

## RECOMENDACIÓN UIT-R BT.1438

## EVALUACIÓN SUBJETIVA DE LAS IMÁGENES DE TELEVISIÓN ESTEREOSCÓPICA

(Cuestión UIT-R 234/11)

(2000)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

*considerando*

- a) que se están realizando estudios para desarrollar la televisión estereoscópica como un potencial futuro servicio de radiodifusión;
- b) que a los efectos de la televisión estereoscópica, basada en dos señales, el canal del ojo izquierdo y el canal del ojo derecho respectivamente, se ha adoptado la Recomendación UIT-R BT.1198;
- c) que la evaluación subjetiva es un elemento vital en el diseño e introducción de los sistemas de televisión estereoscópica;
- d) que las condiciones de filmación, de visualización y el tipo de pantalla pueden influir sobre la fatiga del observador;
- e) que deberían establecerse condiciones de evaluación comunes adecuadas para los sistemas de televisión estereoscópica; que estas condiciones deberían incluir los métodos de evaluación, las condiciones de filmación, las condiciones de visualización, así como los materiales de prueba a utilizar en la evaluación y en los métodos de cribado para asegurar que los observadores tienen una percepción de profundidad normal,

*recomienda*

que se utilicen las condiciones descritas a continuación para la evaluación subjetiva de sistemas de televisión estereoscópica.

## 1 Factores de evaluación

Los factores de evaluación que normalmente se aplican a las imágenes de televisión monoscópica tales como resolución, representación del color, representación del movimiento, calidad general, nitidez de perfiles, profundidad, etc. pueden también aplicarse a los sistemas de televisión estereoscópica. Además, existen numerosos factores que son específicos de los sistemas de televisión estereoscópica. Aunque algunos de ellos se enumeran a continuación, es necesario realizar estudios adicionales para identificar otros y para establecer las definiciones físicas.

- *Resolución en profundidad*  
Resolución espacial en profundidad. Una resolución reducida en profundidad puede reducir la calidad de la imagen de la televisión estereoscópica.
- *Movimiento en profundidad*  
Factor que establece si el movimiento en el sentido de la profundidad se reproduce sin discontinuidades.
- *Efecto teatro de marionetas*  
Describe un tipo de distorsión en imágenes 3-D. A veces, los objetos estereoscópicos se perciben como anormalmente grandes o pequeños.
- *Efecto papel de cartón*  
Describe otro tipo de distorsión en la reproducción de imágenes 3-D. Las posiciones 3-D de objetos estereoscópicos se perciben de manera estereoscópica, pero éstos se parecen ser anormalmente delgados.

## 2 Métodos de evaluación

Los métodos que se describen en la Recomendación UIT-R BT.500 pueden utilizarse para evaluar la calidad general de imagen de los sistemas estereoscópicos, así como la nitidez y profundidad de la imagen (véase el Anexo 2). Si se dispone de una imagen de referencia, puede utilizarse el método de escala de calidad continua de doble estímulo o el método de escala de degradación de doble estímulo. Constituyen ejemplos de ello la comparación de los sistemas de visualización,

la evaluación de la calidad de los sistemas de codificación y otros. Si no se dispone de ninguna referencia, puede utilizarse el método de juicio categórico para identificar los méritos de los sistemas estereoscópicos. Los métodos de evaluación de factores específicos de los sistemas de televisión estereoscópica requieren estudios adicionales.

### 3 Condiciones de visualización

Deben tenerse en cuenta dos factores principales que son específicos de la representación estereoscópica, a saber, el efecto del marco de visualización y la inconsistencia entre acomodación y convergencia.

Las imágenes estereoscópicas parecen poco naturales cuando los objetos que se encuentran delante de la pantalla se acercan al marco de la misma. Este efecto antinatural se denomina efecto marco. Este efecto se reduce normalmente con pantallas grandes debido a que los observadores son menos conscientes de la presencia del marco cuando la pantalla es grande.

El ojo humano se enfoca sobre un objeto en función de la distancia al mismo. Al mismo tiempo, también se controla el punto de convergencia (punto de enfoque o de visión) sobre el objeto. Por lo tanto, en nuestra vida cotidiana no existe inconsistencia entre acomodación y convergencia. Sin embargo, cuando visualizamos imágenes estereoscópicas, el punto focal (acomodación) se fija siempre en la pantalla, con independencia el punto de convergencia que se obtiene de la disparidad de las señales. Dicho de otra forma, el observador no enfoca claramente. Por lo tanto, en los sistemas estereoscópicos se presenta una inconsistencia entre acomodación y convergencia.

Es algo generalmente aceptado que el valor mínimo de profundidad de campo del ojo humano es de  $\pm 0,3 D$  (dioptrías; valor inverso de la distancia (m)) [Hiruma y Fukuda, 1990]. Ello significa que puede percibirse la imagen sin desenfoque cuando el objeto se encuentra situado en el margen de  $\pm 0,3 D$ . Cuando se visualiza la televisión estereoscópica, el punto de acomodación permanece fijo en la pantalla y, por tanto, las imágenes estereoscópicas deben visualizarse preferentemente dentro de dicha gama. Dado que los programas ordinarios de televisión incluyen imágenes a una distancia infinita (es decir,  $D = 0$ ), se considera que la gama deseable de profundidad que debe visualizarse con sistemas estereoscópicos se encuentra en el rango de 0 a  $0,6 D$ . Por lo tanto, se considera que la distancia de visualización óptima es  $0,3 D$ , es decir, 3,3 m.

