



Latin
America



Análisis de la situación actual y estudio de viabilidad de coexistencia entre sistemas de radiodifusión de TV y servicios LTE en la banda de 700MHz y banda adyacente en Argentina





La GSMA representa los intereses de los operadores móviles en todo el mundo. Abarcando más de 220 países, la GSMA reúne a cerca de 800 de los operadores móviles del ámbito mundial con más de 230 compañías del ecosistema móvil, incluyendo fabricantes de teléfonos, compañías de software, proveedores de equipos y compañías de Internet, así como organizaciones en sectores tales como servicios financieros, atención a la salud, medios de comunicación, transporte y servicios públicos. La GSMA también organiza eventos líderes en el sector, tales como el Mobile World Congress y Mobile Asia Expo.

Para más información, visite el sitio web corporativo de la GSMA en www.gsma.com o Mobile World Live, el portal online para la industria de las comunicaciones móviles, en www.mobileworldlive.com

GSMA Latin America es el brazo de la GSMA en la región. Para obtener más información en inglés, español y portugués, visite www.gsmala.com



BACKHAUL ADVISORY es una empresa especializada en servicios de consultoría y asesoría técnica y regulatoria enfocada en servicios y redes de telecomunicaciones. Cuenta con un equipo de profesionales con gran trayectoria en investigaciones de alto nivel sobre diseño y optimización de redes y servicios de telecomunicaciones, ingeniería de espectro, evaluación técnica y económica de proyectos y tendencias de la industria. Para mayor información, por favor visitar el sitio web www.backhauladvisory.com

El Instituto de Telecomunicaciones y Aplicaciones Multimedia (iTEAM) es un centro de investigación integrado a la Universidad Politécnica de Valencia, que realiza actividades de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+I) dentro del área de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. Está formado por 8 grupos de investigación que aglutinan a más de 100 investigadores, abarcando 5 áreas científicas relacionadas con la Ingeniería de las Telecomunicaciones. Para mayor información, por favor visitar el sitio web www.iteam.upv.es

Contenido

1.	RESUMEN EJECUTIVO	4
2.	INTRODUCCIÓN	8
3.	ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL ARGENTINA	9
3.1.	Contexto argentino	9
3.1.1.	Organización de la banda UHF en Argentina	10
3.1.2.	Marco regulatorio para limpieza de espectro en banda de 700MHz	11
3.1.3.	Aspectos relevantes del mercado en Argentina	13
3.2.	Análisis de ocupación de la banda de 700MHz	14
4.	ANÁLISIS DEL IMPACTO DE LA INTERFERENCIA GENERADA POR TRANSMISORES DE TV EN BANDA DE 700MHz	18
5.	ANÁLISIS DE COEXISTENCIA DE SERVICIOS DE TV Y LTE EN BANDA DE 700MHz	22
5.1.	Coexistencia de Servicios en Banda Adyacente	23
5.2.	Coexistencia de Servicios en la misma banda	25
6.	PLAN DE LIMPIEZA DE LA BANDA DE 700MHz	27
6.1.	Análisis de Experiencia Internacional	27
6.2.	Opciones de migración para los operadores de TV codificada en la banda de 700MHz en la zona de AMBA	29
6.2.1.	Migración directa a prestar servicios MVDDS en la banda de 12GHz	29
6.2.2.	Migración temporal a la banda de 600MHz mediante la reducción de los canales radioeléctricos requeridos	30
6.2.3.	Migración temporal a la banda de 600MHz mediante la implementación de una plataforma única de TV Digital SFN	31
6.2.4.	Migración temporal a la banda de 600MHz y uso de los canales 59-61, 68-69 (Bloque 4 LTE)	32
6.3.	Migración de radiodifusores de TV en interior de provincia de Buenos Aires y otras ciudades	33
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34
	ANEXO 1. METODOLOGÍA PARA LAS MEDIDAS DE MÁRGENES DE PROTECCIÓN Y UMBRALES DE SATURACIÓN	35
	ANEXO 2. ANÁLISIS RELACIÓN SINR Y THROUGHPUT PARA MSC 9, 16 Y 26	42
	ANEXO 3. RESULTADOS OBTENIDOS EN LABORATORIO	44
	ANEXO 4. DETALLE DE CASOS INTERNACIONALES	46

1 Resumen ejecutivo

El proceso de digitalización de la televisión analógica ha permitido la liberación de la banda de 698 a 806MHz, conocida como Dividendo Digital o banda de 700MHz, posibilitando su uso en la prestación de servicios de banda ancha móvil 4G. La Argentina, llevó a cabo en 2014 el proceso de asignación de espectro en la banda de 700MHz adoptando el esquema de canalización propuesto por Asia Pacific Telecommunity (APT) o banda 28 del 3GPP¹, basado en dos bloques de 45 MHz y una separación de 10 MHz entre los mismos. La siguiente figura detalla la canalización adoptada por Argentina con 3 bloques de 2x10MHz y 1 bloque de 2 x 15MHz.

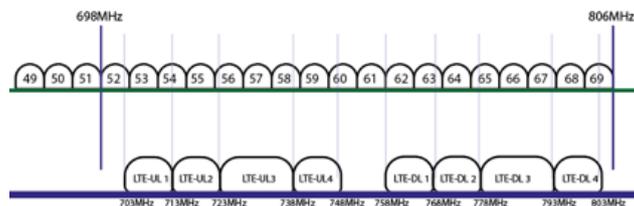


Figura 1. Plan de la banda de 700MHz.

Debido a los procesos de reorganización de la banda UHF, a cierre del año 2015 la banda de 700MHz, se encontraba principalmente ocupada por operadores de radiodifusión de televisión codificada y las asignaciones realizadas a Universidades Nacionales para la transmisión de TV digital abierta. La mayor cantidad de canales ocupados se encuentran localizados en la provincia de Buenos Aires, mientras otras ciudades principales como Córdoba no presentan transmisiones autorizadas en los canales 52 al 69 o en los canales adyacentes 49, 50 y 51. La siguiente figura resume la cantidad de transmisores identificados en cada uno de los bloques asignados para el despliegue de redes LTE.

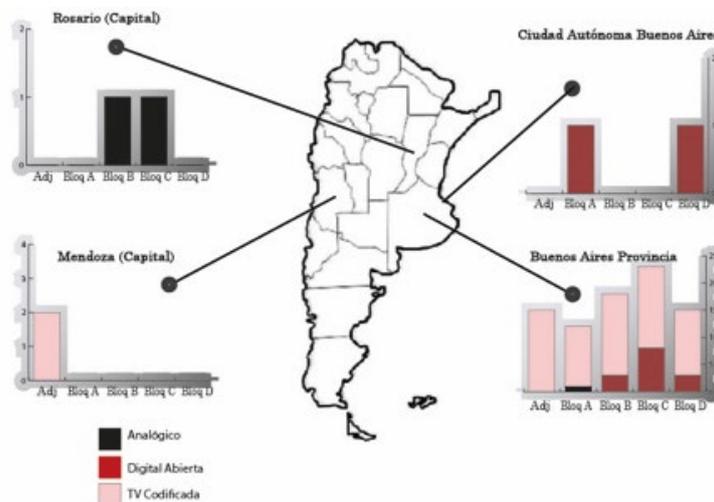


Figura 2. Transmisores de TV en principales ciudades.

Fuente: Elaboración propia a partir de información relevada de reuniones con el Ministerio de Comunicaciones, Resoluciones de Asignación expedidas por la AFSCA y datos disponibles en páginas web de operadores de televisión.

Nota 1. Cada bloque de la canalización de la banda de 700MHz para LTE es analizado de manera independiente para identificar la cantidad de transmisores que pueden generar interferencia co-canal; es decir, en caso que un mismo transmisor genere interferencias en dos bloques, este será contado para cada uno de los bloques LTE analizados.

1. Chile, Brasil y Perú llevaron a cabo las subastas de espectro en banda de 700MHz con canalización APT en los últimos 2 años, México ha decidido implementar un esquema de red mayorista en esta banda y Colombia se encuentra próxima a iniciar el proceso de subasta de 700MHz.

La mayor ocupación de canales se encuentra en las localidades de La Plata (Cablevisión – Grupo Clarín), San Justo (Telecentro), 25 de Mayo (Fortín Rural), Antonio Carboni (Carboteco S.A.) y Daireaux (Canal 5). En el caso particular de la zona correspondiente al Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA), se observa un alto nivel de ocupación de los canales UHF, dificultando la reubicación de los operadores de tv codificada que se encuentran en la banda de 700MHz a nuevos canales radioeléctricos por debajo de 698MHz, como se muestra en la siguiente figura.

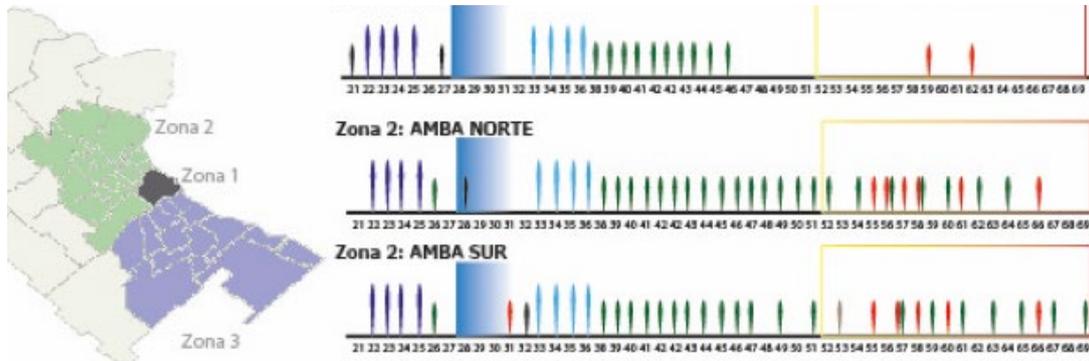


Figura 3. Ocupación banda UHF en AMBA².

La banda de 600MHz, correspondiente a los canales del 38 al 51, se encuentra ocupada en AMBA por los operadores de TV Codificada (CCTV) TELECOM VENTURES ARGENTINA S.A (ANTINA TV) y NATIONAL DIGITAL NETWORK S.A. (NDN).

Con base en lo expuesto, bajo la situación actual en la zona de AMBA, los transmisores ubicados en San Justo y La Plata impedirían la prestación de servicios LTE de manera apropiada en toda el área mencionada y los 3 bloques de espectro asignados en la banda de 700MHz. En las zonas con color verde el impacto en el servicio sería del 100%, mientras en las zonas azules la reducción en la capacidad de la red sería cercana al 77%.



Figura 4. Impacto de servicios de TV sobre LTE - AMBA.

2. Zona 1 corresponde a la Capital Federal (CABA), la Zona 2 incluye los partidos de Vicente López, San Isidro, San Fernando, La Matanza, Hurlingham, 3 de Febrero, Ituzaingó, Malvinas Argentinas, Tigre, José C. Paz, Moreno, San Miguel, Gral. San Martín, Morón, Merlo, Pilar y Escobar; y la zona 3 agrupa los partidos de Avellaneda, Lanús, L. de Zamora, Ezeiza, E. Echevarría, Alt. Brown, F. Varela, Quilmes, Berazategui, P. Perón, San Vicente y La Plata.

La siguiente figura muestra la relación entre la distancia geográfica de separación entre el transmisor de TV y la estación base LTE y el impacto en reducción de capacidad de la red LTE, medida en términos del throughput máximo alcanzado.

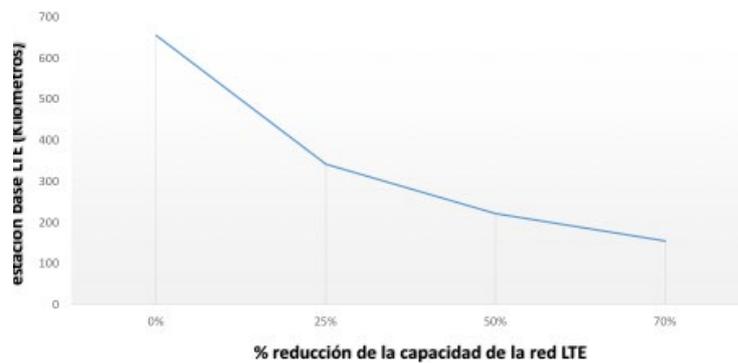
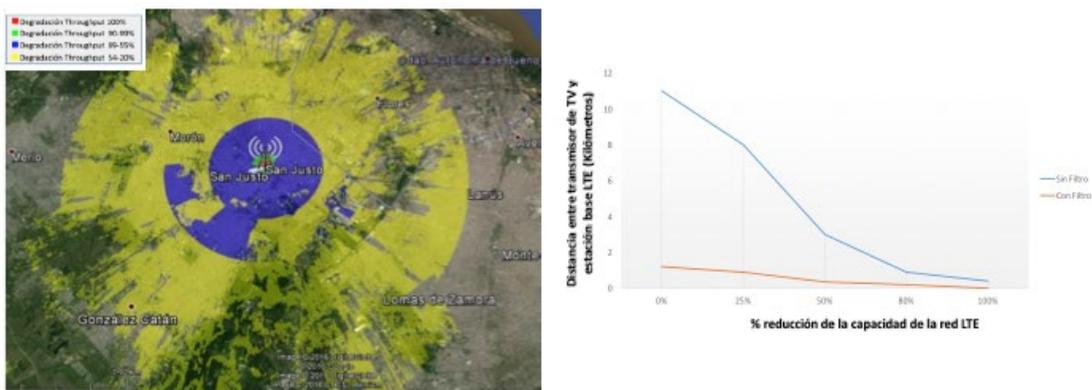


Figura 5. Distancia entre TV y LTE para diferentes niveles de impacto en la capacidad de la red LTE en operación co-canal.

Fuente: Elaboración BHA

De manera similar, se analizó el caso de operación en canal adyacente dentro de la banda de 700MHz, encontrando altos riesgos de interferencia del transmisor de TV sobre la estación base LTE y del terminal de usuario LTE sobre el receptor de TV digital o Setup Box, como se muestra en la siguiente figura.



- La interferencia reduce según la banda de guarda entre el bloque de LTE y el canal LTE, sin embargo la variación entre una guarda de 1MHz a 10MHz es menor a 1,3dB.
- El uso de filtros profesionales de alta selectividad en las estaciones base LTE reduce el nivel de interferencia, sin embargo genera un punto adicional de falla en la operación de la red LTE e introduce pérdidas entre 1 a 2dB en la señal LTE afectando cobertura.

Figura 6. Análisis de interferencia para operación en canal adyacente dentro de la banda de 700MHz.

La situación planteada lleva a concluir sobre la imposibilidad de prestar servicios de banda ancha móvil 4G sobre la banda de 700MHz en la zona de AMBA debido a la existencia de radiodifusores de TV en los canales 52 al 69, resultando imperativo la migración de los operadores Telecentro y Cablevisión, así como la definición jurídica de los canales reservados a las Universidades Nacionales y la situación del operador Solidaria TV.

Así mismo, se destaca que la situación actual de Argentina, en la que se presentan asignaciones de gran cantidad de espectro en banda UHF a operadores de TV paga codificada es un escenario poco común en este tipo de mercado, generando ineficiencias en el uso del espectro por el elevado número de canales radioeléctricos requeridos para completar una grilla de programación competitiva con el servicio cable o DTH (mínimo 60 señales) y considerando adicionalmente el actual desarrollo de tecnologías para prestar servicios de banda ancha en este mismo rango de espectro y que proporciona mayores beneficios económicos y sociales a la población. Algunos casos internacionales en Reino Unido, España y Ecuador, mostraron una tendencia a migrar este tipo de servicios de televisión codificada terrestre paga sobre UHF a otras soluciones como DTH o cable.

De esta manera, dada la situación particular del contexto argentino, es posible identificar varias alternativas para llevar a cabo la limpieza de la banda de 700MHz, bajo diferentes consideraciones de costos de inversión, plazos de implementación, riesgos de interferencia e impacto en las condiciones actuales del servicio de TV digital. La siguiente tabla resume y compara las opciones analizadas.

	Cambios en plataforma actual y STB usuario	Disponibilidad comercial	Impacto en grilla de programación o calidad de canales	Riesgos de interferencia LTE	Costos	Plazos Implementación
Migrar a 12,2 - 12,7 GHz (MVDDS)	 Diferente tecnología. Requiere línea de vista	 Fabricante MDS América, Inc. Redes sólo en EE.UU y EAU	 Amplia capacidad de canales, nuevos servicios e internet	 Libera banda 700MHz	 > \$ 20,5 MMUSD (2 operadores)	 > 12 meses (STB no autoinstalable)
Reducir canales (opción A)	 Cambio filtros y ajuste de antenas	 Tecnología existente	 Requiere reducir grilla y cambiar HD por SD	 Libera banda 700MHz	 < \$ 0,7 MMUSD	 < 3 meses
Reducir canales y migrar a DVB-T2 (opción B)	 Cambio STB y filtros en transmisor	 Ampliamente usado en Europa y Colombia	 Reduce capacidad. Requiere quitar canales a NDN	 Libera banda 700MHz	 \$ 6 - 8 MMUSD	 < 6 meses (Asume STB autoinstalable)
Plataforma única SFN en DVB-T2 (Evolución a H.265)	 Diseño plataforma SFN, Cambio STB y filtros en transmisor	 Ampliamente usado en Europa y Colombia	 Transmitir igual contenido todos los operadores	 Libera banda 700MHz	 \$ 6,5 - 9 MMUSD	 < 10 meses (Asume STB autoinstalable)
Migrar a DVB-T2 y usar canales bloque 4 LTE*	 Cambio STB y filtros en transmisor	 Ampliamente usado en Europa y Colombia	 No impacta capacidad. Requiere quitar canales a NDN	 Afecta LTE y TV. Requiere filtro y distancias de separación	 \$ 8,5 - 11 MMUSD	 < 6 meses (Asume STB autoinstalable)

Notas:

1. Los plazos de implementación dependen principalmente del tiempo requerido para el cambio de los STB de usuario. Así mismo, el mayor impacto en el costo de migración es generado por el cambio del STB de usuario. Las estimaciones se realizaron con una base de 100 mil abonados correspondientes a los operadores Telecentro y Cablevisión.
2. Se asume que los STB para MVDDS requieren de instalación por parte del operador, principalmente porque la antena requiere línea de vista con el transmisor. El plazo de reemplazo de estos equipos dependerá de la cantidad de grupos de instalación disponibles, asumiendo una capacidad de 15 - 20 instalaciones por semana por grupo. El reemplazo de los equipos STB se podría realizar a partir de la semana 4 después de finalizar la instalación del transmisor principal.
3. Se asume que los STB de usuario para DVB-T2 son autoinstalables, lo que implica que sólo deben realizarse labores de distribución, diseño de un instructivo de instalación y asesoramiento a través de Contact Service (existente). En el peor caso, se asume que el 50% de los usuarios requieren visita de instalación del nuevo STB. El plazo dependerá de la cantidad de grupos de instalación disponibles, asumiendo una capacidad de 20 - 24 instalaciones por semana por grupo. El reemplazo de los equipos STB se podría realizar a partir de la semana 4 después de finalizar la instalación del transmisor.
4. Se consideró el valor comercial de los filtros pasa banda profesionales (6-8 cavidades) para las estaciones base LTE y filtros domésticos para los STB de TV usados en las pruebas de laboratorio.
5. En la última opción, para el caso de no migrar a DVB-T2, se estima que los costos asociados se reducen a \$ 1,3 millones de dólares.

