

INFORME SOBRE LAS ACTUACIONES NECESARIAS PARA LA LIBERACIÓN DEL SEGUNDO DIVIDENDO DIGITAL EN CONDICIONES ÓPTIMAS

INF/DTSA/169/17/BANDA 700 MHz

SALA DE SUPERVISIÓN REGULATORIA

Presidenta

D^a. María Fernández Pérez

Consejeros

D. Benigno Valdés Díaz
D. Mariano Bacigalupo Saggese
D. Bernardo Lorenzo Almendros
D. Xabier Ormaetxea Garai

Secretario de la Sala

D. Miguel Sánchez Blanco, Vicesecretario del Consejo

Madrid, 17 de mayo de 2018

La Sala de Supervisión Regulatoria de la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia, en el ejercicio de asesoramiento y de elaboración de informes previstos en los artículos 1.2, 5.2, 5.3, 6 y 9 de la Ley 3/2013, de 4 de junio, de creación de la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia y dando cumplimiento a su plan de actuaciones, ha aprobado el presente informe relativo las actuaciones necesarias para la liberación del segundo dividendo digital en condiciones óptimas (banda de frecuencias de 700 MHz) para su utilización en la prestación de servicios de comunicaciones electrónicas, y su impacto en los actuales servicios de televisión digital terrestre.

I. INTRODUCCIÓN

El Espectro Radioeléctrico es un insumo esencial para la prestación de servicios de comunicaciones electrónicas, en particular para la prestación de servicios móviles.

El Espectro Radioeléctrico es un recurso escaso y sobre el mismo existe una gran demanda, al ser requerido no solamente para prestar servicios de comunicaciones electrónicas y audiovisuales, sino también para cualquier tipo de dispositivo que requiera de una conexión inalámbrica o del uso de las ondas electromagnéticas (controles remotos, radares, radiobalizas, aplicaciones industriales, científicas y médicas etc.). Ello provoca que el volumen de frecuencias disponibles para la prestación de servicios de comunicaciones electrónicas sea muy limitado.

Por ello, las condiciones para el acceso a estas frecuencias se convierten en un factor decisivo en la configuración del entorno de competencia en el mercado, puesto que condiciona tanto el número de operadores con capacidad de desplegar red propia como los servicios que éstos pueden ofrecer.

La banda de 700 MHz resulta de especial relevancia puesto que es particularmente atractiva para el despliegue de redes de comunicaciones electrónicas. El hecho de estar situada por debajo de 1 GHz le confiere excelentes características de propagación: la mayor cobertura en exteriores se traduce en menor necesidad de emplazamientos, y la alta penetración en interiores permite ofrecer servicios de calidad en los núcleos urbanos. Esta banda presenta gran flexibilidad al poderse utilizar tanto para mejorar las velocidades y/o cobertura que actualmente ofrece LTE, como para desplegar nuevas tecnologías como 5G.

El uso de banda de 700 MHz (694-790 MHz) tiene por objeto impulsar el desarrollo y la implantación de los servicios de banda ancha móviles, si bien para ello debe liberarse, pues en la actualidad está siendo explotada por los servicios de TDT, que han de migrar a la banda sub 700 MHz (470-690 MHz).

Por otra parte, al ser el espectro un recurso escaso, la licitación de la banda debe tener en cuenta el número de operadores que podrán ofrecer los servicios de banda ancha móvil. En la actualidad, únicamente tres operadores disponen de espectro en bandas comparables a la de 700 MHz (las de 800 y 900 MHz), por lo que la determinación de las condiciones en las que se produzca la licitación, así como de las medidas complementarias que se vayan a plantear por el Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital tendrán un gran impacto desde el punto de vista de la dinámica competitiva del mercado móvil en el corto y medio plazo.

En aras de contribuir al debate que se está suscitando a nivel europeo y nacional sobre el reparto de la banda de 700 MHz, se ha elaborado el presente informe que será remitido a la Secretaría de Estado para la Sociedad de la Información y la Agenda Digital, para su conocimiento y a los efectos que este organismo considere oportunos. Este informe está en línea con las contribuciones realizadas en el pasado por la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones (CMT) y la propia CNMC en materia de espectro radioeléctrico¹.

1

- Informe, de 22 de julio de 2010, al Ministerio de Industria, Turismo y Comercio en relación a la consulta pública sobre las actuaciones en materia de espectro radioeléctrico en las bandas de 900 MHz, 1800 MHz, 2,6 GHz y el dividendo digital¹ (MTZ 2010/1163).
- Informe, de 13 de septiembre de 2011, sobre el proyecto de Orden por la que se aprueba el pliego de cláusulas para el otorgamiento de concesiones de uso privativo del espectro radioeléctrico en las bandas de 900 MHz y 2,6 GHz (DT 2011/1868).

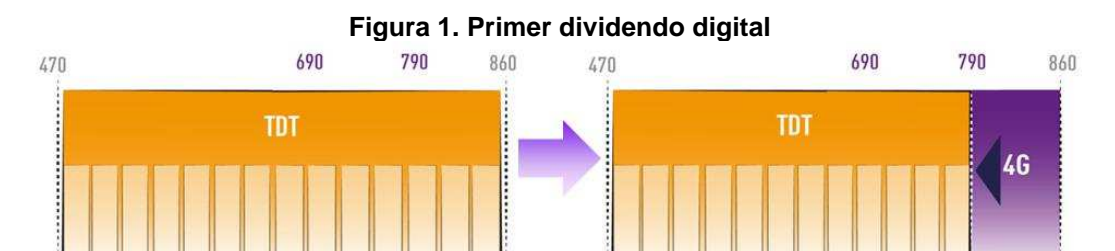
A estos efectos, este informe da cumplimiento al Plan de Actuación de la CNMC (2017) que identifica como una de sus prioridades de actuación informar al Gobierno sobre las actuaciones más idóneas para la liberación de la banda de 700 MHz, en ánimo de contribuir a la mejora de la regulación e identificar, de forma previa el impacto de la medida.

De este modo, el Ministerio podrá tomar en consideración el contenido del informe en sus actuaciones de liberación de la banda. No obstante, el presente informe no ha de entenderse sustitutivo de los informes preceptivos que el actual marco normativo confiere a la CNMC en su función de garantizar, preservar y promover el correcto funcionamiento, la transparencia y la existencia de una competencia efectiva en el mercado de las comunicaciones electrónicas, y en particular, no ha de entenderse sustitutivo de los informes que deberán recabarse de la CNMC en relación con la hoja de ruta nacional para la liberación de la banda de 700 MHz, que debe adoptarse y publicarse antes del 30 de junio de 2018², y en relación con la propia licitación de la banda.

II. SEGUNDO DIVIDENDO DIGITAL

II.1. Antecedentes: Primer dividendo digital

El cese de las emisiones analógicas de televisión y la mayor eficiencia de las emisiones de televisión digital terrestre (TDT) permitieron en 2015 liberar la banda de 800 MHz (790-862 MHz), muy atractiva para las comunicaciones móviles de cuarta generación (LTE) por sus mejores propiedades de propagación y penetración en el interior de edificios con respecto a otras bandas utilizadas en comunicaciones móviles.



- Acuerdo, de 5 de noviembre de 2015, por el que se aprueba la propuesta sobre la conveniencia de mantener o fijar límites superiores en la disponibilidad de frecuencias por un mismo operador, de acuerdo al artículo 8 del Real Decreto 458/2011, de 1 de abril (INF/DTSA/184/15/LÍMITES ESPECTRO).
- Informe, de 14 de enero de 2016, sobre el Proyecto de Real Decreto por el que se aprueba el Reglamento de desarrollo de la Ley 9/2014, de 9 de mayo, General de Telecomunicaciones, en lo relativo al uso del dominio público radioeléctrico (IPN/DTSA/026/15/Reglamento espectro).
- Informe, de 21 de junio de 2017, sobre el proyecto de orden por la que se aprueba el cuadro nacional de atribución de frecuencias (IPN/CNMC/013/17/CNAF).

² DECISIÓN (UE) 2017/899 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 17 de mayo de 2017 sobre el uso de la banda de frecuencia de 470-790 MHz en la Unión

La implementación del primer dividendo digital fue un desafío en nuestro país debido, principalmente, a la gran dificultad que supuso la liberación de la banda de 800 MHz al encontrarse dicha banda en uso por emisiones de TDT.

Asimismo fue necesario conciliar los intereses de las distintas entidades implicadas. Por una parte las sociedades licenciatarias del servicio de TDT abogaban por se mantuviese el número de canales y porque el proceso de liberación de la banda se ejecutase de forma gradual y transparente, lo que requirió que se duplicasen determinados canales y se mantuviesen emisiones simultáneas (*simulcast*) de carácter transitorio. Por otra parte, existían plazos comprometidos de liberación, dado el interés de los operadores de telecomunicaciones que se la habían adjudicado por disponer lo antes posible de la banda de 800 MHz, ya que la rápida culminación del proceso de migración de canales redundaba en beneficio de sus planes de despliegue de redes de cuarta generación.

La Ley 2/2011, de 4 de marzo, de Economía Sostenible, estableció en su artículo 51 que la banda de frecuencias 790 MHz a 862 MHz (banda de 800 MHz) se destinaría principalmente para la prestación de servicios avanzados de comunicaciones electrónicas, en línea con los usos armonizados acordados en la Unión Europea, señalando que dicha banda debía quedar libre para poder ser asignada a sus nuevos usos antes del 1 de enero de 2015.

Sin embargo, la elaboración de la normativa técnica necesaria para acometer el abandono de la banda de 800 MHz por parte de los prestadores del servicio de TDT que la venían ocupando, no se vio finalizada hasta septiembre de 2014, fecha en que se aprobó un nuevo Plan Técnico Nacional³.

La complejidad de las actuaciones derivadas de lo recogido en el Plan Técnico -los prestadores del servicio de televisión tenían que cumplir los objetivos de cobertura exigidos en el mismo en las nuevas frecuencias y, por otro lado, los ciudadanos tenían que realizar intervenciones en sus sistemas de recepción para adaptarlos a los nuevos canales- ocasionó que no pudiera cumplirse la fecha objetivo de 1 de enero de 2015 prevista en la Ley de Economía Sostenible, liberándose finalmente la banda de 800 MHz el 31 de marzo de 2015⁴.

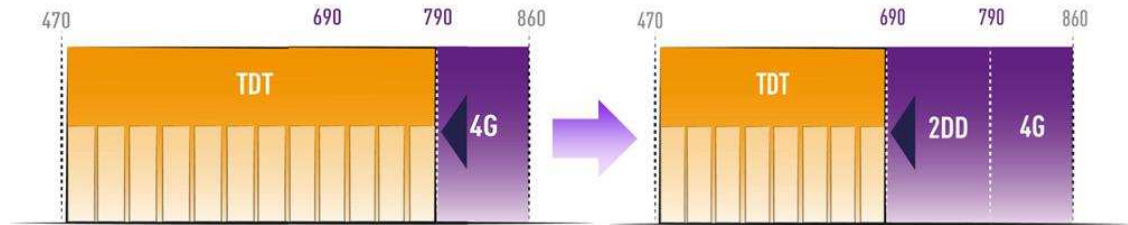
II.2. Segundo dividendo digital

La liberación de la banda de 700 MHz (694-790 MHz) tiene por objeto impulsar el desarrollo y la implantación de los servicios de banda ancha móviles mediante la migración de la TDT a la banda sub 700 MHz (470-690 MHz).

³ Real Decreto 805/2014, de 19 de septiembre, por el que se aprueba el Plan Técnico Nacional de la Televisión Digital Terrestre y se regulan determinados aspectos para la liberación del dividendo digital.

⁴ De acuerdo con el Real Decreto-ley 17/2014, de 26 de diciembre, de medidas de sostenibilidad financiera de las comunidades autónomas y entidades locales y otras de carácter económico.

Figura 2. Segundo dividendo digital



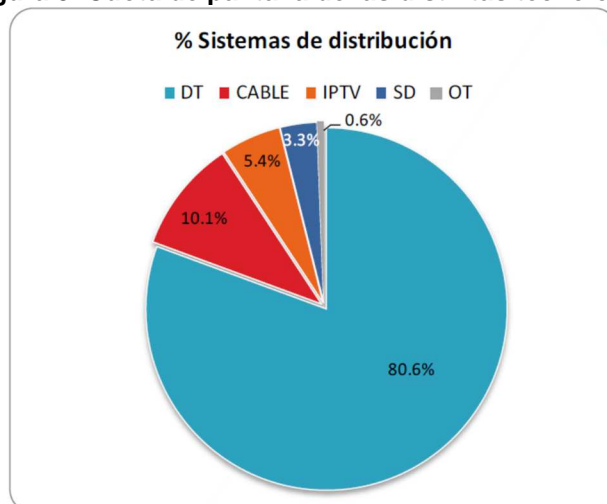
Nuevamente, este segundo dividendo digital debe conciliar objetivos contrapuestos: promover la transformación digital y la mejora de los servicios de banda ancha sin que ello vaya en detrimento de la actual oferta audiovisual de TDT y, en particular, de su mantenimiento, evolución tecnológica y sus modelos de negocio. Es decir, por una parte debe impulsar el desarrollo de la banda ancha y la quinta generación de comunicaciones móviles (5G), y por otra, mantener el modelo actual de radiodifusión televisiva y, en concreto, sus características de acceso universal, oferta en abierto, servicio público y motor de cohesión social.

