



Secretaría de Estado de Telecomunicaciones
y para la Sociedad de la Información



Foro de la TV de Alta Definición

**“INFORME DE LAS EMISIONES EXPERIMENTALES EN TV
DE ALTA DEFINICIÓN”**

Versión V8

Elaborado por

**Grupo de Trabajo del Foro de la Televisión
de Alta Definición en España**

Coordinado por
AMETIC

Marzo del 2011

INDICE

1.	INTRODUCCIÓN	4
2.	AGRADECIMIENTOS	6
2..1.	Entidades responsables de las pruebas realizadas.	7
2..2.	Entidades participantes en las mismas.	7
2..3.	Entidades Colaboradoras.....	8
3.	MERCADO DE RECEPTORES	9
3..1.	Evolución de la tipología de los Descodificadores de TDT integrados en los televisores.....	14
3..2.	Mercado de Televisores (AD vs Total).....	15
3..3.	Penetración de la TVAD en los hogares Españoles.	16
4.	EXPERIENCIAS EN EUROPA	18
4..1.	Pruebas EBU HD (up to 2010).....	19
4..2.	Resultados	22
4..3.	Conclusiones.....	26
5.	PRUEBAS EN ESPAÑA.....	27
5..1.	Pruebas Radiodifundidas	28
5..2.	Pruebas de laboratorio.....	30
	Características técnicas de las pruebas	30
5..3.	Equipos utilizados en las pruebas.....	37
5..4.	Origen del material HD utilizado.	38
5..5.	Categorización del material HD utilizado.	38
5..6.	Formatos originales del material utilizado.....	40
5..7.	Formatos soporte del material HD recibido.....	40
5..8.	Parrilla de emisión, número de bucles diarios y duración de los mismos.	41
5..9.	Características del material emitido.....	42
5..10.	Velocidades de codificación de vídeo y audio.....	42
5..11.	Multiplexación estadística.....	42
5..12.	Estándares de codificación de vídeo y modelos de codificadores empleados.	43
5..13.	Estándares de codificación de audio.....	43
6.	EVALUACIÓN.....	44
6..1.	Evaluaciones de pruebas realizadas con expertos.....	45
	Parámetros objeto de la comparación.	45
	Metodología de evaluación.	45
	Número de asistentes, perfil de los mismos	46
	Valoración.....	46
6..2.	Evaluaciones de pruebas realizadas con usuarios.....	50
	Configuración de la muestra	50
	Modelos de formularios utilizados.....	51
	Parámetros objeto de la comparación.	51
	Metodología de evaluación.	51
	Número de asistentes, perfil de los mismos.	52
	Valoración.....	53
7.	CONCLUSIONES.....	55

7..1.	TÉCNICAS	56
7..2.	DE MERCADO.....	57
8.	ANEXO 1: BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS	59
9.	ANEXO 2: GLOSARIO.....	60

1. INTRODUCCIÓN

La aprobación del Plan Técnico Nacional de la Televisión Terrestre a mediados del año 2005, abrió definitivamente el proceso del mayor cambio de la Televisión en España desde el inicio de la misma en la década de los 50.

El objetivo básico del Plan Nacional de Transición a la Televisión Digital Terrestre, aprobado en Consejo de Ministros en su reunión del 7 de septiembre, era asegurar el pleno cese de emisiones de la televisión con tecnología analógica antes del 3 de abril de 2010, y su total sustitución por las emisiones basadas en tecnología digital.

La decisión adoptada por el Ministerio de Industria, promovida por la Secretaria de Estado de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información (SETSI), suponía un auténtico reto tecnológico y colocaba a España a la cabeza de los países europeos en el proceso de modernización de la red.

Para su desarrollo, la SETSI lanzó un procedimiento con la participación de todos los actores involucrados y creó una Comisión de Seguimiento del Desarrollo de la Televisión Digital Terrestre (TDT), cuyo objetivo era proponer las medidas necesarias para el relanzamiento de la Televisión Digital Terrestre y diseñar la estrategia global para el proceso de transición y de los mecanismos que permitan su seguimiento y control.

Posteriormente, en el año 2007, la SETSI decide crear el Foro de la Televisión de Alta Definición en España, cuyo principal objetivo es disponer de un lugar de encuentro de los agentes implicados, donde se puedan tratar las cuestiones técnicas y se impulsen iniciativas para el desarrollo e implantación de la Televisión de Alta Definición (TVAD).

Los objetivos fijados en el Plan Técnico se han conseguido puntualmente y en su totalidad en abril de este año 2010, pero la puesta en marcha de la TDT sólo es el inicio del desarrollo que supone explotar todas las ventajas que permite la tecnología digital en el campo de la Televisión.

El desarrollo de nuevos servicios de valor añadido, como pueden ser la Televisión de alta definición, la Televisión en tres dimensiones, la televisión interconectada o los nuevos contenidos que estos van a necesitar, es el reto al que hemos de enfrentarnos ahora.

Entre ellos, la TVAD es el más inmediato.

El objetivo de este documento es recoger los resultados de las diversas emisiones de TVAD, tanto regulares como experimentales que se están produciendo en España, resaltando aquellas cuestiones que resultan de mayor interés, tanto desde el punto de vista técnico, como de reacción del usuario ante ellas.

2. AGRADECIMIENTOS

Debemos expresar nuestro agradecimiento a todas las entidades, y personas que han colaborado en el desarrollo del Informe sobre las experiencias en TVAD, y que han prestado todo su apoyo, cediendo de manera totalmente altruista los conocimientos y datos derivados de las experiencias obtenidas con las pruebas realizadas, para un mejor desarrollo de la TVAD.

2..1. Entidades responsables de las pruebas realizadas.

La relación de entidades responsables de las pruebas de emisión realizadas en alta definición sobre TDT es:

1. **DIGITEA** – IB3 HD, ATV2 HD, 7RM HD, TV3 HD, TPA HD
2. **IMPULSA TDT (ABERTIS)** – TELECINCO, LA SEXTA, ANTENA3, SOGECABLE, VEO, FORTA
3. **Radio Televisión Española (RTVE)**
4. **Televisión Autonómica Valenciana (TVV)**
5. **Universidad Politécnica de Madrid (UPM)**

2..2. Entidades participantes en las mismas.

La relación de entidades que han realizado emisiones de alta definición en pruebas sobre TDT, y entidades que han participado en las mismas es:

CANALES:

1. **Antena 3**
2. Canal de televisión: **7 RM-HD**, del Ente Público Radiotelevisión de la Región de Murcia (RTRM)
3. Canal de televisión: **ATV2 HD**, del Ente Público Corporación Aragonesa de Radio y Televisión (CARTV).
4. Canal de televisión: **TPA HD**, del Ente Público Radiotelevisión del Principado de Asturias (RTPA).
5. Canal de televisión: **TV3 HD**, del Ente Público Corporació Catalana de Mitjans Audiovisuals (CCMA).
6. Canal de televisión: **IB3 HD** del Ente Público de Radiotelevisió de les Illes Balears
7. **Forta**
8. **La Sexta**
9. **Sogecable**
10. **Telecinco**
11. **Telemadrid**
12. Televisión Española: **RTVE**
13. **Televisión Autonómica Valenciana – Canal 9 HD.**
14. **Veo**

2..3. Entidades Colaboradoras.

15. **Abertis Telecom**
16. **Activa multimedia**
17. **AMETIC**
18. **Aranova**
19. **COTA**
20. **Hispasat**
21. **Impulsa TDT**
22. **ITA**
23. **Localia**
24. **Ministerio de Industria, Turismo y Comercio**
25. **UPM**

3. MERCADO DE RECEPTORES

La obligación y necesidad de elaborar un **Plan Nacional de Transición a la TDT** emana de lo dispuesto en el **Real Decreto 944/2005**, de 29 de julio, por el que se aprueba el **Plan Técnico Nacional de la Televisión Digital Terrestre [1]**.

El objetivo básico del Plan Nacional de Transición a la Televisión Digital Terrestre, aprobado en Consejo de Ministros en su reunión del 7 de septiembre de 2007, es asegurar el pleno cese de emisiones de la televisión con tecnología analógica antes del 3 de abril de 2010, y su total sustitución por las emisiones basadas en tecnología digital.

El mismo año que se aprueba el Plan Técnico Nacional de la Televisión Digital Terrestre se lanza un procedimiento con la participación de todos los actores involucrados y se crea una **Comisión de seguimiento del Desarrollo de la TDT** cuyo objetivo es proponer las medidas necesarias para el relanzamiento de la Televisión Digital Terrestre y diseñar la estrategia global para el proceso de transición y de los mecanismos que permitan su seguimiento y control.

En el año 2007, el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio decide crear el **Foro de la Televisión de Alta Definición en España**, cuyo principal objetivo es disponer de un lugar de encuentro de los agentes implicados, donde se puedan tratar las cuestiones técnicas y se impulsen iniciativas para el desarrollo e implantación de la TVAD.

Coincidiendo con esta iniciativa, la industria empieza a poner en el mercado Español receptores de televisión con sintonizador TDT y descodificadores capaces de reproducir la TDT en definición estándar y de alta definición.

La diferencia entre TVAD y TVDE (Televisión de Definición Estándar) radica en la mayor calidad de imagen que ofrece la primera, ya que además de contar con una mayor cantidad de detalle se ofrece en formato 16:9, lo que permite aumentar el realismo de las imágenes.

En la actualidad existen los siguientes formatos, para Televisión de Alta Definición:

	RESOLUCIÓN ESPACIAL	FORMATO	RESOLUCIÓN TEMPORAL	RELACIÓN HD/SD ESPACIAL	RELACIÓN HD/SD TEMPORAL
HD 720p	1280X720	Progresivo	50	2	2
HD 1080i	1920x1080	Entrelazado	25	5	1
HD 1080p	1920x1080	Progresivo	50	5	2

Los logotipos, definidos por DigitalEurope, utilizados en los **dispositivos de visualización**, ya sean monitores o televisores, para hacer referencia al formato de alta definición soportado son:



HD Ready - fue la primera en aparecer, y soporta formatos de vídeo 720p (1.280 × 720 píxeles) y 1080i (1.920 × 1.080 píxeles entrelazados), con relación de aspecto 16:9. Debe de tener una resolución de pantalla de al menos 1280 x 720 píxeles, si bien lo habitual es 1366 x 768, y una conexión analógica YPrPb y otra digital HDMI (High Definition Multimedia Interface).

HD Ready 1080p (también denominada True HD o FULL HD), soporta el formato de vídeo 1080p (1.920 x 1.080 píxeles con formato progresivo). Debe de tener una resolución de pantalla de al menos 1.920 x 1.080 píxeles, conexión analógica YPrPb y otra digital HDMI. Asimismo, debe ser capaz de reproducir el formato de vídeo soportado, sin que se produzcan deformaciones en la relación de aspecto.

Cabe destacar la existencia de nuevas tecnologías como la denominada Quad Full High Definition (QFHD), basada en 2160p (3.840×2.160 píxeles) y la Ultra High Definition (UHD) que tiene una resolución de 7.680 × 4.320 píxeles, si bien, ambas están en periodo de experimentación.

Para poder sintonizar las emisiones de TDT en Alta Definición, los dispositivos con el sello HD Ready y HD Ready 1080p, necesitan utilizarse junto con descodificador HDTV (High Definition Television) o HDTV 1080p.

Como se ha indicado anteriormente, podemos diferenciar entre descodificadores, ya sean integrados en el aparato de visualización o externos, en función de la señal de alta definición que son capaces de recibir y descodificar.

Así, disponemos de descodificadores HDTV que reciben y descodifican señales con resoluciones 720p y 1080i, y HDTV 1080p, que además de las anteriores señales, soporta 1080p.



A modo de resumen, se representa en las siguientes tablas la relación existente entre los logotipos, el equipo y sus funcionalidades:

<p>Decodificador (STB)</p> <p>Decodificador integrado (iDTV)</p>	 <p>Capaz de decodificar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • MPEG-4/AVC HP@L4 • MPEG-2 MP@HL • Audio: MPEG-1 Layer II, AC3 Plus/DD Plus <p>Capaz de visualizar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • HD 720p • HD 1080i 	 <p>Capaz de decodificar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • MPEG-4/AVC HP@L4 • MPEG-2 MP@HL • Audio: MPEG-1 Layer II, AC3 Plus/DD Plus, HE-AAC <p>Capaz de visualizar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • HD 720p • HD 1080i • HD 1080p
--	---	---

<p>Pantalla TV</p> <p>Pantalla iDTV</p>	 <p>Pantalla mayor o igual a 720 líneas</p> <p>Capaz de visualizar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • HD 720p • HD 1080i 	 <p>Pantalla mayor o igual a 1080 líneas</p> <p>Capaz de visualizar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • HD 720p • HD 1080i • HD 1080p
---	--	---

Para la reproducción de la señal en alta definición, la codificación se puede realizar mediante el estándar MPEG-2 que es un grupo de estándares de codificación de audio y vídeo, publicados como estándar ISO/IEC 13818 [2] o bien a través del estándar H.264/MPEG-4 AVC que es una evolución del anterior y que agrupa 27 partes en la norma ISO/IEC 14496 [3].

En la actualidad, en España se utiliza el formato MPEG-2 para transmisiones de definición estándar, utilizándose para alta definición el estándar H.264/MPEG-4 AVC que permite una mayor compresión de la señal.

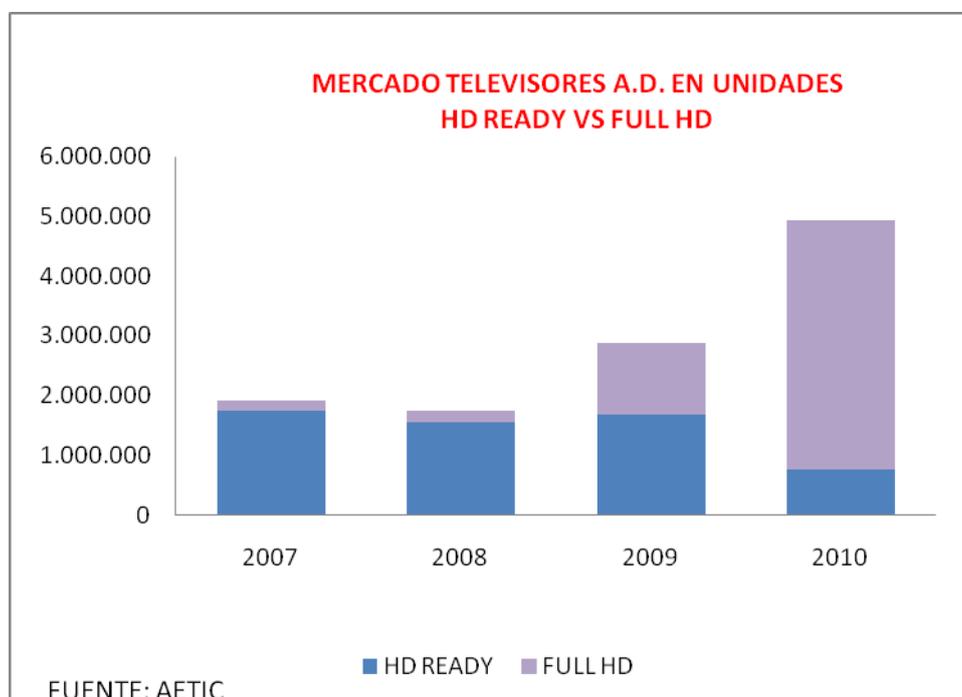
Con el comienzo de las emisiones de la TDT, se puso en el mercado un gran número de descodificadores externos al televisor, que estaban preparados para sintonizar la señal estándar.

