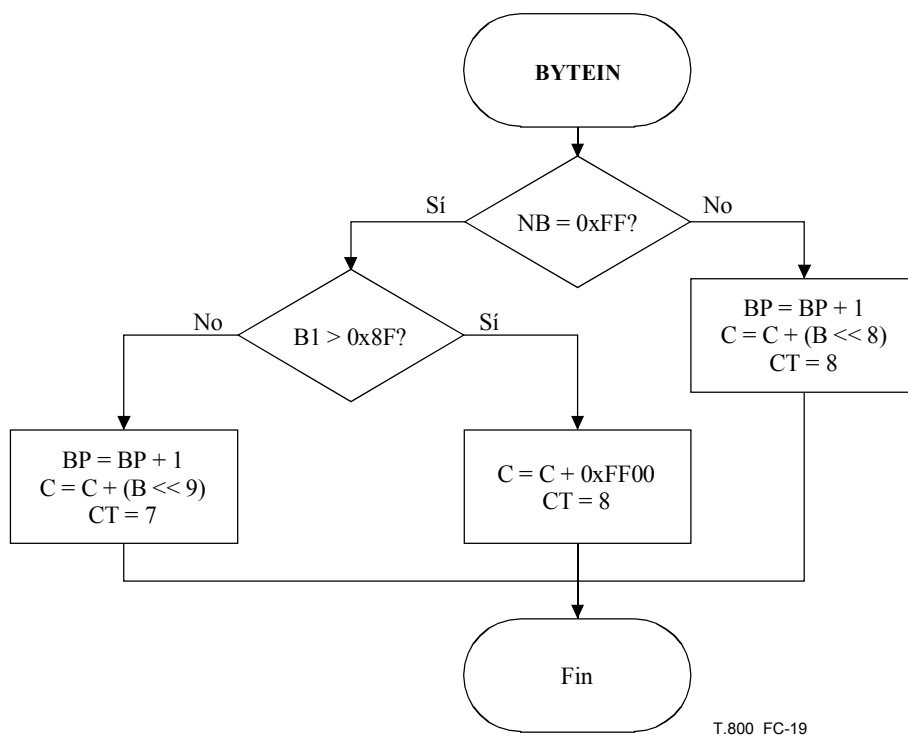


Figura C.19 – Procedimiento BYTEIN del decodificador

B es el byte señalado por el puntero BP de la memoria intermedia de datos de la imagen comprimida. Si B es distinto del byte 0xFF, BP se incrementa y el nuevo valor de B se inserta en los 8 bits de orden superior de Clow.

Si B es el byte 0xFF, se comprueba B1 (el byte señalado por BP+1). Si B1 es mayor que 0x8F, significa que B1 debe ser uno de los códigos marcadores. El código marcador se interpreta según sea necesario, y el puntero de la memoria intermedia sigue apuntando al prefijo 0xFF del código marcador que termina los datos de la imagen comprimida aritméticamente. Seguidamente se añaden bits 1 al decodificador hasta terminar la decodificación. Esto se muestra añadiendo 0xFF00 al registro C y fijando el contador de bits CT a 8.

Si B1 no es un código marcador, se incrementa BP para que apunte al siguiente byte que contiene un bit de relleno. B se añade al registro C alineado de manera que el bit de relleno (que contiene un eventual acarreo) se añade al bit de menor orden de Chigh.

C.3.5 Inicialización del decodificador (INITDEC)

El procedimiento INITDEC se utiliza para iniciar el decodificador aritmético. Una vez inicializados MPS e I, se siguen los pasos básicos que se muestran en la figura C.20.

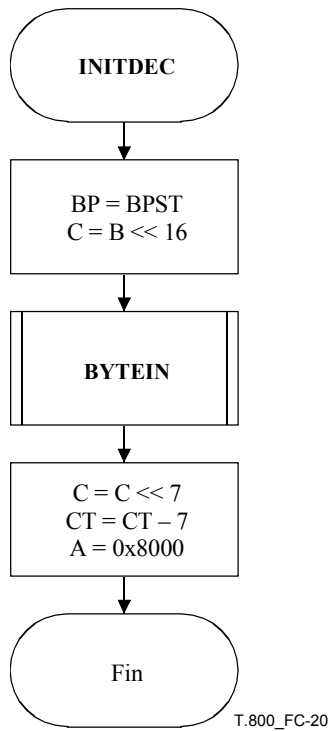


Figura C.20 – Inicialización del decodificador

El puntero a los datos de la imagen comprimida BP se inicializa a BPST (que apunta al primer byte comprimido). El primer byte de datos de la imagen comprimida se desplaza al byte de orden más bajo de Chigh y se lee el nuevo byte. Seguidamente se desplaza 7 bits el registro C y se disminuye CT en 7, con lo que el registro C queda alineado con el valor inicial de A. El registro de intervalo A se fija para que coincida con el valor inicial en el codificador. Véase en el cuadro D.7 la configuración inicial de MPS y de I.

C.3.6 Puesta a cero de las estadísticas de codificación aritmética

En ciertos puntos de la decodificación se ponen a cero algunas o todas las estadísticas de codificación aritmética. Este proceso implica poner $I(CX)$ y $MPS(CX)$ a sus valores iniciales según se definen en el cuadro D.7 para algunos o todos los valores de CX.

C.3.7 Almacenamiento de las estadísticas de codificación aritmética

En algunos casos será necesario que el decodificador guarde o restablezca algunos valores de $I(CX)$ y de $MPS(CX)$.

Anexo D

Modelización de bits de coeficientes

(Este anexo es parte integrante de esta Recomendación | Norma Internacional)

En este anexo los diagramas de flujo y los cuadros son normativos únicamente en el sentido de que definen un formato de salida necesario para todas las implementaciones.

En este anexo se define la modelización y el barrido de los bits de coeficientes de transformada.

Los bloques de código (véase anexo B) se decodifican plano de bits por plano de bits, empezando por el plano de bits más significativo que tiene un elemento distinto de cero, y terminando en el plano de bits menos significativo. En cada plano de bits en un bloque de código se utiliza un patrón de barrido especial del bloque de código para cada una de las tres pasadas de codificación. Cada bit de coeficiente en el plano de bits sólo aparece en una de las tres pasadas de codificación (propagación de significación, refinamiento de magnitud y limpieza). En cada pasada se crean contextos que luego se suministran al codificador aritmético CX, junto con el tren de bits CD (véase C.3).

D.1 Patrón de barrido de los bloques de código

Cada plano de bits en un bloque de código se barre en un determinado orden. Se empieza por los cuatro primeros coeficientes de la primera columna en la esquina superior izquierda, luego los cuatro primeros coeficientes de la segunda columna, y así sucesivamente hasta que se alcanza el lado derecho del bloque de código. Posteriormente se vuelve a la izquierda del bloque de código y se barre el segundo conjunto de cuatro coeficientes de cada columna. El proceso continúa hasta llegar a la parte de abajo del bloque de código. Si la altura del bloque de código no es divisible por cuatro, el último conjunto de coeficientes que se barre en cada columna tendrá menos de cuatro coeficientes. La figura D.1 es un ejemplo de patrón de barrido de un bloque de código.

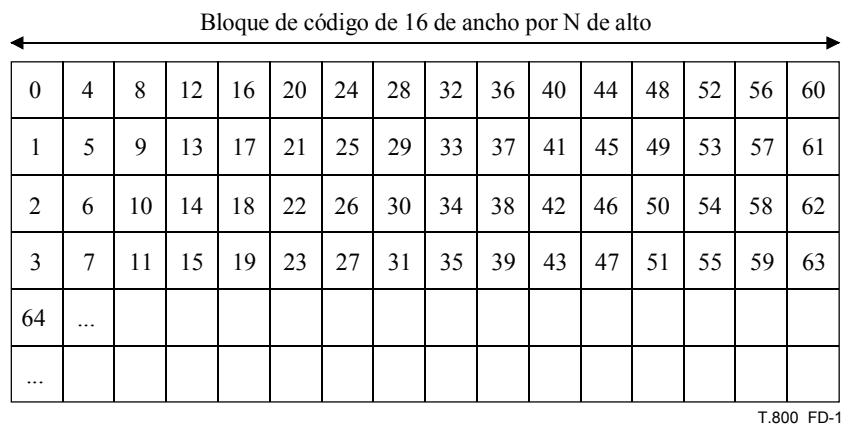


Figura D.1 – Ejemplo de patrón de barrido de un plano de bits de bloque de código

D.2 Bits de coeficientes y significación

D.2.1 Notación general

Los procedimientos de decodificación especificados en este anexo producen, para cada coeficiente de transformada (u, v) de la subbanda b , los bits decodificados que se utilizarán para reconstruir el valor de los coeficientes de transformada $q_b(u, v)$. Los bits que se producen son: un bit de signo $s_b(u, v)$ y un número $N_b(u, v)$ de MSB de magnitud decodificados, ordenados del más al menos significativo: $MSB_i(b, u, v)$ es el i -ésimo MSB del coeficiente de transformada (u, v) de la subbanda b ($i = 1, \dots, N_b(u, v)$). Como se indica en la ecuación (D-1), el bit de signo $s_b(u, v)$ vale uno para los coeficientes negativos y cero para los coeficientes positivos. El número $N_b(u, v)$ de MSB decodificados incluye el número de planos de bits más significativos formados sólo por ceros que se señala en el encabezamiento del paquete (véase B.10.5).

D.2.2 Notación cuando haya una ROI

En el caso de que haya un segmento marcador RGN (que indica la presencia de una ROI) habrá que modificar los bits decodificados y el número de bits decodificados $N_b(u, v)$. Estas modificaciones se especifican en H.1. Si no hay un segmento marcador RGN no se necesita hacer ninguna modificación.

D.3 Pasadas de decodificación sobre los planos de bits

Todos los coeficientes de un bloque de código tienen asociada una variable de estado binaria denominada estado de significación. Los estados de significación se inicializan a 0 (el coeficiente no es significativo) y pueden pasar a valer 1 (el coeficiente es significativo) durante la decodificación de un bloque de código. Se produce un cambio de estado de significación de "no significativo" a "significativo" (véase la cláusula siguiente) en el plano de bits donde se encuentra el bit de magnitud más significativo igual a 1. El vector de contexto para un determinado coeficiente es el vector binario formado por los estados de significación de los 8 coeficientes colindantes, como se muestra en la figura D.2. Todos los coeficientes colindantes que no pertenezcan al bloque de código del coeficiente en cuestión se consideran como coeficientes no significativos (es decir, se tratan como si tuvieran un estado de significación cero) a la hora de crear el vector de contexto necesario para decodificar el coeficiente considerado.

D_0	V_0	D_1
H_0	X	H_1
D_2	V_1	D_3

T.800_FD-2

Figura D.2 – Estados colindantes que se utilizan para formar el contexto

En general, cada coeficiente puede tener 256 vectores de contexto posibles. Estos vectores se agrupan en un número menor de contextos, de conformidad con las normas de formación de contexto que a continuación se especifican. Se han definido cuatro normas diferentes de formación de contextos, una para cada tipo de pasada de codificación: codificación de significación, codificación de signo, codificación de refinamiento de magnitud y codificación de limpieza. Estas operaciones de codificación se realizan en tres pasadas de codificación sobre cada plano de bits: la codificación de significación y de signo en una pasada de propagación de significación, la codificación de refinamiento de magnitud en una pasada de refinamiento de magnitud, y la codificación de limpieza y de signo en una pasada de limpieza. Para una determinada operación de codificación, la etiqueta de contexto (o simplemente el contexto) que se suministra al mecanismo de codificación aritmética es una etiqueta asignada al contexto del coeficiente considerado.

NOTA – En los siguientes cuadros se utilizan enteros específicos para etiquetar los contextos, para hacerlo de forma concreta, pero los valores que se utilizan para las etiquetas de contexto dependen de la implementación y en esta Recomendación | Norma Internacional no se imponen sus valores.

Al primer plano de bits del bloque actual con un elemento distinto de cero sólo se le aplica una pasada de limpieza. Los demás planos de bits se decodifican mediante tres pasadas de codificación. Cada bit de coeficiente se decodifica en sólo una de las tres pasadas de codificación. El tipo de pasada que se aplica a un bit de coeficiente para decodificarlo depende de las condiciones para dicha pasada. En general, la pasada de propagación de significación incluye los coeficientes que previsiblemente o "con mayor probabilidad" serán significativos, y sus bits de signo, según corresponda. La pasada de refinamiento de magnitud se aplica a bits de coeficientes que ya son significativos. La pasada de limpieza se aplica a todos los demás coeficientes.

D.3.1 Pasada de propagación de significación en la decodificación

Los ocho coeficientes del coeficiente considerado (que se muestran en la figura D.2 donde X indica el coeficiente considerado) se utilizan para crear un vector de contexto que se hace corresponder a uno de los nueve contextos del cuadro D.1. Si el coeficiente es significativo se le asigna un valor 1 para la creación del contexto, en caso contrario se asigna un valor 0. La correspondencia con los contextos también depende de la subbanda.

Cuadro D.1 – Contextos para las pasadas de propagación de significación y de limpieza en la codificación

Subbandas LL y LH (de paso alto vertical)			Subbanda HL (de paso alto horizontal)			Subbanda HH (de paso alto diagonal)		Etiqueta de contexto ^{a)}
$\sum H_i$	$\sum V_i$	$\sum D_i$	$\sum H_i$	$\sum V_i$	$\sum D_i$	$\sum (H_i + V_i)$	$\sum D_i$	
2	x ^{b)}	x	x	2	x	x	≥ 3	8
1	≥ 1	x	≥ 1	1	x	≥ 1	2	7
1	0	≥ 1	0	1	≥ 1	0	2	6
1	0	0	0	1	0	≥ 2	1	5
0	2	x	2	0	x	1	1	4
0	1	x	1	0	x	0	1	3
0	0	≥ 2	0	0	≥ 2	≥ 2	0	2
0	0	1	0	0	1	1	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0

^{a)} Obsérvese que en esta Recomendación | Norma Internacional se asignan índices a las etiquetas de contexto sólo para facilitar la identificación. La definición de los identificadores depende de la implementación.

^{b)} "x" = Indica que el estado es "indistinto".

La pasada de propagación de significación incluye únicamente los bits de coeficientes que no son significativos (todavía no se ha definido el estado de significación) y que tienen un contexto distinto de cero. Los demás coeficientes no se tienen en cuenta. El contexto se envía al decodificador aritmético (con el tren de bits) y se retorna el bit de coeficientes decodificado. Si el valor de este bit es 1, el estado de significación se fija a 1 y el siguiente bit que se decodificará será el bit de signo para este coeficiente. En caso contrario, el estado de significación sigue siendo 0. Cuando se tienen en cuenta los contextos de una serie de coeficientes y pasadas de codificación, para este coeficiente se utiliza el estado de significación más actual.

D.3.2 Decodificación de bits de signo

La etiqueta de contexto para decodificar bits de signo se determina utilizando otro vector de contexto de coeficientes colindantes. El cálculo de la etiqueta de contexto se puede describir como un proceso en dos etapas. En la primera etapa se resume la contribución de los colindantes horizontales y verticales. En la segunda etapa se reducen esas contribuciones a una de las cinco etiquetas de contexto.

En la primera etapa, los dos colindantes verticales (véase figura D.2) se consideran juntos. Cada colindante puede estar en uno de los tres estados: positivo significativo, negativo significativo, o no significativo. Si los dos colindantes verticales son significativos y tienen el mismo signo, o si sólo uno es significativo, la contribución vertical será 1 si el signo es positivo o -1 si el signo es negativo. Si ninguno de los dos colindantes verticales es significativo, o ambos son significativos pero tienen signos distintos, la contribución vertical es 0. La contribución horizontal se crea de la misma manera. Como en el caso anterior, si los colindantes no pertenecen al bloque de código, se considera que no son significativos. En el cuadro D.2 se muestran estas contribuciones.

Cuadro D.2 – Contribuciones de los coeficientes colindantes, vertical y horizontal, al contexto de signo

V_0 (o H_0)	V_1 (o H_1)	Contribución V (o H)
significativo, positivo	significativo, positivo	1
significativo, negativo	significativo, positivo	0
no significativo	significativo, positivo	1
significativo, positivo	significativo, negativo	0
significativo, negativo	significativo, negativo	-1
no significativo	significativo, negativo	-1
significativo, positivo	no significativo	1
significativo, negativo	no significativo	-1
no significativo	no significativo	0

La segunda etapa reduce a cinco etiquetas de contexto las nueve permutaciones de las contribuciones vertical y horizontal. En el cuadro D.3 se muestran estas etiquetas de contexto. Este contexto se facilita al codificador aritmético junto con el tren de bits. Seguidamente, se aplica el operador lógico "O" exclusivo al bit resultante, D (véase anexo C) con el $XORbit$ del cuadro D.3, para producir el bit de signo. La ecuación que se utiliza es:

$$signbit = D \otimes XORbit \quad (D-1)$$

siendo $signbit$ el bit de signo del coeficiente actual (un bit 1 indica un coeficiente negativo, un bit 0 un coeficiente positivo), D es el valor resultante del decodificador aritmético para una etiqueta de contexto y un tren de bits determinados, y $XORbit$ es el que aparece en el cuadro D.3 para la etiqueta de contexto actual.

Cuadro D.3 – Contextos de signo para las contribuciones vertical y horizontal

Contribución horizontal	Contribución vertical	Etiqueta de contexto	XORbit
1	1	13	0
1	0	12	0
1	-1	11	0
0	1	10	0
0	0	9	0
0	-1	10	1
-1	1	11	1
-1	0	12	1
-1	-1	13	1

D.3.3 Pasada de refinamiento de magnitud

La pasada de refinamiento de magnitud se aplica a los bits de los coeficientes que ya son significativos (excepto aquellos que acaban de convertirse en significativos en la pasada de propagación de significación inmediatamente anterior).

El contexto que se utiliza se determina mediante la suma del estado de significación de los colindantes horizontal, vertical y diagonal. Se trata de los estados que conoce el decodificador, y no los estados utilizados antes de la pasada de decodificación de significación. Además, depende de si éste es o no el primer bit de refinamiento (el bit que sigue a los bits de significación y de signo). En el cuadro D.4 se muestran los tres contextos para este tipo de pasada.

Cuadro D.4 – Contextos para las pasadas de refinamiento de magnitud en la codificación

$\sum H_i + \sum V_i + \sum D_i$	Primer refinamiento para este coeficiente	Etiqueta de contexto
x^a	falso	16
≥ 1	verdadero	15
0	verdadero	14

^{a)} "x" indica que el estado es "indistinto".

El contexto se suministra al codificador aritmético junto con el tren de bits. El bit resultante es el valor del coeficiente actual en el plano de bits actual.

D.3.4 Pasada de limpieza

El resto de los coeficientes no eran significativos antes y no se les aplicó la pasada de propagación de significación. En la pasada de limpieza se utiliza el contexto colindante del cuadro D.1, como en la pasada de propagación de significación, y además un contexto de toda la franja.

En esta pasada se redefinen los contextos colindantes para los coeficientes correspondientes utilizando el cuadro D.1. Ahora la etiqueta de contexto puede tener cualquier valor porque los coeficientes que eran significativos en la pasada de propagación de significación se consideran significativos en la pasada de limpieza. Las franjas se decodifican con un único contexto. Si los cuatro coeficientes contiguos de la columna que se está barriendo se decodifican todos ellos en la

pasada de limpieza y la etiqueta de contexto para todos es 0 (contando los coeficientes de contexto de las pasadas anteriores de magnitud, significación y limpieza) el contexto único de franja se pasa al decodificador aritmético junto con el tren de bits. Si retorna el símbolo 0, los cuatro coeficientes contiguos de la columna siguen siendo no significativos y se les asigna el valor 0.

En caso contrario, es decir el símbolo resultante es 1, al menos uno de los cuatro coeficientes contiguos de la columna es significativo. Los dos bits siguientes, retornados con el contexto UNIFORM (índice 46 en el cuadro C.2), indican cuál es el coeficiente significativo de la columna, contando desde arriba. Los dos bits decodificados con el contexto UNIFORM se decodifican primero el MSB y luego el LSB. El bit de signo del coeficiente se determina como se describe en D.3.2. La decodificación del resto de los bits prosigue como se indica en D.3.1.

Si los cuatro coeficientes contiguos de una columna no se decodifican en la pasada de limpieza, o el compartimiento de contexto es distinto de 0 para alguno de ellos, los bits de coeficientes se decodifican con el contexto del cuadro D.1, como en la pasada de propagación de significación. En este caso se utilizan los mismos contextos que en la pasada de propagación de significación (se utilizan el estado y el modelo). Véase la lógica de la pasada de limpieza en el cuadro D.5.

Cuadro D.5 – Decodificador de franjas para pasadas de limpieza

Quedan por codificar cuatro coeficientes contiguos en la columna y cada uno tiene actualmente el contexto 0	Símbolos con el contexto de franja	Los cuatro bits contiguos que quedan por codificar son cero	Símbolos decodificados con el contexto UNIFORM ^{a)}	Número de coeficientes por decodificar
verdadero	0	verdadero	ninguno	ninguno
verdadero	1	falso salta al signo del primer coeficiente salta al signo del segundo coeficiente salta al signo del tercer coeficiente salta al signo del cuarto coeficiente	MSB LSB 00 01 10 11	3 2 1 0
falso	ninguno	x	ninguno	resto de la columna
a) Véase anexo C.				

Cuando ya quedan menos de cuatro filas en un bloque de código no se utiliza la codificación en franjas. Como en el caso anterior, el estado de significación de cualquier coeficiente se cambia inmediatamente después de decodificar el primer bit de magnitud 1.

D.3.5 Ejemplo de pasadas de codificación y de propagación de significación (informativo)

En el cuadro D.6 puede verse un ejemplo del orden de decodificación en el barrido para los coeficientes cuantificados de una columna de 4 coeficientes. En este ejemplo se supone que todos los coeficientes colindantes que no aparecen en el cuadro valen 0, y se indica en qué pasada se decodifica cada bit. El bit de signo se decodifica después del bit 1 inicial y se indica en el cuadro mediante el signo + o -. La primera pasada de todas en un nuevo bloque siempre es una pasada de limpieza porque no puede haber bits de significación previsible ni bits de refinamiento. Después de la primera pasada, el bit 1 decodificado del primer coeficiente provoca la decodificación del segundo coeficiente en la pasada de significación para el siguiente plano de bits. El bit 1 decodificado para el último coeficiente en la segunda pasada de limpieza provoca la decodificación del tercer coeficiente en la siguiente pasada de significación.

Cuadro D.6 – Ejemplo de orden de codificación del subplano de bits y propagación de significación

Pasadas de codificación	10	1	3	-7	Valor de coeficiente
	+	+	+	-	Signo de coeficiente
	1	0	0	0	Magnitud del coeficiente (MSB a LSB)
	0	0	0	1	
	1	0	1	1	
	0	1	1	1	
Limpieza	1+	0	0	0	
Significación		0			
Refinamiento	0				
Limpieza			0	1-	
Significación		0	1+		
Refinamiento	1			1	
Limpieza					
Significación		1+			
Refinamiento	0		1	1	
Limpieza					

D.4 Inicialización y terminación

Cuando se inicializan o reinician, los contextos se fijan a los valores que aparecen en el cuadro D.7.

Cuadro D.7 – Estados iniciales para todos los contextos

Contexto	Índice inicial del cuadro C.3	MPS
UNIFORM	46	0
Longitud de gama de repeticiones	3	0
Todos los colindantes valen cero (etiqueta de contexto 0 en el cuadro D.1)	4	0
Todos los demás contextos	0	0

En el modo de funcionamiento normal (sin exención selectiva de la codificación aritmética) el codificador aritmético deberá finalizar al final de cada pasada de codificación o únicamente al final de cada bloque de código (véase D.4.1). En el cuadro D.8 pueden verse dos ejemplos de patrones de terminación para las pasadas de codificación en un bloque de código. El marcador COD o COC señala qué patrón de terminación se utiliza (véanse A.6.1 y A.6.2).

Cuadro D.8 – Patrones de terminación del codificador aritmético

#	Pasada	Terminación de la codificación sólo en la última pasada	Terminación de la codificación en cada pasada
1	limpieza	Codificador aritmético (AC)	AC, terminación
2	propagación de significación	AC	AC, terminación
2	refinamiento de magnitud	AC	AC, terminación
2	limpieza	AC	AC, terminación
...
final	propagación de significación	AC	AC, terminación
final	refinamiento de magnitud	AC	AC, terminación
final	limpieza	AC, terminación	AC, terminación

ISO/CEI 15444-1:2002 (S)

Si el codificador aritmético tiene varias terminaciones, la longitud de cada segmento de terminación se señala en el encabezamiento de paquete, según se describe en B.10.7.

NOTA – La terminación no debe producir nunca un valor alineado de byte comprendido entre 0xFF90 y 0xFFFF inclusive. Estos valores están reservados para los marcadores del tren de bits.

D.4.1 Terminación prevista del tren codificado

El decodificador prevé que para un determinado número de bytes de tren codificado decodificará un cierto número de pasadas de codificación antes de que finalice el codificador aritmético. En el proceso de decodificación, los bytes se van sacando sucesivamente del tren codificado hasta que se hayan sacado todos los bytes correspondientes a esas pasadas de codificación. El número de bytes correspondiente a las pasadas de codificación se especifica en el encabezamiento del paquete. Llegado a este punto, es frecuente que haya que decodificar más símbolos y entonces el decodificador ampliará el tren de bits de entrada al codificador aritmético en 0xFF bytes, según sea necesario, hasta que se hayan decodificado todos los símbolos.

Basta con añadir dos bytes 0xFF. De esta manera el codificador aritmético tendrá como mínimo un par de bytes 0xFF consecutivos en su entrada, lo cual se interpreta como un marcador fin de tren de bits (véase C.3.4). El tren de bits no contiene realmente un marcador de terminación pero sí se señala explícitamente la longitud del byte lo que permite sintetizar el marcador de terminación para el decodificador aritmético.

NOTA – Añadir dos bytes 0xFF de esta manera es el método más simple. No obstante, puede haber otras extensiones equivalentes y es importante porque el marcador de terminación específico puede tener un significado particular en algunas implementaciones del codificador aritmético.

D.4.2 Terminación del codificador aritmético

El procedimiento FLUSH realiza esta tarea (véase C.2.9), pero se pueden utilizar otras técnicas, porque el procedimiento FLUSH aumenta la longitud del tren codificado y habrá casos en los que sea conveniente hacer una terminación frecuente. Se puede considerar aceptable toda técnica que coloque todos los bytes necesarios del tren codificado de manera que el codificador no tenga que retroceder para encontrar la posición en la que debería empezar el siguiente segmento del tren codificado.

Si tiene el indicador de terminación predecible (véase COD y COC en A.6.1 y A.6.2), se utilizará el procedimiento de terminación siguiente. Con la notación de C.2, se pueden hacer las siguientes operaciones:

- 1) Identificación del número de bits en el registro de código, C, que se deben ir sacando de la memoria intermedia de byte. Este número viene dado por $k = (11 - CT) + 1$.
- 2) Mientras ($k > 0$):
 - Desplazar C a la izquierda por un valor igual a CT y poner $CT = 0$.
 - Ejecutar el procedimiento BYTEOUT. Este procedimiento fija CT a un valor igual al número de bits sacados del registro C.
 - Restar CT de k.
- 3) Ejecutar el procedimiento BYTEOUT para poner en el tren codificado el contenido del registro de memoria intermedia de byte. Esta operación no se realizará si el valor del byte en la memoria intermedia es 0xFF.

En este caso la longitud de truncado pertinente es simplemente el número total de bytes sacados del tren codificado.

Cuando la bandera de terminación predecible no esté activada, en general se puede modificar el último byte extraído por el procedimiento anterior, dentro de ciertos límites, sin afectar los símbolos que se han de decodificar. A veces será posible aumentar el último byte al valor concreto 0xFF, el cual no deberá enviarse. Un análisis indica que esto sucede aproximadamente una vez de cada ocho.

D.4.3 Cálculo de la longitud (informativo)

Para incluir en paquetes los datos de la imagen comprimida correspondientes a pasadas de codificación, es necesario determinar previamente el número de bytes que se ha de incluir. Si se terminan los datos de la imagen comprimida de pasadas de codificación, puede utilizarse el algoritmo descrito en la cláusula anterior. En caso contrario, el codificador debería calcular una longitud adecuada para garantizar que los bytes correspondientes serán suficientes para que el decodificador reconstruya las pasadas de codificación.

D.5 Símbolo de segmentación para la recuperación de errores

Un símbolo de segmentación es un símbolo especial. Si se utiliza, debe señalarse en los segmentos marcadores COD o COC (véanse A.6.1 y A.6.2). El símbolo se codifica con el contexto UNIFORM del codificador aritmético al final de cada plano de bits. La correcta decodificación de este símbolo confirma la exactitud de decodificación de este plano de bits, lo que permite detectar errores. En el decodificador se debería decodificar el símbolo de segmentación 1010 ó 0xA al final de cada plano de bits (al final de una pasada de limpieza). Si el símbolo de segmentación no se decodifica correctamente, hay errores en los bits en este plano de bits.

NOTA – Esto se puede utilizar con o sin terminación predecible.

D.6 Exención selectiva de la codificación aritmética

Este tipo de codificación permite saltarse el codificador aritmético en pasadas de propagación de significación y pasadas de codificación de refinamiento de magnitud, a partir del quinto plano de bits significativo del bloque de código. El marcador COD o COC indica si se utilizan o no este tipo de codificación (véanse A.6.1 y A.6.2).

Con el codificador aritmético se decodifican la primera pasada de limpieza (que es el primer plano de bits de un bloque de código con un elemento distinto de cero) y las tres siguientes series de pasadas de propagación de significación, refinamiento de magnitud, y limpieza. La cuarta pasada de limpieza incluirá una terminación de codificador aritmético (véase cuadro D.9).

Cuadro D.9 – Exención selectiva de la codificación aritmética

Número del plano de bits	Tipo de pasada	Operaciones de codificación
1	limpieza	Codificación aritmética (AC)
2	propagación de significación	AC
2	refinamiento de magnitud	AC
2	limpieza	AC
3	propagación de significación	AC
3	refinamiento de magnitud	AC
3	limpieza	AC
4	propagación de significación	AC
4	refinamiento de magnitud	AC
4	limpieza	AC, terminación
5	propagación de significación	sin codificación
5	refinamiento de magnitud	sin codificación, terminación
5	limpieza	AC, terminación
...
final	significación	sin codificación
final	refinamiento de magnitud	Sin codificación, terminación
final	limpieza	AC, terminación

A partir de la cuarta pasada de codificación de propagación de significación y refinamiento de magnitud, los bits se obtienen directamente del tren de bits y no del codificador aritmético (antes de retornar los bits se aplica una rutina que deshace los efectos del relleno de bits. Concretamente esta rutina saca el primer bit después de un valor de byte de 0xFF). El tren de bits se "termina" rellenando hasta el límite de byte durante cada pasada de refinamiento de magnitud.

Cuando el indicador de terminación predecible está activado (véase COD y COC en A.6.1 y A.6.2) y se han montado todos los bits de la pasada de refinamiento de magnitud, el resto de bits del último byte se rellena con una secuencia de ceros y unos alternados. Esta secuencia debería empezar con un cero independientemente del número de bits que haya que rellenar.

Cuando el indicador de terminación de cada pasada de codificación está activado (véase COD y COC en A.6.1 y A.6.2), las pasadas de propagación de significación se terminan de la misma manera que las pasadas de refinamiento de magnitud.

ISO/CEI 15444-1:2002 (S)

Las pasadas de codificación de limpieza continúan recibiendo los datos de la imagen comprimida directamente del codificador aritmético y siempre se terminan.

El bit de signo se calcula mediante la ecuación (D-2):

$$\text{signbit} = \text{raw_value} \quad (\text{D-2})$$

donde $\text{raw_value} = 1$ indica un bit de signo negativo y $\text{raw_value} = 0$ indica un bit de signo positivo. En el cuadro D.9 se muestra la secuencia de codificación.

La longitud de cada segmento terminado más la longitud del resto de pasadas sin terminar, se señala en el encabezamiento del paquete, según se describe en B.10.7. Cuando se selecciona la terminación en cada pasada de codificación (véanse A.6.1 y A.6.2), todas las pasadas serán terminadas (incluidas las dos pasadas sin codificación).

NOTA 1 – La utilización del modo de exención selectiva puede disminuir significativamente la eficiencia de compresión cuando se codifica una imagen con una ROI.

Cuando se encuentra el valor 0xFF en el tren de bits se descarta el primer bit del siguiente byte. En el proceso de exención selectiva de la codificación aritmética se trabaja con bits que se componen en bytes utilizando una rutina de rellenado de bits.

En el codificador, los bits se empaquetan en bytes, del más significativo al menos significativo. Una vez se tiene un byte completo, se emite al tren de bits. Si el valor del byte es 0xFF se añade un bit cero en el bit más significativo del siguiente byte. Una vez se han montado todos los bits de la pasada de codificación, el último byte se rellena hasta el límite de byte y se emite. El valor del último byte no podrá ser 0xFF.

NOTA 2 – Puesto que el decodificador añade valores 0xFF, en caso necesario, al tren de bits que representa la pasada de codificación (véase D.4.1) es posible truncar el tren de bits. Cuando el indicador de terminación predecible está activado (véase COD y COC en A.6.1 y A.6.2) dicha truncación no se permite. El último byte no puede ser 0xFF porque la rutina de relleno de bits añade un nuevo byte después de FF, con el bit más significativo igual a 0 y un relleno de bits que no se utilizan en una secuencia de ceros y unos alternados.

D.7 Formación del contexto verticalmente causal

Este tipo de codificación limita la formación de contexto con el barrido del bloque de código actual y los barridos anteriores (cuatro filas de coeficientes barridos verticalmente). Es decir, se considera que los coeficientes del siguiente barrido del bloque de código no son significativos. El marcador COD o COC indica si se utiliza o no este tipo de codificación (véanse A.6.1 y A.6.2).

Por ejemplo, el bit indicado como 14 en la figura D.1 se decodifica del modo corriente utilizando los estados colindantes según se especifica en la figura D.2, independientemente de si los contextos son verticalmente causales o no. Ahora bien, cuando se utiliza la formación de contexto verticalmente causal, el bit etiquetado como 15 se decodifica suponiendo que $D_2 = V_1 = D_3 = 0$ en la figura D.2.

D.8 Diagrama de flujos de la codificación de bloques de código

En la figura D.3 se representan las etapas para modelizar cada plano de bits de cada bloque de código. Las decisiones se describen en el cuadro D.10 y los bits y el contexto que se envía al codificador en el cuadro D.11. Se trata del contexto formado sin una exención selectiva de la codificación aritmética ni el modelo verticalmente causal.

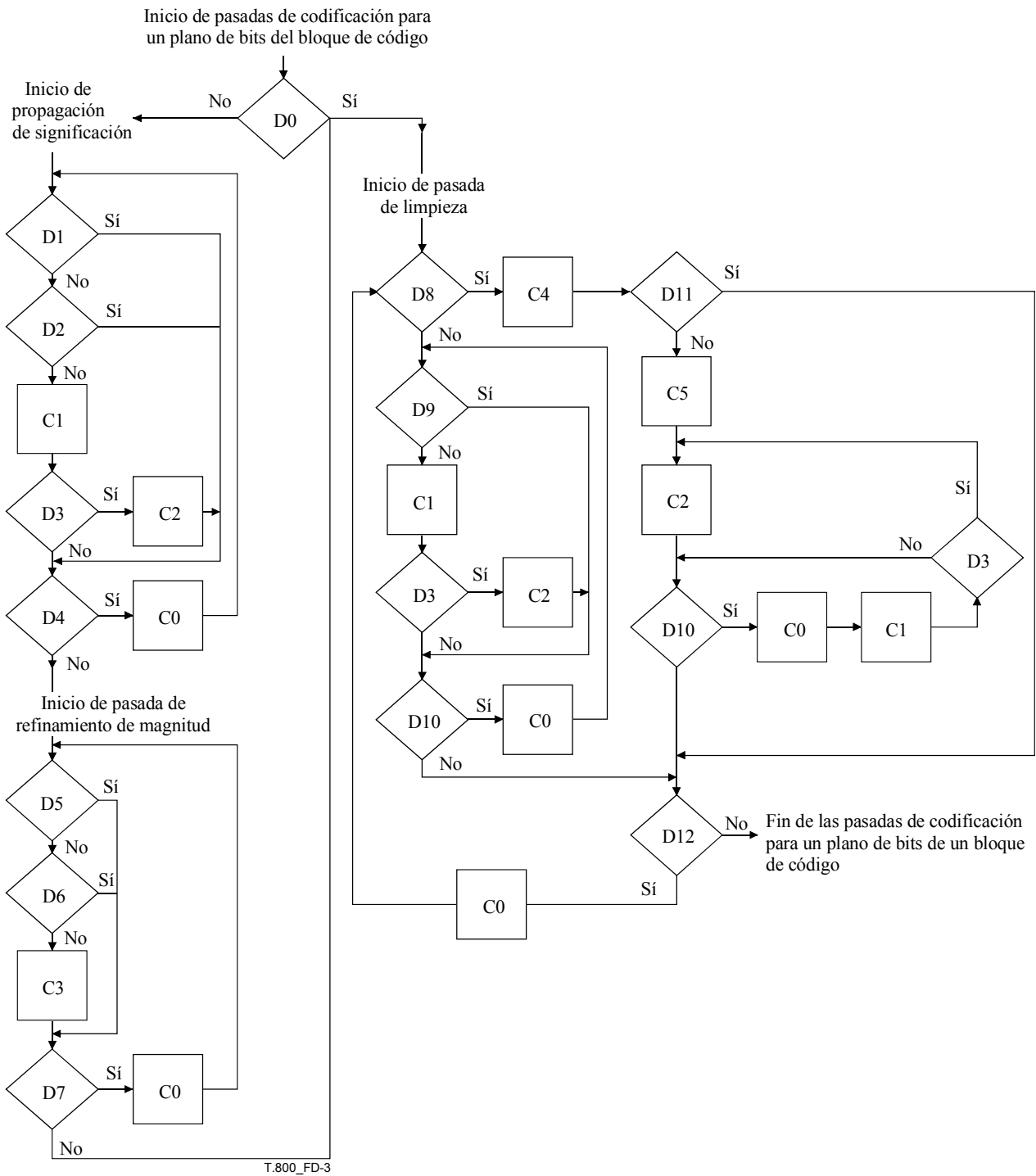


Figura D.3 – Diagrama de flujo para todas las pasadas de codificación de un plano de bits de un bloque de código

Cuadro D.10 – Decisiones en el diagrama de flujo del modelo de contexto

Decisión	Pregunta	Descripción
D0	¿Es el primer plano de bits significativo del bloque de código?	Véase D.3
D1	¿El coeficiente actual es significativo?	Véase D.3.1
D2	¿El compartimiento de contexto es cero? (véase cuadro D.1)	Véase D.3.1
D3	¿El coeficiente actual acaba de cambiar a significativo?	Véase D.3.1
D4	¿Hay más coeficientes en la propagación de significación?	
D5	¿Se trata de un coeficiente no significativo?	Véase D.3.3
D6	¿Se codificó el coeficiente en la última pasada de propagación de significación?	Véase D.3.3
D7	¿Quedan coeficientes en la pasada de refinamiento de magnitud?	
D8	¿Hay cuatro coeficientes contiguos sin decodificar en una columna, cada uno con contexto 0?	Véase D.3.4
D9	¿Es significativo el coeficiente o ya se ha codificado el bit durante la pasada de codificación de propagación de significación?	Véase D.3.4
D10	¿Queda alguno de los cuatro coeficientes de la columna?	
D11	¿Son cero los cuatro bits contiguos?	Véase D.3.4
D12	¿Quedan coeficientes en la pasada de limpieza?	

Cuadro D.11 – Decodificación en el diagrama de flujo del modelo de contexto

Código	Símbolo decodificado	Contexto	Breve explicación	Descripción
C0	–	–	Saltar al siguiente coeficiente o la siguiente columna	
C1	¿Ha cambiado a significativo?	Cuadro D.1, 9 etiquetas de contexto	Decodificar el bit de significación del coeficiente actual (propagación de significación o limpieza)	Véase D.3.1
C2	Bit de signo	Cuadro D.3, 5 etiquetas de contexto	Decodificar el bit de signo del coeficiente actual	Véase D.3.2
C3	Bit de magnitud actual	Cuadro D.4, 3 etiquetas de contexto	Decodificar el bit de pasada de refinamiento de magnitud del coeficiente actual	Véase D.3.3
C4	0 1	Etiqueta de contexto de franja	Decodificar una franja de cuatro ceros Decodificar una franja distinta de cuatro ceros	Véase D.3.4
C5	00 01 10 11	UNIFORM	El primer coeficiente es el primero que tiene un bit distinto de cero El segundo coeficiente es el primero que tiene un bit distinto de cero El tercer coeficiente es el primero que tiene un bit distinto de cero El cuarto coeficiente es el primero que tiene un bit distinto de cero	Véanse D.3.4 y cuadro C.2

Anexo E

Cuantificación

(Este anexo es parte integrante de esta Recomendación | Norma Internacional)

En este anexo los diagramas de flujo y los cuadros son normativos únicamente en el sentido de que definen un formato de salida necesario para todas las implementaciones.

Este anexo especifica las formas de cuantificación inversa utilizadas para la reconstrucción de coeficientes de transformada de componentes losa. También se facilita información sobre la cuantificación de coeficientes de transformada para la codificación. La cuantificación es el proceso mediante el cual se reduce la precisión de los coeficientes de transformada.

E.1 Procedimiento de cuantificación inversa

Para cada coeficiente de transformada (u, v) de una determinada subbanda b , el valor de coeficiente de transformada $q_b(u, v)$ viene dado por la siguiente expresión:

$$\overline{q}_b(u, v) = (1 - 2s_b(u, v)) \cdot \left(\sum_{i=1}^{N_b(u, v)} MSB_i(b, u, v) \cdot 2^{M_b - i} \right) \quad (\text{E-1})$$

donde $s_b(u, v)$, $N_b(u, v)$ y $MSB_i(b, u, v)$ son los valores especificados en D.2, y M_b se calcula utilizando la ecuación (E-2) (el número de bits de guarda G y el exponente ε_b de esta ecuación se especifican en los segmentos marcadores QCD o QCC) (véanse A.6.4 y A.6.5).

$$M_b = G + \varepsilon_b - 1 \quad (\text{E-2})$$

Cada coeficiente de transformada decodificado $q_b(u, v)$ de la subbanda b se utiliza para generar un coeficiente de transformada reconstruido $Rq_b(u, v)$, como se describirá en E.1.1.

NOTA – Decodificar únicamente $N_b(u, v)$ planos de bits (véase D.2.1) es equivalente a decodificar datos que han sido codificados utilizando un cuantificador escalar con un tamaño de escalón igual $2^{M_b - N_b(u, v)} \cdot \Delta_b$ para todos los coeficientes de este bloque de código. Debido a la índole de las tres pasadas de codificación (véase D.3), $N_b(u, v)$ puede ser diferente para los diferentes coeficientes dentro de un mismo bloque de código.

E.1.1 Transformada irreversible

E.1.1.1 Determinación del tamaño del escalón de cuantificación

En la transformada irreversible, el tamaño del escalón de cuantificación Δ_b para una determinada subbanda b se calcula a partir del rango dinámico R_b de la subbanda b , el exponente ε_b y matisa μ_b según la ecuación (E-3).

$$\Delta_b = 2^{R_b - \varepsilon_b} \left(1 + \frac{\mu_b}{2^{11}} \right) \quad (\text{E-3})$$

NOTA – El denominador de la ecuación (E-3), 2^{11} se explica por la asignación de 11 bits en el tren codificado para μ_b , según viene dado en el cuadro A.30.

En la ecuación (E-3), el exponente ε_b y la mantisa μ_b se especifican en los segmentos marcadores QCD o QCC (véanse A.6.4 y A.6.5) y el rango dinámico nominal R_b [(según la ecuación (E-4)] es la suma de R_i (número de bits utilizados para representar las muestras de componentes losa originales que pueden extraerse a partir del marcador SIZ – véase cuadro A.11 en A.5.1) y el exponente base 2 de la ganancia de la subbanda actual b ($ganancia_b$), que varía según el tipo de subbanda b ($levLL$, $levLH$ o $levHL$, $levHH$ – véase F.3.1). Los valores de ganancia se especifican en el cuadro E.1.

Cuadro E.1 – Ganancia de las subbandas

subbanda b	ganancia $_b$	$\log_2(\text{ganancia}_b)$
$levLL$	1	0
$levLH$	2	1
$levHL$	2	1
$levHH$	4	2

$$R_b = R_I + \log_2(\text{ganancia}_b) \quad (E-4)$$

Los pares exponente/mantisa (ϵ_b, μ_b) se señalan en el tren codificado para cada subbanda (cuantificación indicada) o se señalan sólo para la subbanda $N_{L,LL}$ y se calculan para el resto de las subbandas (cuantificación calculada) (véase cuadro A.30). En el caso de la cuantificación calculada, todos los pares exponente/mantisa (ϵ_b, μ_b) se calculan a partir del par exponente/mantisa (ϵ_o, μ_o) correspondiente a la subbanda $N_{L,LL}$, mediante la ecuación (E-5)

$$(\epsilon_b, \mu_b) = (\epsilon_o - N_L + n_b, \mu_o) \quad (E-5)$$

siendo n_b el número de niveles de descomposición del componente losa original de la subbanda b .

NOTA – Para una determinada subbanda b , puede haber un coeficiente de transformada cuantificado que supere el rango dinámico R_b .

E.1.1.2 Reconstrucción del coeficiente de transformada

En la transformada irreversible, el coeficiente de transformada reconstruido viene dado por la ecuación (E-6).

$$Rq_b(u, v) = \begin{cases} \left(\overline{q}_b(u, v) + r2^{M_b - N_b(u, v)} \right) \cdot \Delta_b & \text{para } \overline{q}_b(u, v) > 0 \\ \left(\overline{q}_b(u, v) - r2^{M_b - N_b(u, v)} \right) \cdot \Delta_b & \text{para } \overline{q}_b(u, v) < 0 \\ 0 & \text{para } \overline{q}_b(u, v) = 0 \end{cases} \quad (E-6)$$

siendo r un parámetro de reconstrucción que el decodificador puede elegir arbitrariamente.

NOTA – Se puede elegir el parámetro de reconstrucción r , por ejemplo, para producir la mejor calidad visual u objetiva en la reconstrucción. En general se trabaja con $0 \leq r < 1$, y es común utilizar $r = 1/2$ (esta nota también se aplica a E.1.2).

E.1.2 Transformada reversible

E.1.2.1 Determinación del tamaño del escalón de cuantificación

En la transformada reversible, el tamaño de cuantificación del escalón Δ_b es igual a uno (no se realiza cuantificación).

E.1.2.2 Reconstrucción del coeficiente de transformada

En la transformada reversible, la recuperación del coeficiente de transformada reconstruido $Rq_b(u, v)$ es diferente si están o no decodificados todos los bits de coeficiente, es decir si $N_b(u, v) = M_b$ o $N_b(u, v) < M_b$.