2 Introducción

El proceso de digitalización de la televisión analógica ha permitido la liberación de la banda de 698 a 806MHz, conocida como Dividendo Digital, permitiendo su uso en la prestación de servicios de banda ancha móvil. Esta porción de espectro tiene grandes ventajas desde el punto de vista de cobertura de los servicios, convirtiéndose en una importante herramienta de los gobiernos para reducir la brecha digital e incrementar los beneficios sociales y económicos de los países en Latinoamérica. De esta manera, La Argentina, así como algunos países de la región, han adelantado los procesos de asignación de espectro en la banda de 700MHz adoptando el esquema de canalización propuesto por Asia Pacific Telecommunity (APT) o banda 28 del 3GPP3, basado en dos bloques de 45 MHz y una separación de 10 MHz entre los mismos. La siguiente figura detalla la canalización adoptada por Argentina con 3 bloques de 2x10MHz y 1 bloque de 2 x 15MHz.

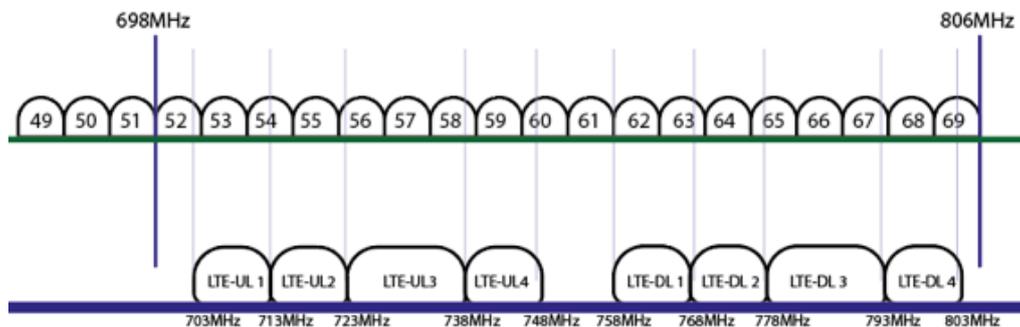


Figura 7. Plan de la banda de 700MHz.

Entre los años 2014 y 2015, se llevó a cabo el proceso de subasta de espectro en banda de 700MHz asignándole los bloques A, B y C descritos en la anterior figura a los operadores móviles incumbentes Claro, Personal y Movistar para la prestación de Comunicaciones Móviles Avanzadas. Sin embargo, el uso de esta banda está sujeto a que los operadores de radiodifusión de televisión codificada que se encuentran ocupando canales del 52 al 69 sean migrados a un espectro diferente. Así mismo, resulta relevante asegurar las medidas requeridas para la adecuada convivencia de los servicios de TV y LTE en bandas adyacentes.

Con base en lo expuesto, es importante entender el impacto de la situación actual de la banda de 700MHz en la implementación de los servicios de banda ancha inalámbrica, identificar las medidas necesarias para asegurar la coexistencia de los sistemas de radiodifusión de TV y redes LTE y las implicaciones del proceso de limpieza de la banda de 700MHz; para lo cual, la GSMA ha encargado a BACKHAUL ADVISORY, con el apoyo de la Universidad Politécnica de Valencia y el Instituto de Telecomunicaciones y Aplicaciones Multimedia (iTeam), el desarrollo del presente estudio.

El actual documento corresponde informe final del mencionado estudio, que desarrolla en el Capítulo 2 un análisis de la ocupación de la banda de 700MHz y la situación actual de Argentina desde un punto de vista normativo y de mercado. Por su parte, los capítulos 3 y 4 muestran los resultados obtenidos mediante pruebas de laboratorio y herramientas de simulación en relación con los márgenes de protección y umbrales de saturación para diferentes escenarios de coexistencia de los servicios de TV y LTE y el análisis de impacto de interferencias entre los servicios mencionados para el caso particular del Área Metropolitana de Buenos Aires. Finalmente, el Capítulo 5 detalla las consideraciones y opciones identificadas para el proceso de migración de operadores que actualmente ocupan la banda de 700MHz.

3. Chile, Brasil y Perú llevaron a cabo las subastas de espectro en banda de 700MHz con canalización APT en los últimos 2 años, México ha decidido implementar un esquema de red mayorista en esta banda y Colombia se encuentra próxima a iniciar el proceso de subasta de 700MHz.

3 Análisis de la Situación

actual argentina

Como se mencionó en el anterior capítulo, en el año 2009, la Argentina adoptó el estándar ISDB-T para el proceso de digitalización de la televisión analógica, con la meta de llevar a cabo el “apagón analógico” en el año 2019⁴. Por otro lado, en diciembre de 2014 inició el proceso subasta para la asignación de espectro 4G en las bandas de AWS y 700MHz, realizando la asignación de tres bloques en la banda del Dividendo Digital, los cuales se encuentran ocupados principalmente por operadores de televisión codificada y universidades con sistemas de TV digital abierta.

En las siguientes secciones se presenta un análisis del contexto regulatorio y de mercado que enmarca los servicios de televisión en La Argentina y el uso de la banda de 698 a 806MHz en Servicios de Comunicaciones Avanzadas; y la ocupación de la actual de la banda de 700MHz y los canales adyacentes a partir de la información relevada del Ministerio de Comunicaciones, ENACOM, revisión de resoluciones de asignación expedidas por la ASFCA y de los operadores de televisión.

3.1 Contexto argentino

La banda de frecuencias UHF, en particular el rango de espectro de 512 a 608MHz y 614 a 806MHz, cuenta con importantes ventajas de propagación de señal facilitando la cobertura de los servicios de comunicaciones. De manera tradicional ha sido utilizada para prestar servicios de radiodifusión de televisión, pero la mejora en la eficiencia espectral generada por el proceso de digitalización de las señales analógicas de televisión permitió que en la Conferencia Mundial de Radio 2007 (CMR-07) de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) se identificara el rango de espectro de 698 a 806MHz⁵ para su uso en las Telecomunicaciones Móviles Internacionales (IMT, por sus siglas en inglés) conocido como Dividendo Digital, lo que llevó a contar con una banda de 700MHz armonizada globalmente⁶. Adicionalmente, en la Conferencia Mundial de Radio 2015 (CMR-15), aunque se mantuvo la atribución de la banda de 600MHz (614-698MHz) para uso en radiodifusión, se incluyó como nota el potencial uso de esta banda en servicios de banda ancha móvil en países del continente americano; Estados Unidos, Canadá y México ya se están adoptando estrategias en este sentido⁷.

En la primera parte de la presente sección se analiza el marco regulatorio relacionado con la organización de la banda UHF en Argentina, mientras en la segunda parte se detalla aspectos relacionados con la limpieza de la banda y los procesos de migración.

4. Decreto 1148 del 2009. Mediante el Decreto 1148/2009 se creó el Sistema Argentino de Televisión Digital Terrestre basado en la norma ISDB-T (Integrated Services Digital Broadcasting Terrestrial), aprobada posteriormente mediante la Resolución 7 de 2013

5. Nota 5.313A y 5.317A del Reglamento de Radio UIT

6. La banda de 700MHz es usada en las tres regiones UIT del planeta con similar canalización lo que facilita las economías de escala y el roaming internacional.

7. IFT México – “Transición a la TDT en México”- Ricardo Castañeda (2016)

3.1.1 Organización de la banda UHF en Argentina

En el caso particular de Argentina, la banda de 698 a 806MHz se encuentra atribuida a título primario al Servicio Móvil Terrestre mediante Resolución 18 de 2014, la misma que fija un plazo de 2 años y 60 días para la migración de los sistemas que se encontraran operando en dicho rango de espectro. Esta migración fue ratificada en el Art. 2 de la Resolución 2531 de 2016, otorgando plazo de 10 días contados a partir del 16 de mayo de 2016 para que los operadores de sistemas de tv codificada presentaran ante la ENACOM sus planes de migración a la banda de 12,2 a 12,7 GHz. Por su parte, la banda de 512 a 608MHz y 614 a 698MHz se encuentra atribuida a Radiodifusión y la Resolución 2567 de 1998 expandió la utilización de la misma permitiendo la prestación de servicios de transmisión de datos e internet a título secundario.

En el proceso de planificación de la banda UHF para el despliegue de TV digital, la Autoridad Federal de Servicios de Comunicación Audiovisual (AFSCA) expidió la Resolución 1047 de 2014 atribuyendo los canales 14 al 36 para su uso exclusivo en Sistemas de Televisión Abierta⁸. Así mismo, adelantó la reorganización de los sistemas de TV codificados asignándoles a los licenciatarios canales entre el 38 y 51⁹, además de licencias de TV codificada existentes en los canales 52 al 69 correspondiente a la banda del Dividendo Digital. De esta manera, operadores como Telecentro, Grupo Clarín, Fortín Rural, CARBOTECO, Cuyo Servycom S.A., Antina TV, NDN, entre otros, cuentan con licencias para operar sistemas de TV codificada en canales del 38 al 69.

La Resolución 813 de 2009 autorizó el uso de los canales 22 al 25 para el Sistema Nacional de Medios Públicos Sociedad del Estado cuya plataforma sería desplegada por la Empresa Argentina de Soluciones Satelitales S.A. (ARSAT) conforme lo establecido en el Decreto 364 del 2010 y, que según lo reportado por el propio operador en su sitio web, cuenta a la fecha del presente estudio con aproximadamente 80 estaciones base de TV digital operativas alcanzado un cubrimiento del 80% de la población argentina¹⁰. La Resolución 35 de 2015 asignó canales para TV abierta en los canales 20, 21, 32 y 35 como espejo digital de los operadores Canal 9, Canal 11, Canal 13 y Canal 2 en CABA/AMBA, entre otras asignaciones.

Dado que la Ley 26.522 reconoce a las Universidades Nacionales como organizaciones de interés para la preservación de la pluralidad, se establece en la normatividad la necesidad de reservar y asignar canales para la transmisión de televisión abierta a estas instituciones, lo cual es reglamentado mediante las Resoluciones 687 y 689 de 2011. De manera similar, se establece esta directriz para los gobiernos provinciales y de CABA, algunos de los cuales están transmitiendo sus señales portados sobre licenciatarios operadores, por ejemplo, el Gobierno de Buenos Aires es portado por Canal 2 y transmite en el canal 32, el Gobierno de Córdoba emite en el Canal 27 portado en el operador Canal 12 y Telefe porta a la Iglesia Católica en el canal 21. Adicionalmente, en el caso de las estaciones de transmisión de TV ubicadas en AMBA, existe restricción para transmitir entre los canales 28 al 31 por acuerdo de fronteras con Uruguay¹¹.

Finalmente, en diciembre de 2014 se inició el proceso subasta para la asignación de espectro 4G en las bandas de AWS y 700MHz, permitiendo la asignación de 3 bloques en la banda del Dividendo Digital a mediados de 2015 correspondientes a los bloques 1, 2 y 3 presentados en la Figura 1 del capítulo introductorio.

Los operadores de TV codificada que actualmente se encuentran ocupando la banda de 700MHz, Telecentro UHF y Cablevisión La Plata, cuentan con transmisores Categoría C, cuyas características se describen en la siguiente tabla del Anexo 3 de la Resolución 7 de 2013, que clasifica las estaciones transmisoras de TV en 11 categorías con base en la máxima Potencia Radiada Efectiva (P.R.E) y la altura, como se muestra a continuación.

8. Los canales del 14 al 20 se podrán utilizar una vez se actualice el cuadro nacional de atribución de bandas de frecuencias y se verifique la compatibilidad electromagnética con los servicios fijo y móvil operando en bandas adyacentes.
 9. Resoluciones 25 a 34 de 2015. Nota CNC N° 381/09 recomendó: "Implementar las medidas administrativas tendientes a que las emisiones de los sistemas de televisión codificada sean reubicadas a partir del canal 42 de la banda en cuestión, contemplando, a los efectos de lograr un uso más eficiente del espectro, la posibilidad de asignar a cada licenciatario canales correlativos"
 10. www.tda.gov.ar
 11. La Resolución 35/2015 establece restricciones adicionales de emisión hacia determinados azimuth a fin de minimizar interferencias con el país vecino. Por ejemplo, la Estación de TV de canal 2 en La Plata tiene restricción de 15dB entre los 360° y 140° de Azimuth,

Los operadores de TV codificada que actualmente se encuentran ocupando la banda de 700MHz, Telecentro UHF y Cablevisión La Plata, cuentan con transmisores Categoría C, cuyas características se describen en la siguiente tabla del Anexo 3 de la Resolución 7 de 2013, que clasifica las estaciones transmisoras de TV en 11 categorías con base en la máxima Potencia Radiada Efectiva (P.R.E) y la altura, como se muestra a continuación.

Categoría	PRE Máxima (kW)	Altura Típica (mts)	Area primaria de servicio – Cobertura con antena TV externa (radio – km)	Area de localidad principal – Cobertura con antena TV interna (radio – km)
A	200	300	94,3	52,1
B				
C	50	120	60,4	28,1
D				
E	10	100	44,3	18,4
F				
G	2	75	29,5	11
H				
I	0,5	45	17,7	6
J				
K	0,1	30	10,3	3,3

Tabla 1. Categorización Estaciones Transmisoras TV.

Fuente: Anexo 3 – Resolución 7/2013

Por otra parte, los radiodifusores de TV codificada que cuentan con licencias para operar en la banda de 600MHz (canales 38 al 51) en la zona de AMBA, Antina TV y National Digital Networks Argentina - NDN, tienen un área de servicio autorizada de 60km – 70km cubriendo la mayor parte de los hogares de esta zona.

Los operadores mencionados hacen uso de tecnología digital con el estándar europeo DVB-T para sistemas de TV digital paga (Pay DTT, por sus siglas en inglés). Antina TV fue el primero en lanzar esta tecnología en 2006, mientras Cablevisión y Telecentro migraron a la misma en los últimos años. Informes de la industria reportan que Antina TV migró su tecnología al estándar DVB-T2 que le permite obtener una mayor eficiencia espectral.

3.1.2 Marco regulatorio para limpieza de espectro en banda de 700MHz

En términos de la administración del espectro radioeléctrico, la Ley Argentina Digital, Ley 27.078 de 2014, establece en el artículo 30 que la “Autoridad de Aplicación podrá requerir a los titulares de autorizaciones y permisos de uso de frecuencias la migración de sus sistemas como consecuencia de cambios en la atribución de bandas de frecuencias. La migración deberá cumplirse en los plazos que fije la Autoridad de Aplicación. Los autorizados o permisionarios no tienen derecho a indemnización alguna”. Adicionalmente, el artículo 12º del Reglamento sobre la Administración, Gestión y Control del Espectro Radioeléctrico aprobado por el Anexo IV del Decreto Nº 764/2000, establece que la Autoridad de Aplicación podrá establecer un plazo de entre DOS (2) y CUATRO (4) años para la migración, asignando las frecuencias de destino.

Como se mencionó previamente, la Resolución 18 de 2014 cambió la atribución de la banda de 698 a 806MHz y definió un plazo de dos (2) años para que llevara a cabo la migración de los titulares de permisos en los canales 52 al 69, así como un plazo previo de 60 días para presentar las propuestas de migración. Bajo esta consideración y dado que el Decreto 764/2000 insta a la autoridad a definir las frecuencias de destino, la ENACOM expidió la Resolución 2531 de 2016, en la que requiere la migración inmediata de los operadores de sistemas de radiodifusión codificada en el rango de espectro correspondiente a la banda de 700MHz e identifico la banda de 12,2 a 12,7GHz para este propósito, con un plazo de 10 días para presentar la propuesta de migración. Conforme conversaciones sostenidas entre el equipo consultor y la ENACOM, los operadores de TV codificada que se encuentran en los canales del 52 al 69 deben suscribir un acta compromiso con este Ente para formalizar su plan de migración y suspender emisiones en estos canales a más tardar el 18 de julio de 2016. La ENACOM contempla la posibilidad que los radiodifusores hagan una migración temporal a la banda de 600MHz, aunque el nivel de ocupación de esta banda en la zona de AMBA imposibilita la asignación de canales para una migración directa, como se mostrará en la siguiente sección.

En este marco, es importante aclarar que los servicios de radiodifusión de televisión, pueden ser prestados mediante i) sistemas abiertos (recepción de manera libre y gratuita), regidos por la Ley de Servicios Audiovisuales, Ley 26.522 de 2009 de Argentina y que operan en banda atribuidas a servicios de radiodifusión, o ii) sistemas codificados (radiodifusión por suscripción mediante vínculo radioeléctrico para ser recibido por público determinable¹²). Estos últimos, conocidos también como Servicios Complementarios de Televisión Codificada (SCTV), forman parte de los servicios que pueden registrar los licenciatarios TIC conforme el Decreto 267 de 2015 y, por ende, son regidos por la Ley 27.078 y deben operar en bandas de frecuencia atribuidas a servicios TIC y no en aquellas atribuidas a los Servicios de Radiodifusión.

La migración de los sistemas de TV codificada a la banda de 12,2 a 12,7GHz, establecido en la Resolución 2531 de 2016, implica un importante cambio tecnológico forzando la utilización de sistemas tanto de transmisión como de recepción compatibles con la misma y que cumplan con los parámetros de coexistencia con los sistemas satelitales en banda Ku. A nivel comercial, se conocen las soluciones MVDSS (Multichannel Video Distribution and Data Services)¹³ licenciadas principalmente en Estados Unidos en el año 2004 y con algunas redes en Emiratos Árabes Unidos, en las que el usuario final debe implementar una antena panel o un pequeño plato (similar a las soluciones de DirecTV) y un decodificador para recibir el servicio y es necesario que exista línea de vista entre la antena del receptor del usuario y la antena del transmisor debido a la alta frecuencia de operación. Su principal fabricante es MSD America, aunque existen ofertas comerciales de empresas como Telecast Inc.

Estos procesos de migración implican costos significativos que podrían generar dificultades, considerando particularmente que el número de abonados que hace uso de este tipo de servicios es relativamente bajo como se mostrará más adelante en este capítulo. En este sentido y a fin de preservar la continuidad del servicio prestado por dichos operadores, evitando un detrimento en las condiciones competitivas, se pueden considerar escenarios de financiación eficientes para acelerar este proceso.

Un escenario puede considerar el uso de los recursos del Fondo Fiduciario del Servicio Universal que, conforme el Artículo 19 de la Resolución 2642/2016 del ENACOM, dentro de los programas a beneficiar se podrán incluir, entre otros, "... d) Apoyo financiero para Cooperativas y Pequeñas y Medianas Empresas (Pymes) que presten servicios de TIC, para la expansión y modernización de sus redes actuales" y "f) toda obra, proyecto o desarrollo tecnológico que contribuya al desarrollo del Servicio Universal..." entendido como el "conjunto de Servicios TIC que deben prestarse a todos los usuarios, asegurando su acceso en condiciones de calidad, asequibilidad y a precios justos y razonables, con independencia de su localización geográfica"¹⁴. Destacando adicionalmente que, según el informe de la Auditoría General de la Nación Argentina, del dinero aportado por las telefónicas al Fondo Fiduciario del Servicio Universal, se ha usado menos del 1%¹⁵.

Otro aspecto en el proceso de limpieza de la banda de 698 a 806MHz está relacionado con los canales asignados a algunas Universidades Nacionales en el Área Metropolitana de Buenos Aires, incluyendo la Capital Federal, conforme lo establecido en las Resoluciones 687 y 689 de 2011, con sus respectivas modificaciones. Aunque se conoce que la mayoría de estas universidades no han iniciado emisiones en el canal asignado y otras, como la Universidad de la Plata, han sido re-asignadas a otro canal radioeléctrico fuera de la banda de 700MHz¹⁶, es necesario que se adelanten los procesos administrativos para migrarlas. Las opciones viables incluyen la asignación de un nuevo canal radioeléctrico de TV digital abierta o la asignación de una señal multiplexada en un canal previamente asignado a un operador. En este sentido, es importante destacar que la Ley 26.522 establece como reserva¹⁷ del espectro radioeléctrico una frecuencia de televisión digital abierta en cada localización donde se encuentre la Sede central de una universidad nacional.