Con el paso del tiempo, estos descodificadores se han ido integrando en el televisor, y han ido evolucionando paralelamente a la tecnología utilizada en la fabricación de los televisores, incorporando en un principio únicamente MPEG-2 en televisores HD Ready, hasta llegar a los actuales televisores HD Ready 1080p (FULL HD) que integran descodificadores capaces de recibir correctamente señales en ambos formatos: MPEG-2 y H.264/MPEG-4 AVC.

En 2007 solo el 9% de los televisores vendidos en España, con capacidad de reproducir en alta definición, eran HD Ready 1080p, siendo el 91% restante HD Ready.

Este porcentaje de dispositivos HD Ready 1080p vs HD Ready ha ido aumentando rápidamente a lo largo de los años siguientes pasando a ser el 20% en 2008 y el 60% en 2009.

En 2010, más del 75% de los televisores vendidos son HD Ready 1080p, y tan solo un 25% es HD Ready, que ha quedado únicamente para televisores integrados con pantallas inferiores a 21" de diagonal.



El incremento del mercado de TVAD producido en 2009 fue absorbido en su totalidad por televisores HD Ready 1080p.

Se aprecia una clara tendencia hacia la desaparición del mercado de HD Ready, en favor del HD Ready 1080p.

No obstante, hay que señalar que la resolución de la pantalla del televisor no siempre coincide con la resolución de la señal que le llega, por lo que hay que recurrir a un escalado de la imagen, que puede ser cuando la imagen tiene mayor definición que la pantalla, “downscaling”, o bien cuando la pantalla es la que tiene mayor resolución que la señal, “upscaling”. De esta labor se encarga un dispositivo conocido como “scaler”.

3..1. Evolución de la tipología de los Descodificadores de TDT integrados en los televisores.

Los descodificadores integrados en los receptores han sufrido la evolución lógica esperada, en la que poco a poco, el estándar H.264/MPEG-4 AVC se ha ido imponiendo al estándar MPEG-2.

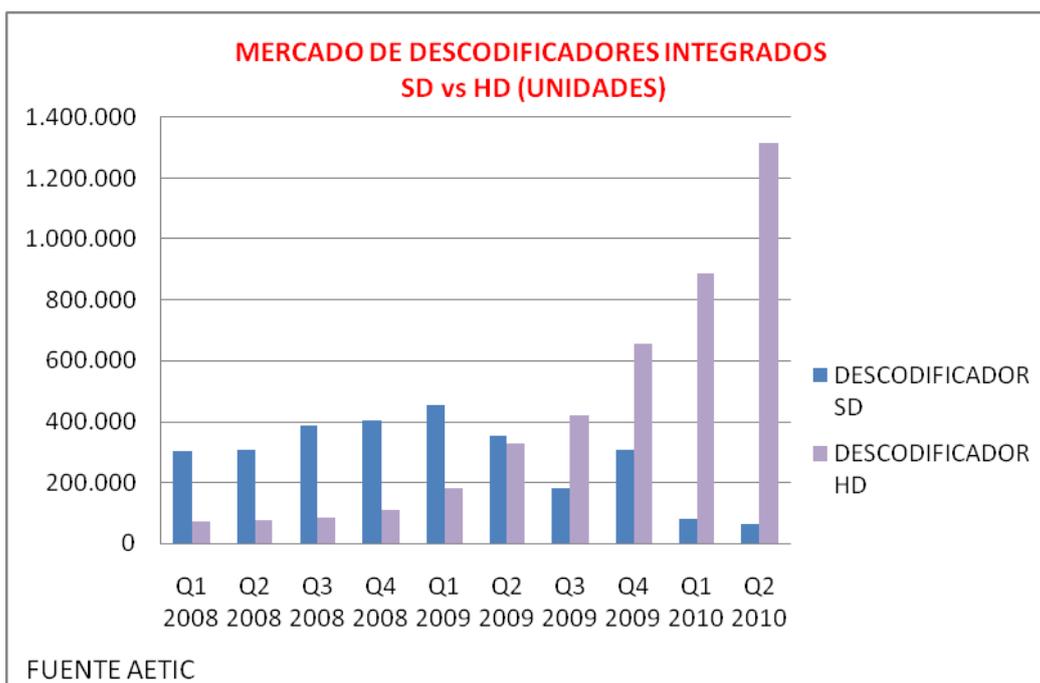
A lo largo del año 2008, el uso de los descodificadores de TDT SD integrados en los aparatos de televisión era superior a los HD.

No obstante, la mayoría de aparatos de TV puestos ese año en el mercado, carecía de descodificador para la TDT, por lo que tampoco estaban preparados para recibir la señal de alta definición.

Durante el año 2009 se aprecia un cambio en la tendencia, disminuyendo el uso de los descodificadores MPEG-2 en favor del uso de los descodificadores H.264/MPEG-4 AVC, que coincide en el tiempo con la irrupción en el mercado de la tecnología HD Ready 1080p.

En este año 2010, la mayor parte de los televisores puestos en el mercado español, ya estaban preparados para la alta definición, generalizándose el uso de descodificadores TDT de Alta Definición integrados en los receptores de televisión en detrimento de los descodificadores estándar.

El Real Decreto 691/2010, de 20 de mayo, por el que se regula la Televisión Digital Terrestre en Alta Definición [4], en su disposición adicional única apartado 1 señala lo siguiente: *“Los aparatos receptores de televisión digital terrestre, dotados de una pantalla con una diagonal visible igual o superior a 53 centímetros (21 pulgadas), que se pongan en el mercado español transcurrido el plazo de seis meses a contar desde la entrada en vigor de este real decreto, además de estar preparados para sintonizar las emisiones de televisión digital terrestre, deberán incorporar el sintonizador para las emisiones en alta definición con las especificaciones técnicas indicadas en este real decreto.”* Dicho plazo cumplió el 3 de diciembre de 2010.



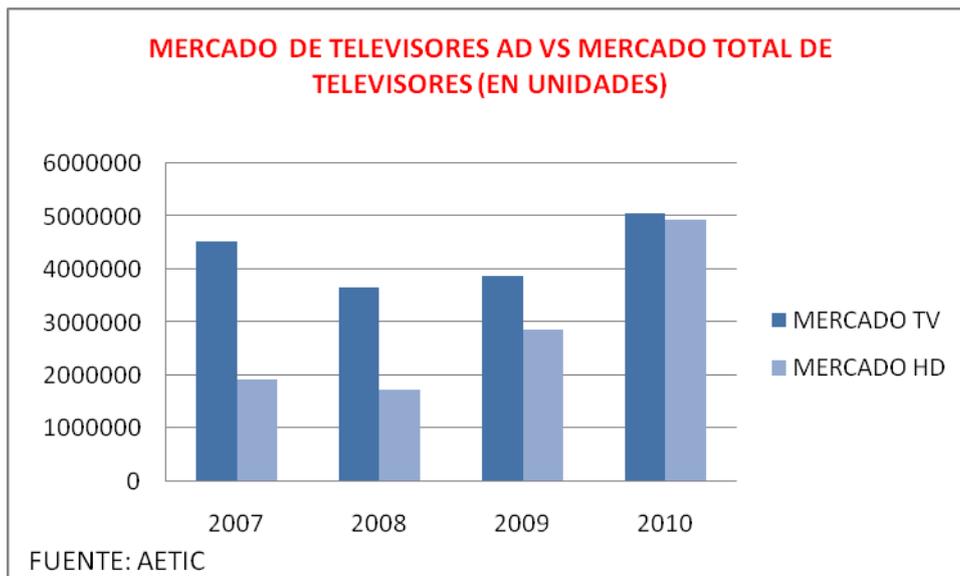
3.2. Mercado de Televisores (AD vs Total).

A escala nacional, se estima que el mercado de televisores preparados para la recepción de señal en alta definición, en diciembre de 2010, habrá crecido en tres años más de un 200%, habiéndose incrementado el número de televisores de TVAD en más de 10.000.000 unidades desde 2007.

Este incremento se debe principalmente a la percepción del usuario de un inminente cambio tecnológico, favorecido por la exitosa implantación de la TDT en todo el país, y a la selección de programas con gran audiencia, realizada por los radiodifusores, para sus pruebas en AD a lo largo de estos años.

En 2007 se vendieron en España un total de 4.518.342 televisores, de los que 1.900.000 estaban preparados para AD, lo que representa un total del 42%.

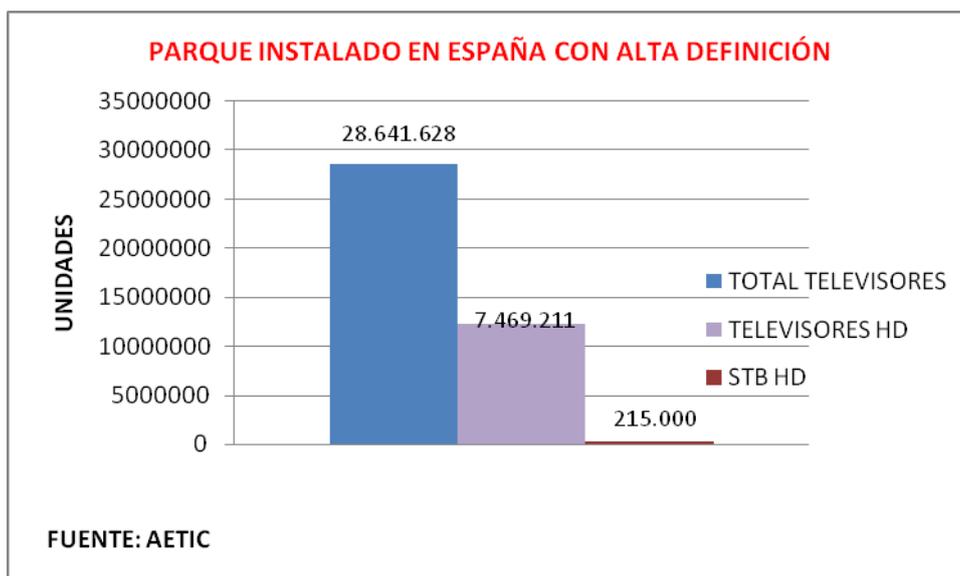
En 2008, el número de televisores de AD alcanzaba el 48% del total, cifra que se ha ido incrementando hasta alcanzar en 2010 el 98% del total de ventas.



3.3. Penetración de la TVAD en los hogares Españoles.

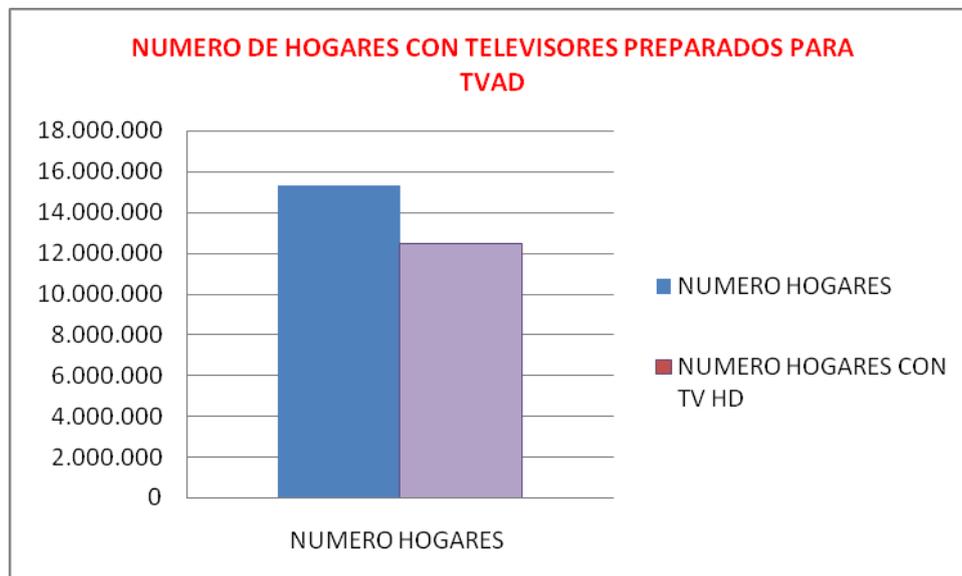
En la actualidad en España, existe un parque de televisiones instalado, superior a 28 millones de unidades, de los cuales, prácticamente un 27% están preparados de una u otra manera, para reproducir la señal de alta definición.

Se distingue entre televisores con descodificador integrado, y “Set Top Boxes” con descodificador de alta definición.



En España existen 15.303.137 viviendas, de las cuales 15.027.191 tienen algún receptor de televisión.

El 50,2% de estos hogares disponen de al menos un televisor preparado para la visualización de la TVAD.



4. EXPERIENCIAS EN EUROPA

4..1. Pruebas EBU HD (up to 2010)

La **Unión Europea de Radiodifusión (UER/EBU)** ha realizado en los últimos 5 años diversos trabajos relacionados con la TVAD. Aspectos como la retrocompatibilidad de entornos de producción, el impacto sobre las redes de difusión, la gestión de derechos y otros, han sido abordados por distintos grupos de trabajo. Para este documento se ha redactado un resumen ejecutivo de los trabajos sobre el impacto subjetivo en la calidad audiovisual producida por la alta definición que se ha centrado, con especial énfasis, en las repercusiones que tiene sobre la calidad final percibida el tándem **Formato de Imagen – Tasa Binaria de Compresión**, tanto para entornos de contribución como de difusión.

Las pruebas realizadas fueron las siguientes:

a) Pruebas de calidad multiformato (720p/50, 1080i/25, 1080p/50)

Las pruebas realizadas han tratado de evaluar subjetivamente de forma neutra la calidad de imagen para TVAD tanto para formatos entrelazados como progresivos.

Se pretendía:

- Comparación directa entre los formatos de difusión actuales **720p/50** y **1080i/25** con la nueva generación **1080p/50**.
- Estudiar el impacto de la compresión H.264/MPEG-4 AVC sobre la calidad para cada uno de los formatos.
- Estudiar el impacto de la visualización de dichos formatos en LCD (Liquid Crystal Display) de grandes dimensiones con resolución **1080p/50**.

De las normas de la SMPTE (*Society of Motion Picture and Television Engineers*) se adjunta tabla técnica descriptiva de los formatos.

