



ANEXO 4

México, D.F., a 12 de septiembre de 2012

Conforme a la atribución establecida en el Artículo 23, sección A, fracción I del Reglamento Interno de la Comisión Federal de Telecomunicaciones, la Unidad de Prospectiva y Regulación realizó diversos estudios e investigaciones relacionados con el tema:

EVALUACIÓN DEL ESQUEMA DE SEGMENTACIÓN A4 PARA LA BANDA 698-806 MHz

Con base en dichos estudios e investigaciones, mismos que se describen en la siguiente sección del presente documento, la Unidad de Prospectiva y Regulación emite el siguiente

DICTAMEN

No se recomienda la adopción en el territorio nacional del esquema de segmentación A4 para la banda de frecuencias 698-806 MHz, dadas las ineficiencias técnicas de este plan de segmentación y el desequilibrio observado en los desarrollos tecnológicos y en los mercados actuales.

- El esquema A4 otorga poca flexibilidad para el dimensionamiento del ancho de los canales de espectro.
- La eficiencia espectral que otorgan las tecnologías de banda ancha sólo podrían aprovechar canales pareados de hasta 10 MHz, pero no mayores.
- No existe estandarización para sistemas de banda ancha móviles en algunas partes de la banda (bloques D y E).
- El desarrollo de economías de escala locales sólo se presenta en las bandas 3GPP 13 y 17, sin desarrollo en banda 12. Por esta razón, el mercado de servicios comerciales móviles sólo se ha desarrollado de forma importante en 44 MHz de los 108 MHz de la banda (bandas 13 y 17).
- Alto riesgo de interferencias perjudiciales entre servicios dentro de la misma banda y con servicios en bandas adyacentes.
- No existe interoperabilidad entre las diferentes clases de bandas definidas por 3GPP por limitaciones de las tecnologías actualmente disponibles.
- Adopción limitada a nivel internacional, con una baja expectativa de desarrollo de economías de escala globales.

Luis Felipe Lucatero Govea
Jefe de Unidad de Prospectiva y Regulación

Contenido del estudio

I.	Descripción.....	3
II.	Estandarización.....	4
III.	Disponibilidad de equipamiento.....	6
IV.	Despliegue de redes comerciales.....	7
V.	Despliegue de redes de seguridad pública.....	10
VI.	Aspectos técnicos.....	12
VII.	Conflictos de interoperabilidad dentro de EUA.....	19
VIII.	Adopción a nivel internacional.....	21
	• Referencias.....	22

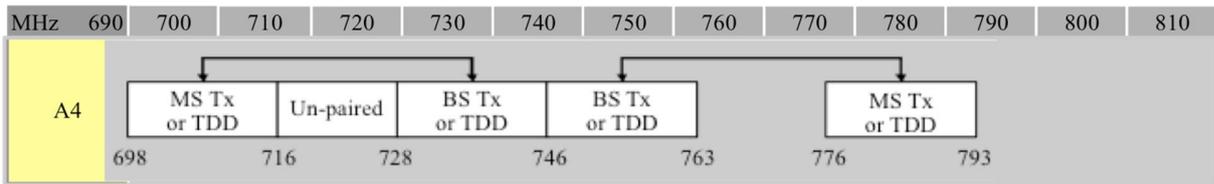
I. Descripción

La opción canalización A4 especificada en la Recomendación UIT-R M.1036 [1], es una disposición de frecuencias que es consistente con el plan de banda adoptado por los Estados Unidos de América (en lo sucesivo “EUA”), Canadá y con la “Opción 1” especificada por la CITEI en la Recomendación CCP.II/REC. 30 (XVIII-11) “Disposiciones de frecuencias de la banda 698-806 MHz en las Américas para servicios móviles de banda ancha” (Rec. CCP.II/REC. 30 (XVIII-11)) [2].

Para el caso de aplicaciones IMT (*International Mobile Telecommunications*, por sus siglas en inglés) la Recomendación UIT-R M.1036 especifica dos bloques para uso FDD (*Frecuency Division Duplex*) y un bloque para uso TDD (*Time Division Duplex*).

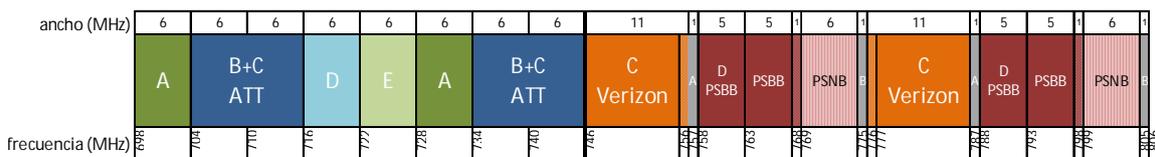
Para efectos de la recomendación citada, la Unión Internacional de Telecomunicaciones (en lo sucesivo “UIT”) no consideró los bloques 763-776 MHz y 793-806 MHz, lo cual obedece a que dentro de estos bloques se han dispuesto para el caso de lo EUA tecnologías que no son IMT.

Arreglo A4 según la Recomendación UIT-R M.1036



En la gráfica siguiente se muestra de manera detallada el esquema de segmentación adoptado por los EUA, en el cual se observa su equivalencia con el esquema A4 especificado en la Recomendación UIT-R M.1036 para aplicaciones IMT, conforme a lo siguiente:

Arreglo específico para la banda 698-806 MHz adoptado por EUA



Cuadro comparativo entre el esquema A4 y el esquema de EUA para la banda 698-806 MHz				
Segmento	Esquema A4	Esquema EUA	Banda 3GPP	Nota
698-716 MHz	MS Tx or TDD	Bloques A, B y C	Bandas 12 y 17	Transmisión del Móvil
716-728 MHz	Un-paired	Bloques D y E	N/A	Bloques no pareados
728-746 MHz	BS Tx or TDD	Bloques A, B y C	Bandas 12 y 17	Transmisión de la Base
746-763 MHz	BS Tx or TDD	Bloques C y D superiores	Banda 13 y parte de banda 14	Transmisión de la Base
763-776 MHz	N/A	Bloques para seg. Pública	Parte de banda 14	1 Bloque para Banda ancha y 1 bloque para banda angosta
776-793 MHz	MS Tx or TDD	Bloques C y D superiores	Banda 13 y parte de banda 14	Transmisión del Móvil

793-806 MHz	N/A	Bloques para seg. Pública	Parte de banda 14	1 Bloque para Banda ancha y 1 bloque para banda angosta
-------------	-----	---------------------------	-------------------	---

II. Estandarización

La segmentación de la banda 698-806 MHz, conforme a lo especificado en la recomendación UIT-R M.1036 de la UIT, es una base a partir de la cual los órganos de estandarización de tecnologías desarrollan de manera detallada las especificaciones técnicas para las tecnologías de acceso inalámbrico que soportan.

En este sentido, el organismo 3GPP (*3rd Generation Partnership Project*, por sus siglas en inglés) es el cuerpo de estandarización integrado por miembros de la industria mundial de las telecomunicaciones móviles, agrupando principalmente a fabricantes de equipos de red, de terminales y a operadores. Este organismo define la evolución de los actuales estándares tecnológicos empleados por la mayoría de las redes móviles hacia estándares de prestaciones superiores que cubren o superan los requerimientos mínimos definidos por la UIT para las tecnologías IMT, y posibilitar la evolución de tecnologías como GSM, W-CDMA o HSPA hacia el estándar convergente LTE.