12. Definición modificada por Decreto 267/2015

13. Los sistemas MVDSS permiten proporcionar servicios de televisión y conectividad de internet desde transmisores terrestres, haciendo uso de arreglo de frecuencias que permite compartir el espectro con servicios satelitales (Direct Broadcast Satellite Service). Hacen uso del espectro de 12,2 a 12,7GHz para descarga de información, y debe hacer uso de otras frecuencias para carga de información (upload). En términos generales, el sistema consiste en técnicas de radio mediante transmisores directivos u omnidireccionales ubicados en torres o edificios. En Estados Unidos, los niveles de potencia establecidos para los sistemas MVDSS pueden proveer un diámetro de celda de 15 kilómetros. MDS America reporta que su señal puede alcanzar coberturas de 200km con el uso de antenas pasivas externas o 67km sin estas. EEUU llevó a cabo subastas de licencias para prestar servicios MVDSS en Enero de 2004 (Subasta 53 - 10 operadores adquirieron 192 licencias¹³) y en Diciembre de 2005 (Subasta 63 - 3 operadores ganaron 22 licencias¹³). Cada licencia corresponde a un bloque de 500MHz por área geográfica, que puede ser particionado en canales de diferentes tamaños. El principal fabricante e instalador de redes MVDSS es MDS America Inc, desplegando la mayor red de TV broadcast en Emiratos Arabes Unidos.

14. Artículo 18 - Ley 27.078 "Ley Argentina Digital"

15. AGN (2016) - "Informe AGN sobre el Fondo de Servicio Universal". Informa que se ejecutaron \$32 Millones de \$1800 disponibles, además de existir aportes pendientes por parte de algunas empresas.

16. Resolución 1085 de diciembre de 2015

17. Artículo 89

3.1.3 Aspectos relevantes del mercado en Argentina

El mercado de Televisión paga de Argentina posee una de las penetraciones más altas de la región, llegando a más del 80% del total de hogares en 2016¹⁸. Del total de los usuarios de TV paga, los usuarios del servicio de Cable TV representan la mayoría, con cerca del 75% del total; en tanto, los usuarios de DTH alcanzan poco más del 21% de los usuarios totales¹⁹. Los usuarios de TV codificada por aire todavía son limitados, aunque su abanico de prestadores se ha expandido y actualmente están ofreciendo este producto: Carboteco de Lobos, Cuyo Servycom S.A. de Mendoza, Televisión Multicanal Codificada de Córdoba, Cablevisión de La Plata, Rauch y Azul, Canal del Viento de Chubut, Antina TV en el Gran Buenos Aires, Las Flores Color Visión de Las Flores, Fortín Rural de 25 de mayo, TV Tandil y Siglo XXI de Villaguay, entre otras.

Con base en información estadística de LAMAC y considerando las reuniones sostenidas con funcionarios de la ENACOM, se estima que menos del 4% de los hogares con TV Paga de la provincia de Buenos Aires son suscriptores de TV codificada, es decir, alrededor de 190 mil abonados. Se estima que los operadores Telecentro y Cablevisión, quienes ocupan la banda de 700MHz, cuentan con cerca de 100 mil abonados en esta modalidad.

En este sentido resulta relevante destacar que el beneficio social y la población impactada con el actual uso de la banda de 700MHz por parte de servicios de TV codificada es significativamente menor al que se alcanzaría con el despliegue de servicios de comunicaciones avanzadas 4G²⁰, justificando ampliamente la necesidad de viabilizar la puesta en servicios de redes LTE en banda de 700MHz.

12. Lamac, <http://www.lamac.org/argentina/metricas/total-por-tv-paga>

19. Basado en datos de LAMAC (2015)

20. GSMA - TAS Consultancy. "Beneficios económicos del Dividendo Digital para América Latina". (2011)

3.2 Análisis de ocupación de la banda de 700MHz

Debido a los procesos de reorganización de la banda UHF mencionado en la sección anterior, a cierre del año 2015 la banda de 700MHz, correspondiente al rango de espectro de 698 a 806MHz, se encontraba principalmente ocupada por operadores de radiodifusión de televisión codificada y las asignaciones realizadas a Universidades Nacionales para la transmisión de TV digital abierta. La mayor cantidad de canales ocupados se encuentran localizados en la provincia de Buenos Aires, mientras otras ciudades principales como Córdoba no presentan transmisiones autorizadas en los canales 52 al 69 o en los canales adyacentes 49, 50 y 51. La siguiente figura resume la cantidad de transmisores identificados en cada uno de los bloques asignados para el despliegue de redes LTE.

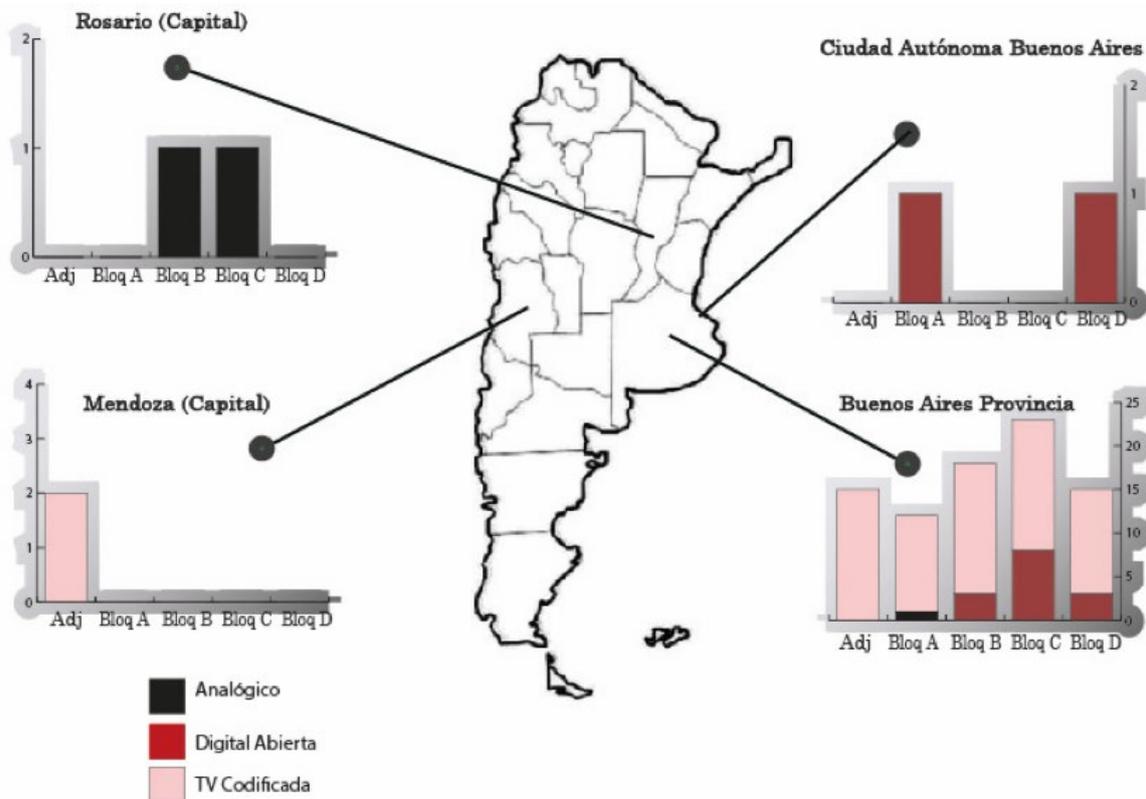


Figura 8. Transmisores de TV en principales ciudades.

Fuente: Elaboración propia a partir de información relevada de reuniones con el Ministerio de Comunicaciones, Resoluciones de Asignación expedidas por la AFSCA y datos disponibles en páginas web de operadores de televisión.

Nota 1. Cada bloque de la canalización de la banda de 700MHz para LTE es analizado de manera independiente para identificar la cantidad de transmisores que pueden generar interferencia co-canal; es decir, en caso que un mismo transmisor genere interferencias en dos bloques, este será contado para cada uno de los bloques LTE analizados.

La mayor ocupación de canales se encuentra en las localidades de La Plata (Cablevisión – Grupo Clarín), San Justo (Telecentro), 25 de Mayo (Fortín Rural), Antonio Carboni (Carboteco S.A.) y Daireaoux (Canal 5). En la siguiente figura se muestra con más detalle los canales ocupados en las diferentes localidades de la provincia de Buenos Aires y en las principales capitales de Argentina.

En el caso particular de la zona correspondiente al Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA), se observa un alto nivel de ocupación de los canales UHF, dificultando la reubicación de los operadores de tv codificada que se encuentran en la banda de 700MHz a nuevos canales radioeléctricos por debajo de 698MHz, como se muestra en la siguiente figura.

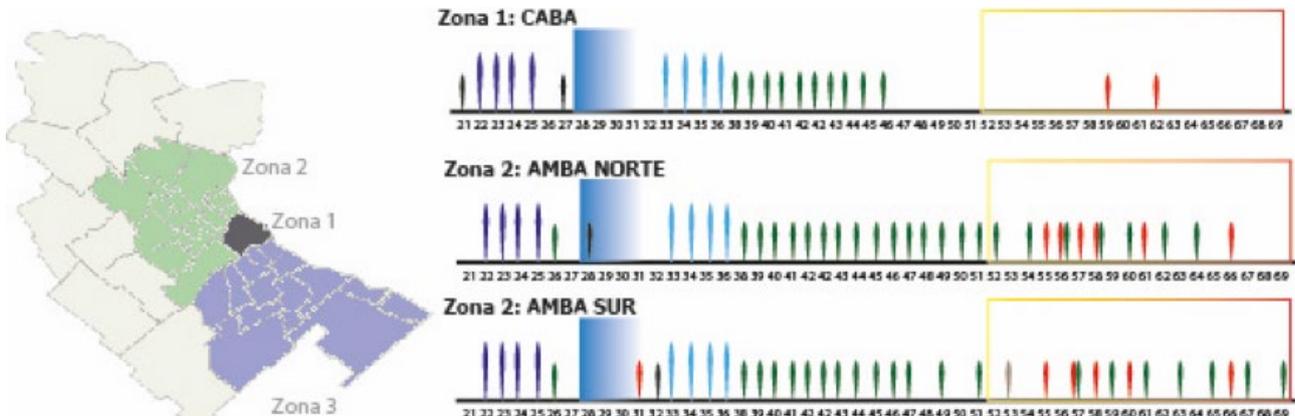


Figura 11. Ocupación banda UHF en AMBA²².

La banda de 600MHz, correspondiente a los canales del 38 al 51, se encuentra ocupada en AMBA por los operadores de TV Codificada (CCTV) TELECOM VENTURES ARGENTINA S.A (ANTINA TV) y NATIONAL DIGITAL NETWORK S.A. (NDN). El primero, hace uso de los canales 38 al 46 a partir de una reorganización del espectro autorizada mediante Resolución 987 de 2011 de la AFSCA y que contó con un plazo de 180 días para su implementación. Antina TV cuenta con un transmisor principal ubicado en Bellavista y tres estaciones repetidoras localizadas en Capital Federal, Pilar y Florencio Varela para lograr una cobertura de 60 kilómetros contados a partir del transmisor principal. Por otra parte, NDN tiene asignado los canales 47 al 51 con punto de transmisión principal en Bellavista e informa en el sitio web del proyecto (www.nationaldigitalnetwork.com) que cuenta con un sistema de transmisión de TV digital con una capacidad de hasta 75 canales (señales audiovisuales) y una cobertura de 60 kilómetros, no obstante, no se identifican emisiones activas de este operador por lo que se asume que no está haciendo un uso efectivo del espectro.

La situación descrita en la anterior figura supone una dificultad para prestar los servicios de banda ancha móvil 4G en toda AMBA, afectando más del 31%²⁴ de la población argentina debido a las altas potencias que manejan los sistemas de radiodifusión. A continuación, se presentan las predicciones de cobertura para los transmisores ubicados en La Matanza (Telecentro) y La Plata (Cablevisión) considerando los parámetros técnicos de un transmisor categoría C y el área de servicio autorizada, como se muestra en las siguientes figuras.



Figura 12. Predicción de cobertura TV en San Justo y La Plata.

Fuente: Elaborado BHA con el apoyo de iTEAM (Universidad Politécnica de Valencia) con ICS Telecom

22. Zona 1 corresponde a la Capital Federal (CABA), la Zona 2 incluye los partidos de Vicente López, San Isidro, San Fernando, La Matanza, Hurlingham, 3 de Febrero, Ituzaingó, Malvinas Argentinas, Tigre, José C. Paz, Moreno, San Miguel, Gral. San Martín, Morón, Merlo, Pilar y Escobar; y la zona 3 agrupa los partidos de Avellaneda, Lanús, L. de Zamora, Ezeiza, E. Echevarría, Alt. Brown, F. Varela, Quilmes, Berazategui, P. Perón, San Vicente y La Plata.
 23. Basado en presentación Ministerio de Telecomunicaciones (Lic. Hugo Miguel) - 2016
 24. Basado en cifras del INDEC

La siguiente figura muestra la cobertura estimada del transmisor de TV ubicado en Lanús de Solidaria TV operando en el canal 53.

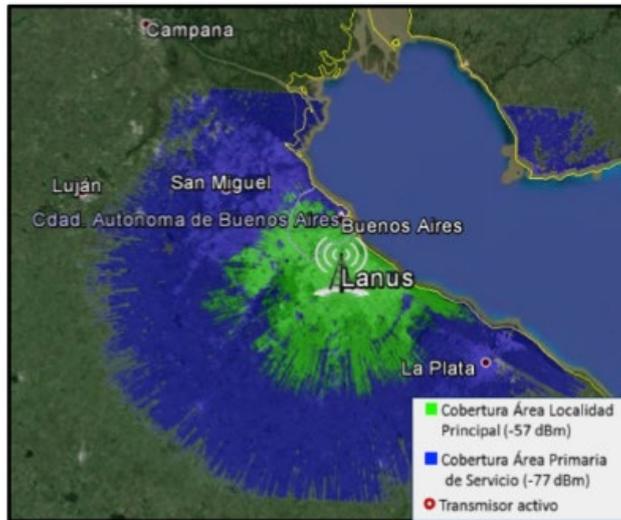


Figura 13. Predicción cobertura transmisor TV CH 53 (Lanús).

Fuente: Elaborado BHA con el apoyo de ITEAM (Universidad Politécnica de Valencia) con ICS Telecom

En la zona del interior de la provincia de Buenos Aires, el nivel de ocupación de la banda UHF es mucho menor, lo que facilitaría la asignación de canales en la banda de 600MHz a los operadores de TV codificada de Charlone, Daireaux, Lobos (CARBOTECO – 14 canales), 25 de Mayo (FORTÍN RURAL – 7 canales) y Saladillo (CABLEVISIÓN – 6 canales). La mayor ocupación se presenta en los últimos tres casos debido al alto número de canales asignados y a la cercanía entre los transmisores de 25 de Mayo y Saladillo, como se muestra en la siguiente figura.

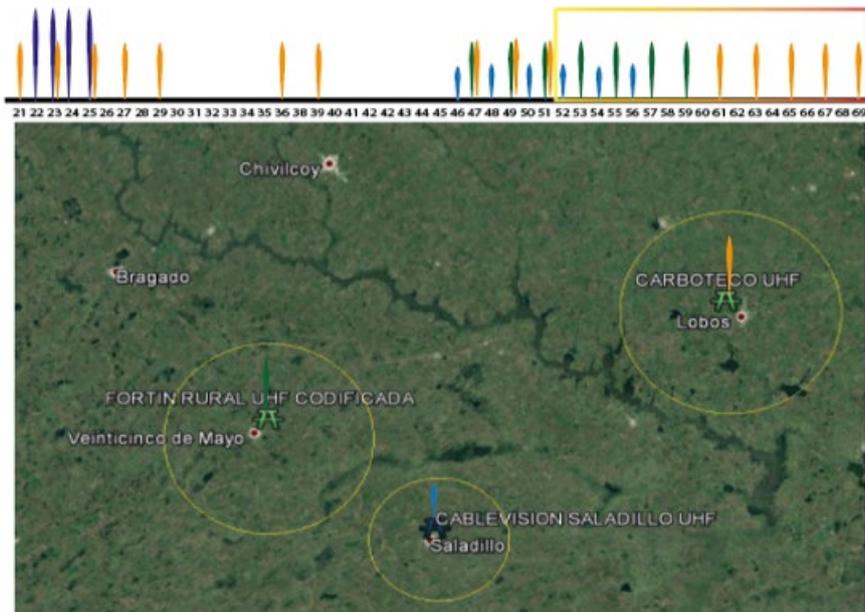


Figura 14. Banda UHF - Interior Provincia Buenos Aires.

Finalmente, con base en lo presentado en la Figura 9, sólo se identifica un canal dentro de la banda de 700MHz en la ciudad de Rosario correspondiente al operador Solidaria TV, y el nivel de ocupación de la banda UHF en dicha zona no supone una dificultad en la migración del mismo a un canal por debajo de 698MHz.

En el siguiente capítulo se presentará un análisis teórico del impacto de la interferencia generada por los operadores en la banda de 700MHz en el desempeño de los servicios LTE y se detallarán los resultados obtenidos en el laboratorio para la coexistencia de los servicios de televisión analógica (PAL-N) y digital (ISDB-T/DVB-T²⁵) con sistemas LTE con canales de 10MHz y 15MHz.

25. Estándar ISDB-T usado por la TV digital abierta y estándar DVB-T y DVB-T2 usado por los sistemas de TV codificada

4 Análisis del Impacto de la Interferencia Generada por Transmisores de TV en Banda de 700MHz

La tecnología LTE utiliza una transmisión variable y adaptativa, cuya velocidad máxima de transmisión de datos o throughput varía en función de la calidad de la señal y las condiciones del canal de radio; en otras palabras, a mayores niveles de ruido e interferencia menor será la velocidad de transmisión de datos percibida por el usuario y menor será la capacidad de la red LTE.

La calidad de la señal es medida a partir de la relación señal a interferencia más ruido (Signal-to-Interference-plus-Noise, SINR) característica del modo de transmisión útil que se esté empleando. En otras palabras, el modo de transmisión empleado, es decir, la modulación y tasa de codificación, variará en función del valor existente de SINR. Este valor que depende del enlace UL o DL empleado, viene especificado en 3GPP TS 36.942 version 13.0.0. Los valores de throughput se obtienen por tanto en función del ancho de banda LTE utilizado.

En el marco de este análisis, el SINR se comporta como el valor mínimo de protección entre la señal deseada y la interferencia o ruido generada por la señal interferente bajo análisis, con una dependencia directa de la modulación y la tasa de codificación a utilizar. En el Anexo I se detalla la metodología utilizada para las mediciones.

Con base en lo expuesto y mediante mediciones de laboratorio se obtuvo la relación entre el SINR o Margen de Protección y el throughput para los esquemas de modulación (MCS, por sus siglas en inglés) LTE 9, 16 y 26 definidos en el estándar 3GPP mencionado previamente y bajo un escenario de interferencia co-canal. En el Anexo II se presentan más detalles del análisis realizado para cada uno de los MCS.

