

## RECOMENDACIÓN UIT-R BT.1201\*

**Imágenes de muy alta resolución**

(Cuestión UIT-R 226/11)

(1995)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

*considerando*

- a) que se podrían utilizar imágenes de muy alta resolución en futuros sistemas de imágenes de diversas aplicaciones como gráficos por computador, impresión, información médica, imágenes en movimiento, televisión, etc.;
- b) que para crear tales sistemas es necesario el asesoramiento de numerosos expertos en diversas esferas relacionadas con imágenes;
- c) que en diversas partes del mundo se están efectuando estudios y experimentos prácticos sobre imágenes de muy alta resolución;
- d) que para la implantación económica de sistemas de imágenes de muy alta resolución es conveniente el empleo de elementos comunes;
- e) que las tecnologías de reducción de la velocidad binaria desempeñan una función muy importante en la transmisión de imágenes de muy alta resolución;
- f) que las resoluciones temporal y espacial y los formatos de imagen requeridos pueden diferir en función de las aplicaciones;
- g) que es posible ahora convertir retículas de muestreo espaciales y temporales entre formatos diferentes sin crear efectos parásitos en las imágenes convertidas,

*recomienda*

- 1** que la resolución espacial y temporal y el formato de imagen sean lo suficientemente flexibles como para satisfacer una diversidad de requisitos en distintos campos de aplicación. En el Anexo 1 se dan ejemplos de los actuales trabajos en esta esfera;
- 2** que en el tren de datos se utilice un encabezamiento para definir los parámetros mencionados en el § 1;
- 3** que la colorimetría sea uniforme en los diferentes formatos.

---

\* La Comisión de Estudio 6 de Radiocomunicaciones efectuó modificaciones de redacción en esta Recomendación en 2002 de conformidad con la Resolución UIT-R 44.

## ANEXO 1

## Informe sobre el estado de los trabajos sobre imágenes de muy alta resolución (HRI)

### 1 Introducción

En razón de las limitaciones físicas de las tecnologías disponibles en la práctica, la mayor parte de las aplicaciones descritas en esta Recomendación no se utilizan en tiempo real. Para investigar los aspectos de realización que figuran en el § 3 se ha de adoptar un modelo. Debido a las razones invocadas anteriormente, en lo que respecta a la jerarquía de resolución espacial se utilizan en esta Recomendación los siguientes convenios.

En el § 2 se supone que la jerarquía de modelos de resolución espacial es la que se indica a continuación en el Cuadro 1.

CUADRO 1

Jerarquía de modelos de resolución espacial

	HRI-0	HRI-1	HRI-2	HRI-3
Resolución espacial (número de muestras)	1 920 × 1 080	3 840 × 2 160	5 760 × 3 240	7 680 × 4 320

La jerarquía se basa en el formato de pantalla 16:9, pero este valor sólo se adopta para facilitar el análisis.

HRI-0 a 3 son múltiplos simples de valores enteros en sentido horizontal y vertical.

La jerarquía HRI se encuentra en el dominio espacial. En el dominio temporal, la clasificación se basa simplemente en imágenes fijas (o en tiempo no real) y en tiempo real, una vez especificada la velocidad de cuadro.

### 2 Situación actual

#### 2.1 Tratamiento de imágenes fijas y de imágenes cuadro por cuadro (actualmente en la práctica)

Se ha informado que en películas recientes se utilizan muchos efectos ópticos digitales que las hacen muy atractivas para la mayoría de los espectadores. Estos efectos, es decir, el tratamiento electrónico de la película, inauguran una nueva era en la producción, que sustituye eficaz y económicamente al antiguo y bien conocido procesamiento óptico por técnicas de postproducción en el estudio. Dichas técnicas están basadas en la generación de gráficos por computador, reducción de brillos y composición por incrustación cromática y permiten retocar escenas y eliminar fondos y colores no deseados en las películas antiguas y deterioradas al tiempo que se modifican la gradación y los colores. Actualmente existen en el mercado varios sistemas de este tipo que se utilizan con éxito. El sistema completo se compone de un analizador de películas con dispositivo de transferencia de carga (CCD – charge coupled drive), un registrador de película de salida y un procesador de señales. Para producir esos efectos se emplean comúnmente estaciones de trabajo y programas informáticos especiales. Los equipos pueden tratar películas de muy alta resolución, es decir, de más de 40 veces la resolución de la señal de televisión convencional.