En cuanto a las especificaciones del 3GPP para la interfaz de acceso de radio, este organismo ha definido diversas “clases de bandas” para las cuales se desarrollan los estándares, las cuales son definidas con base en los trabajos técnicos del 3GPP tomando en cuenta las alternativas viables para asegurar la operación eficiente de las tecnologías soportadas. Asimismo, la definición de las bandas de frecuencias operativas depende también de las frecuencias disponibles para su utilización en las diversas regiones o países del mundo.

Las clases de bandas definidas hasta ahora por el 3GPP incluyen configuraciones de bandas que han venido operando desde hace varios años, así como las nuevas bandas y segmentaciones que han definido organismos como la UIT.

En la siguiente tabla, se muestran las bandas definidas hasta el momento por el 3GPP, destacando aquellas bandas que se encuentran dentro del segmento 698-806 MHz que son operativas en el esquema de frecuencias A4:

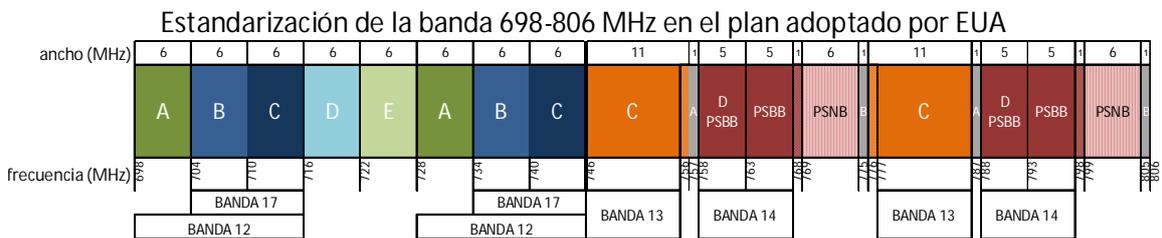
ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL ESQUEMA DE SEGMENTACIÓN A4

Bandas operativas contempladas por el 3GPP [3]					
E-UTRA Banda Operativa	Banda operativa de subida (UL) Base (BS) recibe Terminal de usuario (UE) transmite		Banda operativa de bajada (DL) Base (BS) transmite Terminal de usuario (UE) recibe		Modo Dúplex
	F_{UL_low}	F_{UL_high}	F_{DL_low}	F_{DL_high}	
1	1920 MHz	1980 MHz	2110 MHz	2170 MHz	FDD
2	1850 MHz	1910 MHz	1930 MHz	1990 MHz	FDD
3	1710 MHz	1785 MHz	1805 MHz	1880 MHz	FDD
4	1710 MHz	1755 MHz	2110 MHz	2155 MHz	FDD
5	824 MHz	849 MHz	869 MHz	894 MHz	FDD
6 [†]	830 MHz	840 MHz	875 MHz	885 MHz	FDD
7	2500 MHz	2570 MHz	2620 MHz	2690 MHz	FDD
8	880 MHz	915 MHz	925 MHz	960 MHz	FDD
9	1749.9 MHz	1784.9 MHz	1844.9 MHz	1879.9 MHz	FDD
10	1710 MHz	1770 MHz	2110 MHz	2170 MHz	FDD
11	1427.9 MHz	1447.9 MHz	1475.9 MHz	1495.9 MHz	FDD
12	699 MHz	716 MHz	729 MHz	746 MHz	FDD
13	777 MHz	787 MHz	746 MHz	756 MHz	FDD
14	788 MHz	798 MHz	758 MHz	768 MHz	FDD
15	Reservada		Reservada		FDD
16	Reservada		Reservada		FDD
17	704 MHz	716 MHz	734 MHz	746 MHz	FDD
18	815 MHz	830 MHz	860 MHz	875 MHz	FDD
19	830 MHz	845 MHz	875 MHz	890 MHz	FDD
20	832 MHz	862 MHz	791 MHz	821 MHz	FDD
21	1447.9 MHz	1462.9 MHz	1495.9 MHz	1510.9 MHz	FDD
22	3410 MHz	3490 MHz	3510 MHz	3590 MHz	FDD
23	2000 MHz	2020 MHz	2180 MHz	2200 MHz	FDD
24	1626.5 MHz	1660.5 MHz	1525 MHz	1559 MHz	FDD
25	1850 MHz	1915 MHz	1930 MHz	1995 MHz	FDD
26	814 MHz	849 MHz	859 MHz	894 MHz	FDD
28	703 MHz	748 MHz	758 MHz	803 MHz	FDD
...					
33	1900 MHz	1920 MHz	1900 MHz	1920 MHz	TDD
34	2010 MHz	2025 MHz	2010 MHz	2025 MHz	TDD
35	1850 MHz	1910 MHz	1850 MHz	1910 MHz	TDD
36	1930 MHz	1990 MHz	1930 MHz	1990 MHz	TDD
37	1910 MHz	1930 MHz	1910 MHz	1930 MHz	TDD
38	2570 MHz	2620 MHz	2570 MHz	2620 MHz	TDD
39	1880 MHz	1920 MHz	1880 MHz	1920 MHz	TDD
40	2300 MHz	2400 MHz	2300 MHz	2400 MHz	TDD
41	2496 MHz	2690 MHz	2496 MHz	2690 MHz	TDD
42	3400 MHz	3600 MHz	3400 MHz	3600 MHz	TDD
43	3600 MHz	3800 MHz	3600 MHz	3800 MHz	TDD
44	703 MHz	803 MHz	703 MHz	803 MHz	TDD

NOTA 1: La Banda 6 no es aplicable

De la tabla anterior, se destacan las bandas definidas por el 3GPP dentro del segmento 698-806 MHz para operar bajo el esquema A4 y que son acordes con el plan de segmentación adoptado por los EUA:

- Banda 12: Banda definida para el plan de segmentación de los EUA, para servicios comerciales.
- Banda 13: Banda definida para el plan de segmentación de los EUA, para servicios comerciales.
- Banda 14: Banda definida para el plan de segmentación de los EUA, en el espectro adjudicado para aplicaciones de seguridad pública de banda ancha.
- Banda 17: Banda definida para el plan de segmentación de los EUA, para servicios comerciales.



III. Disponibilidad de equipamiento

Para sistemas móviles de banda ancha en la banda de 700 MHz, se encuentra disponible una amplia cantidad de dispositivos que operan primordialmente en las bandas 13 y banda 17 del plan de los EUA, en mucha menor medida para la banda 14, y un desarrollo muy marginal para dispositivos en la banda 12; destacando que debido a que estas bandas de frecuencia no son interoperables entre sí, es necesario desarrollar dispositivos para operar de manera exclusiva en alguna de las bandas antes mencionadas, adicional a las otras bandas operativas para servicios CDMA, HSPA, GSM, AWS, etc.

Para el caso del ecosistema de dispositivos LTE operativos en alguna de las bandas definidas por el 3GPP para la banda de 700 MHz, al mes de abril pasado se contaba con un total de 170 dispositivos de usuario para operar en las bandas 12, 13, 14 y 17; todos ellos para operación en modo FDD, mientras que para el caso de sistemas TDD no se cuenta hasta el momento con ningún dispositivo para operación en este modo.

Dispositivos operativos en la banda de 700 MHz para las principales redes comerciales en EUA		
Operador	Cantidad de equipo usuario	Banda Operativa
Verizon Wireless	98	Banda 13
AT&T mobility	14	Banda 17
US Celular	3	Banda 12
MetroPCS	4	Banda 12

IV. Despliegue de redes comerciales

En cuanto al despliegue de redes comerciales de banda ancha en la banda de 700 MHz, se observa que el desarrollo se ha concentrado principalmente en los Estados Unidos con redes operando a nivel nacional en las bandas 13 y 17, con presencia mucho menor de operadores con redes regionales y locales operando en banda 12, o bien bajo esquemas en los cuales los grandes operadores arrendan espectro a operadores menores para despliegue de servicios.