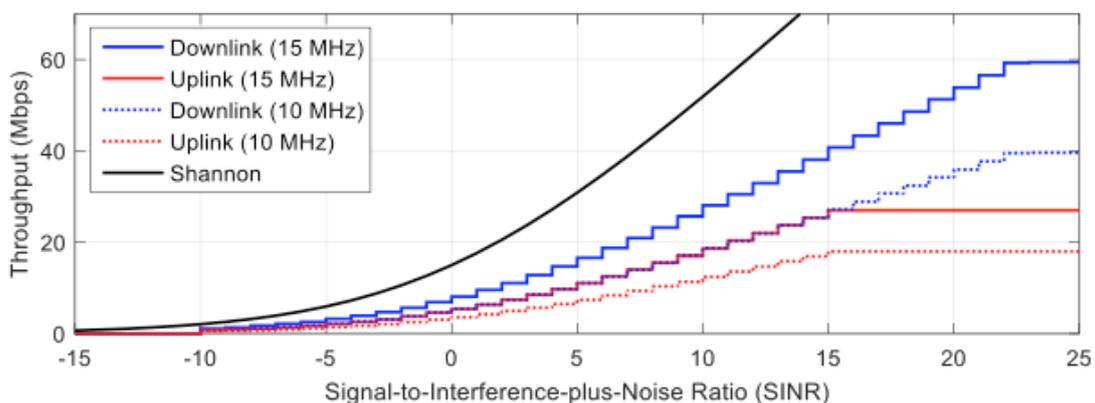


Figura 15. Throughput máximo alcanzado de señales LTE de 10 y 15 MHz de ancho de banda, en función de la interferencia co-canal producida.

Fuente: Análisis propio

En términos prácticos, las anteriores figuras representan la tasa de transmisión máxima que se podrían obtener en una zona de cobertura LTE según sea la relación entre la potencia de la señal LTE y la señal interferente de TV medida en el receptor de las estaciones base (Enlace ascendente) y de los terminales (Enlace descendente). Por ejemplo, si la diferencia entre la señal útil LTE-DL y la interferente, TDT en este caso, es de -8 dB, el throughput máximo que se puede alcanzar será de 1,17 Mbps para el caso de 10 MHz de ancho de banda; de manera similar, si la diferencia entre la señal útil LTE-DL y la interferente es de 20 dB, el throughput máximo que se puede alcanzar será de 35,91 Mbps para el caso de 10 MHz de ancho de banda.

Con base en lo mencionado, al realizar la predicción de cobertura de LTE considerando el bloque 3 de la banda de 700MHz para Comunicaciones Móviles Avanzadas (bloque de 2x15MHz) y el transmisor de TV ubicado en La Plata (Cablevisión) operando en el canal 56 y que genera una interferencia co-canal, se observa que en el área autorizada de localidad principal (niveles de recepción mayores a -57dBm) hay un impacto del 100% en el servicio LTE, es decir, que en toda la zona no sería posible ofrecer servicios de banda ancha móvil. Mientras, en el área primaria de servicios (niveles de recepción mayores a -77dBm) se observa un impacto del 77% en la reducción de la capacidad de la red LTE, medida, como la tasa de transmisión máxima que podría ofrecer al usuario final, como se muestra en las siguientes figuras.

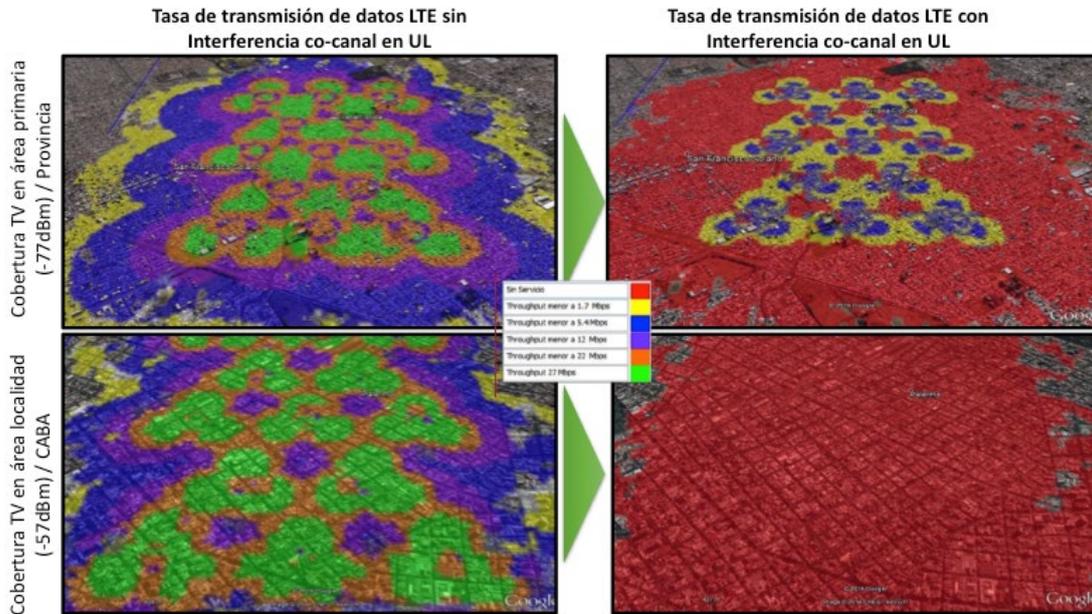


Figura 16. Análisis de interferencia generada por TV co-canal en redes LTE (Enlace ascendente - UL).

Fuente: Análisis ITEAM y BHA haciendo uso de ICS Telecom

Para el enlace descendente, es decir la transmisión desde la estación base al móvil (DL), la degradación es menos crítica. Se estima que en las áreas primarias de servicio (recepción de -77dBm) la reducción puede ser menor al 10%, como se muestra en la siguiente figura.

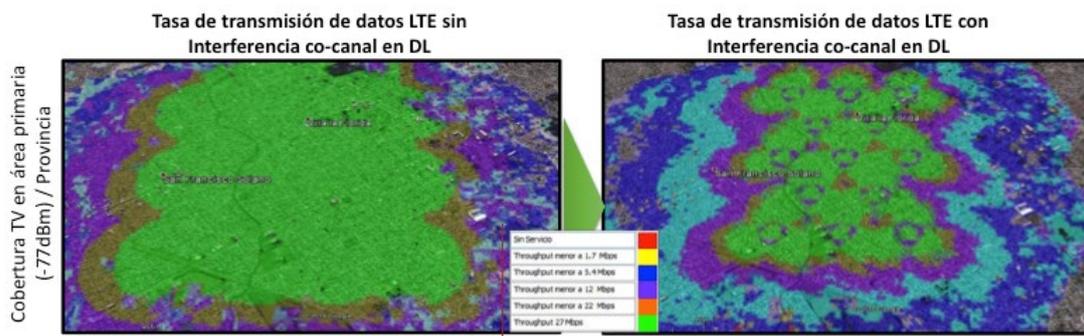


Figura 17. Análisis de interferencia co-canal generado por transmisor de TV en canal 65 sobre LTE en DL.

Fuente: Análisis ITEAM y BHA haciendo uso de ICS Telecom

Finalmente, es importante destacar que bajo el escenario de operación co-canal, los servicios de TV también se ven afectados por las señales LTE operando en el mismo canal, es otras palabras, resulta imposible la recepción de la señal de televisión debido a la presencia de estaciones base LTE en zonas urbanas.

Con base en lo expuesto, bajo la situación actual en la zona de AMBA, los transmisores ubicados en San Justo y La Plata impedirían la prestación de servicios LTE de manera apropiada en toda el área mencionada y los 3 bloques de espectro asignados en la banda de 700MHz. En las zonas con color verde el impacto en el servicio sería del 100%, mientras en las zonas azules la reducción en la capacidad de la red sería cercana al 77%.



Figura 18. Impacto de servicios de TV sobre LTE - AMBA.

En el caso del escenario de operación en canal adyacente, es decir, operación dentro de la banda de 700MHz pero en canales contiguos entre los sistemas de TV y LTE, es posible aplicar un análisis similar incorporando los conceptos de *Adjacent Channel Interference Ratio (ACIR)* que corresponde a la potencia total interferente entre el canal útil y el canal adyacente y se estima a partir de los niveles de selectividad del receptor de LTE (estándar 3GPP) y la tasa de fuga en canal adyacente del transmisor interferente, es decir, el transmisor de TV. Este escenario aplica para la transmisión del operador Telecentro en el canal 60 y Cablevisión en los canales 61 y 69 considerando que el bloque 4 de LTE se encuentra sin asignar.

La siguiente figura muestra los márgenes de protección requeridos para diferentes niveles de throughput considerando una portadora LTE de 15MHz.

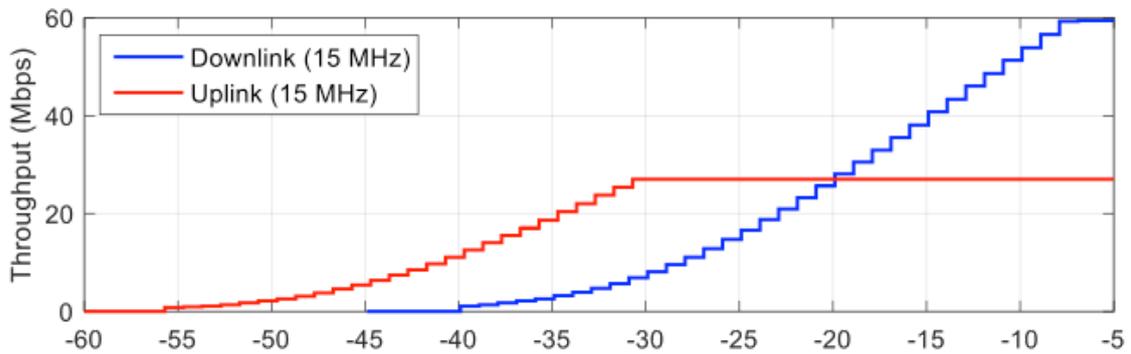


Figura 19. Relación Throughput - Margen de Protección en canal adyacente.

Es importante mencionar que a medida que se incremente la banda de guarda entre los servicios, el margen de protección requerido es menor; sin embargo, se encontró que la diferencia en el margen entre una banda de guarda de 0MHz y 10MHz es de 1,3dB. De esta manera, se estimó el impacto para el peor caso, es decir, 0MHz de separación. La siguiente figura muestra el nivel de interferencia que tendría el transmisor ubicado en San Justo si sólo emitiera señales en el canal 60.

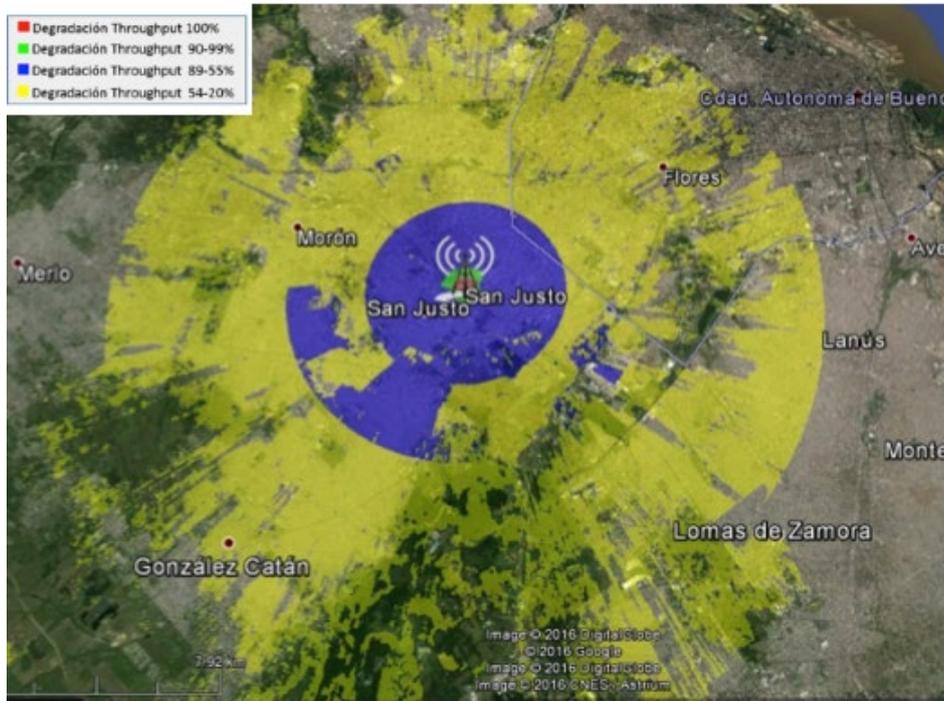


Figura 20. Interferencia de TV sobre LTE en canal adyacente.

Los resultados del análisis permiten concluir sobre la necesidad de liberar la totalidad de la banda de 700MHz con el objetivo de asegurar la correcta operación de los servicios en toda el área del Gran Buenos Aires. Como se muestra en la figura anterior, las zonas más cercanas al transmisor de TV muestran una degradación en el throughput de la red LTE superior al 50%.

Finalmente, se presenta en la siguiente figura la cobertura que estimada por el transmisor de TV de Solidaria TV en el canal 56, que impactaría principalmente los servicios de banda ancha móvil LTE prestados sobre los bloques 2 y 3 de la banda LTE.



Figura 21. Interferencia TV sobre LTE - Rosario.

5 Análisis de Coexistencia

de Servicios de TV y LTE en banda de 700mhz

El análisis de coexistencia de los servicios de radiodifusión de televisión y los sistemas LTE en banda de 700MHz, se obtiene a partir de mediciones de laboratorio de los niveles de saturación del receptor (Oth)²⁶ y el Margen de Protección (MP)²⁷ requeridos para la correcta operación de los servicios. Para el análisis de la interferencia de TV sobre LTE se tomó como base los conceptos explicados en el anterior capítulo relacionados con la tasa de transmisión y las condiciones de calidad del canal de radio acceso. La metodología empleada para estas mediciones es detallada en el Anexo I del presente documento y en la siguiente tabla se resume las características técnicas de las señales evaluadas.

Tecnología	Tipo de señal	Ancho de banda	FFT	Intervalo Guarda	Modulación	Codificación	Carga de tráfico
LTE-UL	Útil	10/15 MHz	1K/1.5K	Normal	Variable	Variable	50%
	Interferente	10/15 MHz	1K/1.5K	Normal	QPSK	~1/2	5%
LTE-DL	Útil	10/15 MHz	1K/1.5K	Normal	Variable	Variable	100%
	Interferente	10/15 MHz	1K/1.5K	Normal	QPSK	~1/2	idle
ISDB-T	Útil / Interferente	6 MHz	8K	1/16	64QAM	3/4	-
DVB-T	Útil / Interferente	6MHz	8K	1/16	64QAM	3/5	-

Tabla 2. Configuración de las señales a evaluar.

El análisis del riesgo de interferencia es realizado a partir de los niveles de saturación del receptor y los márgenes de protección calculados de la siguiente manera:

1. Calcular la potencia de la señal interferente que se recibe en el receptor y evaluar la diferencia en dB con respecto a la sensibilidad del receptor (la cual determina el área de cobertura).
2. Si se cumple que la diferencia entre la sensibilidad del receptor y la potencia de la señal interferente recibida en el receptor sea mayor que el margen de protección, se concluye que no existirán interferencias. Sin embargo, si se cumple dicha condición, pero la potencia de la señal interferente es superior al Oth, se concluye que si existen riesgo de interferencia. La siguiente figura muestra los supuestos considerados para este análisis.

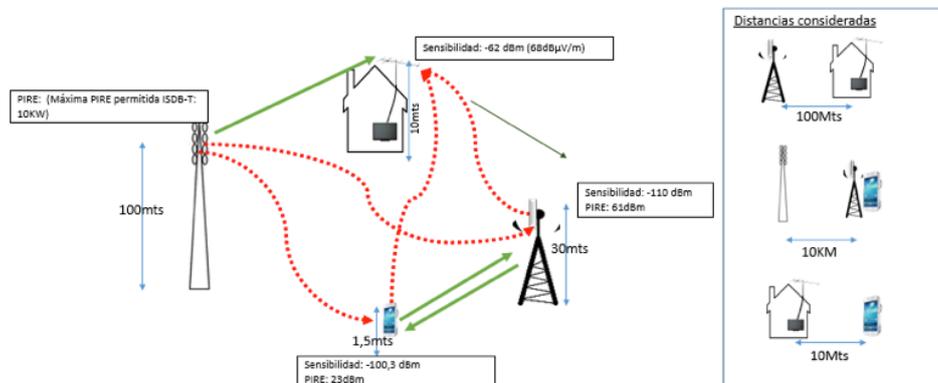


Figura 22. Supuestos para análisis de riesgos de interferencia.

26. El umbral de saturación u overloading threshold (Oth) es el nivel de señal interferente a partir del cual el receptor pierde su capacidad para discriminar dicha señal a frecuencias diferentes a las de la señal útil.
 27. El margen de protección (MP) es el valor mínimo de diferencia entre la señal deseada y la no deseada, expresado en dB, a la entrada del receptor que se ha de cumplir para un requisito de calidad determinado.

Finalmente, se evaluaron las siguientes técnicas de mitigación:

- Filtrado adicional de señales (Receptores de TV y estaciones base LTE)
- Incremento de bandas de guarda
- Separación geográfica entre estación transmisora de TV y estación base LTE / terminal de usuario LTS
- Reducción de potencias de transmisión de las estaciones de televisión

En las siguientes figuras se presenta el comportamiento de los filtros considerados para el análisis de interferencias en banda adyacente (izquierda) y operación dentro de la misma banda (derecha).

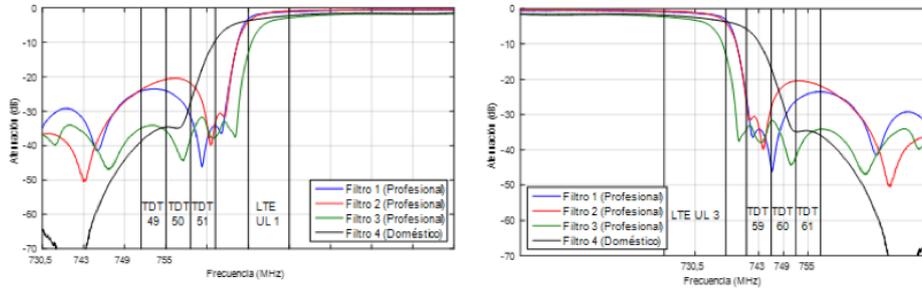


Figura 23. Comportamiento de los filtros analizados.

5.1 Coexistencia de Servicios en Banda Adyacente

En este escenario se considera la interferencia generada por los canales 49, 50 y 51 de TV sobre los bloques de espectro asignados para el despliegue de redes LTE en la banda de 700MHz y viceversa, como se muestra en la siguiente figura.

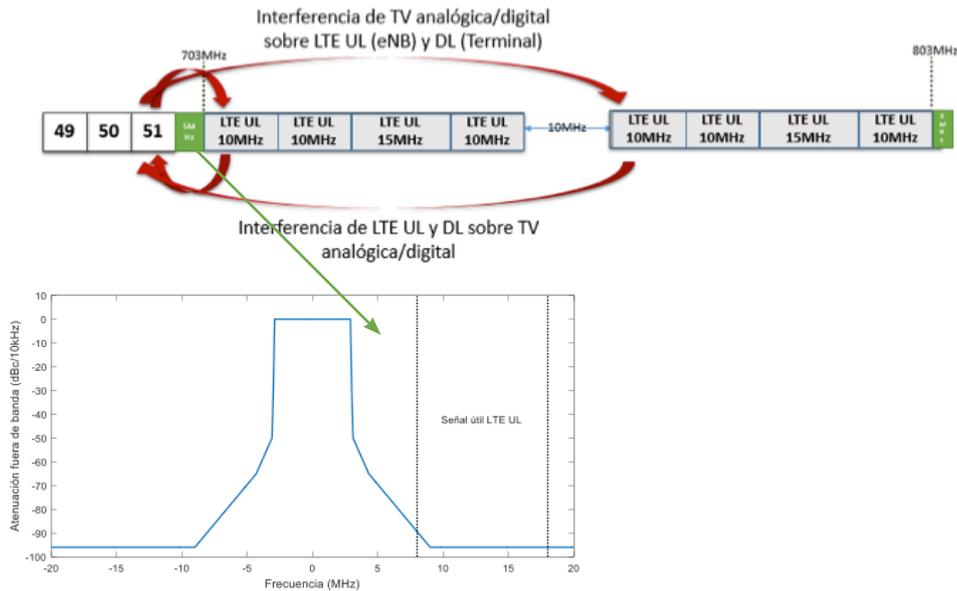


Figura 24. Escenarios de interferencia en banda adyacente.