Si $N_b(u, v) = M_b$, el coeficiente de transformada reconstruido $Rq_b(u, v)$ viene dado por la ecuación (E-7).

$$Rq_b(u, v) = \overline{q}_b(u, v) \quad (E-7)$$

Si $N_b(u, v) < M_b$, el coeficiente de transformada reconstruido $Rq_b(u, v)$ viene dado por la ecuación (E-8).

$$Rq_b(u, v) = \begin{cases} \left\lfloor \left(\overline{q_b}(u, v) + r2^{M_b - N_b(u, v)} \right) \cdot \Delta_b \right\rfloor & \text{para } \overline{q_b}(u, v) > 0 \\ \left\lceil \left(\overline{q_b}(u, v) - r2^{M_b - N_b(u, v)} \right) \cdot \Delta_b \right\rceil & \text{para } \overline{q_b}(u, v) < 0 \\ 0 & \text{para } \overline{q_b}(u, v) = 0 \end{cases} \quad (\text{E-8})$$

E.2 Cuantificación de coeficientes escalares (informativo)

En la compresión irreversible, después de aplicar la transformada en ondícula discreta irreversible (véase el anexo F) cada uno de los coeficientes de transformada $a_b(u, v)$ de la subbanda b se cuantifica al valor $q_b(u, v)$ conforme a la ecuación (E-9).

$$q_b(u, v) = \text{sign}(a_b(u, v)) \cdot \left\lfloor \frac{|a_b(u, v)|}{\Delta_b} \right\rfloor \quad (\text{E-9})$$

siendo Δ_b el tamaño del escalón de cuantificación. El exponente ε_b y la mantisa μ_b correspondientes a Δ_b se pueden calcular mediante la ecuación (E-5), y deben registrarse en el tren codificado en los marcadores QCD o QCC (véanse A.6.4 y A.6.5).

El tamaño del escalón de cuantificación ha de ser 1 en la compresión reversible. En este caso, se registra un parámetro ε_b en el tren codificado en los marcadores QCD o QCC (véanse A.6.4 y A.6.5), que se calcula así:

$$\varepsilon_b = R_I + \log_2(\text{ganancia}_b) + \zeta_c \quad (\text{E-10})$$

siendo R_I y ganancia_b los valores descritos en E.1.1; ζ_c es cero si no se utiliza la RCT o, cuando ésta se utiliza, es el número de bits adicionales añadidos por la RCT, según se describe en G.2.1.

En las dos formas de compresión (reversible o irreversible) para impedir un posible desbordamiento o rebasamiento de la gama nominal de representación de $|q_b(u, v)|$, en enteros, por ejemplo durante los cálculos en coma flotante, el número M_b de bits para la representación de $q_b(u, v)$ en enteros utilizado en el codificador se define mediante la ecuación (E-2). El número G de bits de guarda se ha de especificar en el marcador QCD o QCC (véanse A.6.4 y A.6.5). Los valores típicos para el número de bits de guarda son $G = 1$ o $G = 2$.

Anexo F

Transformada en ondícula discreta de componentes losa

(Este anexo es parte integrante de esta Recomendación | Norma Internacional)

En este anexo los diagramas de flujo y los cuadros son normativos únicamente en el sentido de que definen un formato de salida necesario para todas las implementaciones.

En este anexo se describe la transformada en ondícula discreta aplicada a un componente losa y se especifica la transformada en ondícula discreta inversa que se utiliza para reconstruir el componente losa.

F.1 Parámetros de componente losa

Considérese el componente losa definido mediante las coordenadas tcx_0 , tcx_1 , tcy_0 , y tcy_1 , de la ecuación (B-12), B.3. Las coordenadas (x, y) del componente losa [con valores de muestra $I(x,y)$] están dentro de los siguientes límites:

$$tcx_0 \leq x < tcx_1 \text{ and } tcy_0 \leq y < tcy_1 \quad (\text{F-1})$$

F.2 Transformadas en ondícula discretas**F.2.1 Filtrado de paso bajo y de paso alto (informativo)**

Para aplicar la transformada en ondícula discreta (FDWT, *forward discrete wavelet transformation*), en esta Recomendación | Norma Internacional se utiliza una descomposición unidimensional de subbandas de una matriz unidimensional de muestras en coeficientes de paso bajo que representan una versión de baja resolución y submuestreada de la matriz original, y coeficientes de paso alto que representan una versión submuestreada residual de la matriz original, necesaria para reconstruir perfectamente la matriz original a partir de la matriz de paso bajo.

Para aplicar la transformada en ondícula discreta inversa (IDWT, *inverse discrete wavelet transformation*), en esta Recomendación | Norma Internacional se utiliza una reconstrucción unidimensional de subbandas de una matriz unidimensional de muestras, a partir de coeficientes de paso bajo y de paso alto.

F.2.2 Niveles de descomposición

Cada componente losa se transforma en un conjunto de señales de subbanda bidimensionales (subbandas) que representan la actividad de la señal en diversas bandas de frecuencia, y con distintas resoluciones espaciales. N_L indica el número de niveles de descomposición.

F.2.3 Filtros en ondícula discretos (informativa)

En esta Recomendación | Norma Internacional se especifica una transformada reversible y una transformada irreversible. Dado que las muestras de componente losa son valores enteros, una transformada reversible requiere que se especifique un procedimiento de redondeo para los coeficientes de transformada intermedios que no son enteros.

F.3 Transformada en ondícula discreta inversa**F.3.1 El procedimiento IDWT**

La transformada en ondícula discreta inversa (IDWT) transforma un conjunto de subbandas, $a_b(u_b, v_b)$, en un componente losa con el nivel DC trasladado, $I(x, y)$ (procedimiento IDWT). El parámetro N_L , que representa el número de niveles de descomposición (véase figura F.1) es parte de la información de entrada del procedimiento IDWT. El número de niveles de descomposición N_L se indica en los marcadores COD o COC (véanse A.6.1 y A.6.2).

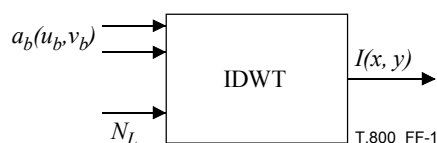


Figura F.1 – Entradas y salidas del procedimiento IDWT

Las etiquetas de la subbanda están formadas por un índice lev correspondiente al nivel de descomposición seguido de dos letras (LL, HL, LH o HH).

La subbanda $b = levLL$ es una versión submuestreada de la subbanda $(lev - 1)LL$ a la cual se ha aplicado un filtro de paso bajo vertical y un filtro de paso bajo horizontal. La subbanda $b = 0LL$ corresponde a el componente losa original. La subbanda $b = levHL$ es una versión submuestreada de la subbanda $(lev - 1)LL$ a la cual se ha aplicado un filtro de paso bajo vertical y un filtro de paso alto horizontal. La subbanda igual a $b = levLH$ es una versión submuestreada de la subbanda $(lev - 1)LL$ a la cual se ha aplicado un filtro de paso alto vertical y un filtro de paso bajo horizontal. La subbanda $b = levHH$ es una versión submuestreada de la subbanda $(lev - 1)LL$ a la cual se ha aplicado un filtro de paso alto vertical y un filtro de paso alto horizontal.

Para un determinado valor de N_L , sólo las siguientes subbandas aparecen en el tren codificado, en el orden indicado (estas subbandas son suficientes para reconstruir completamente el componente losa original):

$$N_L LL, N_L HL, N_L LH, N_L HH, (N_L - 1)HL, (N_L - 1)LH, (N_L - 1)HH, \dots, 1HL, 1LH, 1HH.$$

Para una determinada subbanda b , el número n_b representa el nivel de descomposición en el que se generó cuando se codificó, y viene dado en el cuadro F.1:

Cuadro F.1 – Nivel de descomposición n_b para la subbanda b

b	$N_L LL$	$N_L HL$	$N_L LH$	$N_L HH$	$(N_L - 1)HL$	$(N_L - 1)LH$	$(N_L - 1)HH$	...	1HL	1LH	1HH
n_b	N_L	N_L	N_L	N_L	$N_L - 1$	$N_L - 1$	$N_L - 1$	...	1	1	1

En la figura F.2 se representan las subbandas para el caso en que $N_L = 2$.

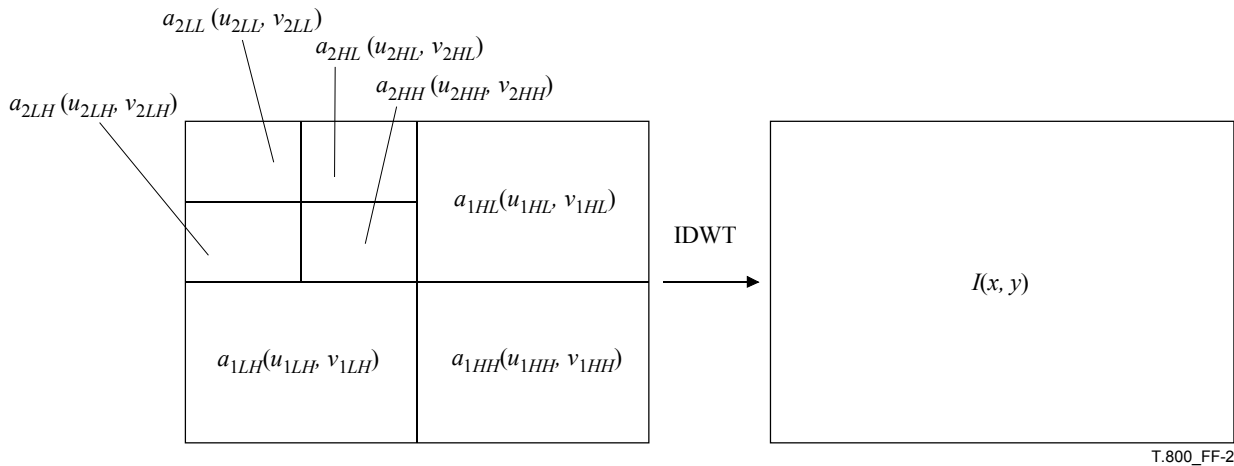


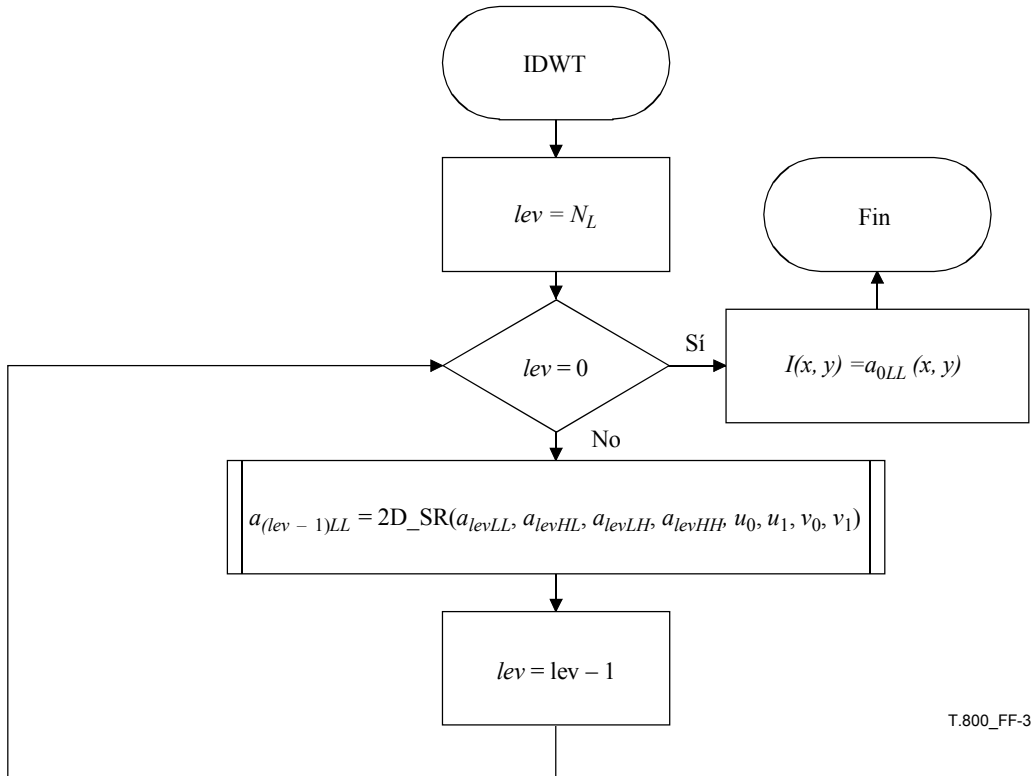
Figura F.2 – Transformada IDWT ($N_L = 2$)

El procedimiento IDWT empieza con la inicialización de la variable lev (el nivel de descomposición actual) a N_L . El procedimiento 2D_SR (véase F.3.2) se aplica en todos los niveles lev ; el nivel lev se va disminuyendo en cada iteración hasta que se realizan N_L iteraciones. El procedimiento 2D_SR se repite sobre la subbanda $levLL$ producida en cada iteración. Por último, la subbanda $a_{0LL}(u_{0LL}, v_{0LL})$ es la matriz de salida $I(x,y)$.

Según se define en la ecuación (B-15), los índices (u_b, v_b) de los coeficientes de subbanda $a_b(u_b, v_b)$ para una determinada subbanda b están dentro de los siguientes límites:

$$tbx_0 \leq u_b < tbx_1 \quad \text{and} \quad tby_0 \leq v_b < tby_1 \tag{F-2}$$

En la figura F.3 se describe el procedimiento IDWT.

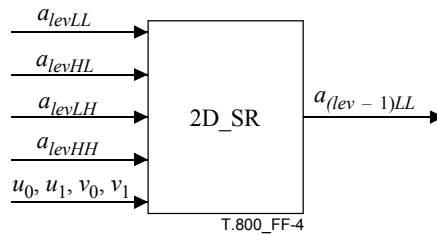


T.800_FF-3

Figura F.3 – El procedimiento IDWT

F.3.2 El procedimiento 2D_SR

El procedimiento 2D_SR reconstruye la subbanda $a_{(lev-1)LL}(u, v)$ a partir de las cuatro subbandas $a_{levLL}(u, v)$, $a_{levHL}(u, v)$, $a_{levLH}(u, v)$ y $a_{levHH}(u, v)$ (véase figura F.4). El número total de coeficientes de la subbanda $levLL$ reconstruida es igual a la suma de todos los coeficientes de las cuatro subbandas a la entrada del procedimiento 2D_SR (véase la figura F.5).



T.800_FF-4

Figura F.4 – Entradas y salidas del procedimiento 2D_SR

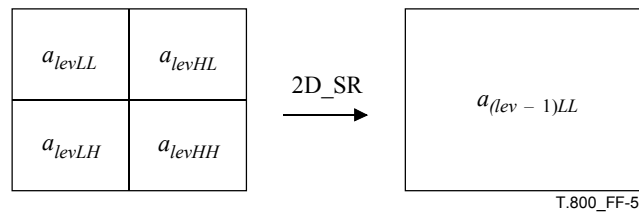


Figura F.5 – Un nivel de reconstrucción de subbanda a partir de cuatro subbandas (procedimiento 2D_SR)

En primer lugar, las cuatro subbandas $a_{levLL}(u, v)$, $a_{levHL}(u, v)$, $a_{levLH}(u, v)$ y $a_{levHH}(u, v)$ se intercalan para formar una matriz $a(u, v)$ utilizando el procedimiento 2D_INTERLEAVE. Seguidamente, el procedimiento 2D_SR aplica el procedimiento HOR_SR a todas las filas de $a(u, v)$ y el procedimiento VER_SR a todas las columnas de $a(u, v)$ para producir la subbanda reconstruida $a_{(lev-1)LL}(u, v)$. En la figura F.6 se representa el procedimiento 2D_SR.

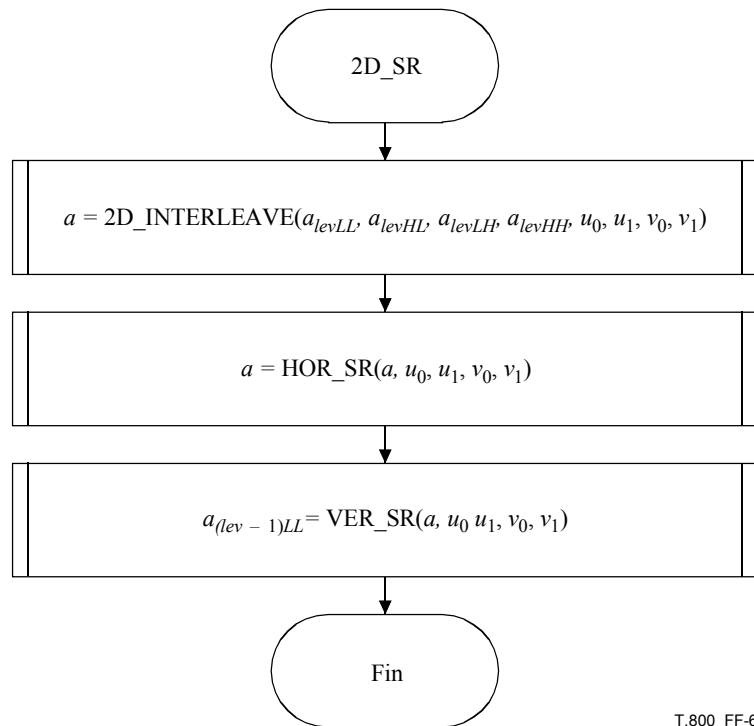


Figura F.6 – El procedimiento 2D_SR

F.3.3 El procedimiento 2D_INTERLEAVE

Según se muestra en la figura F.7, el procedimiento 2D_INTERLEAVE intercala los coeficientes de cuatro subbandas a_{levLL} , a_{levHL} , a_{levLH} , a_{levHH} para formar $a(u, v)$. Los valores de u_0 , u_1 , v_0 , v_1 utilizados por el procedimiento 2D_INTERLEAVE son tbx_0 , tbx_1 , tby_0 , tby_1 correspondientes a la subbanda $b = (lev - 1)LL$ [véase definición en la ecuación (B-15)].

En la figura F.8 se describe el procedimiento 2D_INTERLEAVE y la forma de intercalar estas subbandas para generar el resultado de $a(u, v)$.

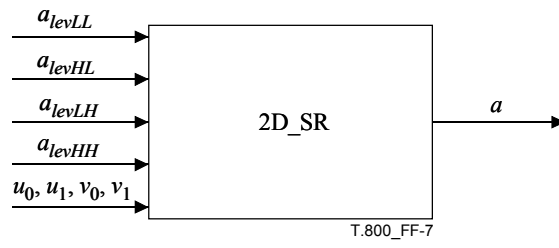
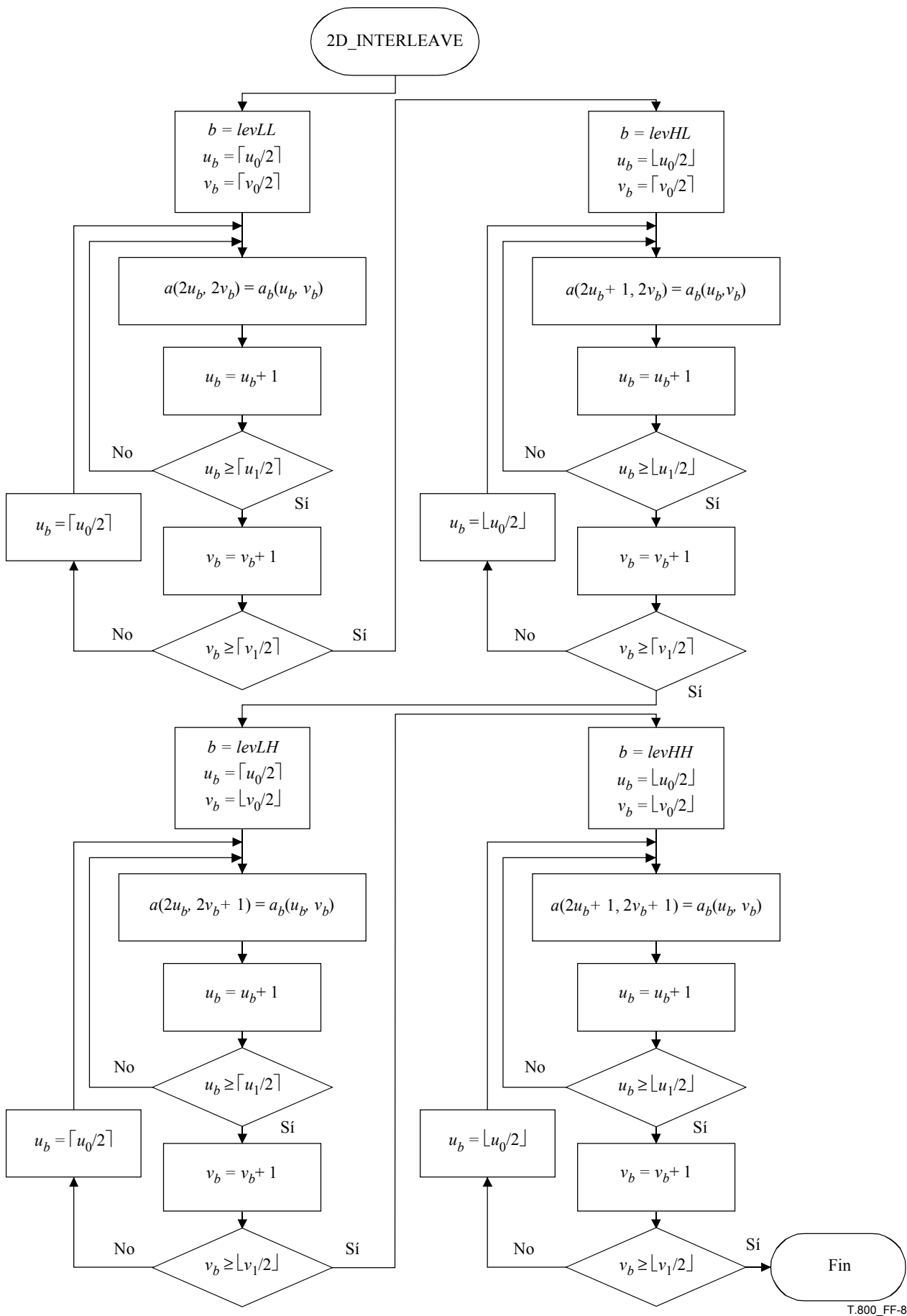


Figura F.7 – Parámetros del procedimiento 2D_INTERLEAVE



T.800_FF-8

Figura F.8 – El procedimiento 2D_INTERLEAVE

F.3.4 El procedimiento HOR_SR

El procedimiento HOR_SR reconstruye una matriz de coeficientes bidimensional en una subbanda horizontal. A la entrada tiene una matriz bidimensional $a(u, v)$ cuyos coeficientes tienen estos límites de extensión horizontal y vertical, $u_0 \leq u < u_1$ y $v_0 \leq v < v_1$ (véase figura F.9) y produce a su salida una versión filtrada horizontalmente de la matriz de entrada, fila por fila.

Como se ilustra en la figura F.10, el procedimiento HOR_SR aplica la reconstrucción de subbanda unidimensional (procedimiento 1D_SR) a cada fila v de la matriz de entrada $a(u, v)$ y almacena el resultado en cada fila.

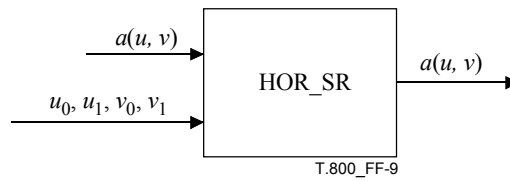


Figura F.9 – Entradas y salidas del procedimiento HOR_SR

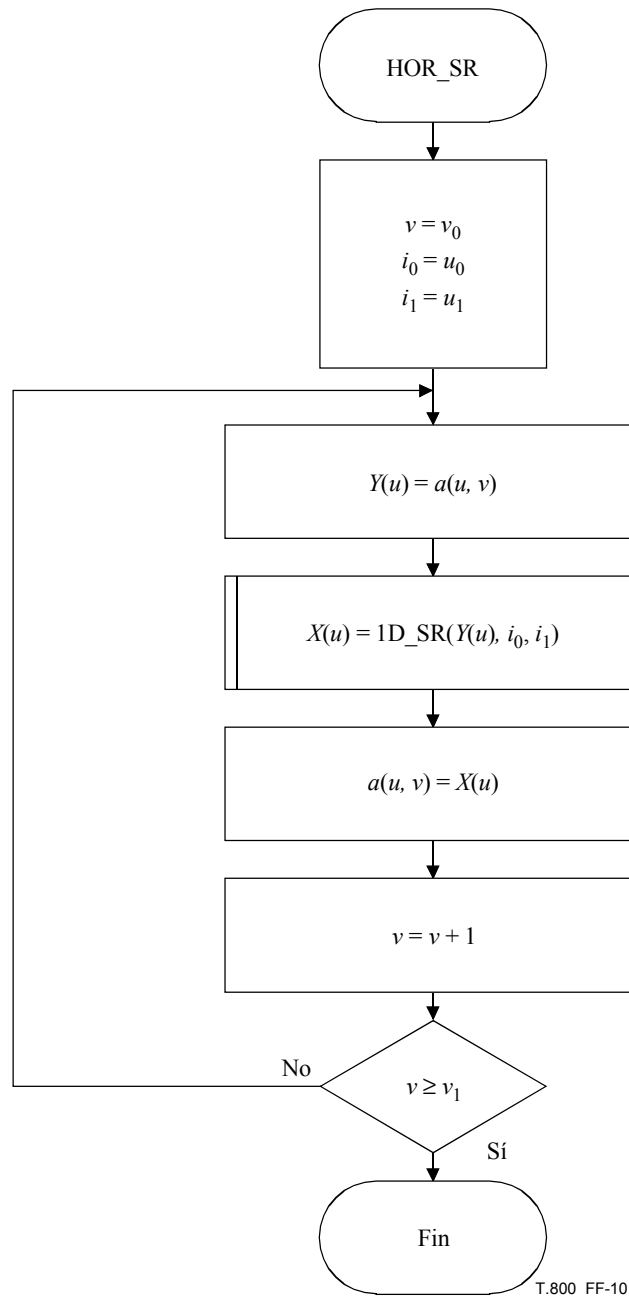


Figura F.10 – El procedimiento HOR_SR

F.3.5 El procedimiento VER_SR

El procedimiento VER_SR reconstruye una matriz de coeficientes bidimensional en una subbanda vertical. Toma como entrada una matriz bidimensional $a(u, v)$, cuyos coeficientes tienen estos límites de extensión horizontal y vertical, $u_0 \leq u < u_1$ y $v_0 \leq v < v_1$ (véase figura F.11) y produce a la salida una versión filtrada verticalmente de la matriz de entrada, columna por columna.

Como se ilustra en la figura F.12, el procedimiento VER_SR aplica la reconstrucción de subbanda unidimensional (procedimiento 1D_SR) a cada columna u de la matriz de entrada $a(u, v)$ y almacena el resultado en cada columna.

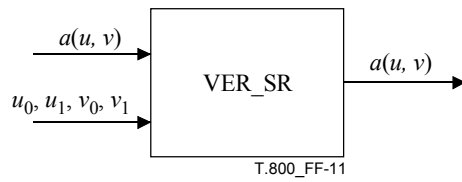


Figura F.11 – Entradas y salidas del procedimiento VER_SR

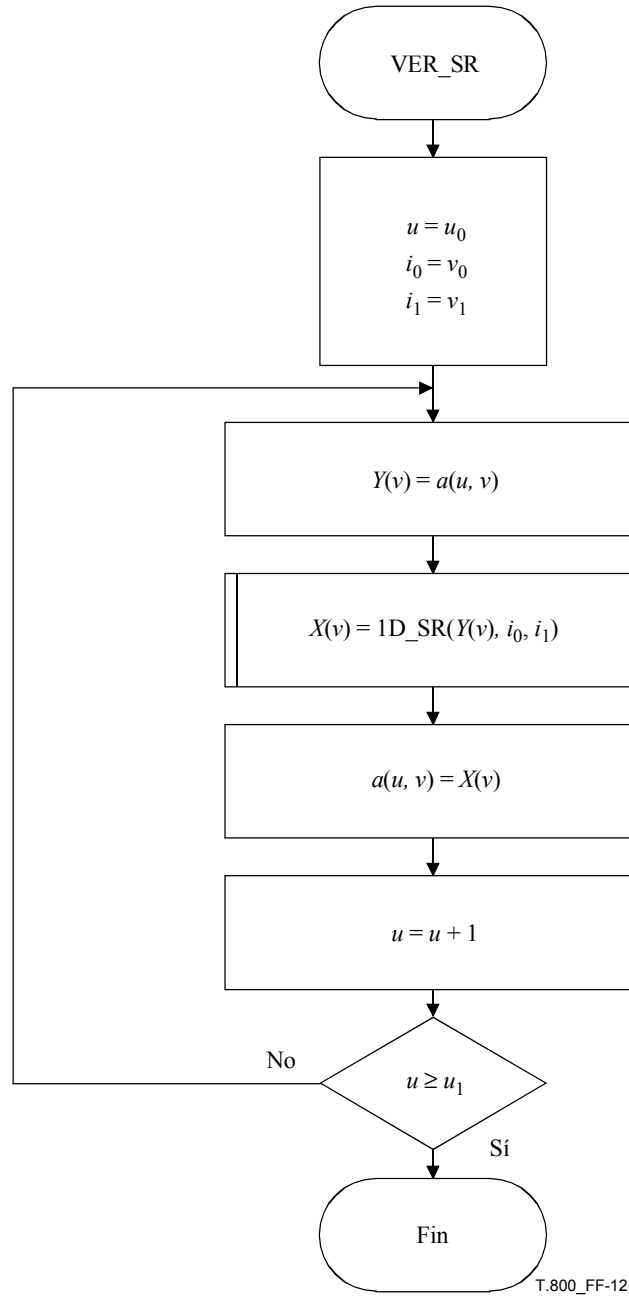


Figura F.12 – El procedimiento VER_SR

F.3.6 El procedimiento 1D_SR

Según se muestra en la figura F.13, el procedimiento 1D_SR transforma una matriz de entrada unidimensional $Y(i)$, cuyos coeficientes tienen estos límites $i_0 \leq i < i_1$, y produce a la salida una matriz X , con los mismos índices (i_0, i_1) .

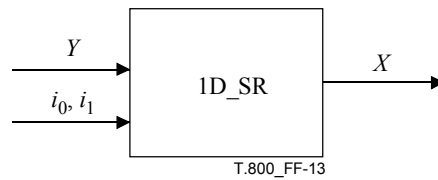


Figura F.13 – Parámetros del procedimiento 1D_SR

Para señales de longitud uno (es decir $i_0 = i_1 - 1$), el procedimiento 1D_SR fija los valores de $X(i_0)$ a $X(i_0) = Y(i_0)$ cuando i_0 es un entero par, o $X(i_0) = Y(i_0)/2$ cuando i_0 es un entero impar.

Para señales de longitud dos o superior (es decir $i_0 < i_1 - 1$), según se muestra en la figura F.14, el procedimiento 1D_SR utiliza en primer lugar el procedimiento 1D_EXTR para ampliar la señal Y más allá de sus límites izquierdo y derecho, lo que da por resultado la señal extendida Y_{ext} , y seguidamente utiliza el procedimiento 1D_FILTR para realizar un filtrado inverso de la señal extendida Y_{ext} y producir la señal filtrada deseada X . La aplicación de los procedimientos 1D_EXTR y 1D_FILTR depende de la selección: transformada en ondícula irreversible 9-7 (transformación irreversible) o transformada en ondícula reversible 5-3 (transformación reversible). La selección se indica en los marcadores COD o COC (véanse A.6.1 y A.6.2).

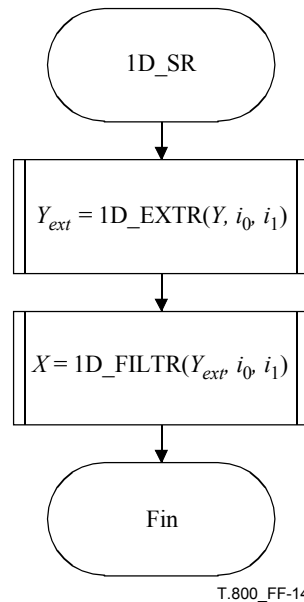


Figura F.14 – El procedimiento 1D_SR

F.3.7 El procedimiento 1D_EXTR

Según se muestra en la figura F.15, el procedimiento 1D_EXTR extiende la señal Y añadiendo i_{left} coeficientes a la izquierda e i_{right} coeficientes a la derecha. La extensión de la señal es necesaria para poder filtrar en ambos límites de la señal.

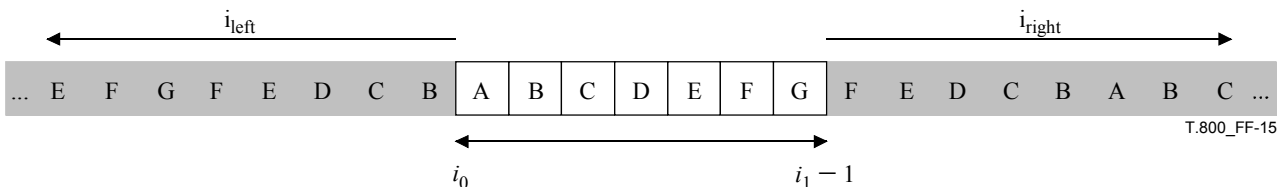


Figura F.15 – Extensión simétrica periódica de la señal

El primer coeficiente de Y es el coeficiente i_0 , y el último coeficiente de la señal Y es el coeficiente $i_1 - 1$. Este procedimiento de extensión es conocido como "extensión simétrica periódica". La extensión simétrica consiste en extender la señal a la izquierda con los coeficientes de señal obtenidos mediante una reflexión de la señal centrada en el primer coeficiente (coeficiente i_0) y extender la señal a la derecha con los coeficientes de señal obtenidos mediante una reflexión de la señal en el último coeficiente ($i_1 - 1$). La extensión simétrica periódica es una generalización de la extensión simétrica para el caso más general en que el número de coeficientes que extienden la señal a uno u otro lado puede superar la longitud de la señal $i_1 - i_0$: esto puede ocurrir en niveles de descomposición más altos.

El procedimiento 1D_EXTR calcula los valores de $Y_{ext}(i)$ para valores de i que están fuera de los límites $i_0 \leq i < i_1$, según describe la ecuación (F-3):

$$Y_{ext}(i) = Y(PSE_O(i, i_0, i_1)) \tag{F-3}$$

donde $PSE_O(i, i_0, i_1)$ viene dado por la ecuación (F-4):

$$PSE_O(i, i_0, i_1) = i_0 + \min(\text{mod}(i - i_0, 2(i_1 - i_0 - 1)), 2(i_1 - i_0 - 1) - \text{mod}(i - i_0, 2(i_1 - i_0 - 1))) \tag{F-4}$$

Se han definido dos procedimientos de extensión, en función de si se utiliza la transformada en ondícula 5-3 (procedimiento 1D_EXTR₅₋₃) o la transformada en ondícula 9-7 (procedimiento 1D_EXTR₉₋₇). Estos procedimientos sólo difieren en los valores mínimos de los parámetros de extensión ($i_{left_{5-3}}$ e $i_{right_{5-3}}$ para la transformada en ondícula 5-3, e $i_{left_{9-7}}$ e $i_{right_{9-7}}$ para la transformada en ondícula 9-7), los cuales se muestran en los cuadros F.2 y F.3, y dependen de la paridad de los índices i_0 e i_1 . Los valores iguales a los de los cuadros F.2 y F.3 o mayores producirán la misma matriz X a la salida del procedimiento 1D_IFILTR de la figura F.14.

Cuadro F.2 – Extensión hacia la izquierda

i_0	$i_{left_{5-3}}$	$i_{left_{9-7}}$
par	1	3
impar	2	4

Cuadro F.3 – Extensión hacia la derecha

i_1	$i_{right_{5-3}}$	$i_{right_{9-7}}$
impar	1	3
par	2	4

F.3.8 El procedimiento 1D_FILTR

Se especifica un procedimiento de filtrado reversible 1D_FILTR_{5-3R} y un procedimiento de filtrado irreversible 1D_FILTR_{9-7I} en función de si se utiliza la transformada en ondícula reversible 5-3 o la irreversible 9-7.

Según se muestra en la figura F.16 ambos procedimientos toman a la entrada una señal 1D extendida Y_{ext} , el índice del primer coeficiente i_0 y el índice del coeficiente i_1 que sigue inmediatamente al último coeficiente ($i_1 - 1$). Ambos procedimientos producen la señal de salida X .

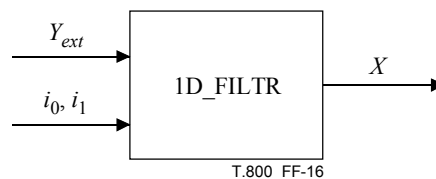


Figura F.16 – Parámetros del procedimiento 1D_FILTR

Ambos procedimientos utilizan un filtrado de elevación, que consiste en aplicar a la señal una secuencia de operaciones de filtrado muy simples, conocidas como escalones de elevación, la cual modifica alternativamente los valores de coeficiente de la señal indexados impares con una suma ponderada de valores de coeficiente indexados pares, y los valores de coeficiente indexados pares con una suma ponderada de valores de coeficiente indexados impares.

F.3.8.1 El procedimiento 1D_FILTR_{5-3R}

El procedimiento 1D_FILTR_{5-3R} utiliza el filtrado de elevación junto con operaciones de redondeo. En primer lugar se aplica la ecuación (F-5) a todos los valores de n indicados, y seguidamente la ecuación (F-6) que utiliza los valores calculados a partir de la ecuación (F-5):

$$X(2n) = Y_{ext}(2n) - \left\lfloor \frac{Y_{ext}(2n-1) + Y_{ext}(2n+1) + 2}{4} \right\rfloor \quad \text{para} \quad \left\lfloor \frac{i_0}{2} \right\rfloor \leq n < \left\lfloor \frac{i_1}{2} \right\rfloor + 1 \quad (\text{F-5})$$

$$X(2n+1) = Y_{ext}(2n+1) + \left\lfloor \frac{X(2n) + X(2n+2)}{2} \right\rfloor \quad \text{para} \quad \left\lfloor \frac{i_0}{2} \right\rfloor \leq n < \left\lfloor \frac{i_1}{2} \right\rfloor \quad (\text{F-6})$$

Los valores de $X(k)$ con $i_0 \leq k < i_1$, forman la salida del procedimiento 1D_FILTR_{5-3R}.

F.3.8.2 El procedimiento 1D_FILTR_{9-7I}

El procedimiento 1D-FILTR_{9-7I} utiliza filtrado de elevación (no se aplica la función redondeo). Los parámetros de elevación (α , β , γ , δ) y el parámetro de cambio de escala K para todos los pasos de filtrado se definen en F.3.8.2.1).

En la ecuación (F-7) se describen los dos pasos de cambio de escala (1 y 2) y los cuatro pasos de elevación (3 a 6) del filtrado 1D que se aplica a la señal extendida $Y_{ext}(n)$ para producir los coeficientes $i_1 - i_0$ de la señal X . Estos pasos se aplican en el orden siguiente.

En primer lugar se aplica el paso 1 para todos los valores de n que valen $\left\lfloor \frac{i_0}{2} \right\rfloor - 1 \leq n < \left\lfloor \frac{i_1}{2} \right\rfloor + 2$ y el paso 2 para todos los valores de n que valen $\left\lfloor \frac{i_0}{2} \right\rfloor - 2 \leq n < \left\lfloor \frac{i_1}{2} \right\rfloor + 2$.

A continuación se aplica el paso 3 para todos los valores de n que valen $\left\lfloor \frac{i_0}{2} \right\rfloor - 1 \leq n < \left\lfloor \frac{i_1}{2} \right\rfloor + 2$ y se utilizan los valores calculados en los pasos 1 y 2.

Posteriormente se aplica el paso 4 para todos los valores de n que valen $\left\lfloor \frac{i_0}{2} \right\rfloor - 1 \leq n < \left\lfloor \frac{i_1}{2} \right\rfloor + 1$ y se utilizan los valores calculados en los pasos 2 y 3.

A continuación se aplica el paso 5 para todos los valores de n que valen $\left\lfloor \frac{i_0}{2} \right\rfloor \leq n < \left\lfloor \frac{i_1}{2} \right\rfloor + 1$ y se utilizan los valores calculados en los pasos 3 y 4.

Por último se aplica el paso 6 para todos los valores de n que valen $\left\lfloor \frac{i_0}{2} \right\rfloor \leq n < \left\lfloor \frac{i_1}{2} \right\rfloor$ y se utilizan los valores calculados en los pasos 4 y 5.

$$\left\{ \begin{array}{ll} X(2n) = KY_{ext}(2n) & [\text{PASO1}] \\ X(2n+1) = (1/K)Y_{ext}(2n+1) & [\text{PASO2}] \\ X(2n) = X(2n) - \delta(X(2n-1) + X(2n+1)) & [\text{PASO3}] \\ X(2n+1) = X(2n+1) - \gamma(X(2n) + X(2n+2)) & [\text{PASO4}] \\ X(2n) = X(2n) - \beta(X(2n-1) + X(2n+1)) & [\text{PASO5}] \\ X(2n+1) = X(2n+1) - \alpha(X(2n) + X(2n+2)) & [\text{PASO6}] \end{array} \right. \quad (\text{F-7})$$

donde los valores de los parámetros de elevación ($\alpha, \beta, \gamma, \delta$) y K se definen en el cuadro F.4.

Cuadro F.4 – Definición de los parámetros de elevación para el filtro irreversible 9-7

Parámetro	Expresión exacta	Valor aproximado
α	$-g_4 / g_3$	-1,586 134 342 059 924
β	g_3 / r_1	-0,052 980 118 572 961
γ	r_1 / s_0	0,882 911 075 530 934
δ	s_0 / t_0	0,443 506 852 043 971
K	$1 / t_0$	1,230 174 104 914 001

El procedimiento 1D_FILTR₁ produce como resultado los valores de $X(k)$ con $i_0 \leq k < i_1$.

F.3.8.2.1 Parámetros de filtrado para el procedimiento 1D_FILTR₉₋₇₁

Los parámetros de filtrado ($\alpha, \beta, \gamma, \delta$), se definen en el cuadro F.4, los parámetros g_n en el cuadro F.5 y los parámetros (r_0, r_1, s_0, t_0) en el cuadro F.6. Los parámetros g_n dependen de los parámetros $x_1, \Re x_2$ y $|x_2|^2$ definidos en el cuadro F.7. La definición en todos los cuadros es exhaustiva, con aproximaciones de hasta 15 cifras decimales.

Cuadro F.5 – Definición de los coeficientes g_n

n	Coefficientes g_n	Valor aproximado de g_n
0	$5x_1(48|x_2|^2 - 16\Re x_2 + 3) / 32$	-0,602 949 018 236 360
1	$-5x_1(8|x_2|^2 - \Re x_2) / 8$	0,266 864 118 442 875
2	$5x_1(4|x_2|^2 + 4\Re x_2 - 1) / 16$	0,078 223 266 528 990
3	$-5x_1(\Re x_2) / 8$	-0,016 864 118 442 875
4	$5x_1 / 64$	-0,026 748 757 410 810

Cuadro F.6 – Expresiones intermedias (r_0, r_1, s_0, t_0)

Parámetro	Expresión exacta	Valor aproximado
r_0	$-g_0 + 2g_1g_4 / g_3$	1,449 513 704 087 943
r_1	$-g_2 + g_4 + g_1g_4 / g_3$	0,318 310 318 985 991
s_0	$g_1 - g_3 - g_3r_0 / r_1$	0,360 523 644 801 462
t_0	$r_0 - 2r_1$	0,812 893 066 115 961

Cuadro F.7 – Expresiones intermedias

Parámetro	Expresión exacta	Valor aproximado
A	$\sqrt[3]{\frac{63 - 14\sqrt{15}}{1080\sqrt{15}}}$	0,128 030 244 703 494
B	$-\sqrt[3]{\frac{63 + 14\sqrt{15}}{1080\sqrt{15}}}$	-0,303 747 672 895 197
x_1	$A + B - 1 / 6$	-0,342 384 094 858 369
$\Re x_2$	$-\frac{(A + B)}{2} - \frac{1}{6}$	-0,078 807 952 570 815
$|x_2|^2$	$\left[\frac{(A + B)}{2} + \frac{1}{6}\right]^2 + \frac{3(A - B)^2}{4}$	0,146 034 820 982 800

F.4 Transformada directa (informativo)

F.4.1 El procedimiento FDWT (informativo)

La transformada en ondícula discreta (FDWT) transforma las muestras de componentes losa con nivel DC trasladado $I(x, y)$ en un conjunto de subbandas con coeficientes $a_b(u_b, v_b)$ (procedimiento FDWT). El número de niveles de descomposición N_L indicados en los marcadores COD o COC (véanse A.6.1 y A.6.2) es parte de la información de entrada del procedimiento FDWT (véase figura F.17).

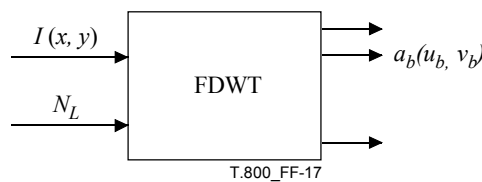


Figura F.17 – Entradas y salidas del procedimiento FDWT

Como se muestra en la figura F.18, todas las subbandas en el caso $N_L = 2$ se pueden representar de la siguiente manera:

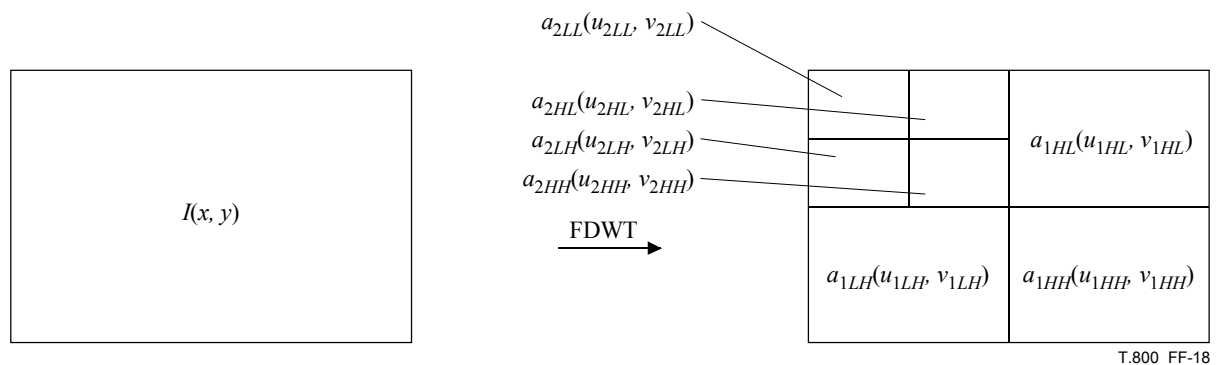


Figura F.18 – Transformada FDWT ($N_L=2$)

Para empezar, el procedimiento FDWT inicializa a cero la variable lev (el nivel de descomposición actual) y fija la subbanda $a_{0LL}(u_{0LL}, v_{0LL})$ a la matriz de entrada $I(u, v)$. El procedimiento 2D_SD se aplica en todos los niveles lev ; el nivel lev aumenta en uno a cada iteración, hasta que se hayan realizado N_L iteraciones. El procedimiento 2D_SD se aplica reiteradamente sobre la subbanda $levLL$ producida en cada iteración.

Según se define en el anexo B [véase ecuación (B-15)] las coordenadas de la subbanda $a_{levLL}(u, v)$ están dentro de los siguientes límites:

$$tbx_0 \leq u < tbx_1 \quad \text{and} \quad tby_0 \leq v < tby_1 \quad (F-8)$$

En la figura F.19 se describe el procedimiento FDWT.