A este respecto no debe obviarse la actual fortaleza del modelo de TV lineal en abierto, que se mantiene como una de las opciones audiovisuales principales: la TDT es la plataforma con mayor penetración en Europa (43%)⁵; además, el tiempo de consumo de TV lineal en España se ha incrementado en los últimos 10 años y la TDT representa el 80% de la cuota de pantalla en nuestro país⁶. Además, el Plan Técnico de la TDT garantiza que la cobertura del múltiple con los principales canales de la Corporación de Radio y Televisión Española es al menos del 98% de la población, y la del resto de múltiples al menos del 96% de la población.

⁵ Fuente: Digital Terrestrial Action Group (DIGITAG), http://www.digitag.org/wp-content/uploads/2015/01/0694-Roadmap-Report_web-2.pdf

⁶ Fuente: Barlovento Comunicación, <https://www.barloventocomunicacion.es/images/publicaciones/analisis-televisivo-2015-Barlovento.pdf>

Figura 3. Cuota de pantalla de las distintas tecnologías



III. LA BANDA DE 700 MHZ

III.1. Coordinación internacional

La banda de 700 MHz (694-790 MHz) históricamente ha estado atribuida al servicio de radiodifusión. Sin embargo, ante la creciente demanda de espectro radioeléctrico para la prestación de servicios de comunicaciones electrónicas la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), en su Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones realizada en Ginebra a finales de 2015, determinó la conveniencia de habilitar esta banda para la prestación de servicios de comunicaciones electrónicas.

Como resultado la edición de 2016 del Reglamento de Radiocomunicaciones⁷ de la UIT atribuye la banda de frecuencias de 700 MHz para la radiodifusión y el servicio móvil (excepto el móvil aeronáutico) a título co-primario⁸.

En el ámbito nacional, se ha trasladado recientemente esta modificación, junto con el resto de actualizaciones derivadas de las resoluciones adoptadas por la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones, al Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias (CNAF)⁹. De esta forma la banda 700 MHz ya se encuentra

⁷ El Reglamento de Radiocomunicaciones es el tratado internacional por el cual se rige la utilización del espectro de frecuencias radioeléctricas y de las órbitas de los satélites geoestacionarios y no geoestacionarios. Es revisado periódicamente en las conferencias mundiales de radiocomunicaciones (CMR), que se celebran cada tres o cuatro años.

⁸ Cuando una banda de frecuencias se atribuye a varios servicios, pueden distinguirse los servicios primarios de los secundarios. Las estaciones de un servicio secundario no deben causar interferencia perjudicial a las estaciones de un servicio primario; y no pueden reclamar protección contra interferencias perjudiciales causadas por estaciones de un servicio primario. La banda de 700 MHz seguirá estando igualmente atribuida a modo primario para el servicio de radiodifusión, es decir, a título co-primario.

⁹ Orden ETU/1033/2017 por la que se aprueba el Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias.

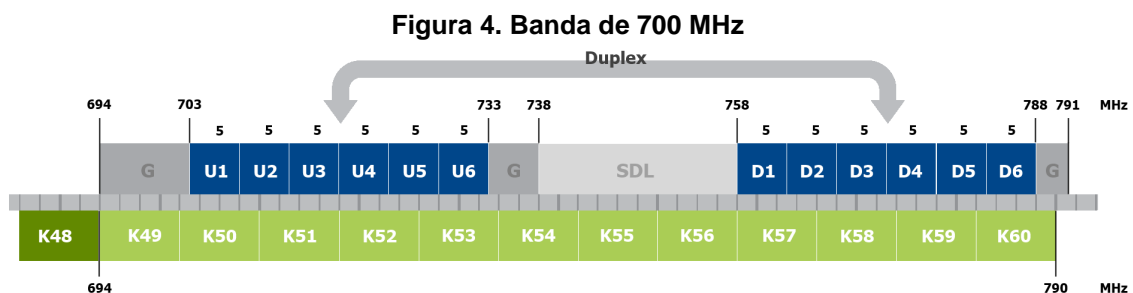
atribuida en el CNAF a radiodifusión y al servicio móvil (excepto el móvil aeronáutico) a título co-primario.

En el ámbito comunitario han sido aprobadas tanto la Decisión de Ejecución¹⁰ relativa al uso de la banda 700 MHz para servicios de comunicaciones electrónicas como la Decisión del Parlamento Europeo y el Consejo sobre el uso de la banda de 700 MHz en la Unión¹¹, en la cuales se fijan respectivamente las condiciones técnicas para su explotación y el calendario para la liberación de dicha banda.

Como muestra la figura, la banda 700 MHz (694-790) desde el punto de vista de la radiodifusión contiene los 12 canales de 8 MHz que van desde el 49 al 60.

Tal como determina la Decisión de Ejecución 2016/687, para la prestación de servicios de comunicaciones móviles estas frecuencias se distribuyen en dos bandas de 30 MHz con una configuración pareada, ubicadas entre la frecuencia 703 y 733 MHz para el enlace ascendente y entre los 758 y 788 MHz para el enlace descendente.

Ello permitiría disponer de un máximo de 6 bloques de 2x5 MHz en esta banda.



El resto de frecuencias están reservadas como canales de guarda para evitar interferencias¹², o bien forman la zona del intervalo de dúplex¹³ necesaria para mantener la separación entre el canal descendente y el canal ascendente.

Estos canales reservados, tal como reflejan los informes 53 y 60 de la CEPT¹⁴, presentan distintas opciones para su utilización, las cuales recaen en el ámbito

¹⁰ Decisión de Ejecución (UE) 2016/687 de la Comisión de 28 de abril de 2016 relativa a la armonización de la banda de frecuencias de 694-790 MHz para los sistemas terrenales capaces de prestar servicios de comunicaciones electrónicas inalámbricas de banda ancha y para un uso nacional flexible en la Unión.

¹¹ Decisión (UE) 2017/899 del Parlamento Europeo y del Consejo de 17 de mayo de 2017 sobre el uso de la banda de frecuencia de 470-790 MHz en la Unión.

¹² 694-703 MHz, 733 MHz-738MHz y 788-791 MHz.

¹³ 50 MHz ubicados entre las frecuencias 738 y 758 MHz.

¹⁴ Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones. Para la elaboración de las medidas técnicas de armonización de la atribución de frecuencias, la Comisión otorga mandatos a la CEPT estableciendo las tareas a realizar y el calendario correspondiente,

de decisión nacional siempre que no produzcan interferencias con los servicios autorizados.

Los citados informes plantean como una posible opción la utilización del intervalo de dúplex para proporcionar un enlace descendente suplementario (*supplemental downlink, SDL*). Ello supondría la ampliación de los recursos radioeléctricos de los que dispondrían los operadores en el enlace desde la estación base hacia los terminales. Se daría así una mejor respuesta al problema de la asimetría del tráfico de datos puesto que se incrementaría la capacidad del enlace descendente y por consiguiente la velocidad de descarga de contenidos desde internet¹⁵.

III.2. Procedimiento para liberar la banda 700 MHz en los países de la UE

La Decisión (UE) 2017/899 del Parlamento Europeo y del Consejo de 17 de mayo de 2017 determinó los hitos temporales que deberían cumplir los Estados miembros para liberar la banda de 700 MHz de los servicios de TDT y que esta pasara a estar destinada a la prestación de servicios de comunicaciones electrónicas. Los principales hitos marcados fueron:

- Los Estados miembros deberán celebrar todos los acuerdos de coordinación de frecuencias transfronterizos que sean necesarios en la Unión, antes del **31 de diciembre de 2017**.
- Los Estados miembros adoptarán y harán público el plan y el calendario establecidos a escala nacional («hoja de ruta nacional»), **lo antes posible y, en cualquier caso, a más tardar el 30 de junio de 2018**. Los Estados miembros elaborarán sus hojas de ruta nacionales después de consultar con todas las partes interesadas.
- Los Estados miembros autorizarán el uso de la banda de frecuencia de 700 MHz para los sistemas terrestres capaces de prestar servicios de comunicaciones electrónicas de banda ancha inalámbrica, exclusivamente con arreglo a las condiciones técnicas armonizadas establecidas por la Comisión, **a más tardar el 30 de junio de 2020**.

En consecuencia, la banda de 700 MHz pasará a estar destinada a la prestación de servicios de comunicaciones electrónicas en el corto plazo y, para ello,

conforme a la Decisión n° 676/2002/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 7 de marzo de 2002, sobre un marco regulador de la política del espectro radioeléctrico en la Comunidad Europea (Decisión espectro radioeléctrico).

¹⁵ Otras opciones contempladas en los citados informes son la utilización de estas frecuencias para prestar servicios de comunicaciones en el ámbito de la protección pública y socorro en caso de catástrofe (*Public Protection and Disaster Relief, PPDR*), los servicios de realización de programas y acontecimientos especiales (*Programme Making and Special Events, PMSE*) o los servicios máquina a máquina (*Machine-to-Machine, M2M*).

España tiene de plazo hasta de 30 de junio de 2018 para adoptar el plan y el calendario necesarios¹⁶.

La Decisión contempla también la posibilidad de que de los Estados miembros puedan aplazar la autorización del uso de la banda de frecuencias de 700 MHz por un máximo de dos años, alegando uno o varios de los motivos debidamente justificados que se indican en el anexo de la misma.

A este respecto se considera que la liberación de esta banda debería producirse no más tarde del 30 de junio de 2020, tal como señala la Decisión. La disponibilidad de esta banda en 2020 es de gran importancia para el despliegue de las redes de 5G, puesto que se prevé que en esa fecha tanto el estándar 5G como los equipos basados en él hayan alcanzado el grado de madurez necesario para iniciar su despliegue de forma masiva. El impacto en la TDT es ciertamente importante, con aplazamiento o sin él, pero debe abordarse con medidas adecuadas planificadas con suficiente antelación y que ofrezcan a la TDT seguridad jurídica y soluciones efectivas para el periodo de 2020-2030.

III.3. La importancia estratégica de la banda de 700 MHz para los servicios de comunicaciones electrónicas

Las bandas situadas por debajo de 1GHz, por sus características de propagación, son especialmente indicadas para cubrir entornos rurales o de baja densidad de población, además de ofrecer una mejor penetración de la señal y por tanto, cobertura en los interiores de los edificios. Estas características las hacen especialmente atractivas, al permitir prestar servicios con una amplia cobertura y unos costes razonables.

En la actualidad, tal como se muestra en la siguiente tabla, existen 760 MHz adjudicados a operadores de comunicaciones electrónicas mediante los cuales se podrían prestar servicios móviles.

Tabla 1: Distribución y usos de las principales bandas de frecuencias

Banda de frecuencia	Rango de frecuencias	Ancho de banda	Uso principal
800 MHz	790-862 MHz	2 x 30 MHz	4G
900 MHz	880-915 MHz / 925-960 MHz	2 x 35 MHz	2G y 3G
1800 MHz	1710-1785 MHz / 1805-1880 MHz	2 x 75 MHz	2G y 4G
2100 MHz	1.900-1.980 MHz / 2.110-2.170 MHz	2 x 60 MHz + 20 MHz TDD ¹⁷	3G
2,6 GHz	2.500-2.690 MHz	2 x 70 MHz + 40 MHz TDD	4G

¹⁶ El Minetad ha publicado en noviembre de 2017 una consulta pública sobre la banda de 700 MHz para adoptar la hoja de ruta nacional que defina el plan y el calendario del proceso: <http://www.minetad.gob.es/telecomunicaciones/es-ES/Participacion/Paginas/consulta-publica-banda-700-MHz.aspx>

¹⁷ TDD: Time-division duplexing es una técnica de acceso al medio que permite usar la misma frecuencia para transmitir la información del canal descendente (downlink) y ascendente (uplink), a diferencia de FDD (Frequency-division duplexing) en la que se usan bandas pareadas.

Banda de frecuencia	Rango de frecuencias	Ancho de banda	Uso principal
3,4-3,6 GHz	3.400-3.480MHz/3.500-3.580 MHz	2x80 MHz	Fijo ¹⁸
Total	-	760 MHz	-

Fuente: CNMC

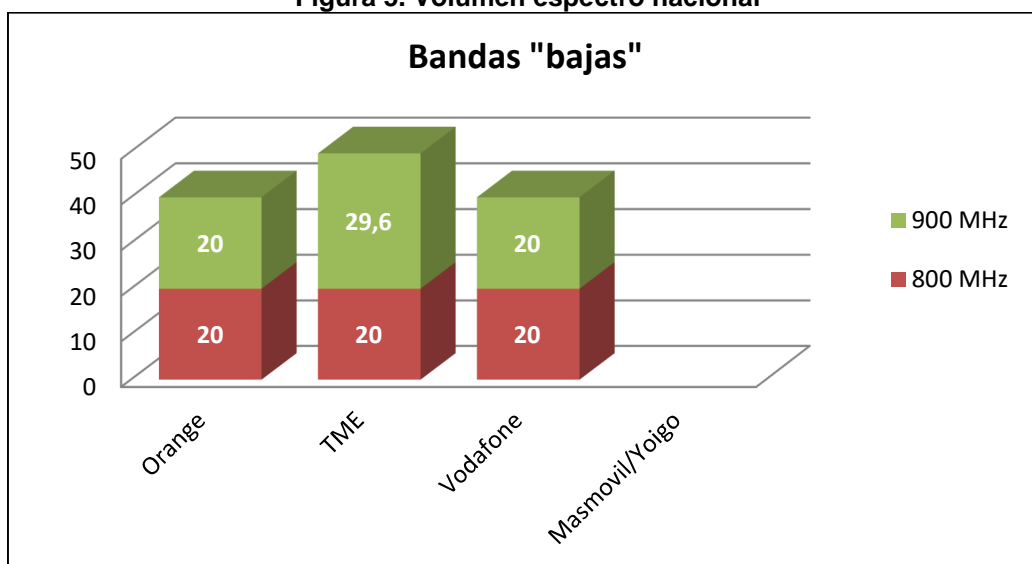
En la banda de 700 MHz, tal como se ha señalado, los recursos radioeléctricos disponibles para la prestación de los servicios móviles son muy limitados (30 MHz pareados¹⁹), en comparación con el volumen total de espectro disponible para la prestación de servicios móviles.