Licenciarios para usos comerciales en la banda de 700 MHz en EUA [2]					
Operador	Banda (MHz)	Cobertura (% pob.)	Cant. MHz	Bloque en plan de EUA	Banda 3GPP equivalente
AT&T	716-722	79	6	Bloque D	n/a
AT&T	722-728	23.8	6	Bloque E	n/a
AT&T (antes Cingular)	710-716/740-746	60	6+6	Bloque C	banda 17
AT&T (antes Cingular)	704-710/ 734-740	62	6+6	Bloque B	
Cavalier	710-716/740-746	0.08	6+6	Bloque C	Banda 12
Cavalier	698-704/ 728-734	0.078	6+6	Bloque A	Banda 12
CenturyTel Broadband Wireless	698-704/ 728-734	6.1	6+6	Bloque A	Banda 12
Cox Communications	698-704/ 728-734	6.7	6+6	Bloque A	Banda 12
DataComm Wireless	710-716/740-746	4	6+6	Bloque C	Banda 12
Frontier Wireless	722-728 MHz	76.1	6	Bloque E	Banda 12
Leap Wireless	722-728/ 698-704	2.0	10+10	Bloque A, E	Banda 12
Metro PCS	698-704/ 728-734	2.8	6+6	Bloque A	Banda 12
Verizon	698-704/ 728-734	68	6+6	Bloque A	Banda 12
Verizon	746-757/ 776-787	98.3	11+11	Bloque C alto	Banda 13

En términos de población atendida mediante las de licencias de espectro en la banda de 700 MHz, se observa lo siguiente en términos de MHz/POP¹:

Población atendida en la banda de 700 MHz en EUA[3]	
Licenciario	Porcentaje
Verizon Wireless	42.80%
AT&T	24.40%
MetroPCS	0.50%
US Cellular	2.80%
Otros	29.50%

Conforme a la información anterior, se observa que los operadores AT&T y Verizon son los que cuentan con la mayor cobertura en términos de población y con la mayor cantidad de espectro en la banda de 700 MHz, mientras que los demás operadores poseen licencias con porcentajes de cobertura y espectro muy por debajo de los anteriormente citados.

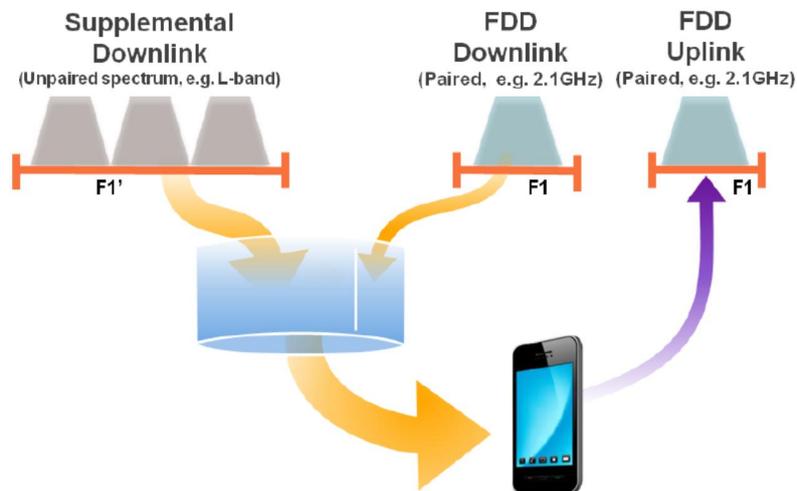
Verizon inició operaciones en la banda de 700 MHz con servicios LTE en diciembre de 2010, por su parte, AT&T ha desplegado servicios desde finales del 2011, y planea utilizar los bloques D y E que adquirió de otros licenciarios para implementar descarga suplementaria, de igual forma, el

¹ La unidad MHz/POP se refiere a la cantidad de espectro de una licencia determinada multiplicada por la población servida en el área de cobertura de la licencia. Por ejemplo, los MHz/POP de una licencia de 10 MHz que cubre un área geográfica con una población de 5,000 habitantes serían 200,000.

operador US Cellular inició operaciones con servicios LTE en la banda de 700 MHz a finales de 2011 en 12 mercados de EUA.

El modo de descarga suplementaria citado anteriormente, se refiere a una característica de las tecnologías modernas de acceso inalámbrico móvil, en la cual una portadora de descarga suplementaria se ubica en bloques no pareados de espectro, adicional a la portadora de descarga en espectro pareado. La característica de descarga suplementaria incrementa la eficiencia del espectro no pareado traduciéndose en una mejor experiencia hacia el usuario y un mayor número de usuarios soportados, comparado con un modelo de portadora de descarga única en espectro pareado.

Principio de operación con portadoras de descarga suplementaria.



Fuente: Qualcomm

En lo que corresponde al esquema planeado por el operador AT&T para utilizar espectro de los bloques D y E para descarga suplementaria, se hace notar que los trabajos respecto a la definición de las características técnicas y prestaciones que se podrán aprovechar de los bloques "D" y "E" no pareados del plan de banda de EUA, se encuentran en una etapa de desarrollo temprano al interior del 3GPP y no se ha definido aún cual será la capacidad en términos del ancho de banda utilizable y las condiciones técnicas que sean especificadas para el diseño de filtros que eviten interferencia por canal adyacente bajo este esquema de operaciones.

Adicionalmente, se requerirá que este modo de operación ofrezca soluciones para la agregación de portadoras para diferentes operadores en diferentes clases de la banda de 700 MHz (Banda 12, banda 13, banda 14) a fin de que cualquier operador (y no sólo uno) cuente con la posibilidad de utilizar la descarga suplementaria en caso de poseer licencias en los bloques "D" y/o "E".

Lo anterior refleja que para afrontar las necesidades presentes y futuras de capacidad de las redes bajo el plan de banda "A4", se ha hecho necesario redefinir la utilización del espectro de esta banda de frecuencias para atajar la urgente necesidad de incrementar la capacidad de las redes actuales que operan bajo este esquema de segmentación de la banda.

Por otro lado, es importante señalar que la técnica de descarga suplementaria no es exclusiva de una banda del espectro en particular, ni se encuentra definida por el esquema de segmentación que se adopte en dicha banda.

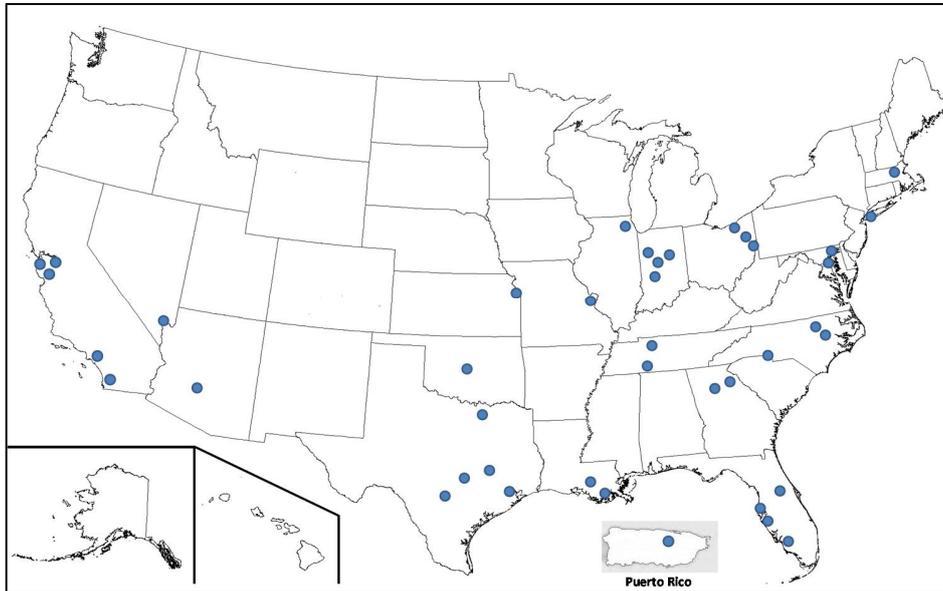
Asimismo, se observa que en Puerto Rico el operador AT&T lanzó servicios comerciales en la banda de 700 MHz a finales del año 2011. Asimismo, el operador Open Mobile ha anunciado que planea lanzar servicios a finales del 2012, cubriendo inicialmente la ciudad de San Juan.

Mercados LTE de Verizon



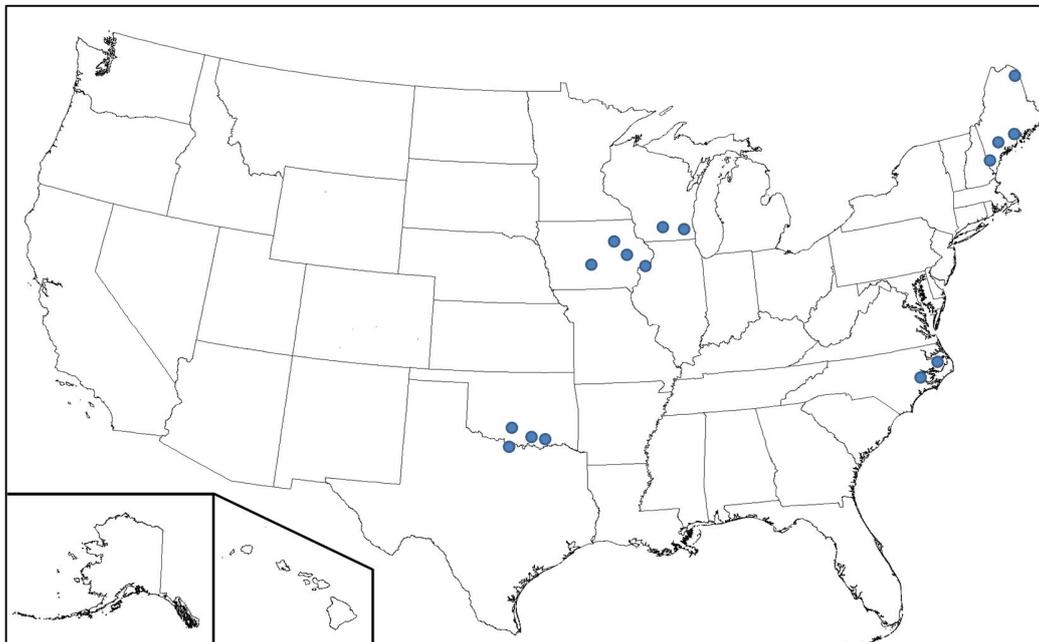
Fuente: Verizon. (<http://network4g.verizonwireless.com/#!/coverage>)

Mercados LTE de AT&T



Con información de AT&T. Fuente: (<http://www.att.com/network/>)

Mercados LTE de US Cellular



Con información de US Cellular. Fuente: (<http://www.uscellular.com/coverage-map/coverage-indicator.html>)

V. Despliegue de redes de seguridad pública.

En cuanto a redes de seguridad pública, se hace mención que este tipo de redes se divide en dos tipos: por una parte, redes de banda angosta que soportan primordialmente comunicaciones de

voz y opcionalmente datos de bajo volumen y baja velocidad. Este tipo de comunicaciones opera en los segmentos 769-775/799-805 MHz. Por otra parte, los segmentos 763-768/793-798 MHz fueron adjudicados para el despliegue de redes de seguridad pública de banda ancha, aunque conforme a una reciente Ley (*Spectrum Act*), se adjudicaron 22 MHz de espectro para el desarrollo de una red nacional de Seguridad pública de banda ancha basada en tecnologías comerciales. Los bloques que componen esta adjudicación son los siguientes:

- El bloque D, compuesto por las bandas 758-763 MHz / 788-793 MHz,
- El bloque original de Seguridad pública de banda ancha, compuesto por las bandas 763-769 MHz / 793-799 MHz.

El bloque D conjuntamente con el espectro originalmente contemplado para aplicaciones de banda ancha integran en su conjunto la banda 3GPP clase 14.



Se ha creado en los EUA una entidad nacional independiente que se encargará del despliegue y operación de la red nacional, denominada “*First Responder Network Authority*” (FirstNet), conformada por la *National Telecommunication and Information Administration* (NTIA, por sus siglas en inglés).

FirstNet es el operador que cuenta con la asignación de la licencia para operar una red nacional de seguridad pública, y deberá establecer una red interoperable de banda ancha bajo una arquitectura única para todo el país, para lo cual se dispondrá de hasta 7 billones de dólares de fondos para tales fines.

Las redes de seguridad pública de banda ancha que se han desplegado en la banda de 700 MHz son las siguientes:

Redes de banda ancha para seguridad pública en la banda de 700 MHz en EUA [6]			
Operador	Inicio de Operaciones	Mercado	Banda de Operación
Bay Area Regional Interoperable Communications System (BayRICS)	2011	San Francisco, Oakland, y San Jose	Banda 14
Public Service Wireless	Planeado 2012	Centro y suroeste de Georgia.	Banda 14
South Georgia Regional Information Technology Authority	Planeado 2012	Sur de Georgia	Banda 14
Consejo de la Ciudad de Charlotte	2012	Charlotte	Banda 14
Depto. de policía Metropolitana de Las Vegas	2012	Las vegas	Banda 14

Redes de banda ancha para seguridad pública en la banda de 700 MHz en EUA [6]			
Policía de Miami-Dade	2012 (test)	Miami	Banda 14

Las redes citadas fueron desplegadas de forma previa a la creación de *FirstNet* por lo cual se prevé que estas pasarán a formar parte de la red nacional de seguridad pública *FirstNet* en el futuro, cubriendo los requerimientos que para tales efectos establezca la autoridad de la red futura.

En lo que respecta a redes de seguridad pública de banda angosta en la banda de 700 MHz, este tipo de comunicaciones se utiliza principalmente para soportar comunicaciones tipo troncalizadas de voz y transmisión de datos de baja velocidad (de entre 10 a 100 kbps). En EUA este tipo de redes están basadas en el estándar P25 a fin de garantizar la interoperabilidad entre las redes de este tipo.

La mayoría de las licencias para operar sistemas de seguridad pública de banda angosta en la banda de 700 MHz han sido otorgadas a entidades estatales y locales en los EUA, a organizaciones policíacas y entidades de salvamento y rescate principalmente.

VI. Aspectos técnicos

Entre las características operativas más relevantes que en su momento la *Federal Communications Commission* (FCC, por sus siglas en inglés) determinó para la operación de servicios en la banda de 700 MHz, se encuentran aquellas que impusieron niveles máximos de potencia permisibles a los servicios comerciales en la banda de 700 MHz para mitigar los potenciales riesgos de interferencia perjudicial a las operaciones en canales adyacentes, en particular para los servicios de TV.

Asimismo, la FCC impuso requerimientos adicionales para los servicios comerciales operando en la parte alta de la banda de 700 MHz, para proteger las operaciones de los servicios en los bloques de espectro designados específicamente para aplicaciones de seguridad pública, con condiciones para que los operadores de servicios comerciales en la parte alta de la banda de 700 MHz y las entidades de seguridad pública intercambien información acerca de sus sistemas, a fin de limitar la potencial interferencia por intermodulación a los equipos móviles y portátiles de los servicios de seguridad pública en la banda de 700 MHz por parte de las radiobases de los servicios comerciales.

Adicionalmente, con el fin de brindar protección a los servicios de seguridad pública en la banda de 700 MHz, la FCC decidió establecer una banda de guarda de 1 MHz entre los servicios de seguridad pública de banda angosta y el bloque C, y otra banda de guarda de 1 MHz que se ubica entre los bloques C y D de la parte alta de la banda de 700 MHz, dejando a los servicios de seguridad pública de banda ancha adyacentes al bloque D.

Para el caso de servicios comerciales, se observa que la banda se encuentra dividida en dos categorías: la banda baja de 698 a 746 MHz (48 MHz) y la banda alta de 746 a 806 MHz (60 MHz). En este plan de segmentación pueden ser explotados comercialmente tres bloques: Un bloque apareado de 18×2 MHz (bloques A-B-C), un bloque no apareado de 12 MHz (bloques D-E), ambos en la parte baja; y un bloque apareado de 11×2 MHz en FDD (bloque C) en la parte alta, mientras

que la explotación del segmento no apareado de 12 MHz (bloques D y E) se diseñó en un inicio para aplicaciones con tecnologías TDD.

La atomización de bloques de espectro, la variedad del tipo de comunicaciones (banda ancha comercial y de seguridad pública, seguridad pública de banda angosta, radiodifusión, modos TDD y FDD) han derivado en que se presenten inconvenientes técnicos asociados a este plan de banda, los cuales han sido ampliamente documentados por los propios integrantes del ecosistema de ese país, como por observadores y críticos externos.

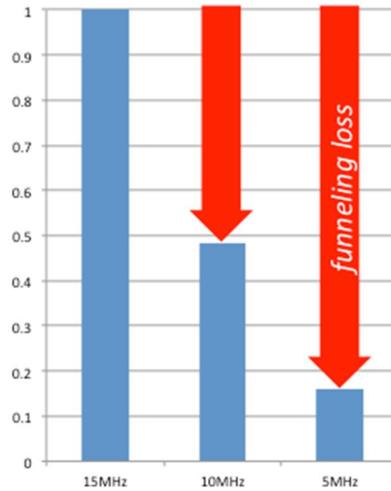
Condiciones para banda ancha

El 3GPP ha especificado diversos anchos de canal en los cuales es posible implementar la tecnología LTE proporcionando flexibilidad y compatibilidad con las asignaciones de espectro que tengan los operadores, partiendo de canales de 1.4 MHz de ancho hasta 20 MHz de ancho, permitiendo diversos grados de desempeño de la tecnología según el ancho de banda asignado a los canales operativos, tomando en cuenta la eficiencia espectral de LTE y el ancho de banda asignado.

Para la prestación de servicios móviles de banda ancha, es preferible contar con segmentos amplios de espectro que permitan que tecnologías de banda ancha móvil ofrezcan las mejores características en cuanto a tasas de transmisión de datos, menor latencia en las redes, y mejor manejo de filas, lo que en su conjunto se traduce en una mejor experiencia de usuario. Este tipo de beneficios son realmente apreciables cuando se utilizan canales de 10 MHz de ancho o mayores.

Lo anterior se pone de manifiesto al considerar dentro de una red con alta intensidad de uso la ganancia por multiplexaje y gestión de filas, dada la organización del acomodo de paquetes de información que se da en las radiobases. Simulaciones de laboratorio de fabricantes de equipos muestran que cuando se pasa de canales de 10 MHz a canales de 15 MHz de ancho de banda en el sentido de descarga, la ganancia en la tasa de transmisión es de 3 veces en lugar de 1.5 veces, lo anterior significa que el utilizar canales de 15 MHz en lugar de canales 10 MHz multiplica la capacidad de una red LTE por un factor de 2. La eficiencia espectral de la tecnología LTE es una característica técnica que indica cuanta información es posible transmitir por unidad de espectro la cual típicamente se utiliza la medición de bits transmitidos por Hz.

Eficiencia relativa en la gestión de filas y multiplexaje en la red



Fuente: Ericsson

Partiendo de lo anterior, se observa que bajo el plan de segmentación A4, no es posible contar con canales superiores a los 10 MHz, ya que las bandas definidas por el 3GPP que han tenido desarrollo considerable, son bandas que sólo soportan canales de hasta 10 MHz. Se hace notar que para el caso particular de la banda 12, sí podría en principio funcionar en canales de más de 10 MHz dado que esta banda cuenta con 3 bloques de 6 MHz cada uno, aunque como ya se describió con anterioridad, esta banda presenta problemas particulares de interferencia, por lo cual no se vislumbra como una alternativa viable para prestar servicios con canales de más de 10 MHz de ancho de banda.

Lo anterior implica que en el mediano plazo los actuales operadores se vean imposibilitados de mejorar los servicios de banda ancha prestados en la banda de 700 MHz, toda vez que por las propias características de canalización no es posible para estos contar con portadoras mayores a 10 MHz.

Para enfrentar lo anterior, existen propuestas en el 3GPP para estandarizar bloques de espectro para la descarga suplementaria. En particular, el operador AT&T que soporta este modelo, ya ha adquirido licencias de los bloques D y E no pareados, para que en un plazo aún no definido pueda ofrecer más capacidad de descarga a sus usuarios mediante esta técnica, tal como se describió en párrafos anteriores.

Incompatibilidad Electromagnética

La capacidad de convivencia de sistemas de radiocomunicaciones similares o diferentes dentro de un mismo entorno de tal manera que estos sean capaces de funcionar de manera óptima sin degradar el funcionamiento de los demás, es lo más deseable para asegurar la eficiente operación de las redes de comunicaciones inalámbricas. Por otro lado en cuanto más diferentes sean los

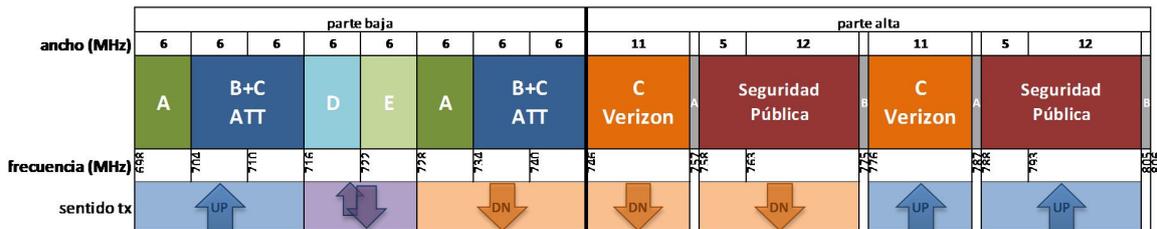
sistemas mayor complejidad implicará su convivencia, debido a las características propias de cada sistema (potencias, anchos de banda, tecnologías... etc.), y por los mecanismos o costos asociados en los que podrían incurrir los fabricantes de equipos y los operadores a efecto de lograr su convivencia.

Tomando en cuenta lo anterior se destaca que en el plan de banda de los EUA existe un alto potencial de incompatibilidad electromagnética a causa de potenciales riesgos de interferencias perjudiciales, lo cual es causado por la falta de bandas de guarda entre varios bloques de frecuencias, así como por el relativamente estrecho espaciamiento dúplex y a la separación dúplex dentro de las bandas baja y alta.

Asimismo, se observa una alta heterogeneidad en cuanto a los segmentos dedicados a la transmisión tanto del móvil como de la base, por una parte, se observa la inexistencia de una banda de guarda entre los bloques no pareados D,E con los bloques pareados adyacentes C y A, lo que puede dar lugar a interferencias debido a que los bloques D y E pueden transmitir a alta potencia. Por otro lado, para la parte alta de la banda se observa que se invirtió el sentido de transmisión-recepción del móvil. Es decir, en las frecuencias menores transmite la base mientras que en las frecuencias superiores transmite el móvil, contrario a lo que normalmente se utiliza en las comunicaciones móviles.

Esto se debe a que la parte superior del bloque C (banda 13) está muy cercano a la banda de seguridad pública (sólo se cuenta con 1 MHz de banda de guarda), por lo que para reducir los efectos de incompatibilidad electromagnética por intermodulación, se optó por que este segmento fuera destinado para la transmisión del móvil, por tener este menor potencia que las radiobases.

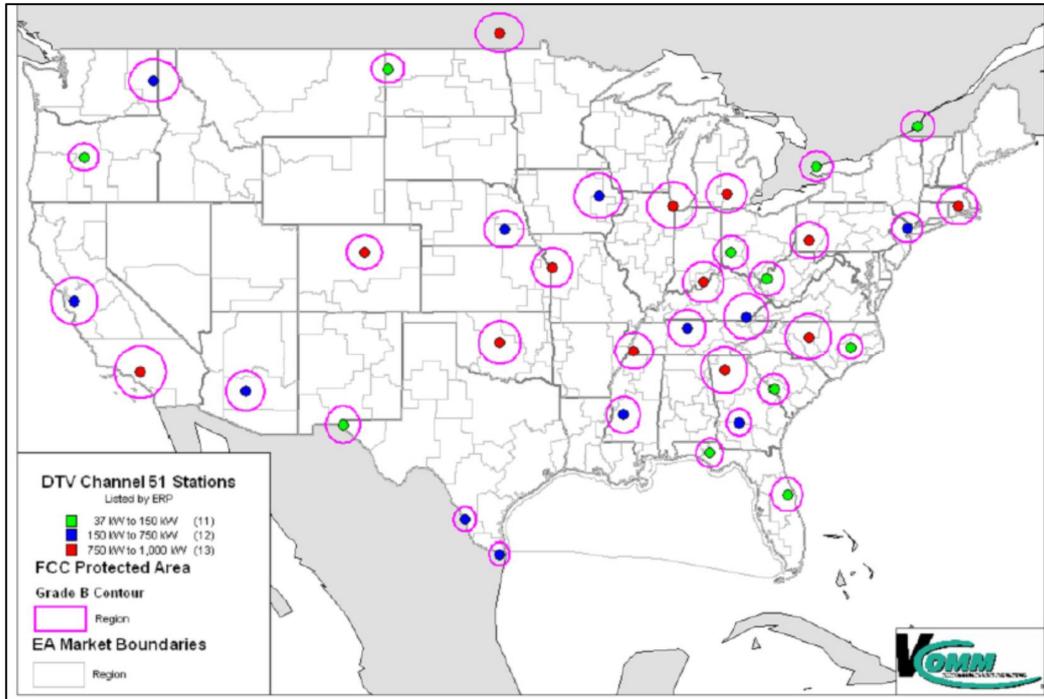
Sentidos de transmisión de subida y bajada en el plan de banda de EUA



En cuanto al bloque A (698-704 MHz) encontramos serios problemas de interferencia debido a su proximidad con las transmisiones de alta potencia del canal 51 de TV (693-698 MHz) cuyas potencias puede llegar al orden de 1 MW (1,000,000 Watts).

Cabe señalar que tales problemas se encuentran dispersos geográficamente en el territorio estadounidense, en virtud de la considerable cantidad de licencias vigentes para operar el canal 51.

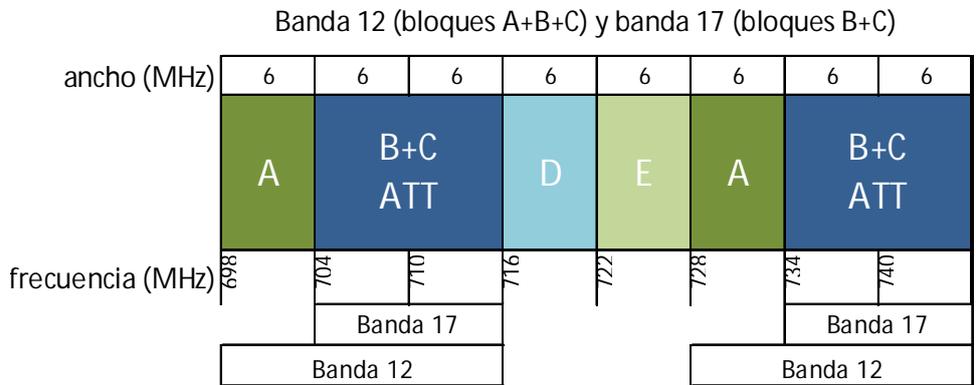
Estaciones de TV operando en el canal 51 en EUA



Asimismo, el problema de incompatibilidad en el bloque A se ve acrecentado por la falta de una banda de guarda con el bloque E, el cual al tratarse de un bloque no pareado, puede transmitir en sentido inverso al bloque A. En este sentido, la gran mayoría de las licencias otorgadas por la FCC en el bloque E pueden ser usadas para operaciones de alta potencia, lo que implica un alto riesgo de interferencia perjudicial a los receptores móviles del bloque A.

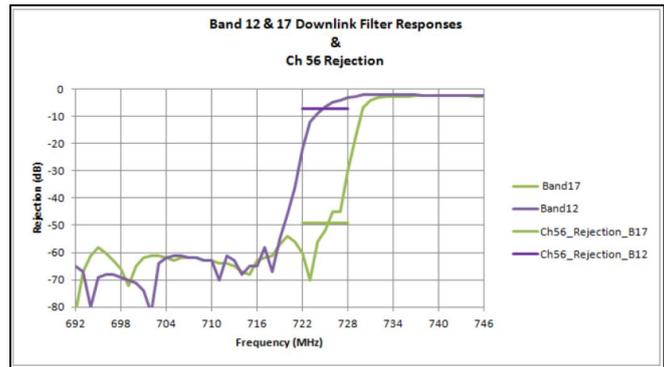
Más aún, la FCC dispuso reglas especiales que requieren a los operadores del bloque A establecer acuerdos para la protección contra interferencias a las operaciones del canal 51 de TV, lo cual se traduce en la imposibilidad de proveer servicios en el bloque A en ciertas áreas geográficas, perjudicando el desarrollo de redes que operen en este bloque.

Por su parte, el cuerpo de establecimiento de estándares 3GPP, responsable de la definición del estándar LTE, adoptó el plan de banda Clase 17 cubriendo únicamente los bloques B y C, y la banda Clase 12, incluyendo los bloques A, B y C. La banda 17 fue diseñada a fin de dejar fuera el bloque A, dados los potenciales problemas de interferencia que se han descrito anteriormente. Dados los problemas técnicos que presenta la banda, los fabricantes de terminales, chipsets e infraestructura, así como los proveedores de servicios inalámbricos, han invertido y desarrollado infraestructura y terminales que cumplen con los estándares de la banda 17, no así para la banda 12.



Lo anterior se debe a que los filtros actuales revelan que el filtro diseñado para la banda 12 proporciona 7 dB de rechazo al bloque E, mientras que los filtros diseñados para la banda 17 proporcionan 49 dB de rechazo al bloque E. Por tanto, los 42 dB extra de rechazo significan que un filtro para la banda 17 proporciona una atenuación de la señal de alta potencia del bloque E 15,849 veces mayor que la que pueden proporcionar los filtros para la banda 12.

Respuesta de rechazo al bloque E de filtros para banda 12 y para banda 17



Fuente: Qualcomm Inc. [11]

En consecuencia, la banda 17 con 6 MHz de separación del bloque E (la banda 17 comienza en el canal 58) fue creada para habilitar la transición en el filtro del dispositivo inalámbrico, de manera que el filtro pueda proveer suficiente atenuación a la interferencia proveniente del bloque E. Por el contrario, las especificaciones técnicas para la banda 12 adoptadas por el 3GPP proporcionan valores de filtraje por debajo de lo óptimo debido a la falta de suficiente separación de frecuencias entre el bloque E (canal 56) y las frecuencias de la banda 12 (iniciando en el canal 57). Como resultado, un filtro para la banda 12 no mitiga suficientemente la interferencia de las operaciones de alta potencia en el bloque E. Lo anterior limita las operaciones en la Clase 12 a mercados en los cuales no exista una estación de TV en el canal 51, para evitar conflictos por interferencia perjudicial.

La problemática descrita de interferencias con el canal 51 de TV en los EUA, sería similar para México en caso de adopción del esquema A4; en virtud de que existen al día de hoy 7 estaciones

de radiodifusión que operan en el canal 51 de TV (sin tomar en cuenta los canales planificados), lo que en principio significa un obstáculo para el despliegue de sistemas de banda ancha en el bloque A. Las asignaciones existentes se muestran en la siguiente tabla:

Estado actual de asignaciones del canal 51 en México

CANAL	LOCALIDAD A SERVIR	EDO	OBSERV
51 (692-698 MHz)	AGUASCALIENTES	AGS	ANALÓGICO
51 (692-698 MHz)	CD. NAVA	COAH	ANALÓGICO COMPLEMENTARIO
51 (692-698 MHz)	ZARAGOZA	COAH	ANALÓGICO COMPLEMENTARIO
51 (692-698 MHz)	NUEVO LAREDO	TAMPS	CONCESION TDT
51 (692-698 MHz)	MATAMOROS	TAMPS	CONCESION TDT
51 (692-698 MHz)	MONTERREY	N.L	PERMISIONARIO
51 (692-698 MHz)	TOLUCA	EDOMEX	PERMISIONARIO

Por otra parte, se destaca que en el Programa de Concesionamiento de Frecuencias de Radiodifusión de Televisión que podrán ser materia de Licitación Pública, publicado en el Diario Oficial de la Federación el pasado 12 de junio de 2012; se contemplan 9 concesiones de las 306 posibles para el canal 51, conforme a la siguiente tabla:

Coberturas y características para el canal 51 contenidas en el Programa de Concesionamiento

CANAL	LOCALIDAD A SERVIR	EDO	RADIO DE COBERTURA (KM)
51 (692-698 MHz)	CHIHUAHUA	CHIH	100
51 (692-698 MHz)	ARRIAGA	CHIS	50
51 (692-698 MHz)	CASTAÑOS	COAH	80
51 (692-698 MHz)	GUANAJUATO	GTO	15
51 (692-698 MHz)	MORELIA	MICH	50
51 (692-698 MHz)	CANCÚN	Q ROO	50
51 (692-698 MHz)	AGUA PRIETA	SON	80
51 (692-698 MHz)	HERMOSILLO	SON	75
51 (692-698 MHz)	COATZACOALCOS	VER	75

Ante una situación de este tipo, los concesionarios de servicios de telecomunicaciones que operen en las localidades indicadas en la tabla anterior tendrían que utilizar la banda clase 17 definida por el 3GPP, la cual no utiliza el espectro del bloque A (698-704/ 728-734 MHz) definido por los EUA,

cuya consecuencia adversa inmediata es que en las zonas de cobertura del canal 51 de TV sería necesario dejar de utilizar 12 MHz de espectro del bloque A citado.

Otro efecto adverso como consecuencia de la interferencia con el canal 51 de TV que se observa en el esquema de segmentación A4, es que podría esperarse que en una eventual licitación de espectro de esta banda de frecuencias bajo el plan de banda de EUA, sería altamente probable que suceda un escenario muy parecido al de los EUA, en el que el precio del espectro del bloque A estuvo muy por debajo de los precios pagados en ese país por los bloques B, C (banda 17) y C (banda 13) de la parte alta de la banda.

Neutralidad Tecnológica

El esquema de segmentación A4 cuenta con bloques de frecuencias en los que sólo es posible desplegar cierto tipo de tecnologías, de tal forma que en algunos bloques únicamente es factible utilizar tecnologías de banda angosta, como es el caso de los bloques para seguridad pública de banda angosta; mientras que los bloques D y E no pareados fueron definidos originalmente para la operación de tecnologías unidireccionales de alta potencia. Aunado a lo anterior, la definición de bloques para la operación de tecnologías de banda ancha en el esquema A4, también hace una distinción de espectro adjudicando separadamente bloques para la operación de servicios comerciales de banda ancha y por otra parte bloques para la operación de servicios de seguridad pública de banda ancha.

De lo anterior se observa que no se conserva un espíritu de neutralidad tecnológica en cuanto al uso de la banda 698-806 MHz bajo el esquema de segmentación A4, debido que se hace necesario el empleo de tecnologías no homogéneas en cuanto a sus características operativas y por ende, no interoperables, lo cual puede tener como consecuencia el desarrollo de nichos de mercado para ciertos bloques de frecuencias en los que los desarrollos tecnológicos sean escasos y en manos de muy pocos proveedores de equipos y terminales, esto puede ser especialmente considerable en los ecosistemas de redes que utilicen tecnologías de banda angosta en la banda de 700 MHz.

VII. Conflictos de interoperabilidad dentro de EUA

Como ya se ha descrito anteriormente, los problemas técnicos que presenta el esquema de frecuencias de los EUA, ha dado lugar a que el mercado de servicios dentro de la banda de 700 MHz tenga un fuerte problema e interoperabilidad, en el cual ninguno de los operadores que cuentan con espectro para las diferentes clases de bandas de 3GPP pueden interoperar entre ellos.

El resolver los problemas de interoperabilidad a lo largo de la banda de 700 MHz puede requerir de modificaciones sustanciales a la manufactura de equipos y los planes de infraestructura de red, poniendo en riesgo la viabilidad comercial de los despliegues comerciales de banda ancha en 700 MHz.

Debido a limitaciones propias de la tecnología disponible al día de hoy, no existen dispositivos disponibles actualmente, en producción o incluso en desarrollo, que sean capaces de operar en todas las bandas pareadas de 700 MHz. Actualmente los chipsets que contienen los dispositivos no son capaces de soportar más de dos bandas por debajo 1 GHz. Debido a esta limitación, no es posible soportar más que una clase de banda en 700 MHz, más la banda celular de 800 MHz.

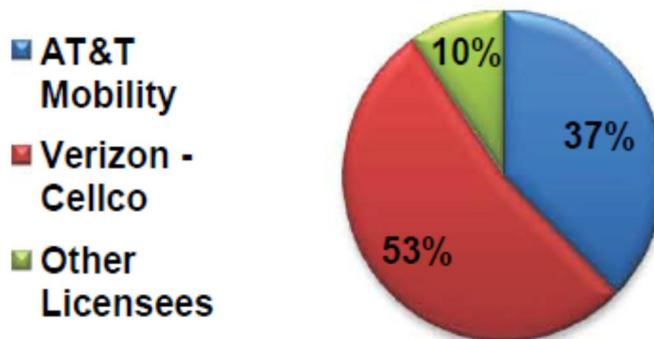
Lo anterior se debe a que los desarrolladores de tecnología se enfrentan a retos técnicos aún no resueltos para combinar múltiples clases en un mismo dispositivo, esto es, en la parte baja de 700 MHz, banda 12 + banda 17; y en la parte alta de 700 MHz, banda 13 + banda 14. El diseñar y construir dispositivos que sean capaces de ser interoperables a lo largo de la banda de 700 MHz afecta el diseño y funcionalidad de los equipos de usuario al incrementar la complejidad electrónica de agregar más bandas operativas al mismo. Esto impacta seriamente en lo relativo a factor de forma, peso, consumo de energía y duración de la batería de los equipos, principalmente.

Esto se traduce en la falta de desarrollo de dispositivos y equipos de red interoperables, por lo que los licenciarios en el bloque A están seriamente obstaculizados para planear, financiar, y adquirir equipo e infraestructura para desplegar servicios, provocando un desequilibrio en la competencia del mercado de servicios en la banda.

En el sentido opuesto, se observa que los operadores dominantes que ofrecen servicios en la banda 13 y la banda 17, cuentan con un ecosistema de elementos de red y de terminales de usuario que los coloca en gran ventaja respecto a sus competidores que cuentan con espectro en el bloque A.

Lo anterior aunado al desequilibrio en la cantidad de espectro con que cuentan los operadores en la banda de 700 MHz, observando que entre AT&T y Verizon acumulan la mayor cantidad de licencias de espectro, quedando el resto en manos de operadores menores que tienen gran dificultad para poder ofrecer servicios competitivos dentro de la banda de 700 MHz.

Espectro para usos comerciales en la banda de 700 MHz



Cantidad neta invertida en licencias de espectro FDD conforme a la licitación No. 73

Debido a los problemas antes planteados, el pasado mes de marzo la FCC publicó un aviso de propuesta de reglamentación (*notice of proposed rulemaking*) orientado a promover la interoperabilidad para los servicios comerciales en la banda de 700 MHz [7]. Las posturas emitidas por los interesados reflejan la problemática que ha derivado en la imposibilidad de que las propias fuerzas del mercado propicien y posibiliten la interoperabilidad dentro de la banda de 700 MHz bajo el actual esquema de frecuencias. Lo anterior debido a que por una parte, los operadores regionales y locales que cuentan con espectro en el bloque A, piden que se obligue a los grandes operadores a que soporten y colaboren en unificar las operaciones en la banda de 700 MHz y sea posible interoperar en la banda; mientras que por otra parte, los grandes operadores y algunos de los principales fabricantes, expresan las dificultades técnicas que impiden la interoperabilidad a lo largo de la banda de 700 MHz.

Debido a la falta de interoperabilidad entre las distintas clases de bandas, los consumidores deben elegir entre dispositivos que difieren en las frecuencias que pueden utilizar, y en caso de que deseen cambiar de operador, también tendrían que cambiar su equipo, independientemente de que ambos equipos operen con tecnología LTE y dentro de la banda de 700 MHz.

A modo de ejemplo, se puede citar la comercialización de la más reciente versión de la tablet iPad 3, fabricada por Apple, que introduce la posibilidad de ofrecer conectividad LTE en la banda de 700 MHz, aunque como ya se describió anteriormente, debido a la falta de interoperabilidad en la banda de 700 MHz es necesario que los consumidores elijan una versión específica del equipo, ya sea para que éste funcione únicamente en la red de Verizon o bien en la red de AT&T, pero no en ambas.

Lo anterior en la práctica se traduce que en casos en los que un usuario que cuente con un iPad 3 de AT&T se ubique en una ciudad que no tenga aún servicio LTE de ese operador, pero que sí esta atendida por Verizon, de cualquier forma no podrá gozar de la conectividad LTE, debido a la falta de interoperabilidad en la banda. Por otra parte, todos los equipos iPad 3 que son comercializados fuera de los Estados Unidos sólo operan en la banda 17 (banda de AT&T), lo que limita la conectividad de los usuarios provenientes del extranjero únicamente a la cobertura LTE que puede ofrecer AT&T. Hoy en día este puede suceder con bastante frecuencia, dado que la cobertura de Verizon es mucho mayor que la de AT&T, tal como se mostró en las gráficas de cobertura de los principales operadores de la sección IV de este dictamen.

VIII. Adopción a nivel internacional

A nivel internacional, el plan de segmentación A4, compatible con el esquema de EUA ha sido adoptado por los siguientes países:

EUA. Fue el diseñador de este esquema y el primero en iniciar operaciones en el mundo en esta banda.

Canadá. Durante el mes de marzo pasado, Canadá adoptó oficialmente el mismo plan de banda que los EUA, como resultado de una consulta pública al respecto [8].

Puerto Rico. Este al ser un Estado Libre asociado de los Estados Unidos de América, se armonizó en su totalidad con el plan de EUA.

Mancomunidad de las Bahamas. La Entidad de Regulación de Servicios y Autoridad de Competencia (URCA, *Utilities Regulation & Competition Authority*), adoptó a inicios de 2012 el plan de EUA para la banda de 700 MHz [9]

Trinidad y Tobago. Este país completó su consulta pública al respecto desde el año 2008, adoptando el mismo plan de banda que los EUA.

Otros países del Caribe. La Autoridad de Telecomunicaciones del Caribe del Este (ECTEL, por sus siglas en inglés) fue establecida en el año 2000, por un tratado firmado entre los gobiernos de 5 Estados del Caribe del Este, conformados por la mancomunidad de Dominica, Granada, San Kitts y Nevis, Santa Lucía y San Vicente y las Granadinas. ECTEL emitió a finales del 2008 una consulta en la que recomendó la adopción del plan de banda de los EUA para sus Estados Miembros [10].

Referencias

[1] Recomendación UIT-R M.1036 (3/2012), "*Frequency arrangements for implementation of the terrestrial component of International Mobile Telecommunications (IMT) in the bands identifies for IMT in the Radio Regulations (RR)*".

[2] Recomendación CCP.II/REC. 30 (XVIII-11), "Disposiciones de frecuencias de la banda 698 – 806 MHz en las Américas para servicios móviles de banda ancha".

[3] *3rd Generation Partnership Project*, 63ª Reunión del Grupo de Trabajo 4 de TSG Radio Access Network. Praga, República Checa, 21-25 Mayo 2012

[4] *Policy Tracker, Global spectrum Database V.7.07*, abril 2012.

[5] *Federal Communications Commission, Annual Report and Analysis of Competitive Market Conditions With Respect to Mobile Wireless, Including Commercial Mobile Services*, junio 2011. http://hraunfoss.fcc.gov/edocs_public/attachmatch/FCC-11-103A1.pdf

[6] *Global Mobile Suppliers Association, GSA Evolution to LTE report*. Abril 2012.

[7] *Federal Communications Commission, Notice of Proposed Rulemaking: "Promoting Interoperability in the 700 MHz Commercial Spectrum"*. *Interoperability of Mobile User Equipment Across Paired Commercial Spectrum Blocks in the 700 MHz Band*. Marzo 21 de 2012

[8] *Industry Canada, Policy and Technical Framework Mobile Broadband Services (MBS) – 700 MHz Band*. Marzo 2012.

[9] *URCA, Policy for New Spectrum Bands – 700 MHz, 11 GHz, 12 GHz and 42 GHz; ECS 09/2012*. 23 de marzo de 2012.

[10] *ECTEL, Consultation Document, Recommendation of the Eastern Caribbean Telecommunications Authority (ECTEL)*, 2008.

[11] *Qualcomm Incorporated.- Comments In the Matter of Promoting Interoperability in the 700 MHz Commercial Spectrum. Interoperability of Mobile User Equipment Across Paired Commercial Spectrum Blocks in the 700 MHz Band.* Junio 2012