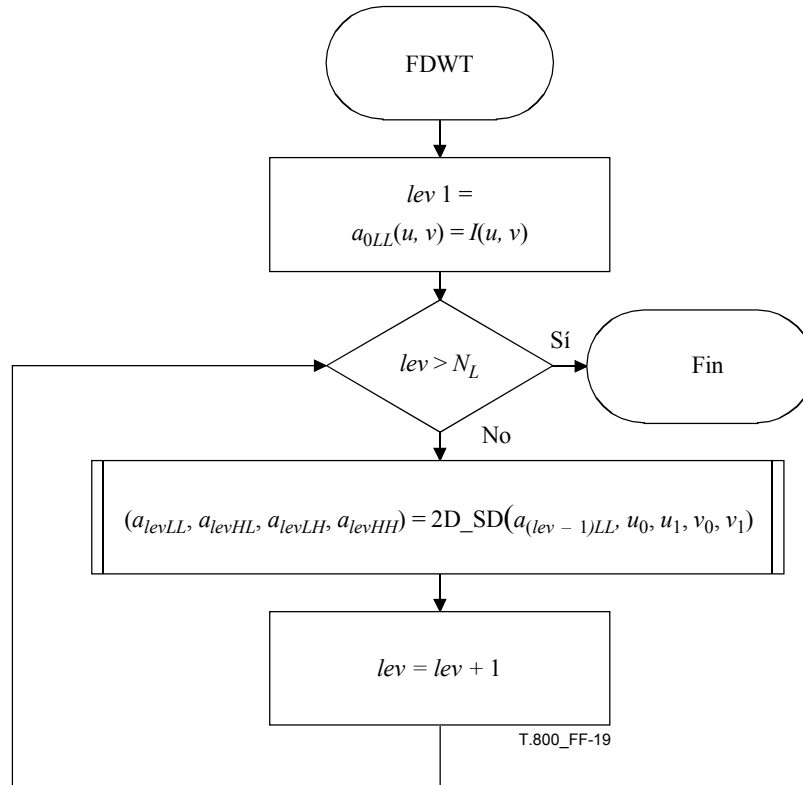


Figura F.19 – El procedimiento FDWT

F.4.2 El procedimiento 2D_SD (informativo)

El procedimiento 2D_SD descompone una matriz bidimensional de coeficientes o muestras $a_{(lev-1)LL}(u, v)$ en cuatro grupos de coeficientes de subbanda $a_{levLL}(u, v)$, $a_{levHL}(u, v)$, $a_{levLH}(u, v)$ y $a_{levHH}(u, v)$.

El número total de coeficientes de la subbanda lev_{LL} es igual a la suma de todos los coeficientes de las cuatro subbandas que resultan de aplicar el procedimiento 2D_SD.

En la figura F.20 se describen los parámetros de entrada y salida del procedimiento 2D_SD.

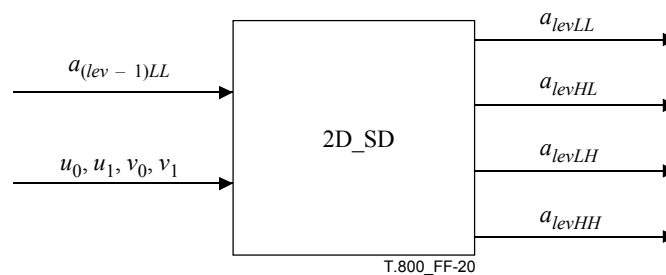


Figura F.20 – Entradas y salidas del procedimiento 2D_SD

En la figura F.21 se representa la descomposición en subbandas realizada por el procedimiento 2D_SD.

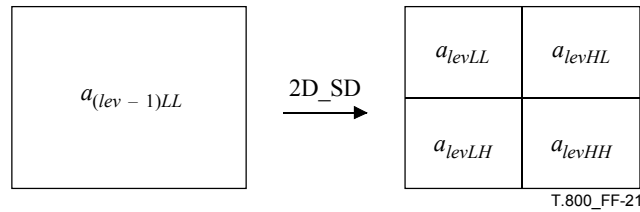


Figura F.21 – Descomposición de un nivel en cuatro subbandas (procedimiento 2D_SD)

El procedimiento 2D_SD aplica en primer lugar el procedimiento VER_SD a todas las columnas de $a(u, v)$ y seguidamente aplica el procedimiento HOR_SD a todas las filas de $a(u, v)$. Los coeficientes obtenidos a partir de $a(u, v)$ se desintercalan en las cuatro subbandas utilizando el procedimiento 2D_DEINTERLEAVE.

En la figura F.22 se describe el procedimiento 2D_SD.

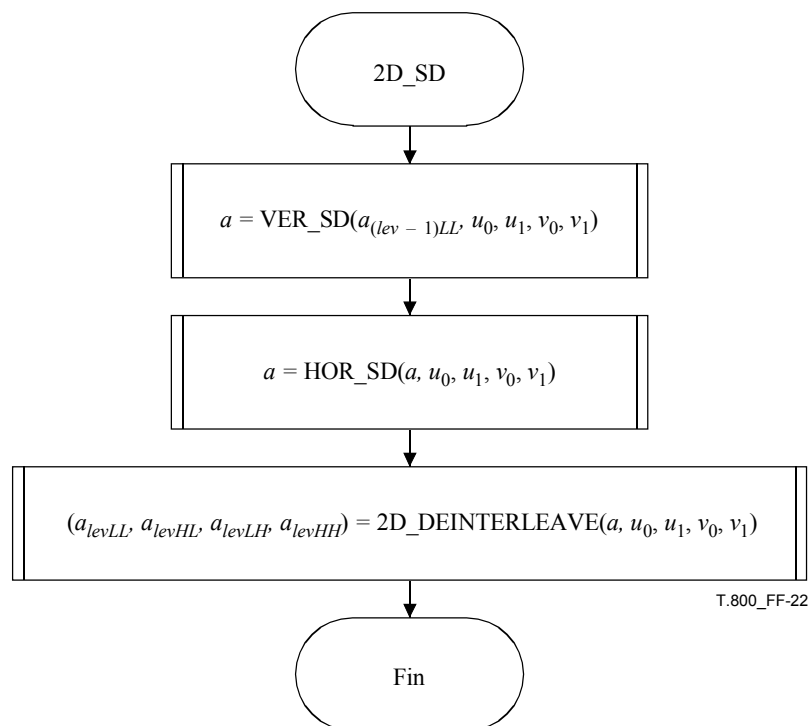


Figura F.22 – El procedimiento 2D_SD

F.4.3 El procedimiento VER_SD (informativo)

El procedimiento VER_SD descompone una matriz de coeficientes bidimensional en una subbanda vertical. Toma como entrada la matriz bidimensional $a_{(lev-1)LL}(u, v)$, cuyos coeficientes tienen estos límites de extensión horizontal y vertical $u_0 \leq u < u_1$ y $v_0 \leq v < v_1$ (véase figura F.23) y produce a la salida una versión filtrada verticalmente $a(u, v)$ de la matriz de entrada, columna por columna. Los valores de u_0, u_1, v_0, v_1 utilizados en el procedimiento VER_SD son los valores de $tbx_0, tbx_1, tby_0, tby_1$ correspondientes a la subbanda $b = (lev-1)LL$ [véase la definición en la ecuación (B-15)].

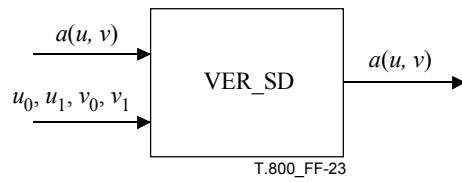


Figura F.23 – Entradas y salidas del procedimiento VER_SD

Según se muestra en la figura F.24, el procedimiento VER_SD aplica la descomposición de subbanda unidimensional (procedimiento 1D_SD) a cada columna de la matriz de entrada $a(u, v)$ y almacena el resultado en cada columna.

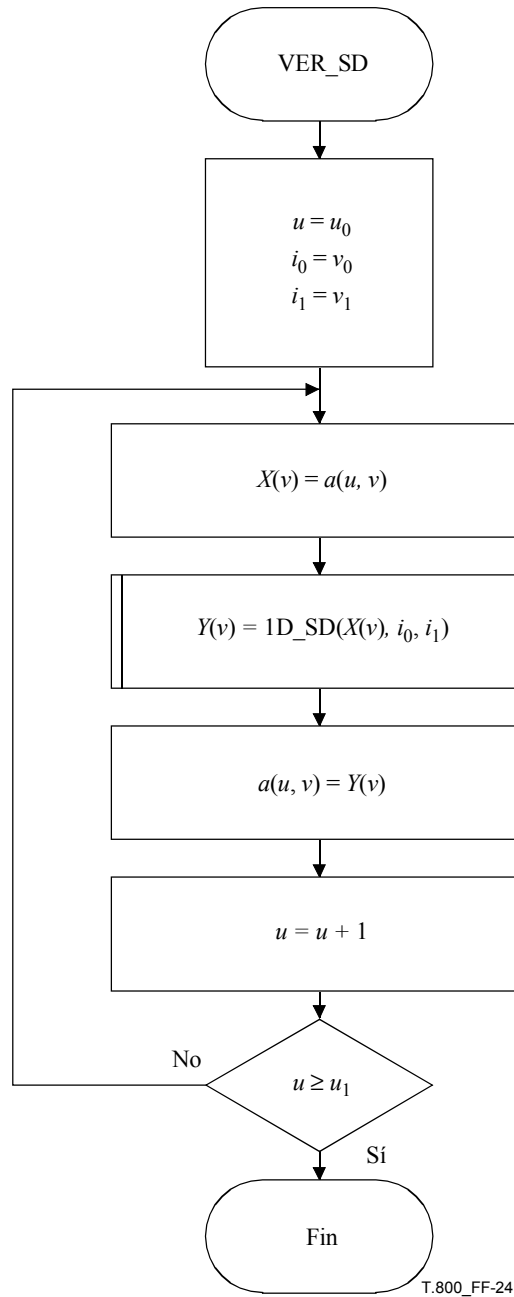


Figura F.24 – El procedimiento VER_SD

F.4.4 El procedimiento HOR_SD (informativo)

El procedimiento HOR_SD descompone una matriz de coeficientes bidimensional en una subbanda horizontal. Toma como entrada una matriz bidimensional $a(u, v)$ cuyos coeficientes tienen estos límites de extensión horizontal y vertical $u_0 \leq u < u_1$ y $v_0 \leq v < v_1$ (véase la figura F.25) y produce a la salida una versión filtrada horizontalmente de la matriz de entrada, fila por fila.

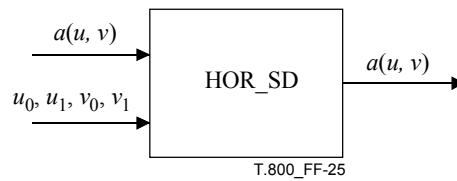


Figura F.25 – Entradas y salidas del procedimiento HOR_SD

Según se muestra en la figura F.26 el procedimiento HOR_SD aplica la descomposición de subbanda unidimensional (procedimiento 1D_SD) a cada fila de la matriz de entrada $a(u, v)$ y almacena el resultado en cada fila.

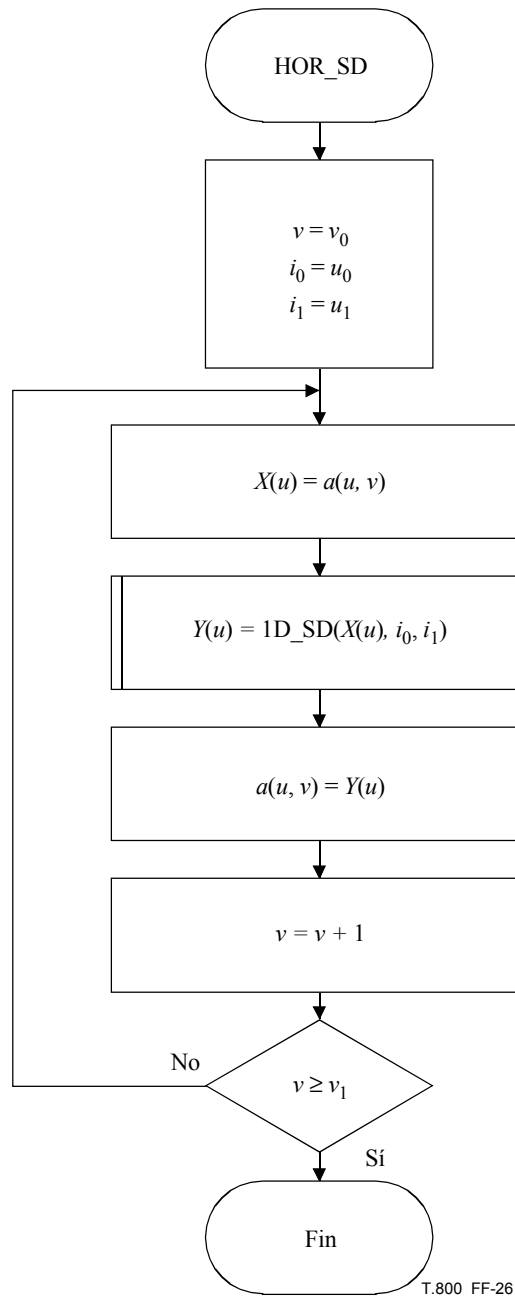


Figura F.26 – El procedimiento HOR_SD

F.4.5 El procedimiento 2D_DEINTERLEAVE (informativo)

Según se muestra en la figura F.27 el procedimiento 2D_DEINTERLEAVE desintercala los coeficientes de $a(u, v)$ en cuatro subbandas. La disposición depende de las coordenadas (u_0, v_0) del primer coeficiente de $a(u, v)$.

La formación de estas subbandas a partir de la salida $a(u, v)$ del procedimiento HOR_SD está representada por el procedimiento 2D_DEINTERLEAVE de la figura F.28.

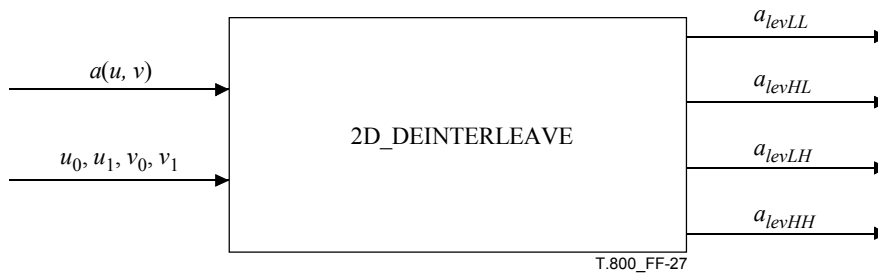
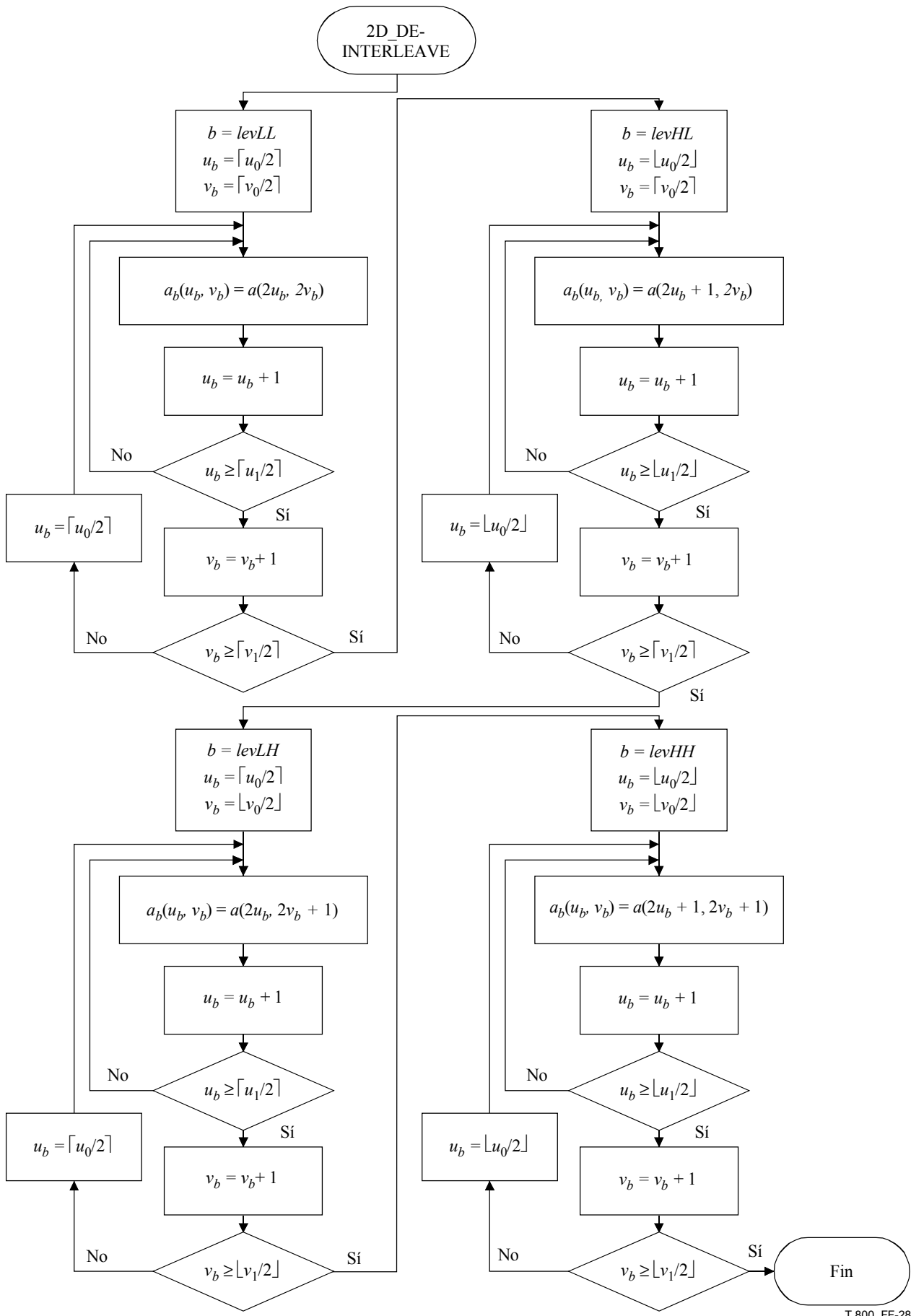


Figura F.27 – Parámetros del procedimiento 2D_DEINTERLEAVE



T.800_FF-28

Figura F.28 – El procedimiento 2D_DEINTERLEAVE

F.4.6 El procedimiento 1D_SD (informativo)

Según se muestra en la figura F.29, el procedimiento 1D_SD toma como entrada una matriz unidimensional $X(i)$ cuyos coeficientes tienen estos límites $i_0 \leq i < i_1$, y produce como salida una matriz $Y(i)$ con los mismos índices (i_0, i_1).

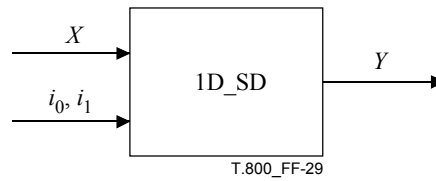


Figura F.29 – Parámetros del procedimiento 1D_SD

Para las señales de longitud uno (es decir $i_0 = i_1 - 1$), el procedimiento 1D_SD fija el valor de $Y(i_0)$ a $Y(i_0) = X(i_0)$ cuando i_0 es un entero par, o $Y(i_0) = 2X(i_0)$ cuando i_0 es un entero impar.

Para señales de longitud dos o superior (es decir $i_0 < i_1 - 1$) representadas en la figura F.30, el procedimiento 1D_SD utiliza en primer lugar el procedimiento 1D_EXTD para extender la señal X fuera de los límites izquierdo y derecho, lo que da por resultado la señal X_{ext} , y seguidamente utilizan el procedimiento 1D_FILTD para filtrar la señal extendida X_{ext} y producir la señal filtrada deseada Y .

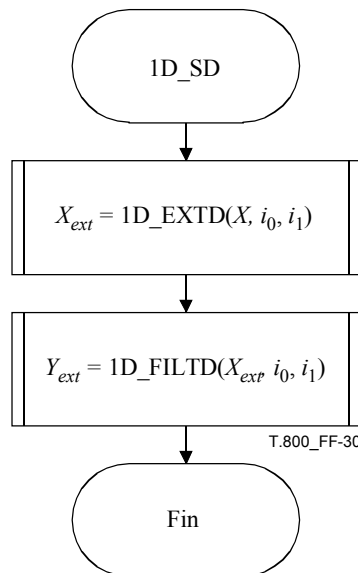


Figura F.30 – El procedimiento 1D_SD

F.4.7 El procedimiento 1D_EXTD (informativo)

El procedimiento 1D_EXTD es idéntico al procedimiento 1D_EXTR, excepto los valores de los parámetros $i_{left_{9,7}}$, $i_{right_{9,7}}$, $i_{left_{5,3}}$ e $i_{right_{5,3}}$, que son los que se indican en los cuadros F-8 y F-9.

Cuadro F.8 – Extensión hacia la izquierda

i_0	$i_{left_{5,3}}$	$i_{left_{9,7}}$
par	2	4
impar	1	3

Cuadro F.9 – Extensión hacia la derecha

i_1	$i_{right_{5,3}}$	$i_{right_{9,7}}$
impar	2	4
par	1	3

F.4.8 El procedimiento 1D_FILTD (informativo)

En esta Recomendación | Norma Internacional se especifica un procedimiento de filtrado irreversible (1D_FILTD_{9-7I}) y otro procedimiento de filtrado reversible (1D_FILTD_{5-3R}), en función de si se selecciona la transformada en ondícula irreversible 9-7 o la reversible 5-3.

Según se muestra en la figura F.31 ambos procedimientos toman a la entrada una señal 1D extendida X_{ext} , el índice del primer coeficiente i_0 , y el índice del coeficiente i_1 que sigue inmediatamente al último coeficiente ($i_1 - 1$). Ambos procedimientos producen una señal de salida Y . Los coeficientes de la señal Y indexados pares son una versión submuestreada de paso bajo de la señal extendida X_{ext} , y los coeficientes de la señal Y indexados impares son una versión submuestreada de paso alto de la señal extendida X_{ext} .

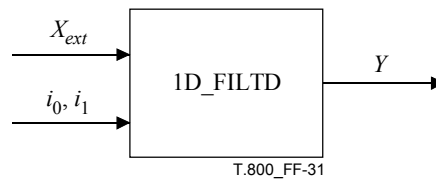


Figura F.31 – Parámetros del procedimiento 1D_FILTD

F.4.8.1 El procedimiento 1D_FILTD_{5-3R} (informativo)

La transformada reversible que se describe en esta cláusula es la implementación de elevación y reversible del filtrado con un filtro ondícula reversible 5-3. La transformada reversible se define utilizando el filtrado de elevación. En primer lugar se calculan los coeficientes de índice impar de la señal de salida Y para todos los valores de n que valen

$\left\lceil \frac{i_0}{2} \right\rceil - 1 \leq n < \left\lceil \frac{i_1}{2} \right\rceil$ mediante la ecuación (F-9):

$$Y(2n+1) = X_{ext}(2n+1) - \left\lfloor \frac{X_{ext}(2n) + X_{ext}(2n+2)}{4} \right\rfloor \tag{F-9}$$

Seguidamente se calculan los coeficientes con índice par de la señal de salida Y a partir de los valores con índice par de la señal extendida X_{ext} , así como los coeficientes de índice impar de la señal Y para todos los valores de n que valen

$\left\lceil \frac{i_0}{2} \right\rceil \leq n < \left\lceil \frac{i_1}{2} \right\rceil$ mediante la ecuación (F-10):

$$Y(2n) = X_{ext}(2n) + \left\lfloor \frac{Y(2n-1) + Y(2n+1) + 2}{4} \right\rfloor \tag{F-10}$$

El procedimiento 1D_FILTD_R produce como resultado los valores de $Y(k)$, con $i_0 \leq k < i_1$.

F.4.8.2 El procedimiento 1D_FILTDI (informativo)

La transformada irreversible que se describe en esta cláusula es la implementación DWT de elevación del filtrado con un filtro irreversible 9-7.

En la ecuación (F-11) se describen los cuatro pasos de elevación (1 a 4) y los dos pasos de cambio de escala (5 y 6) del filtrado 1D realizado sobre la señal extendida $X_{ext}(n)$ para producir los coeficientes $i_1 - i_0$ de la señal Y . Estos pasos se aplican en el orden siguiente.

En primer lugar se aplica el paso 1 para todos los valores de n que valen $\left\lceil \frac{i_0}{2} \right\rceil - 2 \leq n < \left\lceil \frac{i_1}{2} \right\rceil + 1$.

A continuación se aplica el paso 2 para todos los valores de n que valen $\left\lceil \frac{i_0}{2} \right\rceil - 1 \leq n < \left\lceil \frac{i_1}{2} \right\rceil + 1$ y se utilizan los valores calculados en el paso 1.

Seguidamente se aplica el paso 3 para todos los valores de n que valen $\left\lceil \frac{i_0}{2} \right\rceil - 1 \leq n < \left\lceil \frac{i_1}{2} \right\rceil$ y se utilizan los valores calculados en los pasos 1 y 2.

A continuación se aplica el paso 4 para todos los valores de n que valen $\left\lceil \frac{i_0}{2} \right\rceil \leq n < \left\lceil \frac{i_1}{2} \right\rceil$ y se utilizan los valores calculados en los pasos 2 y 3.

Por último se aplica el paso 5 para todos los valores de n que valen $\left\lceil \frac{i_0}{2} \right\rceil \leq n < \left\lceil \frac{i_1}{2} \right\rceil$ y se utilizan los valores calculados en el paso 3, y se aplica el paso 6 para todos los valores de n que valen $\left\lceil \frac{i_0}{2} \right\rceil \leq n < \left\lceil \frac{i_1}{2} \right\rceil$ y se utilizan los valores calculados en el paso 4.

$$\left\{ \begin{array}{ll} Y(2n+1) = X_{ext}(2n+1) + \alpha(X_{ext}(2n) + X_{ext}(2n+2)) & [PASO1] \\ Y(2n) = X_{ext}(2n) + \beta(Y(2n-1) + Y(2n+1)) & [PASO2] \\ Y(2n+1) = Y(2n+1) + \gamma(Y(2n) + Y(2n+2)) & [PASO3] \\ Y(2n) = Y(2n) + \delta(Y(2n-1) + Y(2n+1)) & [PASO4] \\ Y(2n+1) = KY(2n+1) & [PASO5] \\ Y(2n) = (1/K)Y(2n) & [PASO6] \end{array} \right. \quad (F-11)$$

donde los valores de los parámetros de elevación α , β , γ , δ , et K se definen en el cuadro F.4.

El procedimiento 1D_FILTD₁ produce como resultado los valores de $Y(k)$, con $i_0 \leq k < i_1$.

Anexo G

Traslación del nivel de c.c. y transformadas de múltiples componentes

(Este anexo es parte integrante de esta Recomendación | Norma Internacional)

En este anexo los diagramas de flujo y los cuadros son normativos únicamente en el sentido de que definen un formato de salida necesario para todas las implementaciones.

En este anexo se especifica la traslación de nivel de c.c. que convierte los valores con signo que resultan de la decodificación, en muestras adecuadamente reconstruidas.

En este anexo también se describen dos transformadas diferentes de múltiples componentes. Estas transformadas multicomponente se utilizan para mejorar la eficiencia de compresión. Son diferentes de las transformadas multicomponente que se utilizan para hacer corresponder valores de colores con propósitos de visualización. Una de las transformadas multicomponente es reversible y puede utilizarse para la codificación con o sin pérdida. La otra es irreversible y sólo puede utilizarse para la codificación con pérdida.

G.1 Traslación del nivel de c.c. de componentes losa

La figura G.1 representa el flujo de la traslación del nivel de c.c. en el sistema con una transformada multicomponente.

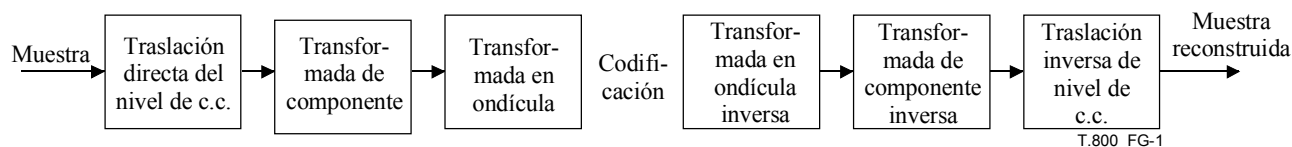


Figura G.1 – La traslación del nivel de c.c. con transformada de componentes

La figura G.2 representa el flujo de la traslación de nivel de c.c. en un sistema sin transformada multicomponente.

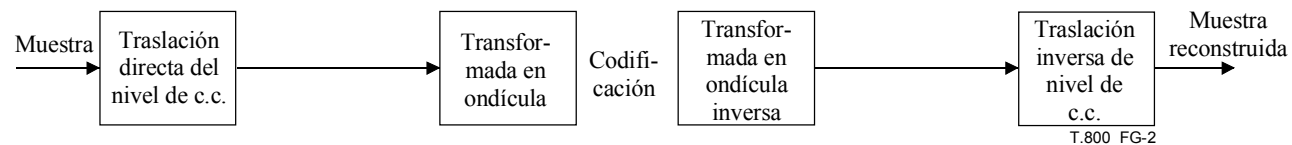


Figura G.2 – La traslación del nivel de c.c. sin transformada de componentes

G.1.1 Traslación de nivel de c.c. de componentes losa (informativo)

La traslación de nivel de c.c. sólo se aplica a muestras de componentes que no tienen signo. Se aplica antes de calcular la transformada multicomponente (RCT o ICT), cuando se utiliza esta última. En caso contrario se aplica antes de la transformada en ondícula descrita en el anexo F. Si el MSB del Ss_{iz}^i en el segmento marcador SIZ (véase anexo A.5.1) es cero, el nivel de todas las muestras $I(x, y)$ de la i -ésima componente se traslada restando la misma cantidad de cada muestra:

$$I(x, y) \leftarrow I(x, y) - 2^{Ss_{iz}^i} \tag{G-1}$$

G.1.2 Traslación de nivel de c.c. inversa de componentes losa

La traslación de nivel de c.c. inversa sólo se aplica a muestras reconstruidas de componentes que no tienen signo. Se aplica después de calcular la transformada multicomponente inversa (RCT o ICT), cuando se utiliza esta última. En caso contrario se aplica después de la transformada en ondícula inversa descrita en el anexo F. Si el MSB de $Ssiz^i$ del segmento marcador SIZ (véase A.6.1) es cero, el nivel de todas las muestras $I(x, y)$ de la i -ésima componente se traslada sumando la misma cantidad a cada muestra:

$$I(x, y) \leftarrow I(x, y) + 2^{Ssiz^i} \quad (G-2)$$

NOTA – Debido a los efectos de cuantificación, las muestras reconstruidas $I(x, y)$ pueden sobrepasar los límites dinámicos originales de las muestras. No hay un procedimiento normativo para este caso de desbordamiento por arriba o por abajo. No obstante, la solución más utilizada es limitar al valor más cercano dentro de los límites dinámicos originales.

G.2 Transformada multicomponente reversible (RCT)

La utilización de la transformada multicomponente reversible se indica en el segmento marcador COD (véase A.6.1). La RCT se utilizará únicamente con el filtro reversible 5-3. La RCT es una transformada de descorrelación que se aplica a las tres primeras componentes de una imagen (índices 0, 1 y 2). Los tres componentes a las que se aplica la RCT deberán tener la misma separación en la rejilla de referencia y la misma profundidad de bit.

NOTA – Aunque la RCT es reversible, apropiada pues para realizar la compresión sin pérdidas, puede utilizarse en trenes codificados truncados para hacer una compresión con pérdidas.

G.2.1 RCT directa (informativo)

Antes de aplicar la RCT se hace la traslación de nivel de c.c. de las muestras de componentes de la imagen (componentes sin signo).

La RCT se aplica a los componentes $I_0(x, y)$, $I_1(x, y)$, $I_2(x, y)$ del siguiente modo:

$$Y_0(x, y) = \left\lfloor \frac{I_0(x, y) + 2I_1(x, y) + I_2(x, y)}{4} \right\rfloor \quad (G-3)$$

$$Y_1(x, y) = I_2(x, y) - I_1(x, y) \quad (G-4)$$

$$Y_2(x, y) = I_0(x, y) - I_1(x, y) \quad (G-5)$$

Cuando I_0 , I_1 , e I_2 están normalizadas con la misma precisión, la precisión de Y_1 e Y_2 de las ecuaciones (G-4) y (G-5) es un bit mayor que la precisión de los componentes originales. Es necesario elevar la precisión para garantizar que la transformación es reversible.

G.2.2 RCT inversa

Después de aplicar la transformada en ondícula inversa según se describe en el anexo F, se aplica la siguiente RCT inversa:

$$I_1(x, y) = Y_0(x, y) - \left\lfloor \frac{Y_2(x, y) + Y_1(x, y)}{4} \right\rfloor \quad (G-6)$$

$$I_0(x, y) = Y_2(x, y) + I_1(x, y) \quad (G-7)$$

$$I_2(x, y) = Y_1(x, y) + I_1(x, y) \quad (G-8)$$

Después de aplicar la RCT inversa, se aplica una traslación de nivel de c.c. inversa a los componentes de la imagen que no tienen signo.

G.3 Transformada multicomponente irreversible (ICT)

En esta cláusula se especifica la transformada multicomponente irreversible. La utilización de la transformada de componentes irreversible se indica en el segmento marcador COD (véase A.6.1). La ICT se deberá utilizar únicamente con el filtro irreversible 9-7. La ICT es una transformada de descorrelación que se aplica a las tres primeras componentes de una imagen (índices 0, 1 y 2). Las tres componentes a las que se aplica la ICT deberán tener la misma separación en la rejilla de referencia y la misma profundidad de bit.

G.3.1 ICT directa (informativo)

La ICT directa se aplica a las muestras de componentes de la imagen $I_0(x, y)$, $I_1(x, y)$, $I_2(x, y)$ del modo siguiente:

$$Y_0(x, y) = -0,299 I_0(x, y) - 0,587 I_1(x, y) + 0,114 I_2(x, y) \quad (\text{G-9})$$

$$Y_1(x, y) = -0,16875 I_0(x, y) - 0,331260 I_1(x, y) + 0,5 I_2(x, y) \quad (\text{G-10})$$

$$Y_2(x, y) = 0,5 I_0(x, y) - 0,41869 I_1(x, y) - 0,08131 I_2(x, y) \quad (\text{G-11})$$

NOTA – Si las tres primeras son los componentes rojo, verde y azul, la ICT directa es una transformada YCbCr.

G.3.2 ICT inversa

Después de aplicar la transformada en ondícula inversa según se describe en el anexo F, se aplica la siguiente ICT inversa:

$$I_0(x, y) = Y_0(x, y) + 1,402 Y_2(x, y) \quad (\text{G-12})$$

$$I_1(x, y) = Y_0(x, y) - 0,34413 Y_1(x, y) - 0,71414 Y_2(x, y) \quad (\text{G-13})$$

$$I_2(x, y) = Y_0(x, y) + 1,772 Y_1(x, y) \quad (\text{G-14})$$

Las ecuaciones (G-12), (G-13) y (G-14) no implican una precisión obligatoria para los coeficientes. Después de aplicar la ICT inversa, se aplica una traslación de nivel de c.c. inversa a las muestras de componentes de imagen sin signo.

G.4 Submuestreo de componentes de crominancia y rejilla de referencia

La relación entre los componentes y la rejilla de referencia viene indicada en el marcador SIZ (véase A.5.1) y se describe en B.2.

Anexo H

Codificación de imágenes con regiones de interés

(Este anexo es parte integrante de esta Recomendación | Norma Internacional)

En este anexo los diagramas de flujo y los cuadros son normativos únicamente en el sentido de que definen un formato de salida necesario para todas las implementaciones.

En este anexo se describe la tecnología de la región de interés (ROI, *region of interest*). Una ROI es una parte de una imagen que se codifica al principio del tren codificado, antes que el resto de la imagen (el fondo). La codificación también se hace de manera que la información relacionada con la ROI precede a la información relacionada con el fondo de la imagen. Se utiliza el método Maxshift (que se describe en este anexo).

H.1 Decodificación de ROI

El procedimiento que se describe en esta cláusula se aplica únicamente cuando hay un segmento marcador RGN (que indica que existe una ROI).

El procedimiento vuelve alinear los bits significativos de los coeficientes de la ROI y los coeficientes del fondo. El procedimiento se define de esta forma:

- 1) Se obtiene el valor de cambio de escala, s , a partir del parámetro $SPrgn$ del segmento marcador RGN en el tren codificado (véase A.6.3). Los siguientes pasos (2, 3 y 4) se aplican a cada coeficiente (u, v) de la subbanda b .
- 2) Si $N_b(u, v) < M_b$ [véase la definición de $N_b(u, v)$ en D.2.1 y la definición de M_b en la ecuación (E-2)] no se realiza ninguna modificación.
- 3) Si $N_b(u, v) \geq M_b$ y al menos uno de los primeros MSB de M_b (véase definición en E.1) ($i = 1, \dots, M_b$) es distinto de cero, el valor de $N_b(u, v)$ se actualiza a $N_b(u, v) = M_b$.
- 4) Si $N_b(u, v) \geq M_b$ y todos los primeros MSB de M_b valen, se realizan las siguientes modificaciones:
 - a) se descartan los primeros MSB (s) y se desplaza s posiciones el resto de MSB, según se describe en la ecuación (H-1), para $i = 1, \dots, M_b$.

$$MSB_i(b, u, v) = \begin{cases} MSB_{i+s}(b, u, v) & \text{si } i + s \leq N_b(u, v) \\ 0 & \text{si } i + s > N_b(u, v) \end{cases} \quad (\text{H-1})$$

- b) se actualiza el valor de $N_b(u, v)$ como se indica en la ecuación (H-2).

$$N_b(u, v) = \max(0, N_b(u, v) - s) \quad (\text{H-2})$$

H.2 Descripción del método Maxshift

H.2.1 Codificación de la ROI (informativo)

La codificación de coeficientes de transformada cuantificados se realiza de manera similar a la codificación sin ROI. En el lado del codificador se crea una máscara ROI que describe cuáles son los coeficientes de transformada cuantificados que se deben codificar con mayor calidad (incluso sin pérdida) para codificar la ROI con mejor calidad (incluso sin pérdida). La máscara ROI es un mapa de bits que describe estos coeficientes. En H.3 se describe con mayor detalle la forma en que se genera la máscara.

Se aplica un cambio a escala más pequeña a los coeficientes de transformada cuantificados fuera de la máscara de ROI, denominados coeficientes de fondo, de manera que los bits correspondientes a la ROI queden en planos de bits de mayor peso que el fondo. Esto significa que cuando se aplica el codificador de entropía a los coeficientes de transformada cuantificados los planos de bits correspondientes a la ROI se codifican antes que la información del fondo.

El método puede describirse de esta forma:

- 1) Generación de la máscara ROI, $M(x, y)$ (véase H.3).
- 2) Búsqueda del valor de cambio de escala s (véase H.2.2).
- 3) Adición de s LSB a cada coeficiente $|q_b(u, v)|$. El número M'_b de planos de bits de magnitud será:

$$M'_b = M_b + s \quad (\text{H-3})$$

donde M_b está determinado por la ecuación (E-2), y el nuevo valor de cada coeficiente está determinado por la siguiente ecuación:

$$|q_b(u, v)| = |q_b(u, v)| \cdot 2^s \quad (\text{H-4})$$

- 4) Cambiar a una escala más pequeña todos los coeficientes de fondo correspondientes a $M(x, y)$ utilizando el valor de cambio de escala s (véase H.3). Es decir, si $|q_b(u, v)|$ es un coeficiente del fondo expresado correspondiente a $M(x, y)$,

$$|q_b(u, v)| = \frac{|q_b(u, v)|}{2^s} \quad (\text{H-5})$$

- 5) Escribir el valor de cambio de escala s en el tren codificado utilizando el parámetro SPrgn del segmento marcador RGN.

Después de haber realizado estas operaciones se realiza la codificación de entropía normal de los coeficientes de transformada cuantificados.

H.2.2 Selección del valor de cambio de escala, s , en el codificador (informativo)

El valor de cambio de escala, s , puede elegirse de manera que se cumpla la ecuación (H-6), donde $\text{máx}(M_b)$ es el número más grande de planos de bit de magnitud, véase ecuación (E-1), para todos los coeficientes de fondo, $q_{BG}(x, y)$ en todo bloque de código del componente actual.

$$s \geq \text{máx}(M_b) \quad (\text{H-6})$$

Esto garantiza que el valor de cambio de escala utilizado será lo suficientemente grande para que todos los bits significativos correspondientes a la ROI estén en planos de bits de mayor peso que todos los bits significativos correspondientes al fondo.

H.3 Observaciones sobre la codificación de la región de interés (informativo)

La funcionalidad ROI que se describe en la cláusula H.2 depende únicamente del valor de cambio de escala seleccionado en el codificador y, por lo tanto, en el decodificador sólo depende de la amplitud de los coeficientes. El codificador genera una máscara para los coeficientes que se deben codificar con mejor calidad para producir una ROI de más calidad que el fondo. En la cláusula H.3.1 se explica cómo generar la máscara ROI para una determinada región de la imagen. En la cláusula H.3.2 se explica cómo generar la máscara en el caso de imágenes con múltiples componentes, y en la cláusula H.3.3 cómo generar la máscara ROI para regiones separadas. En la cláusula H.3.4 se describe una posible solución para el caso de un mayor número de bits por punto de los coeficientes. En la cláusula H.3.5 se explica cómo se puede extender la máscara ROI para que no corresponda exactamente a una región en el dominio de la imagen, y cómo se puede utilizar el método Maxshift para codificar con calidades diferentes la ROI y el fondo.

H.3.1 Generación de la máscara para la región de interés (informativo)

Para codificar una ROI con mejor calidad que el resto de la imagen y manteniendo un buen nivel de compresión, es preciso economizar la utilización de bits correspondientes a información del fondo y para ello se calcula una máscara ROI. La máscara es un plano de bits que indica un conjunto de coeficientes de transformada cuantificados cuya codificación es suficiente para que el receptor pueda reconstruir la región deseada con mayor calidad que el fondo (incluso sin pérdida).

Para explicar la creación de una máscara ROI, supóngase que sólo hay una ROI y un componente de imagen, y que las muestras que pertenecen a la ROI en el dominio de la imagen están determinadas por la máscara binaria $M(x, y)$, siguiente:

$$M(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{se necesita coeficiente ondícula } (x, y) \\ 0 & \text{se puede sacrificar la precisión en } (x, y) \text{ sin afectar a la ROI} \end{cases} \quad (\text{H-7})$$

La máscara reproduce la ROI en el dominio ondícula, con un valor distinto de cero dentro de la ROI y 0 fuera de ella. En cada paso se actualiza la subbanda de la máscara LL fila por fila y después columna por columna. La máscara indicará qué coeficientes se necesitan en esta etapa para que la transformada en ondícula inversa reproduzca los coeficientes de la máscara anterior.

Por ejemplo, el último paso de la transformada en ondícula inversa es una combinación de dos subbandas en una. Para deshacer esta operación se determinan los coeficientes de las subbandas que se necesitan. El paso anterior era la combinación de cuatro subbandas en dos. Para deshacer esta operación se determinan los coeficientes en las cuatro subbandas que son necesarios para reconstruir perfectamente los coeficientes incluidos en la máscara para las dos subbandas.

La máscara se obtiene invirtiendo así todos los pasos. Si se transmiten y se reciben los coeficientes correspondientes a la máscara y se les aplica la transformada en ondícula inversa, la ROI deseada será reconstruida con mejor calidad que el resto de la imagen (incluso sin pérdida si los coeficientes ROI fueron codificados sin pérdida).

A continuación se explica cómo se extiende la máscara a partir de varios filtros. Se pueden utilizar métodos similares para otros filtros.

H.3.1.1 Generación de la máscara para la región de interés utilizando el filtro reversible 5-3 (informativo)

Para realizar el cambio de escala del conjunto óptimo de coeficiente cuantificados se deberían utilizar las ecuaciones que se describen a continuación:

Un estudio de la transformada en ondícula inversa indica cuáles son los coeficientes necesarios en la máscara. En las ecuaciones (F-5) y (F-6) se muestran los coeficientes necesarios para reconstruir sin pérdida $X(2n)$ y $X(2n + 1)$. Puede verse de manera inmediata que estos coeficientes son $L(n)$, $L(n + 1)$, $H(n - 1)$, $H(n)$, $H(n + 1)$ (véase figura H.1). Por lo tanto, si $X(2n)$ y $X(2n + 1)$ están en la ROI, los coeficientes de las subbandas alta y baja enumeradas están en la máscara. Obsérvese que $X(2n)$ y $X(2n + 1)$ son puntos con índice par e impar, respectivamente, con respecto al origen de la rejilla de referencia.

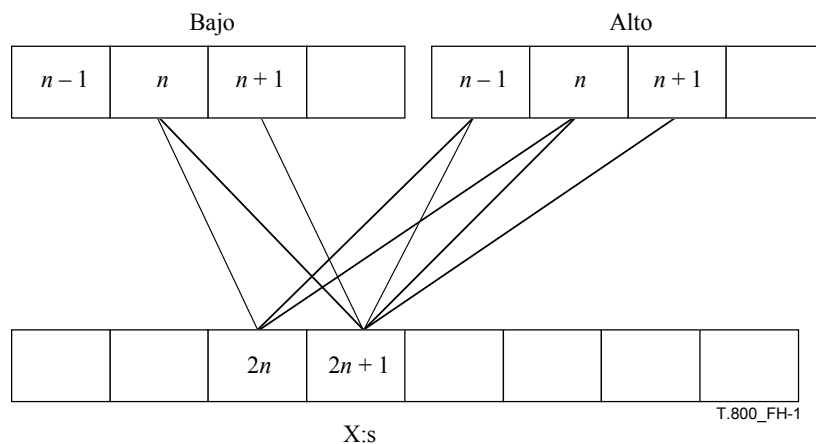


Figura H.1 – La transformada en ondícula inversa con el filtro reversible 5-3

H.3.1.2 Generación de la máscara para la región de interés utilizando el filtro irreversible 9-7 (informativo)

La decodificación correcta no depende de la selección de muestras a la que se va aplicar un cambio de escala. Las ecuaciones que se describen en esta cláusula deberían utilizarse para obtener el conjunto óptimo de coeficientes cuantificados a los que se va aplicar un cambio de escala.

Un estudio de la transformada en ondícula inversa indica cuáles son los coeficientes necesarios en la máscara, como en H.3.1.1. Esto puede observarse en la figura H.2. $X(2n)$ y $X(2n + 1)$ son puntos con índice par e impar, respectivamente, con respecto al origen de la rejilla de referencia.

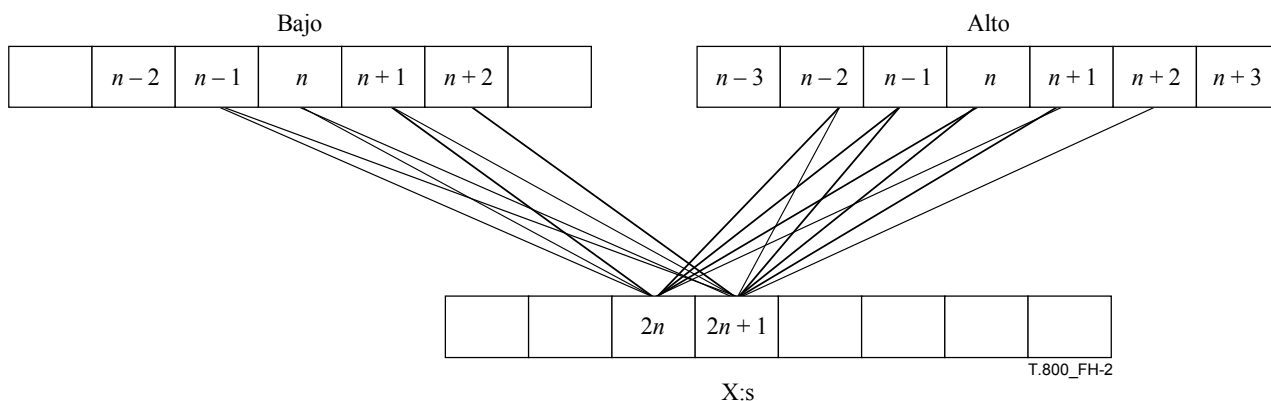


Figura H.2 – La transformada en ondícula inversa con el filtro irreversible 9-7

Puede deducirse inmediatamente que los coeficientes necesarios para reconstruir $X(2n)$ y $X(2n + 1)$ sin pérdida son $L(n - 1)$ a $L(n + 2)$ y $H(n - 2)$ a $H(n + 2)$. Por lo tanto, si $X(2n)$ y $X(2n + 1)$ están en la ROI, esos coeficientes de subbanda alta y baja estarán en la máscara.