Los parámetros de la cámara (separación de la cámara, ángulo de convergencia de la cámara, longitud focal de las lentes), la resolución del sistema y el efecto marco se deben tener en cuenta para determinar las condiciones de visualización (tamaño de la pantalla). En el caso de TVAD, cuando se mira a la distancia de visualización normalizada de  $3 H$  ( $H$  es la altura de la pantalla), la distancia de 3,3 m. corresponde a una pantalla de 90 pulgadas (229 cm). En el caso de la televisión definición convencional (TVDC), cuando la distancia de visualización es la normalizada de  $6 H$ , dicha distancia se corresponde con una pantalla de 36 pulgadas (91 cm). Utilizando un sistema de TVAD estereoscópico se realizó una evaluación subjetiva de la relación entre el tamaño de la pantalla y la percepción de profundidad, resultando que la percepción de profundidad más natural se obtuvo con una pantalla de 120 pulgadas (305 cm), que se corresponde con una distancia de visualización de  $2,2 H$  [Yamanoue y otros, 1997].

### 4 Observadores

Los observadores deben gozar de una visión de agudeza normal (véase la Recomendación UIT-R BT.500). Además, deben tener una estereopsis normal. Para verificar la estereopsis, puede utilizarse el material de prueba que figura en el Anexo 1.

### 5 Materiales de prueba

En el Anexo 1 se enumeran el material de prueba utilizado con los observadores así como las secuencias estáticas o en movimiento de escenas naturales.

Los efectos en 3-D que se consiguen con las imágenes estereoscópicas dependen en gran medida de las condiciones de filmación, tales como la separación entre cámaras, el ángulo de convergencia de las cámaras y la longitud focal de las lentes. Las secuencias en movimiento fueron filmadas con una separación entre cámaras de 65 mm, que se corresponde con la separación media entre ojos, y la mayoría de ellas fueron producidas en condiciones de cámara no cruzada, lo cual permite disponer de condiciones ortoestereoscópicas [Yamanoue y otros, 1998].

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- HIRUMA, N. y FUKUDA, T. [diciembre de 1990] Accomodation response to binocular stereoscopic TV images and their viewing conditions. *J. SMPTE*, 102, **12**, p. 2047-2054.
- YAMANOUE, H. y otros [octubre de 1997] Subjective study on the orthostereoscopic conditions for 3-D HDTV. ITE Tech. Report, Vol. 21, **63**, p. 7-12.
- YAMANOUE, H. y otros [1998] Orthostereoscopic conditions for 3-D HDTV. *Proc. SPIE*, 3295, *Stereoscopic displays and Applications IV*.

## ANEXO 1

**Material de pruebas para la evaluación subjetiva de imágenes de televisión estereoscópica****1 Prueba de visión**

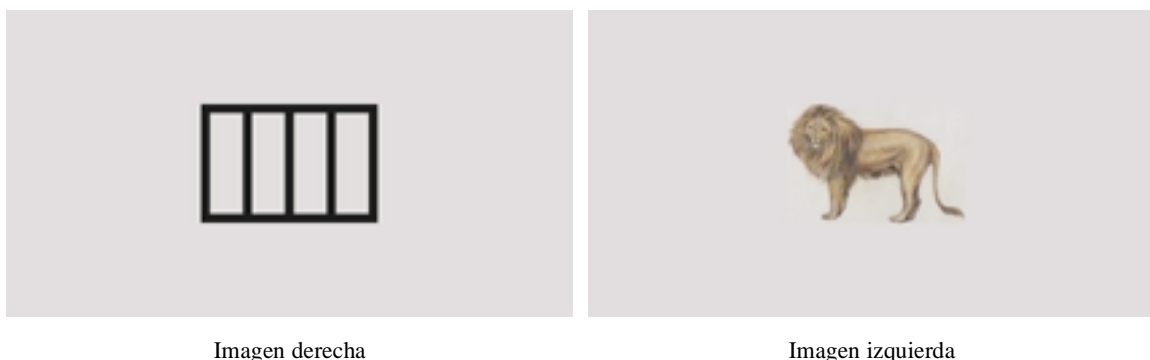
En el Cuadro 2 se enumeran las cartas o diagramas de prueba para las pruebas de visión. Las 12 cartas se han seleccionado de acuerdo a la jerarquía del sistema visual humano, desde los niveles inferiores a los superiores. Se describen a continuación ocho pruebas de visión (VT, *vision tests*) principales, quedando las otras cuatro para pruebas clínicas. Los observadores deben tener una estereopsis normal, es decir, deben haber superado la prueba VT-04 para la estereopsis fina y VT-07 para la estereopsis dinámica. Las seis pruebas restantes sirven para una caracterización más detallada. Las cartas de prueba deben ser visionadas a una distancia igual a tres veces la altura de la pantalla de visualización ( $3H$ ).