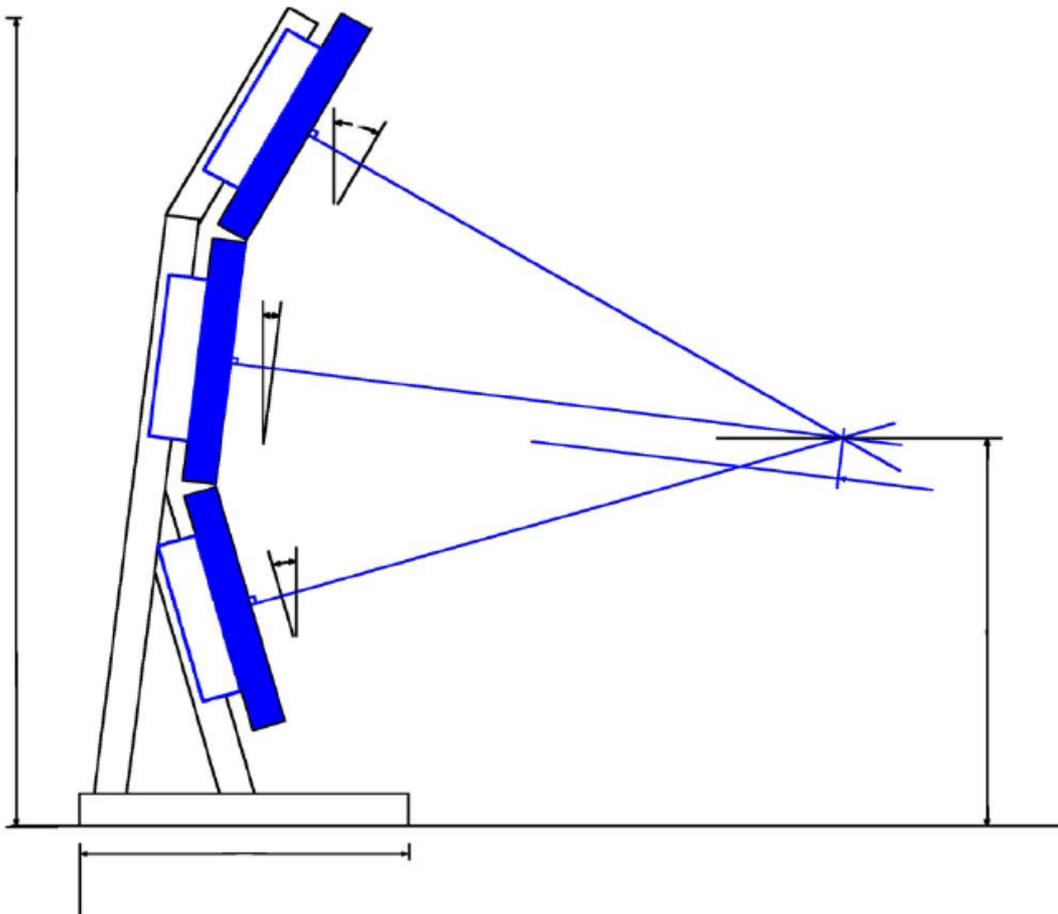
720p/50	720 líneas horizontales y cada línea con 1280 píxeles Escaneado progresivo a 50 cuadros por segundo tal y como se especifica en la SMPTE 296M-2001 [5] y EBU TECH 3299 [6]
1080i/25	1080 líneas horizontales y cada línea con 1920 píxeles Escaneado entrelazado a 25 cuadros por segundo o 50 campos por segundo tal y como se especifica en la SMPTE 274M-2008 [7] y UIT-R BT.709-5 [8]
1080p/50	1080 líneas horizontales y cada línea con 1920 píxeles Escaneado progresivo a 50 campos por segundo tal y como se especifica en la SMPTE 274M-2008 y UIT-R BT.709-5

b) Presentación simultánea de 1080p/50, 1080i/25 y 720p/50.

Las pruebas consistieron en la triple visualización simultánea de señales de TVAD en los tres formatos mencionados. La complejidad fundamental consistió en la perfecta sincronización del volcado sobre las pantallas que se realizó con materiales sin compresión a través de una interfaz DVI (Digital Video Interface).

Al no existir pantallas de grado 1 con la suficiente resolución las pruebas se realizaron sobre displays de consumo de 50", con las siguientes características:

- Resolución FULL HD 1920x1080.
- Interfaces capaces de soportar 3Gbps (necesario para 1080p/50).
- "Motion Blur" bajo.
- Buenas prestaciones de desentrelazado y escalado (para la conversión a progresivo de 1080i/25 y el escalado de 720p/50).
- Blanco de referencia y cromaticidad próximas a CRT.



No era posible mantener fija la distancia de visionado para acomodar 8 espectadores y se decidió situar 4 espectadores a distancia 3h y otros 4 a distancia 4h.

La configuración de las pantallas es la que se muestra en la imagen bajo estas líneas, optando por situar las pantallas verticalmente para asegurar una mayor corrección en los ángulos de visionado.



Contenidos

Los contenidos para las tres pantallas han de ser idénticos. El procedimiento para lograrlo es capturar cada formato con una cámara independiente en exactamente el mismo tiempo y las mismas condiciones o una cámara de la resolución mayor 1080p/50 que permita una posterior conversión a 720p/50 y 1080i/25, la finalmente ejecutada.

Los materiales de pruebas se correspondieron con el conjunto de secuencias de test multiformato creado para tal fin por la Televisión Sueca pertenecientes a "Multiformat Test Set 2" procedentes de la Swedish Television (SVT).

(http://svt.se/content/1/c8/02/02/85/31/svt_multiformat_v10.pdf).

Y a materiales creados por el Departamento Técnico de la UER/EBU coordinados con miembros de la UER/EBU, y se corresponden con el Torneo de Basilea (Suiza) preparatorio para la Copa del Mundo de Fútbol, los festivales de Zurich (Suiza) y el festival de la canción de Eurovisión celebrado en Atenas (Grecia).

(http://www.ebu.ch/fr/technical/hdtv/test_sequences.php).

Codificación H.264/MPEG-4 AVC

Las secuencias capturadas sin compresión fueron codificadas en H.264/MPEG-4 AVC mediante software con el propósito de eliminar la diferencia de rendimiento entre los diferentes codificadores hardware de los fabricantes, y para lograr la capacidad de codificar el formato 1080p/50 del que no existía un codificador hardware disponible. El responsable de la codificación fue el Heinrich Hertz Institute (HHI) de Berlín.

Con el software de referencia para H.264/MPEG-4 AVC se codificaron las secuencias a 20, 18, 16, 13, 10, 8 y 6 Mbit/s.

Presentación



La pantalla inferior mostraba la señal de 1080p/50, la central 720p/50 y la superior 1080i/25. Se eligió 720p/50 para la pantalla central para la comparación parcial de los formatos actuales (1080i/25 y 720p/50) y los futuros con el incremento de resolución en progresivo.

Los espectadores fueron informados de las características de las pantallas, de los procesos de desentrelazado y escalado para las señales de 1080i/25 y 720p/50 y el "overscan" de los LCD.

La batería de pruebas comenzó con un pase de las seis secuencias sin compresión; la emisión de las secuencias a 6 Mbps para entrenar a los espectadores en la valoración de los efectos de la compresión; seguidas de las secuencias comprimidas a 18, 16, 13, 10, 8 y (de nuevo) 6 Mbit/s.

4..2. Resultados

Para los contenidos sin compresión de los tres formatos la valoración general de los espectadores resultó en una casi nula capacidad de discriminación.

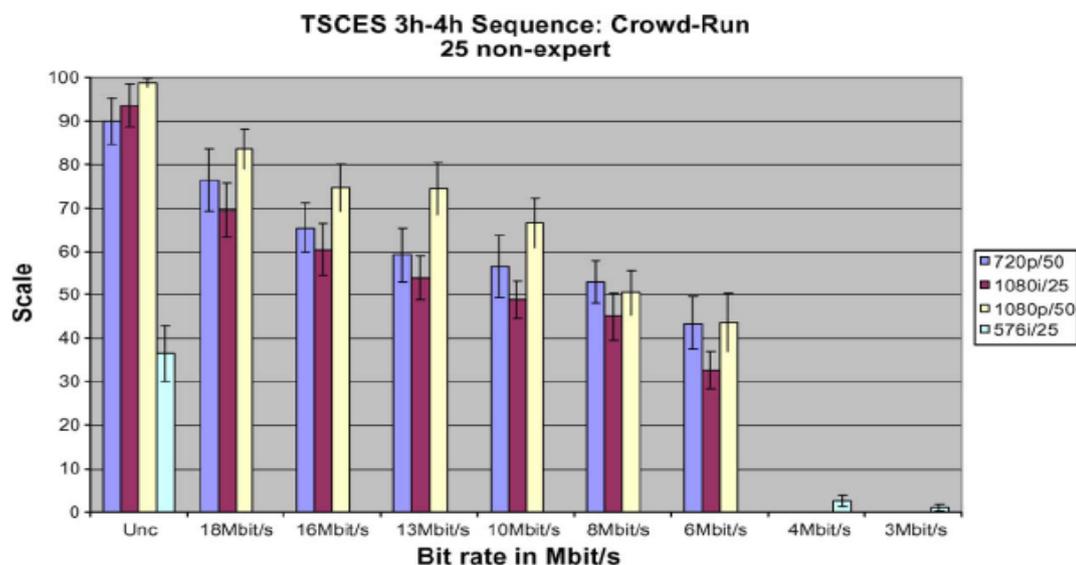
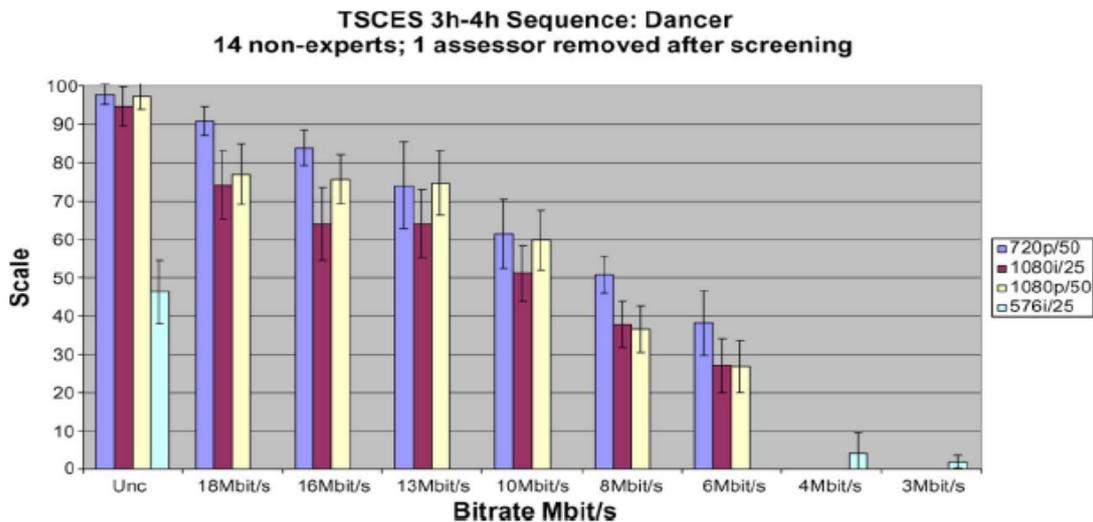
Los contenidos comprimidos, no obstante, sí mostraron un comportamiento diferente en cuanto a la visibilidad de los artefactos de compresión dependiendo de los formatos.

El resumen de los resultados es el siguiente:

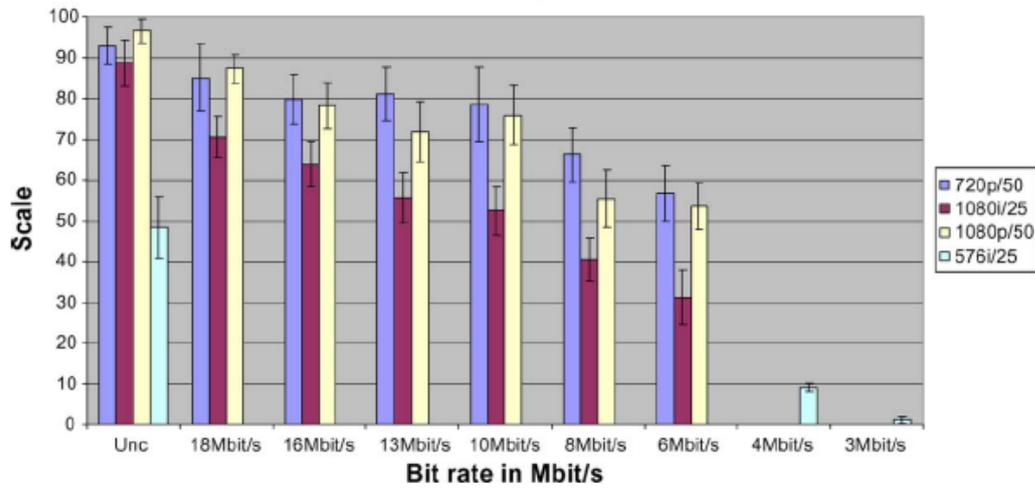
- 720p/50 mostró una mayor calidad de imagen que 1080i/25 para todos los formatos y tasas binarias.
- La diferencia de calidad se acentúa cuando se reduce la tasa binaria.
- 1080p/50 fue valorado igual o mejor que 720p/50 para las tasas binarias altas, con gran incidencia del contenido de las secuencias, mientras que al reducir la tasa binaria 720p/50 obtenía mejor valoración.

En las tablas se refleja los resultados obtenidos para 1080p/50, 1080i25, 720p/50 y para definición estándar SD, 576i/25, utilizando ésta como referencia.