En cada escenario se consideró el peor caso, es decir, cuando el receptor se encuentra en el borde de cobertura. La siguiente tabla resume las principales conclusiones de los resultados obtenidos en las mediciones de laboratorio (El detalle de los resultados puede ser consultado en el Anexo III). La señal LTE-DL ha sido desestimada en este estudio, dado que la banda de guarda con respecto a la señal TDT es mayor a 60 MHz. Se considera una banda de guarda suficiente para evitar cualquier tipo de interferencia. En este análisis se consideró el estándar ISDB-T (TV Digital Abierta) y el estándar DVB-T (TV Codificada), encontrando resultados muy similares, los márgenes de protección requeridos para evitar interferencias perjudiciales entre los sistemas es entre 3dB y 5dB más bajos bajo el estándar ISDB-T.

	Señal Útil	Señal Interferente	Banda de Guarda	Riesgo de Interferencia	
Banda Adyacente		49	17 MHz	Bajo	
	TV Digital → LTE	LTE-UL1	50	11 MHz	Bajo
			51	5 MHz	Bajo
		49		17 MHz	-
	LTE → TV Digital	50	LTE-UL1	11 MHz	-
		51		5 MHz	Medi Bajo

Existe un bajo riesgo de interferencia entre los sistemas digitales de TV y las redes LTE considerando la existencia de una banda de guarda de 5MHz por la canalización APT. En el peor caso, es decir, cuando el terminal LTE se encuentra transmitiendo a máxima potencia y ubicado muy cerca del receptor de TV en interiores, existe un riesgo medio bajo de interferencias que puedan afectar al receptor de TV. En el caso de recepción mediante antena exterior, como es el caso de los radiodifusores de TV codificada, el riesgo de interferencias es prácticamente nulo.

En relación con los escenarios con el receptor de televisión y el terminal de usuario en interiores (peor caso), se estimó que la distancia mínima en el caso que el terminal y el receptor TDT se encuentren en la misma sala es de 7,7 metros. De todos modos, esta distancia de seguridad sólo será necesaria en el caso más crítico, donde el terminal transmite a la máxima potencia. En casos menos restrictivos, esta distancia se verá reducida en gran medida. Para casos típicos de escenarios urbanos y rurales, se emplean potencias medias en el terminal LTE de 2 y -9 dBm, respectivamente. Las distancias mínimas obtenidas para este caso serán:

Potencia Terminal LTE	Misma sala	Sala adyacente
23 dBm	7,7 m	1,9 m
2 dBm	0,8 m	0,2 m
-9 dBm	0,25 m	0,13 m
-13 dBm	0 m	0 m

Tabla 3. Distancias mínimas entre el terminal LTE y el receptor TDT en función de la potencia LTE transmitida, para una misma sala o salas distintas. Canal 51 de TDT.

En el caso de hacer uso del canal 51 para radiodifusión de TV abierta con recepción en interiores, en los casos donde se detecten interferencias sobre los receptores de TV, es posible considerar la adopción de filtros pasa banda caseros que proporcionan una adecuada mitigación de dichas interferencias perjudiciales.

Aunque el riesgo de interferencia del transmisor de TV sobre la estación base LTE es bajo, en las mediciones realizadas mediante el software de predicción, se identificó un potencial riesgo cuando la distancia entre las mismas es menor que 500mts. Conforme los resultados, este escenario puede generar un impacto en cerca del 40% de la capacidad de la estación base. Por esta razón, se recomienda evaluar el comportamiento de las estaciones base LTE (Nivel de piso de ruido) que se encuentren cercanas a los transmisores de TV operando en el canal 51 y en caso de identificar impacto en el desempeño se debe considerar la implementación de filtros profesionales en las estaciones base LTE.

En estudios realizados en Japón y Perú se adoptaron medidas orientadas a incrementar la banda de guarda entre los dos servicios, para lo que se restringieron las asignaciones del canal 51. En Brasil se consideró un presupuesto dentro del proceso de subasta de la banda de 700MHz para la distribución de filtros atenuadores para los receptores de TV en caso que un usuario reportara fallas en la recepción de su señal. Esta estrategia representa gastos asociados con el costo de los filtros domésticos (USD15 aproximadamente), costos logísticos para entrega, stock de repuestos y atención al cliente por fallas o inquietudes durante 1 año.

5.2 Coexistencia de Servicios en la misma banda

En este escenario se considera la interferencia generada por transmisores de televisión operando en canales dentro de la banda de 700MHz. Bajo este escenario se puede presentar interferencia por operación co-canal o por operación en canales adyacentes como se muestra en la siguiente figura.

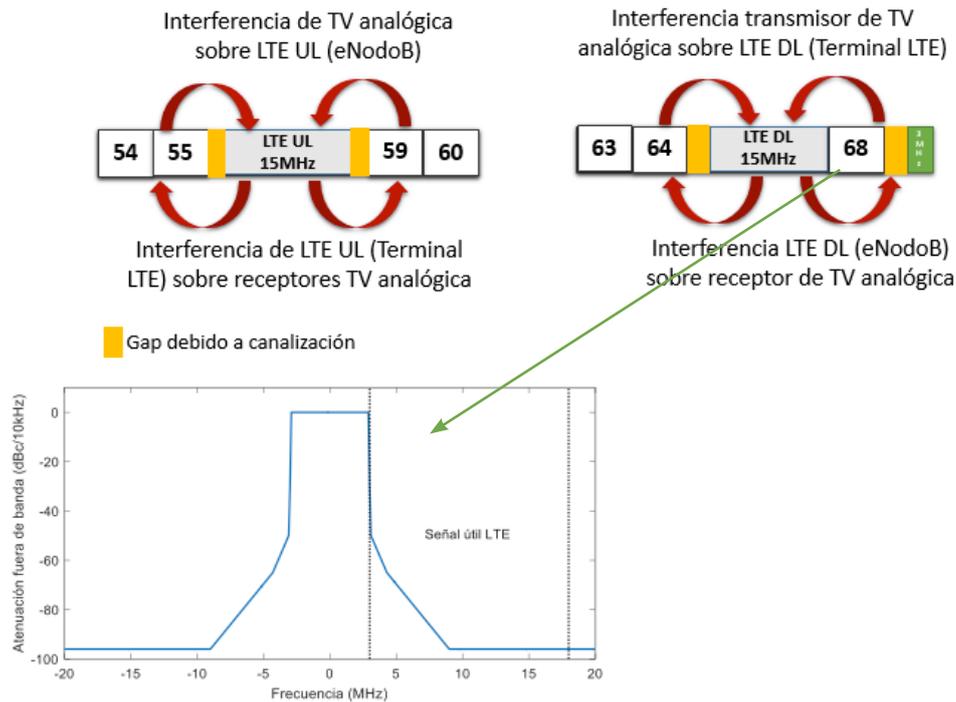


Figura 25. Escenario de interferencias por operación dentro de la misma banda.

Conforme se presentó en el capítulo anterior, la operación co-canal de los servicios de TV digital y LTE imposibilita la operación de los servicios debido a los elevados márgenes de protección requeridos. Con base en los resultados obtenidos, no es viable prestar servicios de banda ancha móvil dentro de la zona AMBA debido a las interferencias generadas por los sistemas de TV digital codificada existentes y el canal analógico que interfiere a los bloques LTE 1 y 2.

La siguiente figura muestra la relación entre la distancia geográfica de separación entre el transmisor de TV y la estación base LTE y el impacto en reducción de capacidad de la red LTE, medida en términos del throughput máximo alcanzado.

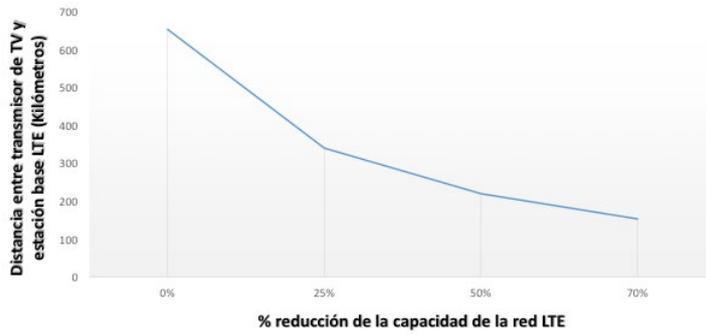


Figura 26. Distancia entre TV y LTE para diferentes niveles de impacto en la capacidad de la red LTE en operación co-canal.

Fuente: Elaboración BHA

Por otro lado, la siguiente tabla resume las principales conclusiones de los resultados obtenidos para el caso de operación dentro de la misma banda en canales adyacentes.

	Señal Útil	Señal Interferente	Banda de Guarda	Riesgo de Interferencia
TV Operación en la misma banda	TV → Estación base LTE	LTE-UL 3	55/59	1MHz/2MHz ● Alta
	TV → Terminal LTE	LTE-DL 3	64/68	2MHz/1MHz ● Medio
	Estación base LTE → TV	64 / 68	LTE-DL 3	2MHz/1MHz ● Medio ● Baja
	Terminal LTE → Receptor TV	55/59	LTE-UL 3	1MHz/2MHz ● Alta

Con el objetivo de evaluar técnicas de mitigación para esta operación, se analizó la utilización de filtros profesionales y domésticos en los receptores de cada uno de los sistemas (ver comportamiento de los filtros en Figura 23), encontrando el mejor comportamiento con el filtro profesional 1 al ser implementado en las estaciones base LTE reduciendo significativamente el riesgo de interferencia. La siguiente figura muestra la distancia requerida entre el transmisor de TV y la estación base LTE para diferentes porcentajes de reducción de la red LTE cuando operan en canal adyacente.

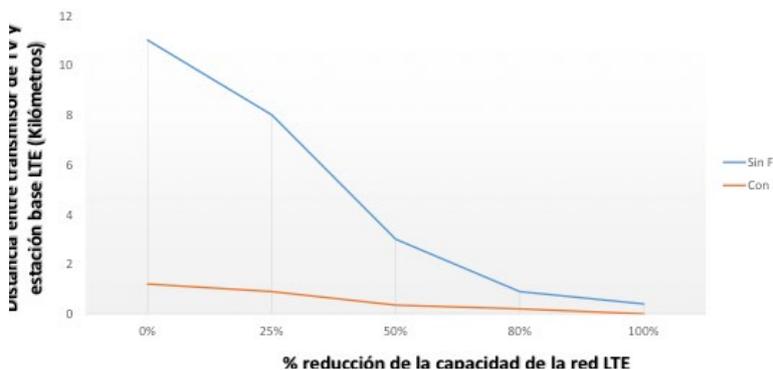


Figura 27. Distancia entre TV y LTE para diferentes niveles de impacto en la capacidad de la red LTE en operación canal adyacente.

Fuente: Elaboración BHA

6 Plan de Limpieza

de la Banda de 700MHz

En los anteriores capítulos se concluyó sobre la imposibilidad de prestar servicios de banda ancha móvil 4G sobre la banda de 700MHz en la zona de amba debido a la existencia de radiodifusores de tv en los canales 52 al 69. esta situación conlleva a que resulte imperativo la migración de los operadores telecentro y cablevisión, así como la definición jurídica de los canales reservados a las universidades nacionales y la situación del operador solidaria TV.

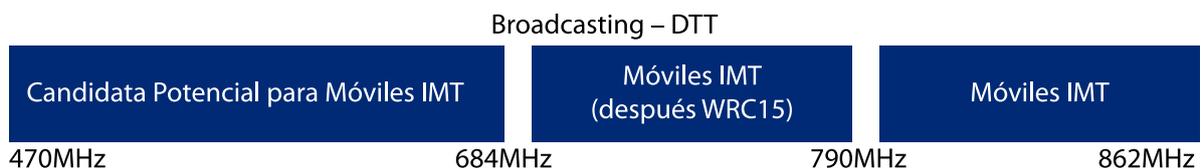
En primer lugar, es importante destacar que la situación actual de argentina, en la que se presentan asignaciones de gran cantidad de espectro en banda UHF a operadores de TV paga codificada es un escenario poco común en este tipo de mercado, generando ineficiencias en el uso del espectro por el elevado número de canales radioeléctricos requeridos para completar una grilla de programación competitiva con el servicio cable o DTH (mínimo 60 señales) y considerando adicionalmente el actual desarrollo de tecnologías para prestar servicios de banda ancha en este mismo rango de espectro y que proporciona mayores beneficios económicos y sociales a la población. en este sentido, es urgente la implementación de los planes de reorganización del espectro en banda UHF incentivando el uso eficiente del mismo y privilegiando su uso en servicios que promuevan el acceso universal y de alto impacto para los ciudadanos.

La resolución 18 de 2014 y la resolución 2153 de 2016 han ordenado la migración de los operadores de tv codificada mencionados previamente de manera inmediata, buscando que durante el mes de julio del 2016 se finalicen las transmisiones dentro de la banda de 700MHz y se pueda iniciar la prestación de servicios LTE. no obstante, la ocupación de la banda UHF en la zona de amba impide que haya una migración directa de estos operadores a la banda de 600MHz y los retos tecnológicos de operar en la banda de 12GHz, conforme lo establecido en la resolución 2153/2016, no permiten visualizar una rápida migración de los operadores mencionados.

En este capítulo se analizarán las implicaciones de las diferentes opciones de migración de los operadores de televisión. la primera sección describe algunos casos internacionales relacionado con operadores de TV paga por aire, mientras la segunda sección presenta las consideraciones generales sobre opciones de migración de los operadores de tv codificada que hacen uso de la banda de 700MHz.

6.1 Análisis de Experiencia Internacional

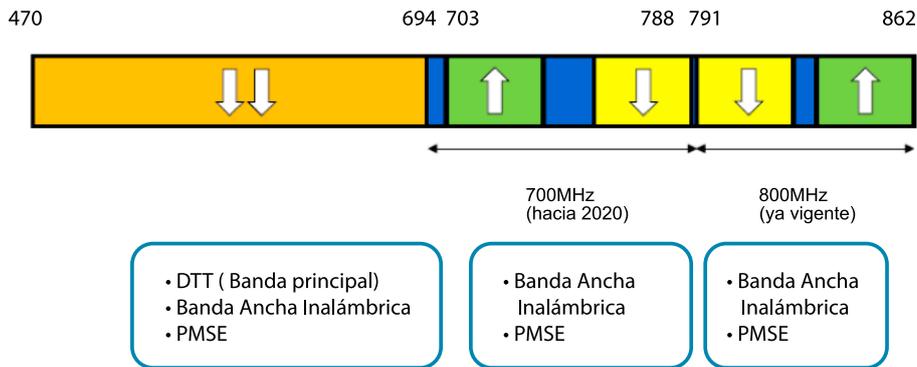
En Europa, los servicios de DTT, tanto en su versión gratuita (free-to-air) como paga (Pay-DTT), y los servicios móviles IMT se despliegan sobre la banda UHF²⁸, como se ilustra a continuación:



28. EFinal Acts of the Regional Radiocommunication Conference for planning of the digital terrestrial broadcasting service in parts of Regions 1 and 3, in the frequency bands 174-230 MHz and 470-862 MHz (RRC-06).

Actualmente, en gran medida como consecuencia de las conclusiones de la Conferencia Mundial de Radio – 2015 de la UIT respecto a la identificación de nuevas bandas IMT y la necesidad de cumplir con los objetivos de la Agenda Digital para Europa, se ha definido la migración de los servicios de TV Digital hacia frecuencias más bajas de la banda UHF, liberando así porciones de espectro en la banda de 700MHz²⁹. Si bien estos planes de migración están generando un intenso debate, las autoridades regulatorias parecen no dudar acerca de los beneficios positivos que esta migración originará en el usuario final. Uno de los ejes del debate recae sobre la forma de migración de los servicios de TV Digital hacia la porción remanente de la banda UHF, donde hay dudas acerca de los costos, los plazos y plataformas³⁰.

Los planes de Europa para la banda UHF puede resumirse de la siguiente manera:



Como se observa, se espera poder migrar todos los servicios DTT hacia la porción inferior de la banda UHF. Los actuales planes en discusión no contemplan una distinción relevante entre los servicios gratuitos o pagos DTT, tratándolos en general bajo las mismas prerrogativas.

Al respecto, la UIT ha provisto las siguientes recomendaciones para los servicios de TV Digital:

- Implementar innovaciones tecnológicas:
 - compresión con tecnologías DVB-T2 en el caso de Europa
 - redes de frecuencia única (SFN)
- Mejorar la eficiencia del uso del espectro y promover plataformas de TV Digital:
 - usar menos espectro
- Usar bandas de espectro por debajo de 694MHz

En el caso particular de servicios de TV Digital Paga, se destacan dos casos significativos en Europa. En primer lugar, Freeview y Top Up TV en Reino Unido que representa un caso de particular interés, dada la gran cantidad de usuarios que posee y los éxitos que esta plataforma ha posibilitado en términos de acceso a servicios audiovisuales por parte de la población y al despliegue de nuevas tecnologías y servicios (eg, servicios bajo demanda, interactividad, recorder). Freeview comenzó operaciones en 2002, y es el resultado de un consorcio integrado por la BBC, Sky, Arqiva, ITV y Canal 4. Esta solución ofrece aproximadamente 60 canales de TV, 10 HD y 25 estaciones de radio³¹. A partir de 2004, la oferta básica gratuita se complementó con nuevos servicios denominados Top Up Tv, esta vez ofrecidos bajo la modalidad de suscripción mensual paga, como una oferta de contenido Premium³² que se mantuvo hasta 2014, cuando los servicios Premium, como Sky Sports, solo pueden adquirirse mediante una plataforma satelital, por cable o con plataformas OTT.

29. Casos de Italia, Francia, España, Reino Unido. Ver "Future use of the 700MHz band".

30. Ver respuesta de Freeview a Consultation Document from OFCOM "Future use of the 700MHz band: Implementing OFCOM's UHF strategy", (2013).

31. <https://www.freeview.co.uk/why-freeview/channels>

32. Entre los canales premium originales se incluyó: UK Style, Eurosport, UKTV Gold, TCM, Discovery, Cartoon Network, UK Food, Bloomberg, Toonami and Boomerang. Posteriormente la solución Top Up TV migró hacia Top Up TV Anytime, una solución basada en el almacenamiento de contenido en un disco duro, que permitía también ver contenido de Sky Sport (1 y 2) y ESPN. El costo aproximado oscilaba entre £10-£22 libras por mes, según se incluya contenido de deportes y películas.

Otro caso es el de España con soluciones de TDT y TDT Premium. Los principales proveedores de contenido audiovisual ofrecen sus servicios de TV principalmente por plataformas DTT gratuitas. No obstante, se desarrolló un servicio denominado TDT Premium, cuya oferta principal fue el canal GOL TV, un canal de contenido deportivo Premium disponible para todas las plataformas de canales TDT que quisieran lanzar su oferta de contenido por suscripción, con un costo aproximado de € 15 por mes. El canal GOL TV estuvo disponible hasta 2015, cuando fue reemplazado por BeIN Sports España, servicio solo disponible a usuarios de Cable TV o en plataformas OTT.