A priori podría considerarse que la liberación de una banda que supone un incremento del ancho de banda disponible inferior al 10% del volumen total del espectro podría tener un impacto en el mercado relativamente menor. Si bien, en las bandas “bajas” se observa que el volumen de espectro que se liberará en la banda de 700 MHz supone un incremento de casi el 50% del volumen actualmente disponible en estas bandas

En este contexto, será preciso tener en cuenta la distribución de frecuencias por operador en España.

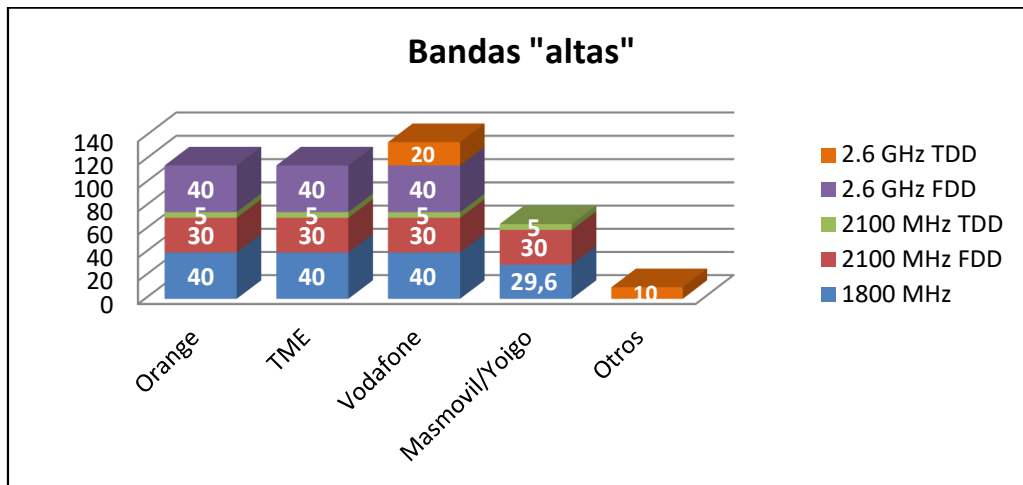
Los distintos procesos de licitación que se han llevado a cabo, junto con la transmisión de un bloque de frecuencias por parte de Orange a Aire Networks del Mediterráneo en el marco del proceso de adquisición de Jazztel, han dado como resultado el siguiente reparto de frecuencias a nivel nacional, entre los distintos operadores que prestan servicios de comunicaciones electrónicas:

Figura 5. Volumen espectro nacional



¹⁸ Se prevé que sea una de las bandas en las que se despliegue el 5G.

¹⁹ Sin tener en cuenta la posible utilización del intervalo de dúplex.



Fuente: CNMC

Tal como se puede observar, el actual reparto del espectro radioeléctrico configura un escenario en el que tres operadores copan la totalidad del espectro radioeléctrico en las bandas “bajas” de 800 y 900 MHz. Ello provoca que los operadores móviles que carecen de dichas bandas deban alcanzar acuerdos mayoristas con estos operadores para poder prestar servicios con la calidad y la cobertura necesarias para competir en el mercado en condiciones similares al resto de operadores móviles.

Yoigo/Masmovil dispone de un volumen de espectro relativamente importante en las bandas altas. Para poder prestar un servicio de características y estructura de costes similares a las de los otros tres operadores móviles de red (OMR) debe llegar a acuerdos de acceso móvil con alguno de los operadores que disponen de frecuencias en las bandas bajas.

Fruto de los compromisos adquiridos por Orange dentro del proceso de autorización de la compra de Jazztel, Orange se comprometió a mantener el acuerdo de OMV suscrito con Masmóvil hasta el año 2022. Posteriormente este acuerdo se extendió al resto de sociedades de su grupo (incluyendo Yoigo). De esta forma, Yoigo/Masmóvil tiene garantizado por contrato hasta 2022 el acceso mayorista a la red de Orange para completar de esta forma la cobertura de su propia red.

La utilización de la red de Orange le permite beneficiarse de unas economías de escala mayores, puesto que la red es compartida tanto por clientes de Orange como por clientes de Masmovil. No obstante, el hecho de requerir de un acuerdo mayorista de acceso para completar su cobertura, disminuye la posibilidad de diferenciación de Yoigo/Masmovil, así como su capacidad de intervención tanto en los “drivers” de costes como en la planificación del despliegue.

Por ello, la situación de Yoigo/Masmovil, que necesita un acceso mayorista móvil para seguir prestando sus servicios en el mercado minorista es un aspecto a

considerar en el análisis del uso de la banda 700 MHz para servicios de comunicaciones electrónicas.

Por lo tanto, la liberación de esta banda y las condiciones en las que se produzca su licitación tendrán un gran impacto en el mercado de las comunicaciones electrónicas móviles. Ello se debe a que existe un compromiso entre las prestaciones técnicas que puede ofrecer una red, que dependen entre otros factores de la cantidad de espectro del que dispone cada operador, y el número de operadores que poseen frecuencias propias, el cual determina el nivel de competidores potenciales a nivel de infraestructuras.

Minimizando la segmentación del espectro (asignación a un menor número de operadores), las prestaciones técnicas de las redes son mayores (mayor velocidad de transmisión), pero el número de competidores en el mercado será lógicamente menor. Por el contrario, a mayor segmentación del espectro, mayor es el número de oferentes, pero las prestaciones de las redes se ven mermadas (velocidades inferiores).

La forma de adjudicar la banda de 700 MHz, así como, las condiciones, los compromisos y las obligaciones que adquieran los operadores en el marco de dicha licitación, será un factor determinante a la hora de calibrar el impacto que tendrá, desde el punto de vista de la dinámica competitiva en el mercado móvil y la capacidad de prestar nuevos servicios por parte de los operadores.

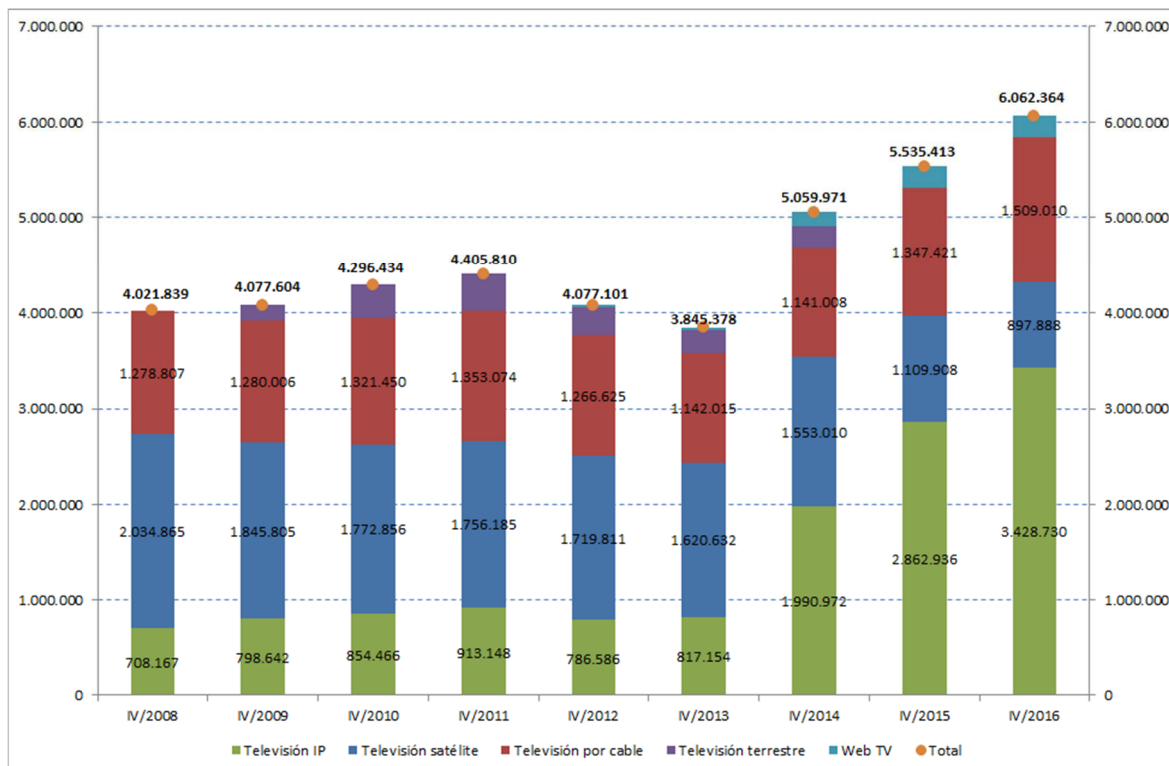
IV. ANÁLISIS DEL IMPACTO EN LOS SERVICIOS DE TDT

El importante despliegue de nuevas redes de nueva generación (en especial las redes de fibra hasta el hogar –FTTH, por su siglas en inglés), que los operadores de telecomunicaciones están llevando a cabo desde 2012, se ha visto acompañado de la proliferación de ofertas empaquetadas, que incluyen servicios de comunicaciones electrónicas (como los servicios de acceso de banda ancha sobre redes fijas y móviles así como de telefonía fija y móvil) y de TV pago (en sus diferentes modalidades, dependiendo de la naturaleza del contenido – Premium y no Premium).

Así, se está configurando un nuevo escenario en el que, de manera creciente, los usuarios finales acceden a los contenidos audiovisuales a través de estas nuevas plataformas y en el que la televisión de pago empieza a jugar un papel cada vez más preponderante.

Como muestra el siguiente gráfico el número de abonados de televisión de pago creció cerca de un 60% entre diciembre de 2013 y 2016 (con más de 2,2 millones de abonados). Más aún, la televisión IP, ofrecida sobre las redes de fibra, se erigió en el principal artífice de este cambio de tendencia, al sumar más de 2,5 millones de abonados desde finales de 2013, en el que la televisión de pago alcanzó su punto más bajo con menos de 4 millones de abonados.

Figura 6. Número de abonados de televisión de pago por medio de transmisión



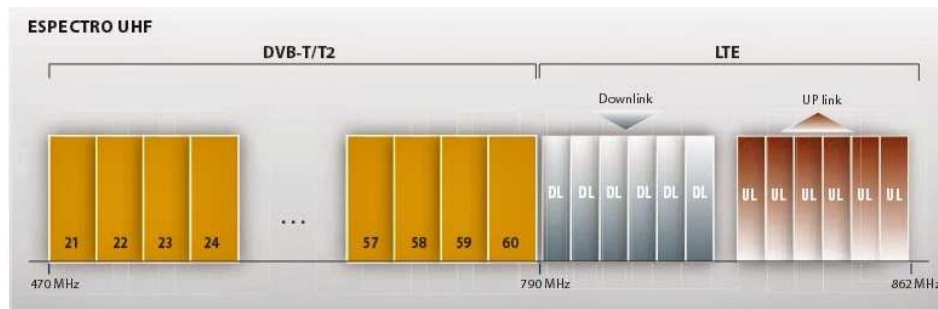
Fuente: CNMC. Informes trimestrales

En definitiva, la revitalización de la televisión de pago y con ello, el acceso a los contenidos en abierto a través de plataformas alternativas a la TDT constituye una tendencia del mercado relevante a la hora de valorar de impacto de la puesta en disposición de la banda 700 MHz para la prestación de servicios de comunicaciones electrónicas,

Ahora bien, el modelo de TV lineal en abierto se mantiene como una de las opciones audiovisuales principales y la TDT como la principal plataforma para su difusión. Por ello, se considera que la oferta televisiva actual en abierto todavía es una referencia válida y, conforme a este supuesto, se realiza el análisis de impacto.

IV.1. Situación actual de la TDT

El Plan Técnico nacional de la televisión digital terrestre (TDT) de 2014 dispuso el uso de la banda de frecuencias de UHF (470 – 790 MHz) para los servicios de TDT, manteniendo la división de dicha banda en canales radioeléctricos de 8 MHz de ancho de banda.



Como se expone en el anexo I, la configuración técnica empleada en España en la red de difusión permite alcanzar un régimen binario por canal radioeléctrico (8MHz) de **19,91Mbps**.

Tomando la referencia intermedia de 10 múltiples digitales por demarcación, y teniendo en cuenta que el régimen binario neto por múltiple digital es de 19,91Mbps, puede observarse que la máxima capacidad de transmisión total actualmente disponible en una ubicación es de 199 Mbps. Es decir, ése es el límite aproximado en cuanto a capacidad de transmisión que permite la actual tecnología junto con la actual disponibilidad de espectro para TDT.

Considerando los canales de ámbito nacional, autonómico y local, puede determinarse de forma aproximada –tomando valores medios de tasa de bit para los distintos canales en SD y HD- que el régimen binario total necesario en una ubicación determinada para transmitir la actual oferta de canales de televisión es de 200 Mbps, muy cercano a la capacidad neta antes estimada en 199 Mbps.

La cuestión que se aborda en los apartados siguientes es el efecto que sobre esta situación tiene la próxima liberación de la banda de 700Mhz, dada la reducción de la capacidad de transmisión de la red de TDT que ello puede conllevar y asumiendo que la oferta televisiva actual se mantiene.