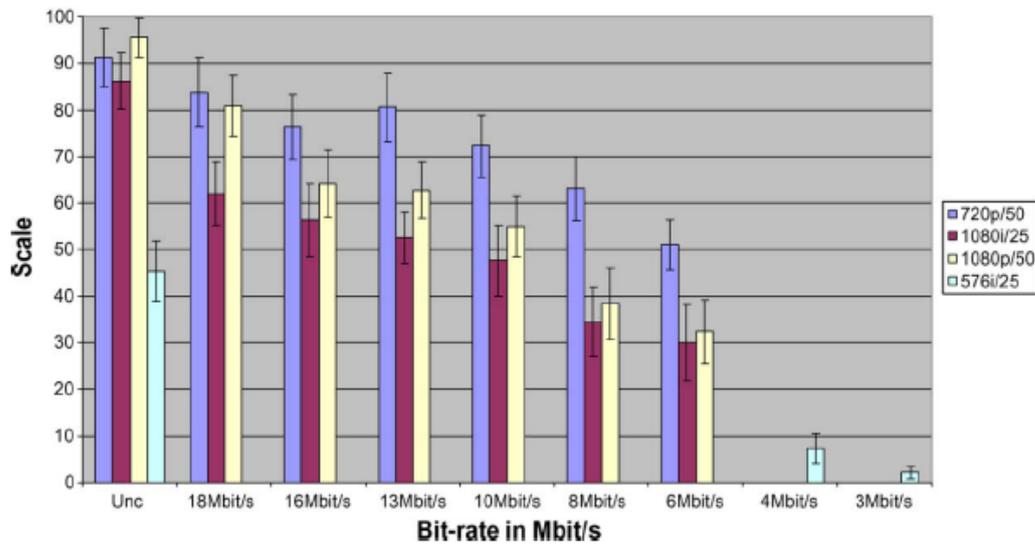
A continuación se presentan los gráficos con los resultados de las pruebas realizadas



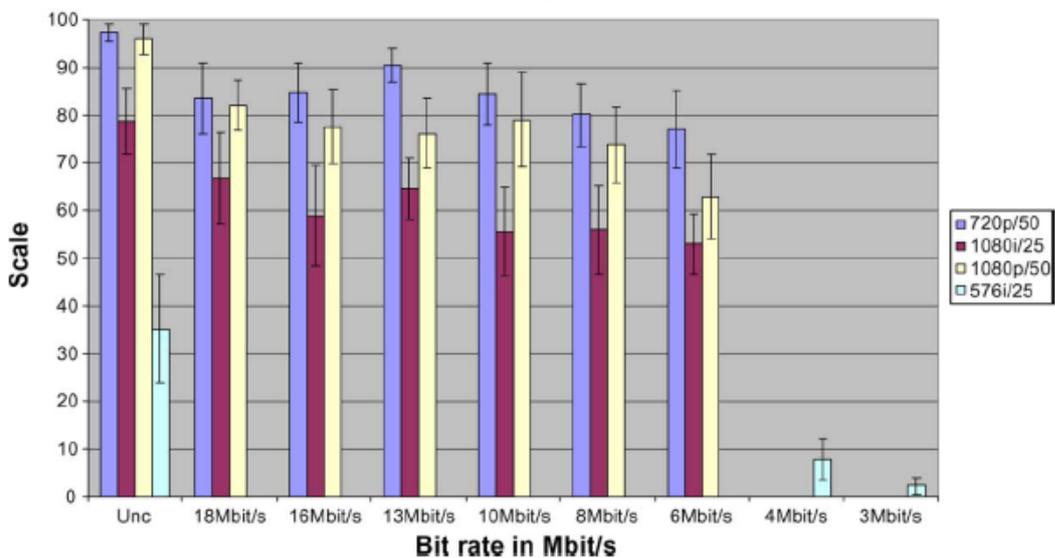
TSCES 3h-4h Sequence: Parkjoy
18 non-experts



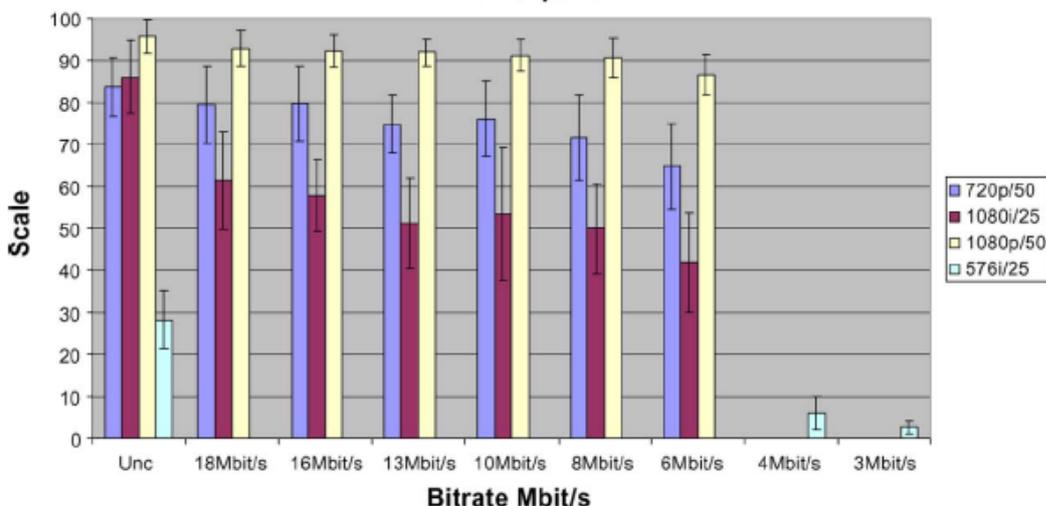
TSCES 3h-4h Sequence: Princess-Run
21 non-experts



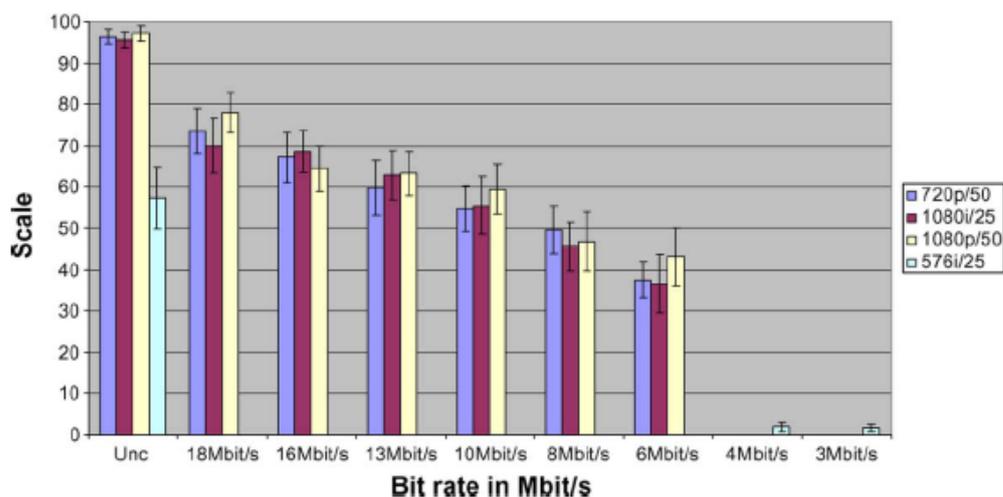
TSCES 3h-4h Sequence: Aloha Wave
15 non-experts



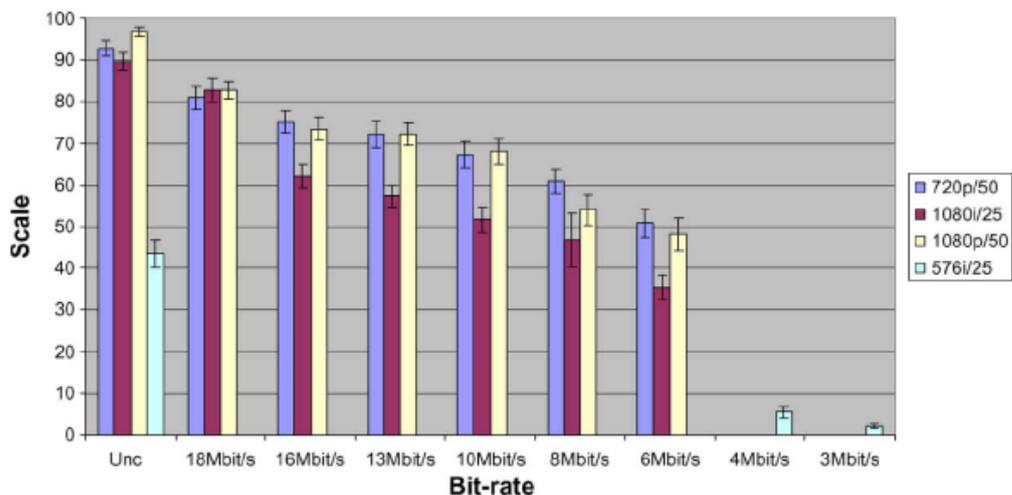
**TSCES 3h-4h Sequence: Icedance
15 non-experts**



**TSCES 3h-4h Sequence: Police Boat
27 non-experts**



**EBU TSCES - 7 Different Sequences - 135 Non-Experts
576i/25, 720p/50, 1080i/25, 1080p/50**



4.3. Conclusiones

Producción

El formato 1080p/50 proporciona la mejor calidad para captura independientemente del formato final de difusión.

Aunque la mayoría de las cámaras ya son capaces de adquirir 1920x1080 progresivos a 50 frames/s, por razones de conectividad en los estudios, al estar éstos dotados en su mayoría de HDSI (High Definition Serial Digital Interface) de 1'5Gbps, es necesario realizarlo a los actuales formatos 1080i/25 y 720p/50.

La EBU recomienda la paulatina evolución desde el formato 720p/50 a 1080p/50 para los entornos de producción acondicionando interfaces de 3Gbps.

Se postula el 1080p/50 como formato unificado de producción en cuanto se puedan solventar tres cuestiones centrales:

- Infraestructura de estudio para 1080p/50;
- Mejora de la eficiencia de los sistemas de compresión, especialmente los destinados a proveer muy alta calidad.
- Disponibilidad de equipos industriales para la cadena de valor que soporten este formato.

Emisión

Las pruebas mostraron que los formatos progresivos presentan el mejor compromiso calidad/tasa binaria con H.264/MPEG-4 AVC. Se reafirma la recomendación hecha en el documento EBU Technical Recommendation R-112-2004 [9], donde 720p/50 es considerado el mejor formato para emisión. Además se evitan los problemas que el procesamiento del entrelazado provoca.

Los efectos que introduce el entrelazado sitúan 1080i/25 en desventaja con los formatos progresivos.

El formato 1080p/50 sufre los problemas de sobrecargar la red con las capacidades actuales pero en un futuro podría convertirse en un formato tan apto para la emisión como para la producción.

5. PRUEBAS EN ESPAÑA

5..1. Pruebas Radiodifundidas

En el siguiente cuadro, podemos ver las fechas de comienzo/finalización de emisiones de AD en pruebas, de las distintas entidades:

ENTIDAD	Comienzo emisiones	Finalización pruebas
IB3 HD	Marzo 2010	continua
ATV2 HD	Junio 2008	Junio 2010
7 RM HD	Agosto 2009	continua
TV3 HD	Abril 2007	continua
TPA HD	Mayo 2009	continua
UPM	2006	Agosto 2010
Televisión Valenciana	Agosto 2009	continua
RTVE	Junio 2009	continua
ABERTIS TELECOM	Marzo	Septiembre

Los diferentes canales de televisión autonómicos, a los que nos hemos referido con anterioridad, realizaron sus primeras emisiones de pruebas, en un entorno controlado que abarcaba una población de entre el 90 y el 100 % englobada en su radio de actuación habitual.

Por su parte, RTVE, eligió alguna de las estaciones de las que dispone en A Coruña, Barcelona, Zaragoza, Valladolid, Madrid y Zamora usando unos parámetros semejantes a los que actualmente se utilizan para las emisiones de TDT.

La Televisión Autonómica Valenciana realizó pruebas de simulcast SD/HD con contenidos nativos y “upconvertidos” desde los centros de Calicanto, Desierto de las Palmas y Aitana. Se probaron en condiciones reales los codificadores de los principales fabricantes así como transporte por IP hasta los centros emisores.

Asimismo, entidades como la Universidad Politécnica de Madrid, también realizaron pruebas radiodifundidas desde la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación.

Abertis Telecom realizó sus pruebas radiodifundidas, desde Torrespaña y Collserola, dando cobertura a las ciudades de Madrid y Barcelona.

En el siguiente cuadro se expresan las características principales de las distintas pruebas radiodifundidas:

ENTIDAD	CARACTERÍSTICA PRINCIPAL DEL CENTRO EMISOR Y CIUDADES CUBIERTAS	COBERTURA TEÓRICA
IB3 HD	Emisión dentro del múltiplex autonómico C65, con cobertura en las cuatro islas (Mallorca, Menorca, Ibiza y Formentera)	99%
ATV2 HD	Todos los centros emisores de la Comunidad Autónoma de Aragón	100%
7 RM-HD	Emisión dentro del múltiplex autonómico C29 que gestiona en su totalidad RTRM. La emisión alcanza a todos los centros emisores gestionados por RTRM y a los repetidores puestos en marcha por Ayuntamientos.	99%
TV3 HD	Emisión dentro del 2º múltiplex autonómico que gestiona en su totalidad TV3. Inicialmente este múltiplex sólo se emitía desde el centro emisor de Collserola (Barcelona). Desde enero de 2.010 se ha ampliado la cobertura a los centros de Rocacorba, La Mussara y Alpicat, (Girona, Tarragona y Lleida).	90%
TPA HD	Emisión dentro del múltiplex autonómico C60, con cobertura en toda Asturias.	99,5%
Televisión Autonómica Valenciana Canal 9 HD	Centro emisor de Calicanto, Aitana y desierto de las Palmas	55%
RTVE	Actualmente, se realizan emisiones radiodifundidas de AD, desde 320 centros.	86%
UPM	Situación: E.T.S. Ingenieros de Telecomunicación, Ciudad Universitaria S/N 28040 Madrid. Tipo de antena Fija, Panel de dipolos de 120º Omnidireccional Ganancia 14 dBd Acimut máxima radiación 100º Abertura de L Haz (puntos a -3dB) 120º Potencia radiada aparente (W) 125 W (máxima)	Entorno de Ciudad Universitaria (Madrid)
Abertis Telecom	<ul style="list-style-type: none"> • Torrespaña: Madrid 2 paneles en configuración 1 panel a 270º y otro a 0º. Polarización Horizontal o Potencia: 1KW o Canal: 27 • Collserola: Barcelona § 3 paneles 135º Polarización Horizontal o Potencia: 500W o Canal: 22 	MADRID Y BARCELONA

5..2. Pruebas de laboratorio

Características técnicas de las pruebas

❖ Corporación Aragonesa de Radio y Televisión (CARTV)

Descripción del entorno.

Ha creado un Laboratorio de trabajo y pruebas, **HDLAB**, para realizar el estudio y análisis de los diferentes parámetros en una emisión de alta definición

El HDLAB cuenta con los elementos necesarios para la emisión de un canal de televisión digital en HD, así como distintos elementos para el análisis, estudio y procesado de la señal. El canal HD que se emite en la actualidad es un canal en pruebas y está integrado con el resto de servicios que transporta el Multiplex de Aragón TV.

La emisión del canal de pruebas en Calidad HD sigue la siguiente secuencia, a través las distintas herramientas con las que cuenta el Laboratorio HDLAB:

- Ingesta de contenidos.
- Continuidad.
- Conversión de formatos.
- Enrutamiento de señales de Vídeo/Audio.
- Monitorizado.
- Estudio de la señal recibida en laboratorio.

Por lo tanto, el Laboratorio HDLAB cubre la cadena de producción y emisión de contenidos audiovisuales, y permite las siguientes capacidades:

- Adquisición de vídeo en HD y reproducción en formato profesional de almacenamiento.
- Red de trabajo de contenidos audiovisuales en HDSDI, incluido enrutamiento e ingesta de contenidos.
- Almacenamiento de contenidos en calidad HD y continuidad de la emisión de los mismos por el canal de Televisión Digital.
- Codificación de vídeo en H.264/MPEG-4 AVC (HD) 720p/1080i.
- Generación y multiplexación de flujos de transporte de H.264/MPEG-4 AVC.
- Grabación y análisis en tiempo real de flujos comerciales de DVB-T (Digital Video Broadcasting - Terrestrial).
- Generación y modulación de señal de alta definición para DVB-T.
- Captura de tramas ASI para su validación.