H.3.2 Observación para el caso de imágenes multicomponente (informativo)

Para imágenes en color, el método se aplica por separado para cada componente de color. Si hubiera componentes de colores submuestreados, la máscara para esos componentes se crea del mismo modo que la máscara para los componentes que no están submuestreados.

H.3.3 Observación para el caso de regiones separadas (informativo)

Cuando la ROI esté formada por partes separadas, todas las partes tendrán en el mismo valor de cambio de escala s .

H.3.4 Observaciones con respecto a la precisión de la implementación (informativo)

En algunos casos, este método de codificación de ROI puede provocar el rebasamiento del rango dinámico. Esto puede solucionarse sencillamente descartando los planos de bits menos significativos que sobrepasan el límite debido a un cálculo de reducción de escala. El efecto será que la ROI tendrá mejor calidad que el fondo, aunque se decodifique todo el tren de bits. No obstante, pueden surgir problemas cuando la imagen se codifica con ROI en un modo sin pérdida. Cuando se descartan los planos de bits menos significativos del fondo, tal vez no sea posible codificar el fondo sin pérdida o reconstruirlo, en el peor de los casos. Esto dependerá del rango dinámico disponible.

H.3.5 Ejemplo de utilización del método Maxshift (informativo)

El método Maxshift que se describe a continuación permite al usuario/aplicación especificar múltiples regiones (que pueden tener cualquier forma), a las cuales se les asignará mayor prioridad que al resto de la imagen. En este método no es necesario codificar o decodificar la forma de la ROI.

El método Maxshift permite a los implementadores de un codificador explotar una serie de funcionalidades que soportan los decodificadores. Por ejemplo, es posible utilizar el método Maxshift para codificar una imagen con diferente calidad para la ROI y el fondo. La imagen se cuantifica para definir la ROI con la calidad deseada (con o sin pérdida) y seguidamente se aplica el método Maxshift. Si la imagen se codifica progresivamente capa por capa, no se necesita codificar todas las capas de coeficientes ondícula que corresponden al fondo. Equivale a utilizar escalones de cuantificación diferentes para la ROI y el fondo.

Si la ROI se va a codificar sin pérdida, el conjunto óptimo de coeficientes ondícula que dan un resultado sin pérdida para la ROI se describe mediante una máscara que se genera con los algoritmos descritos en H.3.1. Ahora bien, el método Maxshift permite utilizar cualquier máscara puesto que el decodificador no necesita generar la máscara. El decodificador puede incluir toda una subbanda en la máscara ROI, por ejemplo la subbanda LL, y enviar una versión de baja resolución del fondo al principio de la transmisión progresiva. Para ello se aplica un factor de cambio de escala todos los coeficientes de transformada cuantificados de toda la subbanda. En otras palabras, el usuario puede decidir en qué subbanda desea empezar la codificación de la ROI y no es necesario esperar a que se tenga toda la ROI para empezar a recibir la información del fondo.

Anexo I

Sintaxis del formato de fichero JP2

(Este anexo es parte integrante de esta Recomendación | Norma Internacional.
Este anexo es opcional para el decodificador mínimo)

En este anexo los diagramas de flujo y los cuadros son normativos únicamente en el sentido en que definen un formato de salida necesario para todas las implementaciones.

I.1 **Ámbito de aplicación del formato de fichero**

En el presente anexo se define un formato de fichero opcional que se puede utilizar en las aplicaciones para agrupar los datos de la imagen comprimida JPEG 2000. Este formato no se utilizará en todas las aplicaciones, pero satisface las necesidades de muchas de ellas. Ahora bien, las aplicaciones que decidan implementar este formato de fichero deberán hacerlo como se describe en el presente anexo.

En el presente anexo se especifica:

- un contenedor binario para la imagen y los metadatos;
- un mecanismo para indicar las propiedades de imagen, por ejemplo la escala de tonos y el espacio de colores;
- un mecanismo mediante el cual los lectores pueden saber si en el fichero hay información sobre derechos de autor;
- un mecanismo para incluir metadatos (por ejemplo la información específica del fabricante) en los ficheros especificados en esta Recomendación | Norma Internacional.

I.2 **Introducción al formato de fichero JP2**

El formato de fichero JPEG 2000 (JP2) proporciona una base para almacenar datos específicos de la aplicación (metadatos) junto con el tren codificado JPEG 2000, por ejemplo información necesaria para visualizar la imagen. Dado que el conjunto de información que se ha de adjuntar con los datos de la imagen comprimida es similar en muchas aplicaciones, es conveniente definir el formato de ese conjunto de datos cuando se definen la sintaxis de tren codificado y la tecnología de compresión.

La estructura conceptual del formato de fichero JP2 agrupa el tren codificado JPEG 2000 y otra información fundamental sobre el tren codificado. El componente básica del formato de fichero JP2 es la casilla. Toda la información del fichero JP2 se agrupa en casillas. En esta Recomendación | Norma Internacional se definen varios tipos de casillas, indicando cada vez el tipo de información que se puede encontrar en ellas. Hay casillas que contienen otras casillas.

I.2.1 **Identificación del fichero**

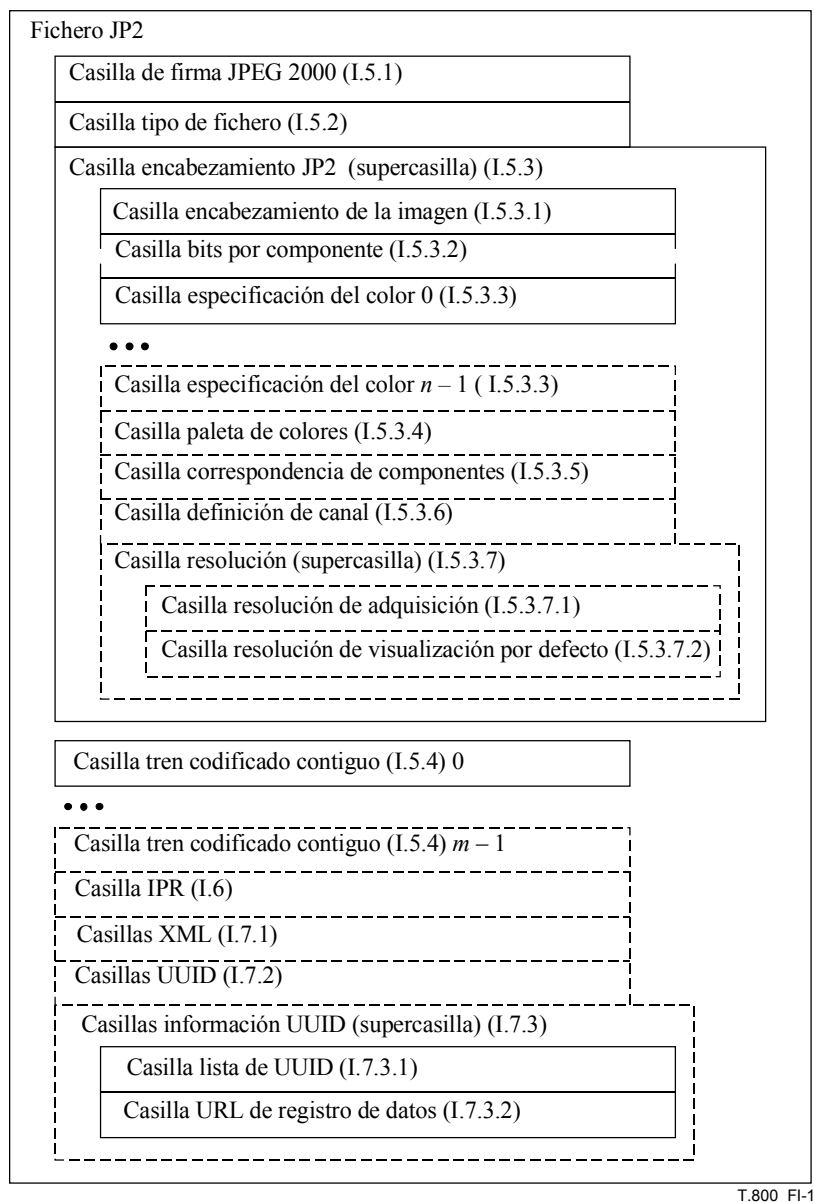
Los ficheros JP2 se pueden identificar de varias formas. En los sistemas de fichero de ordenadores tradicionales, los ficheros JP2 deberían almacenarse con la extensión ".jp2" (los lectores deberían permitir la utilización de caracteres alfabéticos en mayúsculas y minúsculas). En los sistemas de fichero Macintosh, los ficheros JP2 deberían tener el código de tipo 'jp2/040'.

I.2.2 **Organización del fichero**

Un fichero JP2 consiste en un conjunto de casillas. Algunas son independientes y otras contienen otras casillas. La estructura binaria del fichero es una secuencia de casillas contiguas. La primera casilla empezará en el primer byte del fichero, y el último byte de la última casilla será el último byte del fichero.

La estructura binaria de las casillas se define en I.4.

La figura I.1 representa la estructura lógica de los ficheros JP2. Las líneas discontinuas representan casillas que son opcionales en un fichero JP2 conforme. Ahora bien, en una casilla opcional pueden definirse casillas obligatorias dentro de ella. En ese caso, si hay una de esas casillas opcionales también deberán estar las casillas obligatorias internas. Por el contrario, si no hay casillas opcionales tampoco deberá haber las casillas obligatorias internas.



T.800_FI-1

Figura I.1 – Estructura conceptual de los ficheros JP2

En la figura I.1 se especifica únicamente la relación de inclusión de unas casillas en otras del fichero. Por lo general no se sugiere el orden en que esas casillas deben aparecer en el fichero. Sin embargo, la casilla firma JPEG 2000 deberá ser la primera en el fichero JP2, la casilla tipo de fichero deberá estar inmediatamente después de la casilla firma JPEG 2000, y la casilla encabezamiento JP2 deberá estar antes de la casilla tren codificado contiguo.

El fichero que se muestra en la figura I.1 es una secuencia rigurosa de casillas. Puede haber otras casillas entre las que se definen en esta Recomendación | Norma Internacional. Ahora bien, toda la información contenida en un fichero JP2 debe darse en formato de casillas, y no puede haber trenes de bytes que no estén en este formato.

Según se muestra en la figura I.1, los ficheros JP2 contienen una casilla firma JPEG 2000, una casilla encabezamiento JP2, y una o más casillas de tren codificado contiguo. Los ficheros JP2 también pueden contener otras casillas, lo cual se determinará al crear el fichero. Por ejemplo, los ficheros JP2 pueden contener varias casillas XML (que contienen metadatos) entre la casilla encabezamiento JP2 y la primera casilla tren codificado contiguo.

I.2.3 Especificación de escala de grises, color, paleta, multicomponente

El formato de fichero JP2 proporciona dos métodos para especificar el espacio de colores de la imagen. El método de enumeración especifica el espacio de colores de una imagen mediante un valor numérico que determina el espacio de colores. De conformidad con esta Recomendación | Norma Internacional, las imágenes en el espacio de colores sRGB y las imágenes en escala de grises se pueden definir utilizando el método de enumeración.

El formato de fichero JP2 también permite especificar el espacio de colores de una imagen mediante la incorporación de un perfil ICC restringido en el fichero. Se utilizará un perfil de entrada monocromo o de matriz de tres componentes, según se define en la especificación del formato de perfiles de color ICC, ICC.1:1998-09. Esto permite especificar muchos espacios de colores de escalas de grises y RGB así como algunos otros espacios que se pueden representar mediante esos dos tipos de perfiles de color. En J.9 se facilita una descripción más detallada de las transformadas de espacios de colores autorizadas, se describe la manera en que esas transformadas se guardan en el fichero y cómo se procesa una imagen utilizando esa transformada sin recurrir al mecanismo de gestión de color ICC. Aunque estos perfiles de color ICC son restringidos, son completamente conformes con los perfiles ICC y por consiguiente la imagen puede procesarse con cualquier mecanismo ICC conforme que sirva para los perfiles de color definidos en ICC.1:1998-09.

Además de especificar el espacio de colores de la imagen, en esta Recomendación | Norma Internacional se facilita un mecanismo para decodificar imágenes de una paleta de colores de un solo componente y volverla a convertir en una forma multicomponentes, traduciendo el espacio de índices en un espacio multicomponentes. La decodificación de la paleta de colores se aplica antes de que se interprete el espacio de colores. En el caso de imágenes de una paleta de colores, la especificación del espacio de colores de la imagen se aplica a los valores multicomponentes guardados en la paleta.

I.2.4 Inclusión de canales de opacidad

El formato de fichero JP2 proporciona un mecanismo para indicar la presencia de canales auxiliares (por ejemplo opacidad), para definir el tipo de esos canales y para especificar la ordenación y el origen de esos canales (es decir, si se obtienen directamente del tren codificado o se generan al aplicar una paleta de colores a un componente del tren codificado). Al abrir el fichero JP2, el lector determina la ordenación y el tipo de cada componente. La aplicación debe hacer corresponder la definición y ordenación del componente en el fichero JP2, con la ordenación del componente definido en la especificación del espacio de colores. Una vez se han hecho corresponder los componentes del fichero con los canales de colores, la imagen descomprimida se puede procesar realizando todas las transformadas de espacio de colores necesarias.

En muchas aplicaciones se necesitan otros componentes diferentes de los canales de colores. Por ejemplo, muchas imágenes que se utilizan en páginas web contienen información de opacidad utilizada por el navegador para combinar la imagen con el fondo. Por eso es conveniente incluir en un mismo tren codificado los canales de color y los auxiliares.

La manera en que las aplicaciones utilizan los canales de opacidad y demás canales auxiliares no forma parte de los objetivos de esta Recomendación | Norma Internacional.

I.2.5 Metadatos

Un aspecto importante del formato del fichero JP2 es la capacidad de añadir metadatos a un fichero JP2. Dado que toda la información se organiza en casillas, cada una de un tipo particular, el formato facilita un mecanismo sencillo para que el lector pueda extraer la información pertinente, sin tener en cuenta las casillas que contienen información que ese lector no entiende. Es por ello que se pueden crear nuevas casillas, ya sea de conformidad con ésta o con otras Recomendaciones | Normas Internacionales o bien una implementación privada. Ahora bien, ninguna casilla añadida al fichero JP2 cambiará el aspecto visual de la imagen.

I.2.6 Conformidad con el formato de fichero

Para que un fichero sea conforme a esta Recomendación | Norma Internacional, debe contener todas las casillas que se exigen y ajustarse a su definición. Asimismo, todos los lectores conformes a esta Recomendación | Norma Internacional deberán interpretar correctamente todas las casillas obligatorias definidas en ella y por lo tanto interpretarán correctamente todos los ficheros estructurados de conformidad con dicha Recomendación | Norma Internacional.

I.3 Arquitectura de la especificación escala de grises/colores/paleta de colores/multicomponentes

Uno de los aspectos más importantes del formato de fichero es que especifica el espacio de colores de los datos de la imagen que contiene. Para visualizar o interpretar adecuadamente los datos de la imagen es esencial caracterizar adecuadamente el espacio de colores de esa imagen. El formato de fichero JP2 proporciona un mecanismo multinivel para caracterizar el espacio de colores de las imágenes.

I.3.1 Método de enumeración

El método más simple para caracterizar el espacio de colores de una imagen es especificar un código entero que represente el espacio de colores que se utilizó para codificar la imagen. Este método abarca la especificación de imágenes sRGB, escala de grises o sYCC. Es posible extender este método para especificar otros espacios de colores, en particular la definición de imágenes multicomponentes.

Por ejemplo, en el fichero se puede indicar que una determinada imagen se ha codificado en el espacio de colores sRGB. Para interpretar y visualizar adecuadamente la imagen, la aplicación debe ser capaz de reconocer de antemano la definición del espacio de colores sRGB. La complejidad de este método depende de los espacios de colores que se hayan especificado porque es necesario que los reconozca de antemano. Además, la complejidad de este mecanismo es proporcional al número de espacios de colores que se hayan especificado y que son necesarios para garantizar la conformidad. Este método ofrece muchas posibilidades de interfuncionamiento para imágenes codificadas utilizando espacios de colores, que deben ser interpretados correctamente para garantizar la conformidad, pero es muy poco flexible. En esta Recomendación | Norma Internacional se define un conjunto específico de espacios de colores que deben ser interpretados correctamente para garantizar la conformidad.

I.3.2 Método del perfil ICC restringido

Las aplicaciones también pueden especificar el espacio de colores de una imagen utilizando dos tipos de perfiles ICC restringidos. Los espacios de colores RGB y escala de grises más comúnmente utilizados se especifican mediante un método poco complejo.

Un perfil ICC es una representación normalizada de la transformación necesaria para convertir un espacio de colores en otro. Por lo que respecta al formato de fichero JP2, el perfil ICC define la manera de descomprimir muestras del tren codificado y convertirlas en un espacio de colores normalizado [el espacio de conexión del perfil (PCS, *profile connection space*)]. Esta transformación puede ser muy sencilla o muy complicada en función del espacio de colores original de las muestras.

La especificación del formato de perfil ICC define dos clases específicas de perfiles ICC cuya implementación es sencilla, denominados en la especificación perfil de entrada monocromo y perfil de entrada matricial de tres componentes. Estos perfiles transforman el espacio de colores original en el espacio PCS_{XYZ}, limitándose a la aplicación de una curva no lineal y una matriz 3 × 3. Es conveniente que todas las aplicaciones, incluso los dispositivos más simples, sean capaces de procesar la imagen utilizando esta transformación. Así pues, es obligatorio que todas las aplicaciones conformes interpreten correctamente el espacio de colores de todas las imágenes que especifican el espacio de colores utilizando este subconjunto de posibles tipos de perfiles ICC.

Para el formato de fichero JP2, los perfiles serán conformes a la definición de perfil ICC que figura en la especificación de formato ICC.1:1998-09, con las restricciones especificadas anteriormente. En J.9 figura una descripción más detallada de las transformadas de espacios de colores admisibles, sobre cómo se almacenan en el fichero esas transformadas y la manera en que se procesa una imagen utilizando esa transformada, sin un mecanismo de gestión de color ICC.

I.3.3 Utilización de múltiples métodos

En lo que concierne a la arquitectura, el formato permite la incorporación de múltiples métodos en un fichero, y también permite otras normas para definir otros métodos de enumeración y métodos extendidos. De esta manera se consigue que los lectores conformes a esas extensiones puedan elegir el trayecto de procesamiento de la imagen más apropiado para interpretar el espacio de colores de la imagen. Ahora bien, el primer método que se encuentra en el fichero (la primera casilla especificación de espacios de colores, en la casilla encabezamiento JP2) deberá ser uno de los métodos definidos y restringidos en esta Recomendación | Norma Internacional. Los lectores conformes utilizarán este primer método y harán caso omiso de los demás métodos que se encuentren en el fichero (en otras casillas especificación de espacio de colores).

I.3.4 Imágenes definidas mediante una paleta de colores

Además de especificar la interpretación de la imagen en cuanto a espacios de colores, en esta Recomendación | Norma Internacional se especifica la decodificación de un solo componente, cuando el valor de dicho componente corresponde al índice de una paleta de colores. La entrada a la paleta de una muestra descomprimida convierte este valor único en una tupla de multicomponentes, cuyo valor representa el color de la muestra. Esa tupla se interpretará con arreglo a los otros métodos de especificación de colores (enumeración o ICC restringido) como si esa muestra multicomponente se hubiera obtenido directamente de múltiples componentes del tren codificado.

I.3.5 Interacciones con la transformada multicomponente de decorrelación

La especificación del color en el formato de fichero JP2 no depende de si se utiliza una transformada de múltiples componentes en el tren codificado (el parámetro CSSiz del segmento marcador SIZ según se describe en A.5.1 y en el anexo G). Las transformaciones de espacios de colores especificadas mediante la secuencia de casillas de especificación de color se aplicarán a las muestras de la imagen después de aplicar la transformada multicomponentes inversa a las muestras descomprimidas. Aunque las transformadas de componentes de decorrelación se aplican por separado, la aplicación de una transformada de multicomponentes en el codificador mejorará normalmente la compresión de los datos de la imagen de color.

I.3.6 Clave de las descripciones gráficas (informativo)

Cada casilla se describe en cuanto a su función, utilización y longitud. La función indica la información que contiene la casilla. La utilización indica la posición lógica y la frecuencia de la casilla en el fichero. La longitud indica cuáles son los parámetros que determinaron la longitud de la casilla.

Estas descripciones se acompañan con una figura que muestra el orden y relación de los parámetros en la casilla. La figura I.2 es un ejemplo de este tipo de figura. Se utiliza un rectángulo para indicar los parámetros en la casilla. La anchura del rectángulo es proporcional al número de bytes en el parámetro. Si el rectángulo está sombreado (líneas diagonales), el tamaño del parámetro es variable. Cuando hay dos parámetros con superíndices separados por una zona gris, se trata de una serie de parámetros de ese grupo (un conjunto de cada parámetro en el grupo, seguido por el siguiente conjunto de cada parámetro en el grupo). Los parámetros o casillas opcionales se muestran como rectángulos de líneas punteadas.

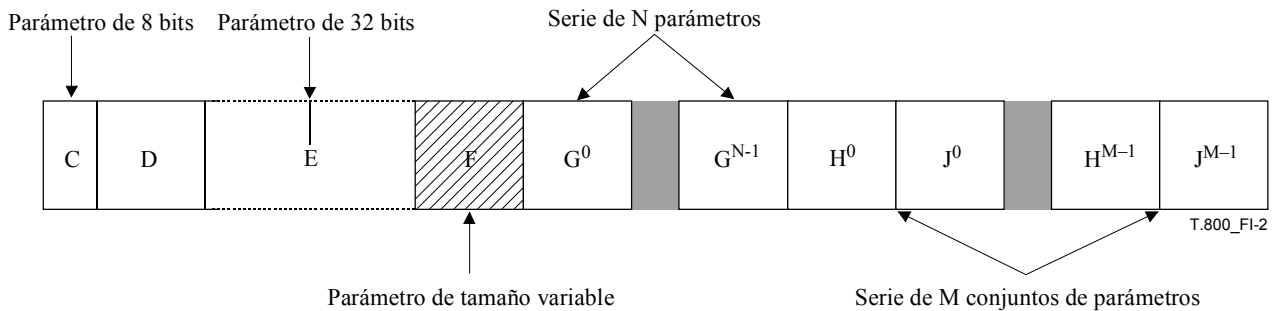


Figura I.2 – Ejemplo de figuras de descripción de casillas

La figura se acompaña con una lista que describe el significado de cada parámetro en la casilla. Si hay parámetros repetidos, se define la longitud y naturaleza de la serie de parámetros. Por ejemplo, en la figura I.2 los parámetros C, D, E y F son de 8, 16, 32 bit y de longitud variable, respectivamente. La notación G^0 y G^{N-1} significa que hay N parámetros diferentes, G^i , en una fila. El grupo de parámetros H^0 y H^{M-1} , y el equipo J^0 y J^{M-1} especifican que la casilla contiene H^0 , seguido de J^0 , seguido de H^1 y J^1 , hasta H^{M-1} y J^{M-1} (un total de M ejemplares de cada parámetro). Además, el campo E es opcional, por lo que no es necesario que se encuentre en esta casilla.

Después de la lista aparece un cuadro que describe los valores posibles de los parámetros o proporciona referencias a otros cuadros donde se describen esos valores.

Además, se utilizarán puntos suspensivos (...) en las figuras que describen el contenido de una supercasilla para indicar que el contenido del fichero entre dos casillas no está definido concretamente. A no ser que se especifique lo contrario en la definición de esa casilla, en el lugar de los puntos suspensivos se puede encontrar cualquier casilla (o secuencia de casillas).

Por ejemplo, la supercasilla que se muestra en la figura I.3 debe contener una casilla AA y una casilla BB, de manera que la casilla BB esté después de la casilla AA, pero ahora bien, puede haber otras casillas entre las casillas AA y BB. En I.8 se describe el tratamiento de casillas desconocidas.



Figura I.3 – Ejemplo de figura de descripción de supercasillas

I.4 Definición de casilla

Físicamente cada objeto en un fichero se encapsula con una estructura binaria denominada casilla. La estructura binaria es como en la figura I.4:

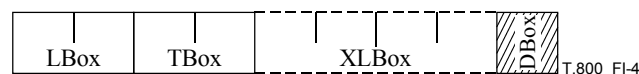


Figura I.4 – Organización de una casilla

- LBox:** Longitud de la casilla. En este campo se especifica la longitud de la casilla, mediante un entero sin signo de importancia decreciente (*big endian*) de 4 bytes. Este valor incluye todos los campos de la casilla, contando la longitud y el tipo. Cuando el valor de este campo sea 1, se incluirá el campo XLBox cuyo valor será la longitud real de la casilla. Cuando el valor de este campo sea 0, significa que no se conocía la longitud de la casilla cuando se escribió el campo LBox. En ese caso, esta casilla contiene todos los bytes hasta el final del fichero. Si una casilla de longitud 0 está dentro de otra casilla (su supercasilla) la longitud de esa supercasilla deberá ser también 0. Esto significa que esta casilla es la última del fichero. Los valores 2-7 se reservan para otros usos ISO.
- TBox:** Tipo de casilla. Este campo especifica el tipo de información que contiene el campo DBox. El valor de este campo se codifica como un entero sin signo de importancia decreciente de 4 bytes. Ahora bien, generalmente se traduce el valor entero en una cadena de caracteres ISO/CEI 646 para describir la casilla. Todos los tipos de casilla que se definen en esta Recomendación | Norma Internacional se describirán mediante una cadena de caracteres (normativo) o enteros hexadecimales de 4 bytes (informativo). De otra parte "\040" es el carácter de separación en la cadena de caracteres que resulta de traducir el tipo de casilla. Todos los valores de TBox no definidos en esta Recomendación | Norma Internacional se reservan para otros usos ISO.
- XLBox:** Longitud extendida de la casilla. Este campo especifica la longitud real de la casilla cuando el valor del campo LBox es 1. Este campo se representa mediante un entero sin signo de importancia decreciente de 8 bytes. El valor incluye todos los campos de la casilla, contando los campos LBox, TBox y XLBox.
- DBox:** Contenido de la casilla. Este campo contiene la información real que aparece en esta casilla. El formato del contenido depende del tipo de casilla y se definirá por separado para cada una de ellas.

Cuadro I.1 – Estructura binaria de una casilla

Nombre del campo	Tamaño (bits)	Valor
LBox	32	0, 1, u 8 a $(2^{32}-1)$
TBox	32	Variable
XLBox	64 0	16 a $(2^{64}-1)$; si LBox = 1 No aplicable; si LBox \neq 1
DBox	Variable	Variable

Por ejemplo, considérese la ilustración en la figura I.5 de una secuencia de casillas, en la que hay una casilla que contiene a otras:

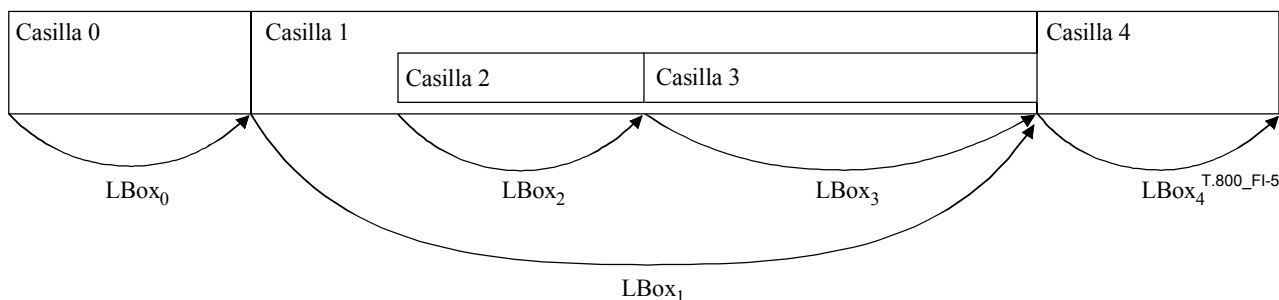


Figura I.5 – Ejemplo de longitudes de casilla

Como se muestra en la figura I.5, la longitud de cada casilla incluye todas las casillas que contenga. Por ejemplo, la longitud de la casilla 1 incluye la longitud de las casillas 2 y 3, además de los campos LBox y TBox propios de la casilla 1. En este caso, si el lector no es capaz de interpretar el tipo de casilla 1, no reconocerá la existencia de las casillas 2 y 3 porque saltará la longitud de la casilla 1 a partir del principio de la casilla.

En el cuadro I.2 se enumeran todas las casillas definidas en esta Recomendación | Norma Internacional. El sangrado dentro del cuadro indica la estructura jerárquica de contención de las casillas dentro del fichero JP2.

Cuadro I.2 – Casillas definidas

Nombre de la casilla	Tipo	Supercasilla	Obligatoriedad	Observaciones
Casilla firma JPEG 2000	'jp040' (0x6A50 2020)	No	Obligatorio	Esta casilla es un identificador exclusivo de ficheros JPEG 2000.
Casilla tipo de fichero	'ftyp' (0x6674 7970)	No	Obligatorio	Esta casilla especifica el tipo de fichero, versión e información de compatibilidad, en particular si este fichero es conforme al formato de fichero JP2 o si puede leerse mediante un lector conforme a JP2.
Casilla encabezamiento JP2	'jp2h' (0x6A70 3268)	Sí	Obligatorio	Esta casilla contiene una serie de casillas con información de tipo encabezamiento sobre el fichero.
Casilla encabezamiento de la imagen	'ihdr' (0x6968 6472)	No	Obligatorio	Esta casilla especifica el tamaño de la imagen y otros campos relacionados.
Casilla bits por componente	'bpc' (0x6270 6363)	No	Opcional	En esta casilla se especifican los bits por punto de los componentes en el fichero cuando no es el mismo valor para todos los componentes
Casilla especificación de color	'colr' (0x636F 6C72)	No	Obligatorio	Esta casilla especifica el espacio de colores de la imagen
Casilla paleta de colores	'pclr' (0x7063 6C72)	No	Opcional	Esta casilla especifica la paleta de colores para hacer corresponder un solo componente en espacio de índices, con multicomponentes.
Casilla de correspondencia de componentes	'cmap' (0x636D 6170)	No	Opcional	Esta casilla especifica la correspondencia entre la paleta de colores y los componentes del tren codificado.
Casilla definición de canal	'cdef' (0x6364 6566)	No	Opcional	En esta casilla se especifica el tipo y orden de los componentes en el tren codificado y los componentes creados por la aplicación de una paleta de colores.
Casilla resolución	'res040' (0x7265 7320)	Sí	Opcional	En esta casilla se especifica la resolución de la rejilla.
Casilla resolución de adquisición	'resc' (0x7265 7363)	No	Opcional	En esta casilla se especifica la resolución de la rejilla que se utilizó para adquirir la imagen.
Casilla resolución de visualización por defecto	'resd' (0x7265 7364)	No	Opcional	En esta casilla se especifica la resolución de la rejilla por defecto para la visualización de la imagen.
Casilla tren codificado contiguo	'jp2c' (0x6A70 3263)	No	Obligatorio	Esta casilla contiene el tren codificado según se define en el anexo A.
Casilla propiedad intelectual	'jp2i' (0x6A70 3269)	No	Opcional	Esta casilla contiene información sobre propiedad intelectual de la imagen.
Casilla XML	'xml040' (0x786D 6C20)	No	Opcional	Esta casilla puede ser utilizada por los fabricantes para añadir información con formato XML a un fichero JP2.
Casilla UUID	'uuid' (0x7575 6964)	No	Opcional	Esta casilla puede ser utilizada por los fabricantes para añadir información adicional a los ficheros sin que ello pueda producir conflictos con otros fabricantes.
Casilla información UUID	'uinf' (0x7569 6E66)	Sí	Opcional	Esta casilla puede ser utilizada por los fabricantes para proporcionar acceso a información adicional relacionada con una UUID.
Casilla Lista UUID	'ulst' (0x7563 7374)	No	Opcional	Esta casilla especifica una lista de UUID.
Casilla URL	'url040' (0x7572 6C20)	No	Opcional	Esta casilla especifica una URL.

I.5 Casillas definidas

Todos los lectores conformes a esta Recomendación | Norma Internacional interpretarán correctamente las siguientes casillas. Cada una de estas casillas es conforme a la estructura de casillas normalizada definida en I.4. En las siguientes cláusulas se define el valor del campo DBox del cuadro I.1 (el contenido de la casilla). Se supone que cada casilla contiene los campos LBox, TBox y XLBox del fichero según se define en I.4.

I.5.1 Casilla firma JPEG 2000

La casilla firma JPEG 2000 indica que el formato de este fichero se definió de conformidad con la Recomendación | Norma Internacional JPEG 2000, y proporciona un poco más de información que puede servir de ayuda para determinar la validez del resto del fichero. La casilla firma JPEG 2000 será la primera casilla en el fichero, y sólo podrá haber una casilla firma JPEG 2000 en un fichero.

La casilla firma JPEG 2000 será del tipo 'jp\040\040' (0x6A50 2020) y tendrá una longitud de 12 bytes. El contenido de esta casilla será la cadena de caracteres de 4 bytes '<CR><LF><0x87><LF>' (0x0D0A 870A). Con objeto de verificar el fichero, esta casilla se puede considerar como una cadena de longitud fija igual a 12 bytes que tendrá el siguiente valor 0x0000 000C 6A50 2020 0D0A 870A.

La combinación del tipo y el contenido propios de esta casilla permite a la aplicación detectar un conjunto común de errores de transmisión del fichero. La secuencia CR-LF en el contenido detecta la transferencia de un fichero incorrecto que altera las secuencias de nueva línea. En el último salto de línea se comprueba lo contrario del problema de traducción CR-LF. El tercer carácter del contenido de la casilla permite detectar la transferencia de un fichero incorrecto no detectada por el bit 7, gracias al ajuste particular de su bit más alto.

I.5.2 Casilla tipo de fichero

La casilla tipo de fichero especifica la Recomendación | Norma Internacional que define completamente todo el contenido de este fichero, así como una lista separada de lectores, definidos en otras Recomendaciones | Normas Internacionales, compatibles con este fichero, por consiguiente, se puede interpretar correctamente el fichero dentro del alcance de esa otra norma. Esta casilla deberá estar inmediatamente después de la casilla firma JPEG 2000. De este modo se distingue entre la norma que describe completamente el fichero y otras normas que pueden interpretar un subconjunto del fichero.

Todos los ficheros contendrán una casilla tipo de fichero, sólo una.

La casilla tipo de fichero será del tipo 'ftyp' (0x6674 7970). El contenido de esta casilla será como en la figura I.6.

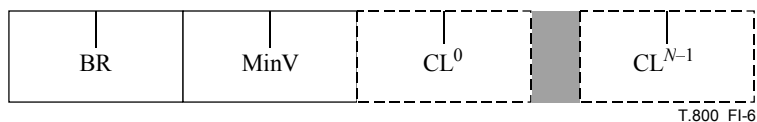


Figura I.6 – Organización del contenido de una casilla tipo de fichero

BR: Marca. Este campo especifica la Recomendación | Norma Internacional que define completamente este fichero. Este campo se especifica mediante una cadena de 4 bytes de caracteres ISO/CEI 646. El valor de este campo se define en el cuadro I.3:

Cuadro I.3 – Valores posibles de marca

Valor	Significado
'jp2\040'	IS 15444-1, anexo I (Esta Recomendación | Norma Internacional)
Otros valores	Reservado para otros usos ISO

Por su función, el campo marca es equivalente a un número de versión principal. Si se cambiara el número de versión principal, para indicar una modificación incompatible en el formato de fichero JP2, se definirá un valor diferente para el campo marca.

Si el valor del campo marca no es 'jp2\040', el lector podrá interpretar el fichero de alguna manera si el valor de 'jp2\040' está indicado en la lista de compatibilidad, interpretación que corresponderá con la intención del creador del fichero.

MinV: Versión anterior. Este parámetro define el número de versión secundario de esta especificación JP2 con la que es conforme este fichero. El parámetro se define como un entero sin signo de importancia decreciente de 4 bytes. El valor de este campo será cero. Sin embargo, los lectores podrán realizar el análisis sintáctico e interpretar este fichero aun cuando el valor de este campo no sea cero.

CLⁱ: Lista de compatibilidad. Este campo especifica un código que representa esta Recomendación | Norma Internacional, otra norma, o un perfil de otra norma con las que es conforme este fichero. Este campo se codifica como una cadena de 4 bytes de caracteres ISO/CEI 646. Los ficheros que sean conformes a esta Recomendación | Norma Internacional tendrán como mínimo un campo CLⁱ en la casilla tipo de fichero, y contendrán el valor 'jp2\040' en uno de los campos CLⁱ de la casilla tipo de fichero. Todos los lectores que son conformes interpretarán correctamente todos los ficheros que tengan 'jp2\040' en uno de los campos CLⁱ.

Si uno de los campos CLⁱ contiene el valor "J2P0", el primer tren codificado de este fichero JP2 está restringido, en la forma descrita en el cuadro A.45 para el perfil 0.

Si uno de los campos CLⁱ contiene el valor "J2P1" el primer tren codificado de este fichero JP2 está restringido en la forma descrita en el cuadro A.45 para el perfil 1.

Los demás valores de la lista de compatibilidad se reservan para otros usos ISO.

El número de campos CLⁱ viene determinado por la longitud de esta casilla.

Cuadro I.4 – Formato del contenido de la casilla tipo de fichero

Nombre del campo	Tamaño (bits)	Valor
BR	32	0 a (2 ³² - 1)
MinV	32	0
CL ⁱ	32	0 a (2 ³² - 1)

I.5.3 Casilla encabezamiento JP2 (supercasilla)

La casilla encabezamiento JP2 contiene información general sobre el fichero, por ejemplo número de componentes, espacio de colores o resolución de la rejilla. Es una supercasilla. En cada fichero JP2 habrá una casilla encabezamiento JP2, sólo una. La casilla encabezamiento JP2 puede aparecer en cualquier lugar del fichero después de la casilla tipo de fichero, pero antes de la casilla tren codificado contiguo. Debe estar además en el mismo nivel que las casillas firma JPEG 2000 y tipo de fichero (no estará dentro de otra supercasilla en el fichero).

La casilla encabezamiento JP2 será del tipo 'jp2h' (0x6A70 3268).

Esta casilla contiene varias casillas. En otras normas se pueden definir otras casillas, que los lectores conformes pueden no tener en cuenta. Las casillas internas de la casilla encabezamiento JP2 que se definen en esta Recomendación | Norma Internacional son como en la figura I.7.

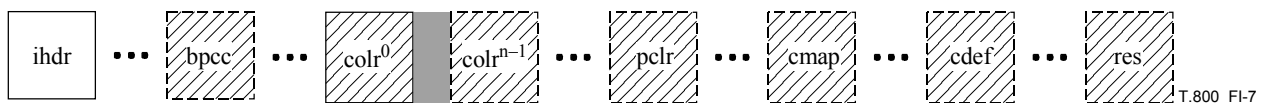


Figura I.7 – Organización del contenido de la casilla encabezamiento JP2

ihdr: Casilla encabezamiento de la imagen. En esta casilla se especifica información sobre la imagen, por ejemplo su anchura y altura. Su estructura se especifica en I.5.3.1. Será la primera en la casilla encabezamiento JP2.

bpcc: Casilla bits por componente. En esta casilla se especifica el número de bits por punto de cada componente del tren codificado tras la descompresión. Su estructura se especifica en I.5.3.2. Esta casilla podrá aparecer en cualquier lugar de la casilla encabezamiento JP2 siempre que aparezca después de la casilla encabezamiento de la imagen.

- colrⁱ:** Casillas especificación del color. Estas casillas especifican el espacio de colores de la imagen descomprimida. Sus estructuras se especifican en I.5.3.3. Habrá como mínimo una casilla especificación de color en la casilla encabezamiento JP2. Si se utilizan varias casillas especificación de color, el decodificador tendrá varias opciones de optimización o compatibilidad para el tratamiento del color. Estas casillas pueden estar en cualquier lugar de la casilla encabezamiento JP2 siempre que estén después de la casilla encabezamiento de la imagen. Todas las casillas especificación de color serán contiguas dentro de la casilla encabezamiento JP2.
- pclr:** Casilla paleta de colores. En esta casilla se define la paleta de colores que se ha de utilizar para crear múltiples componentes a partir de un solo componente. Su estructura se especifica en I.5.3.4. Esta casilla puede aparecer en cualquier posición de la casilla encabezamiento JP2 siempre que aparezca después de la casilla encabezamiento de la imagen.
- cmap:** Casilla correspondencia de componentes. En esta casilla se define la manera en que se identifican los canales de la imagen a partir de los componentes reales en el tren codificado. Su estructura se especifica en I.5.3.5. Esta casilla puede aparecer en cualquier posición de la casilla encabezamiento JP2 siempre que aparezca después de la casilla encabezamiento de la imagen.
- cdef:** Casilla definición del canal. En esta casilla se definen los canales de la imagen. Su estructura se especifica en I.5.3.6. Esta casilla puede encontrarse en cualquier lugar de la casilla encabezamiento JP2 siempre que aparezca después de la casilla encabezamiento de la imagen.
- res:** Casilla resolución. En esta casilla se especifican las resoluciones de las rejillas de adquisición y de visualización por defecto de la imagen. Su estructura se especifica en I.5.3.7. Esta casilla puede aparecer en cualquier posición de la casilla encabezamiento JP2 siempre que aparezca después de la casilla encabezamiento de la imagen.

I.5.3.1 Casilla encabezamiento de la imagen

Esta casilla contiene información general de longitud fija sobre la imagen, por ejemplo el tamaño de la imagen y el número de componentes. El contenido de la casilla encabezamiento JP2 empezará con una casilla encabezamiento de la imagen. No se tendrán en cuenta los ejemplares de esta casilla que estén en otros lugares del fichero. La longitud de la casilla encabezamiento de la imagen será de 22 bytes contando los campos longitud de la casilla y tipo. En la casilla encabezamiento de la imagen hay mucha información redundante que aparece en el propio tren codificado.

Siempre que se mencione "tren codificado" en las descripciones de los campos de este encabezamiento de la imagen, se trata del tren codificado que se encuentra en la primera casilla tren codificado contiguo en el fichero. Los ficheros que contienen información contradictoria entre la casilla encabezamiento de la imagen y el primer tren codificado no son ficheros conformes. Ahora bien, los lectores pueden tratar de leer estos ficheros utilizando los valores que se encuentran en el tren codificado.

La casilla encabezamiento de la imagen será del tipo "ihdr" (0x6968 6472) y el contenido de la casilla tendrá el formato como en la figura I.8.

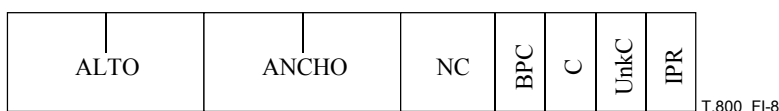


Figura I.8 – Organización del contenido de la casilla encabezamiento de la imagen

- ALTO:** Altura del área de la imagen. El valor de este parámetro indica la altura del área de la imagen. Este campo se codifica con un entero sin signo de importancia decreciente de 4 bytes. El valor de este campo será Ysiz – YOsiz, siendo Ysiz e YOsiz los valores de los campos respectivos del marcador SIZ en el tren codificado. En la figura B.1 se muestra un ejemplo de área de la imagen. Ahora bien los puntos de la rejilla de referencia no tienen por qué ser cuadrados; la relación alto/ancho de un punto de la rejilla de referencia se especifica en la casilla resolución. Si no se incluyera la casilla resolución, el lector supondrá que los puntos en la rejilla de referencia son cuadrados.

- ANCHO:** Anchura del área de la imagen. El valor de este parámetro indica la anchura del área de la imagen. El campo se codifica con un entero sin signo de importancia decreciente de 4 bytes. El valor de este campo será $X_{siz} - X_{Osiz}$, siendo X_{siz} y X_{Osiz} los valores de los campos respectivos del marcador SIZ del tren codificado. Véase un ejemplo de área de la imagen en la figura B.1. Ahora bien los puntos de la rejilla de referencia no tienen por qué ser cuadrados; la relación alto/anchura de un punto de la rejilla de referencia se especifica en la casilla resolución. Si no se incluyera la casilla resolución, el lector supondrá que los puntos en la rejilla de referencia son cuadrados.
- NC:** Este parámetro (número de componentes) especifica el número de componentes en el tren codificado y se codifica mediante un entero sin signo de importancia decreciente de 2 bytes. El valor de este campo será igual al valor del campo C_{siz} del marcador SIZ en el tren codificado.
- BPC:** Este parámetro (bits por componente) especifica el número de bits por punto de los componentes en el tren codificado, menos 1, y se guarda como un campo de 1 byte.
- Si todos los componentes tienen el mismo número de bits por punto y el mismo signo, este parámetro especifica ese valor de bits, que debe ser igual a los valores de los campos S_{siz} del marcador SIZ en el tren codificado (los cuales serán todos iguales). Si los componentes no tienen todos el mismo número de bits por punto ni el mismo signo, el valor de este campo será 255 y la casilla encabezamiento JP2 contendrá también una casilla bits por componente en la que se define el número de bits por punto de cada componente (según se define en I.5.3.2).
- Los 7 bits de menor peso del valor indican el número de bits por punto de los componentes. El bit de mayor peso indica si los componentes tienen o no signo. Si el bit de mayor peso es 1, los componentes contienen valores con signo. Si el bit de mayor peso es 0 los componentes contienen valores sin signo.
- C:** Tipo de compresión. Este parámetro especifica el algoritmo de compresión utilizado para comprimir los datos de la imagen. El valor de este campo será 7. Se codifica como un entero sin signo de 1 byte. Los demás valores se reservan para su uso ISO.
- UnkC:** Espacio de colores desconocido. Este campo especifica si se conoce el espacio de colores real de los datos de la imagen en el tren codificado. Este campo se codifica como un entero sin signo de 1 byte. Los valores posibles para este campo son 0, si el espacio de colores de la imagen se conoce y se especifica correctamente en las casillas especificación del espacio de colores dentro del fichero, o 1, si no se conoce el espacio de colores de la imagen. Se utilizará el valor 1, por ejemplo, para transcodificar imágenes anteriores cuando no se conoce el espacio de colores real de los datos de la imagen. En esos casos aunque los métodos de interpretación del espacio de colores especificados en el fichero no puedan reproducir con precisión la imagen original, el tratamiento se hará como si realmente pudieran reproducir la imagen con precisión. Los valores distintos de 0 y 1 se reservan para otros usos ISO.
- IPR:** Propiedad intelectual. Este parámetro indica si este fichero JP2 contiene información sobre derechos de propiedad intelectual. Si el valor de este campo es 0, el fichero no contiene este tipo de información, y por tanto no contendrá una casilla IPR. Si el valor es 1, el fichero contiene información sobre derechos de propiedad intelectual y contendrá una casilla IPR según se define en I.6. Los demás valores se reservan para otros usos ISO.