IV.2. Impacto en la capacidad de transmisión de la red de TDT

La liberación de la banda de 700Mhz implica que de los 40 canales radioeléctricos de 8MHz actualmente disponibles para la emisión de TDT (320 MHz ubicados entre las frecuencias 470 a 790 MHz, canales 21 al 60) se pasará a disponer de un total de 28 canales o 224 MHz (entre 470 MHz y 694MHz, canales 21 al 48). Es decir, los servicios de TDT sufren la pérdida del 30% del actual espectro, lo que se traduce en una pérdida relevante de la capacidad de transmisión de la red de TDT, que no podrá acomodar el régimen binario requerido por las emisiones actuales. Por tanto, si se pretende mantener el actual número de canales de televisión, es necesario adoptar decisiones relevantes en relación con los aspectos siguientes:

- Racionalización de los diversos formatos de emisión actualmente empleados: MPEG-2 versus H.264, SD versus HD, y en particular el actual simulcast SD/HD (emisión del mismo contenido en ambos formatos).
- Evolución tecnológica a implantar en las redes de TDT al objeto de mejorar su eficiencia espectral.

IV.3. Racionalización de formatos

Actualmente, ciertos canales de televisión se emiten simultáneamente en los formatos SD y HD, ocupando la capacidad de dos canales digitales lo que, a priori, podría parecer una sobreocupación del recurso radio, dado que se trata de un mismo contenido, pero ha sido utilizado como estímulo para el tránsito a la tecnología HD. Por ello, esta situación de simulcast se da en los canales más representativos de las sociedades licenciatarias y del Ente Público CRTVE, que recurren a esta modalidad para ofrecer contenido con calidad HD a los usuarios que progresivamente van adquiriendo equipos con la capacidad necesaria para su visionado, al tiempo que los usuarios con dispositivos que por ser más antiguos carecen de la misma, mantienen la capacidad de visualizar dichos canales en su versión SD.

Esta situación de simulcast, plenamente justificada durante la fase de transición tecnológica, podría reconsiderarse a medida que el parque de receptores de televisión adquiere de forma masiva la capacidad de recepción en HD. Es por ello que podría valorarse la posibilidad de que en el próximo hito de liberación de espectro se cese la práctica de emisión simulcast, para de esta forma beneficiarse del ahorro de banda que ello implicaría. Tomando el ejemplo anterior, esta medida supondría el cese de la emisión de 7 canales en SD, de lo que resultaría un total de 39 emisiones, siendo 29 en SD y 10 en HD.

IV.4. Evolución tecnológica de la TDT

Como refleja el anexo I, las nuevas tecnologías permiten mejoras sustanciales en las etapas de codificación y de transmisión de video, de modo que hacen posible la difusión de un mayor número de canales en el mismo ancho de banda, o bien mantener el número de canales ante un recorte del ancho de banda disponible. Asimismo, permiten mejoras en la calidad del vídeo, tales como la alta o ultra alta definición, así como la distribución de contenido enriquecido (modelo que incorpora a las emisiones de televisión contenidos vinculados a las mismas disponibles a través de la conexión de banda ancha).

La implantación de estas soluciones en el actual ecosistema de TDT cumpliría un doble objetivo: (i) minimizar el impacto que la liberación de la banda de 700 MHz pueda causar en la actual oferta, y (ii) conseguir la mejor calidad posible de los contenidos emitidos, evitando que se produzca un desfase tecnológico entre la TDT y otras plataformas audiovisuales, en detrimento de la primera.

No obstante, la migración tecnológica puede requerir la renovación del parque de receptores (televisores domésticos), así como actualizaciones de la red de difusión. Esta renovación podría ser total o parcial en función de la profundidad de las mejoras tecnológicas que se implanten:

- El impacto que supone la incorporación de nuevas tecnologías de compresión es reducido en la parte de red, donde únicamente se requiere la sustitución de los codificadores, y es variable en los hogares en función de la tecnología escogida. Así, la implantación de un sistema de codificación basado en H.264 tendría un impacto limitado al estar dicha funcionalidad ya incorporada en gran parte de los receptores domésticos²⁰. Sin embargo, la incorporación de la tecnología más reciente H.265 resulta más crítica, ya que es incipiente su adopción²¹ en el parque de receptores domésticos: aunque muchos nuevos televisores ya la soportan, el actual parque es mayoritariamente incompatible. Por tanto, la incorporación de esta tecnología implicaría la sustitución de gran parte de los televisores, o bien el uso de receptores externos.
- La incorporación de la tecnología de transmisión DVB-T2 implica actuaciones en los centros emisores de TDT, donde todos los transmisores deben ser actualizados o reemplazados. Pero, además, se trata de una tecnología con muy escasa presencia en los receptores de televisión²², por lo que tiene un impacto muy alto en los hogares. Si bien los nuevos televisores empiezan a presentar esta funcionalidad, la gran mayoría del parque instalado resulta incompatible, por lo que debería llevarse a cabo su total restitución o bien recurrir al uso de receptores externos.

IV.5. Análisis de escenarios de migración

A la vista de la situación actual y de las posibilidades de evolución tecnológica de la TDT, se ha analizado un conjunto de escenarios (detallados en el anexo I) manteniendo la actual oferta de canales. El análisis de escenarios contempla también el impacto que conlleva la incorporación de nuevas tecnologías, tanto en la red de difusión como en los hogares.

IV.5.1. Posibles escenarios

Los escenarios evaluados son los siguientes:

1. **Actual simulcast SD/HD:** Consiste en la total continuidad de las condiciones actuales: se mantiene la situación de simulcast SD/HD para los canales de televisión más representativos de cada sociedad licenciataria; asimismo se mantienen las actuales tecnologías de codificación: MPEG-2 para los canales en

²⁰ 73% del parque instalado.

²¹ 5% del parque instalado.

²² 15% del parque instalado.

SD y H.264 para los emitidos en HD. Sería necesario un proceso de replanificación de frecuencias altamente optimizado al objeto de evitar que la pérdida espectral del 30% antes señalada se traduzca en una pérdida equivalente de la capacidad de transmisión de la red. Únicamente de ser posible dicha replanificación optimizada podría mantenerse el actual número de múltiples digitales, y por tanto las actuales emisiones

2. **Sin simulcast, coexisten emisiones SD MPEG-2 y HD H.264:** Se elimina la situación de simulcast SD/HD que actualmente se lleva a cabo para determinados canales de televisión, cancelándose las emisiones en calidad SD. El resto de canales que se vienen emitiendo en calidad SD mantienen la actual codificación MPEG-2; por su parte los canales en calidad HD mantienen la codificación H.264.
3. **Sin simulcast, emisiones SD y HD coexisten en H.264:** Se elimina la situación de simulcast SD/HD que actualmente se lleva a cabo para determinados canales de televisión, cancelándose las emisiones en calidad SD. Asimismo, se lleva a cabo la migración del resto de las emisiones en calidad SD a tecnología de compresión H.264. Los canales en calidad HD mantienen la misma codificación H.264 que emplean a día de hoy.
4. **Migración total a HD y H.264:** Además de la supresión del simulcast SD/HD, todos los canales en calidad SD pasan a emitirse en HD, mediante el sistema de compresión H.264.
5. **Migración total a HD y H.265:** Además de la supresión del simulcast SD/HD, todos los canales en calidad SD pasan a emitirse en HD, mediante compresión H.265. También los canales que se vienen emitiendo en calidad HD pasan a codificarse mediante H.265.

IV.6. Conclusiones del análisis de escenarios

De acuerdo con lo recogido en el anexo I, los escenarios que según los criterios evaluados en este informe podrían presentar un mayor atractivo serían los siguientes:

- (i) De resultar factible una replanificación frecuencial optimizada como la señalada en el escenario primero, éste sería un punto de partida de gran interés dado que el nulo impacto que supone en los receptores de televisión permite que la liberación de la banda de 700MHz pueda acometerse rápidamente, cumpliéndose con la fecha objetivo sin impacto en los receptores de los ciudadanos.
- (ii) Posteriormente, el escenario tercero, "Sin simulcast, emisiones SD y HD coexisten en H.264", sería la evolución natural por su sencillez y bajo coste de implementación, al precio de presentar un potencial de evolución a HD limitado.

La completa migración a la tecnología H.264 planteada en este escenario supone un impacto muy reducido en los hogares, donde dado el alto nivel de penetración de dicha tecnología solo un porcentaje reducido de los televisores debería ser sustituido o adaptado. Asimismo, se requiere un bajo nivel de intervención en la red, donde únicamente debe acometerse la actualización parcial de los sistemas de codificación.

En este escenario la capacidad de transmisión resultante puede acomodar sobradamente la demanda de los actuales servicios, y ello sin que sea necesaria la migración a la tecnología DVB-T2, existiendo incluso un exceso en la capacidad de transmisión para incorporar futuras mejoras en la calidad de los servicios o bien para la inclusión de otros nuevos.

Sin embargo, esta alternativa presenta el inconveniente de que, al mantenerse un porcentaje significativo de emisiones en calidad SD, pueda producirse un gap tecnológico entre la TDT y otras plataformas audiovisuales cuando sea habitual en estas últimas la emisión de contenidos en calidad HD.

Por ello, puede servir como punto de partida para la incorporación gradual de nuevas tecnologías: por ejemplo, al existir un excedente de capacidad, pueden incorporarse progresivamente emisiones en simulcast H.265 y H.264, para ir cesando las segundas a medida que aumente la penetración en los hogares de dispositivos compatibles. En última instancia se produciría la total migración a las tecnologías H.265 y DVB-T2.

(iii) Para una evolución a medio plazo debe considerarse el Escenario 4+5, Migración total a H.265 y DVB-T2, por su gran potencial para la incorporación de contenido de alta calidad, HD en primera instancia y Ultra-HD en el futuro, al precio del alto impacto que conlleva la renovación de los televisores y la red.

Es decir, este escenario conlleva no solamente la renovación de la mayor parte del parque de televisores, sino también la actualización de la red, donde la inclusión de DVB-T2 es más costosa que la adopción de H.265: la primera requiere la total renovación de los transmisores de la red, y la segunda solamente la sustitución de los codificadores, muy inferiores en número.

Este escenario 4+5, a pesar de ser costoso, es el único que garantiza la total competitividad de la TDT frente a otras plataformas, al permitir no solo el próximo estadio de evolución tecnológica que es la completa transición a HD, sino también el siguiente, que pasará por la adopción del estándar de calidad Ultra-HD, también conocido como 4K, que este escenario permitirá, al menos, para un cierto número de canales. Así pues, este es el escenario que garantiza la proyección futura de la TDT como plataforma de difusión, por lo que debería ser el escenario objetivo a pesar de sus inconvenientes en el momento de la transición.

Puesto que la implantación de los escenarios 4, 5, o 4+5 requiere la casi completa renovación del parque de televisores, en caso de optarse por estas alternativas sería de gran importancia promover lo antes posible iniciativas dirigidas a facilitar la comercialización de televisores compatibles con la tecnología DVB-T2/HEVC²³ y el acceso de los sectores más desfavorecidos de la población a receptores renovados.

IV.7. Costes de adaptación y medidas de estímulo

En general, para la ejecución de este segundo dividendo digital es necesario prever con la debida anticipación todos los procesos de provisión de información a los ciudadanos, y en su caso evaluar la puesta a disposición a los mismos de mecanismos de ayuda. A estos efectos, la Decisión (UE) 2017/899 de 17 de mayo de 2017 sobre el uso de la banda de frecuencia de 470-790 MHz en la Unión habilita a los Estados miembros a velar por que los costes directos que suponga, en particular para los usuarios finales, la migración o la reasignación del uso del espectro, sean compensados con el fin de facilitar la transición en el uso del espectro hacia tecnologías de mayor eficiencia²⁴.

La normativa comunitaria de aplicación establece una preferencia clara por el uso de mecanismos de financiación pública que estimulen la demanda de los usuarios finales, frente a otro tipo de medidas que podrían tener un impacto más significativo sobre la competencia. A este respecto, procede recordar que en el primer dividendo digital, la Comisión Europea no formuló objeciones a las medidas planteadas por España en relación con el uso de medidas de estímulo para comunidades de propietarios de edificios que, con objeto de garantizar la continuidad de la recepción de los canales emitidos en abierto hasta ese momento en la banda de 790-862 MHz, necesitasen modernizar la infraestructura actual de TDT o cambiar a otra plataforma de su elección (medida I) y sin embargo consideró incompatible con el mercado interior la ayuda estatal destinada a compensar los costes de emisión simultánea de los radiodifusores privados en el contexto de la liberación del dividendo digital (medida II)²⁵.

Por consiguiente, cualquier medida de estímulo que pueda adoptarse en aras de facilitar el segundo dividendo digital deberá tener como principal destinatario a los usuarios finales, en tanto beneficiarios de los servicios de comunicación audiovisual.

²³ A este respecto podrían adoptarse medidas para desincentivar la venta de dispositivos incompatibles, o al menos para garantizar el etiquetado de los productos comerciales, de forma que fuese claramente visible qué dispositivos garantizan la recepción de la TDT a largo plazo.

²⁴ Artículo 6 de la Decisión.

²⁵ Decisiones de la Comisión Europea relativas a la ayuda estatal SA. 32619 (2012/C) (ex 2011/N) notificada por el Reino de España para la compensación de determinados costes derivados de la liberación del dividendo digital.

En particular, dado el impacto que la migración hacia nuevas formas de recepción de la televisión digital puede tener sobre el equipamiento disponible a nivel de usuario, se considera conveniente la introducción desde una fase temprana de medidas de estímulo destinadas a costear la adaptación de las instalaciones de recepción, así como la renovación de los equipos de televisión domésticos (dada la necesidad de modernizar el parque disponible y adaptarlo en su caso a las nuevas tecnologías DVB-T2). Estos mecanismos de apoyo podrían en su caso centrarse en aquellas áreas geográficas donde la penetración de medios de difusión alternativos a la televisión terrestre sea aún reducida, o destinarse a hogares que no superen un determinado nivel de renta²⁶.