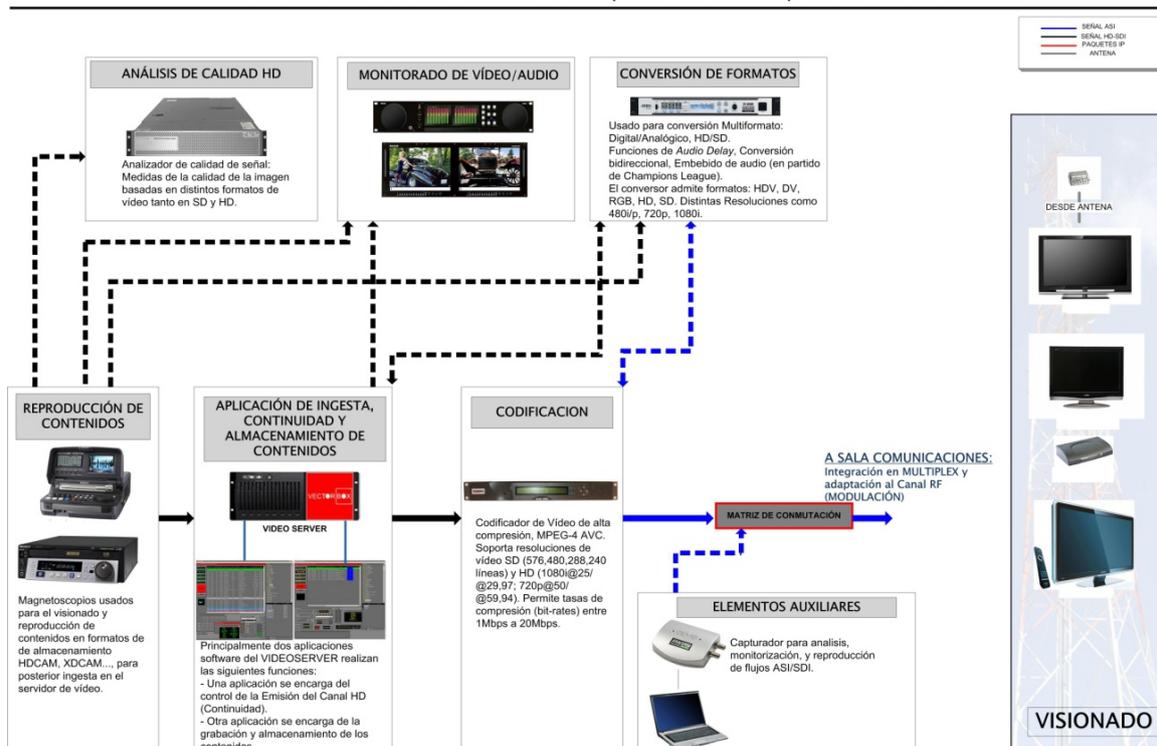
Material utilizado.

UDS.	DESCRIPCIÓN
1	Servidor de continuidad
1	Analizador de calidad subjetiva
1	Analizador de Forma de Onda ((WFM)
1	Matriz de conmutación ASI/SDI/ HD-SDI/3G 16x16
1	Magnetoscopio HDCAM

1	Multiplexor ASI
1	Modulador DVB-T
1	Switch IP
3	Monitores SDI /HD-SDI
1	Monitor audio
2	Convertor de formatos
1	Convertor HDMI a HD-SDI
1	Generador de sincronismos
1	Distribuidor HDMI
1	Capturador /Analizador de tramas ASI/SDI
1	Distribuidor de vídeo digital DVB-ASI
4	Televisor con receptor TDT/HD integrado (diferentes tamaños y fabricantes)
6	STB MPEG-4 HD

Esquema de montaje.

ESQUEMA LABORATORIO HDLAB.- Principales elementos pruebas en Calidad HD



❖ IMPULSA TDT – (RTVE, TELE CINCO, LA SEXTA, SOGECABLE, VEO, ANTENA 3, FORTA)

El equipamiento disponible para la realización de las pruebas se divide en dos partes: Equipamiento común y equipamiento específico de cada fabricante.

El equipamiento común es todo aquel equipamiento que puede ser utilizado por cualquier fabricante. A continuación se detalla el equipamiento disponible:

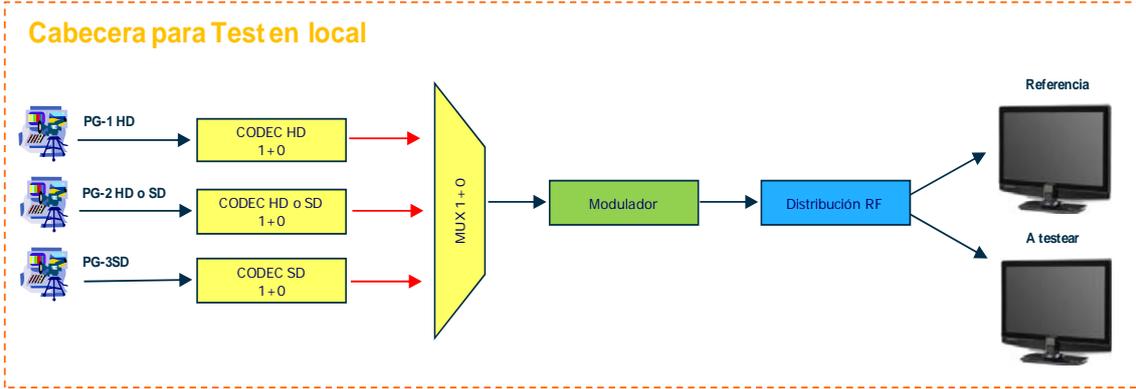
- **Videoservidor:** Equipamiento utilizado para realizar ingestas de contenido HD y su posterior reproducción siguiendo una escaleta de programación. Consta de 2 canales, para poder trabajar de manera diferenciada y permitir bien dos reproducciones simultáneas, o una reproducción y una ingesta simultánea.
- **Distribuidores:** Elemento modular utilizado para distribuir la señal HD-SDI, lo que permite realizar pruebas simultáneas e independientes en aire y en laboratorio.
- **Conversores:** Elemento modular utilizado para realizar up/down/cross-conversion de señales HD/SD-SDI y su posterior distribución. Actualmente está siendo utilizado para la down-conversion del contenido HD-SDI a contenido SD-SDI (Standard Definition – Serial Digital Interface) que alimenta los canales SD MPEG-2 y SD MPEG-4.
- **Switches:** Equipamiento utilizado para proporcionar conectividad IP a las diferentes cabeceras, separando los tráficos de producción y gestión.
- **Modulador local:** Elemento encargado de modular la señal de salida del multiplexor y generar señal RF para su posterior distribución a los televisores o receptores, si fuera necesario.
- **Equipamiento de instalación:** Consiste en un conjunto de 2 racks, patch y todo el cableado de vídeo e IP necesario para la realización de las pruebas.
- **Televisores:** Elemento con receptor integrado apto para la decodificación de señales MPEG-2 y H.264/MPEG-4 AVC. Se usará para las pruebas de visualización.

Por lo que se refiere al equipamiento específico para las pruebas de laboratorio se contó con la aportación, durante un tiempo limitado, de distintos fabricantes.

Todos ellos debían aportar, como mínimo, la siguiente relación de sistemas:

- **Sistema de codificación:** Banco de codificadores en configuración 1+0, con capacidad para codificar al menos 3 servicios con posibles configuraciones 1 HD y 2 SD MPEG-2 y/o H.264/MPEG-4 AVC o bien, 2 HD y 1 SD MPEG-2 y/o H.264/MPEG-4 AVC.
- **Sistema de multiplexación:** Multiplexor en configuración 1+0, capacitado para conformar un transport stream compatible con DVB a partir de las señales de los codificadores. Esta señal será inyectada al modulador para generar una señal de RF apta para ser recibida en los televisores. Opcionalmente los fabricantes podrán mostrar también su configuración estadística, aunque no es objeto de estas pruebas.

A continuación se muestra un esquema general de interconexión de los equipos destinados a realizar las pruebas en laboratorio.



Esquema general de equipamiento de laboratorio

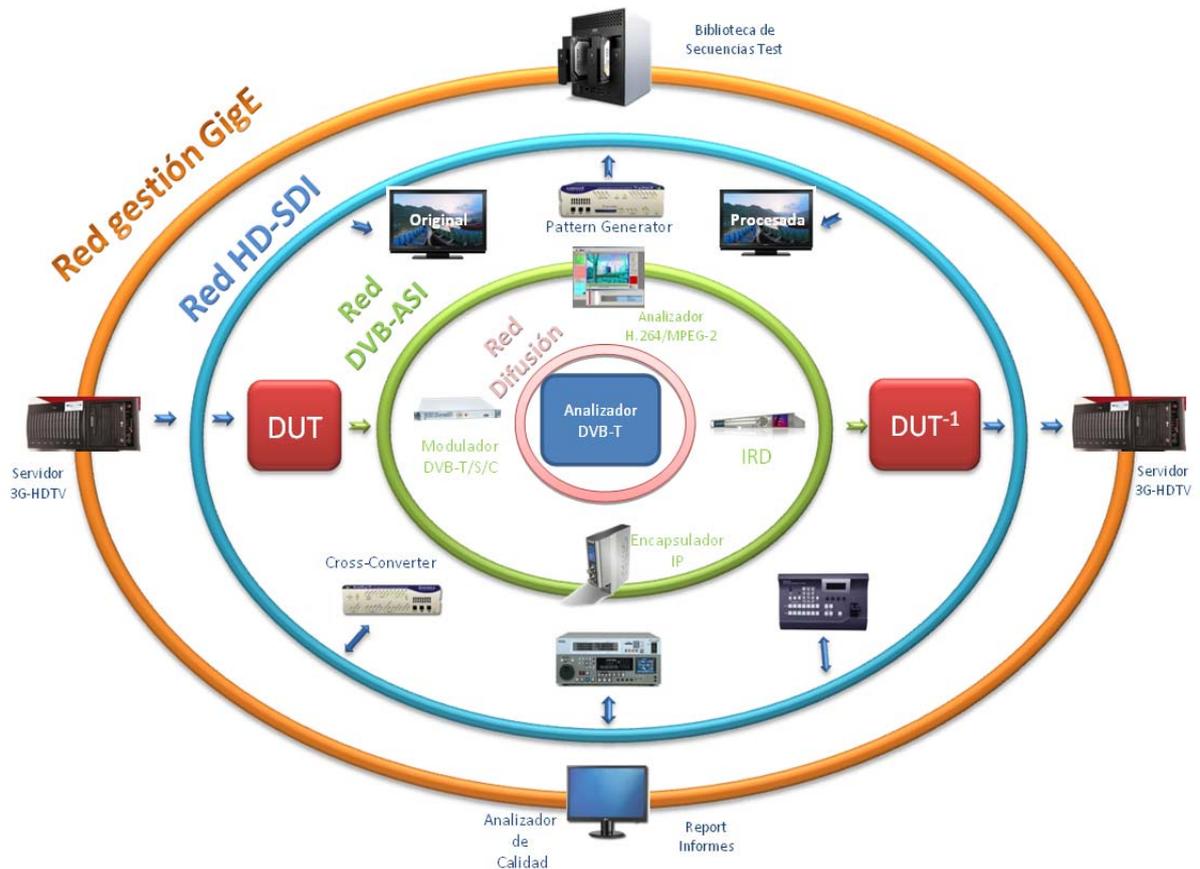
El uso del equipamiento de laboratorio, no debía requerir el uso de los equipos destinados a dar el servicio de aire, para evitar problemas con las configuraciones de los elementos que conforman la cabecera.

❖ UPM

Descripción del entorno de pruebas

El laboratorio del G@TV (Grupo de Aplicación de las Telecomunicaciones Visuales) con capacidades de adquisición, edición, codificación y visualización presenta un entorno adecuado para la medida de calidad de imagen y la ejecución de pruebas.

El diseño de este laboratorio responde al siguiente esquema:



El laboratorio del G@TV presenta capacidad para gestionar media mediante 3 interfaces distintas que definen tres ámbitos de trabajo diferentes.

- **HD-SDI.** Señales de entornos de adquisición y producción para vídeo sin compresión de hasta 3Gbps de velocidad. Permite la comunicación de sistemas de adquisición como cámaras, sistemas de ingesta sin compresión ideales para medida de calidad y entornos de edición y post-producción, magnetoscopios y volcado de contenidos a codificadores. Complementariamente, permite recoger la salida de IRDs profesionales para el estudio y valoración de sistemas de codificación. Cuenta con soporte de equipos de “glue” para la distribución, regeneración, conversión, sincronización y generación de señales multiformato, y un completo sistema de monitorizado de señal en resolución real.
- **ASI.** Permite la comunicación de equipos de codificación y cabecera. Los flujos de transporte pueden ser analizados, verificados y modulados según los estándares DVB-T, DVB-S, DVB-S2 y DVB-C, además de paquetizados para su difusión según esquemas de IPTV.
- **RF.** El laboratorio dispone de generadores de señal DVB-T, DVB-S, DVB-S2 y DVB-C. Además cuenta con conexión amplificada y sistema radiante para DVB-T y una pequeña ICT para la recepción y distribución de la señal recibida a través de TDT y satélite.

Material utilizado.

Playout

Se dispone de un playout de desarrollo propio con salida HD-SDI. Este sistema permite la elaboración de listas de reproducción de ficheros multiformato SD/HD, a partir de instrucciones contenidas en archivos XML.

Emisión

El laboratorio del G@TV cuenta con un sistema completo de emisión y recepción DVB-T, con distintos equipos y herramientas para el análisis.

En la parte de emisión, destaca la cabecera de televisión digital terrestre, de desarrollo propio, que cuenta con las siguientes capacidades:

- Multiplexación en tiempo real de servicios de televisión, bien grabados previamente en disco, bien procedentes de entradas DVB-ASI (Digital Video Broadcasting – Asynchronous Serial Interface).
- Generación de carruseles de DSM-CC (Digital Storage Media Command and Control) para datos y aplicaciones interactivas.
- Generación de señalización de acuerdo con las normas MPEG-2 capa de sistema, DVB-SI (Digital Video Broadcasting – Service Information) y DVB-MHP (Digital Video Broadcasting – Multimedia Home Platform).
- Generación de un flujo de transporte de salida DVB-ASI o IP (Internet Protocol),

que multiplexa los servicios de televisión, los carruseles de DSM-CC y las tablas de señalización.

- Monitorización de flujos de transporte en tiempo real, con entrada DVB-ASI e IP.

Además, se posee el siguiente equipamiento de emisión:

- Un modulador de DVB-T profesional, y un modulador DVB-T/H (Digital Video Broadcasting – Terrestrial/Handheld).
- Amplificador de RF (Radio Frecuencia) de 100W.
- Sistema radiante de 4 módulos

Recepción

Entre los equipos de recepción destacan:

- Receptor profesional terrestre.
- 13 receptores interactivos de televisión digital terrestre DVB-T, de diferentes fabricantes y con distintas versiones de MHP: 1.0.2, 1.0.3, 1.1.2. Muchos de ellos cuentan con salida de logs por puerto serie RS-232.
- Receptores de televisión digital terrestre DVB-T de desarrollo, con firmware actualizable, y salida de logs por RS-232 o por Ethernet.
- Receptores de televisión digital terrestre DVB-T, en Alta Definición (HD).
- Receptor de desarrollo para IPTV, con capacidades interactivas según MHP 1.1, y soporte para alta definición (HD).