De manera similar a la del Reino Unido, en España los servicios pagos de DTT emergieron como contenido Premium complementario a la oferta básica gratuita DTT. Si bien tuvieron relativa acogida, en ambos casos estos servicios fueron discontinuados recientemente; hoy ese contenido Premium (principalmente deportivo) es solo accesible vía plataformas OTT o por proveedores de cable TV o satelitales.

En América Latina es posible destacar el caso de Ecuador, donde se asignaron licencias de TV Codificada Terrestre para operar en el rango de espectro de 686 a 806MHz de la banda UHF y MMDS en la banda de 2.5GHz. Debido al interés en estas bandas para su uso en los sistemas de comunicaciones móviles 4G, a los operadores con estas licencias se les concedió un plazo de 3 años para migrar a otras soluciones, como DTH o TV por cable.

6.2 Opciones de migración para los operadores de TV codificada en la banda de 700MHz en la zona de AMBA

La limpieza de la banda de 700MHz en la zona de AMBA implica la migración de los operadores Telecentro, que ocupa 7 canales radioeléctricos dentro de la banda, y Cablevisión La Plata con la misma cantidad. Conforme lo establecido en la Resolución 2531/2016, los servicios de TV codificada deberán migrar a la banda de 12,2-12,7GHz, sin embargo, esta migración podría realizarse en dos pasos permitiendo que estos operadores sigan ofreciendo los servicios en banda UHF, pero en canales fuera de la banda de 700MHz.

La situación descrita permite identificar diferentes opciones para llevar a cabo la migración conforme se describe a continuación.

6.2.1 Migración directa a prestar servicios MVDDS en la banda de 12GHz

Los sistemas MVDDS (Multichannel Video Distribution and Data Services) permiten proporcionar servicios de televisión y conectividad de internet desde transmisores terrestres, conviviendo con servicios satelitales (Direct Broadcast Satellite Service). Como se mencionó, estas soluciones han sido implementadas en EEUU, donde los principales operadores son DTV Nortwich, South.com, MDS Operations, Braunston Spectrum. El principal fabricante e instalador de redes MVDDS es MDS America Inc, que también implementó una red de amplia cobertura en Emiratos Árabes Unidos.

A pesar que las licencias en Estados Unidos para MVDDS fueron entregadas desde 2004, no se cuenta con una amplia adopción comercial. Por otro lado, la migración desde el estándar DVB-T a MVDDS involucra cambios completos en el equipamiento tanto de las estaciones transmisoras como de los receptores de usuario, además de suponer la necesidad de implementar repetidoras adicionales para poder mantener la cobertura actual y asegurar la línea de vista entre la estación transmisora y la antena del receptor.

6.2.2 Migración temporal a la banda de 600MHz mediante la reducción de los canales radioeléctricos requeridos

Una de las alternativas reconocida por el Ministerio de Comunicaciones y la ENACOM está relacionada con la definición de una estrategia que les permita a los operadores Telecentro y Cablevisión emitir sus señales en la banda de 600MHz de manera temporal. Sin embargo, el nivel de ocupación de la banda de 600MHz limita esta posibilidad.

Los canales del 38 al 46 se encuentran asignados a Andina TV, con un área de servicio autorizada de 60km y 4 repetidores para cubrir toda la zona de AMBA. Así mismo, los canales del 47 al 51 fueron asignados a la empresa NDN con una cobertura similar a Andina TV, aunque no se identificaron emisiones efectivas de este operador. En este sentido, sería necesario reducir la cantidad de canales radioeléctricos asignados a Antina TV (9 canales), NDN (5 canales), Telecentro (8 canales) y Cablevisión (10 canales) para operar en los 14 canales disponibles en la banda de 600MHz y ajustar condiciones de propagación para facilitar el reuso de canales entre algunos transmisores.

La siguiente figura muestra las coberturas estimadas de cada uno de los transmisores involucrados y que se encuentran operativos.

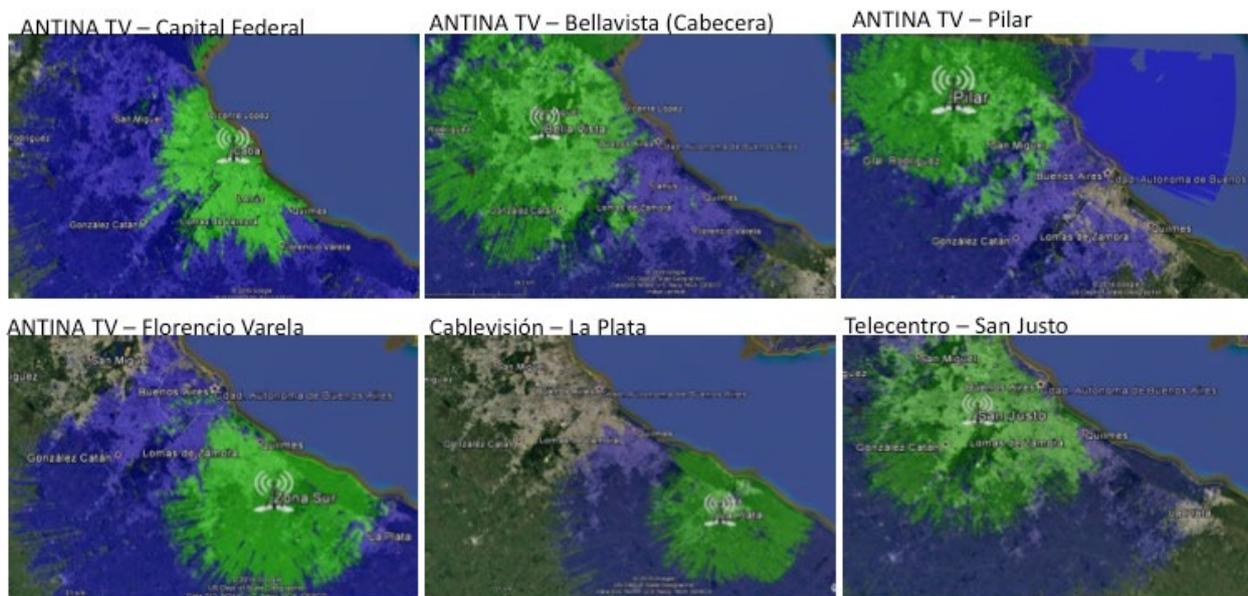


Figura 28. Cobertura estimada de transmisores de TV codificada operativos en AMBA (600/700MHz)

Con base en la figura anterior, el reuso de canales entre algunos de los transmisores de TV generaría impactos en los niveles de señal a interferencia (S/I) afectando la capacidad y calidad del sistema. No obstante, es posible considerar restricciones en la potencia de transmisión de las estaciones de TV de San Justo (Telecentro) y La Plata (Cablevisión) en el azimuth apropiado para minimizar dicho impacto y viabilizar el re-uso de canales. Estas estaciones se encuentran separadas 60 kilómetros y cada una tiene un área de servicio autorizada de 25km.

La cantidad de canales radioeléctricos de televisión requeridos por cada operador está asociada con la oferta de señales, la calidad de las mismas (Definición estándar - SD o Alta Definición - HD) y la capacidad de la tecnología implementada. Los operadores bajo análisis cuentan con una oferta entre 100 – 130 señales, de las cuales el 40% son HD aproximadamente.

Para reducir la cantidad de canales requeridos se deben considerar opciones como la reducción de las señales HD, eliminación de señales de la grilla actual y llevar la tecnología a su máxima capacidad técnica y de compresión. El incremento de capacidad, en caso que no se tenga implementado, consiste en un cambio del modo de transmisión de las estaciones de TV (mejor esquema de modulación y tasa de codificación) y un incremento de potencia de las mismas para compensar el ajuste. Otra opción radica en la migración al estándar DVB-T2 que proporciona mayor capacidad, pero requiere reemplazar el setup box del abonado y realizar ajustes en los equipos de la estación transmisora. DVB-T2 proporciona velocidades de transmisión mayores, logrando alcanzar 37,8Mbps por canal (Con SINR de 25.4dB), lo cual representa un 50% más capacidad en el mismo ancho de banda que su estándar predecesor, así mismo el uso de algoritmos de compresión más robustos (H.265/HEVC) que permite reducir en un 50% la cantidad de bit requeridos, aunque aún son muy nuevos en el mercado y recién se iniciarían pruebas comerciales durante el 2016. De esta manera se posibilita un uso mucho más eficiente del espectro radioeléctrico.

Por lo general, la migración a DVB-T2 permite el reuso de la infraestructura existente en los transmisores, sin embargo, dado que se requiere una modificación en el canal radioeléctrico de operación, lo más probable es que requiera cambios en los filtros de RF y un trabajo de ingeniería para ajustar el arreglo de antenas. Como se mencionó previamente, el sistema DVB-T2 no es compatible con el estándar predecesor, por lo que exige el reemplazo de los setup box. Este proceso de reemplazo conlleva que el operador mantenga una transmisión en simulcast de los dos estándares hasta finalizar dicho proceso.

En este orden de ideas, es posible contemplar dos alternativas de análisis para la reducción de canales radioeléctricos como se menciona a continuación:

- Alternativa A: Reducción de canales radioeléctricos asignados a los cuatro operadores manteniendo las condiciones técnicas existentes: Antina TV (7 canales), NDN (2 canales), Cablevisión (5 canales), Telecentro (5 canales). Esta solución implica un riesgo en la aceptación por parte de Antina TV, considerando sus recientes inversiones tecnológicas para reducir el espectro usado a 9 canales.
- Alternativa B: Reducción de canales radioeléctricos asignados a tres de los cuatro operadores y migrar a DVB-T2 para obtener mayor capacidad por canal: Antina TV (9 canales), NDN (1 canal), Cablevisión (4 canales), Telecentro (4 canales).

6.2.3 Migración temporal a la banda de 600MHz mediante la implementación de una plataforma única de TV Digital SFN

Una red SFN (Red de Frecuencia Única, por sus siglas en inglés) implicaría que todos los operadores establezcan un acuerdo para emitir sus señales mediante una única plataforma, transmitiendo un mismo contenido en toda la red. Este esquema representa un cambio substancial en el modelo de negocio y las condiciones competitivas del mercado.

Desde un punto de vista técnico, tendrían que decidir donde tener la cabecera de la red SFN, y luego distribuir ese contenido a todos los transmisores y repetidores. Así mismo, se requiere de un adaptador SFN en la cabecera, y GPSs en los centros de transmisor. De manera preliminar, se prevé que las distancias entre los repetidores de ANTINA y los transmisores de Telecentro y Cablevisión permite el despliegue de una red SFN con la cobertura en toda el área de AMBA incluyendo La Plata.

Adicionalmente, esta red deberá adoptar la mayor innovación en el estándar tecnológico de manera que se pueda transmitir la mayor cantidad de señales posibles, incluyendo canales comunes a los tres operadores, así como canales propietarios o exclusivos. Para esto, se estima que los abonados de Telecentro y Cablevisión deberán reemplazar sus equipos receptores por unos que soporten el estándar DVB-T2. Así mismo, en caso que se decida adoptar el códec H.265 que permite un mayor nivel de compresión, lo que representaría un cambio en el STB de todos los usuarios de TV Codificada de Antina TV, Telecentro y Cablevisión.

6.2.4 Migración temporal a la banda de 600MHz y uso de los canales 59-61, 68-69 (Bloque 4 LTE)

Complementando la opción descrita en el ítem 5.2.2, se analiza el uso temporal de los canales UHF correspondientes al bloque LTE 4, no asignado en el proceso de subasta de espectro, (Canales 59, 60, 61, 68 y 69) para la transmisión de servicios de TV Codificada. En esta opción es necesario tener presente el alto riesgo de interferencia existente y la dificultad para controlarlo; desde el punto de vista de la red LTE es necesario implementar filtros profesionales en las estaciones base (eNodeB) y cumplir con las recomendaciones en cuanto a distancias de protección. La implementación de los filtros representa un punto de falla adicional en la operación de la red LTE e incorpora una reducción en la sensibilidad de la estación base LTE de 1,5 a 2,5dB impactando directamente el radio de cobertura de cada celda.

Por otro lado, la interferencia generada por los terminales LTE sobre los dispositivos receptores de TV digital sería muy alta y difícil de controlar incluso con filtros, esta situación impactaría los niveles de señal a interferencia, degradando la calidad de los servicios de TV.

Bajo esta consideración, y asumiendo un caso donde se decida convivir con el riesgo de interferencia explicado previamente, se podrían considerar las siguientes alternativas de implementación:

- Alternativa A: Mantener las condiciones técnicas de las plataformas de TV actuales con la siguiente asignación: Antina TV (9 canales), NDN (3 canales), Telecentro (2 canales banda 600MHz + 5 canales banda 700MHz), Cablevisión (2 canales banda 600MHz + 5 canales banda 700MHz)
- Alternativa B: Migrar a DVB-T2 con la siguiente asignación: Antina TV (9 canales), NDN (1 canales), Telecentro (4 canales en banda 600MHz), Cablevisión (5 canales en banda 700MHz).

En la siguiente tabla se resume las opciones planteadas, detallando ventajas y desventajas de cada uno, costos y plazos de implementación. Los costos fueron estimados considerando valores de referencia de mercado de equipos transmisores de TV en cada una de las opciones e incluyendo estimaciones relacionadas con servicios de planeación, instalación, medición de interferencia, conformidad electromagnética, pruebas de cobertura y adecuaciones eléctricas. Así mismo, se consideró un promedio de valores de mercado para dispositivos de usuario SETUP BOX (STB) del tipo DVB-S2 Ku (MVDDS) y DVB-T2 H.264 (DVB-T2), incluyendo costo de distribución y logística, instalación y stock de repuestos en caso de fallas de los equipos y sobre una base de 100 mil abonados correspondientes a los operadores Telecentro y Cablevisión.

	Cambios en plataforma actual y STB usuario	Disponibilidad comercial	Impacto en grilla de programación o calidad de canales	Riesgos de interferencia LTE	Costos	Plazos Implementación
Migrar a 12,2 - 12,7 GHz (MVDDS)	 Diferente tecnología. Requiere línea de vista	 Fabricante MDS América, Inc. Redes sólo en EE.UU y EAU	 Amplia capacidad de canales, nuevos servicios e internet	 Libera banda 700MHz	 > \$ 20,5 MMUSD (2 operadores)	 > 12 meses (STB no autoinstalable)
Reducir canales (opción A)	 Cambio filtros y ajuste de antenas	 Tecnología existente	 Requiere reducir grilla y cambiar HD por SD	 Libera banda 700MHz	 < \$ 0,7 MMUSD	 < 3 meses
Reducir canales y migrar a DVB-T2 (opción B)	 Cambio STB y filtros en transmisor	 Ampliamente usado en Europa y Colombia	 Reduce capacidad. Requiere quitar canales a NDN	 Libera banda 700MHz	 \$ 6 - 8 MMUSD	 < 6 meses (Asume STB autoinstalable)
Plataforma única SFN en DVB-T2 (Evolución a H.265)	 Diseño plataforma SFN. Cambio STB y filtros en transmisor	 Ampliamente usado en Europa y Colombia	 Transmitir igual contenido todos los operadores	 Libera banda 700MHz	 \$ 6,5 - 9 MMUSD	 < 10 meses (Asume STB autoinstalable)
Migrar a DVB-T2 y usar canales bloque 4 LTE*	 Cambio STB y filtros en transmisor	 Ampliamente usado en Europa y Colombia	 No impacta capacidad. Requiere quitar canales a NDN	 Afecta LTE y TV. Requiere filtro y distancias de separación	 \$ 8,5 - 11 MMUSD	 < 6 meses (Asume STB autoinstalable)

Notas:

6. Los plazos de implementación dependen principalmente del tiempo requerido para el cambio de los STB de usuario. Así mismo, el mayor impacto en el costo de migración es generado por el cambio del STB de usuario.
7. Se asume que los STB para MVDDS requieren de instalación por parte del operador, principalmente porque la antena requiere línea de vista con el transmisor. El plazo de reemplazo de estos equipos dependerá de la cantidad de grupos de instalación disponibles, asumiendo una capacidad de 15 – 20 instalaciones por semana por grupo. El reemplazo de los equipos STB se podría realizar a partir de la semana 4 después de finalizar la instalación del transmisor principal.
8. Se asume que los STB de usuario para DVB-T2 son autoinstalables, lo que implica que sólo deben realizarse labores de distribución, diseño de un instructivo de instalación y asesoramiento a través de Contact Service (existente). En el peor caso, se asume que el 50% de los usuarios requieren visita de instalación del nuevo STB. El plazo dependerá de la cantidad de grupos de instalación disponibles, asumiendo una capacidad de 20 – 24 instalaciones por semana por grupo. El reemplazo de los equipos STB se podría realizar a partir de la semana 4 después de finalizar la instalación del transmisor.
9. Se consideró el valor comercial de los filtros pasa banda profesionales (6-8 cavidades) para las estaciones base LTE y filtros domésticos para los STB de TV usados en las pruebas de laboratorio.
10. En la última opción, para el caso de no migrar a DVB-T2, se estima que los costos asociados se reducen a \$ 1,3 millones de dólares.

6.3 Migración de radiodifusores de TV en interior de provincia de Buenos Aires y otras ciudades

La limpieza de la banda de 700MHz en la zona del interior de la provincia de Buenos Aires involucra a los operadores FORTÍN RURAL, CABLE CHARLONNE, CANAL 5 DAIREAUX y CABLEVISIÓN. Como se mencionó previamente, el nivel de ocupación de la banda de UHF permitiría que estos operadores se ubiquen de manera temporal en la banda de 600MHz o que migren directamente a la banda de 12GHz.

Bajo un escenario de cambio del canal de operación exclusivamente, se estima que deben reemplazar los filtros de los transmisores y ajustar los arreglos de antenas UHF para operar en cada canal, cuyos costos podrían ascender hasta US\$ 1 Millón.

En el caso de una migración a un sistema digital más eficiente que permita incrementar la eficiencia en el uso del espectro, pero que implica el reemplazo del STB del usuario, los costos de migración pueden superar los \$3,2 millones de dólares asumiendo una base de 40 mil abonados.

Referencias Bibliográficas

- Ley Argentina Digital – Ley 27.078.
- Ley de Servicios Audiovisuales Argentina – Ley 56.522 de 2009.
- Decreto 1148 de 2009.
- Resolución 18 de 2014.
- Subsecretaría de Planeamiento, Ministerio de Comunicaciones Argentina. “Información sobre banda UHF Argentina AMBA”.
- CEPT REPORT 30. “*The identification of common and minimal (least restrictive) technical conditions for 790 - 862 MHz for the digital dividend in the European Union*”, Octubre 2009.
- Recomendación ITU-R BT.2033-1, “*Planning criteria, including protection ratios, for second generation of digital terrestrial television broadcasting systems in the VHF/UHF bands*”, Febrero 2015.
- Spectrum Engineering Advanced Monte Carlo Analysis Tool (SEAMCAT), SEAMCAT Handtool, Enero 2010.
- 3GPP TS 36.213 version 13.1.1 Release 13, “*LTE; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical Layer Procedures*”, Mayo 2016.
- Recomendación UIT-R BT.1368-12, “*Criterios para la planificación, incluidas las relaciones de protección, de los servicios de televisión digital terrenal en las bandas de ondas métricas/decimétricas*”, Febrero 2015.
- Recomendación ITU-R BT.2215-6, “*Measurements of protection ratios and overload thresholds for broadcast TV receivers*”, Febrero 2016.
- 3GPP TS 36.942 version 13.0.0 Release 13, “*LTE; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Radio Frequency (RF) system scenarios*”, Enero 2016.
- 3GPP TS 36.101 version 13.3.0 Release 13, “*LTE; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); User Equipment (UE) radio transmission and reception*”, Mayo 2016.
- 3GPP TS 36.104 version 13.3.0 Release 13, “*LTE; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Base Station (BS) radio transmission and reception*”, Abril 2016.
- M. Takada and M. Saito, “*Transmission System for ISDB-T*,” Proceedings of the IEEE, vol. 94, no. 1, pp.251-256, Enero 2006.
- M. Fuentes et al., “*Coexistence of Digital Terrestrial Television and Next Generation Cellular Networks in the 700 MHz Band*,” IEEE Wireless Communications Magazine, vol. 21, no. 6, Diciembre 2014.
- Terrestrial Integrated Services Digital Broadcasting (ISDB-T). “*Specification of Channel Coding, Framing Structure and Modulation*”, Septiembre 1998.
- 3GPP TS 36.211 version 10.6.0 Release 10, “*3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical Channels and Modulation*”, Diciembre 2012.