En este sentido, el artículo 5.2 de la Decisión (UE) 2017/899 recoge de manera explícita que *“los Estados miembros incluirán en sus hojas de ruta nacionales, cuando corresponda, información sobre las medidas, incluidas las medidas de apoyo, destinadas a limitar el impacto del proceso de transición para el público y para el uso en PMSE inalámbricos de audio y a facilitar la disponibilidad oportuna de equipos y receptores de redes de radiodifusión televisiva interoperables en el mercado interior”*.

Por el contrario, el establecimiento de mecanismos de compensación adicionales, destinados por ejemplo a compensar a los radiodifusores privados, deberá revestir un carácter excepcional, limitándose las medidas a lo estrictamente necesario para prevenir el fallo de mercado identificado, y asegurando (de conformidad con lo establecido por la Comisión Europea en relación con el primer dividendo digital) un estricto respeto de los principios de neutralidad tecnológica y proporcionalidad (en aspectos como la determinación de los concretos beneficiarios de la ayuda, así como la duración o la intensidad de la misma).

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El análisis efectuado sobre las implicaciones que la liberación de la banda de 700 MHz tiene en los actuales servicios de TDT y sobre la provisión de servicios de comunicaciones electrónicas, permite extraer las siguientes conclusiones:

Primera.- Sobre los servicios de comunicaciones electrónicas

- La liberación de la banda de 700 MHz debería producirse no más tarde del 30 de junio de 2020, tal como señala la Decisión sobre el uso de la banda de frecuencias de 470-790 MHz en la Unión, ya que la disponibilidad de esta banda en esa fecha es de gran importancia para el despliegue de las redes de 5G.

²⁶ Ver por ejemplo Decisión de la Comisión Europea de 15 de julio de 2013 relativa a la ayuda estatal SA. 36333 (2013/N) notificada por Bulgaria (*Digital television decoders to households with low income*), conforme a la cual el Estado búlgaro promovió la adquisición de descodificadores para la recepción de la televisión digital mediante vales de compra ofrecidos a usuarios que no alcanzaban un cierto umbral de renta.

- De cara a la licitación de la banda de 700 MHz deberán concretarse varios aspectos relevantes que la CNMC analizará con ocasión del informe que se recabe en relación con la convocatoria de la licitación, como son las condiciones de uso, la duración de los derechos de utilización, el calendario de licitaciones, el modelo de licitación o el tipo de subasta y su precio de salida.

Segunda.- Sobre el impacto en los servicios de Televisión Digital Terrestre

- La liberación de la banda de 700 MHz para impulsar el desarrollo de la banda ancha y la quinta generación de comunicaciones móviles (5G) supone la migración de los canales de televisión lineal en abierto. Por ello, es necesario conciliar los distintos intereses para mantener el modelo actual de radiodifusión televisiva, en particular sus características de acceso universal, oferta en abierto, servicio público y motor de cohesión social. El modelo de TV lineal en abierto sigue siendo una de las opciones audiovisuales principales, y la plataforma con mayor penetración en Europa.
- La liberación de la banda de 700MHz supone una pérdida relevante de la capacidad de transmisión de la red de TDT, que no podrá acomodar el régimen binario requerido por las emisiones actuales. Por tanto, si se pretende mantener el actual número de canales de televisión, es necesario adoptar decisiones relevantes en relación con los aspectos siguientes: racionalización de los diversos formatos de emisión actualmente empleados, y evolución tecnológica a implantar en las redes de TDT al objeto de mejorar su eficiencia espectral.
- A la vista de la situación actual y de las posibilidades de evolución tecnológica de la TDT, se ha analizado un conjunto de escenarios manteniendo la actual oferta de canales. El análisis de escenarios contempla también el impacto que conlleva la incorporación de nuevas tecnologías, tanto en la red de difusión como en los hogares. El análisis efectuado permite destacar varios escenarios de interés por su capacidad de adaptarse progresivamente al recorte de espectro, aunque de muy distinto impacto en la red y los receptores de los hogares:
 - (i) De resultar factible una replanificación frecuencial optimizada que permita mantener el actual número de múltiples digitales, podría llevarse a cabo la liberación de la banda de 700MHz sin impacto alguno en el actual parque de receptores de televisión, lo que permitiría acometer dicho proceso rápidamente, cumpliéndose con la fecha objetivo.
 - (ii) Escenario “Sin simulcast, emisiones SD y HD coexisten en H.264”. Cabría suprimir las emisiones simulcast SD/HD que actualmente se lleva a cabo para determinados canales de televisión y migrar el resto de las emisiones en calidad SD a tecnología de compresión H.264. Este escenario destaca por su sencillez y bajo coste de implementación, y puede servir como base

para la incorporación gradual de mejoras: simulcast de canales codificados mediante H.264 y H.265, y en última instancia la total migración a la tecnología H.265.

(iii) Escenario “Migración total a H.265 y DVB-T2”: supondría e la supresión del simulcast SD/HD, y que todos los canales en calidad SD pasaran a emitirse en HD, mediante el sistema de compresión H.264 y transmisión DVB-T2. Este escenario presenta un gran potencial para la incorporación de contenido de alta calidad, HD en primera instancia y Ultra-HD en el futuro, y por ello debería ser el escenario objetivo a medio plazo, a pesar de su alto impacto en la red y, especialmente, en los televisores.

Puesto que la implantación de escenarios de “alto impacto” requiere la casi completa renovación del parque de televisores, sería de gran importancia promover lo antes posible iniciativas dirigidas a facilitar la comercialización de televisores compatibles con la tecnología DVB-T2/HEVC.

En todo caso, cualquier medida de estímulo que pueda adoptarse en aras de facilitar el segundo dividendo digital, tales como la asunción de los costes de adaptación de las instalaciones de recepción o la renovación de los equipos domésticos, deberá tener como principal destinatario a los usuarios finales, especialmente a los sectores más desfavorecidos de la población.

ANEXO I. ANÁLISIS DE LOS ESCENARIOS DE EVOLUCIÓN TECNOLÓGICA DE LA TDT

1. Capacidad de transmisión de la red de TDT

1.1. Plataforma tecnológica

El Plan Técnico nacional de la televisión digital terrestre (TDT) de 2014 dispuso el uso de la banda de frecuencias de UHF (470 – 790 MHz) para los servicios de TDT, manteniendo la división de la banda en canales radioeléctricos de 8 MHz.

En España la tecnología empleada para la emisión de TDT es la definida en el estándar DVB-T (*Digital Video Broadcasting - Terrestrial*), elaborado por la organización europea DVB. El video asociado a las emisiones de TDT se somete a una codificación digital mediante los sistemas MPEG-2 o MPEG-4 (este último para emisiones en alta definición), y el régimen binario resultante de dicho proceso se transmite mediante la modulación COFDM (*Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing*).

COFDM es una tecnología de modulación de alta eficiencia espectral, que combina potentes métodos de codificación y de entrelazado para la corrección de errores en el receptor, y emplea múltiples frecuencias portadoras ortogonales moduladas cada una de ellas en amplitud y fase (QAM). El resultado es un sistema de transmisión muy robusto capaz de combatir efectos multitrayecto y otras interferencias propias del medio de propagación terrestre.

Además, presenta una gran flexibilidad al ofrecer una serie de opciones de configuración que permiten modificar la robustez de la transmisión y, en sentido contrario, la tasa útil de transmisión finalmente obtenida. Así, permite configurar canales de 6, 7 u 8 MHz de ancho de banda, y definir tres modos de trabajo para el sistema de modulación, basados en 2048 frecuencias portadoras (denominado 2k), en 4096 frecuencias (4k) o bien en 6817 (8k). Estas frecuencias portadoras pueden modularse mediante QPSK, 16-QAM o bien 64-QAM. Asimismo, los símbolos resultantes de la modulación presentan una separación entre ellos, denominada intervalo de guarda, que puede establecerse en 1/4, 1/8, 1/16 ó 1/32 de la longitud de símbolo.

En España, la configuración técnica empleada en la red de difusión es la siguiente: modulación 64-QAM; intervalo de guarda de 1/4; codificación de canal (FEC) de 2/3, es decir, de cada 3 bits, 2 bits son útiles y 1 bit es de redundancia; modo de trabajo de 8k (con 6817 portadoras). Dicha configuración permite alcanzar un régimen binario por canal radioeléctrico (8MHz) de **19,91Mbps**.

1.2. Múltiples digitales de la TDT

Para la emisión de TDT se lleva a cabo la multiplexación de varias señales televisivas en un único múltiple digital o múltiplex, que a su vez se transmite sobre un solo canal radioeléctrico de 8MHz. Es decir, dentro de cada múltiple digital convive un conjunto de canales de televisión que comparten la capacidad de transmisión del múltiplex. El régimen binario de cada canal de televisión se puede ajustar a voluntad, lo que redundará de forma directa en el nivel de calidad percibido por el usuario. En general es necesario asignar flujos binarios elevados a los contenidos sometidos a variaciones muy rápidas y altos niveles de detalle, como son los eventos deportivos, en detrimento de otros eventos con contenido más estático, como son las noticias o los dibujos animados.

Para optimizar la gestión del ancho de banda se configura en las cabeceras de TDT la gestión inteligente de dichas asignaciones, es decir, el control automático del flujo binario de cada uno de los canales que componen el múltiple digital (lo que se denomina multiplexación estadística). Esta funcionalidad conlleva el aprovechamiento óptimo de la capacidad del múltiple digital, maximizando la calidad de las señales de video que forman parte de él.

El servicio de TDT de cobertura estatal se presta a través de la capacidad de siete múltiples digitales especificados en el Plan técnico nacional de la TDT (denominados RGE1, RGE2, MPE1, MPE2, MPE3, MPE4 y MPE5). La ubicación de los operadores de televisión de ámbito estatal en dichos múltiples es la recogida en la tabla siguiente:

RGE1	RGE2	MPE1	MPE2	MPE3	MPE4	MPE5
Corporación RTVE	Corporación RTVE	Net TV	Atresmedia Televisión	Mediaset España	Atresmedia Televisión	Atresmedia Televisión
Corporación RTVE	Corporación RTVE	Net TV	Atresmedia Televisión	Mediaset España	Mediaset España	Mediaset España
Corporación RTVE	Grupo Secuoya	Veo Televisión	Atresmedia Televisión	Mediaset España	Mediaset España	Real Madrid Televisión
Corporación RTVE	Kiss TV	Veo Televisión	Atresmedia Televisión	Mediaset España	13 TV	

Además, cada comunidad autónoma dispone en su correspondiente ámbito territorial de un múltiple digital de cobertura autonómica (MAUT), con la excepción de Cataluña, que dispone de dos (MAUT y MAUTP). También existen múltiples digitales de ámbito local, generalmente uno por demarcación con excepciones como Barcelona o Madrid, donde se están emitiendo dos.

A la vista de lo anterior puede concluirse que la actual disponibilidad de espectro radioeléctrico para servicios de TDT en la banda 470 - 790 MHz permite la emisión de los múltiples digitales siguientes:

- En zonas con mayor número de múltiples asignados, como Barcelona o Madrid, se encuentran en emisión los siguientes: (i) Barcelona: 7 múltiples

digitales nacionales, dos autonómicos, y dos locales, sumando un total de 11; (ii) Madrid: 7 múltiples digitales nacionales, uno autonómico, y dos locales, sumando un total de 10.

- Por otra parte, en gran parte de las demarcaciones el número de múltiples digitales en emisión es de 9, siendo 7 de ellos nacionales, uno autonómico y uno local.

Tomando la referencia intermedia de 10 múltiples digitales por demarcación, y teniendo en cuenta que el régimen binario neto por múltiple digital es de 19,91Mbps, puede observarse que la máxima capacidad de transmisión total actualmente disponible en una ubicación es de 199 Mbps. Es decir, ése es el límite aproximado en cuanto a capacidad de transmisión que permite la actual tecnología junto con la actual disponibilidad de espectro para TDT.

Capacidad de transmisión total de la actual red de TDT

Régimen binario por múltiple	Número de múltiples	Capacidad de transmisión total
19,91 Mbps	10	199 Mbps

1.3. Canales de televisión en emisión

En gran parte de los múltiples digitales que actualmente se encuentran en emisión coexisten servicios en definición estándar SD y en alta definición (HDTV).

La TDT en definición SD se basa en la compresión mediante el estándar MPEG-2 de señales de vídeo con una definición de 576 líneas. La tasa de bit resultante puede variar entre 3 y 5 Mbps en función del tipo de contenido: los eventos deportivos, por ejemplo, requieren de regímenes binarios elevados para mantener requisitos aceptables de calidad.

La TDT en definición HDTV emplea el estándar más eficiente H.264, también conocido como MPEG-4 AVC, para la compresión del vídeo con resolución de 1080 líneas (lo que se conoce como “Full HD” o “1080p”, y que cabe diferenciar de la denominación “HD Ready” que habitualmente se atribuye a la resolución intermedia de 720 líneas). El estándar H.264 permite obtener calidades aceptables en HDTV a partir de 6 Mbps -siempre en función del contenido que se emita- siendo normalmente suficientes entre 6 y 8 Mbps.

La actual oferta de canales de los operadores de ámbito nacional es la siguiente:

- Corporación RTVE: La 1, La 2, 24h, Clan, Teledporte, La 1 HD, Teledporte HD.
- Atresmedia Televisión: Antena 3, Neox, Nova, Atres Series, Antena 3 HD, La Sexta, Mega, La Sexta HD.