Cuadro I.5 – Formato del contenido de la casilla encabezamiento de la imagen

Nombre del campo	Tamaño (bits)	Valor
ALTO	32	1 a $(2^{32} - 1)$
ANCHO	32	1 a $(2^{32} - 1)$
NC	16	1 a 16 384
BPC	8	Véase cuadro I.6
C	8	7
Unk	8	0 a 1
IPR	8	0 a 1

Cuadro I.6 – Valores BPC

Valores (bits)		Precisión de la muestra de componente
MSB	LSB	
x000	0000	Bits por punto del componente = valor + 1. Los valores, son, respectivamente, de 1 bit a 38 bits (contando el bit de signo, cuando corresponda)
a	x010 0101	
0xxx	xxxx	Los componentes no tienen signo
1xxx	xxxx	Los componentes tienen signo
1111	1111	Los componentes tienen distintos valores de bits por punto
		Los demás valores se reservan para otros usos ISO.

I.5.3.2 Casilla bits por componente

La casilla bits por componente especifica el número de bits por punto de cada componente. Si todos los componentes del tren codificado tienen la misma profundidad de bits (tanto signo como precisión), no se incluirá esta casilla. En caso contrario, esta casilla especifica el número de bits por punto de cada componente. El orden de los valores de profundidad de bits en esta casilla es el orden real en el cual se enumeran los componentes en el tren codificado. Esta casilla puede aparecer en distintas posiciones dentro de la casilla encabezamiento JP2, siempre que esté después de la casilla encabezamiento de la imagen.

En la casilla encabezamiento JP2 habrá una casilla bits por componente, sólo una.

La casilla bits por componente será del tipo "bpcc" (0x6270 6363). El contenido de esta casilla será como en la figura I.9.

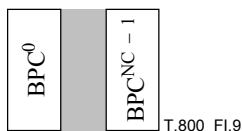


Figura I.9 – Organización del contenido de la casilla bits por componente

BPCⁱ: bits por componente. Este parámetro especifica el número de bits por punto del componente *i*, menos 1, codificado mediante 1 byte. El orden de los componentes en la casilla bits por componente será el mismo que tienen en el tren codificado. El número de campos BPCⁱ está dado por el valor del campo NC de la casilla encabezamiento de la imagen. El valor de este campo será equivalente al campo Ssizⁱ respectivo en el marcador SIZ en el tren codificado.

Los 7 bits de menor peso de este valor indican el número de bits por punto de este componente. El bit de mayor peso indica si el componente tiene o no signo. Si el bit de mayor peso es 1, el componente contiene valores con signo. Si el bit de mayor peso es 0, el componente contiene valores sin signo.

Cuadro I.7 – Formato del contenido de la casilla bits por componente

Nombre del campo	Tamaño (bits)	Valor
BPC ⁱ	8	Véase cuadro I.8

Cuadro I.8 – Valores BPCⁱ

Valores (bits)		Precisión de la muestra de componente
MSB	LSB	
x000	0000 a x010 0101	Bits por punto del componente = valor + 1. Los valores van de 1 bit a 38 bits respectivamente (contando el bit de signo, cuando corresponda)
0xxx	xxxx	Los componentes no tienen signo
1xxx	xxxx	Los componentes tienen signo
		Los demás valores se reservan para otros usos ISO

I.5.3.3 Casilla especificación del color

Cada casilla especificación del color define un método mediante el cual las aplicaciones pueden interpretar el espacio de color de los datos de la imagen descomprimida. Esta especificación de color se aplicará a la imagen descomprimida y después de que se haya aplicado la transformada inversa de componente a los datos de la imagen para decorrelación.

Cada fichero JP2 puede contener múltiples casillas especificación del color, pero al menos debe haber una que especifique diferentes métodos para lograr resultados "equivalentes". Los lectores que sean conformes a la especificación JP2 sólo tendrán en cuenta la primera casilla especificación del color. Ahora bien, los lectores que sean conformes con otras normas pueden utilizar las siguientes casillas de la manera en que definan esas normas.

La casilla especificación del color será del tipo "colr" (0x636F 6C72). El contenido de una casilla especificación del color es como en la figura I.10.

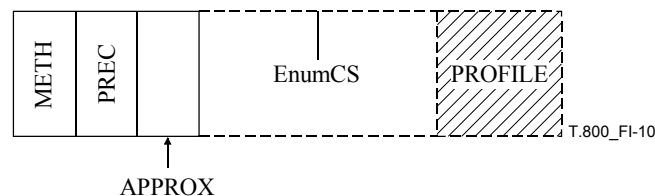


Figura I.10 – Organización del contenido de una casilla especificación del color

METH: Método. En este campo se especifica el método utilizado en esta casilla especificación de color para definir el espacio de colores de la imagen descomprimida. Este campo se codifica con un entero sin signo de 1 byte. El valor de este campo será 1 ó 2, según se define en el cuadro I.9.

Cuadro I.9 – Valores posibles de METH

Valor	Significado
1	Espacio de colores enumerado. Esta casilla de especificación de espacio de color contiene el valor enumerado del espacio de color de esta imagen. El valor enumerado se encuentra en el campo EnumCS en esta casilla. Si el valor de este campo es 1, el campo EnumCS aparecerá inmediatamente después del campo APPROX en esta casilla, y será el último campo en esta casilla.
2	Perfil ICC restringido. Esta casilla de especificación de color contiene el perfil ICC del campo PROFILE. Este perfil especificará la transformación necesaria para convertir los datos de la imagen descomprimida en PCS _{XYZ} , y será conforme a la clase de perfil entrada monocroma o entrada matricial de tres componentes, y contendrá todas las etiquetas necesarias allí especificadas, según se define en ICC.1:1998-09. El valor del campo espacio de conexión de perfil en el encabezamiento del perfil incorporado será "XYZ/040" (0x5859 5A20) que indica que el espacio de color de salida de perfil está en el espacio de colores XYZ. Las etiquetas privadas en el perfil ICC no cambiarán el aspecto visual de la imagen procesada utilizando este perfil ICC. Los componentes del tren codificado pueden tener una gama mayor que la gama de entrada de la curva de reproducción de tonalidad (TRC, <i>tone reproduction curve</i>) del perfil ICC. Los valores decodificados se recortarán a los límites de la TRC antes de procesar la imagen mediante el perfil ICC. Por ejemplo, los valores de muestra negativos de componentes con signo se pueden recortar a cero antes de procesar los datos de la imagen mediante el perfil. En J.9 se describen con mayor detalle las transformadas de espacio de colores posibles, la manera en que esas transformadas se almacenan en el fichero y cómo procesar una imagen utilizando esa transformada sin utilizar un mecanismo de gestión de color ICC. Si el valor METH es 2, el campo PROFILE estará inmediatamente a continuación del campo APPROX y será el último campo en la casilla.
Otros valores	Reservados para otros usos ISO. Si el valor METH no es 1 ni 2, podrá haber campos en esta casilla después del campo APPROX y los lectores conformes a la especificación JP2 no tendrán en cuenta para nada la casilla especificación del color.

- PREC:** Precedencia. Este campo se reserva para otros usos ISO y su valor deberá ser cero; no obstante, los lectores conformes a esta especificación no tendrán en cuenta el valor de este campo. Este campo se especifica mediante un entero con signo de 1 byte.
- APPROX:** Aproximación del espacio de colores. En este campo se especifica la medida en la que este método de especificación del color se aproxima a la definición "correcta" del espacio de color. El valor de este campo será cero; no obstante, los lectores conformes a esta especificación no tendrán en cuenta el valor de este campo. Los demás valores se reservan para otros usos ISO. Este campo se especifica mediante un entero sin signo de 1 byte.
- EnumCS:** Espacio de color enumerado. Este campo especifica el espacio de color de la imagen utilizando códigos enteros. Para interpretar correctamente el color de una imagen utilizando un espacio de color enumerado, es preciso tener una definición interna de ese espacio de color en la aplicación. Este campo contiene un valor entero sin signo de importancia decreciente de 4 bytes que indica el espacio de color de la imagen. Si el valor del campo METH es 2, el campo EnumCS no estará presente. Los valores válidos de EnumCS para la primera casilla de especificación de espacios de colores en ficheros conformes a esta especificación son 16, 17 y 18 exclusivamente, según se define en el cuadro I.10:

Cuadro I.10 – Valores posibles de EnumCS

Valor	Significado
16	sRGB según se define en CEI 61966-2-1
17	<p>Escala de grises: Un espacio de escala de grises en el que la luminancia de la imagen viene dada por valores de código, mediante la no linealidad de sRGB de las ecuaciones 2 a 4 de la especificación CEI 61966-2-1 (sRGB):</p> $Y' = Y_{8bit} / 255 \quad (I-1)$ <p>para $(Y' \leq 0,04045)$, $Y_{lin} = Y' / 12,92 \quad (I-2)$</p> $\text{para } (Y' > 0,04045), Y_{lin} = \left(\frac{Y' + 0,055}{1,055} \right)^{2,4}$ <p>siendo Y_{lin} el valor de la luminancia lineal de la imagen en el intervalo 0,0 a 1,0. Los valores de luminancia de la imagen deberían interpretarse con respecto a las condiciones de referencia establecidas en la cláusula 2 de CEI 61966-2-1.</p>
18	<p>sYCC según se define en CEI 61966-2-1 enm. 1</p> <p>NOTA – No se recomienda utilizar los valores ICT o RCT especificados en el anexo G con datos de imagen sYCC. Véase J.15 que trata sobre las directrices del tratamiento de trenes de códigos YCC.</p>
Otros valores	Reservado para otros usos ISO

PROFILE: Perfil ICC. Este campo contiene un perfil ICC admitido, definido en la especificación de formato de perfil ICC, que especifica la transformada de los datos de la imagen descomprimida en el PCS. No se incluirá este campo si el valor del campo METH es 1. Si el valor del campo METH es 2, el perfil ICC será conforme a la clase de perfil de entrada monocromo o la clase de perfil de entrada matricial de 3 componentes, según se define en ICC.1:1998-09.

Cuadro I.11 – Formato del contenido de la casilla especificación del color

Nombre del campo	Tamaño (bits)	Valor
METH	8	1 a 2
PREC	8	0
APPROX	8	0
EnumCS	32 si METH = 1 0 si METH = 2	0 a $(2^{32} - 1)$ Ningún valor
PROFILE	Variable	Variable; véase la especificación del formato de perfil ICC, versión ICC.1:1998-09.

I.5.3.4 Casilla paleta de colores

Esta casilla especifica una paleta de colores que puede utilizarse para crear canales a partir de componentes. Ahora bien, la casilla paleta de colores no especifica la creación de ningún canal en particular; la creación de canales aplicando una paleta de colores a un componente se especifica en la casilla correspondencia de componente. El espacio de colores o el significado del canal así generado se especifica en la casilla definición de canal (o mediante los parámetros por defecto definidos en la especificación para la casilla definición de canal, si ésta no está presente). Si la casilla encabezamiento JP2 contiene la casilla paleta de colores, también deberá contener la casilla correspondencia de componente. Si la casilla encabezamiento JP2 no contiene una casilla paleta de colores, tampoco contendrá una casilla correspondencia de componente.

En la casilla encabezamiento JP2 habrá como máximo una casilla paleta de colores.

La casilla paleta de colores será del tipo "pclr" (0x7063 6C72). El contenido de esta casilla será como en la figura I.11.

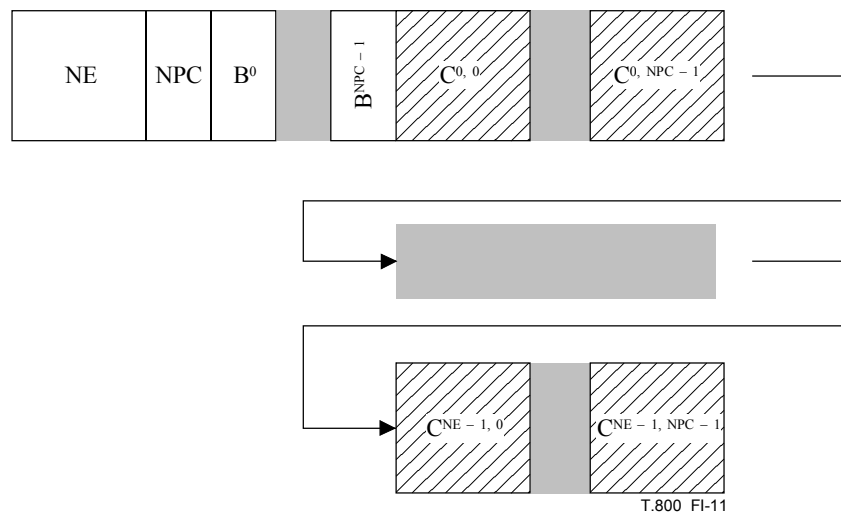


Figura I.11 – Organización del contenido de la casilla paleta de colores

- NE:** Número de entradas en el cuadro. El valor estará comprendido entre 1 y 1024 y se codifica mediante un entero sin signo de importancia decreciente de 2 bytes.
- NPC:** Número de columnas de paleta de colores especificados en la casilla paleta de colores. Por ejemplo si la paleta de colores se va a utilizar para hacer corresponder un solo componente de índice en una imagen RGB de tres componentes, el valor de este campo será 3. Este campo se codifica mediante un entero sin signo de 1 byte.
- Bⁱ:** Este parámetro especifica el número de bits por punto de los valores creados mediante la columna paleta de colores (i), y se codifica mediante un entero de importancia decreciente de 1 byte. Los 7 bits de menor peso del valor indican la profundidad de bit de esta columna paleta de colores. El bit de mayor peso indica si la columna paleta de colores tiene o no signo. Si el bit de mayor peso es 1 los valores de la columna paleta de colores tienen signo. Si el bit de mayor peso es 0, esos valores no tienen signo. El número de valores de Bⁱ viene dado por el valor del campo NPC.
- C^{ji}:** El valor de la entrada j de la columna paleta de colores (i). Los valores C^{ji} se organizan por orden ascendente de componente; se agrupan todos los valores de la entrada j, y después los valores de la entrada j + 1. En el ejemplo anterior, el cuadro sería R₁,G₁,B₁,R₂,G₂,B₂, etc. El tamaño de C^{ji} es el valor especificado en el campo Bⁱ. El número de columnas paleta de colores viene dado por el campo NPC. El número de valores C^{ji} será el producto del número de columnas paleta de colores (el campo NPC) por el número de entradas en la paleta (NE). Si el valor de Bⁱ no es un múltiplo de 8, cada valor C^{ji} se rellena con ceros para conseguir que sea un múltiplo de 8 bits y el valor real se guarda en los bits de orden más bajo del valor relleno. Por ejemplo, si Bⁱ vale 10 bits, los valores C^{ji} se guardarán en los 10 bits de menor peso de un campo de 16 bits.

Cuadro I.12 – Formato del contenido de la casilla paleta de colores

Nombre del campo	Tamaño (bits)	Valor
NE	16	1 a 1 024
NPC	8	1 a 255
B ⁱ	8	Véase el cuadro I.13
C ^{ji}	Variable	Variable

Cuadro I.13 – Valores de Bⁱ

Valores (bits)		Precisión de la muestra de la columna paleta de colores
MSB	LSB	
x000	0000	Número de bits por punto de la columna paleta de colores = valor + 1. El valor de la profundidad de bit estará comprendido entre 1 y 38 bits respectivamente (contando el bit de signo, cuando corresponda)
x010	0101	
0xxx	xxxx	Los valores de la columna paleta de colores no tienen signo
1xxx	xxxx	Los valores de la columna paleta de colores tienen signo
		Los demás valores están reservados para otros usos ISO

I.5.3.5 Casilla correspondencia de componentes

La casilla correspondencia de componentes define la manera en que los canales de la imagen se identifican a partir de los componentes reales decodificados del tren codificado. Esta abstracción permite especificar el color o el tipo de imágenes definidas o no en una paleta de colores, mediante una estructura sencilla (la casilla definición de canal). Esta casilla contiene una matriz de campos CMPⁱ, MTYPⁱ y PCOLⁱ. Cada grupo de estos campos representa la definición de un canal en la imagen. Los canales se enumeran en orden empezando por cero, y el número de canales especificados en la casilla correspondencia de componentes depende de la longitud de la casilla.

En cada casilla encabezamiento JP2 habrá como máximo una casilla correspondencia de componentes.

Si la casilla encabezamiento JP2 contiene una casilla paleta de colores, también se incluirá una casilla correspondencia de componentes. Si la casilla encabezamiento JP2 no contiene una casilla correspondencia de componentes, se hará una correspondencia directa de componentes a canales, de manera que el componente *i* corresponda al canal *i*.

La casilla correspondencia de componentes será del tipo "cmap" (0x636D 6170). El contenido de esta casilla será como en la figura I.12.

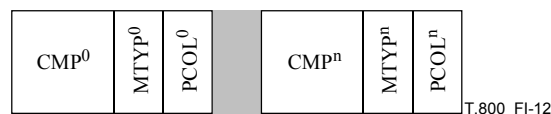


Figura I.12 – Organización del contenido de una casilla correspondencia de componentes

- CMPⁱ:** Este campo especifica el índice del componente del tren codificado que se ha hecho corresponder con este canal (directamente o mediante una paleta de colores). El campo se codifica mediante un entero sin signo de importancia decreciente de 2 bytes.
- MTYPⁱ:** Este campo especifica cómo se genera este canal a partir de componentes reales en el fichero. Este campo se codifica mediante un entero sin signo de 1 byte. Los valores posibles del campo MTYPⁱ son como en el cuadro I.14.

Cuadro I.14 – Valores del campo MTYPⁱ

Valor	Significado
0	correspondencia directa. Este canal se crea directamente a partir del componente real en el tren codificado. El índice del componente que corresponde a este canal se especifica en el campo CMP ⁱ para este canal.
1	correspondencia mediante una paleta de colores. Este canal se crea aplicando una paleta de colores a un componente real en el tren codificado. El índice del componente que se ha hecho corresponder en la paleta se especifica en el campo CMP ⁱ para este canal. La columna de la paleta de colores que se ha de utilizar se especifica en el campo PCOL ⁱ para este canal.
2 a 255	Reservado para otros usos ISO.

- PCOLⁱ:** Este campo especifica el componente de índice de la paleta de colores que se utiliza para hacer corresponder el componente real del tren codificado. Este campo se codifica mediante un entero sin signo de 1 byte. Si el valor del campo MTYPⁱ para este canal es 0, el valor de ese campo será 0.

Cuadro I.15 – Formato del contenido de la casilla correspondencia de componentes

Nombre del campo	Tamaño (bits)	Valor
CMP ⁱ	16	0 a 16 384
MTYP ⁱ	8	0 a 1
PCOL ⁱ	8	0 a 255

I.5.3.6 Casilla definición de canal

La casilla definición de canal especifica el significado de las muestras en cada canal de la imagen. Esta casilla puede aparecer en cualquier posición de la casilla encabezamiento JP2, siempre que esté después de la casilla encabezamiento de la imagen. La correspondencia entre los componentes reales del tren codificado y los canales se especifica en la casilla correspondencia de componentes. Si la casilla encabezamiento JP2 no contiene la casilla correspondencia de componente, los lectores harán corresponder el componente *i* con el canal *i*, y así todos los componentes del tren codificado.

En una casilla encabezamiento JP2 habrá como máximo una casilla definición de canal.

Esta casilla contiene una matriz con las descripciones de los canales. Se especifican tres valores para cada descripción: el índice del canal descrito mediante esa asociación, el tipo de canal y la relación de ese canal con unos colores determinados. En esta casilla se pueden dar varias descripciones para un mismo canal.

Cuando en el tren codificado se especifique una transformada de múltiples componentes, la imagen se hará en el espacio de colores RGB, y se harán corresponder los colores rojo, verde y azul, respectivamente, a los canales 0, 1 y 2 del tren codificado.

La casilla definición de canal será del tipo "cdef" (0x6364 6566). El contenido de esta casilla será como el de la figura I.13.

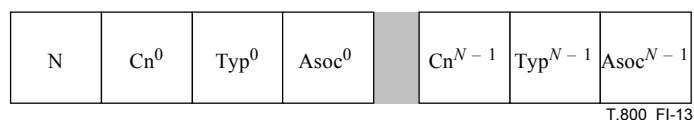


Figura I.13 – Organización del contenido de las casillas definición de canal

- N:** Número de descripciones de canal. Este campo especifica el número de descripciones de canal en esta casilla. Este campo se codifica mediante un entero sin signo de importancia decreciente de 2 bytes.
- Cnⁱ:** Índice del canal. Este campo especifica el índice del canal para esta descripción. El valor de este campo representa el índice del canal según está definido en la casilla correspondencia de componentes (o el componente propiamente dicho del tren codificado si el fichero no contiene una casilla correspondencia de componentes). Este campo se codifica mediante un entero sin signo de importancia decreciente de 2 bytes.
- Typⁱ:** Tipo de canal. Este campo especifica el tipo de canal para esta descripción. El valor de este campo especifica el significado de las muestras descomprimidas en este canal. Este campo se codifica mediante un entero sin signo de importancia decreciente de 2 bytes. Los valores posibles de este campo son los que se indican en el cuadro I.16:

Cuadro I.16 – Valores del campo Typⁱ

Valor	Significado
0	Canal descriptivo de uno de los colores de una imagen de color.
1	Opacidad. Un valor 0 indica que la muestra es 100% transparente, y el valor máximo del canal (relacionado con el número de bits por punto del componente en el tren codificado o del componente de paleta de colores que corresponde a este canal) indica una muestra 100% opaca. Todos los canales opacos se definen por correspondencia a partir de componentes sin signo.
2	Opacidad premultiplicada. Canal de opacidad como el anterior, excepto que el valor del canal de opacidad se ha multiplicado en los canales de color a los cuales está asociado este canal. La premultiplicación se define del modo siguiente: $S_p = S \times \frac{\alpha}{\alpha_{m\acute{a}x}} \quad (I-3)$ siendo S la muestra original, S_p la muestra premultiplicada (la muestra almacenada en la imagen), α el valor del canal de opacidad y $\alpha_{m\acute{a}x}$ el valor máximo del canal de opacidad, definido por el número de bits por punto de este canal.
3 a ($2^{16}-2$)	Reservado para otros usos ISO.
$2^{16}-1$	El tipo de este canal no está especificado.

Asocⁱ: Asociación de canal. Este campo especifica el índice de color con el que se asocia directamente este canal (o un valor especial para indicar sea toda la imagen, sea ninguna asociación). Por ejemplo, si se trata de un canal de opacidad para el canal rojo en un espacio de colores RGB, en este campo se especificará el índice del color rojo. En el cuadro I.17 se especifican los valores de asociación posibles. En el cuadro I.18 se especifican los índices de color posibles. Este campo se codifica mediante un entero sin signo de importancia decreciente de 2 bytes.

Cuadro I.17 – Valores del campo Asocⁱ

Valor	Significado
0	Este canal se asocia a la totalidad de la imagen (por ejemplo un canal de opacidad independiente que debería aplicarse a todos los canales de color).
1 a ($2^{16}-2$)	Este canal se asocia a un color en concreto según lo indicado por este valor. Este valor se utiliza para asociar un determinado canal a un determinado aspecto de la especificación del espacio de colores de esta imagen. Por ejemplo, si se quiere que el lector asocie el canal decodificado con la entrada rojo de un perfil ICC que figura en una casilla especificación de colores, se puede indicar que ese canal está asociado al canal rojo de una imagen RGB. Los indicadores de color se especifican en el cuadro I.18.
($2^{16}-1$)	Este canal no está asociado a ningún color en concreto.

Cuadro I.18 – Colores indicados por el campo Asocⁱ

Clase de espacio de color	Color indicado por el valor del campo Asoc ⁱ			
	1	2	3	4
RGB	R	G	B	
Escala de grises	Y			
YCbCr	Y	C _b	C _r	

Las siguientes clases de espacio de colores se enumeran para futura referencia y para explicar la utilización del campo Asocⁱ:

XYZ	X	Y	Z	
Lab	L	a	b	
Luv	L	u	v	
YCbCr	Y	C _b	C _r	
Yxy	Y	x	y	
HSV	H	S	V	

Cuadro I.18 – Colores indicados por el campo $Asoc^i$

Clase de espacio de color	Color indicado por el valor del campo $Asoc^i$			
	HLS	H	L	S
CMYK	C	M	Y	K
CMY	C	M	Y	
Jab	J	a	b	
Espacio de n colores	1	2	3	4

Los valores en el cuadro I.18 especifican índices que se han asignado para representar determinados "colores" y no determinados canales (o componentes del tren codificado o de la paleta de colores). Los lectores deben utilizar la información que figura en la casilla definición de canal para determinar qué colores contiene cada canal.

Los índices de canal de esta casilla corresponden a determinados componentes del tren codificado o de la paleta de colores. Los índices de color especifican la forma en que se ha de interpretar cada canal a partir de la especificación del espacio de color de la imagen. En esta casilla habrá una definición de canal para cada uno de los colores señalados en la especificación de espacios de colores de este fichero, según se especifica en la casilla especificación del espacio de colores.

Por ejemplo, el color verde en una imagen RGB se especifica mediante el valor $\{i, 0, 2\}$ para las características $\{Cn, Typ, Asoc\}$, donde i es el índice de ese canal (directamente o generado al aplicar una transformada de múltiples componentes inversa a los componentes reales del tren codificado). Si la aplicación sólo tiene que obtener los canales de colores, el par de campos $Typ/Asoc$ se pueden considerar como un valor de cuatro bytes combinado que corresponde directamente a los índices de color (ya que el campo Typ para un canal de color será 0).

En otro ejemplo, el tren codificado puede contener un canal i que especifica muestras de incorporación de opacidad para los canales rojo y verde, y un canal j que especifica muestras de incorporación de opacidad para el canal azul. En la casilla definición de canales de este fichero aparecerían las siguientes tuplas $\{Cn, Typ, Asoc\}$ para los dos canales de opacidad: $\{i, 1, 1\}$, $\{i, 1, 2\}$ y $\{j, 1, 3\}$.

En un fichero JP2 no habrá más de un canal con el mismo par de valores Typ^i y $Asoc^i$, excepto si los valores son $2^{16}-1$ (sin especificar). Por ejemplo un fichero JP2 en un espacio de colores RGB contendrá únicamente un canal verde, y una imagen en tonos grises contendrá únicamente un canal gris. En una imagen sólo habrá un canal de opacidad o un canal de opacidad premultiplicado, o ninguno de estos canales, asociado a un canal de color.

Si el tren codificado sólo contiene canales de color y éstos están en el mismo orden que los colores asociados (por ejemplo, una imagen RGB con tres canales en el orden R, G y B) no deberá existir esta casilla. Si hay canales auxiliares o los canales no están en el mismo orden que los índices de color, habrá una casilla definición de canal (véase cuadro I.19) en la casilla encabezamiento JP2 con una lista completa de definiciones de canal.

Cuadro I.19 – Formato de la casilla definición de canal

Parámetro	Tamaño (bits)	Valor
N	16	1 a $(2^{16}-1)$
Cn^i	16	0 a $(2^{16}-1)$
Typ^i	16	0 a $(2^{16}-1)$
$Asoc^i$	16	0 a $(2^{16}-1)$

I.5.3.7 Casilla resolución (supercasilla)

Esta casilla especifica las resoluciones de la rejilla de adquisición y de visualización de la imagen por defecto. Esta casilla, si se incluye contendrá una de las casillas resolución de adquisición o resolución de visualización por defecto.

En una casilla encabezamiento JP2 habrá como máximo una casilla resolución.

La casilla resolución será del tipo "res\040" (0x7265 7320). El contenido de la casilla resolución es como en la figura I.14.

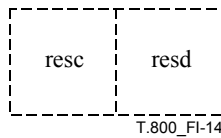


Figura I.14 – Organización del contenido de la casilla resolución

- resc:** Casilla resolución de adquisición. Esta casilla especifica la resolución de la rejilla con la que se ha adquirido la imagen. El formato de esta casilla se especifica en I.5.3.7.1.
- resd:** Casilla resolución de visualización por defecto. Esta casilla especifica la resolución por defecto de la rejilla con la que se debería visualizar la imagen. El formato de esta casilla se especifica en I.5.3.7.2.

I.5.3.7.1 Casilla resolución de adquisición

Esta casilla especifica la resolución de la rejilla con la que se digitalizó la imagen para crear las muestras de imagen que figuran en el tren codificado. Por ejemplo, se puede especificar la resolución del escáner plano que se utilizó para capturar una página de un libro. La resolución de la rejilla de adquisición también puede ser la resolución de una cámara digital aérea o una cámara de satélite.

Las resoluciones vertical y horizontal de la rejilla de adquisición se calculan utilizando los seis parámetros (cuadro I.20) almacenados en esa casilla, de las dos ecuaciones siguientes, respectivamente:

$$VRc = \frac{VRcN}{VRcD} \times 10^{VRcE} \quad (I-4)$$

$$HRc = \frac{HRcN}{HRcD} \times 10^{HRcE} \quad (I-5)$$

Los valores VRc y HRc se expresan siempre en puntos de la rejilla de referencia por metro. Las aplicaciones que necesiten otras unidades para la resolución de la rejilla deberán realizar ellas mismas la conversión.

La casilla resolución de adquisición será del tipo "resc" (0x7265 7363). El contenido de la casilla resolución de adquisición es como en la figura I.15.

VRcN	VRcD	HRcN	HRcD	VRcE	HRcE
------	------	------	------	------	------

T.800_FI-15

Figura I.15 – Organización del contenido de la casilla resolución de adquisición

- VRcN:** Numerador de la resolución vertical de la rejilla de adquisición. Este parámetro especifica el valor $VRcN$ de la ecuación (I-4), que se utiliza para calcular la resolución vertical de la rejilla de adquisición. Este parámetro se codifica mediante un entero sin signo de importancia decreciente de 2 bytes.
- VRcD:** Denominador de la resolución vertical de la rejilla de adquisición. Este parámetro especifica el valor $VRcD$ de la ecuación (I-4), que se utiliza para calcular la resolución vertical de la rejilla de adquisición. Este parámetro se codifica mediante un entero sin signo de importancia decreciente de 2 bytes.
- HRcN:** Numerador de la resolución horizontal de la rejilla de adquisición. Este parámetro especifica el valor $HRcN$ de la ecuación (I-5) que se utiliza para calcular la resolución horizontal de la rejilla de adquisición. Este parámetro se codifica mediante un entero sin signo de importancia decreciente de 2 bytes.
- HRcD:** Denominador de la resolución horizontal de la rejilla de adquisición. Este parámetro especifica el valor $HRcD$ de la ecuación (I-5) que se utiliza para calcular la resolución horizontal de la rejilla de adquisición. Este parámetro se codifica mediante un entero sin signo de importancia decreciente de 2 bytes.

- VRcE:** Exponente de la resolución vertical de la rejilla de adquisición. Este parámetro especifica el valor *VRcE* en la ecuación (I-4), que se utiliza para calcular la resolución vertical de la rejilla de adquisición. Este parámetro se codifica utilizando un entero con signo de 1 byte expresado en complemento a dos.
- HRcE:** Exponente de la resolución horizontal de la rejilla de adquisición. Este parámetro especifica el valor *HRcE* de la ecuación (I-5) que se utiliza para calcular la resolución horizontal de la rejilla de adquisición. Este parámetro se codifica mediante un entero con signo de 1 byte expresado en complemento a dos.

Cuadro I.20 – Formato del contenido de la casilla resolución de captura

Nombre del campo	Tamaño (bits)	Valor
VRcN	16	1 a (2 ¹⁶ - 1)
VRcD	16	1 a (2 ¹⁶ - 1)
HRcN	16	1 a (2 ¹⁶ - 1)
HRcD	16	1 a (2 ¹⁶ - 1)
VRcE	8	-128 a 127
HRcE	8	-128 a 127

I.5.3.7.2 Casilla resolución de visualización por defecto

Esta casilla especifica la resolución de la rejilla apropiada para visualizar la imagen. Por ejemplo, se puede utilizar para determinar el tamaño de la imagen en una página cuando aparece en una composición de página. No obstante, es sólo el valor por defecto. Cada aplicación puede determinar el tamaño adecuado de visualización.

Las resoluciones vertical y horizontal de la rejilla para la visualización se calculan utilizando seis parámetros (cuadro I.21) almacenados en esa casilla mediante las dos ecuaciones siguientes respectivamente:

$$VRd = \frac{VRdN}{VRdD} \times 10^{VRdE} \tag{I-6}$$

$$HRd = \frac{HRdN}{HRdD} \times 10^{HRdE} \tag{I-7}$$

Los valores *VRd* y *HRd* se expresan siempre en puntos de la rejilla de referencia por metro. Las aplicaciones que necesiten otra unidad de resolución de rejilla deberán hacer ellas misma la conversión.

La casilla resolución de visualización por defecto será del tipo "resd" (0x7265 7364). El contenido de la casilla resolución de visualización por defecto es el que se muestra en la figura I.16.

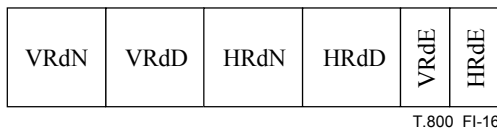


Figura I.16 – Organización del contenido de la casilla resolución de visualización por defecto

- VRdN:** Numerador de la resolución vertical de la rejilla de visualización. Este parámetro especifica el valor *VRdN* de la ecuación (I-6) que se utiliza para calcular la resolución vertical de la rejilla de visualización. Se codifica mediante un entero sin signo de importancia decreciente de 2 bytes.
- VRdD:** Denominador de la resolución vertical de la rejilla de visualización. Este parámetro especifica el valor *VRdD* de la ecuación (I-6), que se utiliza para calcular la resolución vertical de la rejilla de visualización. Se codifica mediante un entero sin signo de importancia decreciente de 2 bytes.
- HRdN:** Numerador de resolución horizontal de la rejilla de visualización. Este parámetro especifica el valor *HRdN* de la ecuación (I-7) que se utiliza para calcular la resolución horizontal de la rejilla de visualización. Se codifica mediante un entero sin signo de importancia decreciente de 2 bytes.

- HRdD:** Denominador de la resolución horizontal de la rejilla de visualización. Este parámetro especifica el valor *HRdD* de la ecuación (I-7) que se utiliza para calcular la resolución horizontal de la rejilla de visualización. Este parámetro se codifica mediante un entero sin signo de importancia decreciente de 2 bytes.
- VRdE:** Exponente de la resolución vertical de la rejilla de visualización. Este parámetro especifica el valor *VRdE* de la ecuación (I-6) que se utiliza para calcular la resolución vertical de la rejilla de visualización. Se codifica utilizando un entero con signo de 1 byte expresado en complemento a dos.
- HRdE:** Exponente de la resolución horizontal de la rejilla de visualización. Este parámetro especifica el valor *HRdE* de la ecuación (I-7) que se utiliza para calcular la resolución horizontal de la rejilla de visualización. Se codifica mediante un entero con signo de 1 byte expresado en complemento a dos.

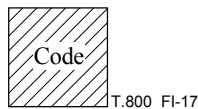
Cuadro I.21 – Formato del contenido de la casilla resolución de visualización por defecto

Nombre del campo	Tamaño (bits)	Valor
VRdN	16	1 a ($2^{16}-1$)
VRdD	16	1 a ($2^{16}-1$)
HRdN	16	1 a ($2^{16}-1$)
HRdD	16	1 a ($2^{16}-1$)
VRdE	8	-128 a 127
HRdE	8	-128 a 127

I.5.4 Casilla tren codificado contiguo

La casilla tren codificado contiguo contiene un tren codificado JPEG 2000 válido y completo, como se define en el anexo A. Al visualizar la imagen, los lectores conformes a esta especificación no tendrán en cuenta el resto de trenes codificados que estén en el fichero después del primero. Las casillas tren codificado contiguo pueden estar en cualquier lugar del fichero, pero no antes de la casilla encabezamiento JP2.

La casilla tren codificado contiguo será del tipo "jp2c" (0x6A70 3263). El contenido de la casilla será como en la figura I.17:

**Figura I.17 – Organización del contenido de la casilla tren codificado contiguo**

Code: Este campo contiene un tren codificado JPEG 2000 válido y completo según se especifica en el anexo A.

Cuadro I.22 – Formato del contenido de la casilla tren codificado contiguo

Nombre del campo	Tamaño (bits)	Valor
Code	Variable	Variable

I.6 Adición de información sobre derechos de propiedad intelectual en archivos JP2

En esta Recomendación | Norma Internacional se especifica un tipo de casilla destinada a contener información sobre derechos de propiedad intelectual en los ficheros JP2. La inclusión de esta información en ficheros JP2 conformes a esta especificación es opcional. La ISO definirá el formato del contenido de esta casilla. Ahora bien, en esta Recomendación | Norma Internacional se define el tipo de esta casilla para que las aplicaciones puedan reparar en la existencia de información sobre derechos de propiedad intelectual (IPR). La utilización y la interpretación de esta información no forma parte de los propósitos de esta Recomendación | Norma Internacional.

En general, cuando la casilla IPR se encuentra al principio del fichero, los derechos se aplican a todo el fichero. Las casillas IPR también pueden estar en otras posiciones, en particular dentro de supercasillas definidas por otras Recomendaciones | Normas Internacionales. En ese caso, los derechos especificados se aplican a la entidad definida por la supercasilla que las contiene.

La casilla propiedad intelectual será del tipo "jp2i" (0x6A70 3269).

I.7 Adición de información específica del fabricante al formato de fichero JP2

Las siguientes casillas permiten añadir en las aplicaciones información específica del fabricante al formato de fichero JP2. Todas estas casillas son opcionales en los ficheros conformes a esta especificación, y los lectores conformes pueden hacer caso omiso de ellas.

I.7.1 Casillas XML

Las casillas XML contienen información específica del fabricante (en formato XML) distinta de la información que se incluye en las casillas definidas por esta Recomendación | Norma Internacional. Pueden haber múltiples casillas XML en un fichero, y pueden ubicarse en cualquier posición siempre que estén después de la casilla tipo de fichero.

La casilla XML es del tipo "xml\040" (0x786D 6C20). El contenido de la casilla será como en la figura I.18.



Figura I.18 – Organización del contenido de la casilla XML

DATA: Este campo contendrá un documento XML con la sintaxis correcta según se define en REC-xml-19980210.

La presencia de casillas XML es opcional en ficheros conformes a esta especificación. Las casillas XML no contendrán información que sea necesaria para decodificar la imagen de conformidad con esta Recomendación | Norma Internacional, y la correcta interpretación del contenido de casillas XML no cambiará el aspecto visual de la imagen. Todos los lectores pueden hacer caso omiso de las casillas XML presentes en el fichero.

I.7.2 Casillas UUID

Las casillas UUID contienen información específica del fabricante distinta de la información que se incluye en las casillas definidas en esta Recomendación | Norma Internacional. Pueden haber múltiples casillas UUID en el fichero, y pueden aparecer en cualquier lugar, excepto antes de la casilla tipo de fichero.

La casilla UUID será del tipo " uuid" (0x7575 6964). El contenido de la casilla será como en la figura I.19.

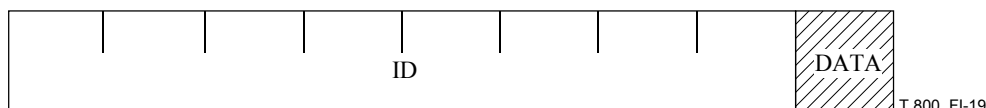


Figura I.19 – Organización del contenido de la casilla UUID

ID: Este campo contiene un UUID de 16 bytes como se especifica en ISO/CEI 11578. El valor de este UUID especifica el formato de la información específica del fabricante almacenada en el campo DATA y la interpretación de esa información.

DATA: Este campo contiene la información específica del fabricante. El formato de esta información no se define en esta Recomendación | Norma Internacional, aunque se indica mediante el valor del campo UUID.

Cuadro I.23 – Formato del contenido de una casilla UUID

Nombre del campo	Tamaño (bits)	Valor
UUID	128	Variable
DATA	Variable	Variable

En ficheros conformes a esta especificación es opcional incluir casillas UUID. Las casillas UUID no contendrán información que sea necesaria para decodificar la imagen de conformidad con esta Recomendación | Norma Internacional, y la interpretación de la información de las casillas UUID no cambiará el aspecto visual de la imagen. Todos los lectores pueden hacer caso omiso de las casillas UUID.

I.7.3 Casillas Info UUID (supercasilla)

Es conveniente que los fabricantes puedan ampliar los ficheros JP2 añadiendo información en casillas UUID, y también es conveniente facilitar una forma de información normalizada utilizable por las aplicaciones sin extensión para recopilar más información sobre las extensiones en el fichero. Esta información se incluye en casillas Info UUID. Los ficheros JP2 pueden contener varias casillas Info UUID o ninguna. Estas casillas pueden aparecer en cualquier lugar al principio del fichero (la supercasilla de una casilla Info UUID será el propio fichero JP2) pero no antes de la casilla tipo de fichero.

Estas casillas, si las hubiere, no proporcionan necesariamente un índice completo de todos los UUID en fichero, pueden hacer referencia a UUID que no se utilizan en el fichero, y posiblemente facilitan múltiples referencias al mismo UUID.

La casilla info UUID será del tipo "uinf" (0x7569 6E66). El contenido de una casilla Info UUID será como en la figura I.20.

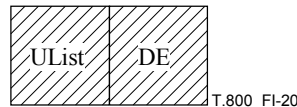


Figura I.20 – Organización del contenido de una casilla info UUID

UList: Casilla lista UUID. Esta casilla contiene una lista de UUID para los cuales hay un enlace a más información en esta casilla info UUID. El formato de la casilla lista UUID se especifica en I.7.3.1.

DE: Casilla URL de recogida de datos. Esta casilla contiene un URL. Las aplicaciones pueden obtener más información sobre los UUID que aparecen en la casilla lista UUID. El formato de la casilla URL de recogida de datos se especifica en I.7.3.2.

I.7.3.1 Casilla lista UUID

Esta casilla contiene una lista de UUID. La casilla UUID será del tipo "ulst" (0x756C 7374). El contenido de una casilla lista UUID será como en la figura I.21.

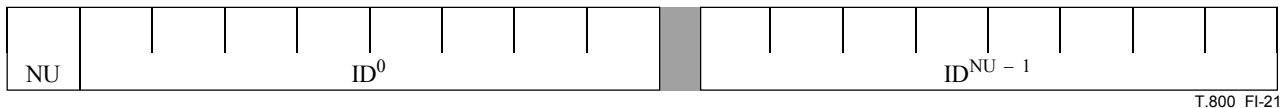


Figura I.21 – Organización del contenido de una casilla lista UUID

NU: Número de UUID. Este campo indica cuántos UUID hay en esta casilla lista UUID. Este campo se codifica mediante un entero sin signo de importancia decreciente de 2 bytes.

IDⁱ: ID. Este campo especifica un UUID de conformidad con ISO/CEI 11578, que deberá relacionarse con el URL que aparece en la casilla URL dentro de la misma casilla Info UUID. El número de campos UUIDⁱ viene dado por el valor del campo NU. El valor de este campo será un UUID de 16 bytes.

Cuadro I.24 – Valores de la estructura de datos en el contenido de la casilla lista UUID

Parámetro	Tamaño (bits)	Valor
NU	16	0 a $(2^{16} - 1)$
UUID ¹	128	0 a $(2^{128} - 1)$

I.7.3.2 Casilla URL de recogida de datos

Esta casilla contiene un URL que las aplicaciones pueden utilizar para obtener más información sobre las extensiones específicas del fabricante en cuestión. El formato de la información que se obtiene mediante la utilización de este URL no se define en esta Recomendación | Norma Internacional. Debería utilizarse un URL del tipo de un servicio que suministre un fichero (por ejemplo URL de tipo fichero, http, ftp, etc.) y lo ideal sería que también permitiera acceso aleatorio. Se permite utilizar URL relativos (al fichero que contiene esta casilla URL de recogida de datos).

La casilla URL de recogida de datos será del tipo "url\040" (0x7572 6C20). El contenido de la casilla URL de recogida de datos será como en la figura I.22.



Figura I.22 – Organización del contenido de una casilla URL de recogida de datos

- VERS:** Número de versión. Este campo especifica el número de versión del formato de esta casilla y se codifica mediante un entero sin signo de 1 byte. El valor de este campo será 0.
- FLAG:** Indicadores. Este campo se reserva para otros usos, para indicar determinados atributos de esta casilla y se codifica mediante un entero sin signo de 3 bytes. El valor de este campo será 0.
- LOC:** Posición. Este campo especifica el URL de la información adicional relacionada con los UUID que aparecen en la casilla lista UUID dentro de la misma supercasilla info UUID. El URL se codifica mediante una cadena de 8 caracteres UTF que termina con el carácter nulo.

Cuadro I.25 – Valores de la estructura de datos en el contenido de la casilla URL de recogida de datos

Parámetro	Tamaño (bits)	Valor
VERS	8	0
FLAG	24	0
LOC	Variable	Variable

I.8 Tratamiento de casillas desconocidas

Los ficheros JP2 conformes pueden contener casillas que no pueden ser interpretados por las aplicaciones que se basan únicamente en esta Recomendación | Norma Internacional. Cuando un lector conforme a esta Recomendación encuentra una casilla que no puede interpretar, debe evitarla y hacer caso omiso de esa casilla.

Anexo J

Ejemplos y directrices

(Este anexo no es parte integrante de esta Recomendación | Norma Internacional)

En este anexo se dan varios ejemplos que explican cómo funciona la codificación y cómo se deberá guardar el tren codificado resultante. Este anexo es totalmente informativo.

J.1 Decodificador de entropía adaptativo en programa informático

En este anexo se facilitan otros diagramas de flujo para una versión del decodificador de entropía adaptativo. Esta otra versión puede ser más eficiente si se implementa como un programa informático, porque hay menos operaciones en el trayecto rápido.

La otra versión se obtiene realizando las siguientes sustituciones. Sustitúyase el diagrama de flujo de la figura C.20 con el diagrama de flujo de la figura J.1. Sustitúyase el diagrama de flujo de la figura C.15 con el diagrama de flujo de la figura J.2. Sustitúyase el diagrama de flujo de la figura C.19 con el diagrama de flujo de la figura J.3.