## 2.2 Gráficos por computador (CG – computer graphics)

Las imágenes de artes gráficas se pueden generar por computador. Las imágenes se generan fuera de línea y no existen problemas tecnológicos importantes. Si la capacidad del disco empleado es suficiente y se utiliza un computador de alta velocidad, los parámetros como resolución espacial, formato de la pantalla, resolución temporal y otros se pueden adaptar, en principio, a las necesidades. No obstante, la creación de imágenes en movimiento en tiempo real es difícil de realizar con la tecnología actual. Ello depende de la complejidad de la imagen y de la tecnología CG empleada. La generación de imágenes mediante una tecnología CG simple posibilita algunas aplicaciones en tiempo real: sistemas de realidad virtual, simuladores de vuelo y máquinas de juego.

En la producción actual de programas de TVAD se requiere aproximadamente una hora para generar un solo cuadro de una figura humana con un computador de 200 MIPS. Para producir imágenes de nivel HRI-3 con la misma tecnología, se requerirán 16 horas para generar una imagen con una resolución 4 × 4 veces superior. La utilización de unidades de procesamiento central (CPU) de gran capacidad en términos de MIPS y de equipos gráficos especializados es indispensable para generar imágenes CG de alta resolución.

Los parámetros de visualización más corrientes de las estaciones de trabajo actuales son: formato de pantalla 4:3, pixels cuadrados, exploración progresiva de 60 cuadros, 1280 × 1024 pixels, y una gradación total de 32 bits en la escala de colores y la de grises. En modelos recientes se utilizan 1600 × 1024 pixels y una gradación total de 48 bits.

## 3 Aspectos de realización

### 3.1 Tecnología de la pantalla

#### 3.1.1 Tubo de rayos catódicos (CRT)

Con un CRT de 20 pulgadas se puede obtener una resolución de unas 1000 líneas con una separación de los orificios de la máscara de 0,3 mm aproximadamente. En equipos de alto nivel se emplea ya una separación de 0,15 mm. El paso de la máscara depende de diversos factores técnicos, como su grosor y las condiciones de fabricación. Con el nivel tecnológico actual se estima que el límite puede ser 0,16 mm aproximadamente con CRT de 40 pulgadas. El tamaño del punto de exploración del haz electrónico es actualmente de 1 a 2 mm aproximadamente. Para obtener una mejor resolución es necesario reducir el tamaño del punto de exploración a 0,5 ó 1 mm.

Asimismo, es necesario aumentar la velocidad de excitación de los circuitos de deflexión del CRT. Esto se obtiene reduciendo la anchura del conductor del yugo y disminuyendo las pérdidas del núcleo. Para reducir los errores de deflexión será necesario un circuito de compensación digital.

#### 3.1.2 Pantalla de cristal líquido (LCD)

Existen dos aplicaciones posibles de la tecnología LCD para la presentación visual de imágenes de alta resolución. Para la pantalla LCD del tipo de visión directa la disponibilidad de un panel de cristal líquido de mayor tamaño será posiblemente un problema importante en términos técnicos y económicos. En la presentación de imágenes de alta resolución, los espectadores siempre prefieren pantallas de dimensiones más grandes. A este respecto, la pantalla LCD del tipo de proyección requiere un compromiso entre el sistema óptico costoso que exige un panel de cristal líquido grande y el menor brillo producido por un panel pequeño.