- Grupo Mediaset España: Telecinco, FDF, Boeing, Telecinco HD, Cuatro, Divinity, Energy, Be Mad, Cuatro HD.
- Net Televisión: Disney Channel, Paramount Channel.
- Veo Televisión: Gol, DMax.
- 13 Televisión: 13 TV.
- Radio Blanca: DKiss.
- Grupo Secuoya: Ten.
- Real Madrid Televisión: Realmadrid TV.

Es decir, considerando además los canales de ámbito autonómico y local, la actual oferta en las zonas de mayor ocupación espectral (Barcelona y Madrid) suma un total de: (i) Barcelona: 46 canales (32 nacionales, 8 autonómicos, 6 locales), de los cuales 36 son en SD y 10 en HD; (ii) Madrid: 46 canales (32 nacionales, 4 autonómicos, 10 locales), de los cuales 37 son en SD y 9 en HD. En demarcaciones con menor número de múltiples digitales en emisión, el número de canales está en torno a los 35-40, siendo 10 de ellos en calidad HD.

Puede calcularse de forma aproximada –tomando valores medios de tasa de bit para los distintos canales en SD y HD- el régimen binario total necesario en una ubicación determinada para transmitir esa oferta de canales de televisión, además de otros contenidos asociados como radios o canales de datos. Se ha tomado como referencia el peor caso, esto es, el número de canales que están en emisión en las demarcaciones con mayor nivel de uso del espectro radioeléctrico (46 canales). En el cálculo cabe considerar también el beneficio que conlleva el uso de la multiplexación estadística.

La tabla siguiente recoge el régimen binario resultante, de acuerdo con las previsiones señaladas. Cabe tener en cuenta que se lleva a cabo una gran simplificación puesto que no todos los canales en calidad SD y HD se codifican con las tasas de bit indicadas en la tabla, y no todos los múltiples digitales implementan multiplexación estadística ni incluyen servicios de radio y datos. Es por ello que el resultado obtenido constituye una aproximación estimativa y promediada a las múltiples configuraciones que actualmente existen en las distintas demarcaciones.

	Número	Codificación	Régimen binario Mbps	
			Unitario	Total
Canales SD	36	MPEG-2	3,5	126
Canales HD	10	H.264	6	60
Mux. estadística	-10%			-18,6
Serv. datos/radio	+20%			33,5
TOTAL				200,9

En resumen cabe observar cómo la actual capacidad de transmisión de la red de TDT, que como antes se indicaba se estima en aproximadamente **199 Mbps**, es prácticamente el valor requerido para acomodar la actual oferta televisiva. La

cuestión que se aborda en los capítulos siguientes es el efecto que sobre esta situación tiene la próxima liberación de la banda de 700MHz, dada la reducción de la capacidad de transmisión de la red de TDT que ello puede conllevar y asumiendo que la oferta televisiva actual se mantiene.

2. Replanificación de canales radioeléctricos

La liberación de la banda de 700MHz implica que de los 40 canales radioeléctricos de 8MHz actualmente disponibles para la emisión de TDT (320 MHz ubicados entre las frecuencias 470 a 790 MHz, canales 21 al 60) se pasará a disponer de un total de 28 canales o 224 MHz (entre 470 MHz y 694MHz, canales 21 al 48). Es decir, los servicios de TDT sufren la pérdida del 30% del actual espectro.

La tabla siguiente recoge para cada una de las demarcaciones geográficas definidas en el Plan Técnico Nacional de la TDT, el número de canales ubicados en la banda que será liberada de entre el total de múltiples de ámbito nacional y autonómico planificados. Además de los canales recogidos en la tabla, existirán otros relativos a los múltiples de ámbito local, que al haber sido planificados considerando demarcaciones distintas (más pequeñas) a las de ámbito nacional y autonómico, no pueden incluirse en la tabla.

Área geográfica	Número de canales de la banda de 700MHz actualmente en uso
ÁLAVA	2
ALBACETE	4
ALICANTE	3
ALMERIA NORTE	3
ALMERÍA SUR	3
ASTURIAS	0
ÁVILA	2
BADAJOS ESTE	2
BADAJOS OESTE	4
BARCELONA	0
BIZKAIA ESTE	1
BIZKAIA OESTE	1
BURGOS NORTE	3
BURGOS SUR	2
CÁCERES NORTE	1
CÁDIZ ESTE	2
CÁDIZ OESTE	4
CANTABRIA	1
CASTELLÓN	4
CEUTA	4
CIUDAD REAL	1
CÓRDOBA NORTE	1
CÓRDOBA SUR	2
CORUÑA NORTE	0
CORUÑA SUR	0

Área geográfica	Número de canales de la banda de 700MHz actualmente en uso
CUENCA	2
EIVISSA	3
EXTREMADURA CENTRO	1
FUERTEVENTURA	3
GIPUZKOA	2
GIRONA	3
GRAN CANARIA NORTE	1
GRAN CANARIA SUR	1
GRANADA ESTE	2
GRANADA OESTE	5
GRANADA SUR	2
GUADALAJARA	1
HUELVA NORTE	1
HUELVA SUR	2
HUESCA	2
JAÉN	2
LANZAROTE	2
LEÓN ESTE	2
LEÓN OESTE	3
LLEIDA NORTE	2
LLEIDA SUR	3
LUGO	2
MADRID	4
MÁLAGA	2
MALLORCA	2
MELILLA	0
MENORCA	0
MURCIA NORTE	0
MURCIA SUR	3
NAVARRA	3
OURENSE	2
PALENCIA	2
PALMA	1
PONTEVEDRA	2
RIOJA ESTE	2
RIOJA OESTE	1
SALAMANCA	3
SEGOVIA	3
SEVILLA	2
SORIA	2
TARRAGONA NORTE	3
TARRAGONA SUR	2
TENERIFE	2
TERUEL	1
TOLEDO	0
VALENCIA	2
VALLADOLID	4
ZAMORA	4
ZARAGOZA NORTE	1

Área geográfica	Número de canales de la banda de 700MHz actualmente en uso
ZARAGOZA SUR	1

2.1. Costes asociados a la replanificación y medidas de estímulo

Dado que la liberación de espectro conlleva la replanificación frecuencial de un determinado número de múltiples, supone importantes costes asociados no solamente a la adaptación de las redes de difusión, sino también de las instalaciones colectivas receptoras de televisión ubicadas en los edificios.

Es decir, los nuevos canales radioeléctricos planificados en cada demarcación no podrán recibirse en los hogares puesto que las instalaciones colectivas no dispondrán de los elementos (amplificadores) necesarios (es habitual referirse a este hecho indicando que se trata de canales o frecuencias “no antenizados/as”). En tales casos, por tanto, se requiere la intervención física en dichas instalaciones para continuar recibiendo, tras la mudanza de canales, la oferta televisiva existente.

Tras el abandono de la banda de 700 MHz, si bien los usuarios que hayan adaptado sus instalaciones de recepción de TDT seguirán accediendo al 100% de los canales disponibles, aquéllos que no lo hayan hecho sufrirán la pérdida de un cierto número de emisiones. La magnitud de esta pérdida variará en función de la zona y del tipo y estado de la instalación colectiva.

Esta problemática concurrirá especialmente en las instalaciones ubicadas en los edificios de mayor tamaño, puesto que, con carácter general, las viviendas unifamiliares y los edificios de pequeño tamaño se verán afectados en menor medida, dadas las características de las instalaciones habituales. A priori no es posible conocer la magnitud de los trabajos de reantenización que será necesario acometer, ya que dependerá principalmente de la replanificación frecuencial que lleve a cabo el Ministerio. No obstante cabe tener en cuenta que el abandono de la banda conllevará una reducción del número de múltiples digitales planificados en cada demarcación, y que, al verse éste reducido, también disminuyen los requisitos de las instalaciones de recepción colectiva de los edificios: el número de amplificadores de canal que éstas deben incorporar (uno por múltiple digital) se ve reducido, de forma que aumenta el número de hogares donde las actuales instalaciones de recepción colectiva resultan suficientes para acomodar el nuevo escenario, reduciéndose, con carácter general, el número y la complejidad de las actuaciones de adaptación necesarias.

Por otra parte, en el primer dividendo digital se dio también la circunstancia de que la utilización de la banda de 800 MHz por servicios de comunicaciones móviles demostró tener un impacto importante en la recepción de los servicios de TDT. Así, la presencia de servicios de comunicaciones móviles en la banda de 800 MHz ocasiona interferencias de importancia en algunas tipologías de instalaciones receptoras de TDT, impidiendo la correcta recepción de los servicios de TDT ubicados en la proximidad de dicha banda. En particular pudo

observarse que resultan especialmente afectadas aquellas instalaciones receptoras que incluyen amplificadores de banda ancha o de mástil (típicamente ubicados en casas unifamiliares y edificios con un número reducido de viviendas).

Esta problemática derivó en la aprobación de la Orden IET/329/2015, de 26 de febrero, por la que se establecen las actuaciones que deben realizar los operadores prestadores de servicios de comunicaciones electrónicas móviles en la banda del dividendo digital para garantizar que la puesta en servicio de las estaciones emisoras en dicha banda no afecte a las condiciones existentes de recepción del servicio de televisión.

Se estableció en dicha orden, además de la descripción de las soluciones a implantar, que los usuarios afectados tenían la posibilidad de que, de manera gratuita, los operadores móviles llevaran a cabo las actuaciones necesarias para resolver las afectaciones mediante, por ejemplo, la instalación de filtros o cualquier otra solución técnica, sistema o equipo que resuelva la incidencia.

Las afectaciones (interferencias) ocasionadas en los servicios adyacentes de televisión, así como la necesidad de comunicar eficientemente al ciudadano su causa y el canal al que acudir para su resolución, han demostrado la importancia de prever un plan de comunicación institucional efectivo previo a la puesta en funcionamiento de los nuevos servicios móviles. Esto redundará en la eficacia de los procesos de detección y reparación de incidencias, ya que los usuarios de la TDT que pierdan la capacidad de visualizar uno o varios canales afectados por las interferencias de las señales de los operadores móviles podrán solucionar con la debida rapidez estas situaciones y conocer, en su caso, si existen ayudas públicas destinadas a tal fin.

En general, para la ejecución de este segundo dividendo digital es necesario prever con la debida anticipación todos los procesos de provisión de información a los ciudadanos, y en su caso evaluar la puesta a disposición a los mismos de mecanismos de ayuda. A estos efectos, la Decisión (UE) 2017/899 de 17 de mayo de 2017 sobre el uso de la banda de frecuencia de 470-790 MHz en la Unión habilita a los Estados miembros a velar por que los costes directos que suponga, en particular para los usuarios finales, la migración o la reasignación del uso del espectro, sean compensados con el fin de facilitar la transición en el uso del espectro hacia tecnologías de mayor eficiencia²⁷.

La normativa comunitaria de aplicación establece por consiguiente una preferencia clara por el uso de mecanismos de financiación pública que estimulen la demanda de los usuarios finales, frente a otro tipo de medidas que podrían tener un impacto más significativo sobre la competencia.

²⁷ Artículo 6 de la Decisión.

2.2. Capacidad disponible tras la replanificación

Puede considerarse que la pérdida de espectro (que se sitúa en el 30%, tal como se indica en el apartado anterior) es directamente asimilable, si la plataforma tecnológica de la TDT se mantiene sin cambios, a la pérdida de la capacidad total de transmisión en una ubicación determinada. Dado que la actual capacidad, como antes se ha visto, se estima en 199 Mbps, el nuevo régimen binario tras la liberación sería de aproximadamente 139 Mbps.

Otro cálculo más preciso consiste en estimar el número de múltiples digitales planificables en cada ubicación. Teniendo en cuenta que la actual disponibilidad de espectro -40 canales radioeléctricos- ha permitido la planificación de aproximadamente 10 múltiples digitales (el motivo de la limitación es la necesidad de evitar interferencias mediante el empleo de patrones de reuso de frecuencias), la pérdida del 30% del espectro se trasladaría directamente a la disponibilidad de múltiples planificables, que quedaría en un máximo de 7.

No obstante cabe tener en cuenta que en el proceso que se llevó a cabo para la liberación de la banda de 800 Mhz, el Ministerio tuvo la precaución, anticipándose al actual proceso de liberación de la banda de 700 MHz, de minimizar el uso de frecuencias ubicadas en esta última subbanda. Dicha planificación permite ahora que el actual proceso no resulte tan complejo como el anterior, y que por tanto la pérdida del 30% del espectro no se traduzca directamente en una pérdida equivalente de canales planificables. Es por ello que se considera justificado considerar, a efectos de cálculo en el marco del análisis que aquí se lleva a cabo, que tras la liberación de la banda de 700 MHz será posible disponer de 8 múltiples planificables por ubicación.

Así, dado que la tasa de bit por múltiple digital es de 19,91Mbps, la capacidad de transmisión total en cada demarcación sería de $8 \times 19,91 = 159$ Mbps.

Capacidad de transmisión de red de TDT antes y después de la liberación de la banda de 700 MHz.

	Número de múltiples planificables	Capacidad de transmisión total
Pre liberación 700 MHz	10 ²⁸	199 Mbps
Post liberación 700 MHz	8	159 Mbps

La conclusión evidente es que dicha capacidad no es suficiente para acomodar el régimen binario requerido por las emisiones actuales, que como se ha visto estaría situado en torno a los 200 Mbps. Por tanto, si se pretende mantener el número de emisiones actuales, es necesario adoptar decisiones relevantes en relación con los aspectos siguientes:

²⁸ Se ha tomado el valor 10 a efectos de cálculo, aunque los valores reales, que dependen de cada demarcación, se sitúan entre 9 y 11.