También existe en el laboratorio un sistema de control y monitorización remota de los dispositivos de emisión y recepción de televisión descritos, satisfaciendo las siguientes características:

- Visualización a través de Internet de la salida de vídeo de los receptores.
- Configuración de la salida de vídeo a diferentes tamaños, calidades y formatos de codificación.
- Visualización a través de Internet de la salida de logs de los receptores.
- Selección y control remoto de los receptores a través de Internet mediante un mando a distancia virtual.
- Control de la alimentación eléctrica de los dispositivos integrados en el sistema.
- Control remoto de la cabecera de emisión de televisión digital terrestre.

Procesadores de señal

Se dispone de varios sistemas de procesado de la señal audiovisual.

El procesado de la señal que puede ser realizado se puede clasificar en dos tipos: reformateado de la señal y codificación.

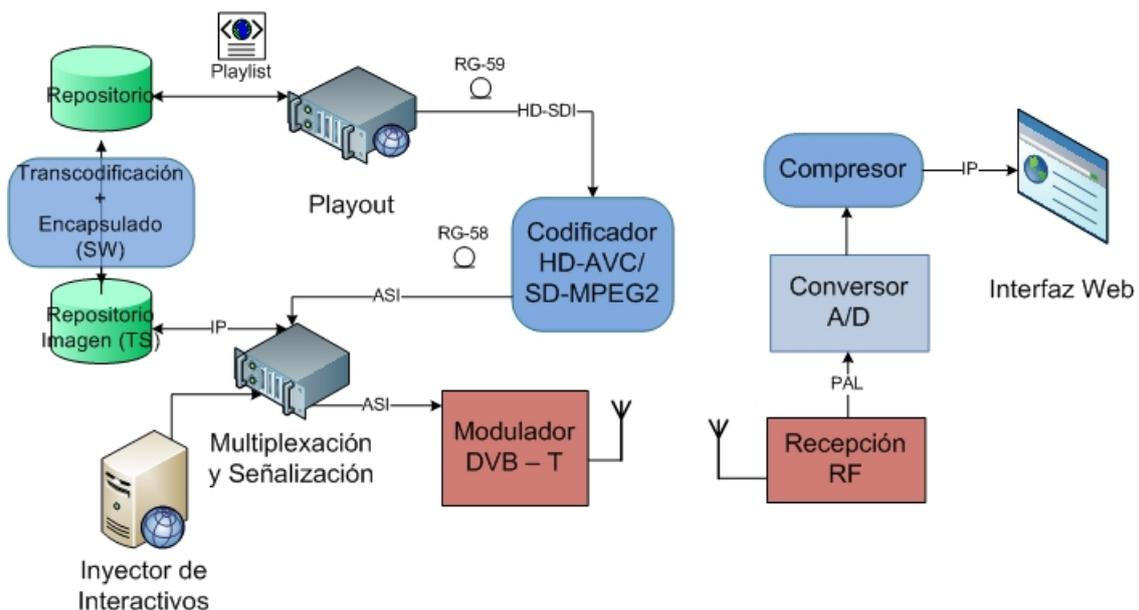
Por un lado, una plataforma software de desarrollo propio pone a disposición del usuario una serie de funciones de reformateado de la señal como rescaldado, filtros de brillo, contraste, tono, saturación, cambio del espacio de color y otra serie de funciones que serán explicadas más adelante.

Además, se dispone de un sistema hardware de conversión up-down-cross. En cuanto a codificación, se ponen a disposición dos codificadores profesionales. Se verán sus características más adelante.

Además de esta serie de equipos, se dispone de regletas IP configurables para controlar remotamente la alimentación de algunos de los mismos; útiles, por ejemplo, para la realización de hard resets.

Esquema de montaje.

Se muestra a continuación el funcionamiento general del laboratorio, con sus módulos funcionales, su estructura de distribución de flujos multimedia y su integración a nivel de laboratorio. Se trata de una especificación sobre el diseño inicial explicado en el apartado anterior.



El laboratorio cuenta con una librería de secuencias de test sin compresión de alta definición tanto en el formato 720p50 como en 1080i25 que pueden ser volcadas a través de la estación de play-out a través de una interfaz HD-SDI.

De igual modo, como fuente pueden utilizarse flujos de transporte (MPEG-2 TS) con una o varias señales multiplexadas.

Las señales sin compresión pueden ser introducidas en un codificador profesional H.264/MPEG-4 AVC, moduladas y emitidas, pudiendo visualizarse a través de receptores TDT capaces de decodificar alta definición; o bien ser llevadas a un IRD que permita la decodificación de la mismas para su estudio.

La visualización se puede realizar para la señal sin compresión en un monitor profesional de 24", o bien sobre pantallas HD Ready y HD Ready 1080p mediante conversores HD-SDI/HDMI. De igual modo las señales moduladas se pueden recibir a través de receptores TDT HD para su valoración subjetiva.

A nivel de archivo se dispone de software para la evaluación de calidad basada en diferentes métricas de referencia completa, la que valora la diferencia entre una señal referencia y la degradada, en este caso la procedente de los procesos de codificación y decodificación.

5.3. Equipos utilizados en las pruebas

Se utilizaron tanto decodificadores externos (STBs) como receptores de televisión con decodificador integrado, a los que se realizaron los siguientes tests:

Nº	Tipo de test	Objetivo
1	Robustez	El equipo debe ser capaz de trabajar durante varios días seguidos sin mostrar ningún efecto adverso sobre su funcionamiento
2	Decodificación de alta definición en H.264/MPEG-4 AVC en distintos formatos	El equipo debe ser capaz de decodificar correctamente, además de señales en calidad SD, una señal H.264/MPEG-4 AVC a 720p y 1080i. El equipo debe soportar cambios en la resolución del canal (1080i a 720p y/o viceversa)
3	Cambios de tasa binaria	El equipo debe ser capaz de soportar cambios en la tasa binaria de codificación de la señal de alta definición
4	Audio	El equipo debe ser capaz de decodificar una señal de audio embebida
5	Identificación del servicio HD	El equipo debe ser capaz de identificar el servicio HD
6	Detección automática de nuevos servicios	El equipo debe ser capaz de detectar modificaciones en los servicios y proponer al usuario su inclusión
7	Sincronización audio/vídeo	El equipo debe decodificar la señal recibida sin introducir un retardo aparente entre la componente de audio y vídeo
8	Autoescalado de formatos 4/3 y 16/9	El equipo debe detectar el formato de recepción y realizar un autoescalado
9	Canal con múltiples servicios/streams de vídeo	El equipo debe ser capaz de acceder a un canal compuesto por: 1 MPEG-2 SD, 1 H.264/MPEG-4 AVC HD, 1 FM DVB-T y servicios interactivos

Nº	Tipo de test	Objetivo
10	Menú del receptor	El equipo debe contar con un menú adecuado para su utilización por el usuario final
11	Niveles de señal según especifica la normativa sobre Infraestructuras Comunes de Telecomunicaciones ICT	El equipo debería realizar una buena decodificación de la señal siempre que esta se encuentre dentro de los niveles ICT. Es importante poder determinar su sensibilidad y niveles de saturación

Si bien la mayor parte de los equipos pasaron sin problemas los test, algunos de ellos presentaron problemas en distintos aspectos:

- El cambio de resolución de emisión 720p a 1080i y viceversa generó problemas al mostrarse en pantalla, siendo incorrecto el re-escalado.
- En otros casos el equipo no mostró la resolución de emisión, reescalando el contenido a resoluciones menores.
- Los cambios en la estructura de GOP puede llegar a bloquear el equipo, siendo preciso el cambio de canal o, en algunos casos extremos, el reinicio del equipo.
- Necesidad de actualizaciones de firmware para solventar todo ello y no contemplado por el fabricante.
- El único problema detectado en lo relativo al sonido se centró en la correcta decodificación del formato de audio Dolby Digital Plus, ya que varios modelos no lo soportaban, si bien, la migración de Dolby Digital a Dolby Digital Plus se puede solucionar con una actualización del software.

5..4. Origen del material HD utilizado.

El material utilizado, tanto para las pruebas de laboratorio como para las emisiones radiodifundidas, por lo general, ha sido proporcionado por los radiodifusores si bien, también se ha contado con material ajeno

5..5. Categorización del material HD utilizado.

Entre los contenidos de vídeo de las secuencias se ha tratado de cubrir todo el abanico de posibilidades de contenidos emitidos normalmente en un canal de televisión convencional, haciendo hincapié en que sean lo más exigentes para el codificador, con el fin de que salgan a relucir los mayores defectos de la imagen. Destacan los siguientes, agrupados en cuatro bloques:

- **Deportes:** Secuencias complejas, de rápidos movimientos y diversidad de texturas; cambios de plano constantes, primeros planos detallados y fondos

con movimiento y color. Los contenidos deportivos son muy importantes, ya que destacan por la velocidad de los movimientos, lo cual será decisivo a la hora de evaluar una codificación o medir un determinado impacto en el espectador. Suelen emplearse imágenes de deportes como el fútbol, el tenis o el baloncesto; en el caso del fútbol es muy importante el estudio de la calidad en la tonalidad verde del césped.

- **Documentales:** Secuencias de rapidez variable en función del tipo de temática, con alto nivel de detalle y texturas. Es de los contenidos más variados que se pueden ofrecer en una canal de televisión convencional; generalmente presentan luz natural, ya que suelen ser grabados en exteriores.
- **Eventos y programas:** Secuencias con banners informativos, escalado de vídeo en la imagen, grafismos variados y cambios de plano; también podría incluirse en este repertorio alguna secuencia crítica de programas o eventos especiales. Son contenidos también de gran variedad, capturados generalmente en estudios (es decir, en interiores) empleando luz artificial; es interesante si aparecen personas en el vídeo porque se puede analizar el comportamiento de la codificación en el color de la piel.
- **Series y cine:** Producciones audiovisuales de utilización habitual; su contenido y comportamiento puede ser muy variado. Presentan una iluminación especial, interesante de analizar; suelen ser menos exigentes que otros contenidos comentados anteriormente.
- **Animación:** Secuencia sintética creada por ordenador. Los contenidos animados son de tipo sintético y presentan texturas planas y colores artificiales, así como grandes zonas homogéneas que responderán adecuadamente a la codificación de bloque; por otra parte los contornos de los objetos, en ocasiones en gruesa línea negra, pueden presentar degradaciones al ser codificados. El movimiento de la escena suele ser más lento que en otro tipo de contenidos.
- **Conciertos**

Para las secuencias de audio se han escogido contenidos que cubran el espectro de contenidos variados que se puede emitir con sonido envolvente, entre ellos, contenidos musicales, voz humana, efectos especiales, grabaciones en directo, etc. Los contenidos empleados varían entre contenidos en alta definición generados de manera propia para el canal de difusión de Sogecable, Canal+ HD, así como secuencias de prueba cedidas por Dolby Digital.

Hay que señalar que no todos los sonidos tenían audio envolvente 5.1.

5.6. Formatos originales del material utilizado.

El formato utilizado mayoritariamente por todos los radiodifusores ha sido **1080i**, aunque en algún caso se ha partido de material 720p transcodificado.

Se ha experimentado en producción con el formato **720p** e incluso con el formato **1080p25**

5.7. Formatos soporte del material HD recibido.

IB3 HD	HDCAM
ATV2 HD	Contenidos para emisión: HDCAM HDV Formatos varios bajo soporte informático MXF
	Contenidos para pruebas laboratorio: HDCAM HDV XDCAM HD 422 P2 Formatos varios bajo soporte informático MXF
7RM HD	XDCAM HD 422
TV3 HD	El formato estándar de HD es: DVC Pro HD Se admite también el: HDCAM Internamente también han trabajado con el formato P2 Con soporte informático se aceptan ficheros: .mov, .avi, .mxf. Con los formatos de codificación de vídeo: DVC Pro , DNxHD , ProRes422
TPA HD	Señal de Satélite
RTVE	HDCAM, XDCAM HD
RTVV	HDCAM
IMPULSA TDT	HDCAM, XDCAM

5..8. Parrilla de emisión, número de bucles diarios y duración de los mismos.

❖ IMPULSA TDT

La parrilla de emisión constó de los siguientes contenidos:

- Feria de San Isidro
- Liga Asobal
- Promo RTVE
- Concierto Estopa
- Series: Cuéntame, El Pacto, etc.
- Contenido deportivo: Programa Gol ZAP, Edición limitada, etc.

La duración de la parrilla era de 12 horas y se emitió de manera cíclica.

❖ DIGITEA

La mayoría de las opciones optaron por emitir bucles de varias horas con material nativo en HD, en un caso se realiza una emisión de SD escalada a HD.

IB3 HD	Emisión continua del canal HD en simulcast del canal SD (rescalado) con inserciones puntuales de contenidos nativos cuando se dispone de estos.
ATV2 HD	Para la emisión se utilizó un bucle de unas 54 horas de contenidos sin repetición. Con la llegada de nuevo material se actualiza el bucle sustituyendo los contenidos antiguos por los nuevos.
7 RM HD	Emisión continua del canal HD en simulcast del canal SD (rescalado) con inserciones puntuales de contenidos nativos cuando se dispone de estos.
TV3 HD	La parrilla de emisión se inició en el 2.007, con un bucle de unas seis horas que se repetía durante quince días. Posteriormente el bucle pasó a ser de unas 12 horas, repitiéndose a lo largo de una semana. También se retransmitieron en directos grandes eventos que estuvieran disponibles en HD en emisión simulcast con TV3.
TPA HD	Emisiones esporádicas de eventos deportivos

❖ RTVE

Al comienzo: emisión diaria de una película española, un documental, dos capítulos de una serie y una promoción del canal de HD de unos 5 minutos. Todo de manera continua, sin cortes.

Gradualmente se ha ido aumentando el material nuevo. Cada vez se incorporan más programas a lo que ya se emitía, como las series 'Cuéntame', 'La señora', programas como 'Crónicas', 'Un país para comérselo', películas de estreno los domingos por la noche, deportes como fútbol (Champions League), tenis (ATP), motociclismo, ciclismo (Tour de Francia), atletismo, natación, etc, emitiéndose de forma simultánea a las emisiones en SD.

❖ RTVV

Desde el principio por Canal 9 HD se emite en simulcast el contenido de Canal 9 “upconvertido”. Cuando se dispone del material en formato HD nativo, se sustituye por éste.

5..9. Características del material emitido.

IB3 HD	80% SD escalado, 20% material HD nativo
ATV2 HD	Todo el material emitido es 100% HD nativo (sin escalados). Se han realizado pruebas con contenidos escalados pero no se han puesto en emisión, quedando como pruebas internas.
7RM HD	Desde el inicio la media es un evento en HD nativo programado cada semana
TV3 HD	100% material HD nativo.
TPA HD	100% material HD nativo.
RTVE	100% material HD nativo.
RTVV	99,7% SD escalado, 03% material HD nativo
IMPULSA TDT	100% material HD nativo.

5..10. Velocidades de codificación de vídeo y audio.

Las velocidades de codificación varían según se realicen las emisiones con multiplexación estadística o no, abarcando una horquilla que va desde los 2 Mbps obtenidos en pruebas experimentales a los 12 ó 18 Mbps cuando se dispone de margen en el múltiplex.

Las velocidades de codificación del audio cuando se utiliza codificación MPEG1-LII puede variar entre 128, 192 y 225 Kbps.

5..11. Multiplexación estadística.