Anexo 1

Metodología para las medidas de Márgenes de Protección y Umbrales de Saturación

Características de las señales y modos de transmisión empleados

La configuración de las señales a emplear para la evaluación de las interferencias entre distintas tecnologías se muestra en la Tabla 4.

Tecnología	Tipo de señal	Ancho de banda	FFT	Intervalo Guarda	Modulación	Codificación	Carga de tráfico
LTE-UL	Útil	10/15 MHz	1K/1.5K	Normal	Variable	Variable	50%
	Interferente	10/15 MHz	1K/1.5K	Normal	QPSK	~1/2	5%
LTE-DL	Útil	10/15 MHz	1K/1.5K	Normal	Variable	Variable	100%
	Interferente	10/15 MHz	1K/1.5K	Normal	QPSK	~1/2	idle
ISDB-T	Útil / Interferente	6 MHz	8K	1/16	64QAM	3/4	-
DVB-T	Útil / Interferente	6 MHz	8K	1/16	64QAM	3/5	-

Tabla 4. Configuración de las señales a evaluar.

En Argentina, se ha adoptado el estándar ISDB-T para el despliegue de la TDT, utilizando un ancho de banda de 6 MHz. El modo de transmisión de referencia TDT seleccionado utiliza FFT de tamaño 8k, intervalo de guarda 1/16, modulación 64QAM y codificación 3/4. Este modo permite una tasa binaria de hasta 18,1 Mbps, necesitando una SNR mínima de 19 dB en canal AWGN, 21 dB en canal Rice (recepción fija) y 23 dB en canal Rayleigh (recepción portable en interiores). En la siguiente figura se muestra el espectro de la señal descrita.

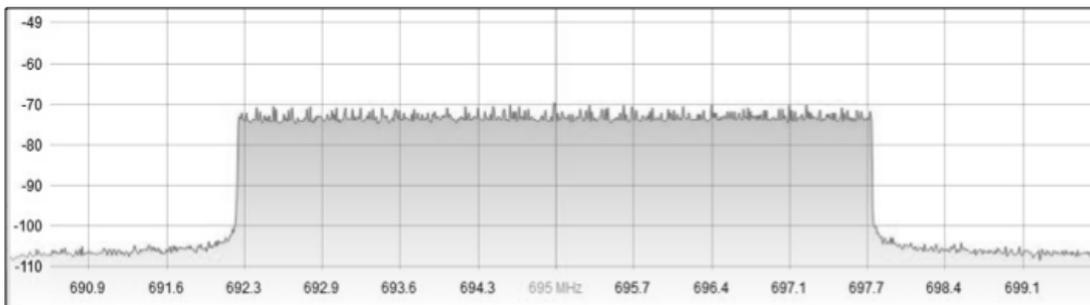


Figura 29. Espectro de la señal de TV digital ISDB-T, con frecuencia central 695 MHz (Canal 51).

Similares parámetros de consideración para el estándar de transmisión DVB-T adoptado por los operadores de TV codificada en Argentina.

Respecto a las señales LTE a utilizar, en Argentina existen cuatro operadores en la banda de 700 MHz. Tres de ellos utilizan un ancho de banda de 2 x 10 MHz, mientras que el otro (operando en el segundo canal RF) utiliza un ancho de banda de 2 x 15 MHz. El número de portadoras va directamente relacionado con el ancho de banda, por lo que dichos operadores utilizarán FFT de 1024 y 1536 portadoras respectivamente. El intervalo de guarda utilizado es el normal (4,7 μ s primer símbolo, 5,2 μ s resto).

Cuando LTE actúa como señal interferente, se utiliza la carga de tráfico que presenta un mayor nivel de interferencia sobre las señales de televisión. Como se indica en [ITU2033], la señal más interferente para el caso UL es aquella con una carga de tráfico ligera, donde solo un pequeño número de *resource blocks* se utilizan (aprox. 5%). Esto se debe a la naturaleza de la señal SC-FDMA, cuya variación temporal produce picos fuera de banda que influyen negativamente en la recepción de televisión. Por el contrario, una señal con una carga de tráfico mayor es más similar a ruido blanco Gaussiano, produciendo una interferencia menor. A continuación se muestra una figura con dos capturas de espectros UL, con carga de tráfico ligera y alta. Con UL, no siempre todo el ancho de banda aparece visible, puesto que depende de los RB utilizados en ese momento.

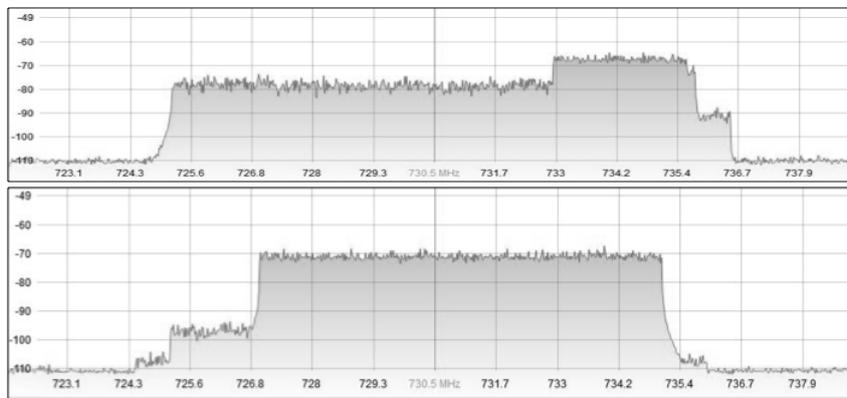


Figura 30. Espectro de la señal de LTE en uplink con carga de tráfico ligera (arriba) y alta (abajo), transmitidas con frecuencia central 730,5 MHz (canal LTE-UL 3).

En el caso DL, la señal más interferente es aquella con una carga de tráfico del 100%, pues al tratarse de una señal OFDM, sus portadoras generan mayor potencia de pico en las mismas condiciones de transmisión. La modulación escogida en todos los casos es una QPSK con codificación 1/2, típica de transmisiones 4G (parámetro que no afecta cuando LTE interfiere). A continuación se muestra una figura donde dicha carga de tráfico se compara con un estado de reposo o *idle*, donde ningún usuario está recibiendo señal.

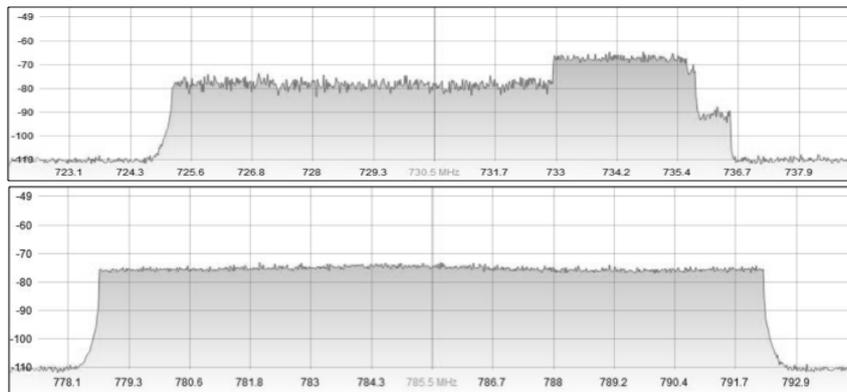


Figura 31. Espectro de la señal de LTE en downlink en estado idle (arriba) y transmitiendo al 100% (abajo), transmitidas con frecuencia central 785,5 MHz (canal LTE-DL 3).

Cuando LTE actúa como señal útil, se considerará una carga de tráfico del 100%, tanto en UL como en DL. Respecto a la modulación y *code rate* (CR), variarán en función de la SINR (*Signal-to-Interference-plus-Noise Ratio*) disponible, que dependerá a su vez de la interferencia de televisión producida. Dos ejemplos de señales LTE UL y DL pueden verse en la siguiente figura.

Parámetros para la caracterización de la interferencia

A continuación se definen los parámetros de medida que caracterizan la interferencia.

LTE como Señal Deseada

1.1.1.1. Relación señal a ruido e interferencia

La relación señal a ruido e interferencia o Signal to Interference-plus-Noise Ratio (SINR) se define como el valor mínimo de protección entre la señal útil y la interferencia o ruido (aquel de los dos que sea mayor), y depende directamente de la modulación y la tasa de codificación utilizados.

1.1.1.2. Velocidad máxima o throughput

El throughput se define como la velocidad máxima de transporte de datos a través de la red LTE, el cual normalmente se mide en Mbps y depende del ancho de banda de transmisión. Éste varía también en función del enlace utilizado, UL o DL.

1.1.1.3. Adjacent Channel Interference Ratio (ACIR)

Es la relación de potencia total interferente entre el canal útil y el canal adyacente. Muestra el comportamiento de todo el sistema, y puede calcularse como:

$$\frac{1}{ACIR} = \frac{1}{ACLR} + \frac{1}{ACS}$$

El valor ACIR depende de dos parámetros característicos de receptores LTE como del transmisor interferente. Estos dos parámetros son el ACS y ACLR, y se definen a continuación.

1.1.1.4. Adjacent Channel Leakage Ratio (ACLR)

El ACLR de una señal se define como la diferencia entre la potencia de señal, generalmente en la banda de paso, y la potencia de señal medida a la salida del filtro (nominalmente rectangular) centrado en la frecuencia del canal adyacente. Sirve para caracterizar el comportamiento del transmisor [SEAM-HAND].

1.1.1.5. Adjacent Channel Selectivity (ACS)

El ACS de un receptor se define como la diferencia entre la atenuación del filtro del receptor en la banda de paso y la atenuación de dicho filtro en la frecuencia del canal [SEAM-HAND]. La diferencia entre ACS y ACLR puede verse en la siguiente figura:

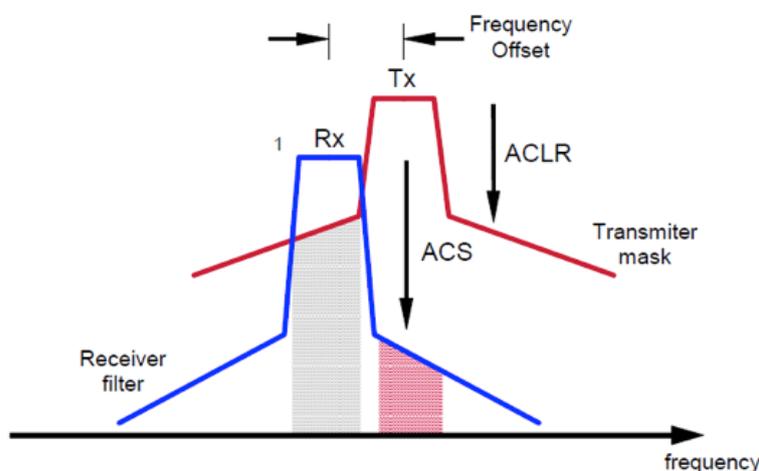


Figura 32. Interferencia como resultado de un ACLR y un ACS limitados.

TV como Señal Deseada

1.1.1.6. Margen de protección

El margen de protección (MP) es el valor mínimo de diferencia entre la señal deseada y la no deseada, expresado en dB, a la entrada del receptor que se ha de cumplir para un requisito de calidad determinado.

1.1.1.7. Umbral de saturación en receptores

El umbral de saturación u *overloading threshold* (*Oth*) es el nivel de señal interferente a partir del cual el receptor pierde su capacidad para discriminar dicha señal a frecuencias diferentes a las de la señal útil. Otra acepción sería contemplarlo como aquel nivel de potencia interferente que da lugar a un margen de protección menor al obtenido con potencias menores. Dicho comportamiento puede verse en la Figura 33.

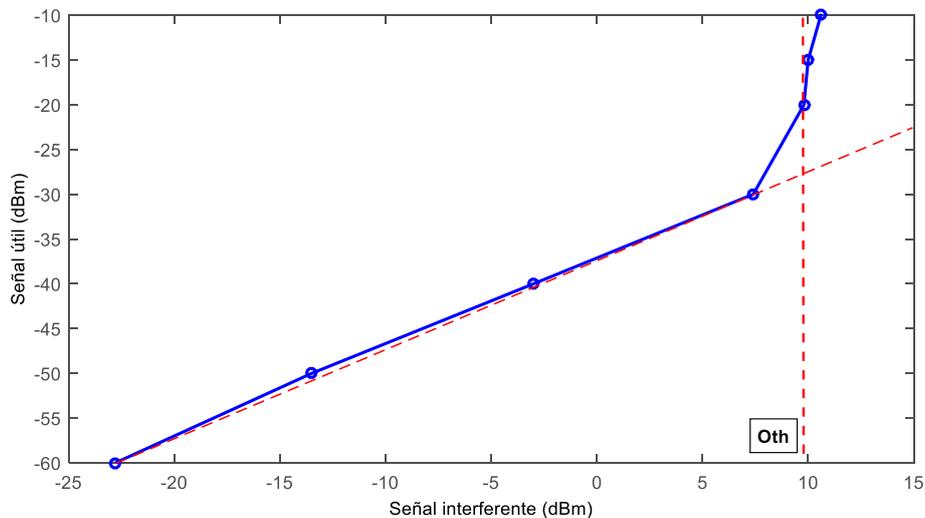


Figura 33. Señal interferente permitida en función de la señal útil. Triángulo de saturación de un receptor de TDT ideal.

A partir del umbral de saturación el receptor se comportará de forma no lineal, lo cual no significa necesariamente un fallo inmediato, dependiendo de las características del receptor y la interferencia. El *Oth* en este caso sería de 10 dBm, pues a partir de este valor el receptor pierde su comportamiento lineal.

Metodología de medida

A continuación, se detallan los diferentes procedimientos que se llevan a cabo en las medidas para los tres tipos de señal útil estudiados.

Instrumentación empleada

Los equipos empleados en las medidas de señales LTE (tanto UL como DL) e ISDB-T se muestran en la siguiente figura, y se detallan a continuación.

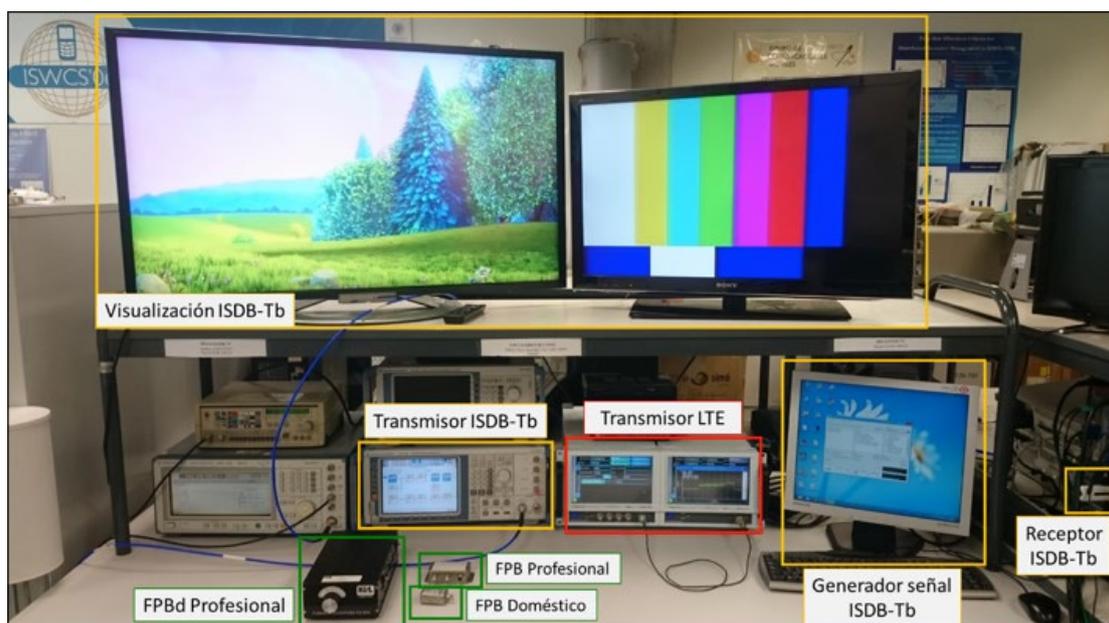


Figura 34. Equipamiento de laboratorio empleado en las medidas de márgenes de protección y umbrales de saturación.

Equipamiento de medida:

- ISDB-T:

- Generador de señal: Modulador Dektec DTA-115 (tarjeta PCI). Permite tanto transmitir directamente la señal ISDB-T generada en RF como almacenarla en formato IQ para su posterior carga en equipo transmisor.
- Transmisor: R&S SMU 200A Vector *Signal Generator*. Encargado de la transmisión de señales digitales mediante la carga de archivos IQ de cualquier estándar (en este caso ISDB-T). Dispone de dos cadenas generadoras de señal independientes. Permite modificar la potencia radiada y la frecuencia central del canal RF.
- Receptor: Demodulador Dektec DTA-2131 (tarjeta PCI). Receptor multi-estándar configurado para la recepción de la señal ISDB-Ta 6 MHz.
- Visualización: Televisores SONY BRAVIA conectados al receptor mediante conexión HDMI.

- DVB-T:

- R&S SMU 200A Vector Signal Generator: Encargado de la transmisión de señales digitales mediante la carga de archivos IQ/RF de cualquier estándar (en este caso DVB-T). Dispone de dos generadores de señal independientes en un único instrumento. Permite modificar la potencia de pico y frecuencia central RF de los canales de transmisión, entre otras.



- Transmisor DekTec T2Xpress DVB-T2 Signal Generator: Software utilizado como transmisor de señales DVB-T2. Permite transmitir en tiempo real o guardar las señales DVB-T generadas en ficheros IQ para ser cargados en otros dispositivos, como por ejemplo en el R&S SMU 200A.



- Televisión SONY BRAVIA: Receptor empleado para medir las márgenes de protección de señales DVB-T a 6 MHz, interferidas por cualquier otro tipo de señal (LTE).
- Set-Top Box Multitech DT2-M007: Segundo receptor TDT a 6 y 8 MHz utilizado en este proyecto para obtener más resultados sobre los márgenes de protección de señales DVB-T.

- LTE:

- Transmisor: Aeroflex SGD. Generador de señales (LTE, EV-DO, Wi-Fi, BluetoOth, etc.) con interfaz de usuario y pantalla táctil, que permite modular la señal deseada en IQ. En el caso de generación de señales LTE, permite la configuración de los canales de datos PDSCH y PUSCH de forma que se puede controlar la carga de tráfico, la modulación, etc.

- Filtros:

- Filtro Paso Bajo doméstico y profesional: Utilizados en el escenario bandas adyacentes para filtrar señales de TV útiles.
- Filtro Paso Banda Sintonizable: Utilizado en el resto de escenarios de convivencia.