- Racionalización de los diversos formatos de emisión actualmente empleados: MPEG-2 versus H.264, SD versus HD, y en particular el actual simulcast SD/HD (emisión del mismo contenido en ambos formatos).
- Evolución tecnológica a implantar en las redes de TDT al objeto de mejorar su eficiencia espectral.

3. Racionalización de formatos

3.1. Cese del simulcast SD/HD

Actualmente ciertos canales de televisión se emiten simultáneamente en los formatos SD y HD, ocupando la capacidad de dos canales digitales lo que, a priori, podría parecer una sobreocupación del recurso radio, dado que se trata de un mismo contenido, pero ha sido utilizado cómo estímulo para el tránsito a la tecnología HD. Por ello, esta situación de simulcast se da en los canales más representativos de las sociedades licenciatarias y del Ente Público CRTVE, que recurren a esta modalidad para ofrecer contenido con calidad HD a los usuarios que progresivamente van adquiriendo equipos con la capacidad necesaria para su visionado, al tiempo que los usuarios con dispositivos que por ser más antiguos carecen de la misma, mantienen la capacidad de visualizar dichos canales en su versión SD.

Si tomamos como referencia una demarcación con gran número de canales en emisión (por ejemplo Barcelona), podemos observar que se encuentran presentes 36 canales en calidad SD y 10 en calidad HD. De estos últimos, 7 se encuentran en situación de simulcast, de forma que únicamente 3 se corresponden con contenido emitido exclusivamente en calidad HD (los tres canales del múltiple MPE5).

Esta situación de simulcast, plenamente justificada durante la fase de transición tecnológica, podría reconsiderarse a medida que el parque de receptores de televisión adquiere de forma masiva la capacidad de recepción en HD. Es por ello que podría valorarse la posibilidad de que en el próximo hito de liberación de espectro se cese la práctica de emisión simulcast, para de esta forma beneficiarse del ahorro de banda que ello implicaría. Tomando el ejemplo anterior, esta medida supondría el cese de la emisión de 7 canales en SD, de lo que resultaría un total de 39 emisiones, siendo 29 en SD y 10 en HD.

Como se aprecia en la tabla siguiente, el régimen binario necesario sería entonces de aproximadamente 174 Mbps.

	Número	Codificación	Régimen binario Mbps	
			Unitario	Total
Canales SD	29	MPEG-2	3,5	101,5
Canales HD	10	H.264	6	60
Mux. estadística	-10%			-16,1
Serv. datos/radio	+20%			29,1
TOTAL				174,4

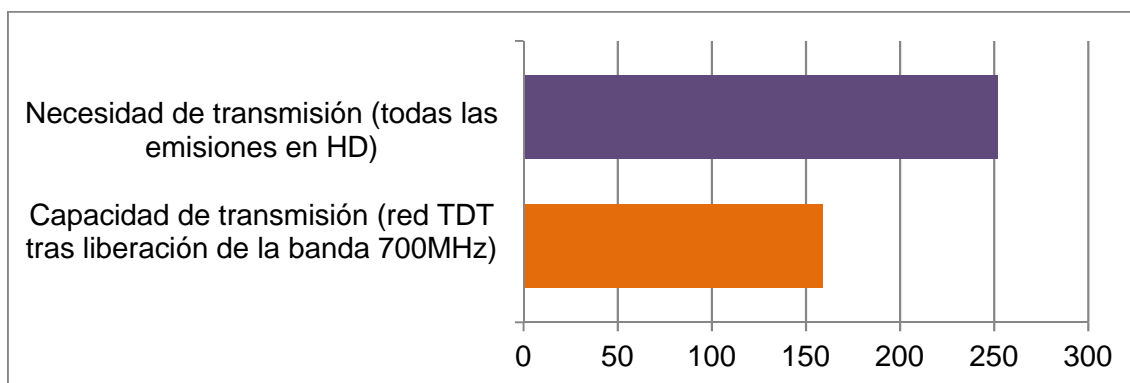
3.2. Transición a HD

La competencia entre plataformas audiovisuales (operadores de cable y IPTV, OTTs, plataformas satelitales) y el progresivo abaratamiento de los costes de la tecnología HD en lo que a producción y emisión de tales contenidos se refiere, hace que todo el sector audiovisual se encuentre en un avanzado estado de transición a calidad HD, lo que permite anticipar que durante los próximos años las emisiones en SD tiendan a ser residuales o inexistentes en dichas plataformas. A este respecto, debe considerarse que la TDT no podrá permanecer ajena a esta evolución tecnológica si aspira a mantener una posición competitiva. Es por ello que el análisis técnico que se lleve a cabo para la implementación de la liberación de la banda de 700 MHz y la consiguiente replanificación de los múltiples digitales debería anticipar también esta tendencia, y prever la posibilidad de una migración paulatina de la TDT a la tecnología HD.

De acuerdo con dicha premisa, resulta de interés comprobar si la actual red de TDT puede garantizar la capacidad de transmisión suficiente para contener en formato HD toda la actual oferta de canales que, como se ha visto, ascenderá a 39 -considerando el cese del simulcast- en las zonas de mayor oferta. El régimen binario total necesario para ello, como se aprecia en la tabla siguiente, sería de aproximadamente 252 Mbps.

	Número	Codificación	Régimen binario Mbps	
			Unitario	Total
Canales SD	0	MPEG-2	3,5	0
Canales HD	39	H.264	6	234
Mux. estadística	-10%			-23,4
Serv. datos/radio	+20%			42,1
TOTAL				252,7

Se observa por tanto que aun con el ahorro de régimen binario que conllevaría el cese del simulcast SD/HD, la migración de todas las emisiones al formato HD implica una necesidad de capacidad de transmisión que la red de TDT, con su configuración técnica actual, no podría absorber tras la liberación de la banda de 700Mhz.



4. Evolución tecnológica de la TDT

Las nuevas tecnologías permiten mejoras sustanciales en las etapas de codificación y de transmisión de video: las primeras conllevan la reducción del régimen binario necesario para la emisión de canales de televisión, mientras que las segundas optimizan el rendimiento del espectro radioeléctrico aumentando la capacidad de transmisión de los múltiples digitales. Es el caso, por ejemplo, de los nuevos sistemas de codificación HEVC, o de transmisión DVB-T2.

La incorporación de estos sistemas permite la difusión de un mayor número de canales en el mismo ancho de banda, o bien mantener el número de canales ante un recorte del ancho de banda disponible. Asimismo, permite mejoras en la calidad del vídeo, tales como la alta o ultra alta definición, así como la distribución de contenido enriquecido (modelo que incorpora a las emisiones de televisión contenidos vinculados a las mismas disponibles a través de la conexión de banda ancha).

La implantación de estas soluciones en el actual ecosistema de TDT cumpliría un doble objetivo:

- (i) Minimizar el impacto que la liberación de la banda de 700 MHz pueda causar en la actual oferta de canales de TDT.
- (ii) Conseguir la mejor calidad posible de los contenidos emitidos, evitando que se produzca un desfase tecnológico entre la TDT y otras plataformas audiovisuales, en detrimento de la primera.

No obstante, la migración tecnológica puede requerir la renovación del parque de receptores (televisores domésticos). Esta renovación podría ser total o parcial en función de la profundidad de las mejoras tecnológicas que se implanten. Así, por ejemplo, la actualización de los sistemas de transmisión al sistema DVB-T2 conllevaría la práctica total renovación del parque, mientras que la implantación de un sistema de codificación basado en MPEG-4 tendría un impacto mucho más reducido al estar dicha funcionalidad ya incorporada en la gran mayoría de receptores domésticos.

4.1. Estándares de codificación

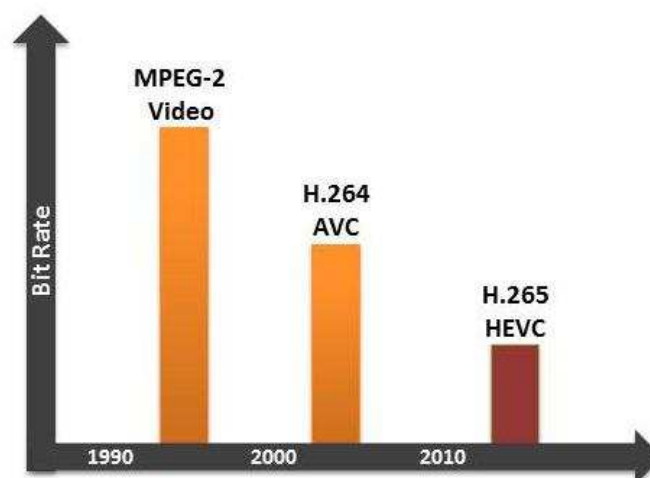
La codificación de video tiene por objeto convertir señales de video analógico a señales de video digital. Los codificadores comprimen la información para que pueda ser almacenada o transmitida ocupando el mínimo espacio o régimen binario posible. Para conseguirlo se elimina la información redundante que las secuencias de video presentan en las dimensiones espacial y temporal, de forma que sea prácticamente imperceptible para el usuario.

El sistema MPEG-2 fue desarrollado por el ISO/IEC Moving Picture Experts Group, y es el tradicionalmente empleado para codificar audio y vídeo en las emisiones de TDT, por satélite o cable. Todas las emisiones que actualmente se difunden en TDT en calidad SD se codifican mediante el sistema MPEG-2.

La introducción de técnicas de codificación más eficientes que MPEG-2, tales como H.264 o H.265, permite reducir muy significativamente las necesidades de ancho de banda. H.264 (también conocida como MPEG-4 parte 10) es una norma desarrollada conjuntamente por el ITU-T Video Coding Experts Group (VCEG) y el ISO/IEC Moving Picture Experts Group (MPEG), que define un codificador de vídeo de alta compresión. Las actuales emisiones de TDT en calidad HD recurren a esta tecnología.

Las citadas organizaciones de estandarización desarrollaron, también de forma conjunta, la nueva norma H.265 o MPEG-H parte 2, denominada comúnmente High Efficiency Video Coding (HEVC). Esta norma, si bien está destinada a suceder a la norma H.264, no ha sido todavía adoptada de forma masiva por las plataformas audiovisuales.

Con carácter general se estima que cada nueva norma conlleva, para una misma calidad de vídeo, un ahorro de régimen binario del 50% con respecto a su predecesora:



A efectos de cálculo cabe tener en cuenta las referencias que se resumen a continuación, que en cualquier caso deben considerarse promedios puesto que

la eficiencia real de los sistemas de codificación dependerá siempre de cada tipo de contenido, y en particular de si éste presenta grandes transiciones temporales (secuencias rápidas) o espaciales (texturas detalladas en la imagen):

- MPEG-2 permite garantizar una calidad aceptable en emisiones en calidad SD a partir de los 3 Mbps, aunque pueden requerirse 4 o 5 Mbps en función del tipo de contenido.
- H.264 permite obtener calidades aceptables en calidad HD a partir de 6 Mbps, siendo normalmente suficientes entre 6 y 8 Mbps. Para la emisión en calidad SD serán suficientes 2 Mbps, mientras que el formato Ultra HD (4k) requeriría entre 20 y 30 Mbps.
- H265 permite la emisión de contenido HD con tasas de bit entre 3 y 4 Mbps, y de 1Mbps para calidad SD. Por su parte, el formato Ultra HD (4k) requeriría entre 10 y 15 Mbps.

	MPEG-2	H.264	H.265
SD	3-4	2	1-1,5
HD 1080	16-18	6-8	3-4
Ultra-HD (4k)	-	20-30	10-15

Impacto de la implantación de la tecnología

El impacto que conlleva la incorporación de nuevas tecnologías de compresión es reducido en la parte de red, donde únicamente se requiere la sustitución de los codificadores, y es variable en los hogares en función de la tecnología escogida. Así, la implantación de un sistema de codificación basado en H.264 tendría un impacto muy reducido al estar dicha funcionalidad ya incorporada en la gran mayoría de receptores domésticos. Sin embargo, la incorporación de la tecnología más reciente H.265 resulta más crítica, ya que es incipiente su adopción en el parque de receptores domésticos: aunque muchos nuevos televisores ya la soportan, el actual parque es mayoritariamente incompatible. Por tanto, la incorporación de esta tecnología implicaría la sustitución de gran parte de los televisores, o bien el uso de receptores externos.

4.2. Estándares de transmisión

DVB-T2 es la segunda generación del estándar de difusión de televisión digital terrestre. La mayor capacidad de transmisión que presenta este sistema con respecto a su predecesor DVB-T hace posible que las redes de difusión puedan albergar un mayor número de servicios en SD o HD.

Aunque en España no se ha empleado hasta la fecha, existen numerosos países -Reino Unido, Finlandia, Alemania, Suecia, Austria, entre otros- que en mayor o menor medida (no en todos los múltiplos) lo han incorporado a sus redes de

difusión. Otros han realizado emisiones en pruebas (Francia, Italia), o bien han puesto en marcha iniciativas para instar a la industria a comercializar televisores/receptores compatibles con esta tecnología.

En la práctica DVB-T2 permite un incremento de entre el 30% y el 70% en la capacidad de trasmisión de la red, en función de la configuración técnica de los parámetros de emisión. Así, para la configuración actualmente empleada en la red DVB-T²⁹, existen modos equivalentes en DVB-T2³⁰ que permiten incrementar el régimen binario de los múltiples digitales de los actuales 19,91 Mbps a 33,3 Mbps (+67%) en el mismo canal radioeléctrico de 8 MHz. Examinando experiencias reales de transición a DVB-T2 pueden observarse mejoras similares: en el Reino Unido, por ejemplo, la introducción de DVB-T2 permitió pasar de 24,1Mbps a 40,2 Mbps (+67%).