Las imágenes en miniatura situadas a derecha e izquierda se colocan una junto a otra con fines explicativos para una fusión sin cruce.

a) *VT-01*: Percepción simultánea (prueba del león)

Prueba la capacidad de percibir simultáneamente imágenes presentadas dicópticamente y en la posición correcta. Se presenta la imagen de una jaula en un ojo y la de un león en el otro, cuya posición se desplaza a razón de  $12^\circ/s$ . El tamaño de cada imagen se fija a  $10^\circ$ , de tal forma que los observadores pueden capturar las imágenes en sus paramáculas. Los observadores con una visión normal pueden ver al león dentro de la jaula durante un cierto tiempo del periodo de presentación.

FIGURA 1

**Diagrama de prueba para VT-01**

## b) VT-02: Fusión binocular (prueba de los 4 puntos de Worth)

Prueba de la capacidad de percibir dos imágenes dicópticas en los ojos izquierdo y derecho como una sola imagen. La imagen para un ojo tiene dos puntos y la del otro ojo tiene tres puntos, con un punto común. Los observadores con una visión normal ven 4 puntos.

FIGURA 2

## Diagrama de prueba para VT-02



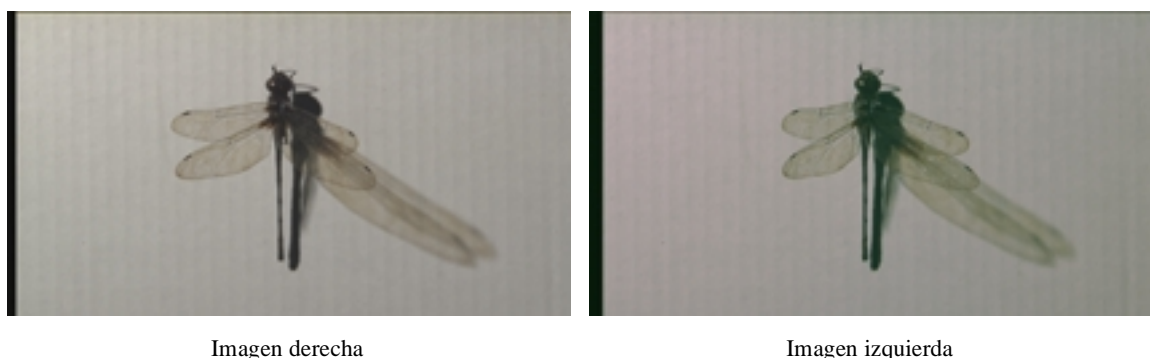
1438-02

## c) VT-03: Estereopsis gruesa (prueba de la libélula)

Prueba de la capacidad de percibir imágenes que se presentan de forma dicóptica con un cierto paralaje como una sola imagen con una profundidad considerable. Las imágenes para ambos ojos son una estereopareja de imágenes de una libélula con sus alas extendidas. Los observadores con una visión normal perciben las alas delante de la pantalla de visualización.

FIGURA 3

## Diagrama de prueba para VT-03



1438-03

## d) VT-04: Estereopsis de detalle (prueba del círculo)

Prueba la capacidad de percibir imágenes que se presentan de forma dicóptica con un cierto paralaje como una sola imagen con una profundidad reducida. Se presentan nueve romboides de prueba, cada uno de los cuales tiene cuatro círculos, y sólo uno de los círculos tiene un pequeño paralelaje. Los observadores con visión normal pueden percibir el círculo con el pequeño paralelaje delante de la pantalla de visualización. El Cuadro 1 muestra el número de prueba, las respuestas correctas y el ángulo de estereopsis a 3 H.

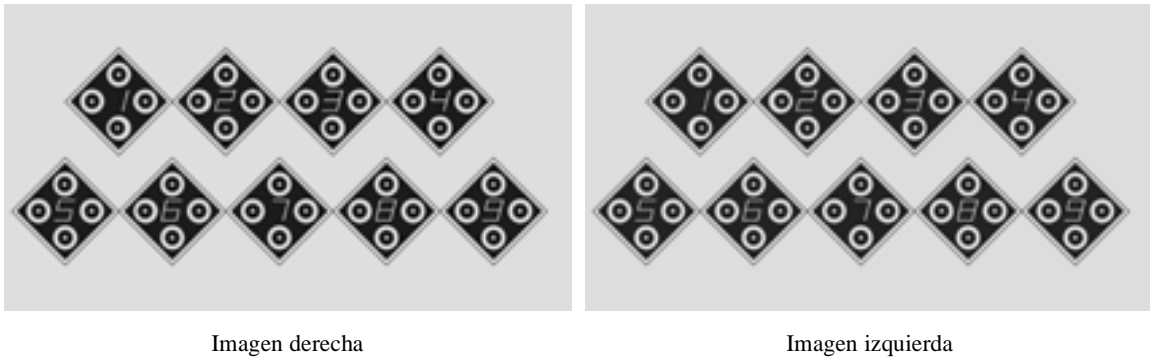
CUADRO 1

Respuestas correctas y paralelaje

Número de prueba	Repuesta correcta	Ángulo de estereopsis a 3 H (")
1	Abajo	480
2	Izquierda	420
3	Abajo	360
4	Arriba	300
5	Arriba	240
6	Izquierda	180
7	Derecha	120
8	Izquierda	60
9	-	0

FIGURA 4

Diagrama de prueba para VT-04



1438-04

e) VT-05: Límite de fusión cruzada (prueba de la barra)

Prueba la capacidad de percibir imágenes que se presentan de forma dicóptica con disparidades cruzadas como una sola imagen. Se presenta una estereopareja de barras cuyo paralelaje varía a razón de 10%/s. Pueden medirse los límites de fusión de las series ascendentes y descendentes. Se pide a los observadores que informen del momento en que detectan la ruptura de fusión, es decir, tan pronto como perciben imágenes dobles en las series ascendentes, así como de la recuperación de la fusión, es decir, tan pronto como perciben las imágenes dicópticas como una imagen única en las series descendentes.