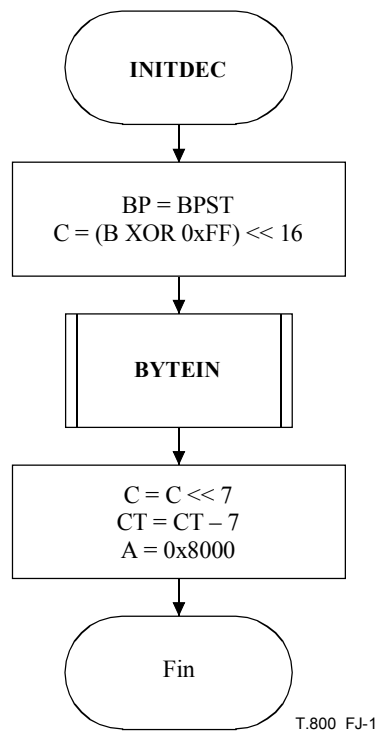


Figura J.1 – Inicialización del programa decodificador

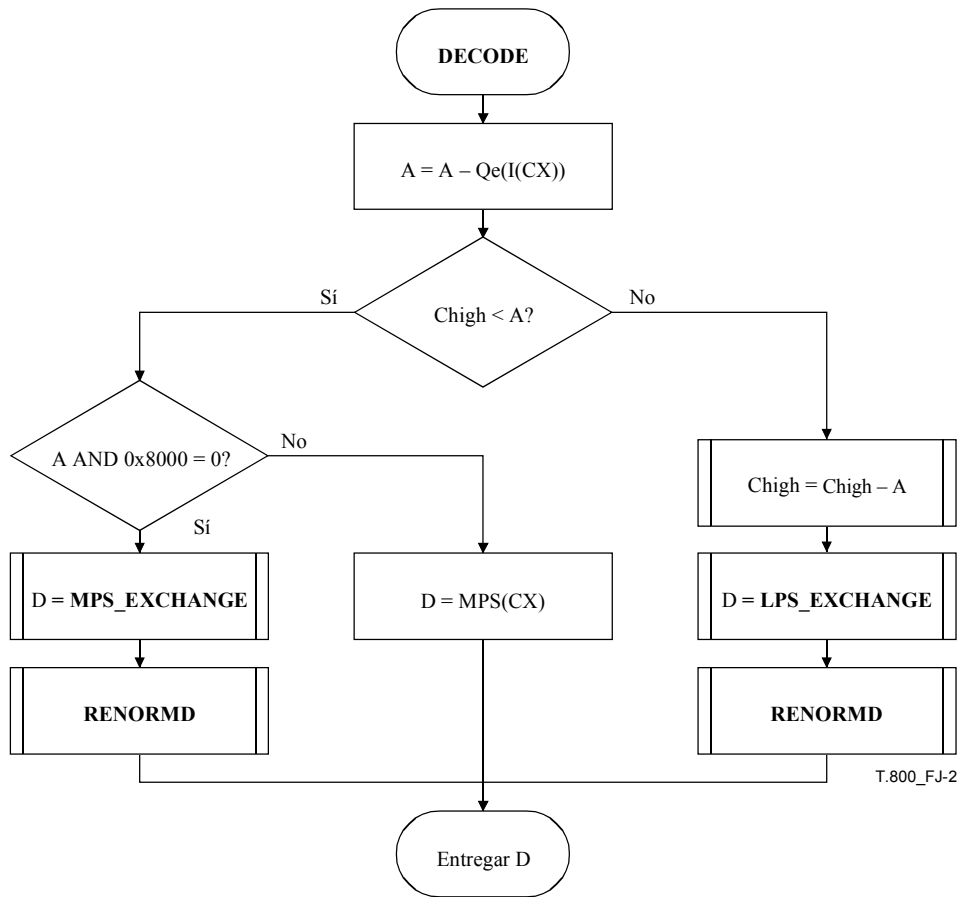


Figura J.2 – Decodificación de un MPS o un LPS con el programa decodificador

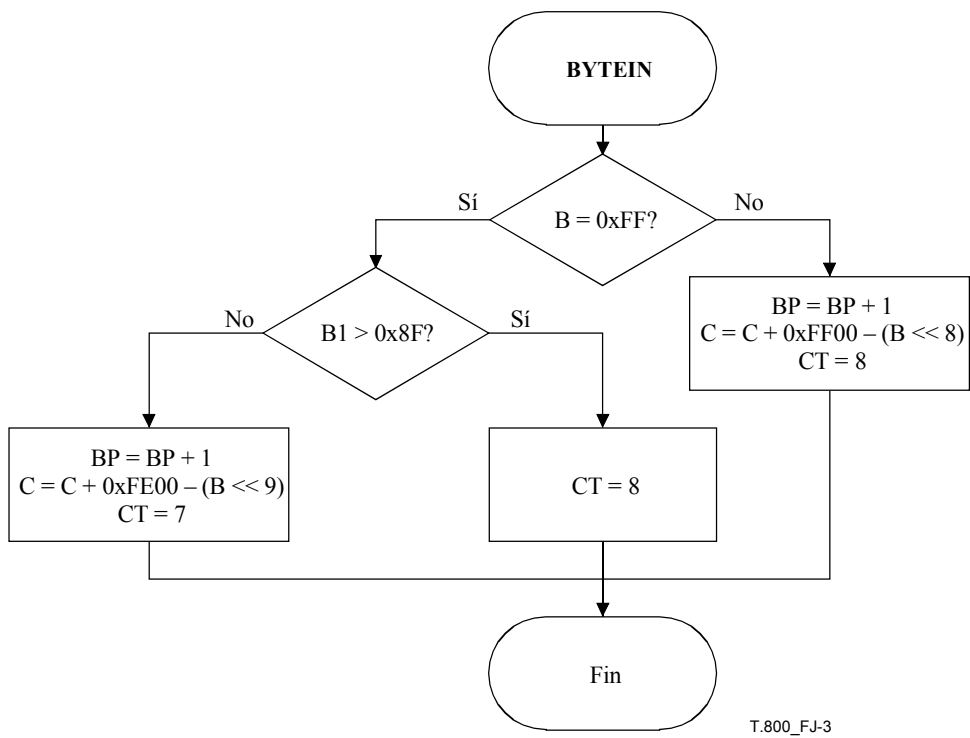


Figura J.3 – Inserción de un nuevo byte en el registro C del programa decodificador

J.2 Selección de los tamaños del escalón de cuantificación en las transformadas irreversibles

En esta Recomendación | Norma Internacional no se especifica un determinado tamaño de escalón de cuantificación en la compresión irreversible. Cada aplicación puede especificar los tamaños de escalón de cuantificación con arreglo a las características concretas de los componentes losa. Una manera eficaz de seleccionar el tamaño del escalón de cuantificación para cada subbanda b es adaptar la escala de un tamaño de escalón por defecto Δ_d , teniendo en cuenta los procedimientos de filtrado horizontal y vertical que producen esos coeficientes de subbanda. Se puede adaptar Δ_d aplicando un parámetro de ponderación de energía γ_b (el número de errores cuadráticos introducidos por unidad de error en un coeficiente de transformada de la subbanda b) de la siguiente manera [12]:

$$\Delta_b = \frac{\Delta_d}{\sqrt{\gamma_b}} \quad (\text{J-1})$$

J.3 Respuestas a impulso de un filtro con procedimientos de filtrado irreversible por elevación

Los procedimientos de filtrado irreversible descritos en el anexo F aplican un banco de filtrado convolucional Cohen-Daubechies-Feauveau de 9/7 etapas [20], [21]. En los cuadros J.1 y J.2 se proporcionan las respuestas a impulso equivalentes de los filtros de análisis y de síntesis.

Cuadro J.1 – Definición de la respuesta a impulso de un banco de filtros de análisis irreversible 9-7

n	Filtro de paso bajo	Valor aproximado
0	$-5x_1(48|x_2|^2 - 16\Re x_2 + 3) / 32$	0,602 949 018 236 360
± 1	$-5x_1(8|x_2|^2 - \Re x_2) / 8$	0,266 864 118 442 875
± 2	$-5x_1(4|x_2|^2 - 4\Re x_2 - 1) / 16$	-0,078 223 266 528 990
± 3	$-5x_1(\Re x_2) / 8$	-0,016 864 118 442 875
± 4	$-5x_1 / 64$	0,026 748 757 410 810
n	Filtro de paso alto	Valor aproximado
-1	$(6x_1 - 1) / 8x_1$	1,115 087 052 457 000
-2, 0	$-(16x_1 - 1) / 32x_1$	-0,591 271 763 114 250
-3, 1	$(2x_1 + 1) / 16x_1$	-0,057 543 526 228 500
-4, 2	$-1 / 32x_1$	0,091 271 763 114 250

Cuadro J.2 – Definición de la respuesta a impulso de un banco de filtros de síntesis irreversible 9-7

<i>n</i>	Filtro de paso bajo	Valor aproximado
0	$(6x_1 - 1) / 8x_1$	1,115 087 052 457 000
±1	$(16x_1 - 1) / 32x_1$	0,591 271 763 114 250
±2	$(2x_1 + 1) / 16x_1$	-0,057 543 526 228 500
±3	$1 / 32x_1$	-0,091 271 763 114 250
<i>n</i>	Filtro de paso alto	Valor aproximado
1	$-5x_1(48|x_2|^2 - 16\Re x_2 + 3) / 32$	0,602 949 018 236 360
0, 2	$5x_1(8|x_2|^2 - \Re x_2) / 8$	-0,266 864 118 442 875
-1, 3	$-5x_1(4|x_2|^2 - 4\Re x_2 - 1) / 16$	-0,078 223 266 528 990
-2, 4	$5x_1(\Re x_2) / 8$	0,016 864 118 442 875
-3, 5	$-5x_1 / 64$	0,026 748 757 410 811

J.4 Ejemplo de transformada en ondícula discreta

En el cuadro J.3 figuran las muestras $I(x,y)$ con valores enteros de un componente losa de 13 muestras de ancho y 17 muestras de alto.

Cuadro J.3 – Muestras originales del componente losa

<i>I(x, y)</i>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2	2	2	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3	3	3	3	4	5	5	6	7	8	9	10	11	12
4	4	4	4	5	5	6	7	8	8	9	10	11	12
5	5	5	5	5	6	7	7	8	9	10	11	12	13
6	6	6	6	6	7	7	8	9	10	10	11	12	13
7	7	7	7	7	8	8	9	9	10	11	12	13	13
8	8	8	8	8	8	9	10	10	11	12	12	13	14
9	9	9	9	9	9	10	10	11	12	12	13	14	15
10	10	10	10	10	10	11	11	12	12	13	14	14	15
11	11	11	11	11	11	12	12	13	13	14	14	15	16
12	12	12	12	12	12	13	13	13	14	15	15	16	16
13	13	13	13	13	13	13	14	14	15	15	16	17	17
14	14	14	14	14	14	14	15	15	16	16	17	17	18
15	15	15	15	15	15	15	16	16	17	17	18	18	19
16	16	16	16	16	16	16	17	17	17	18	18	19	20

J.4.1 Ejemplo de transformada en ondícula irreversible 9-7

Los cuadros J.4, J.5, J.6, J.7, J.8, J.9 y J.10 contienen, respectivamente, los coeficientes de las subbandas 2LL, 2HL, 2LH, 2HH, 1HL, 1LH, 1HH correspondientes a la descomposición en 2 niveles con la transformada irreversible 9-7 de las muestras originales del componente losa del cuadro J.3 (véase figura F.18). Los valores de coeficientes que se muestran en los cuadros se han redondeado al entero más próximo.

Cuadro J.4 – Coeficientes de la subbanda 2LL (transformada en ondícula irreversible 9-7)

$a_{2LL}(u, v)$	0	1	2	3
0	1	4	8	11
1	4	5	8	11
2	8	9	11	13
3	12	12	14	16
4	15	15	17	18

Cuadro J.5 – Coeficientes de la subbanda 2HL (transformada en ondícula irreversible 9-7)

$a_{2HL}(u, v)$	0	1	2
0	0	0	0
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0

Cuadro J.6 – Coeficientes de la subbanda 2LH (transformada en ondícula irreversible 9-7)

$a_{2LH}(u, v)$	0	1	2	3
0	0	0	0	0
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0

Cuadro J.7 – Coeficientes de la subbanda 2HH (transformada en ondícula irreversible 9-7)

$a_{2HH}(u, v)$	0	1	2
0	-1	0	0
1	0	1	0
2	0	0	0
3	0	0	0

Cuadro J.8 – Coeficientes de la subbanda 1HL (transformada en ondícula irreversible 9-7)

$a_{1HL}(u, v)$	0	1	2	3	4	5
0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
3	0	-1	0	0	0	0
4	0	0	0	-1	0	0
5	0	0	1	1	0	-1
6	0	0	0	0	0	0
7	0	0	-1	-1	-1	0
8	0	0	0	0	0	0

Cuadro J.9 – Coeficientes de la subbanda 1HL (transformada en ondícula irreversible 9-7)

$a_{1LH}(u, v)$	0	1	2	3	4	5	6
0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	-1	0	0	0
2	0	0	0	0	0	1	1
3	0	0	0	0	-1	1	0
4	0	0	0	0	0	0	1
5	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0

Cuadro J.10 – Coeficientes de la subbanda 1HH (transformada en ondícula irreversible 9-7)

$a_{1HH}(u, v)$	0	1	2	3	4	5
0	-1	0	0	0	0	0
1	0	0	-1	0	0	0
2	0	-1	1	0	0	0
3	0	0	0	0	0	1
4	0	0	0	0	-1	0
5	0	0	0	0	0	0
6	0	0	-1	0	-1	1
7	0	0	0	0	-1	0

J.4.2 Ejemplo de transformada ondícula reversible 5-3

Los cuadros J.11, J.12, J.13, J.14, J.15, J.16 y J.17 contienen, respectivamente, los coeficientes de las subbandas 2LL, 2HL, 2LH, 2HH, 1HL, 1LH, 1HH correspondientes a la descomposición en 2 niveles con la transformada irreversible 5-3 de las muestras originales del componente losa del cuadro J.3 (véase figura F.18). Los valores de coeficientes indicados en los cuadros se han redondeado al entero más próximo.

Cuadro J.11 – Coeficientes de la subbanda 2LL (transformada en ondícula reversible 5-3)

$a_{2HL}(u, v)$	0	1	2	3
0	0	4	8	12
1	4	5	8	12
2	8	8	11	15
3	12	12	14	18
4	16	16	18	20

Cuadro J.12 – Coeficientes de la subbanda 2HL (transformada en ondícula reversible 5-3)

$a_{2HL}(u, v)$	0	1	2
0	0	0	0
1	0	1	0
2	0	1	0
3	0	0	1
4	0	0	0

Cuadro J.13 – Coeficientes de la subbanda 2LH (transformada en ondícula reversible 5-3)

$a_{2LH}(u, v)$	0	1	2	3
0	0	0	0	0
1	0	1	1	1
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0

Cuadro J.14 – Coeficientes de la subbanda 2HH (transformada en ondícula reversible 5-3)

$a_{2HH}(u, v)$	0	1	2
0	-1	0	0
1	0	-1	0
2	0	1	0
3	0	0	0

Cuadro J.15 – Coeficientes de la subbanda 1HL (transformada en ondícula reversible 5-3)

$a_{1HL}(u, v)$	0	1	2	3	4	5
0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0
2	0	1	0	1	0	0
3	0	0	0	0	-1	1
4	0	0	0	0	1	1
5	0	0	1	1	0	-1
6	0	0	1	0	1	1
7	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0

Cuadro J.16 – Coeficientes de la subbanda 1LH (transformada en ondícula reversible 5-3)

$a_{1LH}(u, v)$	0	1	2	3	4	5	6
0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	1	1
3	0	0	1	0	0	1	1
4	0	0	0	0	1	0	2
5	0	0	0	0	0	0	1
6	0	0	0	0	0	0	1
7	0	0	0	0	1	1	0

Cuadro J.17 – Coeficientes de la subbanda 1HH (transformada en ondícula reversible 5-3)

$a_{1HH}(u, v)$	0	1	2	3	4	5
0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	1	0	1	0
3	0	0	0	0	0	1
4	0	0	0	0	0	1
5	0	0	0	1	0	0
6	0	0	0	0	0	1
7	0	0	0	0	-1	0

J.5 Transformada en ondícula por filas

A continuación se describe un ejemplo de transformada en ondícula por filas para el filtro irreversible 9-7, que es adecuado para dispositivos de compresión que reciben y transfieren los datos de la imagen en serie. Las implementaciones tradicionales de la transformada en ondícula requieren guardar en una memoria intermedia toda la imagen para después aplicar el filtrado en las direcciones vertical y horizontal. Aunque el filtrado en la dirección horizontal es muy simple, en la dirección vertical es más enrevesado. Para filtrar una fila se necesita leer una fila, pero para filtrar una columna es necesario leer toda la imagen. Esto explica el enorme ancho de banda necesario en la implementación tradicional de la transformada en ondícula. La transformada en ondícula por filas no tiene este problema y permite obtener exactamente los mismos coeficientes de transformada que la implementación tradicional de la transformada en ondícula. Ahora bien, la transformada en ondícula por filas no es suficiente para obtener un paradigma de codificación por filas completo. Para que el codificador por filas sea completo, también es preciso tener en cuenta todas las etapas de codificación siguientes hasta la codificación de entropía, y las etapas de asignación de velocidad binaria.

J.5.1 El procedimiento FDWT_ROW

El procedimiento FDWT_ROW para el filtro irreversible 9-7 utiliza una memoria intermedia $buf(i, j)$ de cinco filas, $0 \leq i \leq 4$, para realizar lo mismo que el procedimiento 2D_SD descrito en F.4.2, excepto el procedimiento 2D_DEINTERLEAVE. Se supone que el intervalo de las muestras del componente losa de entrada $I(x, y)$ se define en la ecuación (F-1). Cada fila de la memoria intermedia $buf(i, j)$ es de tamaño $tcx_1 - tcx_0 + 1$. La figura J.4 es una descripción general del procedimiento FDWT_ROW aplicado a un componente losa de la imagen para el primer nivel de descomposición. El procedimiento FDWT_ROW se aplica a una fila de muestras de componente losa de la imagen con nivel trasladado (entrada) y produce una fila de coeficientes de transformada (salida). En esta cláusula se supone que el componente losa de la imagen tiene como mínimo cinco filas.

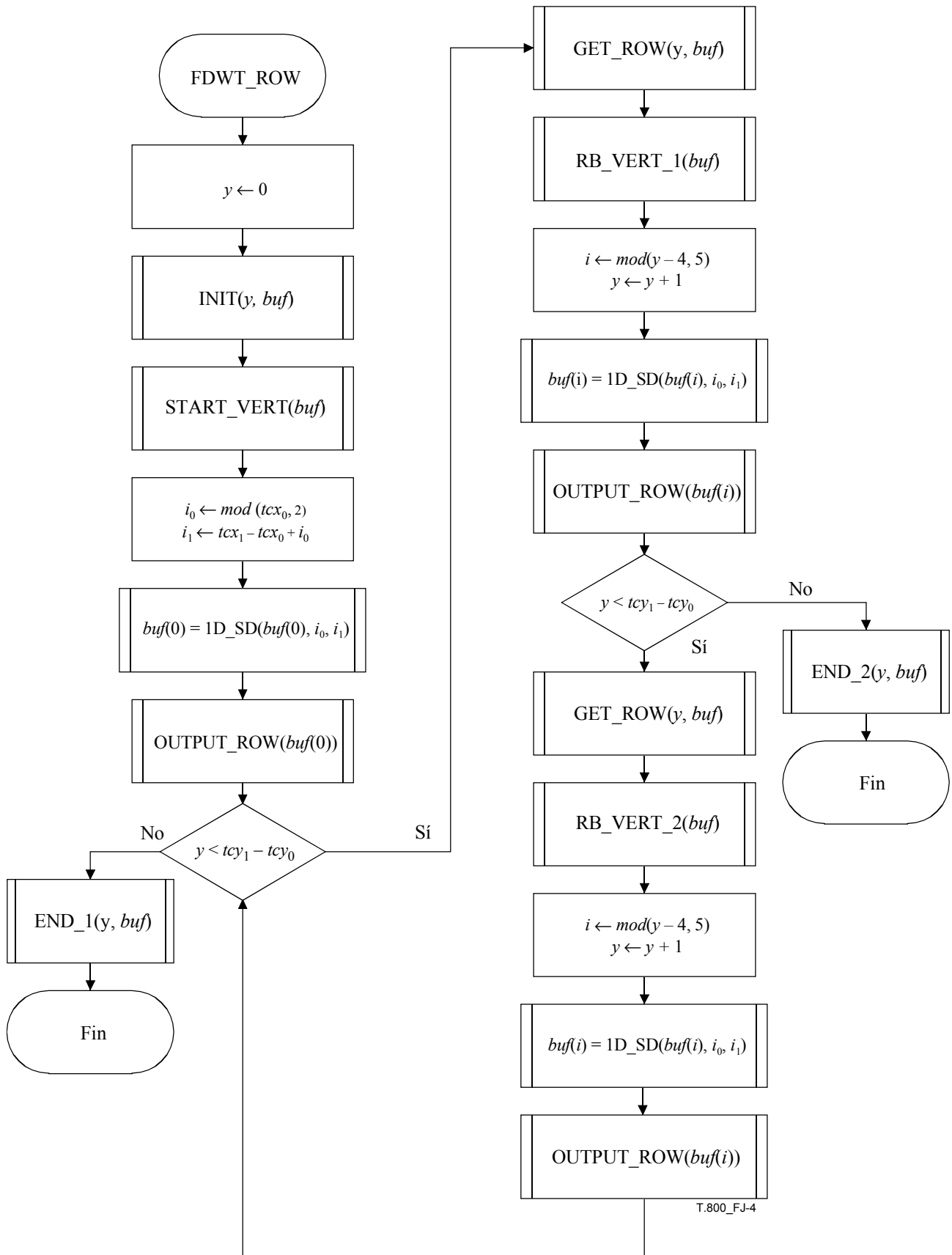


Figura J.4 – El procedimiento FDWT_ROW

J.5.1.1 El procedimiento GET_ROW

En esta descripción se supone que el componente losa de la imagen con nivel trasladado se va a almacenar en una memoria externa $I(x, y)$. Como puede verse en la figura J.5, el procedimiento GET_ROW lee una fila de muestras del componente losa de la imagen con nivel desplazado y transfiere esa fila de muestras a la memoria intermedia, buf .

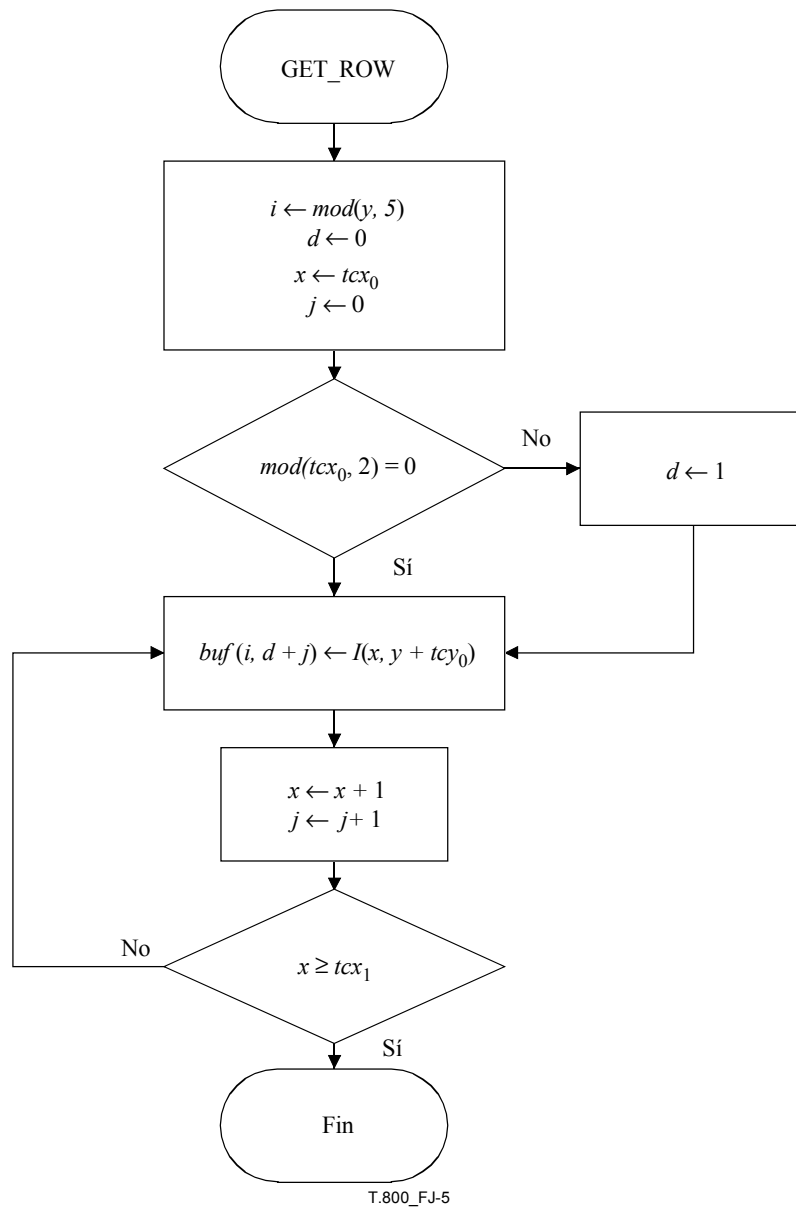


Figura J.5 – El procedimiento GET_ROW

J.5.2 El procedimiento INIT

Como puede verse en la figura J.6, el procedimiento INIT lee cinco filas de muestras del componente losa de la imagen con nivel trasladado y transfiere estas filas de muestras a la memoria intermedia buf .

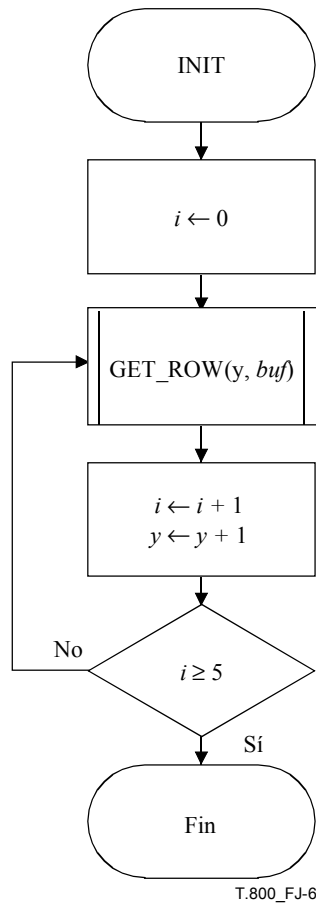


Figura J.6 – El procedimiento INIT

J.5.3 El procedimiento START_VERT

Como puede verse en la figura J.7, el procedimiento START_VERT modifica los coeficientes en la memoria intermedia $buf(i, j)$. En esta figura y en todas las siguientes figuras de esta cláusula, la expresión $buf(i) \leftarrow buf(i) + \alpha \cdot buf(i_2)$ es equivalente a $buf(i, j) \leftarrow buf(i, j) + \alpha \cdot buf(i_2, j)$ para $d \leq j < tcx_0 - tcx_1 + d$.

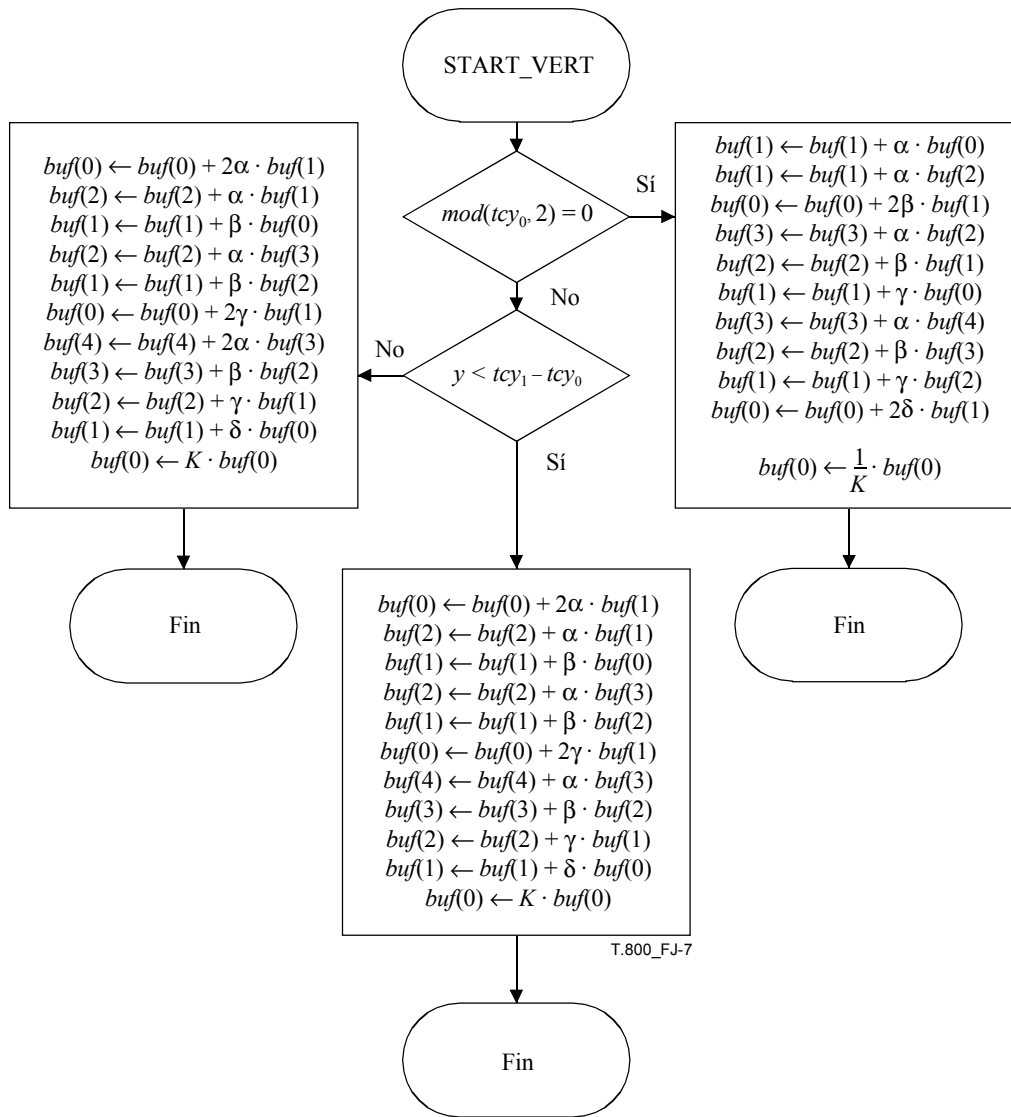


Figura J.7 – El procedimiento START_VERT

J.5.3.1 El procedimiento RB_VERT_1

Como puede verse en la figura J.8, el procedimiento RB_VERT_1 modifica los coeficientes en la memoria intermedia $buf(i, j)$.

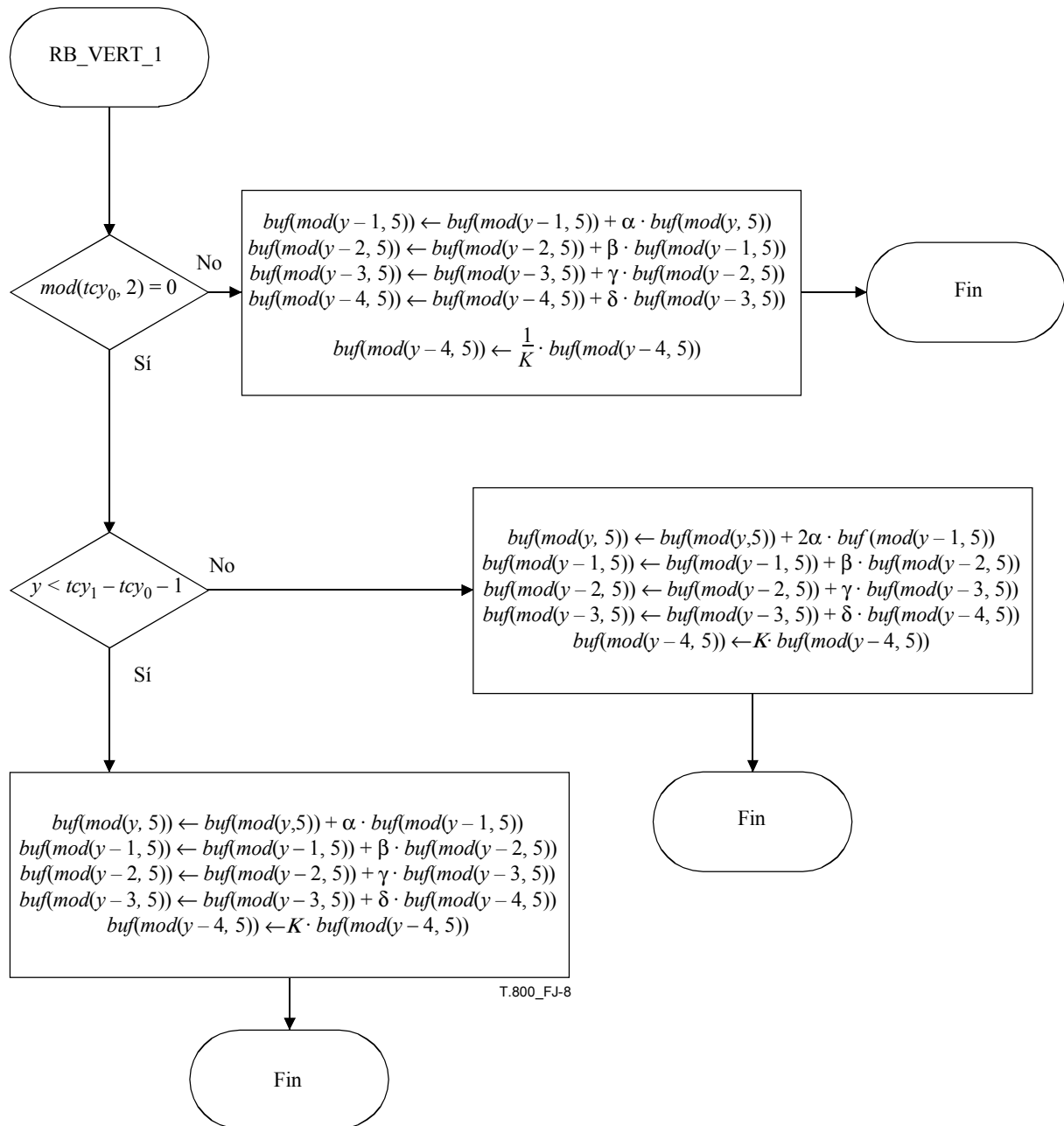


Figura J.8 – El procedimiento RB_VERT_1

J.5.3.2 El procedimiento RB_VERT_2

Como puede verse en la figura J.9, el procedimiento RB_VERT_2 modifica los coeficientes en la memoria intermedia $\text{buf}(i,j)$.

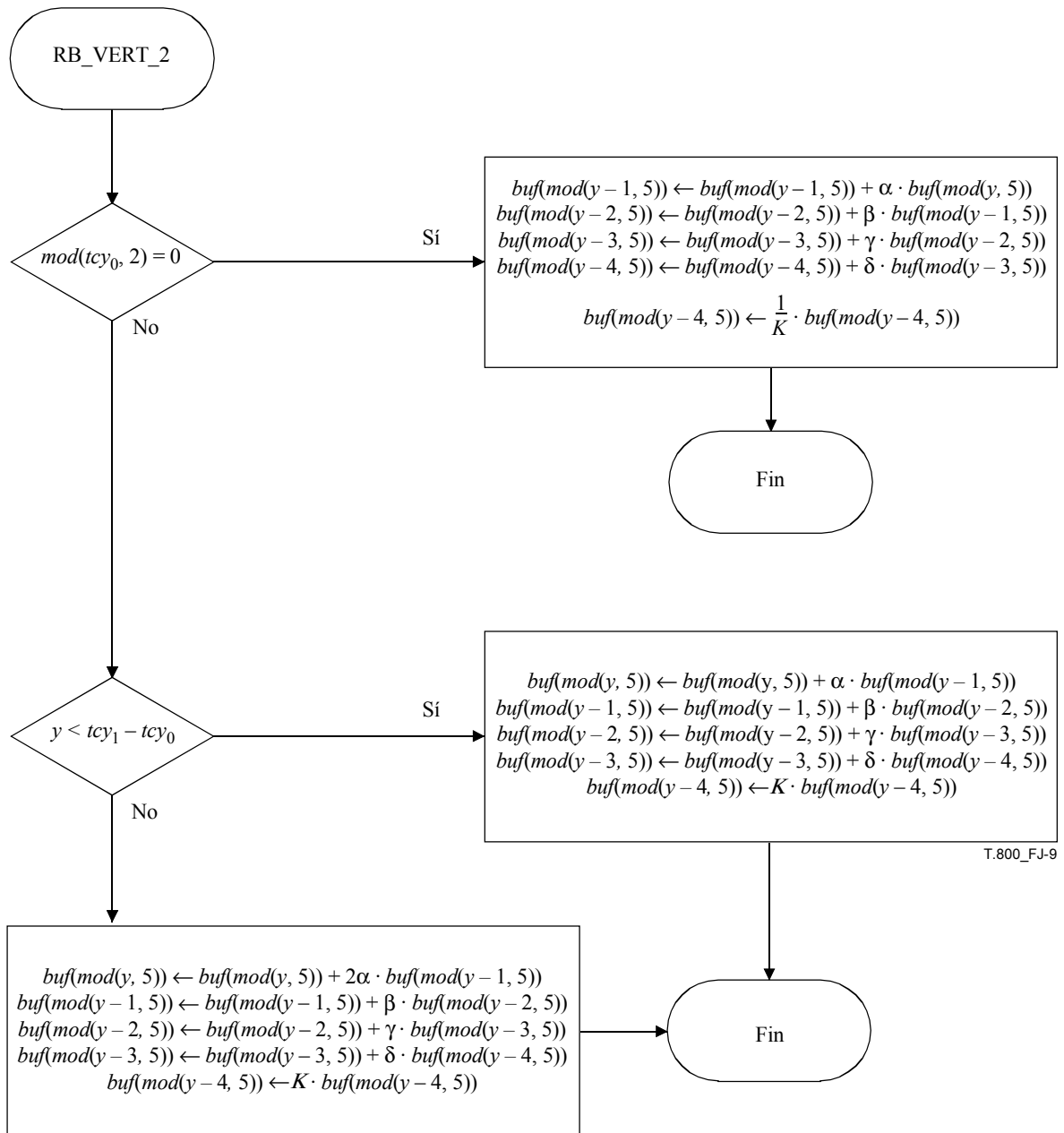
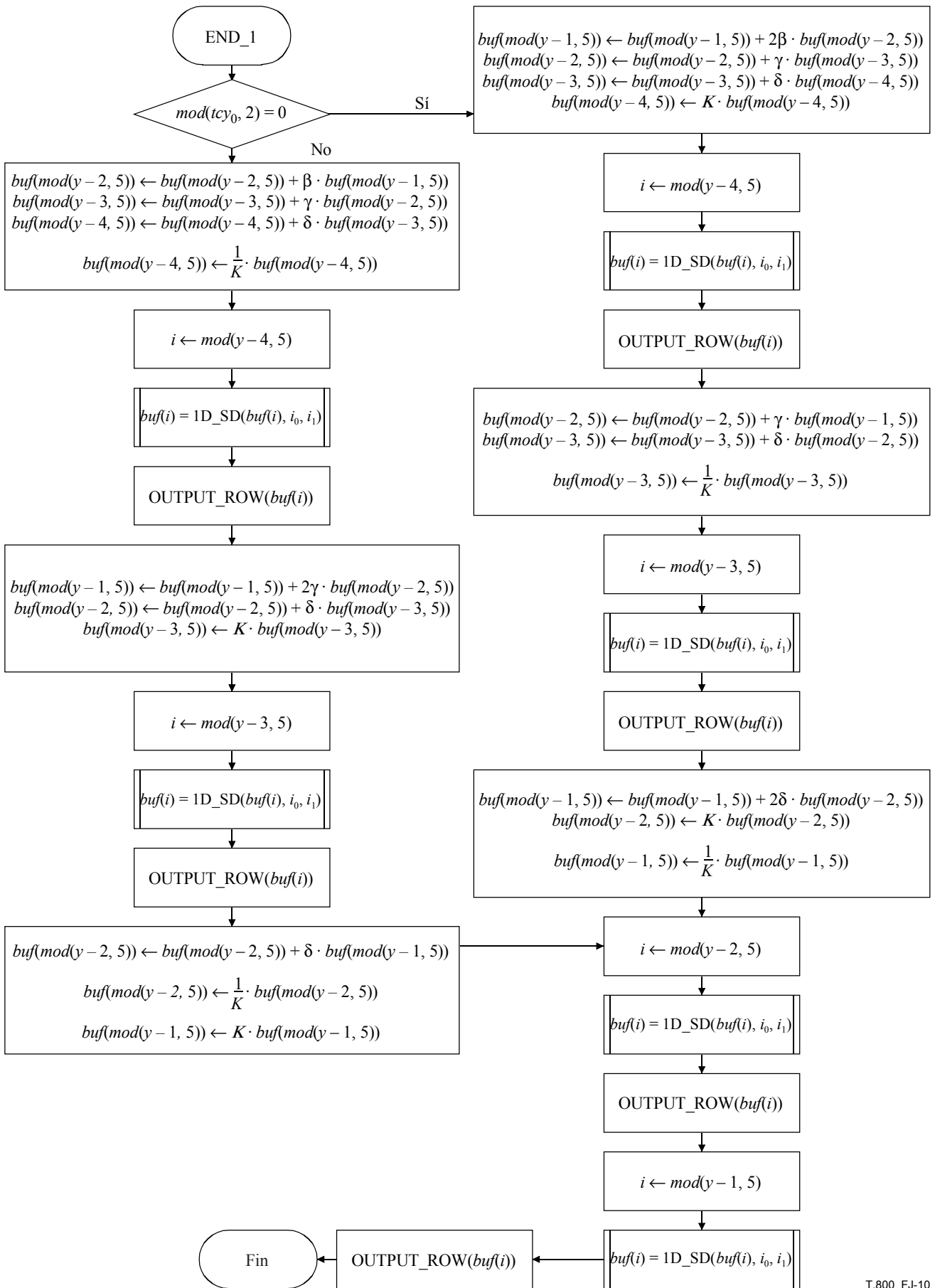


Figura J.9 – El procedimiento RB_VERT_2

J.5.3.3 El procedimiento END_1

El procedimiento END_1 se describe en la figura J.10.



T.800_FJ-10

Figura J.10 – El procedimiento END_1

J.5.3.4 El procedimiento END_2

El procedimiento END_2 se describe en la figura J.11.

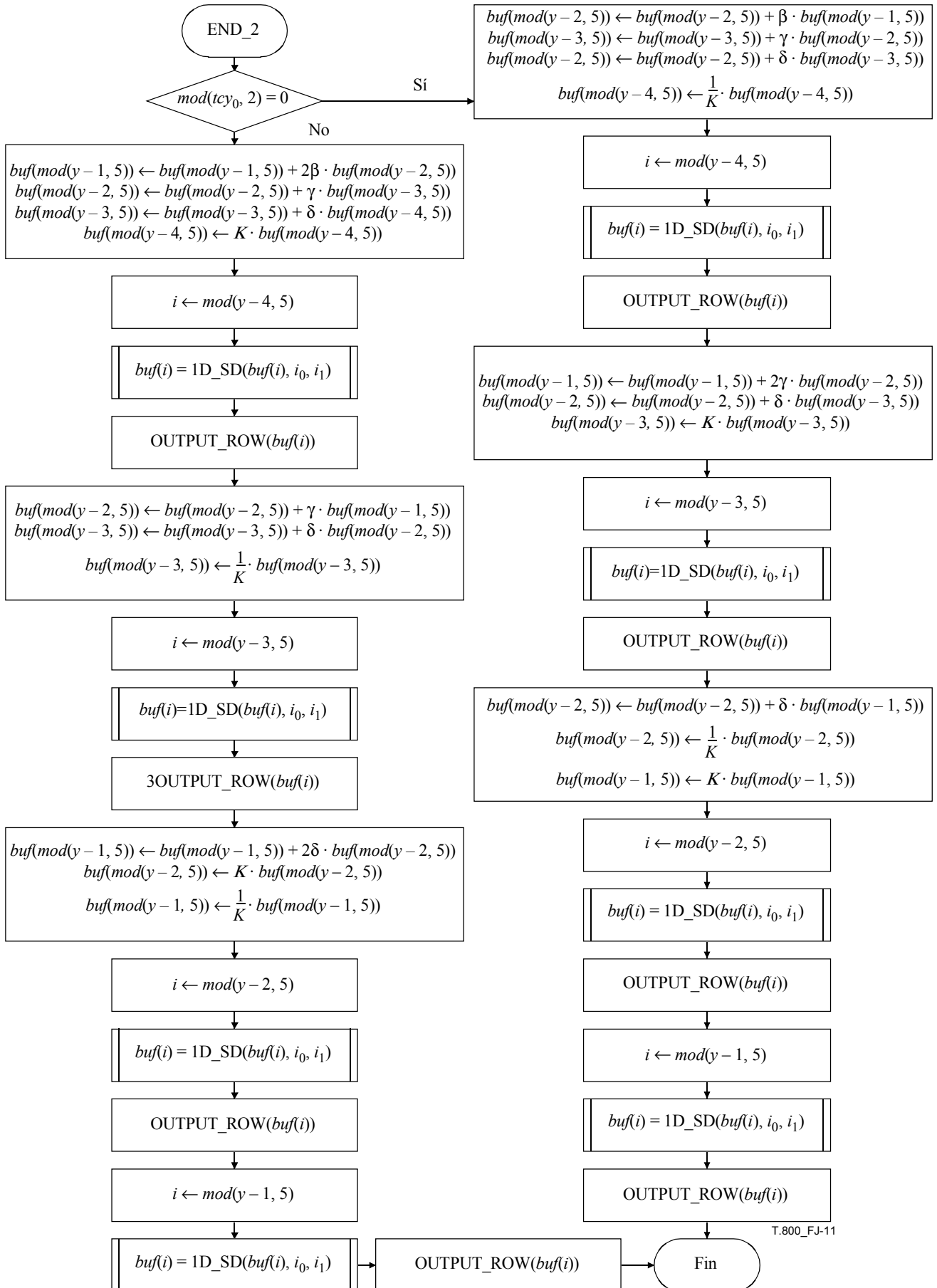


Figura J.11 – El procedimiento END_2

J.5.4 El procedimiento OUTPUT_ROW

Este procedimiento entrega una fila $buf(i)$ de coeficientes de transformada que corresponden a la subbanda 1LL y 1HL o la subbanda 1LH y 1HH. Esta fila de coeficientes de transformada se puede almacenar en una memoria externa o se procesa inmediatamente.

J.6 Codificación por barrido

Algunas aplicaciones utilizan sensores de barrido que crean imágenes (posiblemente sin límite de longitud) fila por fila y tienen una memoria de procesamiento limitada. En estas aplicaciones es necesaria una codificación por exploración completa, almacenando en la memoria en un instante determinado sólo un número mínimo de bytes necesario sin pérdida importante en la calidad de funcionamiento. Se han demostrado ejemplos de implementaciones de ese tipo de sistemas de codificación por barrido [39], [40]. A continuación se describe el procedimiento recomendado.

El ejemplo de control de velocidad binaria descrito en J.14 requiere que se guarde en una memoria intermedia todo el tren codificado comprimido a una velocidad que es superior a la velocidad de bits final de intercalado. Otra posibilidad es utilizar una solución basada en el barrido en la que se aplica la transformada en ondícula por filas (véase J.5) y después se realiza un procedimiento de barrido para la codificación y la asignación de velocidad binaria, para garantizar que los coeficientes ondícula comprimidos se transmiten rápidamente después de generarlos. Para ello se introduce después de la transformada en ondícula una memoria intermedia de tamaño limitado (memoria intermedia de barrido). Los segmentos de datos comprimidos discretos que se guardan en ella se denominan "elementos de barrido". Un elemento de barrido consta de un conjunto localizado de coeficientes en ondícula. Puede tratarse de una losa o un recinto, y corresponde a un pequeño número de filas en el espacio de la imagen. La memoria intermedia de barrido puede contener uno o más elementos de barrido.

Se aplica el algoritmo de control de velocidad a los datos comprimidos en la memoria intermedia de barrido y se transmite al tren de bits el primer elemento de barrido. Si la memoria intermedia contiene más de un elemento de barrido, se implementa un mecanismo de control de velocidad del tipo de ventana deslizante. Con esta solución se obtiene una mejor compresión a costa de un ligero aumento en la complejidad y en la memoria necesaria.

Esta solución basada en el barrido no afecta el proceso de decodificación JPEG 2000.

J.7 Capacidad de recuperación de errores

En esta cláusula se describe un método para decodificar imágenes que se han codificado utilizando una sintaxis con capacidad de recuperación de errores.

En muchas aplicaciones es necesario distribuir los datos de la imagen a través de diferentes tipos de canales de comunicación. En los canales de comunicación inalámbricos habituales se generan ráfagas de errores en los bits y errores en los bits aleatorios. En las comunicaciones por Internet puede haber pérdidas debido a la congestión de tráfico. Para mejorar la calidad de las imágenes comprimidas que se transmiten a través de estos canales propensos a errores, se han incluido en esta especificación herramientas y una sintaxis del tren de bits para la recuperación de errores.