## **3.2 Tecnología de la captación de imágenes**

### **3.2.1 Cámara de televisión**

Se prevé que la resolución marginal de un sistema de lentes de uso práctico es del orden de 100 líneas/mm. Por tanto, la resolución vertical que se puede obtener con un sistema de lentes de 1 pulgada (zona de exploración CCD de  $14 \times 7,8$  mm) es  $7,8 \times 100 \times 2 = 1560$  líneas de televisión. Se considera que en un sistema por encima del nivel HRI-1 ( $3840 \times 2160$ ) será necesario un sistema óptico de más de 1 pulgada.

Cuando se requiere más resolución, la dimensión del pixel del dispositivo de captación de imágenes tiende a disminuir. La baja sensibilidad se contrarresta aumentando la superficie de recepción lumínica, utilizando un elemento de alta sensibilidad y reduciendo el nivel de ruido.

En lo referente a la cantidad y tamaño de los pixels, se ha anunciado un prototipo CCD bidimensional de 2 millones de pixels ( $2/3$  en el sistema óptico) para la televisión. Se considera factible obtener en los próximos años, no una reducción del tamaño, sino una ampliación de la superficie de los dispositivos chips, lo que permitiría abarcar la jerarquía hasta el nivel HRI-1. Para aumentar más la resolución haría falta una nueva tecnología.

La reducción de la relación señal/ruido de la cámara produce una disminución del índice de compresión, por lo que la reducción del nivel de ruido es de primordial importancia.

### **3.2.2 Telecine**

En telecine se emplean actualmente los tres métodos de captación de imágenes siguientes: cámara de tubo captador o sensor CCD, explorador de punto móvil, y explorador láser. La mayoría de los problemas que originan estas técnicas de alta resolución afectan a operaciones de telecine en tiempo real. En las aplicaciones en tiempo no real, casi todos los problemas desaparecen debido a la exploración a baja velocidad.

### **3.2.3 Cámara electrónica de imágenes fijas**

Las fotografías con sales de plata en película de 35 mm tienen una calidad de imagen casi equivalente a la de la clase HRI-1. Se pueden obtener resoluciones mucho mayores aumentando el tamaño de la película.

Se ha construido, exclusivamente para imágenes fijas, un CCD de 2 pulgadas  $\times$  2 pulgadas con 4 millones de pixels, lo que corresponde a una resolución intermedia entre las clases HRI-1 y HRI-2. Para lograr resoluciones mucho mayores haría falta un nuevo dispositivo que sustituya al CCD.

## **3.3 Tecnología de transmisión**

### **3.3.1 Transmisión óptica**

Con una longitud de onda de  $1,55 \mu\text{m}$  se ha obtenido una velocidad de transmisión mayor que 2,5 Gbit/s y una distancia entre relevadores radioeléctricos de 100 km. Como el sistema óptico tiene una elevada capacidad de transmisión en comparación con otros sistemas, se prevé que será el sistema de transmisión básico para cualquier aplicación futura de imágenes digitales avanzadas.

El Cuadro 2 muestra diversos campos que pueden ser importantes para el desarrollo de la tecnología de transmisión óptica para las futuras señales de alta velocidad binaria de las aplicaciones HRI en tiempo real. Se puede advertir que será indispensable un adelanto tecnológico innovador.

CUADRO 2

Posibilidades de desarrollo tecnológico de la transmisión por relevadores ópticos

	Si la relación de transmisión aplicada es 150 Mbit/s para HRI-0 y HRI-1 en tiempo real <sup>(1)</sup>	Si la relación de transmisión aplicada es 600 Mbit/s para HRI-2 y HRI-3 en tiempo real <sup>(1)</sup>
Tecnología de transmisión por relevadores ópticos	Técnica de transmisión óptica hasta 100 Gbit/s Tecnología de transmisión por ondas de luz coherente Tecnología de modulación de luz MDF (10 ondas) Tecnología de amplificación de luz	Técnica de transmisión óptica hasta el nivel de Tbit/s Tecnología de transmisión por ondas de luz coherente Tecnología de modulación de luz MDF (100 ondas) -

(1) Véase el Cuadro 9 para la definición de tiempo real para HRI-0 -1 -2 -3.