FIGURA 5

Diagrama de prueba para VT-05



1438-05

## f) VT-06: Límite de fusión sin cruce (prueba de la barra)

Prueba la capacidad de percibir imágenes presentadas de forma dicóptica con disparidades no cruzadas como una sola imagen. Las imágenes que se presentan son las mismas que en el caso cruzado anterior, pero se invierten las imágenes derecha e izquierda.

FIGURA 6

## Diagrama de prueba para VT-06



Imagen derecha

Imagen izquierda

1438-06

## g) VT-07: Estereopsis dinámica (prueba del estereograma de puntos aleatorios dinámicos)

Prueba la capacidad de percibir la profundidad en imágenes de un estereograma de puntos aleatorios en movimiento. Los observadores con visión normal pueden percibir una forma rectangular y un movimiento sinusoidal en profundidad en el estereograma de puntos aleatorios dinámicos.

FIGURA 7

## Diagrama de prueba para VT-07

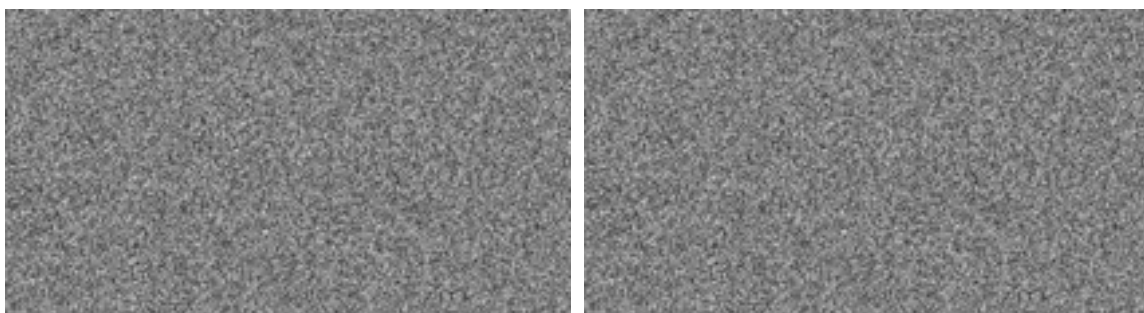


Imagen derecha

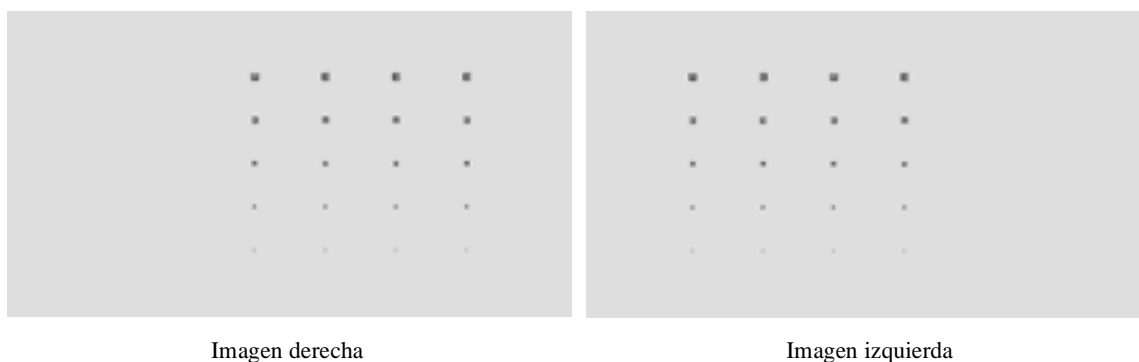
Imagen izquierda

1438-07

## h) VT-08: Agudeza binocular (prueba de agudeza)

Prueba la agudeza binocular con fusión binocular, incluyendo cualquier asimetría de la agudeza monocular que pueda impedir una estereopsis adecuada. Las imágenes tienen cuatro columnas y cinco líneas que consisten en caracteres E con diversas orientaciones y tamaños. Las dos columnas centrales pueden verse con ambos ojos; las dos columnas de la izquierda sólo pueden verse con el ojo izquierdo y las dos columnas de la derecha sólo pueden verse con el ojo derecho. Los observadores con una visión normal pueden decir cual es la orientación correcta de los caracteres E. Los tamaños de los caracteres se corresponden con agudezas de 1,0, 0,5, 0,33, 0,25 y 0,125 a 3 H.

FIGURA 8  
Diagrama de prueba para VT-08



1438-08

## 2 Imágenes naturales

Las imágenes naturales constan de 15 imágenes estáticas y 15 secuencias en movimiento, tal como se enumeran en los Cuadros 3 y 4. Algunas de ellas se ilustran en el Apéndice 1. Cada imagen se imprime de izquierda a derecha como imagen izquierda, imagen derecha, imagen izquierda: la imagen 3-D puede obtenerse fusionando la pareja de la izquierda (ojos no cruzados) o la pareja de la derecha (ojos cruzados).