A efectos de cálculo cabe considerar un incremento de capacidad más moderado, de por ejemplo el 50%, lo que permite estimar que el régimen binario útil de un múltiple digital transmitido mediante DVB-T2 sería de 29,9 Mbps, en lugar de los actuales 19,91Mbps. Considerando el número de múltiples digitales planificables tras la liberación de la banda de 700 MHz, que en apartados anteriores se estimaba en 8, resultaría una capacidad total de transmisión en una ubicación determinada de 239 Mbps.

Capacidad, según tecnología, de la red de TDT tras la liberación de la banda de 700 MHz.

Tecnología	Número de múltiples planificables	Capacidad de transmisión total
DVB-T	8	159 Mbps
DVB-T2	8	239 Mbps

Impacto de la implantación de la tecnología

La incorporación de esta tecnología implica actuaciones en los centros emisores de TDT, donde todos los transmisores deben ser actualizados o reemplazados. Pero, además, se trata de una tecnología con muy escasa presencia en los receptores de televisión, por lo que tiene un impacto muy alto en los hogares. Si bien los nuevos televisores empiezan a presentar esta funcionalidad, la gran mayoría del parque instalado resulta incompatible, por lo que debería llevarse a cabo su total restitución o bien recurrir al uso de receptores externos.

5. Análisis de los posibles escenarios de migración

De acuerdo con lo recogido en apartados anteriores, los posibles escenarios de migración tecnológica tras la liberación de la banda de 700 MHz serían los que se resumen a continuación, ordenados de menor a mayor nivel de evolución

²⁹ 8MHz, 64QAM, 8K, IG 1/4, FEC 2/3.

³⁰ Por ejemplo 8MHz, 256QAM, 32K, IG 1/16, FEC 3/5.

tecnológica. En todos los casos se asume que el número de canales actualmente existente permanece constante.

i. Actual simulcast SD/HD

Consiste en la total continuidad de las condiciones actuales: se mantiene la situación de simulcast SD/HD para los canales de televisión más representativos de cada sociedad licenciataria; asimismo se mantienen las actuales tecnologías de codificación: MPEG-2 para los canales en SD y H.264 para los emitidos en HD.

En este escenario sería necesario llevar a cabo un proceso de replanificación de frecuencias altamente optimizado al objeto de evitar que la pérdida espectral del 30% antes señalada se traduzca en una pérdida equivalente de la capacidad de transmisión de la red. Únicamente de ser posible dicha replanificación optimizada podría mantenerse el actual número de múltiples digitales, y por tanto las actuales emisiones.

ii. Sin simulcast, coexisten emisiones SD MPEG-2 y HD H.264

Se elimina la situación de simulcast SD/HD que actualmente se lleva a cabo para determinados canales de televisión, cancelándose las emisiones en calidad SD.

El resto de canales que se vienen emitiendo en calidad SD mantienen la actual codificación MPEG-2; por su parte los canales en calidad HD mantienen la codificación H.264.

iii. Sin simulcast, emisiones SD y HD coexisten en H.264

Se elimina la situación de simulcast SD/HD que actualmente se lleva a cabo para determinados canales de televisión, cancelándose las emisiones en calidad SD.

Asimismo se lleva a cabo la migración del resto de las emisiones en calidad SD a tecnología de compresión H.264. Los canales en calidad HD mantienen la misma codificación H.264 que emplean a día de hoy.

iv. Migración total a HD y H.264

Además de la supresión del simulcast SD/HD, todos los canales en calidad SD pasan a emitirse en HD, mediante el sistema de compresión H.264.

v. Migración total a HD y H.265

Además de la supresión del simulcast SD/HD, todos los canales en calidad SD pasan a emitirse en HD, mediante compresión H.265. También los canales que se vienen emitiendo en calidad HD pasan a codificarse mediante H.265.

Los requisitos de transmisión aproximados de los distintos escenarios previstos, así como el impacto que la transición tecnológica necesaria en cada uno de ellos conlleva tanto en la red de los operadores como en los hogares, se recogen en la tabla siguiente. Se ha tomado como referencia el peor caso, esto es, el número de canales que están en emisión en las demarcaciones con mayor oferta de servicios (46 canales). No se contabiliza el posible impacto asociado a las actuaciones necesarias en las instalaciones de recepción colectiva, que en todo caso dependerá de la replanificación frecuencial que sea preciso acometer, como se ha descrito en apartados anteriores.

Escenario	Número de canales		Régimen binario	Impacto en la red	Impacto en los hogares
	SD	HD			
Actual simulcast SD/HD	36	10	200,9	Nulo (1)	Nulo (2)
Sin simulcast, coexisten emisiones SD MPEG-2 y HD H.264	29	10	174,4	Nulo (1)	Nulo (2)
Sin simulcast, emisiones SD y HD coexisten en H.264	29	10	127,4	Bajo (3)	Bajo (4)
Migración total a HD y H.264	0	39	252,7	Bajo (3)	Bajo (4)
Migración total a HD y H.265	0	39	126,4	Medio (5)	Muy Alto (6)

(1) No se requiere la sustitución de los equipos de codificación empleados por las televisiones u operadores de red.

(2) No es necesaria la sustitución de los televisores/receptores de los usuarios.

(3) Se requiere la actualización parcial de los actuales codificadores, ya que 29 canales en calidad SD deben pasar a codificarse mediante H.264. Por tanto 29 codificadores, más las redundancias previstas, deben ser reemplazados.

(4) Se requiere la adaptación de los televisores a una situación de recepción exclusiva de señales comprimidas mediante H.264. Un porcentaje de equipos incompatibles con dicha tecnología, que será muy limitado dado el alto nivel de penetración de la misma en los hogares, debe ser sustituido o adaptado mediante la incorporación de receptores externos.

(5) Es necesaria la actualización de la totalidad de los codificadores empleados por las televisiones u operadores de red, ya que 39 canales pasan a comprimirse mediante tecnología H.265.

(6) Se requiere la sustitución de la práctica totalidad del parque de televisores – o bien la incorporación de adaptadores externos – para compatibilizarlo con el sistema de compresión H.265.

En lo que respecta a la capacidad de transmisión de la red de TDT, tal como se ha visto en apartados anteriores, queda establecida tras la liberación de la banda de 700 MHz, y sin acometer ninguna renovación tecnológica, en aproximadamente 159 Mbps (o algo superior con un esfuerzo de optimización), mientras que la incorporación de la tecnología DVB-T2 permite incrementar dicha capacidad hasta cerca de 239 Mbps.

La tabla siguiente recoge la capacidad alcanzable en ambos escenarios, así como el impacto que esta transición tecnológica tiene en la red de difusión y en los hogares. Nuevamente no se contabiliza el impacto asociado a las actuaciones que sean necesarias en las instalaciones colectivas de recepción.

Tecnología de red	Régimen binario unitario	Régimen binario total	Impacto en la red	Impacto en los hogares
DVB-T	19,91	159	Nulo	Nulo (2)
DVB-T2	29,9 (1)	239	Alto (3)	Muy alto (4)

(1) Estimación aproximada, efectuada de acuerdo con los criterios descritos en apartados anteriores.

(2) No es necesario actuar sobre los televisores/receptores de los usuarios.

(3) Es necesario reemplazar o actualizar todos los transmisores ubicados en los centros emisores de la red de difusión.

(4) Se requiere la actualización de la práctica totalidad de los televisores – o bien la incorporación de adaptadores externos - para admitir compatibilidad con el sistema de transmisión DVB-T2.

El estudio cruzado de las dos tablas anteriores permite identificar qué sistemas de transmisión deben emplearse para acomodar las necesidades de ancho de banda de los escenarios previstos. Asimismo permite comprobar el impacto global en la red y en los hogares, tal como refleja la tabla siguiente:

Escenario	Tecnología necesaria	Impacto en la red	Impacto en los hogares
Actual simulcast SD/HD	DVB-T (replanificación optimizada)	Nulo	Nulo
	DVB-T2	Alto	Muy alto
Sin simulcast, coexisten emisiones SD MPEG-2 y HD H.264	DVB-T	Nulo	Nulo
Sin simulcast, emisiones SD y HD coexisten en H.264	DVB-T	Bajo	Bajo
Migración total a HD y H.264	DVB-T2	Alto	Muy alto
Migración total a HD y H.265	DVB-T	Medio	Muy alto

Puede apreciarse que tanto el escenario primero “Actual simulcast SD/HD” (si es posible la replanificación aludida) como el escenario segundo denominado “Sin simulcast, coexisten emisiones SD MPEG-2 y HD H.264” presentan un impacto prácticamente nulo tanto en la red como en los hogares, dado que no conlleva la incorporación de ninguna nueva tecnología. Se trata por tanto de escenarios que con el mínimo esfuerzo de implementación permiten acomodarse a la nueva situación post-liberación de banda.

Sin embargo presentan el inconveniente de que, al mantenerse la tecnología MPEG-2, se incurre en un malgasto de ancho de banda que no deja margen para futuras mejoras de la calidad de los servicios o la incorporación de otros nuevos. De hecho la capacidad de transmisión de la red, de acuerdo con la estimación teórica efectuada, es en realidad ligeramente inferior a la demandada por los servicios, de forma que podría ser necesario aplicar ajustes al régimen binario de algunos de ellos para acomodarlos a la capacidad de la red.

Para evitar esta circunstancia cabría plantearse recurrir a una mínima evolución tecnológica, como la planteada en el escenario tercero “Sin simulcast, emisiones SD y HD coexisten en H.264”. La completa migración a la tecnología H.264 planteada en este escenario supone un impacto muy reducido en los hogares, donde dado el alto nivel de penetración de dicha tecnología solo un porcentaje muy reducido de los televisores debería ser sustituido o adaptado. Asimismo, se requiere un bajo nivel de intervención en la red, donde únicamente debe acometerse la actualización parcial de los sistemas de codificación.

En este escenario la capacidad de transmisión resultante puede acomodar sobradamente la demanda de los actuales servicios, y ello sin que sea necesaria la migración a la tecnología DVB-T2, existiendo incluso un exceso en la capacidad de transmisión para incorporar futuras mejoras en la calidad de los servicios o bien para la inclusión de otros nuevos.

Sin embargo esta alternativa presenta el inconveniente de que, al mantenerse un porcentaje significativo de emisiones en calidad SD, pueda producirse un gap tecnológico entre la TDT y otras plataformas audiovisuales cuando sea habitual en estas últimas la emisión de contenidos en calidad HD. No obstante puede servir también como punto de partida para la incorporación gradual de nuevas tecnologías: por ejemplo, al existir un excedente de capacidad, pueden incorporarse progresivamente emisiones en simulcast H.265 y H.264, para ir cesando las segundas a medida que aumente la penetración en los hogares de dispositivos compatibles.

En los dos últimos escenarios se plantea la migración de todas las emisiones a calidad HD, aunque al precio de adoptar tecnologías que conllevan un alto impacto: DVB-T2 en el escenario cuarto “Migración total a HD y H.264” o bien H.265 en el escenario quinto “Migración total a HD y H.265”, ambas tecnologías con escasa penetración en los hogares, lo que requiere la renovación casi completa de los televisores/receptores de los usuarios.

En particular el cuarto escenario “Migración total a HD y H.264” requiere la actualización de todos los transmisores de los centros emisores y de la práctica totalidad del parque de televisores – o bien la incorporación de adaptadores externos - para que resulten compatibles con el sistema de transmisión DVB-T2. Asimismo, requiere la actualización parcial de los codificadores (ya que los que actualmente codifican mediante el sistema MPEG-2 deben ser sustituidos). Los nuevos televisores deben estar también preparados para la recepción exclusiva de señales en H.264.

Por su parte, el quinto escenario “Migración total a HD y H.265” requiere la actualización de la práctica totalidad de los televisores – o bien la incorporación de adaptadores externos - para la recepción de señales codificadas mediante el sistema H.265. Este escenario permite además disponer de un excedente de capacidad de transmisión que podría emplearse para incrementar la calidad de los servicios ofrecidos.

Por otra parte, cabe tener en cuenta que la valoración de las opciones que requieren la completa renovación del parque de televisores (escenarios 4 y 5), obliga a considerar la conveniencia de decantarse por la opción más ambiciosa de adoptar a la vez ambas tecnologías, H.265 y DVB-T2 (escenario 4+5). Esto es así porque el coste incremental con respecto a la selección de una sola de las tecnologías es muy limitado. Es decir, tanto una evolución parcial (escenario 4 o escenario 5) como una total (escenario 4+5) requiere la adquisición masiva de nuevos televisores o receptores, lo que constituye uno de los costes más relevantes del proceso de migración (en las tablas, impacto “muy alto”). Además, la adquisición de equipos que incluyan ambas tecnologías no implica un sobrecoste significativo con respecto al que resultaría de adquirir equipos que dispongan de solo una de ellas.

Sí conlleva el escenario 4+5, no obstante, un sobrecoste asociado a la red, donde la inclusión de DVB-T2 es más costosa que la adopción de H.265: la primera requiere la total renovación de los transmisores de la red, y la segunda solamente la sustitución de los codificadores (cabe observar que los codificadores se cuentan por decenas, mientras que los transmisores por miles).

Este escenario 4+5, a pesar de ser el más costoso, es el único que garantiza la total competitividad de la TDT frente a otras plataformas, al permitir no solo el próximo estadio de evolución tecnológica que es la completa transición a HD, sino también el siguiente, que pasará por la adopción del estándar de calidad Ultra-HD, también conocido como 4K, que este escenario permitirá, al menos, para un cierto número de canales.