Medida de Señal 4G LTE-UL y LTE-DL

A continuación, se detallan los diferentes procedimientos que se llevan a cabo en las medidas para los tres tipos LTE utiliza una transmisión variable y adaptativa, cuya velocidad máxima o *throughput* varía en función de la calidad de la señal y las condiciones del canal. Por ello, en el caso de interferencia co-canal, la protección frente a interferencias se puede cuantificar a partir de la relación señal a interferencia más ruido (*Signal-to-Interference-plus-Noise*, SINR) característica del modo de transmisión útil que se esté empleando. En otras palabras, el modo de transmisión empleado, es decir, la modulación y tasa de codificación, variará en función del valor existente de SINR. Este valor que depende del enlace UL o DL empleado, viene especificado en [TS36.942]. Los valores de *throughput* se obtienen por tanto en función del ancho de banda LTE utilizado (mostrados en sección de resultados).

Los valores obtenidos se pueden obtener también con medidas de laboratorio utilizando diferentes índices MCS (*Modulation and Coding Scheme*). Para conocer la modulación y tasa de codificación empleadas, es necesario conocer el ancho de banda, directamente relacionado con el número de *resource blocks* (RB). A partir de la Tabla 5, incluida en [TS36.213], se obtiene la modulación y el índice de codificación TBS (*Transport Block Size*), I_{TBS} .

Índice MCS (I_{MCS})	Constelación	Índice TBS (I_{TBS})
0		0
1		1
2		2
3		3
4	QPSK	4
5		5
6		6
7		7
8		8
9		9
10		9
11		10
12		11
13	16QAM	12
14		13
15		14
16		15
17	64QAM	15
18		16
19		17
20		18
21		19
22		20
23		21
24		22
25		23
26		24
27		25
28	26	
29-31	Reservado	Reservado

Tabla 6. Transport Block Size (TBS) en función del índice TBS y el ancho de banda utilizado.

Finalmente, el throughput (Mbps) se calcula como $TBS \times 1000$.

Por otro lado, la interferencia producida por señales no deseadas en canales inmediatamente adyacentes se modela utilizando el valor de ACIR. El valor de ACIR se añade al valor de SINR obtenido para un modo concreto, característico de interferencia co-canal, para modelar la interferencia adyacente.

Medidas de señal de Televisión Digital

El objetivo con señales de televisión digital es obtener los valores de margen de protección y umbrales de saturación, interferidos por señales LTE. Existen diferentes métodos para cuantificar la interferencia máxima permitida con señales digitales. Principalmente existen dos procedimientos:

- En el caso de sistemas de TDT (como ISDB-T o DVB-T), los márgenes de protección se miden entre los códigos interno y externo, antes de la decodificación, para un BER = 2×10^{-4} , lo que corresponde a un BER $< 1 \times 10^{-11}$ a la entrada del demultiplexor MPEG. Este procedimiento viene especificado en la Recomendación ITU R BT.1368-12 [ITU1368].
- En receptores domésticos es posible que no se pueda medir el BER y, para estos, se propone el método de punto de fallo subjetivo. Este método viene especificado en las recomendaciones ITU R BT.1368-12 [ITU1368] e ITU-R BT.2215 [ITU2215], y se explica a continuación.

Los valores obtenidos se pueden obtener también con medidas de laboratorio utilizando diferentes índices MCS (*Modulation and Coding Scheme*). Para conocer la modulación y tasa de codificación empleadas, es necesario conocer el ancho de banda, directamente relacionado con el número de *resource blocks* (RB). A partir de la Tabla 5, incluida en [TS36.213], se obtiene la modulación y el índice de codificación TBS (*Transport Block Size*), I_{TBS} .

Método de punto de fallo subjetivo

Para el cálculo de los márgenes de protección y umbrales de saturación, se ha empleado una señal útil ISDB-T cuya potencia es de -60 dBm. Fijada la potencia útil, se realiza un barrido de potencias para la señal interferente, y se observa en el receptor (televisión) el resultado en un video real de 20 segundos. Si durante los 20 segundos no se observa ningún error, se aumenta la potencia interferente en 0.1dB, y se vuelve a observar. Cuando se observe un error, la potencia interferente anterior a esa medida será la máxima (P_{int}), y el margen de protección resultante se obtiene como $MP = -60 - P_{int}$.

Anexo 2

Análisis relación SINR y Throughput para MSC 9, 16 y 26

Índice MCS 9:

Se asume que la estación base eNB asigna el índice MCS 9 y utiliza 50 resource blocks (RB), con ancho de banda de 10 MHz. A partir de la Tabla 5, incluida en la metodología [TS36.213], este índice está relacionado con una modulación QPSK y un índice TBS $I_{TBS} = 9$.

Observando la Tabla 6 incluida en la metodología, para 75 RBs (15 MHz de ancho de banda) e $I_{TBS} = 9$, el TBS a transmitir es 11832 bits / mseg. El *throughput* (γ) es simplemente:

$$\gamma = TBS \times 1000 = 11832000 \text{ bits/seg} = 11,83 \text{ Mbps}$$

Observando la Figura 15. Throughput máximo alcanzado de señales LTE de 10 y 15 MHz de ancho de banda, en función de la interferencia co-canal producida.

Fuente: Análisis propio

, la SINR necesaria para este modo es 3 dB.

Para validar este proceso mediante medidas de laboratorio, es necesario conocer el CR transmitido. Asumiendo tamaño de codificación CRC = 24, 7 símbolos OFDM, 2 slots/frame y un 10% de RB utilizados con señalización, se tiene un CR:

$$CR = \frac{TBS + CRC}{RE \cdot \log_2(M)} = \frac{11832 + 24}{11340 \cdot 2} \cong \frac{1}{2}$$

donde $RE = 75 (RB) \cdot 12$ (subportadores) $\cdot 7$ (símbolos OFDM) $\cdot 2$ (slots/frame) $\cdot 0.9 = 7560$, y M es el número de símbolos utilizados en la constelación ($M = 4$).

Por tanto, la combinación a emplear en la medida de laboratorio es QPSK y CR 1/2. El margen de protección medido en el laboratorio para este modo es 3.5 dB, margen muy similar a la relación SINR que se corresponde con el modo empleado (3 dB).

Índice MCS 16:

En este caso, el índice está relacionado con una modulación 16QAM y un índice TBS $I_{TBS} = 15$. Observando la Tabla 6, el TBS a transmitir es 22920 bits / mseg, por lo que el *throughput* (γ) es 22.92 Mbps. Observando la Figura 15. Throughput máximo alcanzado de señales LTE de 10 y 15 MHz de ancho de banda, en función de la interferencia co-canal producida.

Fuente: Análisis propio

, la SINR necesaria para este modo es 8 dB.

Para obtener el CR transmitido, se aplica el mismo proceso. Ahora se tiene:

$$CR = \frac{TBS + CRC}{RE \cdot \log_2(M)} = \frac{22920 + 24}{11340 \cdot 6} \cong \frac{2}{3}$$

La combinación a emplear en la medida de laboratorio es 16QAM y CR 1/2. El margen de protección medido en el laboratorio para este modo es 8 dB, que coincide con la relación SINR anteriormente especificada.

Índice MCS 26:

Finalmente, el tercer ejemplo está relacionado con una modulación 64QAM y un índice TBS $I_{TBS} = 24$. Observando la **Tabla 6**, el TBS a transmitir es 45352 bits / mseg, por lo que el *throughput* (γ) es 45.35 Mbps. Observando la **Figura 15**. Throughput máximo alcanzado de señales LTE de 10 y 15 MHz de ancho de banda, en función de la interferencia co-canal producida.

Fuente: Análisis propio

, la SINR necesaria para este modo es 17 dB.

Para obtener el CR transmitido, se aplica el mismo proceso. Ahora se tiene:

$$CR = \frac{TBS+CRC}{RE \cdot \log_2(M)} = \frac{45352+24}{11340 \cdot 6} \approx \frac{2}{3}$$

La combinación a emplear en la medida de laboratorio es 64QAM y CR 2/3. El margen de protección medido en el laboratorio para este modo es 16.5 dB, valor similar a la relación SINR anteriormente especificada.

Los tres valores medidos para DL se comparan con la SINR teórica en la siguiente figura:

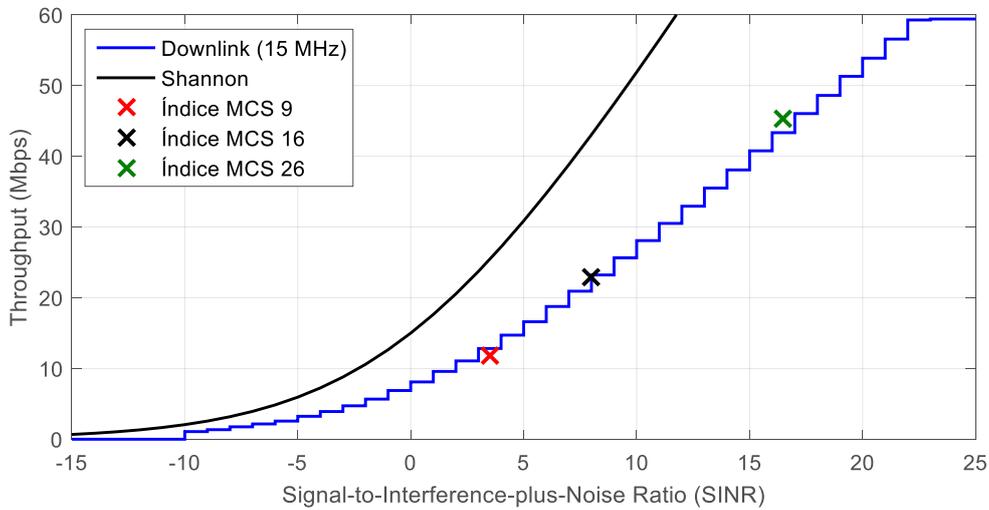


Figura 35. Throughput máximo teórico de señales LTE con ancho de banda 15 MHz, comparado con los valores de protección obtenidos en laboratorio para diferentes índices MCS.

El mismo procedimiento puede repetirse de forma análoga con canales LTE de un ancho de banda de 10 MHz, como es el caso de los bloques UL/DL 1,2 y 4. En este caso, el throughput máximo utilizado con LTE se verá reducido, debido al menor ancho de banda disponible.

Anexo 3

Resultados

obtenidos en Laboratorio

Valores obtenidos en convivencia en la misma banda (TV 700 MHz; LTE 700 MHz)

A continuación se presentan los valores de protección (co-canal y adyacente) y de saturación para los casos de interferencia posibles en el escenario co-banda. Los canales considerados más críticos para el escenario de convivencia co-banda son los siguientes:

- LTE bloque 3 (15 MHz):
 - o Uplink 3. Frecuencia central 730,5 MHz

 - o Downlink 3. Frecuencia central 785,5 MHz

- TDT (6 MHz):
 - o Canales de coexistencia co-canal:
 - Canal 57 (interferencia con UL). Frecuencia central 731 MHz
 - Canal 65 (interferencia con DL). Frecuencia central 779 MHz

 - o Canales de coexistencia adyacente:
 - Canal 55 (interferencia con UL). Frecuencia central 719 MHz
 - Canal 59 (interferencia con UL). Frecuencia central 743 MHz
 - Canal 64 (interferencia con DL). Frecuencia central 773 MHz
 - Canal 68 (interferencia con DL). Frecuencia central 797 MHz

La siguiente tabla resume los resultados obtenidos en las mediciones de laboratorio

Escenario	Útil vs Interferente	Canal útil	Canal Interferente	Banda de Guarda	SINR (50%)	SINR con filtro (50%)	Umbral de saturación (TDT)	
Co-banda	LTE vs TDT	LTE-UL3	55	1 MHz	-39,9	-73,2	-	
			57	Co-canal	7	No aplica	-	
			59	2 MHz	-40	-73,3	-	
		LTE-DL3	64	2 MHz	-19	No aplica	-	
			65	Co-canal	11	No aplica	-	
			68	1 MHz	-18,9	No aplica	-	
	LTE vs PAL	LTE-UL1	53	Co-canal	-3,5	No aplica	-	
			56	Adyacente	-35	-68,5	-	
	TDT vs LTE		LTE-UL3	55	1 MHz	-31		4
				57	Co-canal	22,5	No aplica	-11
				59	2 MHz	-35		5
			LTE-DL3	64	2 MHz	-41,5		9
65				Co-canal	18,5	No aplica	-9	
68				1 MHz	-37,5		12	
Bandas adyacentes	LTE vs TDT	LTE-UL1	49	17 MHz	-40	-73,7	-	
			50	11 MHz	-40	-70,5	-	
			51	5 MHz	-39,9	-64,2	-	
	LTE vs PAL	LTE-UL1	49	17 MHz	-35	-68,7	-	
			50	11 MHz	-35	-65,5	-	
			51	5 MHz	-34,9	-59,2	-	

Anexo 4

Detalle de casos Internacionales

1.1 Caso Reino Unido: Freeview y Top Up TV

El análisis de los servicios TDT en el Reino Unido representa un caso de particular interés, dada la gran cantidad de usuarios que posee y los éxitos que esta plataforma ha posibilitado en términos de acceso a servicios audiovisuales por parte de la población y al despliegue de nuevas tecnologías y servicios (eg, servicios bajo demanda, interactividad, recorder). En la siguiente figura se presenta el mercado de TV según la plataforma principal utilizada:

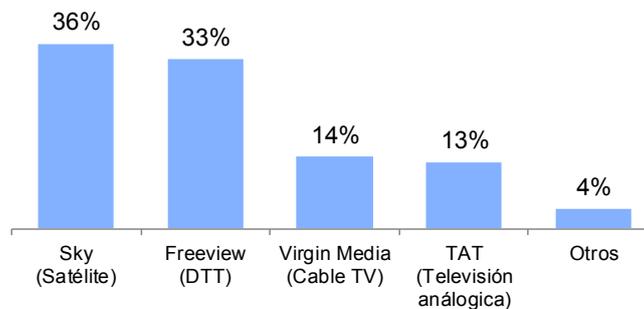


Ilustración 1: Tipo de plataforma utilizada en la TV principal de los consumidores del RU

Fuente: OFCOM, "Consumer research on Pay TV"

Freeview es la plataforma más expandida para servicios de TV: aproximadamente tres cuartos de los hogares con TV del Reino Unido utilizan Freeview y que casi el 40% de los hogares utilizan a Freeview como el único proveedor de televisión.

Freeview comenzó operaciones en 2002, y es el resultado de un consorcio integrado por la BBC, Sky, Arqiva, ITV y Canal 4. Esta solución ofrece aproximadamente 60 canales de TV, 10 HD y 25 estaciones de radio, constituyéndose así en una oferta exhaustiva de contenido audiovisual para un consumidor tipo, comparable, al menos, con la oferta básica de muchos proveedores de cable TV o satélite. No obstante, a partir de 2004, la oferta básica gratuita se complementó con nuevos servicios denominados Top Up Tv, esta vez ofrecidos bajo la modalidad de suscripción mensual paga. Se trataba de una oferta de contenido Premium, que podría ser accedida por todos los usuarios del servicio gratuito Freeview, utilizando un decoder similar (en algunos casos reemplazándolo para poder introducir una tarjeta).

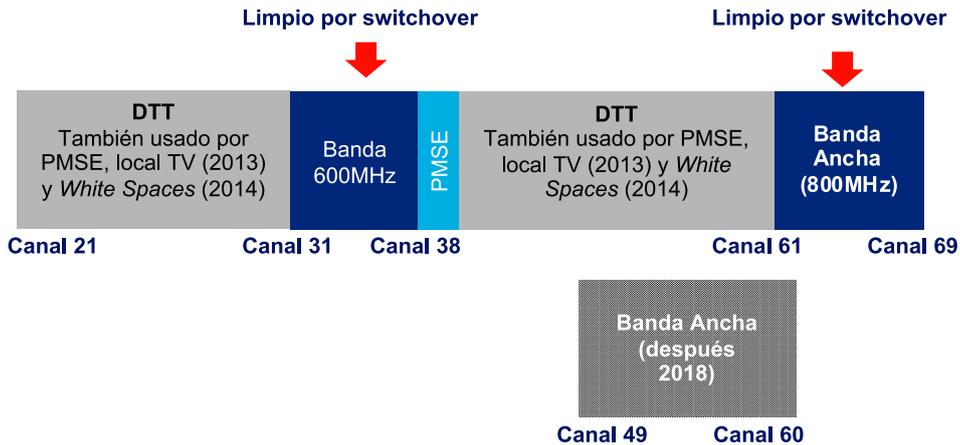
34. FREEVIEW response to Ofcom Call for inputs (2013)

35. <https://www.freeview.co.uk/why-freeview/channels>

36. Entre los canales premium originales se incluyó: UK Style, Eurosport, UKTV Gold, TCM, Discovery, Cartoon Network, UK Food, Bloomberg, Toonami and Boomerang. Posteriormente la solución Top Up TV migró hacia Top Up TV Anytime, una solución basada en el almacenamiento de contenido en un disco duro, que permitía también ver contenido de Sky Sport (1 y 2) y ESPN. El costo aproximado oscilaba entre £10-£22 libras por mes, según se incluya contenido de deportes y películas.

Esta solución, compuesta por una oferta amplia y gratuita de canales DTT, más una suscripción paga de canales DTT (deportes y películas de estreno) se mantuvo durante una década, hasta 2014, donde se volvió al formato original de servicios totalmente gratuitos. Actualmente, los servicios Premium, como Sky Sports, solo pueden adquirirse mediante una plataforma satelital, por cable o con plataformas OTT. De este modo, en el Reino Unido el caso de servicios pagos DTT se desarrolló como un complemento de contenido Premium a una plataforma existente de servicios gratuitos DTT.

Respecto a la migración, todavía no se ha definido en detalle el plan hacia DVB-T2 para liberar porciones de espectro en la banda de 700MHz para servicios IMT. La agencia OFCOM anunció planes de asignación de la banda de 700MHz para servicios de banda ancha móvil; los actuales servicios DTT y PMSE³⁷ deberán liberar la banda de 700MHz hacia 2022 y migrar hacia la parte inferior de la banda UHF, de la siguiente manera:



Se estimó un rango de £430-520 millones para la migración³⁸, en función del año en que se libere la banda, sin contar a la fecha de este estudio con detalles de quien asumiría tales costos y el plan de detallado de migración.

1.2 Caso España: TDT y TDT Premium

En España, la TDT sustituyó definitivamente a la Televisión Analógica Terrestre en 2010, constituyendo al momento la plataforma principal de TV gratuita en el país, con la siguiente distribución de canales:

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	Vevo Televisión	Atresmedia Televisión	Mediaset España	Mediaset España	Real Madrid Televisión

Fuente: Televisión Digital España

Existen tres principales proveedores de servicios DTT:

- Corporación RTVE. Se trata del operador estatal, con una oferta de 5 canales DTT (2 HD).
- Atresmedia. Un grupo privado, con una oferta de 6 canales DTT (2 HD)
- Grupo Mediaset España. Un grupo privado de origen italiano, con una oferta de 7 canales DTT (2 HD)

Todos estos proveedores ofrecen sus servicios de TV principalmente por plataformas DTT gratuitas. No obstante, se desarrolló posteriormente un servicio denominado TDT Premium, cuyo oferta principal fue el canal GOL TV, un canal de contenido deportivo Premium (que incluía La Liga de España y la Premier League del Reino Unido). El sistema TDT Premium estuvo disponible para todas las plataformas de canales TDT que quisieran lanzar su oferta de contenido por suscripción, con un costo aproximado de € 15 por mes. Para acceder al canal GOL TV se debía adquirir una tarjeta a introducirse en el decoder (en ocasiones distinto al decoder del servicio gratuito, ya que aquellos requieren el espacio para introducir la tarjeta del servicio premium). El canal GOL TV estuvo disponible hasta 2015, cuando fue reemplazado por BeIN Sports España, servicio solo disponible a usuarios de Cable TV o en plataformas OTT.

37. Programme Making & Special Events
38. Excluyendo costos de oportunidad



Latin
America

gsmala.com