## 3 Utilización del material de las pruebas estereoscópicas

La utilización del material de prueba debe limitarse a los propósitos siguientes:

- Evaluación técnica, incluyendo:
  - investigación y desarrollo de equipos y sistemas,
  - prueba de equipos en el proceso de desarrollo y producción,
  - prueba de las condiciones de transmisión para radiodifusión y telecomunicaciones,
  - mantenimiento del equipo.
- Demostración, incluyendo:
  - presentaciones en conferencias técnicas y talleres,
  - presentación de la calidad y funcionalidad de equipos, excluidas las promociones comerciales.

NOTA 1 – La presentación de la secuencia en movimiento N.º 10, Fútbol, SÓLO está permitida en recintos de investigación tales como universidades, institutos de investigación y laboratorios de fabricantes, pero no en lugares públicos.

CUADRO 2

## Materiales para pruebas estereoscópicas – Pruebas de visión

N.º	Elemento	Prueba de	Contenido
1	Percepción simultánea	Capacidad de percibir imágenes presentadas simultáneamente de forma dicóptica y en su posición correcta	A un ojo se presenta una jaula y al otro un león
2	Fusión binocular	Capacidad de percibir dos imágenes dicópticas en los ojos izquierdo y derecho como una imagen	La imagen para un ojo tiene dos puntos y la del otro tres, con un punto en común
3	Estereopsis gruesa	Capacidad de percibir imágenes presentadas dicópticamente con cierto paralelaje como una sola imagen con una profundidad considerable	Las imágenes para los dos ojos son una estereopareja de imágenes de una libélula con sus alas extendidas
4	Estereopsis de precisión	Capacidad de percibir imágenes presentadas dicópticamente con cierto paralelaje como una sola imagen con una profundidad reducida	Nueve romboides cada uno con cuatro círculos, uno de los cuales tiene un pequeño paralelaje
5	Límite de fusión cruzada	Capacidad de percibir imágenes presentadas dicópticamente con disparidades cruzadas como una sola imagen	Una estereopareja de barras con paralelaje cruzado que varía a razón de 10'/s
6	Límite de fusión no cruzada	Capacidad de percibir imágenes presentadas dicópticamente con disparidades no cruzadas como una sola imagen	Una estereopareja de barras con paralelaje no cruzado que varía a razón de 11'/s
7	Estereopsis dinámica	Capacidad de percibir la profundidad en imágenes de un estereograma de puntos aleatorios en movimiento	Estereograma de puntos aleatorios dinámicos
8	Agudeza binocular	Agudeza binocular, incluyendo cualquier asimetría de la agudeza monocular que pueda impedir una buena estereopsis	Caracteres E con diversas de orientaciones y formas
9	Estrabismo horizontal	Desviación horizontal del ojo que el paciente no puede evitar	Líneas verticales y horizontales
10	Estrabismo vertical	Desviación vertical del ojo que el paciente no puede evitar	Líneas verticales y horizontales
11	Aniseikonia	Condición en la que la imagen ocular de un objeto visto por un ojo difiere en tamaño y forma respecto a como lo ve el otro ojo	La imagen izquierda consiste en caracteres [o y la derecha consiste en caracteres o], donde el carácter o tiene la misma posición en ambas
12	Cicloforia	Desviación de uno de los ojos alrededor del eje anteroposterior cuando se evita la fusión	La imagen izquierda consiste en la superficie de un reloj y la derecha en las manecillas del reloj marcando las seis en punto

NOTA 1 – Este material se ha grabado en formato VTR digital 1125/60/2:1 (véase la Recomendación UIT-R BT.709).

NOTA 2 – Este material puede obtenerse del Institute of Image Information and Television Engineers (ITE), 3-5-8 Shibakoen, Minato-ku, Tokio 105-0011, Japón. Tel.: +81-3-3432-4677, Fax: +81-3-3432-4675, e-mail: ite@ite.or.jp.



CUADRO 3

Material para pruebas estereoscópicas – Imágenes estáticas

N.º	Título	Contenido	Representativo de	Principales factores evaluados	Distorsión fundamental
1	Matices del otoño (Autumn tints)	Hojas otoñales rojas momiji a contra luz	Filmación en exteriores	Resolución estática y de profundidad	Ninguna
2	Matices del otoño y templo budista (Autumn tints and Buddhist temple)	Escena con hojas momiji rojas con luz directa y templo budista al fondo	Filmación en exteriores	Resolución estática y de profundidad	Ninguna
3	Atractivo kimono japonés en un templo budista (Attractive Japanese kimono in a Buddhist temple)	Mujer en kimono con un templo Daikakuji al fondo	Filmación en exteriores	Resolución estática y de profundidad	Ninguna
4	Hojas de otoño (Autumn leaves)	Mujer en kimono en un jardín japonés cubierto de hojas de otoño	Filmación en exteriores	Resolución estática y de profundidad	Ninguna
5	Cielo (Sky)	Escena de árboles con hojas con matices del otoño	Filmación en exteriores	Resolución estática y de profundidad	Ninguna
6	A la sombra de un árbol (Under the shade of a tree)	Mujer en una arboleda vestida con kimono	Filmación en exteriores	Resolución estática y de profundidad	Ninguna
7	Junto a los matices del otoño (By the side of the autumn tints)	Mujer en kimono y matices del otoño en un templo	Filmación en exteriores	Resolución estática y de profundidad	Ninguna
8	Jardín japonés (Japanese garden)	Jardín Eikando matizado por el otoño	Filmación en exteriores	Resolución estática y de profundidad	Ninguna
9	Belleza en kimono (Beauty in kimono)	Matices del otoño y mujer en kimono	Filmación en exteriores	Resolución estática y de profundidad	Ninguna
10	Escena 1 de ciudad (City scenery 1)	Edificio moderno y mujer	Filmación en exteriores	Resolución estática y de profundidad	Ninguna
11	Escena 2 de ciudad (City scenery 2)	Cascada artificial y mujer	Filmación en exteriores	Resolución estática y de profundidad	Ninguna
12	Escena 3 de ciudad (City scenery 3)	Paseo por un edificio y mujer	Filmación en exteriores	Resolución estática y de profundidad	Ninguna
13	En mi habitación 1 (In my room 1)	Mujer cómoda en su habitación	Producción de estudio	Resolución estática y de profundidad	Ninguna
14	En mi habitación 2 (In my room 2)	Mujer cómoda en su habitación	Producción de estudio	Resolución estática y de profundidad	Ninguna
15	Cenando (Dining)	Escena de una mujer cenando en una mesa	Producción de estudio	Resolución estática y de profundidad	Ninguna