En esta Recomendación | Norma Internacional se especifican herramientas para recuperar errores (véase cuadro J.18) en los canales de transmisión por los siguientes métodos: división y resincronización de los datos comprimidos, detección y cancelación de errores, y transmisión conforme a criterios de calidad del servicio (QoS, *quality of service*) basada en la prioridad. Las herramientas de recuperación de errores se describen en cada categoría.

Cuadro J.18 – Herramientas de recuperación de errores

Tipo de herramienta	Nombre	Referencia
Nivel de codificación de entropía	Bloques de código Terminación del codificador aritmético en cada pasada Reinicialización de los contextos después de cada pasada Exención selectiva de la codificación aritmética Símbolos de segmentación	Anexo D
Nivel de paquete	Formato corto de paquete Paquete con marcador de resincronización (SOP)	Anexo B

La codificación de entropía de los coeficientes cuantificados se realiza dentro de los bloques de código. Dado que la codificación y la decodificación de los bloques de código se realiza de manera independiente, los errores en los bits del tren codificado de un bloque de código estarán dentro de ese bloque de código (anexo D).

ISO/CEI 15444-1:2002 (S)

La terminación del codificador aritmético se puede hacer después de cada pasada de codificación, y también se pueden reinicializar los contextos. De esta manera, el codificador aritmético puede seguir decodificando las pasadas de codificación después de los errores (véase D.4).

La solución opcional de exención selectiva de la codificación aritmética introduce bits sin codificar en el tren de bits. De esta manera se evitan los problemas de propagación de errores que se pueden presentar en la codificación de longitud variable (véase D.6).

Para hacer paquetes pequeños se desplazan los encabezamientos de paquete a los segmentos marcadores PPM o PPT (véanse A.7.4 y A.7.5). Si hay errores, el número de secuencia en el SOP permite relacionar los encabezamientos de paquete en los segmentos marcadores PPM o PPT con el paquete adecuado.

El símbolo de segmentación es un símbolo especial. La correcta decodificación de este símbolo confirma la exactitud de la decodificación de ese plano de bits, lo cual permite errores (véase D.5).

El marcador de resincronización SOP en un paquete (véase A.8.1) permite la división espacial y la resincronización. Se coloca al principio de cada paquete en una losa con un número de secuencia que empieza desde cero y se incrementa con cada paquete. La ordenación de los paquetes se describe en B.10.

J.8 Requisito de compatibilidad con ficheros JFIF/SPIFF

Esta cláusula se aplica únicamente a las extensiones de la especificación Rec. UIT-T T.81 | ISO/CEI 10918-1 y no repercute de forma alguna en la presente Recomendación | Norma Internacional ni en sus futuras extensiones. Esta característica no es obligatoria en los decodificadores JPEG 2000.

J.8.1 Metodología de compatibilidad

Para evitar cualquier tipo de modificación en el formato de fichero descrito en la parte normativa de esta Recomendación | Norma Internacional, se ha definido un nuevo perfil en la Rec. UIT-T T.81 | ISO/CEI 10918-1 de conformidad con las metodologías de extensión descritas en la Rec. UIT-T T.86 | ISO/CEI 10918-4. Este perfil facilitará la transición de sistemas conforme a la Rec. UIT-T T.81 | ISO/CEI 10918-1 y los sistemas conformes a la presente Recomendación | Norma Internacional.

Este nuevo perfil lo controla una autoridad de registro creada para las extensiones y se describe en las especificaciones Rec. UIT-T T.84 | ISO/CEI 10918-3 y Rec. UIT-T T.86 | ISO/CEI 10918-4. Por consiguiente, se publicará en el sitio web de la JURA (JPEG, *Utilities Registration Authority*) <http://jura.jpeg.org>. Este nuevo perfil tiene el mismo nivel que los demás parámetros registrados; es una extensión a la Rec. UIT-T T.81 | ISO/CEI 10918-1.

J.8.2 Parámetros de diseño en lo relativo a la compatibilidad

- 1) Transparencia para un decodificador JFIF (conforme a la Rec. T.81 | ISO/CEI 10918-1 y Rec. UIT-T T.83 | ISO/CEI 10918-2).
- 2) Transparencia para un decodificador SPIFF (conforme a la Rec. UIT-T T.84 | ISO/CEI 10918-3).
- 3) Estructura básica de casilla de JP2/JPX.
- 4) No es necesario transcodificar entre el tren codificado DCT y en ondícula.
- 5) Preserva la integridad de toda la información de derechos de propiedad intelectual y permite el acceso a la misma.
- 6) Utiliza las extensiones ".jpg" o ".spf" de conformidad con su formato de fichero original.
- 7) Aprovecha los parámetros registrados según se describe en la Rec. UIT-T T.86 | ISO/CEI 10918-4.

J.9 Implementación del método ICC restringido independiente del mecanismo de gestión completa del color ICC

En este anexo se describe el método ICC restringido para especificar el espacio de colores de un fichero JP2 utilizando perfiles ICC correspondientes a la versión ICC.1:1998-09 de la especificación de formato del perfil ICC [41]. Este anexo está especialmente destinado a los ingenieros que no utilizan un mecanismo de gestión completa del color ICC, que deben obtener los parámetros de transformada a partir del perfil ICC y procesar la imagen utilizando un código específico de la aplicación.

J.9.1 Extracción de la transformada de color a partir del perfil ICC

J.9.1.1 Formato del perfil ICC

Los perfiles ICC utilizan un formato de datos por etiquetas para organizar la información, que se describe en la cláusula 6 de la especificación de formato del perfil ICC. El formato consiste en un encabezamiento de 128 bytes, un cuadro de etiquetas y los datos de etiquetas. Cada etiqueta se identifica mediante una firma de 32 bits que normalmente corresponde a 4 caracteres ASCII. Los datos de cada etiqueta se almacenan en un formato que especifica los diversos elementos de datos, y cada formato se identifica mediante una firma propia del tipo de datos, que corresponde a los primeros 32 bits de los datos de etiqueta. Para obtener los datos de una etiqueta, en primer lugar se localiza la firma de la etiqueta en el cuadro, que indica la posición y el tamaño de los datos para esa etiqueta, y seguidamente se obtienen los datos a partir de su posición y el tamaño dentro de los datos de etiquetas. La firma correspondiente al tipo de datos de etiqueta especifica cómo se interpretan los datos obtenidos.

En el cuadro J.19 se resumen las etiquetas más importantes que se utilizan en el procesamiento de imágenes mediante el perfil ICC restringido.

Cuadro J.19 – Procesamiento de etiquetas utilizado por el perfil ICC restringido

Nombre de etiqueta	Firma de la etiqueta	Tipo de datos de etiqueta	Firma del tipo de datos de etiqueta
redTRCTag	'rTRC'	curveType	'curv'
greenTRCTag	'gTRC'	curveType	'curv'
blueTRCTag	'bTRC'	curveType	'curv'
redColorantTag	'rXYZ'	XYZType	'XYZ\040'
greenColorantTag	'gXYZ'	XYZType	'XYZ\040'
blueColorantTag	'bXYZ'	XYZType	'XYZ\040'
grayTRCTag	'kTRC'	curveType	'curv'

Obsérvese que el perfil ICC, y por consiguiente el perfil ICC restringido, pueden contener otras etiquetas, por ejemplo *mediaWhitePoint*. Aunque estas etiquetas no se utilizan en el trayecto de procesamiento por defecto de un perfil ICC restringido, según se describe en J.9.2, otros casos de interpretación más complejos pueden aprovechar esa información para proporcionar una interpretación más precisa u optimizada de la imagen.

El formato de perfil ICC, y por consiguiente el perfil ICC restringido, especifica un modelo de procesamiento que realiza la conversión entre los valores de código del dispositivo y el espacio de conexión del perfil (PCS). Este modelo consta de dos partes: un conjunto de tres cuadros de interpolación unidimensionales y una matriz tres por tres. Los cuadros de interpolación se construyen a partir de las siguientes etiquetas: redTRCTag, greenTRCTag, y blueTRCTag. La matriz se forma a partir de las etiquetas redColorantTag, greenColorantTag y blueColorantTag. El modelo de procesamiento básico que utiliza estos elementos se especifica en la ecuación (4), cláusula 6.3.1.2 de la especificación del formato de perfil ICC y se describe en J.9.2. Obsérvese que el perfil describe la conversión de valores de dispositivo a PCS. Para realizar la conversión de PCS a valores de dispositivo se debe invertir la matriz y los cuadros de interpolación.

La especificación completa del formato del perfil ICC (y por consiguiente del perfil ICC restringido) figura en la especificación del formato de perfil ICC, versión ICC.1:1998-09.

J.9.1.2 Cuadros de interpolación

Los cuadros de interpolación utilizan el formato curveType. Las etiquetas del tipo curveType están formadas por un número de conteo seguido de ese número de asientos de 16 bits sin signo en el cuadro.

Si el número de conteo es 1, el único asiento del cuadro es un valor gamma codificado. En ese caso, el cuadro unidimensional se constituye utilizando la fórmula

$$linear = \left(\frac{dVal}{dMax} \right)^{\frac{tVal}{256}} \times 65\,535 \quad (J-2)$$

siendo *dVal* el valor del componente del dispositivo, *dMax* el valor máximo del dispositivo y *tVal* el valor del asiento en el cuadro.

ISO/CEI 15444-1:2002 (S)

Si el número de conteo es mayor que uno, los asientos son los valores de un cuadro de interpolación. El primero corresponde al valor del dispositivo 0 y el último corresponde al valor máximo del dispositivo (por ejemplo, 255 para datos de 8-bits, 65 535 para datos 16-bits). Los demás asientos se distribuyen uniformemente entre esos dos valores. Por ejemplo, si se tienen datos de 8 bits y 6 asientos, el cuarto corresponde al valor del dispositivo $255 * ((4 - 1) / (6 - 1)) = 153$. Obsérvese que se resta 1 a la posición del asiento en el cuadro para tener en cuenta que el índice empieza desde cero, y que se resta 1 al número de asientos para convertirlo en el número de intervalos entre asientos.

Para convertir el cuadro de interpolación en un cuadro de búsqueda, es necesario ajustar el número de asientos en la interpolación para que corresponda al número de valores de dispositivo posibles. En el caso de datos de 8 bits hay 256 valores posibles. Si el cuadro de interpolación tiene 6 asientos, habrá que ampliarlo hasta 256 asientos. Hay varios métodos para hacer esto y normalmente se utiliza la interpolación lineal: los otros valores entre los asientos del cuadro de interpolación existentes se calculan mediante interpolación lineal entre asientos adyacentes del cuadro de interpolación, utilizando el valor del dispositivo como interpolante. Por ejemplo, considérese un cuadro de interpolación de 6 asientos con valores T3 en el tercero y T4 en el cuarto. El índice 128 del cuadro de búsqueda corresponde a la posición $(128/255) * 5 = 2,5098$ en el cuadro de interpolación. El valor del cuadro de búsqueda en el índice 128 se calcula interpolando entre el valor en el asiento 3 y el valor en el asiento 4, utilizando el interpolante de valor 0,5098: en el índice $128 = T3 + ((T4 - T3) * 0,5098)$.

Todos los asientos del cuadro se pueden convertir a coma flotante dividiendo por 65 535.

Cuando se procesa un píxel, cada componente del píxel se aplica a su cuadro de búsqueda correspondiente. Los valores en coma flotante obtenidos forman el vector de columna de tres elementos que se muestra en la ecuación (4) de la cláusula 6.3.1.2 del documento "Especificación de formato del perfil ICC".

J.9.1.3 Matriz

La matriz se crea a partir de los valores de las etiquetas redTRCTag, greenTRCTag, y blueTRCTag. Estas etiquetas utilizan el tipo XYZType, que contiene tres XYZNumberType. El primer valor es el componente X, el segundo el componente Y y el tercero el componente Z. Cada valor XYZNumberType contiene un entero con signo de 32-bits que puede convertirse a coma flotante dividiendo por 65 536. Los valores XYZ de cada etiqueta corresponden a una fila de la matriz, según se muestra en la ecuación (4) de la cláusula 6.3.1.2 del mencionado documento (Especificación de formato del perfil ICC). Esta matriz se multiplica por el vector columna que se obtiene del cuadro de interpolación para producir los valores XYZ PCS.

J.9.1.4 Combinación de los perfiles de origen y destino

El perfil incorporado en el fichero JP2 describe la conversión de los datos de la imagen en el espacio de conexión del perfil (PCS). A este perfil se le denomina perfil "origen". Normalmente, los datos de la imagen se han de convertir en datos de otro dispositivo, de visualización por ejemplo. Este dispositivo se conoce como el dispositivo "destino" y su perfil se denomina perfil destino. La conversión se realiza combinando los modelos de procesamiento de los perfiles origen y destino. Suponiendo que la transformación del dispositivo de destino se limita a una matriz 3×3 y un cuadro 1D, el procedimiento sería:

- 1) obtener los cuadros de interpolación y las matrices a partir del perfil origen;
- 2) obtener los cuadros de interpolación y la matriz a partir del perfil destino;
- 3) invertir los cuadros de interpolación y la matriz del perfil destino;
- 4) combinar las dos matrices, realizando la multiplicación de matrices.

De esta manera se tiene un modelo de procesamiento general formado por un conjunto de cuadros unidimensionales, una matriz y un segundo conjunto de cuadros unidimensionales. Este modelo se puede utilizar para convertir píxels de la imagen original en píxel de imágenes destino.

J.9.2 Ecuaciones del procesamiento de color para imágenes RGB de tres componentes

El objetivo del método de perfil ICC restringido es reducir el número total de perfiles ICC a un subconjunto que se puede describir utilizando una simple serie de ecuaciones de procesamiento de color. En la especificación ICC se habla de perfiles de entrada matriciales de tres colores (que se define en la cláusula 6.3.1.2 del documento Especificación de formato del perfil ICC) y perfiles de entrada monocromo (que se define en la cláusula 6.3.1.1 del documento especificación de formato del perfil ICC). Los perfiles de entrada matriciales de tres colores se pueden describir mediante las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned} linear_r &= redTRC [decompressed_r] \\ linear_g &= greenTRC [decompressed_g] \\ linear_b &= blueTRC [decompressed_b] \end{aligned} \quad (J-3)$$

$$\begin{bmatrix} connection_x \\ connection_y \\ connection_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} redColorant_x & greenColorant_x & blueColorant_x \\ redColorant_y & greenColorant_y & blueColorant_y \\ redColorant_z & greenColorant_z & blueColorant_z \end{bmatrix} \begin{bmatrix} linear_r \\ linear_y \\ linear_z \end{bmatrix} \quad (J-4)$$

donde $decompressed_{rgb}$ es el píxel original descomprimido, y $connection_{xyz}$ es el píxel convertido en la forma XYZ del espacio de conexión del perfil (XYZ_{PCS}). En la ecuación (J-3), los tres cuadros de búsqueda se cargan a partir del perfil ICC restringido, respectivamente, de las etiquetas $redTRCTag$, $greenTRCTag$ y $blueTRCTag$, según se define respectivamente en las cláusulas 6.4.38, 6.4.18 y 6.4.4, del documento Especificación de formato del perfil ICC. El formato común de datos para esas etiquetas se define en la cláusula 6.5.25 de ese documento. En la ecuación (J-4), las filas de la matriz se cargan, respectivamente, a partir de las etiquetas $redColorantTag$, $greenColorantTag$ y $blueColorantTag$, según se define en las cláusulas 6.4.39, 6.4.19 y 6.4.5, respectivamente, del documento Especificación de formato del perfil ICC. El formato común de datos para esas etiquetas se define en la cláusula 6.5.2 de esa especificación.

El perfil de entrada monocromo se puede describir mediante las siguientes ecuaciones:

$$connection = grayTRC[device] \quad (J-5)$$

donde $device$ es el píxel original descomprimido, y $connection$ es el canal acromático del espacio de conexión del perfil. En la ecuación (J.5), el cuadro de búsqueda se carga a partir del perfil ICC restringido, de la etiqueta $grayTRCTag$, según se especifica en la cláusula 6.3.17. El formato de datos de esta etiqueta se define la cláusula 6.5.2 de la especificación del perfil.

J.9.3 Conversión de imágenes a sRGB

Una de las aplicaciones más comunes es la conversión al espacio de colores sRGB de una imagen especificada utilizando el método de perfil ICC restringido, para visualizarla en una pantalla (por ejemplo la edición electrónica y navegadores web) [42].

Esta transformada se utiliza junto con el método ICC restringido para crear valores sRGB a partir de los valores de color de la imagen original [47]. Cuando sea posible, también se pueden utilizar transformadas similares (cuadros de búsqueda 1D o matrices) para mejorar la velocidad de procesamiento. En este ejemplo sólo se muestra la transformada a partir del espacio de conexión del perfil (XYZ_{PCS}). Posteriormente se puede confirmar con las transformadas de las ecuaciones (J.3) y (J.4).

Para pasar de colores codificados en el XYZ_{PCS} a colores codificados en el espacio de colores sRGB se necesitan tres elementos para realizar la transformada. Estos elementos se incluyen en dos matrices de 3×3 y una ecuación de conversión de lineal a no lineal por canal, que en la práctica se puede aplicar mediante tres cuadros de búsqueda unidimensionales.

La primera matriz en la transformada se utiliza para realizar una transformada de adaptación cromática entre el punto blanco adaptativo definido del espacio de conexión del perfil ICC (cromaticidades de CIE D50) y el punto blanco adaptativo definido de sRGB (cromaticidades CIE D65). Pueden utilizarse varias transformadas diferentes. En este ejemplo se utiliza la transformada de adaptación cromática de Bradford (BFD) [43]. Se ha demostrado que la transformada de Bradford produce resultados precisos y ha pasado a formar parte del modelo recomendado para el aspecto del color CIE (CIECAM97s) [44], [45]. La transformada BFD consta normalmente de una parte lineal y de una parte no lineal. En este ejemplo se ha omitido la parte no lineal de la transformada Bradford para simplificar el procesamiento de la matriz 3×3 . Se ha demostrado que la transformada Bradford da muy buenos resultados aunque se omita esta parte [46].

La segunda matriz en esta transformada es una matriz de transformada primaria necesaria para pasar los colores primarios del XYZ_{PCS} al conjunto de colores primarios UIT-R BT.709-2, según se define en la norma sRGB, CEI/TC100/PT61966-2.1.

La transformada con matrices separadas se puede presentar de la siguiente forma, siendo PT la transformada primaria y BFD la matriz de adaptación cromática de Bradford.

$$\begin{bmatrix} slinear_r \\ slinear_g \\ slinear_b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3,2406_{PT} & -1,5372_{PT} & -0,4986_{PT} \\ -0,9689_{PT} & 1,8758_{PT} & 0,0415_{PT} \\ 0,0557_{PT} & -0,2040_{PT} & 1,0570_{PT} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0,9554_{BDF} & -0,0231_{BDF} & 0,0633_{BDF} \\ -0,0284_{BDF} & 1,0100_{BDF} & 0,0211_{BDF} \\ 0,0123_{BDF} & -0,0205_{BDF} & 1,3305_{BDF} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} connection_x \\ connection_y \\ connection_z \end{bmatrix} \quad (J-6)$$

Sin embargo, las matrices se pueden combinar en una sola matriz, como muestra la siguiente ecuación:

$$\begin{bmatrix} \text{slinear}_r \\ \text{slinear}_g \\ \text{slinear}_b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3,1337 & -1,6173 & -0,4907 \\ -0,9785 & 1,9162 & 0,0334 \\ 0,0720 & -0,2290 & 1,4056 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \text{connection}_x \\ \text{connection}_y \\ \text{connection}_z \end{bmatrix} \quad (\text{J-7})$$

Por tanto, es necesario transformar los valores slinear_{rgb} en valores, RGB no lineales. Para cada canal rojo, verde y azul del valor slinear_{rgb} (que se indica como slinear_x) el canal respectivo del valor sRGB no lineal (que se indica como sRGB_x) se calcula mediante la ecuación (J-8).

$$\text{sRGB}_X = \begin{cases} 12,92 \cdot \text{slinear}_X & \text{slinear}_X \leq 0,0031308 \\ 1,055 \cdot \text{slinear}_X^{(1,0/2,4)} - 0,055 & \text{slinear}_X > 0,0031308 \end{cases} \quad (\text{J-8})$$

Obsérvese que la conversión del píxel descomprimido a sRGB se puede optimizar combinando la matriz de colores descrita en la ecuación (J-4) con la matriz de conversión XYZ a sRGB descrita en la ecuación (J-7), así:

$$\begin{bmatrix} \text{slinear}_r \\ \text{slinear}_g \\ \text{slinear}_b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3,1337 & -1,6173 & -0,4907 \\ -0,9785 & 1,9162 & 0,0334 \\ 0,0720 & -0,2290 & 1,4056 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \text{redColorant}_x & \text{greenColorant}_x & \text{blueColorant}_x \\ \text{redColorant}_y & \text{greenColorant}_y & \text{blueColorant}_y \\ \text{redColorant}_z & \text{greenColorant}_z & \text{blueColorant}_z \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \text{linear}_r \\ \text{linear}_g \\ \text{linear}_z \end{bmatrix} \quad (\text{J-9})$$

Gracias a esta optimización, el procesamiento de espacio de colores para convertir el píxel descomprimido en sRGB se limita a la mera aplicación de un cuadro de búsqueda 1D, una sola matriz de 3×3 y otro cuadro de búsqueda 1D.

Se puede generalizar el uso de las transformadas anteriores para sRGB a otros espacios de colores distintos del sRGB. En muchos casos se harán exactamente las mismas operaciones de la conversión a sRGB. Ahora bien, en otros casos el número de pasos puede ser menor, por ejemplo cuando el punto blanco adaptativo del espacio de colores destino corresponde al de PCS XYZ, con lo que se elimina la necesidad de una transformada de adaptación cromática. También es posible que en otros casos se necesiten más pasos para compensar diferentes factores, por ejemplo las diferencias en las condiciones de visualización. Las transformadas de condiciones de visualización propiamente dichas no forman parte de los propósitos de este anexo, aunque se tratan en otras publicaciones [41], [42], [46], [48].

Obsérvese que el espacio de colores de almacenamiento puede provocar una pérdida de información al realizar la conversión a sRGB, o al convertir a otro espacio de colores con gama de colores limitada. Por ejemplo, considérese el caso de un espacio de colores de almacenamiento que sea un espacio de gama de colores extendida. La conversión a sRGB dará lugar a un recorte de los colores que no forman parte de la gama de colores sRGB. Es necesario cuando se visualiza la imagen, pero es posible que las transformadas de color (por ejemplo desplazamiento de color) hayan utilizado los datos recortados (desplazamiento a la gama sRGB). Muchas veces es preferible aplicar la mayoría de las transformadas de color a los datos originales almacenados antes de convertirlos al espacio de colores sRGB. De otra parte, si la imagen se fuera a imprimir o visualizar en un dispositivo capaz de reproducir los colores que se han recortado, será preferible recuperar la imagen en el espacio de colores almacenado en lugar de imprimir la imagen sRGB. Considérese otro ejemplo: la imagen del espacio de colores almacenado es una codificación de color de una escena de mayor rango dinámico. Al realizar la conversión a sRGB habrá que adaptar y recortar la información de brillo y/o sombra para ajustarla al rango dinámico de la pantalla [normalmente esta adaptación se hace mediante una función de escala de tonos que forma parte de la curva de reproducción de tonos (TRC) de la ecuación (J-3)]. La información que se pierde en esta adaptación no se puede utilizar para modificar la imagen más tarde. Análogamente, la conversión a sRGB puede introducir errores de cuantificación en la imagen que limitarían su calidad. En estos dos ejemplos, puede resultar conveniente mantener la imagen en el espacio de colores almacenado, y aplicar allí las manipulaciones necesarias de la imagen. Otra posibilidad sería convertir la imagen a una codificación intermedia de color de gama amplia. Se puede convertir a sRGB únicamente para una visualización previa, o como el último paso en la cadena de tratamiento de imágenes.

J.9.4 Conversión de imágenes a otros espacios de colores

En ciertas aplicaciones puede ser conveniente convertir las imágenes a otros espacios de colores, aparte de sRGB, con objeto de visualizarlas en determinados dispositivos o manipularlas en un espacio de colores específico de la aplicación. Por ejemplo, cuando se quiera visualizar la imagen en una pantalla catódica (CRT), cuyas características se sabe que son diferentes de la visualización sRGB de referencia, la matriz y la no linealidad especificadas en las ecuaciones (J-6) a (J-9) pueden sustituirse por las condiciones particulares de esa pantalla (matriz y no linealidad). En general, se puede utilizar una matriz relacionada con las cromaticidades y el punto blanco de fosforescencia para

convertir los valores de triestímulos PCS en los valores RGB lineales apropiados, y la no linealidad puede utilizarse para relacionar los valores RGB lineales con los correspondientes valores de código. También se pueden calcular otros espacios de colores RGB complementarios, por ejemplo RGB ROMM, sustituyendo la matriz y no linealidad adecuadas [49].

En otros casos puede ser conveniente convertir las imágenes a otros espacios de colores que no se pueden describir mediante una matriz sencilla/una transformación no lineal. Para ello se sustituye la transformada descrita en J.9.3 por la transformada correspondiente para el espacio de color deseado. Una solución apropiada en muchos casos es utilizar un perfil ICC para el espacio de colores deseado.

J.9.5 Las gamas y la cuantificación de entrada y salida

Los valores de código de entrada de los cuadros de búsqueda en la ecuación (J-3) (redTRC, greenTRC y blueTRC) serán enteros de la misma precisión que los valores de código descomprimidos, indexados de manera que $TRC[i]$ produzca el valor de intensidad lineal correcta para el valor del código de entrada i . Si los valores de código de entrada son superiores al número de elementos del cuadro de búsqueda $- 1$, se recortarán a ese valor.

El píxel que resulte de la ecuación (J-3) corresponderá a valores reales de intensidad lineal, en la gama nominal (0,0, 1,0).

La entrada de la matriz de colores en la ecuación (J-4) también serán valores reales de intensidad lineal en la gama (0,0, 1,0). Se cambiará de escala el resultado de esa ecuación (los valores XYZ_{PCS}) para que el valor Y esté en la gama (0,0, 1,0). Los valores neutrales de la imagen se deberían hacer corresponder a valores XYZ que tienen la cromaticidad del punto blanco PCS (lo cual implica que $X/Y = 0,9642$, y $Z/Y = 0,8250$). Si la aplicación convierte los valores de código de entrada al espacio de colores sRGB, esta gama resultante permitirá la concatenación directa de matrices según se indica en la ecuación (J-8).

Las gamas y la cuantificación de la transformada XYZ_{PCS} a sRGB son similares. Las entradas y los resultados de la ecuación (J-6), y por consiguiente las entradas a la ecuación (J-8), también son valores reales en la gama (0,0, 1,0).

Los resultados de la ecuación (J-8) son valores en la gama (0,0, 1,0). Ahora bien, generalmente se tendrá que aplicar un cambio de escala de 255 para producir valores sRGB de 8 bits. Esto depende en gran medida de la aplicación y es función del procesamiento adicional, si lo hubiere. Ahora bien, se insiste para que cualquier procesamiento de color se realice sobre los datos de la imagen original (decompressed_r, decompressed_g, decompressed_b) antes de que se convierta a sRGB para evitar una posible disminución importante en la cuantificación.

J.9.6 Utilización de múltiples especificaciones de espacios de color

El formato JP2 permite que se especifiquen en un fichero varios métodos para interpretar el espacio de colores de una imagen. Por ejemplo, es posible que una aplicación guarde imágenes con valores de píxel que ya fueron convertidos a las señales adecuadas para un determinado dispositivo de salida. En ese caso, es conveniente tener en la aplicación un mecanismo sencillo de indicar al dispositivo que no se necesita un procesamiento de color adicional. Se puede especificar el nombre del espacio de colores del dispositivo utilizando el método de espacio de colores enumerado en una casilla Especificación del color en el fichero.

Sin embargo, los navegadores web y otras aplicaciones, deben convertir la imagen en las señales apropiadas para visualizarlas en otros dispositivos; es muy probable que esas aplicaciones desconozcan la definición del espacio de colores específico del fabricante. Por consiguiente, cuando se guarde el fichero original es muy útil incluir una segunda casilla especificación del color en el fichero que utilice el método de perfil ICC restringido o el método de perfil ICC genérico. Un segundo mecanismo aumenta enormemente el número de aplicaciones que pueden interpretar adecuadamente el espacio de colores de la imagen.

Obsérvese que en esta Recomendación | Norma Internacional no se especifica el método para elegir entre los múltiples métodos de especificación de color definidos en un mismo fichero. Cada aplicación debería seleccionar el método que mejor se ajuste a sus requisitos particulares.

J.10 Ejemplo de interpretación de múltiples componentes

Un ejemplo de interpretación no tradicional es la codificación de regiones de interés (ROI) en un conjunto complejo de datos SAR. Puede decirse que una ROI es un conjunto de dos coordenadas de la imagen que representan las partes real (I) e imaginaria (Q) de los datos. El conjunto de coordenadas I y Q se puede organizar en un conjunto de "múltiples componentes" aun cuando cada coordenada esté separada y tenga diferentes dimensiones espaciales. Si no se aplica la transformada de espacios de colores, se puede hacer una compresión con o sin pérdida del conjunto de coordenadas. Este procedimiento tiene dos ventajas: todas las ROI en un determinado conjunto de datos se pueden comprimir en una sola pasada, y se puede optimizar la asignación de bits para todas las ROI, en lugar de hacerlo para cada coordenada por separado.

J.11 Ejemplo de decodificación en el que se señalan las operaciones intermedias

Considérese el siguiente tren de bits comprimido. La posición desde el origen del fichero se expresa en representación octal a la izquierda y los valores en el fichero se representan en hexadecimal.

```

00000 FF4F FF51 0029 0000 0000 0001 0000 0009
00020 0000 0000 0000 0000 0000 0001 0000 0009
00040 0000 0000 0000 0000 0001 0701 01FF 5C00
00060 0740 4048 4850 FF52 000C 0000 0001 0001
00100 0404 0001 FF90 000A 0000 0000 001E 0001
00120 FF93 C7d4 0C01 8F0D C875 5DC0 7C21 800F
00140 B176 FFD9

```

Las diferentes partes de este tren de bits se pueden decodificar del modo siguiente.

J.11.1 Encabezamiento principal

El encabezamiento principal comienza con el byte 0, según se indica en el marcador SOT y acaba antes del byte 0104 (octal), que se reconoce gracias al marcador SOT.

```

00000 FF4F          Marcador SOC
00002 FF51          Marcador SIZ
00004 0029          Longitud del marcador
                    Lsiz SIZ

00006 0000          Rsiz
00010 0000 0001     Xsiz
00014 0000 0009     Ysiz
00020 0000 0000     XOsiz
00024 0000 0000     YOsiz
00030 0000 0001     XTsiz
00034 0000 0009     YTtiz
00040 0000 0000     XTOSiz
00044 0000 0000     YTOSiz
00050 0001          Csiz
00052 07           Ssiz
00053 01           XRsiz
00054 01           YRsiz

```

Por consiguiente la "imagen" es de un componente con 8 bits/muestra sin signo, 1 muestra horizontal y 9 muestras verticales, y todas las muestras están en una misma losa.

```

00055 FF5C          Marcador QCD
00057 0007          Longitud del marcador Lqcd QCD
00061 40           Sqcd
00062 4048 4850     SPqcd

```

Hay 2 bits de guarda, no hay cuantificación (a no ser un posible truncado) y los exponentes ϵ_b del tamaño del escalón de cuantificación son {8,9,9, 10}.

```

00066 FF52          Marcador COD
00070 000C          Longitud del marcador Lcod COD
00072 00           Scod (PPx = PPy = 15, No SOP, No EPH)
00073 00           Orden de progresión
00074 0001          Número de capas
00076 00           Transformada multicomponente
00077 01           Número de niveles de descomposición

```

00100	04	Valor de traslación del exponente anchura del bloque de código
00101	04	Valor de traslación del exponente altura del bloque de código
00102	00	Tipo de pasadas de codificación del bloque de código
00103	01	Transformada

No se utilizan recintos. Sólo hay un nivel de transformada en ondícula. Se hace una progresión capA.nivel de resolución-componente-posición, pero hay una sola capa. Los bloques de código son muestras de 64×64 (obsérvese que el tamaño es 2^6 mientras que el valor en el tren de bits es 4). No hay exención selectiva de la codificación aritmética, no hay reiniciación de las probabilidades de contexto ni terminación en cada pasada de codificación, no hay contextos causales de líneas verticales, no hay terminación predecible y no hay símbolos de segmentación. Se utiliza el filtro reversible 5-3.

J.11.2 Encabezamiento de parte de losa

El primer y único encabezamiento de una parte de losa empieza en el byte 0104 en representación octal con el marcador SOT y termina con el byte 0120 en representación octal con el marcador SOD.

00104	FF90	Marcador SOT
00106	000A	Longitud del marcador L _{sot} SOT
00110	0000	I _{sot}
00112	0000 001E	P _{sot}
00116	00	TP _{sot}
00117	01	TN _{sot}

Ésta es la losa número 0. La parte de losa tiene 30 bytes de longitud. Por consiguiente la siguiente parte de losa o el final del tren codificado está en $0104 + 036 = 0142$. Ésta es la parte de losa 0. Sólo hay una parte en esta losa.

00120	FF93	Marcador SOD
-------	------	--------------

En este encabezamiento de parte de losa no hay marcadores COD, QCD o de comentarios. Por consiguiente todos los parámetros de codificación se indican en el encabezamiento principal. Los siguientes 16 bytes son datos comprimidos (30 bytes de longitud – 14 bytes de segmentos marcadores).

Datos comprimidos (encabezamientos de paquete y cuerpos de paquete)

00122	C7D4 0C01 8F0D C875 5DC0 7C21 800F
00140	B176

Fin de la imagen

00142	FFD9	Marcador EOC
-------	------	--------------

J.11.3 Encabezamientos de paquete

Dado que la imagen es 1×9 y sólo hay un nivel de transformada (y además los bloques de código, los recintos y las losas son demasiado grandes para tener un efecto), habrá 5 coeficientes en ondícula de paso bajo, y 4 coeficientes de paso alto vertical y de paso bajo horizontal. Los datos comprimidos comienzan con el encabezamiento de paquete que se decodifica según se muestra en el cuadro J.20.

Cuadro J.20 – Decodificación del primer encabezamiento de paquete

Bytes del tren codificado	Bits utilizados	Observaciones
0xC7	1	Paquete de longitud distinta de cero
	1	Sólo se incluye el bloque de código
	0001	3 planos de bits cero ^{a)}
0xD4	11 1101010	16 pasadas de codificación para este bloque de código ^{b)}
	0	<i>LBlock</i> sigue siendo 3
0x0C	0000110	6 bytes de datos comprimidos ^{c)}
	0	Bit de relleno no utilizado
<p>a) Máximo 9 planos de bits a partir de la ecuación (E-2), 3 de ellos son cero; por lo tanto, el primer bit se decodificará en el plano de bits 6.</p> <p>b) El número de bits que se han de leer depende de los datos comprimidos, véase cuadro B.2.</p> <p>c) El número de bits que se han de leer es <i>LBlock</i> más el logaritmo en base 2 del número de pasadas, redondeado por defecto: $3 + \lfloor \log_2 16 \rfloor = 7$.</p>		

La decodificación del primer encabezamiento de paquete requiere 3 bytes e indica que se utilizan 6 bytes de datos comprimidos del codificador aritmético para el único bloque de código de este paquete. Por consiguiente, el siguiente encabezamiento de paquete empieza en la posición 0134. Este encabezamiento de paquete se decodifica en el cuadro J.21.

Cuadro J.21 – Decodificación del segundo encabezamiento de paquete

Bytes del tren codificado	Bits utilizados	Observaciones
0xC0	1	Longitud de paquete distinta de cero
	1	Sólo se incluye el bloque de código
0x7C	000000 01	7 planos de bit cero ^{a)}
0x21	111100 001	7 pasadas de codificación para este bloque de código
	0	<i>LBlock</i> sigue valiendo 3
0x80	0001 1	3 bytes de datos comprimidos ^{b)}
	0000000	Bits de relleno no utilizados
<p>a) Máximo 10 planos de bits, 7 de ellos son cero; por lo tanto el primer bit se decodificará en el plano de bit 3.</p> <p>b) El número de bits que se han de leer $3 + \lfloor \log_2 7 \rfloor = 5$.</p>		

J.11.4 Datos comprimidos por el codificador aritmético

Los seis bytes de datos comprimidos del primer bloque de código (a partir del primer paquete) se pueden decodificar como se muestra en el cuadro J.22. El primer elemento es la etiqueta de contexto que se describe en el anexo D (que puede ser completamente diferente en cada implementación). El segundo elemento es el tipo de contexto y al final se enumera el bit entregado por el codificador aritmético. Estos bits se utilizan para determinar los coeficientes de paso bajo vertical y de paso bajo horizontal. El codificador aritmético recibe los bits que empiezan en la posición 0125.

0000125 01 8F0D C875 5D

Cuadro J.22 – Decodificación aritmética del primer bloque de código

CTX	Tipo de contexto	Bit	Observaciones
17	C4(ZERO_RUN)	1	Pasada distinta de cero.
18	C5(UNIFORM)	1	El primer coeficiente distinto de cero es el cuarto (enumerado desde 1).
18	C5(UNIFORM)	1	
9	C2(SIGN)	1	Negativo.
3	C1 (NEW_SIGNIFICANT)	0	El quinto coeficiente no es significativo.
3	C1 (NEW_SIGNIFICANT)	1	El tercer coeficiente es significativo (primer coeficiente que está la pasada de significación).
10	C2 (SIGN)	0	Negativo (el bit XOR es 1).
3	C1 (NEW_SIGNIFICANT)	1	El quinto coeficiente es significativo en esta pasada de codificación.
10	C2 (SIGN)	0	Negativo (el bit XOR es 1)
15	C3 (REFINE)	0	El siguiente bit del cuarto coeficiente es 0.
0	C1 (NEW_SIGNIFICANT)	1	El primer coeficiente es significativo.
9	C2 (SIGN)	1	Negativo.
4	C1 (NEW_SIGNIFICANT)	1	El segundo coeficiente es significativo.
10	C2 (SIGN)	0	Negativo.
15	C3 (REFINE)	1	Todos los coeficientes están en la pasada de refinamiento. El bit decodificado es el siguiente bit del coeficiente ordenado del primero al quinto.
15	C3 (REFINE)	0	
15	C3 (REFINE)	1	
16	C3 (REFINE)	0	
15	C3 (REFINE)	0	
16	C3 (REFINE)	0	Siguiente plano de bits.
16	C3 (REFINE)	1	
16	C3 (REFINE)	1	
16	C3 (REFINE)	0	
16	C3 (REFINE)	0	
16	C3 (REFINE)	1	Siguiente plano de bits.
16	C3 (REFINE)	1	
16	C3 (REFINE)	1	
16	C3 (REFINE)	0	
16	C3 (REFINE)	1	
16	C3 (REFINE)	0	Último plano de bits.
16	C3 (REFINE)	0	
16	C3 (REFINE)	0	
16	C3 (REFINE)	0	
16	C3 (REFINE)	1	

Por consiguiente los coeficientes decodificados son:

-26, -22, -30, -32, -19

Los datos comprimidos para el único bloque de código en el segundo paquete, que representan la subbanda de paso bajo horizontal y de paso alto vertical, empieza en la posición 0137 en representación octal.

0000137 0F B176

La decodificación se describe en el cuadro J.23.

Cuadro J.23 – Decodificación aritmética del segundo bloque de código

CTX	Tipo de contexto	Bit	Observación
17	C4 (ZERO_RUN)	1	Pasada distinta de cero.
18	C5 (UNIFORM)	0	El primer coeficiente distinto de cero es el segundo.
18	C5 (UNIFORM)	1	
9	C2 (SIGN)	0	Positivo.
3	C1 (NEW_SIGNIFICANT)	0	Coeficientes 3 y 4 en la pasada de limpieza.
0	C1 (NEW_SIGNIFICANT)	0	
3	C1 (NEW_SIGNIFICANT)	0	Coeficientes 1 y 3 en la pasada de significación.
3	C1 (NEW_SIGNIFICANT)	0	
14	C3 (REFINE)	0	Segundo coeficiente.
0	C1 (NEW_SIGNIFICANT)	0	Cuarto coeficiente en la pasada de limpieza.
3	C1 (NEW_SIGNIFICANT)	1	Primer coeficiente en la pasada de significación.
10	C2 (SIGN)	0	Positivo.
3	C1 (NEW_SIGNIFICANT)	1	Tercer coeficiente en la pasada de significación.
10	C2 (SIGN)	0	Positivo.
3	C1 (NEW_SIGNIFICANT)	0	Cuarto coeficiente en la pasada de significación.
16	C3 (REFINE)	1	Segundo coeficiente en la pasada de refinamiento.

Los coeficientes decodificados de paso bajo horizontal y de paso alto vertical son:

1, 5, 1, 0

J.11.5 Desplazamiento de nivel y ondícula

Después de haber aplicado el filtro reversible inverso 5-3 y de haber desplazado el nivel, las muestras del componente en decimal son:

101, 103, 104, 105, 96, 97, 96, 102, 109

J.12 Ponderación de frecuencia visual

Las características del sistema visual humano figuran entre los factores importantes de la calidad permitida de imágenes comprimidas. Conviene pues que los diseñadores y los usuarios de los sistemas aprovechen los conocimientos actuales sobre la percepción visual, por ejemplo que utilicen modelos de la sensibilidad variable del sistema visual a las frecuencias espaciales, que viene determinada por la función de sensibilidad de contraste (CSF, *contrast sensitivity function*). Dado que el coeficiente de ponderación CSF depende de la frecuencia visual de coeficientes de transformada, habrá un coeficiente de ponderación CFS por subbanda en la transformada en ondícula. La definición de los coeficientes de ponderación CFS es un problema de codificación y depende de las condiciones de visualización previstas para la imagen decodificada. Más información sobre la definición de los coeficientes de ponderación CSF en [34] y [35].

En muchos casos sólo se elige un conjunto de coeficiente de ponderación CSF, que se aplican de conformidad con la visualización. Esta aplicación de ponderaciones de frecuencia visual se conoce como ponderación visual fija. En los sistemas de codificadores incorporados pueden cambiar mucho las condiciones de visualización en las diferentes etapas de la incorporación, porque el tren de bits codificado se puede truncar más adelante. Si la velocidad binaria es baja la imagen comprimida es de mala calidad y no se ven los detalles de la imagen. La imagen se ve normalmente desde una distancia relativamente grande y los observadores se interesan más en el aspecto general. A medida que se van recibiendo bits, la calidad de la imagen mejora y se desvelan los detalles de la imagen. Normalmente la imagen se examina a menor distancia o incluso se amplía para examinarla desde muy cerca, lo cual es equivalente a disminuir la distancia de visualización. Así pues, se aplican los diferentes conjuntos de ponderaciones CSF en las diferentes etapas de la incorporación. Esta aplicación ajustable de ponderación de frecuencia visual se conoce como codificación visual progresiva. Es evidente que la ponderación visual fija se puede considerar como un caso particular de codificación visual progresiva.

En la ponderación visual fija, el conjunto de coeficientes de ponderación CSF $\{w_i\}$ se elige con arreglo a las características de visualización final, siendo w_i el coeficiente de ponderación para la subbanda i -ésima. El conjunto de coeficientes de ponderación CSF se puede incorporar de una de las dos maneras siguientes.

J.12.1 Modificación del tamaño del escalón de cuantificación

En el codificador se ajusta el tamaño del escalón de cuantificación q_i de los coeficientes de transformada correspondientes a la i -ésima subbanda, para que sea inversamente proporcional al coeficiente de ponderación CSF w_i . Cuanto menor sea el coeficiente de ponderación CSF, mayor será el tamaño del escalón de cuantificación. Seguidamente, los índices de cuantificación normalizados CSF se tratan uniformemente en el proceso de optimización del factor velocidad-distorsión (R-D), que no se modifica para tener en cuenta los cambios en el tamaño de escalón de cuantificación. No es necesario transmitir el decodificador a los coeficientes de ponderación CSF. La información se incluye en los tamaños del escalón de cuantificación, que se transmiten explícitamente para cada subbanda. Como esta solución necesita especificar explícitamente el cuantificador, quizá no sea muy adecuada para la codificación incorporada, especialmente si se pasa de operaciones con pérdida a operaciones sin pérdida.

J.12.2 Modificación del orden de codificación incorporado

Los tamaños del escalón de cuantificación no se modifican, pero sí se alteran los coeficientes de ponderación de distorsión que se introducen en la optimización del factor velocidad-distorsión (R-D). Con esto se controla de manera eficaz la importancia relativa de incluir números diferentes de planos de bits desde el tren de bits incorporado en cada bloque de código. No es necesario transmitir explícitamente el cuadro de ponderaciones de frecuencia. Esta solución se recomienda porque produce resultados similares a los de J.12.1 y es compatible con la compresión sin pérdida. Esta solución afecta únicamente al compresor y es compatible con todas las estrategias de cuantificación, en particular la cuantificación implícita.

J.12.3 Codificación visual progresiva (VIP)

Si los coeficientes de ponderación de frecuencia visual se van a cambiar durante el proceso de codificación incorporado, es absurdo cambiar los valores de los coeficientes o el tamaño del escalón de cuantificación. Además, se puede degradar la calidad de funcionamiento del codificador de entropía que sigue, debido a los cambios estadísticos de la representación binaria. Una implementación lógica de la codificación visual progresiva (VIP, *visual progressive coding*) consiste en cambiar directamente el orden en el que aparecerían los subplanos de bits del bloque de código en todo el tren de bits incorporado, refiriéndose a los coeficientes de ponderación visual, en lugar de cambiar el valor de los coeficientes o el tamaño del escalón de cuantificación. En otras palabras, los coeficientes de ponderación visual afectan el orden de codificación y no el contenido de codificación.

Los diferentes conjuntos de ponderación visual para diferentes gamas de velocidades binarias se indican del modo siguiente:

$$\begin{aligned} &\text{Conjunto de coeficientes de ponderación } 0 : r(0), \text{ con } W(0) = \{w_0(0), w_1(0), \dots, w_n(0)\}; \\ &\text{Conjunto de coeficientes de ponderación } 1 : r(1), \text{ con } W(1) = \{w_0(1), w_1(1), \dots, w_n(1)\}; \\ &\dots \\ &\text{Conjunto de coeficientes de ponderación } : r(m), \text{ con } W(m) = \{w_0(m), w_1(m), \dots, w_n(m)\}, \end{aligned} \quad (\text{J-10})$$

donde $r(j)$ representa la velocidad binaria a la que se modifican los factores de ponderación, $r(0) < r(1) < \dots < r(m)$, y $w_i(j)$ es el coeficiente de ponderación que se aplica a la subbanda i en toda la gama de velocidades binarias desde $r(j)$ hasta $r(j + 1)$. Cada conjunto de coeficientes de ponderación visual tendrá efecto sobre una determinada gama de velocidades binarias. Si $m = 0$ (sólo hay un conjunto de coeficientes de ponderación visual), se trata del caso particular de ponderación visual fija. Los conjuntos de coeficientes de ponderación visual, $W(0)$ a $W(m)$, se utilizarán para determinar el orden de incorporación en sus correspondientes gamas de velocidades binarias. Para la incorporación a una velocidad binaria elevada, especialmente si se pasa de operaciones con pérdida a operaciones sin pérdida, todos los coeficientes de ponderación visual finales $W(m)$ deben valer uno (ya que en la codificación sin pérdida no se aplica ponderación). En la codificación visual progresiva se pueden ajustar los coeficientes de ponderación visual para lograr una buena calidad visual en todas las velocidades binarias.

La ponderación VIP afecta únicamente al codificador y no se necesita señalización alguna en el decodificador.