	Multiplexación Estadística	Lazo Abierto / Lazo Cerrado	Mínimos, Máximos, Pool
IB3 HD	No		
ATV2 HD	No		
7 RM HD	Sí	Lazo Cerrado	
TV3 HD	Sí	Lazo Cerrado	Pool
TPA HD	Sí	Lazo Cerrado	Pool
UPM	No		
RTVV	No		
RTVE	Sí	Lazo Cerrado	Pool 18,65 Mbps Vídeo HD: Máximo 10 Mbps. Mínimo 2 Mbps Vídeos SD: Máximo 6 Mbps. Mínimo 1 Mbps

5..12. Estándares de codificación de vídeo y modelos de codificadores empleados.

	Estándar de codificación de vídeo	Codificador
IB3 HD	H.264/MPEG-4 AVC, High Profile	Cisco D 9054
ATV2 HD	H.264/MPEG-4 AVC, High Profile	Tandberg EN8090 Motorola SE5100 Scientific Atlanta D9854
7 RM HD	H.264/MPEG-4 AVC, High Profile	Scientific Atlanta D9854
TV3 HD	H.264/MPEG-4 AVC, High Profile	Thomson Vibe 3000
TPA HD	H.264/MPEG-4 AVC, High Profile	
UPM	H.264/MPEG-4 AVC, High Profile	Tandberg EN8090
RTVV	H.264/MPEG-4 AVC, High Profile	Saptec, Motorola, Grass Valley, Cisco, Ericsson, Harmonic
RTVE	H.264/MPEG-4 AVC y MPEG-2	Cisco – Scientific Atlanta D9054 y D9032

5..13. Estándares de codificación de audio.

	Audio de emisión	Otras experiencias de codificación de audio
IB3 HD	Audio 2.0	
ATV2 HD	MPEG 2 (Estéreo)	Se han realizado pruebas con DD 2.0 y DD 5.1
7 RM HD	Audio 2.0	Se han realizado pruebas con DD 5.1
TV3 HD	Audio 2.0	Se han realizado pruebas con DD 2.0 y DD+ 5.1
TPA HD	Audio 2.0	
RTVV	Audio 2.0	MPEG-1 LII
RTVE	Audio 2.0 y 5.1	2.0 MPEG-1 LII para los canales SD y 2.0 DD+ para el canal HD

6. EVALUACIÓN

6..1. Evaluaciones de pruebas realizadas con expertos.

Este apartado ha sido desarrollado por la Corporación Aragonesa de Radio y Televisión, UPM, Televisión Valenciana, y RTVE.

Parámetros objeto de la comparación.

Nº	Prueba	Objetivo
1	Comparativa resoluciones HD	Comparar, en recepción y laboratorio, la calidad de dichos formatos tras decodificar correctamente una señal H.264/MPEG-4 AVC a 720p y 1080i para distintos contenidos.
2	Comparativa SD-HD	Comparar, en recepción y laboratorio, la diferencia de calidad entre definición estándar y alta definición: <ul style="list-style-type: none">- SD 16/9 – SD 4/3 frente a HD (1080i-720p)- SD “upconversion” frente a HD (1080i-720p)- Simulcast SD/HD
3	Comparativa tasas de compresión HD sobre H.264/MPEG-4 AVC	Comparar, en recepción y laboratorio, el mismo servicio HDTV con varias tasas de compresión para poder apreciar las diferencias entre ellas. Búsqueda del umbral óptimo de emisión para el equipamiento disponible.
4	Calidad en emisión de distintos formatos de grabación en HD	Comparación de calidades para distintos formatos de captación en calidad HD (HDCAM, HDV, XDCAM HD...).

Metodología de evaluación.

La **Corporación Aragonesa**, desarrolló la evaluación en el laboratorio de pruebas HDLAB de CARTV y sobre la cabecera de Aragón TV.

Se utilizó como banco de monitorizado un conjunto de televisores con receptor H.264/MPEG-4 AVC integrado, de distintos tamaños, sobre los que se pudo observar la recepción del canal en alta definición.

Por su parte, la **UPM** utilizó metodología de doble estímulo (DSIS) según recoge la Recomendación UIT-R BT 500 [10]: Metodología para la evaluación subjetiva de la calidad de las imágenes de televisión.

RTVE, para las pruebas subjetivas elaboró una metodología propia, adaptando la normativa internacional en función del material disponible.

RTVV realizó las pruebas radiodifundidas probando directamente los equipos en explotación una vez configurados. Se siguió la respuesta de los espectadores.

Número de asistentes, perfil de los mismos

El número de asistentes a cada una de las pruebas de la Corporación Aragonesa, fue variable en función de la disponibilidad del personal técnico del centro. Los asistentes contaban con un perfil técnico con conocimientos medios/avanzados de televisión.

A las pruebas de la UPM, asistieron 75 personas de entre 18 y 67 años para las que las pruebas han sido su primera experiencia de visualización de televisión en alta definición.

En una segunda fase, asistieron 6 expertos.

En las pruebas de Televisión Valenciana, participaron 4 personas en el laboratorio ajustando los equipos. Posteriormente se ponían en explotación difundiendo la señal desde los 3 centros emisores nodales poniendo la señal a disposición del público en general.

En las pruebas de RTVE participaron 10 especialistas.

Valoración.

❖ CORPORACIÓN ARAGONESA DE RADIO Y TELEVISIÓN

- Sería interesante el estudio de modulaciones más eficientes (DVB-T2), la actual ocupación de los múltiplex limita el abanico de pruebas por los propios radiodifusores sobre una emisión real.
- Para múltiplex bastante saturados donde no se puedan llevar a cabo tales pruebas sería conveniente aumentar la eficiencia de codificación

con la utilización de la multiplexación estadística junto a H.264/MPEG-4 AVC.

- En cuanto a la elección de la resolución HD, dependiendo del grado de eficiencia de los codificadores finales de cabecera se ha podido observar distintos resultados para los mismos test a lo largo de los últimos dos años. Para las últimas versiones, no se aprecia diferencias notables entre utilizar el formato 720p o 1080i. Si bien es cierto que el contenido influye a la hora de determinar el formato (elevado movimiento 720p e imágenes con elevado detalle y bajo movimiento 1080i). Así mismo se advierte que la elección respecto a la resolución de emisión se está vinculando al formato de producción de contenidos en calidad HD.

- Comparativa SD-HD:
 - El 100% distinguió la visualización en definición estándar de la alta definición.
 - No se recomienda el escalado de un contenido SD a HD en comparativa con la misma media en calidad nativa HD. Aunque es cierto que mejora ligeramente respecto una emisión nativa SD, el escalado sigue estando lejos de la calidad HD a la vista de los resultados del estudio.
 - Se estipula no utilizar filtros en la codificación de la señal HD al generar efectos nocivos sobre ella (pérdida resolución y definición aparentes).

- Tasas de compresión:
 - Para el sistema de cabecera actual (tasa codificación constante) se observó una calidad de codificación óptima en el rango de 10-11,5 Mbps. A partir de ese punto todos los participantes observaban notables diferencias y la pérdida de calidad por debajo de 8 Mbps era inaceptable para una emisión de calidad HD.
 - Se estudió el efecto de la estructura del GOP en las tasas de compresión y se estipuló tener en cuenta las recomendaciones del fabricante (IBBBP, longitud de 24, GOP adaptativo) que maximizaban los valores de PSNR. Se trata de buscar un valor intermedio en el compromiso de eficiencia de codificación vs efecto de pérdidas sobre el canal.

- Formatos físicos: entre los formatos observados se advierte de la cantidad de contenido que está llegando en formato HDV cuando, tras las pruebas realizadas, se aprecia una diferencia de calidad bastante notable frente a otros formatos de producción. Para el resto de formatos no se aprecian diferencias destacables.

❖ UPM

○ Valoraciones por secuencias

El análisis por secuencias permitió observar que las más exigentes en cuanto a requisitos de codificación, y que por tanto han recibido una nota más baja, han sido:

- La secuencia “Escudos”. Su abundancia en altas frecuencias da lugar a la aparición de efectos de bloqueo, cada vez más perceptibles conforme la tasa binaria de salida se va reduciendo.
- La secuencia “Paseo junto a las almenas”. El punto crítico de esta secuencia se encuentra en la textura de la camisa de uno de los transeúntes. Esa zona aglutina la mayor parte de las altas frecuencias de la escena y de ahí que al ir bajando la tasa binaria requerida comienzan a aparecer numerosos artefactos no deseados en ella, con el agravante desde el punto de vista del observador de que al concentrarse en una pequeña parte de la escena atrae su atención de forma molesta hacia la misma.
- La secuencia “Park Run”. Ha sido con mucho la secuencia que peores notas generales ha recibido. De hecho, sólo una condición de prueba recibe una nota superior a 3 puntos y resulta por tanto aceptable según la Recomendación UIT-R BT 500 [10] de la UIT. La arboleda tras el hombre que corre concentra, al igual que pasaba con la secuencia anterior y la camisa del transeúnte, la mayor parte de las altas frecuencias de la escena, con el agravante añadido de que esta vez esa región constituye casi un tercio de la escena, con lo que todos los efectos nocivos asociados a la reducción de tasa binaria tienen un efecto de degradado global sobre toda la escena.

Estudiando el conjunto de notas, se puede observar que la apreciación contraria (es decir, las secuencias mejor tratadas por todas las condiciones de codificación) destaca especialmente a la secuencia “Aves Volando”. De hecho, y a pesar de ser una secuencia con peligro de producir el efecto nocivo conocido como “moiré”, es la única secuencia que merece a los ojos de los observadores, una nota media mayor que tres para todas las condiciones de prueba, y de la que por tanto se puede concluir que se ve de forma aceptable en todos los casos estudiados.

Constriñéndose a los datos de notas medias secuencia a secuencia, y sin entrar en detalles de condiciones usadas, se puede ver como la nota media va subiendo paulatinamente, para un estándar de codificación dado, conforme se usa una mayor tasa binaria.

○ Conclusiones por tasas binarias

Las conclusiones derivadas de las pruebas subjetivas atendiendo únicamente a las tasas binarias utilizadas se resumen a continuación.

Para H.264/MPEG-4 AVC:

- La utilización de H.264/MPEG-4 AVC a 6 Mbps usando los equipos

actuales queda totalmente descartada, por las bajas notas obtenidas. Sólo la secuencia 4 (Aves volando) recibe una nota media superior a 3, y por tanto todas las demás reciben la calificación de no aceptable según los baremos de la Recomendación UIT-R BT 500 [10].

- Las diferencias entre las notas medias obtenidas por H.264/MPEG-4 AVC a 10 Mbps y H.264/MPEG-4 AVC a 12 Mbps sí son notables en la mayoría de las secuencias estudiadas, especialmente en las que tienen más requisitos de codificación, y por tanto sí merece la pena recomendar el uso de una tasa binaria ligeramente superior (los 12 Mbps) frente a los 10 Mbps.

- Los resultados obtenidos de las pruebas vienen avalados por los resultados matemáticos extraídos de las mismas, en los que se observa unos intervalos de confianza de error del 95% muy ajustados, tal y como se vio anteriormente. El número de observadores -41 en total- constituye una población ajustada pero suficiente para validar también de forma definitiva los datos obtenidos.

- o Conclusiones técnicas

A continuación se exponen las conclusiones de tipo técnico extraídas de las valoraciones subjetivas realizadas por los expertos, para las pruebas realizadas consistentes en valoraciones de calidad para secuencias de alta definición de distinta complejidad con varias tasas binarias de codificación en H.264/MPEG-4 AVC, y del impacto de transcodificar secuencias previamente codificadas en MPEG-2.

Los resultados obtenidos son:

- o Las tasas binarias adecuadas para materiales genéricos de no excesiva complejidad se codificaban con buena percepción subjetiva para tasas binarias entre 8-12Mbps.

- o Los contenidos críticos caracterizados por su alta complejidad necesitaban para una percepción global subjetiva buena de tasas binarias cercanas a los 15Mbps.

- o Para cualquier tipo de contenidos las tasas binarias inferiores a 6 Mbps, no son aconsejables por los bajos niveles de calidad obtenidos incluso para contenidos de complejidad media.

- o De la misma forma se observa que el incremento de tasa binaria entre los 15Mbps y los 20 Mbps no repercute de forma notable en una mejora de la calidad percibida.

- o Los procesos de transcodificación deben evitarse en lo posible al tener un fuerte impacto en la pérdida de calidad de la señal.

- o Los materiales complejos transcodificados, aún a tasas binarias superiores a 12Mbps ofrecen una calidad subjetiva entre aceptable y pobre.

- o A tasas binarias inferiores a 12 Mbps, para materiales complejos, la calidad es equivalente a trabajar en H.264/MPEG-4 AVC directamente con tasas binarias equivalentes a 6Mbps o inferiores.

❖ TELEVISIÓN VALENCIANA

- Las pruebas iniciales se hicieron con contenido en 720/50p siguiendo las recomendaciones de la EBU. Visto que era complicado obtener materiales nativos en este formato, se optó por 1080/50i para evitar la pérdida de calidad por “cross-conversion” entre ambos formatos. Para tasas binarias por encima de 8 Mbits/s se obtuvieron muy buenos resultados en el caso de todos los fabricantes. En el rango 6-8 Mbits/s es donde la diferencia entre fabricantes fue mayor.
- Respecto al sistema de codificación de audio se utilizó el MPEG1-L2 para optimizar la compatibilidad con los receptores.

❖ RTVE

- Para tasas binarias de codificación de vídeo de alta definición, el formato 720/50p obtiene mejor calificación en las pruebas subjetivas que el 1080/50i, en gran parte debido al mayor efecto de “blocking” que aparece en esta última.
- El formato de audio Dolby Digital Plus permite obtener una buena calidad de sonido con tasas binarias sensiblemente inferiores a Dolby Digital. Algunos decodificadores de HD con H.264/MPEG-4 AVC no soportan este sistema de codificación.

6..2. Evaluaciones de pruebas realizadas con usuarios.

Las pruebas de evaluación subjetiva de la calidad, realizadas por la Corporación Aragonesa de Radio y Televisión con no especialistas, enmarcadas en el desarrollo del Plan Avanza, han tenido el siguiente desarrollo.

Configuración de la muestra

Con objeto que obtener una distribución de población acorde al territorio de la Comunidad Autónoma de Aragón en entorno real y como base de un desarrollo de Living Lab, la realización de las distintas pruebas se efectuó en diferentes entornos de pruebas: *entorno rural* y *entorno urbano*.

En cada uno de estos dos entornos de pruebas, se definieron distintos *escenarios* o modalidades de hacer partícipe al usuario: escenario de pruebas en grupo o en conjunto en el que los usuarios puedan aportar sus valoraciones y discutir en común los resultados bajo la directriz de un sociólogo. Y un escenario individual dónde los usuarios realicen las pruebas propuestas en su domicilio y con total libertad de horarios.

Modelos de formularios utilizados.

Puesto que se han planteado diferentes entornos del Living Lab, diferentes escenarios para la realización de las pruebas, así como un perfil de usuario participante sin requerimientos restrictivos (no se exige previo contacto con las tecnologías en TDT y amplio rango de edad), han sido diseñados diferentes tipos de cuestionarios, para cada una de las situaciones posibles.