### 3.3.2 Radiodifusión por satélite

Para la radiodifusión por satélite en banda ancha se pueden utilizar frecuencias de la banda 21,4-22 GHz (600 MHz) atribuida por la Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones para examinar la atribución de frecuencias en ciertas partes del espectro (CAMR-92) (Málaga-Torremolinos, 1992). En este caso, considerando la anchura de banda del tubo de ondas progresivas (TWT), etc., es posible construir transpondedores de radiodifusión por satélite con anchuras de banda de unos 300 MHz. No obstante, en la práctica los problemas de atenuación y de absorción atmosférica de las señales radioeléctricas en la banda de 21 GHz se podrían superar, en función del sistema de alimentación de energía y las dimensiones del satélite, variando la potencia de transmisión conforme a la pluviosidad de cada región. Para ello se necesitan las siguientes mejoras técnicas:

- TWT de gran rendimiento, livianos y de alta potencia de salida,
- antenas espaciales sintéticas,
- tecnología sintética de alimentación de energía eléctrica,
- tecnología de control de la potencia de transmisión.

### 3.3.3 Televisión por cable (CATV)

En comparación con la transmisión analógica actual, la transmisión en tiempo real de señales HRI requiere las siguientes medidas para la CATV:

- utilización de sistemas multicanal,
- mejoramiento de la calidad de transmisión,
- empleo de mayores velocidades y de bandas más anchas,
- utilización de la tecnología digital y óptica.

El Cuadro 3 constituye un ejemplo de la combinación entre la anchura de banda y los niveles de modulación de cada grupo jerárquico de transmisión HRI en tiempo real.

CUADRO 3

**Anchura de banda y niveles de modulación para la transmisión HRI**

Jerarquía de transmisión HRI en tiempo real <sup>(1)</sup> (después de la compresión)	Combinación de anchura de banda y número de niveles de modulación
HRI-0 (50 Mbit/s)	12 MHz/MAQ-64
HRI-0 y 1 (65-130 Mbit/s)	24-36 MHz/MAQ-64 18 MHz/MAQ-256
HRI-2 y 3 (500 Mbit/s)	100 MHz/MAQ-256 (se requiere cable de fibra óptica)

<sup>(1)</sup> Véase el Cuadro 9 para la definición de jerarquía en tiempo real.

### 3.4 Tecnología del almacenamiento

#### 3.4.1 Magnetoscopios (VTR – videotape recorder)

A juzgar por los VTR de uso doméstico (8 mm, VHS), la tendencia tecnológica mostraría que en el año 2000 podría obtenerse una densidad de 1,0 a 2,5 bit/ $\mu\text{m}^2$ . El Cuadro 4 indica la superficie de grabación útil de cada tipo de casete existente en el mercado.

CUADRO 4

**Superficie de grabación de las cintas magnéticas en casete**

Cinta	Casete de 8 mm	Casete VHS
Cintas existentes en el mercado (anchura, longitud, espesor)	(8 mm, 106 m, 10 $\mu\text{m}$ )	(12,7 mm, 246 m, 19 $\mu\text{m}$ )
Cintas que aparecerán en el año 2000 (anchura, longitud, espesor)	(8 mm, 212 m, 5 $\mu\text{m}$ )	(12,7 mm, 467 m, 10 $\mu\text{m}$ )
Superficie de grabación efectiva de la cinta (90% de la anchura utilizada)	$1,52 \times 10^{12} \mu\text{m}^2$	$5,33 \times 10^{12} \mu\text{m}^2$

Para grabar las señales HRI en tiempo real se considera indispensable aplicar algún tipo de algoritmo de compresión a las señales de entrada. El Cuadro 5 muestra la capacidad de grabación estimada de cada tipo de VTR considerado.

De acuerdo con el Cuadro 5, se considera que para grabar una señal HRI-3 en tiempo real se requiere una relación de compresión superior a 1/60.

Los valores siguientes son estimaciones basadas en hipótesis que se derivan de la tendencia actual con respecto a la superficie de grabación. En la práctica, para realizar un grabador para cada nivel de la jerarquía HRI es necesario tener en cuenta otras consideraciones.

CUADRO 5

## Capacidad de grabación estimada de los magnetoscopios en el año 2000

Jerarquía HRI en tiempo real <sup>(1)</sup>	Velocidad binaria de la señal original (Gbit/s)	Tipo de casete	Imágenes en movimiento (h)			Imágenes fijas (número de páginas)
			Relación de compresión			Relación de compresión
			1/60	1/30	1/4	1/10
HRI-0 2 millones de pixels	2,5	8 mm VHS	8	4	0,5	$3 \times 10^5$
			27	14	2	$1 \times 10^6$
HRI-1 8 millones de pixels	10	8 mm VHS	2	1	0,1	$7 \times 10^4$
			7	3	0,5	$3 \times 10^5$
HRI-2 19 millones de pixels	40	8 mm VHS	0,5	0,2	0,03	$2 \times 10^4$
			2	0,9	0,11	$6 \times 10^4$
HRI-3 33 millones de pixels	72	8 mm VHS	0,3	0,1	0,02	$1 \times 10^4$
			1,0	0,5	0,06	$3 \times 10^4$

<sup>(1)</sup> Véase el Cuadro 9 para la definición de jerarquía en tiempo real.

### 3.4.2 Discos

La tendencia tecnológica, a juzgar por los discos actuales, sugiere que hasta el año 2000 cabría esperar un aumento de 4 a 9 veces de la capacidad de grabación en comparación con la actual. El Cuadro 6 indica la capacidad de grabación de cada tamaño de disco existente actualmente en el mercado.

CUADRO 6

## Capacidad de grabación posible en el año 2000

Medio de almacenamiento	Tamaño (mm)	Capacidad de grabación (Mbytes)
MD	64	600-1 350
CD-ROM	120	2 720-6 120
LD	300	18 200-41 000

Para grabar las señales HRI en tiempo real se considera indispensable aplicar algún tipo de algoritmo de compresión a las señales de entrada. El Cuadro 7 muestra la capacidad de grabación estimada de cada formato de disco considerado.

CUADRO 7

## Capacidad de grabación estimada de los discos vídeo en el año 2000

Jerarquía HRI en tiempo real <sup>(1)</sup>	Velocidad binaria de la señal original (Gbit/s)	Medio de almacenamiento	Imágenes en movimiento (h)			Imágenes fijas (número de páginas)
			Relación de compresión			Relación de compresión
			1/60	1/30	1/4	1/10
HRI-0 2 millones de pixels	2,5	MD	0,06	0,03	–	$2 \times 10^3$
		CD-ROM	0,3	0,1	0,02	$9 \times 10^3$
		LD	1,7	0,8	0,1	$6 \times 10^4$
HRI-1 8 millones de pixels	10	MD	0,01	0,01	–	$5 \times 10^2$
		CD-ROM	0,06	0,03	–	$2 \times 10^3$
		LD	0,4	0,2	0,03	$2 \times 10^4$
HRI-2 19 millones de pixels	40	MD	–	–	–	$1 \times 10^2$
		CD-ROM	0,02	0,01	–	$6 \times 10^2$
		LD	0,1	0,05	0,01	$4 \times 10^3$
HRI-3 33 millones de pixels	72	MD	–	–	–	$7 \times 10$
		CD-ROM	0,01	–	–	$3 \times 10^2$
		LD	0,06	0,03	–	$2 \times 10^3$

El Cuadro 7 muestra que la capacidad de grabación prevista representa una mejora tecnológica de 9 veces en comparación con el nivel actual. En este Cuadro se observa que, para las imágenes en movimiento, una relación de compresión de 1/30 en HRI-1 y HRI-2 reduciría demasiado el tiempo de grabación, mientras que una rotación de compresión de 1/60 arrojará un tiempo de grabación cercano al del LD actual con grabación analógica.

### 3.5 Tecnología de codificación y tratamiento de imágenes

Las imágenes de ultradefinición de las señales HRI en tiempo real conllevan una enorme cantidad de información. Para mantener una elevada calidad de imagen con una reducción efectiva y económica de la velocidad binaria hasta el punto correspondiente a las características de la transmisión y de los medios de almacenamiento, es esencial elaborar un algoritmo de alta eficacia y una tecnología de procesamiento de la señal más rápida para la codificación y decodificación. En esta sección se analiza la posibilidad de establecer un algoritmo de codificación para señales HRI en tiempo real de acuerdo con los estudios de la tecnología de codificación efectuados por el UIT-T, la Organización Internacional de Normalización (ISO)/Comisión Electrotécnica Internacional (CEI) y otras organizaciones de normalización.

El Cuadro 8 muestra la magnitud de la contribución, con respecto al grado de reducción de la velocidad binaria total obtenida, de cada tecnología funcional o cada elemento de algoritmo disponible en la actualidad.



CUADRO 8

**Eficacia de la compresión de cada elemento del algoritmo**

Compresión en el dominio de la frecuencia: Transformada de coseno discreta	5-10
Compresión en el dominio del tiempo: Compensación de movimiento	2-3
Compresión en función de las características estadísticas de los datos: Codificación de longitud variable	1,3-1,5
Relación de compresión medida	15-30

El Cuadro 9 muestra la relación de compresión requerida para la transmisión de cada imagen HRI en tiempo real.

CUADRO 9

**Relación de compresión requerida para la transmisión**

Jerarquía de la imagen	H. 26X/ MPEG-2	HRI-0 en tiempo real	HRI-1 en tiempo real	HRI-2 en tiempo real	HRI-3 en tiempo real
Número de pixels efectivos	720 × 483	1 920 × 1 080	3 840 × 2 160	5 760 × 3 240	7 680 × 4 320
Relación de frecuencia de muestreo	4:2:2	4:2:2	4:2:2	4:4:4	4:4:4
Gradación (diferencia de color, luminancia) (bits)	8	10	10	12	12
Frecuencia cuadros/s	30	60	60	60	60
Velocidad binaria de la señal de origen (Gbit/s)	0,216	2,5	10	40	72
Relación de transmisión (Mbit/s)	5-10	60-80	100-150	150-600	150-600
Relación de compresión	20-40	30-40	70-100	70-270	120-480

El valor marginal de la relación de compresión para el cual los espectadores rara vez percibirán una degradación de la calidad de la imagen después de la distribución secundaria será de 15 a 30, como se ve en el Cuadro 9. Será posible una reducción adicional de las velocidades binarias utilizando las características de la sensibilidad visual humana o un filtrado. Por tanto, se considera posible obtener una calidad de distribución secundaria con compresiones de hasta 1/25 a 1/50. Sin embargo, en lo atinente a la calidad de imagen en el nivel de contribución, una relación de compresión cercana a 1/6 sería el límite.

En el caso del nivel más elevado de la jerarquía, es necesaria una relación de compresión de 300 a 500. Para obtener este nivel de compresión se requieren nuevas soluciones. Una posible solución sería la codificación basada en el conocimiento, que aún se encuentra en la etapa de investigación.

El Cuadro 10 resume la disponibilidad, en términos de tiempo, de los dispositivos fundamentales que se requieren para el tratamiento de las señales HRI en tiempo real.

Los elementos considerados en las líneas correspondientes al codificador y decodificador del Cuadro 10 se basan en la realización mediante un solo chip. Puede ser posible también elaborar soportes físicos de múltiples chips con configuraciones de procesamiento paralelas. Este método hace más sencilla la realización del soporte físico.

CUADRO 10

## Dispositivos de tratamiento de señales HRI en tiempo real y su disponibilidad

Elemento en estudio	HRI-0 en tiempo real	HRI-1 en tiempo real	HRI-2 en tiempo real	HRI-3 en tiempo real
Convertidor A/D	Producción masiva posible en 1994 ó 1995	Puede ser posible Realización prevista alrededor de 1997	Difícil con la tecnología actual Se requieren nuevas soluciones	Se requieren nuevas soluciones
Convertidor D/A	Producción masiva posible	Nivel de producción experimental Sin problemas	Puede ser posible Realización prevista alrededor de 1997	Puede ser posible Realización prevista alrededor de 2000
Frecuencia de muestreo máxima requerida	150 MHz aproximadamente	500 MHz aproximadamente	1,2 GHz aproximadamente	2,0 GHz aproximadamente
Capacidad de la memoria de cuadro (por cuadro)	Producción masiva posible Sin problemas 40 Mbits	Nivel de producción experimental Sin problemas 165 Mbits	Puede ser posible Realización prevista alrededor de 2000 670 Mbits	Puede ser posible Realización prevista alrededor de 2003 1,2 Gbits
Procesamiento mediante LSI e integración	Posible 0,5 $\mu\text{m}$	Puede ser posible 0,35 $\mu\text{m}$ En fase de producción experimental	Puede ser posible 0,25 $\mu\text{m}$ Realización prevista alrededor de 2000	Puede ser posible 0,15 $\mu\text{m}$ Realización prevista alrededor de 2003
Lógica del codificador LSI (1 chip )  DSP (1 chip )	6 millones de transistores  Posible  Puede ser posible (como chip VLSI de aplicación especial)	12 millones de transistores  Posible. (Se requiere una nueva arquitectura)  Casi imposible. Se requieren nuevas soluciones	30 millones de transistores  Casi imposible Se requieren nuevas soluciones  Se requieren nuevas soluciones	100 millones de transistores  Se requieren nuevas soluciones  Se requieren nuevas soluciones
Lógica del decodificador LSI (1 chip )  DSP (1 chip )	2 millones de transistores  Posible  Puede ser posible (como chip VLSI de aplicación especial)	5 millones de transistores  Puede ser posible  Puede ser posible (como chip VLSI de aplicación especial)	12 millones de transistores  Puede ser posible. (Se requiere una nueva arquitectura)  Casi imposible Se requieren nuevas soluciones	30 millones de transistores  Casi imposible Se requieren nuevas soluciones  Se requieren nuevas soluciones

LSI: Circuito con integración a gran escala

DSP: Procesador de señales digitales

## 4 Parámetros

CUADRO 11

### Conjunto de parámetros de las imágenes de muy alta resolución

Parámetro	Valores
Formato de la pantalla	4:3 y/o 16:9 son los tamaños básicos, pero también se pueden adoptar otros valores teniendo en cuenta diversas aplicaciones
Resolución espacial	Teniendo en cuenta la compatibilidad del computador, es preferible $1920 \times 1080$ y/o su múltiplo entero en las pantallas 16:9 para obtener un pixel cuadrado
Resolución temporal	Con respecto al sistema de exploración, se debe adoptar la exploración progresiva pues presenta caracteres y figuras con franjas laterales y permite también una codificación de imagen más sencilla que los sistemas de exploración entrelazada. Cabe señalar que una resolución espacial mayor requiere generalmente una resolución temporal mayor. Durante cierto tiempo será adecuado un sistema de 60 cuadros/s aproximadamente con exploración progresiva
Gradación	Para imágenes en movimiento es esencial 8 bits, y para imágenes fijas 10 bits. Puede ser necesaria una gradación de 12 bits para atender a manipulaciones de señales complejas como la composición de imágenes, edición vídeo y usos secundarios
Colorimetría	Al parecer la colorimetría descrita en la Recomendación UIT-R BT.709 será adecuada durante algún tiempo, pero podría ser necesario un nuevo método que permita obtener una gama de reproducción de colores más amplia