NOTA 1 – Este material se ha grabado en formato VTR digital 1125/60/2:1 (véase la Recomendación UIT-R BT.709).

NOTA 2 – Todo el material está realizado en las condiciones de filmación siguientes: lente  $f = 75$  mm, película EPR70 mm, separación de cámara 60 mm, con una disposición de cámara no cruzada.

NOTA 3 – Este material puede obtenerse del Institute of Image Information and Television Engineers (ITE), 3-5-8 Shibakoen, Minato-ku, Tokio 105-0011, Japón. Tel.: +81-3-3432-4677, Fax: +81-3-3432-4675, e-mail: ite@ite.or.jp.

CUADRO 4

## Materiales para prueba estereoscópica – Secuencias en movimiento

N.º	Título	Contenido	Representativo de	Principales factores evaluados	Movimiento	Distancia focal (mm)	Distorsión fundamental
1	Jardín de tulipanes (Tulip garden)	Muchacha paseando por un jardín con tulipanes	Filmación en exteriores	Resolución estática y en profundidad	Lento	40	Ninguna*
2	Festival (Festival)	Templo portátil y tormenta de papel	Filmación en exteriores	Resolución estática y en profundidad	Lento	12	Ninguna*
3	Templos portátiles (Portable shrines)	Transporte de templos portátiles	Filmación en exteriores	Resolución estática y en profundidad	Panorámico lento	20	Ninguna*
4	Barcos cruzando (Crossing ships)	Barcos cruzando y público	Filmación en exteriores	Movimiento en profundidad	Panorámico lento	40	Ninguna*
5	Hojas rojas (Red leaves)	Mujer y hojas rojas	Filmación en exteriores	Movimiento en profundidad	Medio	12	Ninguna*
6	Jardines botánicos (Botanical gardens)	Cascada en jardín botánico	Filmación en exteriores	Ortoestereoscopia	Fijo	12	Ninguna*
7	Habitación de estar (Living room)	Mujer sentada en un sofá	Producción de estudio	Ortoestereoscopia	Fijo	12	Ninguna*
8	Almuerzo (A meal)	Gente almorzando en una mesa	Producción de estudio	Ortoestereoscopia	Fijo	12	Ninguna*
9	Parque de atracciones (Amusement park)	Muchachas jugando en un parque de atracciones	Filmación en exteriores	Movimiento en profundidad	Medio	12	Ninguna*
10	Fútbol (Football)	Partido de fútbol	Filmación en exteriores	Movimiento y resolución en profundidad	Medio	12	Ninguna*
11	Vocalista (A vocalist)	Vocalista en un auditorio	Producción de estudio	Ortoestereoscopia	Fijo	12	Ninguna*
12	Cromatismo (Chromakey)	Mujer y flores	Producción de estudio	Cromatismo	Fijo	12	Ninguna*
13	Maceta (Flower pot)	Muchacha y maceta	Filmación en exteriores	Movimiento en profundidad	Medio	12	Sí
14	Acuario (An aquarium)	Peces tropicales en un acuario	Filmación en exteriores	Movimiento en profundidad	Fijo	12	Sí
15	Jardín de flores (Flower garden)	Muchacha paseando en un jardín con flores	Filmación en exteriores	Movimiento y resolución en profundidad	Lento	12	Sí

NOTA 1 – Este material se ha grabado en formato VTR digital 1125/60/2:1 (véase la Recomendación UIT-R BT.709).

NOTA 2 – Todo el material señalado con \* está producido con una disposición de cámara no cruzada.

NOTA 3 – Separación de cámara 65 mm en todo el material.

NOTA 4 – Este material puede obtenerse del Institute of Image Information and Television Engineers (ITE), 3-5-8 Shibakoen, Minato-ku, Tokio 105-0011, Japón. Tel.: +81-3-3432-4677, Fax: +81-3-3432-4675, e-mail: ite@ite.or.jp.

APÉNDICE 1  
AL ANEXO 1

**Ejemplos de secuencias de movimiento natural**

FIGURA 9  
N.º 1 - Jardín de tulipanes  
(Tulip garden)



Imagen izquierda



Imagen derecha



Imagen izquierda

1438-09

FIGURA 10  
N.º 2 - Festival  
(Festival)



Imagen izquierda



Imagen derecha



Imagen izquierda

1438-10

FIGURA 11  
N.º 5 - Hojas rojas  
(Red leaves)



Imagen izquierda



Imagen derecha



Imagen izquierda

1438-11

FIGURA 12  
N.º 7 - Habitación de estar  
(Living room)



Imagen izquierda

Imagen derecha

Imagen izquierda

1438-12

## ANEXO 2

### Resultados experimentales utilizando el método de escala de calidad continua de doble estímulo (DSCQS, *double-stimulus continuous-quality scale*)

En este Anexo se documenta la aplicación del método para la evaluación subjetiva de imágenes. El método DSCQS se ha utilizado ampliamente y con éxito para evaluar la calidad de imagen subjetiva de imágenes monoscópicas. La experiencia ha demostrado que este método es igualmente adecuado para la evaluación de imágenes estereoscópicas y puede adaptarse fácilmente para medir otros atributos de la imagen además de la calidad, tales como la nitidez y profundidad percibida.

#### 1 Medida mediante el método DSCQS de la nitidez y profundidad percibidas

El método DSCQS se ha adaptado fácilmente a la medida de otros atributos además de la calidad subjetiva de la imagen. Ello se ha conseguido realizando cambios específicos en las instrucciones dadas a los observadores. Por ejemplo, el método se ha adaptado a medir la nitidez percibida y la impresión general de la profundidad de las secuencias de imágenes estereoscópicas. En cada sesión sólo se midió un atributo (la calidad subjetiva de imagen percibida, la nitidez percibida o la profundidad percibida).

#### 2 Estudio ilustrativo utilizando el método DSCQS con imágenes estereoscópicas

El método DSCQS se ha utilizado para medir la calidad subjetiva, la nitidez percibida y impresión general de profundidad de un conjunto de secuencias de imágenes estereoscópicas y monoscópicas. En el estudio ilustrativo, el objetivo era determinar si el procesamiento de un canal de una secuencia de imágenes estereoscópica afectaría a dichos atributos. A tal fin, la visión del ojo derecho de las secuencias de imágenes estereoscópicas se sometió a un filtrado paso bajo a tres niveles: no filtrado, resolución mitad y resolución de un cuarto. En las condiciones monoscópicas, ambos ojos observaban la imagen filtrada. Una revisión de la literatura científica [Julesz, 1971; Pastoor, 1991; Pastoor y otros, 1995; Perkins, 1992 y Berthold, 1997] inducía a esperar que el filtrado de un canal de una imagen estereoscópica tuviera un efecto mucho menor sobre los índices subjetivos que el filtrado de ambos canales, y que el índice subjetivo estuviera dominado por el canal no filtrado.

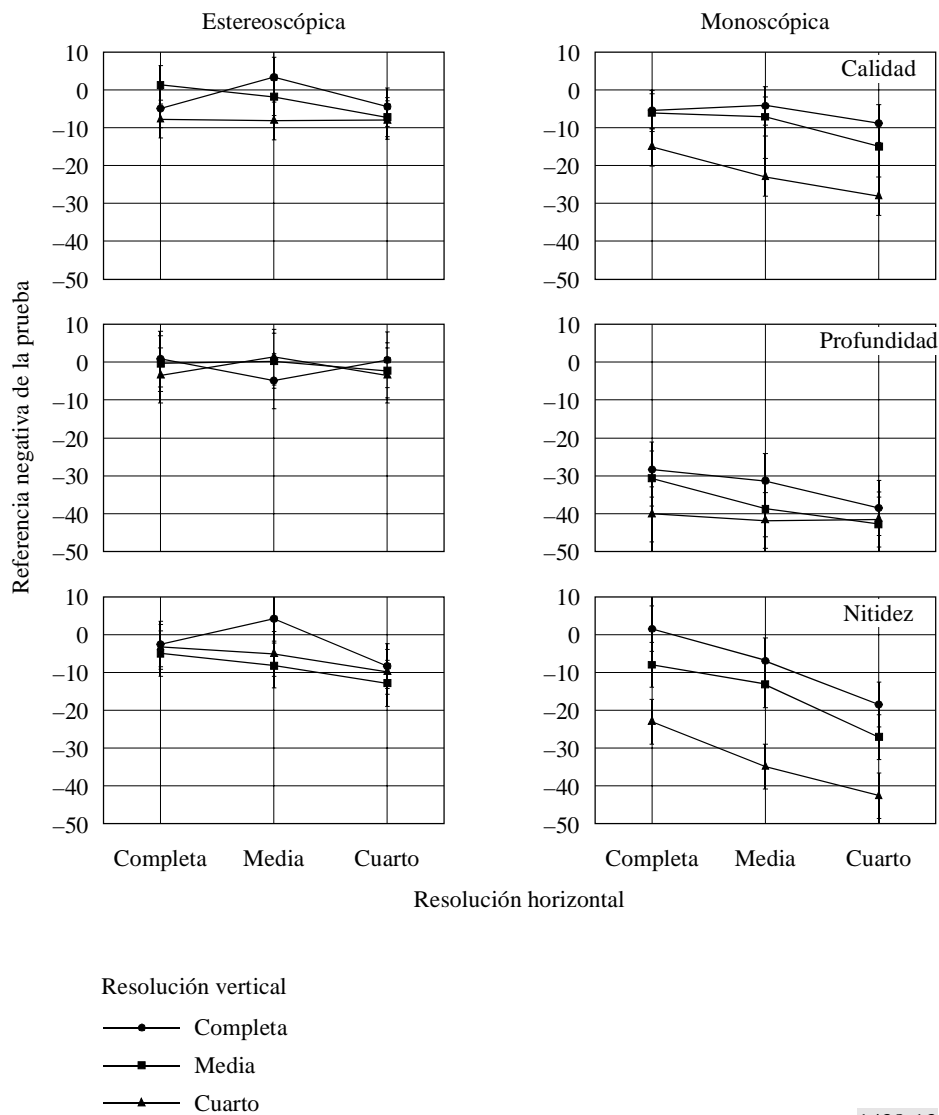
Las parejas de imágenes izquierda y derecha de una secuencia estereoscópica se visualizaron a 120 Hz utilizando un método secuencial en el tiempo, sobre una pantalla de visión directa de 29 pulgadas (74 cm) o sobre un retroproyector de 65 pulgadas (165 cm). Las imágenes de los ojos izquierdo y derecho fueron entrelazadas temporalmente y visualizadas en sincronía con la apertura y cierre de un par de cristales obturadores de cristal líquido Cristal Eyes fabricados por StereoGraphics. Los obturadores de cristal líquido tenían una transmitancia de aproximadamente el 30% y tiempos de

respuesta de 0,2 ms y 2,8 ms de cierre y apertura respectivamente. Ello significa que la cresta de luminancia hacia los ojos de los observadores era de 21 cd/m<sup>2</sup>, más tenue de lo esperado, pero la mejor que puede conseguirse con la tecnología disponible de visualización secuencial en el tiempo. La distancia de observación era 4 H. Entre las secuencias A y B se presentaba un campo gris de 10 cd/m<sup>2</sup>. Debe señalarse que cualquier método de visualización de imágenes estereoscópicas puede ser sustituido por el método secuencial en el tiempo sin que ello afecte al método DSCQS.

En la Fig. 13 se muestran los resultados de los experimentos. El eje Y indica la puntuación negativa de referencia de la prueba. Una puntuación cero indica que la secuencia de prueba fue puntuada igual que la secuencia de referencia estéreo no procesada. Una puntuación negativa significa que la secuencia de prueba fue puntuada más bajo que la secuencia de referencia.

FIGURA 13

**Resultados del estudio ilustrativo utilizando el método DSCQS**



1438-13

Los efectos del filtrado paso bajo son evidentes en la pendiente y en el desplazamiento vertical de las líneas. Tal como se esperaba, en condiciones monoscópicas (véanse los diagramas de la derecha de la Fig. 13), el filtrado paso bajo tiene un gran efecto en la puntuación de la nitidez y la calidad de la imagen. Las bajas puntuaciones recibidas en lo que a profundidad se refiere, se debieron a que en las secuencias de prueba monoscópicas sólo existían indicaciones monoculares relativas a la profundidad. Asimismo, y tal como se esperaba, en las condiciones estéreo (véanse los

diagramas de la izquierda de la Fig. 13), las tres dimensiones (calidad, profundidad y nitidez) recibieron una puntuación mayor que en las condiciones monoscópicas. El filtrado paso bajo de un canal de una pareja estéreo tiene un efecto despreciable sobre la profundidad percibida y efectos menores sobre la nitidez percibida y la calidad en general. Evidentemente, la gran cantidad de información de frecuencia espacial de la imagen no filtrada del ojo izquierdo compensaba la falta de dicha información en la imagen del ojo derecho.

El estudio ilustrativo y otros trabajos sobre secuencias de imágenes estereoscópicas utilizando el método DSCQS [Stelmach y Tam, 1998] permiten concluir que este método es una herramienta valiosa y útil para el estudio de imágenes estereoscópicas. El método puede adaptarse a la medición de otros aspectos de las secuencias de imágenes estereoscópicas tales como presencia, potencia y naturalidad.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERTHOLD, A. [1997] The influence of blur on the perceived quality and sensation of depth of 2D and stereo images. *ATR Human Information Processing Research Laboratories Technical Report*, TR-H-232, Kyoto, Japón.
- JULESZ, B. [1971] Foundations of Cyclopean Perception. *The University of Chicago Press*. Chicago, IL, Estados Unidos de América.
- PASTOOR, S. [1991] 3-D- television: A survey of recent research results on subjective requirements. *Signal Processing: Image Communication*, 4(1), p. 21-32.
- PASTOOR, S., WÖPKING, M., FOURNIER, J. Y ALPERT, T. [1995] Digital stereoscopic imaging & applications (DISTIMA): Human Factors Data. Deliverable ID: R2045/HHI/AT/DS/C/026/b1.
- PERKINS, M. G. [1992] Data compression of stereopairs. *IEEE Trans. on Comm.*, 40(4), p. 684-696.
- STELMACH, L. y TAM, W. J. [1998] Stereoscopic image coding: Effect of disparate image-quality in left- and right-eye views. *Signal Processing: Image Communication*, 14, p. 111-117.
-