Para el diseño de las encuestas se han aplicado una combinación de métodos cualitativos y cuantitativos, teniendo en cuenta la doble distribución geográfica urbana y rural. La valoración cuantitativa de estas impresiones/percepciones de los usuarios partícipes en el Living Lab se contrastó con preguntas cualitativas abiertas y con un debate colectivo final. De esta manera, las percepciones han podido ser analizadas numéricamente y contrastadas tipológicamente con lo que se obtenía una doble explicación / comprensión de la experiencia.

Parámetros objeto de la comparación.

La opinión del usuario puede suavizar umbrales técnicos preestablecidos en una emisión de señal de televisión en HD, de ahí que el objetivo de estas pruebas sea valorar la percepción subjetiva del telespectador ante parámetros críticos en este tipo de emisión en televisión.

La definición de las siguientes pruebas sobre la calidad de la emisión de un canal en HD, se ha basado en la modificación de determinados parámetros que afectan a la imagen final. La modificación de los mismos se realiza actuando en la señal desde el centro emisor, en concreto en este caso desde el laboratorio HD-LAB de la Corporación Aragonesa de Radio y Televisión.

Los parámetros a valorar han sido:

- Resolución 720p / 1080i
- Tasas de compresión:
 - 11 Mbps
 - 8 Mbps
 - 6 Mbps
 - 4 Mbps
- Comparativa emisiones SD / HD (con / sin simulcast entre ambas)

Metodología de evaluación.

Tal modelo de valoración de los usuarios también puede llamarse Living Lab, puesto que supone una apuesta por desplazar la experimentación fuera de los laboratorios, hacia entornos reales y con la participación de los ciudadanos.

-Entorno urbano:

Se realizó una recopilación de las opiniones de los usuarios partícipes del siguiente modo:

- *Escenario conjunto*: se realizaron pruebas en las cuales participaron un conjunto de personas previamente convocadas a tal efecto. En este escenario de pruebas, los participantes valoraron el visionado del Canal HD y SD del Multiplex de Aragón Televisión. Para la valoración de la experiencia del usuario, se realizaron modificaciones desde el centro de emisión del canal de alta definición. Se recogieron las experiencias de los participantes en esta prueba, a través de unas encuestas diseñadas para este escenario. Finalmente, se realizó una puesta en común de la experiencia, invitando a todos los participantes a debatir en grupo sus valoraciones y experiencias.
- *Escenario individual*: escenario de pruebas en el propio domicilio de cada participante. Se llevaron a cabo las mismas pruebas que en el escenario anterior, distribuyendo las mismas a lo largo de dos semanas.

-Entorno rural:

- *Escenario conjunto*: del mismo modo que en el entorno urbano, se realizó una convocatoria de un conjunto de personas en un centro o lugar del entorno rural. En este centro, los usuarios valoraron su experiencia al visualizar el canal en HD y SD. Se realizaron las modificaciones indicadas anteriormente sobre la emisión del canal HD, desde el centro de emisión en alta definición. La recolecta de las experiencias de los participantes en esta prueba, igualmente, se realizó a través de unas encuestas diseñadas para este escenario.
- *Escenario individual*: El escenario de pruebas en los domicilios propietarios está orientado a valorar las pruebas sobre la calidad de la emisión en alta definición.

Número de asistentes, perfil de los mismos.

El perfil del usuario participante no tiene requerimientos especiales, si bien hay que decir que en el entorno rural, una condición necesaria para la participación en el proyecto ha sido que en la familia hubiese alguien en una horquilla entre 30 y 40 años de edad.

Cabe decir que, este perfil sin especificaciones se ajusta más bien a los usuarios del Living Lab en el entorno urbano. En el entorno pruebas rural, el usuario final con el que nos encontraremos se ciñe a las características de un municipio de población muy reducida (Tornos cuenta aproximadamente con unos 240 habitantes), y envejecida, superando el 40% de los habitantes los 65 años de edad.

El número de participantes seleccionados para las pruebas en el entorno urbano, y en el escenario de pruebas en conjunto es 20 personas, de edades

comprendidas entre 25 y 60 años. Para las pruebas urbanas en domicilios, se buscó 30 voluntarios.

En cuanto al entorno rural, el número seleccionado de partícipes en esta localidad será de 18 personas, tanto en el escenario de puesta en conjunto como de pruebas en domicilios particulares.

Valoración.

-Calidad HD frente a SD:

- Entorno urbano:
 - Calidad general de la emisión: 8,05 (buena o muy buena). Los usuarios han puntuado la calidad general de las emisiones de la HD con un 8,05. Su valoración de la HD, en general, es que se trata de una emisión de calidad.
 - Para usuarios sin contacto previo con la alta definición, para distinguir la calidad HD de la SD, los usuarios necesitan comparar las dos calidades y deducir la calidad HD.
- Entorno rural:
 - Calidad general de la emisión: 8,7 (muy buena o excelente)
 - El usuario confunde el “realismo” con la calidad HD
 - Facilidad en la distinción de calidad HD frente a SD, aunque la diferencia de calidad SD-HD es menor a la esperada
 - La mayor calidad se percibe en los detalles, mayor sensación de profundidad, mejora apreciación de contornos y en una percepción de claridad.

-Emisión a distintas tasas binarias:

- Entorno urbano:
 - Los cambios de tasa binaria generan confusión. No parece ser una variable claramente significativa. En general, no se aprecian diferencias significativas al cambiar la tasa binaria. El usuario busca ver los contenidos que quiere, cuando y donde quiere.
- Entorno rural:
 - Se genera mucha confusión en la valoración de este parámetro.
 - No se percibe las diferencias pues el usuario se desorienta.
 - El usuario no consigue establecer su umbral de compresión mínimo.

-Emisión a distinta resolución:

- Entorno urbano:

- En general no se aprecia una mayor calidad de un formato respecto a otro (valorándose ligeramente mejor el formato 1080i respecto 720p). La distinción entre formatos les plantea un dilema. En general, el salto del formato de 720p a 1080i se ha percibido como una mejora discreta.
 - Según el tipo de contenidos, el formato 720p ha sido mejor puntuado que el 1080i, especialmente en contenidos deportivos. Los documentales, en cambio, resulta mejor valorado en 1080i.
- Entorno rural:
 - Su identificación resulta más sencilla que respecto a los cambios de tasa binaria.
 - En general no se aprecia una mayor calidad de un formato respecto a otro (valorándose ligeramente mejor el formato 1080i respecto 720p)
 - A 1080i destacan los documentales (deporte a 720p)

Valoraciones finales.

- La calidad técnica que proporciona la tecnología HD desafía la capacidad de los usuarios para apreciar sus posibilidades tecnológicas.
- La calidad técnica de la emisión no es lo único que está preocupando a los usuarios. La “calidad” parece ser algo más que calidad técnica. La calidad de la TDT HD es la calidad y su contexto (Las características técnicas de la emisión, el diseño y tamaño del televisor, el interés por los programas, la calidad de los programas, el entorno, etc.). Los usuarios incluyen en la calidad el acceso a los contenidos, la riqueza de los contenidos, la satisfacción con los contenidos visualizados.
- Por tanto, los límites técnicos son muy estrictos en comparativa con la opinión de los telespectadores. Los límites de calidad a nivel técnico se difuminan y toman una forma más global al contacto con el telespectador.

7. CONCLUSIONES

7..1. TÉCNICAS

- Debido a los avances tecnológicos en la codificación H.264/MPEG-4 AVC, se recomienda la utilización de codificadores de **última generación** con el fin de disponer la máxima calidad con el menor consumo de ancho de banda.
- La valoración media va subiendo paulatinamente, para un estándar de codificación dado, conforme se usa una mayor tasa binaria.
- Teniendo en cuenta codificadores de última generación, para proporcionar un servicio de HD de calidad aceptable se recomienda utilizar velocidades de codificación entre **6Mbps y 8Mbps**. La percepción de calidad aumenta para velocidades de codificación superiores a 8Mbps. Para el sistema de cabecera actual (tasa codificación constante) se observó una calidad de codificación óptima en el rango de 10-11,5 Mbps. Merece la pena recomendar el uso de una tasa binaria ligeramente superior (los 12 Mbps) frente a los 10 Mbps, si bien, hay que señalar que la tendencia es utilizar codificación estadística.
- El incremento de la tasa binaria entre los 15Mbps y los 20 Mbps no repercute de forma notable en una mejora de la calidad percibida.
- Los contenidos que, para una misma calidad, permiten una tasa binaria menor son los contenidos de animación, por tener imágenes con menor movimiento y texturas. También se consiguen buenos resultados con series y cine, por tener efectos de edición y filtrado que permiten disimular los defectos de una codificación ajustada.
- No se recomienda la utilización de tasas binarias **menores de 6 Mbps**, aunque se aprecia la mejora en el servicio H.264/MPEG-4 AVC HD respecto a una codificación con la misma tasa binaria en MPEG-2 SD, con la finalidad de no desvirtuar el concepto de alta definición, íntimamente relacionado con el de alta calidad.
- Para compartición de un múltiplex en TDT entre dos radiodifusores que gestionan cada uno la mitad de la capacidad, es posible emitir un canal MPEG-2 SD y otro H.264/MPEG-4 AVC HD por radiodifusor con una calidad aceptable utilizando multiplexado estadístico.
- Para múltiplex bastante saturados sería conveniente aumentar la eficiencia de codificación con la utilización de la multiplexación estadística junto a H.264/MPEG-4 AVC.
- **Cuando se dispone de suficiente ancho de banda se recomienda utilizar el formato entrelazado 1080i**, que permite visualizar una mayor resolución, siempre que se disponga de la pantalla adecuada. En entornos **con menor ancho de banda disponible es recomendable la utilización de formato progresivo 720p**, pues se ha demostrado

suficientemente la mejora de la eficiencia de compresión con formatos progresivos.

- Los procesos de transcodificación deben evitarse en lo posible al tener un fuerte impacto en la pérdida de calidad de la señal.
- Se aconseja no utilizar filtros en la codificación de la señal HD al generar efectos nocivos sobre ella (pérdida resolución y definición aparentes).
- Se desaconseja el “upscaling” de un contenido SD a HD en comparativa con la misma media en calidad nativa HD. Aunque es cierto que mejora ligeramente respecto una emisión nativa SD, el escalado sigue estando lejos de la calidad HD a la vista de los resultados del estudio.
- En cuanto al audio, se observa que las codificaciones realizadas **a la misma tasa binaria**, son **mejor** valoradas utilizando **Dolby Digital Plus** que las realizadas con Dolby Digital. Esta diferencia se aprecia con más facilidad a medida que se reduce la tasa binaria.
- Se comprueba que para disponer de una **valoración subjetiva similar**, la codificación **Dolby Digital Plus** puede requerir más de la **mitad de la tasa binaria** requerida por la codificación Dolby Digital. Esta relación se ve alterada cuando se trabaja a tasas binarias bajas y es dependiente del tipo de contenido.
- El formato de audio Dolby Digital Plus permite obtener una buena calidad de sonido con tasas binarias sensiblemente inferiores a Dolby Digital. Algunos decodificadores de HD con H.264 no soportan este sistema de codificación, pero pueden ser actualizados por software.
- En cuanto a los formatos físicos observados se advierte de la cantidad de contenido que está llegando en formato HDV cuando, tras las pruebas realizadas, se aprecia una diferencia de calidad bastante notable frente a otros formatos de producción. Para el resto de formatos no se aprecian diferencias destacables.

7.2. DE MERCADO

- Prácticamente la totalidad de las pantallas de televisión que se ponen en el mercado están preparados para recibir la señal de televisión de alta definición.
- Al menos, el 50% de los hogares españoles están preparados para la visualización de la señal en alta definición.

- La tecnología escogida por el mercado es la de 1080p (1.920 x 1.080 píxeles con formato progresivo).
- La práctica totalidad de los televisores puestos en el mercado en este último año, llevan integrado el decodificador de TDT H.264/MPEG-4 AVC.

8. ANEXO 1: BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

- [1] **Real Decreto 944/2005**, de 29 de julio, por el que se aprueba el Plan técnico nacional de la televisión digital terrestre
- [2] **ISO/IEC 13818 Partes 1, 2, 3** “Coding of moving Pictures and associated Audio”. Conocido como MPEG-2.
- [3] **UIT-T H.264** “Advanced video coding for generic audiovisual services”. Equivalente a la norma **ISO/IEC 14496-10:2005** “Information technology – Coding of audiovisual-objects – Part 10: Advanced Video Coding”. Referenciada habitualmente como **H.264/-MPEG-4 AVC**.
- [4] **Real Decreto 691/2010**, de 20 de mayo, por el que se regula la Televisión Digital Terrestre en alta definición
- [5] **SMPTE 296M-2001 Television** – “1280 x 720 Progressive Image Sample Structure”
- [6] **EBU TECH 3299**. “High Definition image formats for Television Production”
- [7] **SMPTE 274M-2008 Television** “1920 x 1080 Image Sample Structure, Digital Representation and Digital Timing Reference Sequences for Multiple Picture Rates”
- [8] **ITU-R BT.709-5** “Parameter values for the HDTV standards for production and international programme Exchange”
- [9] **EBU Technical Recommendation R112 – 2004** “EBU statement on HDTV standards”
- [10] **UIT-R BT 500** Metodología para la evaluación subjetiva de la calidad de las imágenes de televisión.

9. ANEXO 2: GLOSARIO

AD	Alta Definición
AVC	Advanced Video Coding
ASI	Asynchronous Serial Interface
DD	Dolby Digital
DD+	Dolby Digital Plus
DSM-CC	Digital Storage Media Command and Control
DVB	Digital Video Broadcasting
DVB-ASI	Digital Video Broadcasting – Asynchronous Serial Interface
DVB – C	Digital Video Broadcasting – Cable
DVB – MHP	Digital Video Broadcasting – Multimedia Home Platform
DVB-S	Digital Video Broadcasting – Satellite
DVB – S2	Digital Video Broadcasting – Satellite version 2
DVB – SI	Digital Video Broadcasting-Service Information
DVB-T	Digital Video Broadcasting – Terrestrial
DVB – T/H	Digital Video Broadcasting – Terrestrial/Handheld
DVI	Digital Video Interface (Interfaz de video digital)
EBU	European Broadcasting Union
HD	High Definition (Alta Definición)
HDMI	High Definition Multimedia Interface (Interfaz multimedia de alta definición)
HD-SDI	High Definition Serial Digital Interface
HDTV	High Definition Television (Televisión de alta definición)
ICT	Infraestructura Común de Telecomunicaciones
IP	Internet Protocol
LCD	Liquid Crystal Display (Pantalla de Cristal Líquido)
MHP	Multimedia Home Platform
MPEG	Moving Pictures Experts Group
QFHD	Quad Full High Definition
RF	Radio Frecuencia
SD	Standar Definition (Definición Estándar)
SDI	Serial Digital Interface (Interfaz Digital Serie)
SD-SDI	Standar Definition Serial Digital Interface
SMPTE	Society of Motion Picture and Television Engineers (Sociedad de Ingenieros de Imágenes en Movimiento y Televisión)
STB	Set Top Box
TDT	Televisión Digital Terrestre
TVAD	Televisión de Alta Definición
TVDE	Televisión de Definición Estándar
UER	Unión Europea de Radiodifusión
UHD	Ultra High Definition