Se supone que el codificador calculará el orden en el que deberían aparecer los subplanos de bits del bloque de código en la jerarquía de capas de todo el tren de bits, a partir de criterios de distorsión de velocidad. Una implementación sencilla de la ponderación visual progresiva consiste en cambiar la métrica de distorsión progresivamente a partir de los coeficientes de ponderación visual durante la formación del tren de bits. Sabiendo que el tren de bits se forma a partir de la optimización del factor velocidad-distorsión (R-D) después de la compresión, la modificación progresiva de los coeficientes de ponderación visual controla eficazmente el orden de incorporación directa de sus planos de bits del bloque de código.

J.12.4 Cuadros de ponderación de frecuencia recomendados

En el cuadro J.24 se especifican tres conjuntos de coeficientes de ponderación CSF definidos para el componente luminancia a partir del valor CSF en la frecuencia media de cada subbanda. Se supone que la distancia de visualización será igual a 1000, 2000, y 4000 muestras (por ejemplo, 10 pulgadas para impresión o visualización a 100 dpi, 200 dpi y 400 dpi), respectivamente. Obsérvese que los cuadros se han elaborado para una descomposición en ondículas en 5 niveles.

En el cuadro J.24 no se incluye el coeficiente de ponderación para la subbanda de frecuencia más baja, nLL que siempre vale 1. Los niveles 1, 2, ..., 5 indican los niveles de subbanda en orden creciente de frecuencia. (HL, LH, HH) indican las tres orientaciones de frecuencia dentro de cada subbanda.

Cuadro J.24 – Ponderación de frecuencia recomendada

Nivel	Distancia de visualización 1000			Distancia de visualización 2000			Distancia de visualización 4000		
	HL	LH	HH	HL	LH	HH	HL	LH	HH
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	0,731 668
3	1	1	1	1	1	0,727 203	0,564 344	0,564 344	0,285 968
4	1	1	0,727 172	0,560 841	0,560 841	0,284 193	0,179 609	0,179 609	0,043 903
5	0,560 805	0,560 805	0,284 173	0,178 494	0,178 494	0,043 631	0,014 774	0,014 774	0,000 573

En el caso de imágenes en color, los cuadros de ponderación de frecuencia de los componentes Y, Cr y Cb deberían presentarse en otro orden para tener en cuenta las propiedades del sistema visual humano. Por ejemplo, es conveniente realzar el componente luminancia más que los componentes crominancia. En el cuadro J.25 se especifican tres conjuntos de coeficientes de ponderación CSF para los componentes luminancia y crominancia.

Cuadro J.25 – Ponderación de frecuencia recomendada para imágenes multicomponente (color)

Compo nente	N i v e l	Distancia de visualización 1000			Distancia de visualización 1700			Distancia de visualización 3000		
		HL	LH	HH	HL	LH	HH	HL	LH	HH
Y (Y0)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	3	1	1	1	1	1	1	0,921 045	0,921 045	0,848 324
	4	0,998 276	0,998 276	0,996 555	0,861 593	0,861 593	0,742 342	0,410 628	0,410 628	0,182 760
	5	0,756 353	0,756 353	0,573 057	0,307 191	0,307 191	0,108 920	0,038 487	0,038 487	0,003 075
Cb (Y1)	1	0,883 196	0,883 196	0,833 582	0,818 766	0,818 766	0,745 875	0,717 086	0,717 086	0,613 777
	2	0,793 487	0,793 487	0,712 295	0,689 404	0,689 404	0,579 220	0,539 437	0,539 437	0,403 353
	3	0,650 482	0,650 482	0,531 700	0,501 652	0,501 652	0,362 279	0,319 773	0,319 773	0,185 609
	4	0,450 739	0,450 739	0,309 177	0,280 068	0,280 068	0,152 290	0,124 021	0,124 021	0,044 711
	5	0,230 503	0,230 503	0,113 786	0,097 816	0,097 816	0,031 179	0,023 308	0,023 308	0,003 413
Cr (Y2)	1	0,910 877	0,910 877	0,872 378	0,860 885	0,860 885	0,803 172	0,780 091	0,780 091	0,695 128
	2	0,841 032	0,841 032	0,776 180	0,757 626	0,757 626	0,665 951	0,631 632	0,631 632	0,509 729
	3	0,725 657	0,725 657	0,625 103	0,598 537	0,598 537	0,470 893	0,428 659	0,428 659	0,287 593
	4	0,552 901	0,552 901	0,418 938	0,388 492	0,388 492	0,248 566	0,211 871	0,211 871	0,100 658
	5	0,336 166	0,336 166	0,200 507	0,177 435	0,177 435	0,077 130	0,060 277	0,060 277	0,014 977

J.13 Submuestreo de componentes en el codificador

En ciertas aplicaciones de compresión ya es común utilizar el submuestreo de componentes con ciertas transformadas de decorrelación. Un ejemplo típico es el tratamiento por transformada de decorrelación RGB a YCrCb seguido de un submuestreo de los componentes crominancia (Cr, Cb). Es una manera eficaz de reducir el volumen de datos de la imagen a codificar con algoritmos de compresión basados en la transformada discreta de coseno (DCT) (Rec. UIT-T. T.81 | ISO/CEI 10918-1), pero no se recomienda su utilización en esta Recomendación | Norma Internacional.

Se puede aprovechar la naturaleza multirresolución de la transformada en ondícula que se describe en esta Recomendación | Norma Internacional para lograr el mismo efecto que se obtiene con el submuestreo de los componentes. Por ejemplo, si se descartan las subbandas 1HL, 1LH, y 1HH de una descomposición en ondículas de un componente y se conservan las otras subbandas, se está haciendo un submuestreo 2:1 en las dimensiones horizontal y vertical del componente. Con esta técnica se obtienen las mismas ventajas que ofrece el submuestreo propiamente dicho del componente antes de aplicar la transformada en ondícula.

Además, muchas veces se mejora la calidad de la imagen conservando algunos coeficientes ondícula en las subbandas 1HL, 1LH, 1HH aun cuando se descarte la gran mayoría. Siempre se está reduciendo el número de coeficientes 2:1 aproximadamente, pero las imágenes decodificadas resultantes tendrán mejor calidad, con menos artefactos de compresión. Cuando se utiliza el submuestreo, los codificadores no pueden adoptar estas soluciones y se puede perder calidad de la imagen decodificada.

J.14 Control de velocidad

El control de velocidad se utiliza cuando es necesario satisfacer una determinada velocidad binaria o un determinado tiempo de transmisión. Al controlar la velocidad se garantiza que el tren codificado utiliza el número de bytes adecuado al tiempo que se garantiza la mayor calidad posible de la imagen.

J.14.1 Introducción a los conceptos fundamentales del control de velocidad

Se divide cada subbanda en bloques de código de muestras que se han codificado independientemente. Puesto que cada bloque de código se codifica de manera completamente independiente utilizando exactamente el mismo algoritmo en cada subbanda, por el momento se puede prescindir de la relación entre la subbandas y los bloques de código. Sea $\{B_i\}_{i=1,2,\dots}$ el conjunto de todos los bloques de código que representan la imagen. Para cada bloque de código B_i se genera un tren de bits separado sin utilizar información de los otros bloques de código. De otra parte, el tren de bits se suele truncar formando longitudes discretas muy distintas $R_i^1, R_i^2, R_i^3, \dots$ y se calcula la distorsión resultante al reconstruir cada uno de esos subconjuntos truncados, que se denomina $D_i^1, D_i^2, D_i^3, \dots$. Se suele utilizar como métrica de distorsión el error cuadrático medio, pero no es necesario. Durante el proceso de codificación se calculan las longitudes R_i^n y las distorsiones D_i^n , y se almacenan temporalmente de forma compacta con el propio tren de bits comprimido.

Después de comprimir toda la imagen se aplica una función de posprocesado a todos los bloques de código comprimidos y se determina en qué medida es necesario truncar cada bloque de código incorporado en el tren de bits para lograr una determinada velocidad binaria, un valor de distorsión u otra métrica de calidad. De manera más general, el tren de bits resultante está formado por un conjunto de "capas", cada una de las cuales tiene una interpretación en cuanto a la calidad de toda la imagen. La primera, la capa de menor calidad, está formada por los trenes de bits de bloques de código truncados de manera óptima según se ha descrito antes. Las siguientes capas se forman truncando de manera óptima los trenes de bits de bloque de código para lograr valores de velocidad binaria cada vez más altos, valores de distorsión u otras métricas de calidad, según corresponda, y completando con palabras de código adicionales necesarias para extender la información representada en las capas anteriores hasta los nuevos puntos de truncado. La división del tren de bits en capas se describe con mayor detalle en J.14.2.

J.14.2 Compactación de trenes de bits divididos en capas

Un aspecto importante es la manera en la que el codificador forma el tren de bits resultante a partir de los trenes de bits independientes incorporados que se han generado para cada bloque de código. El problema de la formación del tren de bits se simplifica mucho cuando el codificador trabaja cada vez en subbandas completas porque se evita la organización espacial adicional que sería necesaria si hubiera bloques de código independientes.

Básicamente, el tren de bits se organiza como una sucesión de capas, cada una de las cuales contiene las contribuciones correspondientes a cada bloque de código (algunas contribuciones pueden ser nulas), según se ilustra en la figura J.12. Los puntos de truncado del bloque de código relacionados con cada capa son los puntos óptimos en lo que respecta a velocidad-distorsión, lo que significa que el tren de bits obtenido al descartar una serie de capas menos importantes siempre será el tren óptimo según el criterio de velocidad-distorsión. Si el tren de bits se trunca de manera que se corta

una parte de una capa, no será estrictamente óptimo, pero no habrá mucha diferencia con respecto al tren óptimo si el número de capas es grande. Si se aumenta el número de capas para reducir el número de bytes de código en cada capa, los coeficientes velocidad-distorsión correspondientes a todos los puntos de truncado del bloque de código en la capa se aproximarán progresivamente. Ahora bien, también aumentará el número de bloques de código que no contribuyen a la capa, así como el número de bloques de código inútiles, cuando se determina cuáles son los bloques de código que contribuyen a la capa. En la práctica, se observa que los mejores sistemas de compresión para aplicaciones de progresión por SNR se logran cuando el número de capas es aproximadamente dos veces el número de pasadas del codificador de entropía en los subplanos de bits. Los límites de las pasadas de subplanos de bits también son los puntos de truncado para cada tren de bits incorporado del bloque de código. Por consiguiente, cada capa contiene en promedio contribuciones de aproximadamente la mitad de los bloques de código, de manera que es mucho más fácil determinar si un bloque de código contribuye o no a una determinada capa (aproximadamente 2 bits por bloque de código), que identificar el orden estricto en las contribuciones de bloque de código. Además, la contribución relativa de estos bloques de código inútiles a la velocidad binaria general es independiente del tamaño de la imagen.

En la figura J.12 se muestran las contribuciones del bloque de código a las capas del tren de bits. Para simplificar sólo se muestran cinco capas con siete bloques de código. Obsérvese que no es necesario que todos los bloques de código contribuyan a cada capa, y que el número de bytes aportados por los bloques de código a una determinada capa es por lo general muy variable. Obsérvese asimismo que la codificación de los bloques de código se realiza verticalmente en cada bloque de código, de forma independiente, mientras que la organización del tren de bits en capas es horizontal, distribuyendo así las pasadas de codificación del bloque de código en las diversas capas.

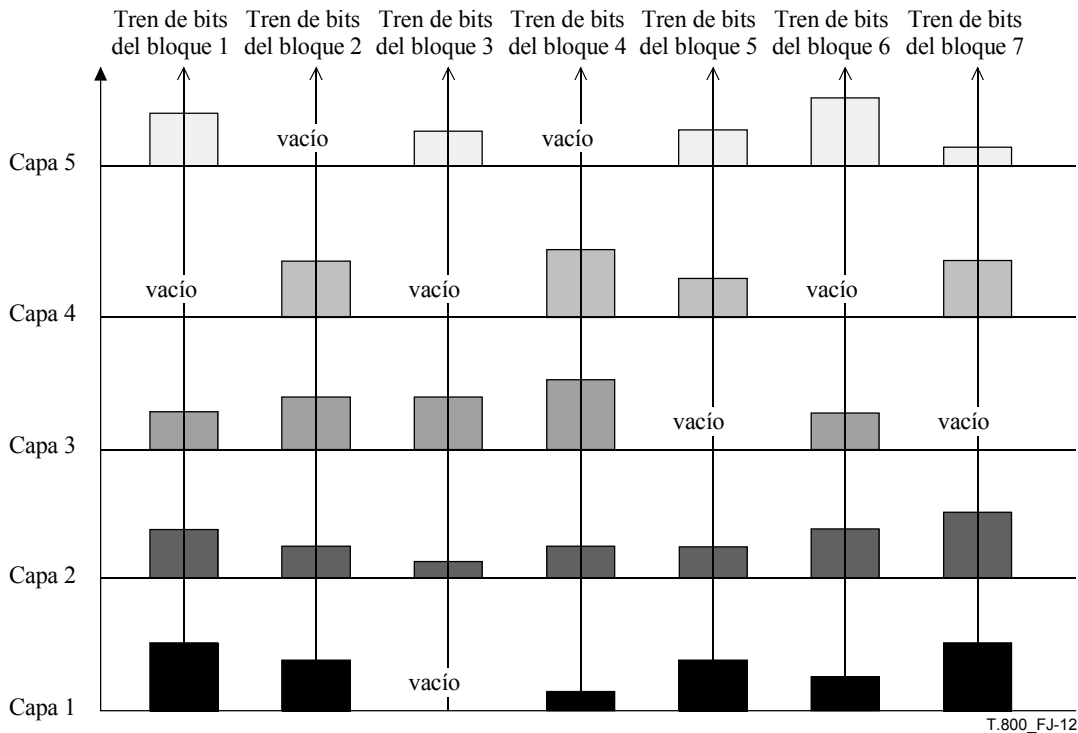


Figura J.12 – Ilustración de las contribuciones del bloque de código a las capas del tren de bits

J.14.3 Optimización de la relación velocidad-distorsión

El algoritmo velocidad-distorsión que se describe a continuación se aplica únicamente si la medida de la distorsión adoptada para los bloques de código es aditiva. Es decir, la distorsión D en la imagen reconstruida resultante vendrá dada por:

$$D = \sum_i D_i^{n_i} \tag{J-11}$$

siendo n_i el punto de truncado para el bloque de código B_i . Con la correspondiente normalización, las medidas de error cuadrático medio (MSE, *mean squared error*) y MSE ponderado (por ejemplo MSE visualmente ponderado) satisfacen esta condición de adición siempre que la transformada en ondícula sea ortogonal. Esta propiedad de adición también se

cumple si los errores de cuantificación de los valores de cada muestra no están correlacionados, independientemente de si la transformada es ortogonal o no. En la práctica, la transformada es ortogonal sólo de manera aproximada y los errores de cuantificación no están completamente no correlacionados; por consiguiente, las medidas de error cuadrático son aditivas sólo aproximadamente, pero esto suele ser suficiente. Sea R el número de bytes de código relacionados con una capa en el tren de bits (y todas las capas anteriores). Para un cierto número de puntos de truncado n_i :

$$R = \sum_i R_i^{n_i} \quad (\text{J-12})$$

Se necesita encontrar el conjunto de valores n_i que minimiza D , con la condición $R \leq R_{m\acute{a}x}$. El método de los multiplicadores de Lagrange para la optimización con restricciones es una solución conocida. Concretamente, el problema es equivalente a minimizar:

$$\sum (R_i^{n_i} - \lambda D_i^{n_i}) \quad (\text{J-13})$$

donde el valor de λ debe ajustarse hasta que la velocidad resultante de los puntos de truncado que minimizan la ecuación (J-13) cumpla la condición $R = R_{m\acute{a}x}$. No hay un algoritmo simple mediante el cual se pueda obtener un conjunto óptimo de puntos de truncado en general. Sin embargo, todo conjunto de puntos de truncado n_i que minimiza la ecuación (J-13) para un valor λ será el conjunto óptimo en el sentido de que se logra una distorsión mínima a la velocidad binaria correspondiente. Si se obtiene el valor más grande de λ de modo que el conjunto de puntos de truncado n_i que se obtienen al minimizar la ecuación (J-13) resulta en una velocidad $R \leq R_{m\acute{a}x}$, no habrá ningún otro conjunto de puntos de truncado que dé lugar a una distorsión general menos importante y una velocidad que sea menor o igual a R . En la práctica, normalmente se pueden encontrar valores de λ para los que se obtiene un valor R muy próximo a $R_{m\acute{a}x}$ (casi siempre con menos de 100 bytes de diferencia) de manera que la suboptimización residual no es muy importante.

En cuanto a minimizar la expresión de la ecuación (J-13), se trata de un problema de optimización por separado para cada bloque de código. Concretamente, para cada bloque de código B_i , se ha de encontrar el punto de truncado n_i , que minimiza $(R_i^{n_i} + \lambda D_i^{n_i})$. El siguiente algoritmo simple es una solución posible:

Fijar $n_i = 0$ (es decir, no se incluye información del bloque de código).

Para $k = 1, 2, 3, \dots$

Fijar $\Delta R_i^k = R_i^k - R_i^{n_i}$ y $\Delta D_i^k = D_i^k - D_i^{n_i}$

Si $(\Delta D_i^k / \Delta R_i^k) > \lambda^{-1}$ entonces fijar $n_i = k$

Como puede ser necesario aplicar este algoritmo a diferentes valores de λ , conviene identificar primero el subconjunto N_i de valores umbral de manera que los valores de la pendiente velocidad-distorsión $S_i^k = \Delta D_i^k / \Delta R_i^k$ sean monótonamente decreciente con k , para todos los valores k en N_i . El siguiente algoritmo es adecuado para determinar N_i :

- 1) Fijar $N_i = \{n\}$, es decir, el conjunto de todos los puntos de truncado
- 2) Fijar $p = 0$
- 3) Para $k = 1, 2, 3, 4, \dots$

Si k pertenece a N_i

Fijar $\Delta R_i^k = R_i^k - R_i^p$ y $\Delta D_i^k = D_i^k - D_i^p$

Fijar $S_i^k = \Delta D_i^k / \Delta R_i^k$

Si $p \neq 0$ y $S_i^k > S_i^p$ eliminar p de N_i y saltar al paso (2)

En caso contrario, fijar $p = k$

Después de calcular esta información, la optimización para cualquier λ dado consiste simplemente en dar a P el valor k más grande en N_i de manera que $S_i^k > \lambda^{-1}$. El valor de λ es ciertamente un parámetro de calidad, puesto que los valores más grandes de λ se obtienen cuando los trenes de bits del bloque de código están menos truncados; su inversa se puede considerar como un umbral de la pendiente velocidad-distorsión.

El conjunto N_i y las pendientes S_i^k se pueden calcular inmediatamente después de la codificación de los bloques de código B_i , y se almacena información suficiente para determinar posteriormente los puntos de truncado que pertenecen a N_i y los correspondientes valores R_i^k y S_i^k durante la fase de optimización del valor velocidad-distorsión. Esta información es por lo general menor que el propio tren de bits que se almacena para el bloque de código.

J.14.4 Cálculo eficaz de la distorsión para determinar el truncado óptimo según la pendiente velocidad-distorsión (R-D)

Los posibles puntos de truncado del tren de bits incorporado que representa cada bloque de código corresponden al final de cada pasada de codificación. Durante la compresión se debe evaluar el número de bytes R_i^n necesarios para representar todos los símbolos codificados hasta cada punto de truncado, n , así como la distorsión D_i^k que se produce al truncar el tren de bits en cada punto n . En realidad el cálculo de la distorsión no es estrictamente necesario para generar un tren de bits que se pueda descomprimir, pero sí es importante para el algoritmo de optimización velocidad-distorsión descrito en J.14.3.

J.14.4.1 Consideraciones sobre transformadas no reversibles

El algoritmo de optimización del valor velocidad-distorsión descrito en J.14.3 sólo depende de la cantidad de distorsión que se reduce en cada pasada de codificación. Concretamente, si D_i^0 es la distorsión que se produce al evitar totalmente el bloque de código (es decir, fijando todas las muestras a cero) sólo se necesita calcular las diferencias $D_i^n - D_i^{n-1}$, para $n = 1, 2, 3, \dots$. En realidad, este cálculo se puede realizar con la ayuda de dos pequeños cuadros de búsqueda que no dependen de la pasada de codificación, el plano de bits o la subbanda de que se trate. Para explicarlo, considérese que $\omega_i \Delta_i^2$ es la contribución a la distorsión en la imagen reconstruida que resultaría de un error exactamente igual al tamaño del escalón en una sola muestra del bloque de código B_i . En esta expresión ω_i es un coeficiente de ponderación positivo que se calcula a partir de la norma L2 de la forma de onda de síntesis ondícula para la subbanda pertinente, que además se puede modificar aplicando criterios de ponderación visual y otros. Defínase ahora:

$$v_i^p[m, n] = 2^{-p} v_i[m, n] - 2 \left[\frac{2^{-p} v_i[m, n]}{2} \right] \tag{J-14}$$

El valor $v_i^p[m, n]$ es la diferencia normalizada entre la magnitud de la muestra $s_i[m, n]$ y el umbral de cuantificación más grande en el anterior plano de bits que no era más grande que la magnitud. Es fácil comprobar que $0 \leq v_i^p[m, n] \leq 2$. Aunque $s_i[m, n]$ es en realidad una cantidad entera cuantificada, supondremos que el cuantificador puede suministrar bit fraccionales para $s_i[m, n]$ y por consiguiente también para $v_i[m, n]$, los cuales se pueden utilizar en la ecuación (J-14) para producir cálculos precisos de la distorsión relacionada con las pasadas de codificación en los planos de bit menos significativos. Cuando una muestra pasa a ser significativa por primera vez en un determinado plano de bit p se tendrá que $v_i[m, n] \geq 2^p$ y por consiguiente $v_i^p[m, n] \geq 1$, de modo que la disminución de distorsión se puede expresar así:

$$2^{2p} \omega_i \Delta_i^2 \left[v_i^p[m, n]^2 - (v_i^p[m, n] - 1,5)^2 \right] = 2^{2p} \omega_i \Delta_i^2 f_s (v_i^p[m, n]) \tag{J-15}$$

siempre que los niveles de representación utilizados durante la cuantificación inversa estén a mitad de camino entre los umbrales de cuantificación. Asimismo, la reducción de distorsión que se puede atribuir al refinamiento de magnitud de una muestra en el plano de bits p y puede expresarse así:

$$2^{2p} \omega_i \Delta_i^2 \left[\left(v_i^p [m, n] - 1 \right)^2 - \left(v_i^p [m, n] - 0,5 - v \right)^2 \right] = 2^{2p} \omega_i \Delta_i^2 f_m \left(v_i^p [m, n] \right) \quad (\text{J-16})$$

Por tanto, la reducción de distorsión que se produce durante una sola pasada de codificación se puede calcular sumando los resultados de una de las dos funciones diferentes $f_s(\cdot)$ o $f_m(\cdot)$, según corresponda, cada vez que una muestra pase a ser significativa o se realice un refinamiento de magnitud, y seguidamente se cambia de escala el resultado al final de la pasada de codificación aplicando un valor constante que puede calcularse fácilmente a partir del índice de plano de bits y el valor de $\omega_i \Delta_i^2$. El argumento de estas funciones $v_i^p [m, n]$ tiene una representación binaria de la forma v.xxxxx, donde v, el único bit antes de la coma binaria, es simplemente el valor del bit de magnitud p , es decir, $v_i^p [m, n]$. Se utilizan exactamente 6 bits adicionales después de la coma binaria para indexar el cuadro de búsqueda de 7 bits para $f_m(\cdot)$ y un cuadro de búsqueda de 6 bits para $f_s(\cdot)$ (recuérdese que se ha de cumplir $1 \leq v_i^p [m, n] < 2$ cuando la primera muestra pasa a ser significativa). Todos los asientos de esos cuadros de búsqueda contienen una representación de 16 bits en coma fija de $2^{13} f_s \left(v_i^p [m, n] \right)$ o $2^{13} f_m \left(v_i^p [m, n] \right)$, según corresponda, lo que significa que se puede calcular la reducción total de la distorsión relacionada con cualquier pasada de codificación mediante la acumulación de estos valores enteros en un acumulador de 32 bits, sin que haya riesgo de rebasamiento.

J.14.4.2 Consideraciones sobre transformadas reversibles

Por lo general, el cálculo de la distorsión que se produce en la codificación de coeficientes resultantes de una transformada reversible no es diferente del cálculo para el caso de transformadas irreversibles. Sin embargo, hay dos pequeñas diferencias que se deben señalar. Las ecuaciones (J-15) y (J-16) se basan en la suposición de que el decuantificador representará cada coeficiente en el punto medio del intervalo de cuantificación pertinente. Éste es el funcionamiento más probable del cuantificador durante la mayor parte del tiempo, a excepción del plano de bit menos significativo en el modo reversible. En ese caso $\Delta_i = 1$ y no hay error de cuantificación; la reconstrucción del punto medio no tiene sentido en este caso y el de cuantificador representa los coeficientes de transformada utilizando el umbral más bajo (en magnitud) del intervalo de cuantificación pertinente. En consecuencia, las ecuaciones (J-15) y (J-16) deben modificarse y se presentarán así, respectivamente:

$$2^{2p} \omega_i \Delta_i^2 v_i^p [m, n]^2 = 2^{2p} \omega_i \Delta_i^2 f_m \left(v_i^p [m, n] \right) \quad (\text{J-17})$$

y:

$$2^{2p} \omega_i \Delta_i^2 \left(v_i^p [m, n] - 1 \right)^2 = 2^{2p} \omega_i \Delta_i^2 f_m \left(v_i^p [m, n] \right) \quad (\text{J-18})$$

J.15 Directrices para el tratamiento del tren codificado YCC

En muchas aplicaciones y dispositivos del mercado de consumo para el tratamiento de imágenes fijas y en movimiento es indispensable soportar el formato YCC y producir directamente datos de crominancia submuestreados. En esos casos quizá no sea necesaria la señalización de transformada multicomponente en el tren codificado. En esta cláusula se explica el tratamiento de los datos YCC.

Sin embargo, no se pretende afirmar que los datos YCC deban de estar submuestreados.

J.15.1 Utilización de transformadas multicomponente

No es necesario utilizar transformadas multicomponente para poder utilizar datos YCC, pues los componentes ya están decorrelacionadas. Por consiguiente, la señal de transformada multicomponente del parámetro SGcod definido en el cuadro A.17 será siempre "0000 0000".

J.15.2 Utilización del formato JP2

Algunos dispositivos generan automáticamente datos YCC de componentes transformados en el espacio de colores sYCC. El formato JP2 admite la utilización de esos casos mediante la especificación del valor EnumCS a "18" según se define en el cuadro I.10.

J.15.3 Traslación de cromaticidad

La translación de cromaticidad (un término que se utiliza comúnmente para el submuestreo de componentes de cromaticidad y sus translaciones relativas) se especifica en el tren codificado JPEG 2000 utilizando el marcador CRG (véase A.9.1). Las figuras J.13, J.14, J.15 y J.16 son ejemplos de patrones comunes de translación de cromaticidad. En el cuadro J.26 se muestra un ejemplo de los valores del parámetro del segmento marcador SIZ (véase A.5.1) y CRG para cada patrón.

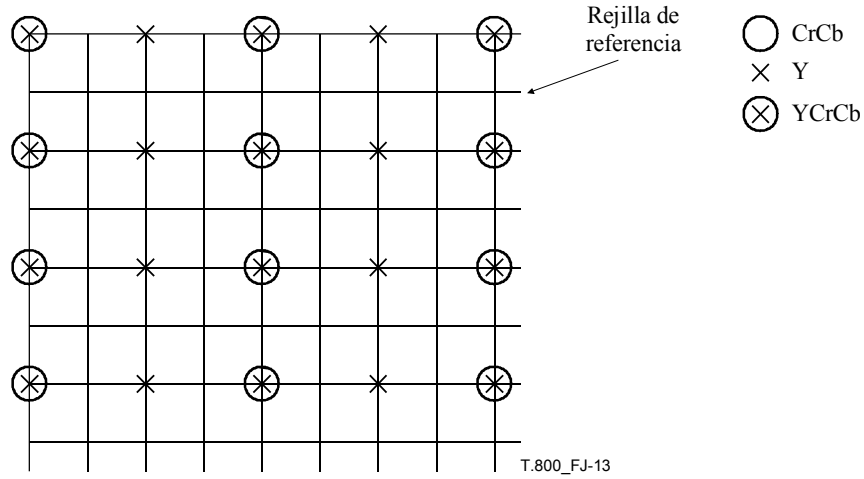


Figura J.13 – Formato 4:2:2 (coincidentes)

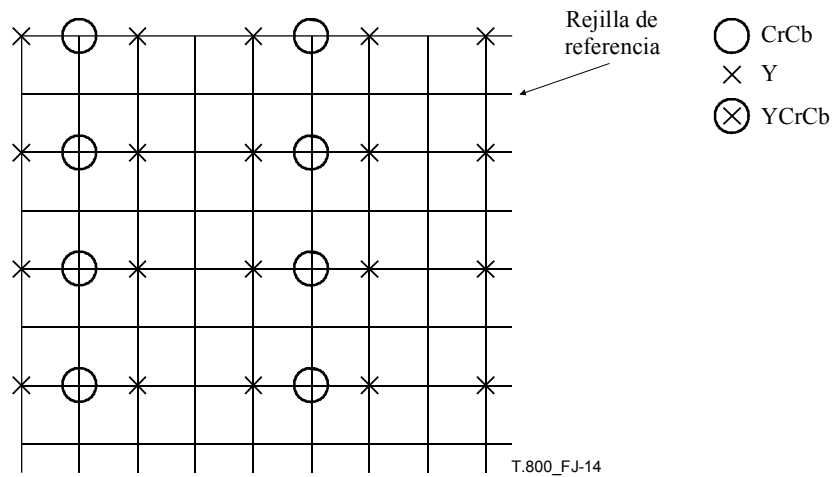


Figura J.14 – Formato 4:2:2 (centrado)

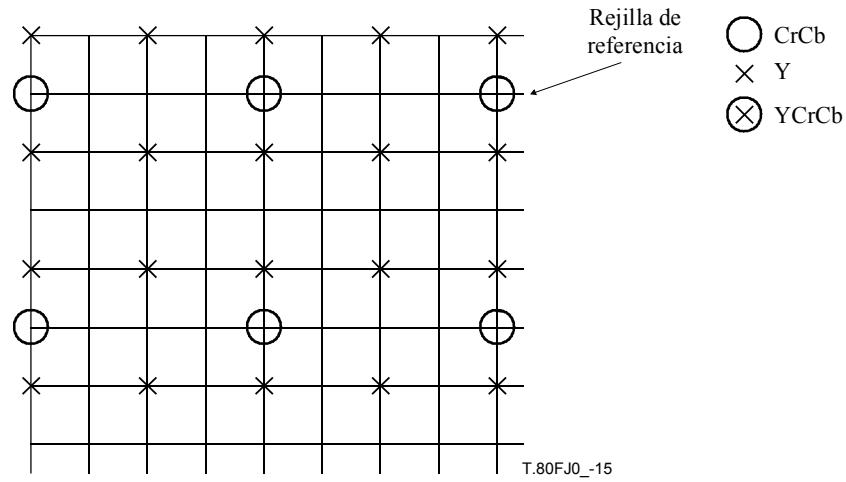


Figura J.15 – Formato 4:2:0 (coincidente)

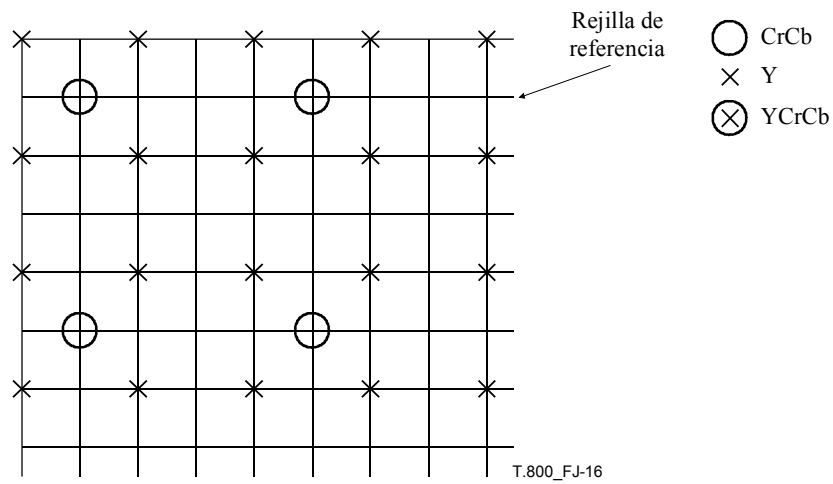


Figura J.16 – Formato 4:2:0 (centrado)

Cuadro J.26 – Valores CRG (registro de componentes)

		Figura J.13	Figura J.14	Figura J.15	Figura J.16
Y	(XRsiz, YRsiz)	(2, 2)	(2, 2)	(2, 2)	(2, 2)
	(XOsiz, YOsiz)	(0, 0)	(0, 0)	(0, 0)	(0, 0)
	(Xcrg, Ycrg)	(0, 0)	(0, 0)	(0, 0)	(0, 0)
Cb	(XRsiz, YRsiz)	(4, 2)	(4, 2)	(4, 4)	4, 4)
	(XOsiz, YOsiz)	(0, 0)	(0, 0)	(0, 0)	(0, 0)
	(Xcrg, Ycrg)	(0, 0)	(16 384, 0)	(0, 16 384)	(16 384, 16 384)
Cr	(XRsiz, YRsiz)	(4, 2)	(4, 2)	4, 4)	4, 4)
	(XOsiz, YOsiz)	(0, 0)	(0, 0)	(0, 0)	(0, 0)
	(Xcrg, Ycrg)	(0, 0)	(16 384, 0)	(0, 16 384)	(16 384, 16 384)

NOTA – El valor CRG se define de manera que todas las muestras de componentes estén ubicadas en puntos de la rejilla de referencia. Por consiguiente (XRsiz, YRsiz) = (2, 2) para Y no significa que las muestras de Y también estén submuestreadas.

Anexo K

Bibliografía

(Este anexo no es parte integrante de esta Recomendación | Norma Internacional)

K.1 General

- [1] BOLIEK (M.), GORMISH (M.J.), SCHWARTZ (E.L.), KEITH (A.): Decoding compression with reversible embedded wavelets (CREW) codestreams, *Electronic Imaging*, Vol. 7, No. 3, July 1998.
- [2] EBRAHIMI (T.), CHRISTOPOULOS (C.): JPEG 2000 standard: Still image compression scheme of 21st century, Tampere, Finland, 5-8 September 2000.
- [3] MARCELLIN (M.W.), GORMISH (M.), BILGIN (A.), BOLIEK (M.): An Overview of JPEG-2000, *Proc. of IEEE Data Compression Conference*, Snowbird, Utah, March 2000.
- [4] SKODRAS (A.), CHRISTOPOULOS (C.), EBRAHIMI (T.): JPEG2000: The upcoming still image compression standard, (*Invited paper*) *Proceedings of the 11th Portuguese Conference on Pattern Recognition (RECPAD 2000)*, pp. 359-366, Porto, Portugal, 11-12 May 2000.
- [5] ZANDI (A.), ALLEN (J.D.), SCWHARTZ (E.L.), BOLIEK (M.): CREW: Compression with reversible embedded wavelets, *Proceedings of Data Compression Conference*, Snowbird, Utah, pp. 212-221, March 1995.

K.2 Cuantificación y codificación de entropía

- [6] ORDENTLICH (E.), WEINBERGER (M.J.), SEROUSSI (G.): A low-complexity modelling approach for embedded coding of wavelet coefficients, *Proceedings of Data Compression Conference*, pp. 408-417, Snowbird, Utah, March 29-April 1, 1998.
- [7] ORDENTLICH (E.), TAUBMAN (D.), WEINBERGER (M.J.), SEROUSSI (G.), MARCELLIN (M.): Memory Efficient Scalable Line-based Image Coding, *Proceedings of Data Compression Conference*, pp. 218-227, Snowbird, Utah, March 29-31, 1999.
- [8] PENNEBAKER (W.), MITCHELL (J.): JPEG Still Image Data Compression Standard, *Van Nostrand Reinhold*, New York, 1993.
- [9] SEMENTILLI (P.J.), BILGIN (A.), KASNER (J.H.), MARCELLIN (M.W.): Wavelet TCQ: Submission to JPEG 2000, (invited paper), *Proceedings, Applications of Digital Image Processing, SPIE*, San Diego, California, July 1998.
- [10] TAUBMAN (D.), ZAKHOR (A.): Multirate 3-D subband coding of video, *IEEE Trans. Image Processing*, Vol. 3, pp. 572-88, September 1994.
- [11] TAUBMAN (D.): High performance scalable image compression with EBCOT, *IEEE Trans. on Image Processing*, July 2000.
- [12] WOODS (J.W.), NAVEEN (J.): A filter based bit allocation scheme for subband compression of HDTV, *IEEE Trans. on Image Processing*, July 1992.

K.3 Transformada en ondícula

- [13] ADAMS (M.D.), KOSENTINI (F.): Reversible integer-to-integer wavelet transforms for image compression: performance evaluation and analysis, *IEEE Trans. on Image Processing*, 2000.
- [14] ANTONINI (M.), BARLAUD (M.), MATHIEU (P.), DAUBECHIES (I.): Image coding using wavelet transform, *IEEE Trans. on Image Processing* Vol. 1, pp. 205-220, April 1992.
- [15] BRISLAWN (C.M.): Classification of nonexpansive symmetric extension transforms for multirate filter banks, *Applied and Computational Harmonic Analysis*, Vol. 3, pp. 337-57, 1996.
- [16] CALDERBANK (A.R.), DAUBECHIES (I.), SWELDENS (W.), YEO (B.-L.): Wavelet transforms that map integers to integers, *Applied and Computational Harmonic Analysis*, Vol. 5, No. 3, pp. 332-369, July 1998.
- [17] CHRYSAFIS (C.), ORTEGA (A.), Line-Based, Reduced Memory, Wavelet Image Compression, *IEEE Trans. on Image Processing*, Vol. 9, No 3, pp. 378-389, March 2000.
- [18] CHUI (C.K.): An Introduction to Wavelets, *Academic Press*, Boston, 1992.

- [19] CHUI (C.K.): Wavelets: A Mathematical Tool for Signal Analysis, *SIAM Publ.*, Philadelphia, 1997.
- [20] DAUBECHIES (I.): Ten Lectures on Wavelets, *SIAM Publ.*, Philadelphia, 1992.
- [21] DAUBECHIES (I.), SWELDENS (W.): Factoring wavelet transforms into lifting steps, *Journal of Fourier Analysis and Applications*, Vol. 4, No. 3, pp. 247-269, 1999.
- [22] LEGALL (D.), TABATABAI (A.): Subband coding of digital images using symmetric short kernel filters and arithmetic coding techniques, *IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing*, New York, NY, pp. 761-765, 1988.
- [23] MALLAT (S.): A Wavelet Tour of Signal Processing, *Academic Press*, 2nd Edition, San Diego, 1999.
- [24] SHENG (F.), BILGIN (A.), SEMENTILLI (P.J.), MARCELLIN (M.W.): Lossy and lossless image compression using reversible integer wavelet transforms, *Proceedings, IEEE International Conference on Image Processing*, Chicago, Illinois, October 1998.
- [25] SWELDENS (W.): The lifting scheme: a custom-design construction of biorthogonal wavelets, *Applied and Computational Harmonic Analysis*, Vol. 3, No. 2, pp 186-200, 1996.
- [26] SWELDENS (W.): The lifting scheme: A construction of second generation wavelets, *SIAM Journal on Mathematical Analysis*, Vol. 29, No. 2, pp 511-546, 1997.

K.4 Codificación de la región de interés

- [27] CHRISTOPOULOS (C.), ASKELOF (J.), LARSSON (M.): Efficient methods for encoding regions of interest in the upcoming JPEG2000 still image coding standard, *IEEE Signal Processing letters*, September 2000.
- [28] ATSUMI (E.), FARVARDIN (N.): Lossy/lossless region-of-interest image coding based on set partitioning in hierarchical trees, *Proc. IEEE International Conference on Image Processing (ICIP-98)*, pp. 87-91, 4-7 October 1998, Chicago, Illinois.
- [29] NISTER (D.), CHRISTOPOULOS (C.): Lossless Region of Interest with a naturally progressive still image coding algorithm, *Proceedings of IEEE International Conference on Image Processing (ICIP 98)*, pp. 856-860, 4-7 October 1998, Chicago, Illinois,
- [30] NISTER (D.), CHRISTOPOULOS (C.): Lossless region of interest with embedded wavelet image coding, *Signal Processing*, Vol. 78, No. 1, pp. 1-17, October 1999.
- [31] SANTA CRUZ (D.), LARSSON (M.), ASKELOF (J.), EBRAHIMI (T.), CHRISTOPOULOS (C.): Region of Interest coding in JPEG2000 for interactive client/server applications, *IEEE International Workshop on Multimedia Signal Processing*, Copenhagen, Denmark, 13-15 September 1999.

K.5 Ponderación de frecuencia visual

- [32] ALBANESI (M.), BERTOLUZZA (S.): Human vision model and wavelets for high-quality image compression, *Proc. of 5th Int. Conference in Image Processing and its Applications*, Edinburgh, UK, No. 410, pp. 311-315, 4-6 July 1995.
- [33] ECKERT (M.): Lossy compression using wavelets, block DCT, and lapped orthogonal transforms optimised with a perceptual model, *SPIE*, Vol. 3031, pp. 339-350, 1997.
- [34] O'ROURKE (T.), STEVENSON (R.): Human visual system based wavelet decomposition for image compression, *J. VCIP V. 6*, pp. 109-121, 1995.
- [35] WATSON (A.B.), YANG (G.), SOLOMON (J.), VILLASENOR (J.): Visibility of wavelet quantization noise, *IEEE Trans. on Image Processing*, Vol. 6, pp. 1164-1175, 1997.

K.6 Recuperación de errores

- [36] MAN (H.), KOSENTINI (F.), SMITH (M.): A Family of Efficient and Channel Error Resilient Wavelet/Subband Image Coders, *Special issue of the IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology on Interactive Multimedia*, 9(2), February 1999.
- [37] LIANG (J.), TALLURI (R.): Tools for Robust Image and Video Coding in JPEG2000 and MPEG-4 Standards, *Proceedings of SPIE Visual Communications and Image Processing Conference (VCIP)*, January 1999, San Jose, CA.

ISO/CEI 15444-1:2002 (S)

- [38] MOCCAGATA (I.), SODAGAR (S.), LIANG (J.), CHEN (H.): Error Resilient Coding in JPEG-2000 and MPEG-4, *IEEE Journal of Selected Areas in Communications (JSAC)*, June 2000.

K.7 Codificación basada en el barrido

- [39] LAMBERT-NEBOUT (C.), LATRY (C.), MOURY (G.), ANTONINI (M.), BARLAUD (M.), PARISOT (C.): On-Board Optical image compression for future high resolution space remote sensing systems, *Proc. SPIE*, Vol. 4115, 31 July-3 August 2000.
- [40] FLOHR (T.J.), MARCELLIN (M.W.), ROUNTREE (J.C.): Scan-Based Processing with JPEG 2000, *Proc. SPIE*, Vol. 4115, 31 July-3 August 2000.

K.8 Color

- [41] International Color Consortium (ICC), *ICC Profile Format Specification 1:1998-09*, (1998).
- [42] IEC 61966-2-1 (1999), *Multimedia systems and equipment – Colour measurement and management – Part 2-1: Colour management – Default RGB colour space – sRGB*.
- [43] LAM (K.M.): Metamerism and Colour Constancy, *University of Bradford*, 1985.
- [44] LUO (M.R.), LO (M.C.), KUO (W.G.): The LLab(l:c) Colour Model, *Color Research and Application*, Vol. 21, pp. 412-429 (1996).
- [45] LUO (M.R.), HUNT (R.W.G.): A Chromatic Adaptation Transform and a Colour Constancy Index, *Color Research and Application*, Vol. 23, pp. 154-158, 1997.
- [46] LUO (M.R.), HUNT (R.W.G.): The Structure of the CIE 1997 Colour Appearance Model (CIECAM97s), *Color Research and Application*, Vol. 23, 1997.
- [47] NIELSEN (M.), STOKES (M.): The Creation of the sRGB ICC Profile, *Proceedings of the IS&T/SID 6th Color Imaging Conference*, pp. 253-257, 1998.
- [48] GIORGIANNI (E.), MADDEN (T.): Digital Color Management: Encoding Solution, *Addison-Wesley*, 1998.
- [49] SPAULDING (K.E.), WOOLFE (G.J.), GIORGIANNI (E.J.): Reference Input/Output Medium Metric RGB color encodings (RIMM/ ROMM RGB), *Proc. PICS 2000 Conference*, March 26-29, 2000, Portland, OR.

Anexo L

Declaración de patente

(Este anexo no es parte integrante de esta Recomendación | Norma Internacional)

La Organización Internacional de Normalización (ISO) y la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI) hacen ver que la conformidad con esta Recomendación | Norma Internacional puede implicar la utilización de patentes, según se indica en el cuadro L.1.

Cuadro L.1 – Declaraciones recibidas sobre derechos de propiedad intelectual

Número	Empresa
1	Algo Vision plc
2	Canon Incorporated
3	Digital Accelerator Corporation
4	Telefonaktiebolaget LM Ericsson
5	Hewlett Packard Company
6	International Business Machines, Inc.
7	LizardTech, Incorporated
8	LuraTech
9	Mitsubishi Electric Corporation
10	PrimaComp Incorporated
11	Ricoh Company, Limited

12	Sarnoff Corporation
13	Sharp Corporation
14	TeraLogic Incorporated
15	University of Arizona
16	Washington State University
17	Sony Corporation

La ISO y la CEI no se pronuncian sobre la realidad, la validez y el ámbito de aplicación de estos derechos de patente.

Los titulares de estos derechos de patente han manifestado a la ISO y a la CEI que están dispuestos a negociar licencias con términos y condiciones razonables y no discriminatorios, con solicitantes de todo el mundo. Las declaraciones de los titulares de derechos de propiedad intelectual se han registrado en la ISO y la CEI con este fin.

Obsérvese que algunos elementos de esta Recomendación | Norma Internacional podrían estar protegidos por derechos de patentes diferentes de los indicados. La ISO y la CEI no tienen la obligación de señalar estos derechos de patentes.

SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

Serie A	Organización del trabajo del UIT-T
Serie B	Medios de expresión: definiciones, símbolos, clasificación
Serie C	Estadísticas generales de telecomunicaciones
Serie D	Principios generales de tarificación
Serie E	Explotación general de la red, servicio telefónico, explotación del servicio y factores humanos
Serie F	Servicios de telecomunicación no telefónicos
Serie G	Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales
Serie H	Sistemas audiovisuales y multimedia
Serie I	Red digital de servicios integrados
Serie J	Redes de cable y transmisión de programas radiofónicos y televisivos, y de otras señales multimedia
Serie K	Protección contra las interferencias
Serie L	Construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior
Serie M	RGT y mantenimiento de redes: sistemas de transmisión, circuitos telefónicos, telegrafía, facsímil y circuitos arrendados internacionales
Serie N	Mantenimiento: circuitos internacionales para transmisiones radiofónicas y de televisión
Serie O	Especificaciones de los aparatos de medida
Serie P	Calidad de transmisión telefónica, instalaciones telefónicas y redes locales
Serie Q	Conmutación y señalización
Serie R	Transmisión telegráfica
Serie S	Equipos terminales para servicios de telegrafía
Serie T	Terminales para servicios de telemática
Serie U	Conmutación telegráfica
Serie V	Comunicación de datos por la red telefónica
Serie X	Redes de datos y comunicación entre sistemas abiertos
Serie Y	Infraestructura mundial de la información y aspectos del protocolo Internet
Serie Z	Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación