



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

TESIS

**PROPUESTA DE ASIGNACIÓN DE LA BANDA DE  
698-806 MHZ (BANDA DE 700 MHZ) PARA LOS  
SERVICIOS DE ACCESO INALÁMBRICO DE BANDA  
ANCHA**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

PRESENTA

**Jorge Armando Juárez Baca**



DIRECTOR DE TESIS: Carlos Gabriel Girón García

CIUDAD UNIVERSITARIA dd/MES/aaaa



# AGRADECIMIENTOS

# ÍNDICE

LISTA DE ACRÓNIMOS.....	6
INTRODUCCIÓN.....	7
CAPÍTULO 1. REFORMA EN MATERIA DE TELECOMUNICACIONES .....	8
1.1 PROCESO DE TRANSICIÓN DE TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE .....	9
1.2 ATRIBUCIÓN DE LA BANDA DE 698 – 806 MHZ (700 MHZ) .....	11
1.3 PLANES DE SEGMENTACIÓN APLICABLES EN LA REGIÓN.....	12
1.4 PERSPECTIVAS PARA EL DESARROLLO DE LA RED PÚBLICA COMPARTIDA DE TELECOMUNICACIONES.....	13
SERVICIOS MÓVILES.....	13
ANTECEDENTES CFE TELECOM.....	19
CAPÍTULO 2. SITUACIÓN ACTUAL DE LA BANDA DE 698-806 MHZ .....	22
2.1 USO Y APLICACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS FDD Y TDD.....	23
DUPLEXACIÓN.....	23
2.2 DESCRIPCIÓN DE LOS PLANES DE CANALIZACIÓN, BASADOS EN LAS RECOMENDACIONES INTERNACIONALES.....	24
2.3 TENDENCIAS INTERNACIONALES RESPECTO AL USO DE TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS PARA APLICACIONES DE BANDA ANCHA.....	31
RECOMENDACIÓN CCP.II/REC. 30 (XVIII-11) .....	31
2.4 COEXISTENCIA ENTRE LOS DIFERENTES PLANES DE CANALIZACIÓN .....	35
CAPÍTULO 3. ANÁLISIS DE NUEVAS APLICACIONES EN LA BANDA DE 698-806 MHZ .....	38
3.1 SISTEMAS IMT .....	38
3.2 SISTEMAS CDMA.....	39
WCDMA.....	42
CDMA 2000 .....	43
3.3 SISTEMAS LTE.....	44
AGREGACIÓN DE PORTADORA.....	45
TECNOLOGÍA MIMO .....	45
INTERFAZ AÉREA.....	47
CAPÍTULO 4. PROPUESTA DE ASIGNACIÓN EN MÉXICO DE LA BANDA DE 698- 806 MHZ.....	49

4.1 ARMONIZACIÓN REGIONAL DEL ESPECTRO .....	49
4.2 LEY FEDERAL DE TELECOMUNICACIONES Y RADIODIFUSIÓN. ....	50
4.3 ECONOMÍAS DE ESCALA .....	53
4.4 CRITERIOS CONSIDERADOS AL ADOPTAR LA SEGMENTACIÓN A5. ....	54
4.5 EVALUACIÓN DE ESCENARIO MAYORISTA Y ESCENARIO DE SUBASTA AL MERCADO PRIVADO.....	55
ACCESO .....	56
ASEQUIBILIDAD.....	56
BIENESTAR PÚBLICO .....	56
EVALUACIÓN DE VENTAJAS Y DESVENTAJAS FINANCIERAS .....	57
INCERTIDUMBRES .....	57
CONCLUSIONES .....	59
BIBLIOGRAFÍA.....	61

## LISTA DE ACRÓNIMOS

3GPP	3rd Generation Partnership Project
APT	Asia Pacific Telecommunications
APP	Asociación Público-Privada
CDMA	Code Division Multiple Access
CEI	Comunidad de Estados Independientes
CFCE	Comisión Federal de Competencia Económica
CFE	Comisión Federal de Electricidad
CITEL	Comisión Interamericana de Telecomunicaciones
COFETEL	Comisión Federal de Telecomunicaciones
D-AMPS	Digital-Advanced Mobile Phone Service
DFP	Densidad de Flujo de Potencia
GSM	Global System for Mobile Communications
FCC	Federal Communications Commission
FDD	Frequency Division Duplex
FDMA	Frequency Division Multiple Access
IFT	Instituto Federal de Telecomunicaciones
IMT	International Mobile Telecommunications
IS-95	Interim Standard 95
LTE	Long Term Evolution
MIMO	Multiple Input Multiple Output
MVNO	Mobile Virtual Network Operator
OCDE	Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
PSD	Power Spectra Density
SCT	Secretaría de Comunicaciones y Transportes
TDD	Time Division Duplex
TDMA	Time Division Multiple Access
TELECOMM	Telecomunicaciones de México
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones
WCDMA	Wideband Code Division Multiple Access

## INTRODUCCIÓN

La banda de 698-806 MHz, mejor conocida como banda de 700 MHz, se encuentra en proceso de liberación y transición como consecuencia de que en Septiembre de 2012 el órgano regulador de las telecomunicaciones en México decidiera que dicha banda de frecuencias será explotada, a más tardar en 2018, para ofrecer servicios móviles de banda ancha en conjunto con una nueva red que próximamente deberá estar desplegándose. El objetivo primordial es brindar cobertura universal de servicios de telecomunicaciones de última generación a la población mexicana.

En el presente trabajo se detallan:

- características de la banda 698-806 MHz.
- características de la nueva red de servicios de telecomunicaciones.
- las opciones de segmentación de esta banda de frecuencias en el caso de México.
- la evolución de las tecnologías de acceso.
- las ventajas y desventajas de las opciones de segmentación.
- la evaluación del modelo bajo el cual operará la red.

El esquema del futuro uso de la banda de 700 MHz no es típico. Se realizará una licitación cuyo ganador no tendrá derechos para explotar ciertos bloques de frecuencias sino que formará parte de un operador el cual se encargará del despliegue y el manejo de la red, denominada red compartida mayorista.

El capítulo uno está dedicado a la reforma de telecomunicaciones. Se detallan los elementos involucrados en este proyecto, tales como, banda de 700 MHz, proceso de transición a la televisión digital terrestre y los esquemas viables, en el caso de México, para segmentar dicha banda de frecuencias.

En el capítulo dos se describen a detalle los esquemas de segmentación, así como su coexistencia.

El capítulo tres está dedicado para los sistemas de comunicaciones móviles y su evolución.

El capítulo final contiene la evaluación del escenario mayorista y los aspectos que fueron considerados para la designación del modelo de segmentación y el modo de operación de la red.

Este proyecto luce innovador, sin embargo, tiene pocos precedentes así que su nivel de éxito parece impredecible.

## **CAPÍTULO 1. REFORMA EN MATERIA DE TELECOMUNICACIONES**

La reforma constitucional en materia de telecomunicaciones publicada en el Diario Oficial de la Federación, el 11 de junio de 2013, indica en su quinto transitorio: “La transición digital terrestre culminará el 31 de diciembre de 2015.

Los Poderes de la Unión estarán obligados a promover, en el ámbito de sus competencias, la implementación de equipos receptores y decodificadores necesarios para la adopción de esta política de gobierno garantizando, a su vez, los recursos presupuestales que resulten necesarios.

Los concesionarios y permisionarios de televisión están obligados a devolver, en cuanto culmine el proceso de transición a la televisión digital terrestre, las frecuencias que originalmente les fueron concesionadas por el Estado, a fin de garantizar el uso eficiente del espectro radioeléctrico, la competencia y el uso óptimo de la banda de 700 MHz.”

La banda de 700 MHz comprende de 698-806 MHz. Esta banda se ha incluido en una nota del Reglamento de Radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), con lo que dicha banda quedó identificada para el despliegue de las Telecomunicaciones Móviles Internacionales (IMT por sus siglas en inglés).

Los sistemas de IMT avanzadas admiten aplicaciones de baja y alta movilidad y una amplia gama de velocidades de datos, de conformidad con las demandas de los usuarios y de servicios. Tienen capacidades destinadas a aplicaciones multimedia de elevada calidad en una amplia gama de servicios y plataformas, lo que les permite mejoras considerables de funcionamiento y calidad en el servicio.

Las IMT avanzadas poseen las siguientes características:

- Alto grado de uniformidad de funciones en todo el mundo manteniendo al mismo tiempo la flexibilidad de admitir una amplia gama de servicios y aplicaciones rentables.
- Compatibilidad de servicios con las IMT y las redes fijas.
- Capacidad de interoperabilidad con otros sistemas de acceso radioeléctrico.
- Servicios móviles de alta calidad.
- Capacidad de itinerancia mundial.

Un punto de suma importancia en esta reforma es el reforzamiento de la autonomía del órgano regulador. Se creó el Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT), sucesor de la Comisión Federal de Telecomunicaciones (COFETEL), en conjunto con la Comisión Federal de Competencia Económica (CFCE) con objeto de la promoción de la competencia y la generación de las condiciones que permitan coadyuvar a hacer efectivos los derechos contenidos en la reforma. La autonomía de estos órganos constitucionales les permite ser independientes en sus decisiones y



funcionamiento, dictar sus resoluciones con plena independencia y ejercer su presupuesto de forma autónoma.

El IFT es un órgano autónomo, con personalidad jurídica y patrimonio propio, que tiene por objeto el desarrollo eficiente de la radiodifusión y las telecomunicaciones. Tiene a su cargo la regulación, promoción y supervisión del uso, aprovechamiento y explotación del espectro radioeléctrico, las redes y la prestación de los servicios de radiodifusión y telecomunicaciones, así como del acceso a infraestructura activa, pasiva y otros insumos esenciales.

La extinta COFETEL identificó 425 MHz distribuidos en las bandas de 700 MHz, 1.7 GHz, 2.3 GHz y 2.5 GHz, susceptibles para la prestación, en el mediano plazo, de servicios móviles avanzados. Sin embargo, esta cantidad representa un déficit de espectro para alcanzar el nivel mínimo sugerido por la UIT.

El Informe UIT-R M.2078 “Estimación de los requisitos de anchura de banda de espectro para el futuro desarrollo de las IMT-2000 y las IMT avanzadas”, publicado en 2006, contiene los resultados del cálculo de las necesidades de espectro en los años 2010, 2015 y 2020. Según éste, se estima que en el año 2020 el ancho de banda total de espectro necesario para satisfacer la demanda de prestación de servicios a través las tecnologías móviles oscila entre 1280 y 1720 MHz (incluyendo el espectro que ya se encuentre en uso).

## 1.1 PROCESO DE TRANSICIÓN DE TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE

La transición digital terrestre es el proceso mediante el cual la radiodifusión de señales de televisión pasará de ser analógica a digital. El cese de señales analógicas ya se ha llevado a cabo en algunas naciones. A continuación se muestra una tabla que ilustra lo anterior.

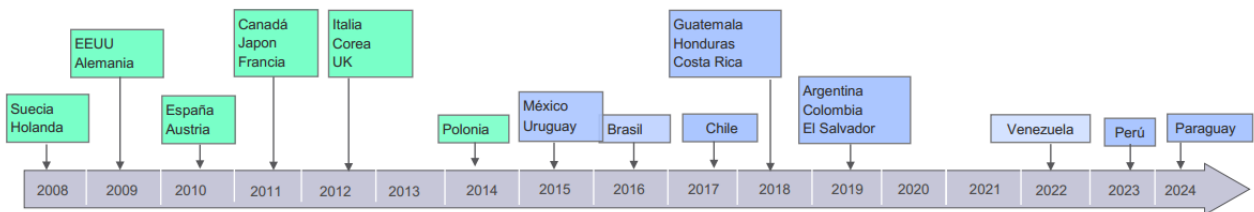


Figura 1.1. Transición digital terrestre en Europa, Asia y América Latina  
FUENTE: Perspectivas sobre el dividendo digital, Ericsson

La transición a la televisión digital terrestre (TDT) favorece la liberación de la banda de 700 MHz. El desperdicio de capacidad de espectro disponible, derivado de la transmisión de señales analógicas de televisión, es de 75%. La transmisión digital permite ofrecer varios canales de programación en el mismo ancho de banda que un canal analógico.

La Política para la Transición a la Televisión Digital Terrestre tiene como objetivos:

- Generar condiciones para la existencia de señales de televisión digital terrestre en el país para garantizar la transición de analógico a digital del servicio de radiodifusión.
- Generar condiciones para que los concesionarios y permisionarios de televisión puedan prestar a la sociedad el servicio de radiodifusión con imágenes y sonido de mayor fidelidad y/o resolución, que las que actualmente permiten las transmisiones analógicas.
- Fomentar el sano desarrollo de los concesionarios y permisionarios de televisión en un entorno dinámico que favorezca una mayor competencia, cobertura y convergencia de servicios en beneficio del público.
- Impulsar el uso racional y planificado del espectro radioeléctrico que favorezca la utilización eficiente de la infraestructura de transmisión y promueva su mejor aprovechamiento, utilizando el estándar A/53 de ATSC, así como otros estándares compatibles con su desarrollo y evolución para ofrecer un mejor servicio al público.

El estándar de la televisión digital terrestre que deberán utilizar los concesionarios y permisionarios de televisión es el A/53 de ATSC.

El término dividendo digital es la cantidad de espectro superior al que se necesita nominalmente en las bandas de ondas métricas y decimétricas para dar cabida a programas analógicos existentes, y que por consiguiente podría liberarse cuando se pase de la televisión analógica a la digital. La siguiente imagen ilustra la liberación del ancho de banda que comprende el dividendo digital.



Figura 1.2. Dividendo digital

FUENTE: El dividendo digital: oportunidades y retos, UIT

La cantidad de espectro radioeléctrico liberada con el cambio depende principalmente de particularidades nacionales tales como geografía y topografía de la región, grado de penetración de los servicios de televisión por cable y/o satélite, necesidades de los servicios de televisión regional o minoritarios, y utilización del

espectro en los países vecinos. Esta cantidad también depende de la tecnología de televisión digital adoptada para sustituir a los servicios analógicos.

El espectro liberado con este dividendo digital se puede utilizar para todo tipo de servicios, tales como, servicios de radiodifusión terrenal adicionales, aplicaciones multimedios móviles, comunicaciones móviles y sistemas de acceso de banda ancha inalámbricos.

El espectro del dividendo digital está situado entre 200 MHz y 1 GHz. Esas frecuencias tienen características de propagación de señales superiores a las de frecuencias más altas.

Los operadores están interesados en utilizar frecuencias más bajas para favorecer la cobertura, y por consiguiente, lograr un equilibrio óptimo entre la capacidad de transmisión y el alcance. De este modo se necesitaría menos infraestructura para obtener una cobertura móvil más amplia, con la consiguiente reducción de los costos de los servicios de comunicación, especialmente en zonas rurales.

El dividendo digital se debe a que los sistemas de compresión digital permiten multiplexar la transmisión de varios programas de televisión en el espectro utilizado con anterioridad por un solo canal de televisión analógico (denominado como multiprogramación). Esto significa que siguen aumentando las posibilidades de acceso al espectro del dividendo digital, a medida que se desarrollan e introducen progresivamente normas de televisión terrenal más avanzadas para la infraestructura y la compresión, que ofrecen una mayor capacidad binaria por unidad de ancho banda que los sistemas existentes.

Los servicios móviles sólo podrán utilizar el dividendo digital si se armonizan las bandas de frecuencias a escala regional (o mundial). Esa armonización tendrá grandes ventajas para la sociedad y la productividad. En particular, los operadores móviles y fabricantes de equipos podrán dirigirse a un mercado más amplio, lograr economías de escala y reducir los costos de los equipos terminales.

La posibilidad de armonización depende principalmente del calendario y la coordinación del proceso de transición de analógico a digital. El espectro del dividendo digital sólo estará totalmente disponible cuando hayan desaparecido los servicios analógicos.

## **1.2 ATRIBUCIÓN DE LA BANDA DE 698 – 806 MHZ (700 MHZ)**

La banda de 700 MHz tiene poco uso en el país, toda vez que desde 1988 se han tomado previsiones de planificación para reducir al máximo su asignación. Tal es el caso que desde esa fecha sólo se asignaron dos sistemas complementarios en esa banda para Irapuato y Coacalco.

La transición y la liberación de espectro en la banda de 700 MHz facilitarán la introducción de servicios móviles avanzados con plataformas tecnológicas de alta velocidad.

Las ventajas que ofrece esta banda son múltiples:

- Ha sido desarrollada en diversos países para la comercialización de servicios móviles por medio de tecnología LTE (Long Term Evolution).
- Se encuentra identificada para la prestación de servicios de cuarta generación (4G), por lo que representa una oportunidad para masificar los servicios de banda ancha.
- Sus características de propagación ofrecen buena cobertura y penetración en edificios, lo que permitiría proveer servicios de alta calidad en áreas urbanas, suburbanas y áreas rurales, con poca inversión.
- Daría oportunidad a los operadores establecidos de ampliar la capacidad de sus redes, permitiendo la provisión de servicios de telecomunicaciones de banda ancha sin afectar el desempeño actual de sus redes.

Los operadores proyectan desplegar tecnologías LTE en estas bandas de frecuencias, lo que mejorará el acceso a la banda ancha de alta velocidad. Para 2015 se espera que haya aproximadamente cuarenta operadores que ofrezcan servicios LTE, en la Región de las Américas y prestarán servicios a más de 20,000,000 de suscriptores utilizando varias bandas de frecuencias.

### 1.3 PLANES DE SEGMENTACIÓN APLICABLES EN LA REGIÓN

En la recomendación UIT-R M.1036-4 se han incluido dos esquemas de segmentación para la banda de 700 MHz aplicables a la región de América.

ARREGLOS DE FRECUENCIAS EN LA BANDA 698-806 MHz					
Arreglos de frecuencias	ARREGLOS PAREADOS				Arreglos no pareados (para TDD) (MHz)
	Transmisor de la estación móvil (MHz)	Separación central (MHz)	Transmisor de la estación base (MHz)	Separación dúplex (MHz)	
A4	698-716 776-793	12 13	728-746 746-763	30 30	716-728
A5	703-748	10	758-803	55	Ninguno

Figura 1.3. Segmentaciones de la banda de 700 MHz  
FUENTE: Informe de resultados (2006-2012), COFETEL

Estos planes de segmentación corresponden al Plan Asia Pacifico (APT) 700 y al Plan conocido como USA 700.

En el estudio realizado por COFETEL, denominado “Estudio Comparativo despliegue A4 y A5” se abordó el caso de calcular el costo de despliegue en términos pecuniarios y de tiempo de una red de servicios móviles de banda ancha en el Distrito Federal, para los esquemas A4 (Plan USA 700) y A5 (Plan APT 700).

Los resultados indican que para el despliegue de redes LTE en el Distrito Federal, la inversión inicial para cubrir a todos los usuarios potenciales en el esquema de segmentación A4 será 3.7 veces mayor que en el esquema A5. Asimismo, bajo el esquema de segmentación A4 el despliegue de la red requeriría 4.53 veces más radiobases por cada operador que en la segmentación A5.

La propuesta APT 700, cuenta con dos bloques de espectro de 45 MHz, brinda una mayor flexibilidad de explotación y abre el potencial de entrada hasta para tres operadores de servicios de telecomunicaciones de banda ancha móvil de alta calidad. Esto en virtud de que la tecnología LTE optimiza sus capacidades de banda ancha en segmentos que cuenten con al menos 15 MHz en cada dirección de transmisión. LTE es la tecnología preponderante para las comunicaciones móviles en el mediano y largo plazo.

Las redes de los concesionarios de servicios de acceso inalámbrico móvil requerirán en el corto plazo de tecnologías que sean espectralmente eficientes y que permitan el buen uso del espectro radioeléctrico.

Los Estados Unidos de América emplean el Plan A4 y esto representa un problema para México. La coexistencia de los dos estándares en los más de 3,000 km de frontera entre los dos países requerirá inversión en herramientas tecnológicas y siempre existirá un margen de riesgo.

La COFETEL analizó factores vitales, tales como, la compatibilidad entre segmentaciones distintas de la banda, algunos mecanismos técnicos viables para mitigar interferencias, el análisis de los instrumentos bilaterales actuales y los procedimientos que en el marco de la relación bilateral podrían ser aplicables para que los sistemas de ambos países puedan coexistir en la zona fronteriza.

## **1.4 PERSPECTIVAS PARA EL DESARROLLO DE LA RED PÚBLICA COMPARTIDA DE TELECOMUNICACIONES**

### **SERVICIOS MÓVILES**

Durante los últimos años el crecimiento del servicio móvil ha sido exponencial en el país. Esto se debe a los avances tecnológicos experimentados por el sector, la facilidad de uso de los nuevos dispositivos móviles, así como a la estructura de precios implementada por cada operador.

La proyección del servicio móvil ha sido tal que su penetración ha superado al servicio fijo. Aun cuando la penetración del servicios fijo es alto en algunas ciudades, el acceso a servicios de telefonía en las zonas rurales tiende a ser limitada, cubriendo apenas a poco más de 24 millones de habitantes.

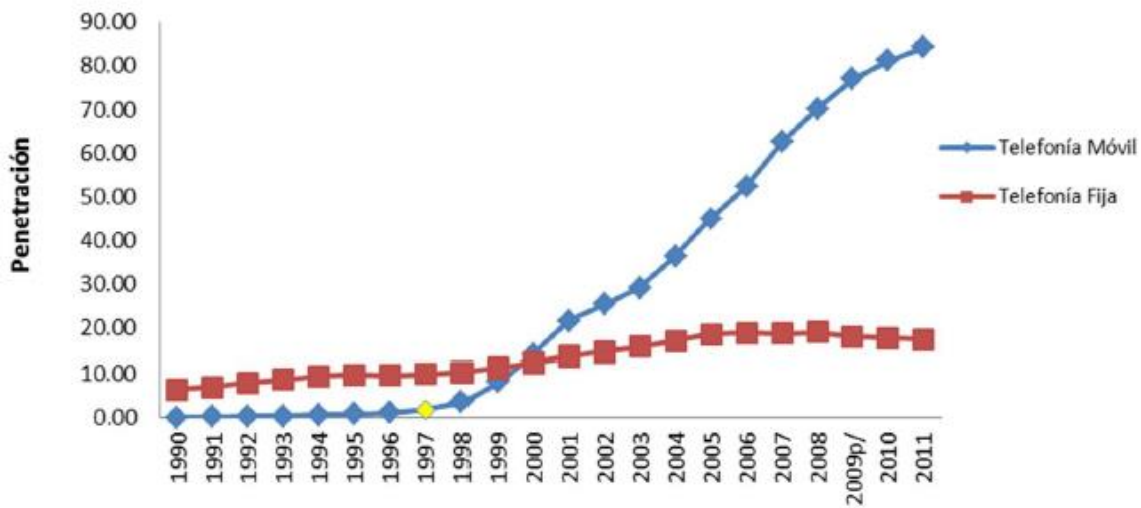


Figura 1.4. Evolución de la penetración en México  
 FUENTE: El espectro radioeléctrico en México. Estudio y acciones, COFETEL

Las nuevas necesidades de los consumidores de servicios móviles demandan un servicio de banda ancha que exige el acceso a los mismos servicios y aplicaciones a los que es posible acceder mediante servicios fijos, derivando en un fuerte crecimiento del mercado de aplicaciones móviles.

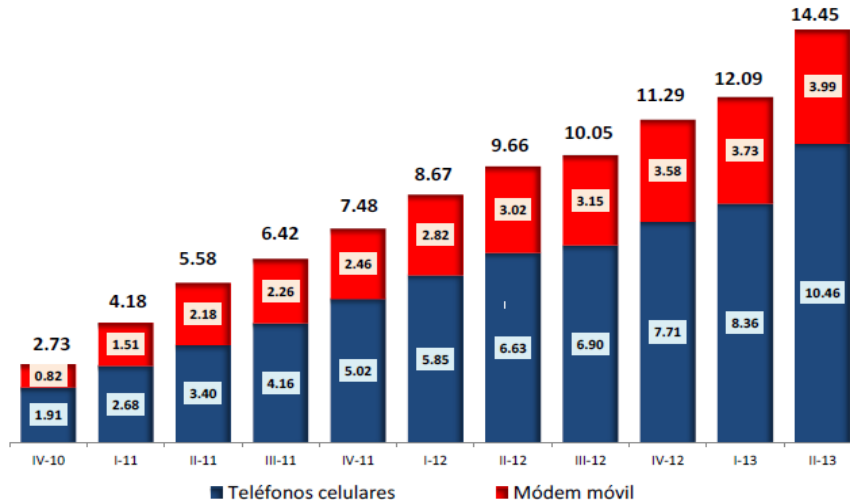


Figura 1.5. Suscripciones de banda ancha móvil (millones)  
 FUENTE: Comunicado de prensa No. 34/2013, COFETEL

En la Región de las Américas el número de líneas telefónicas fijas utilizadas ha disminuido constantemente durante los últimos años, lo que refleja los cambios experimentados por las redes de telecomunicaciones. El descenso del número de abonos a la telefonía fija, se ha traducido en un aumento del número de suscriptores a la banda ancha y de la penetración de los servicios móviles. A finales de 2011, había en las Américas más de 144,000,000 suscriptores a la banda ancha fija

(cableada), lo que representa una tasa de crecimiento del 10% aproximadamente, con respecto a 2010. Se calcula que 90,000,000 de estos suscriptores correspondían a Estados Unidos, mientras que en Brasil y México se alcanzaron 16,8 y 12,2 millones, respectivamente.

El crecimiento de los servicios inalámbricos de banda ancha es notable. De acuerdo con un estudio de 2010, se prevé que los ingresos totales de datos móviles crezcan más del doble que el número de suscriptores, pasando de 4,500 millones de dólares en 2009 a 10,600 millones de dólares en 2014, lo que refleja un aumento del consumo de datos por usuario. Se prevé que los ingresos del segmento de banda ancha inalámbrica crezcan incluso con mayor rapidez que los ingresos de datos globales, cuadruplicando los 1,400 millones de dólares de 2009 hasta alcanzar los 6,400 millones de dólares en 2014.

Globalmente, la Región de las Américas está en mejores condiciones que la mayor parte de las demás regiones en lo que se refiere al número de hogares con acceso a internet. Con más de 50% de hogares con conexión a internet, las Américas supera a la Comunidad de Estados Independientes (CEI), los Estados Árabes, la Región Asia-Pacífico y África. Sin embargo, la Región de las Américas queda detrás de Europa en casi veinte puntos.

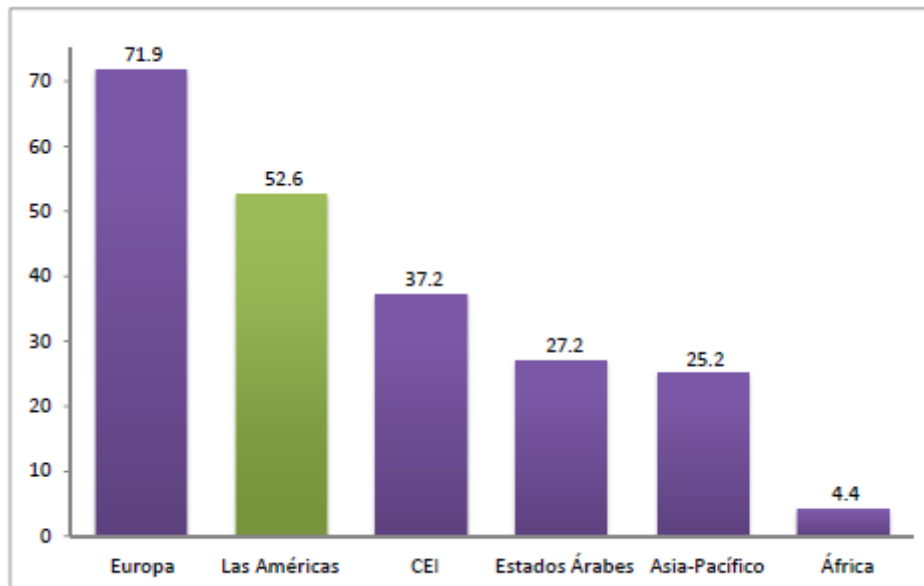


Figura 1.6. Hogares con acceso a Internet, por regiones, en 2011 (%)

FUENTE: Impacto regulatorio de la convergencia y de la banda ancha para las Américas, UIT.

En el despliegue de redes de telecomunicaciones móviles, sólo un selecto rango de frecuencias es viable para soportar los efectos de la movilidad. La viabilidad económica de la explotación de una banda espectral depende de las economías de escala de los dispositivos y de los elementos de red funcionando en una frecuencia

específica. En consecuencia, desplegar una red en una frecuencia poco empleada a nivel mundial, puede implicar costos que afecten a los operadores.

Las bandas situadas por debajo de 1 GHz, tales como 700, 800 y 900 MHz, son las de mayor potencial para universalizar los servicios de banda ancha, dado su excelente alcance y fuertes economías de escala.

Al estar concluido el apagón analógico, es decir, la transición digital terrestre, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) se encontrará construyendo una red mayorista de servicios de telecomunicaciones enfocada principalmente al transporte de servicios de nueva generación.

La instalación de esta red pública compartida de telecomunicaciones (red mayorista) tiene como finalidad impulsar el acceso efectivo de la población a los servicios de telecomunicaciones de banda ancha. Sus características son las siguientes:

- Estará en operación antes de que concluya el año 2018.
- Contemplará el aprovechamiento de al menos 90 MHz del espectro liberado por la transición a la Televisión Digital Terrestre, de los recursos de la red troncal de fibra óptica de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y de cualquier otro activo del Estado que pueda utilizarse en la instalación y la operación de la red compartida.
- Incluirá inversión pública y privada.
- Asegurará el acceso a los activos requeridos para la instalación y la operación de la red, así como el cumplimiento de su objeto y obligaciones de cobertura, calidad y prestación no discriminatoria de servicios.
- Operará bajo principios de compartición de toda su infraestructura y la venta desagregada de todos sus servicios y capacidades, y prestará exclusivamente servicios a las empresas comercializadoras y operadoras de redes de telecomunicaciones, a precios competitivos. Los operadores que hagan uso de dicha compartición y venta desagregada se obligarán a ofrecer a los demás comercializadores las mismas condiciones que reciban de la red compartida.
- Promoverá que la política tarifaria de la red compartida fomente la competencia y que asegure la reinversión de utilidades para la actualización, el crecimiento y la cobertura universal.

En México, la falta de competencia en telecomunicaciones ha generado mercados ineficientes que imponen costos significativos a la economía mexicana y que inciden de manera negativa en el bienestar de la población. El sector se caracteriza por altos precios y falta de competencia, lo que tiene como consecuencia una baja tasa de penetración de los servicios y un pobre desarrollo de la infraestructura necesaria para prestarlos.

La SCT se ha planteado dos metas:

- 1.- Crecimiento de la red troncal.
- 2.- Red compartida mayorista de servicios de telecomunicaciones.



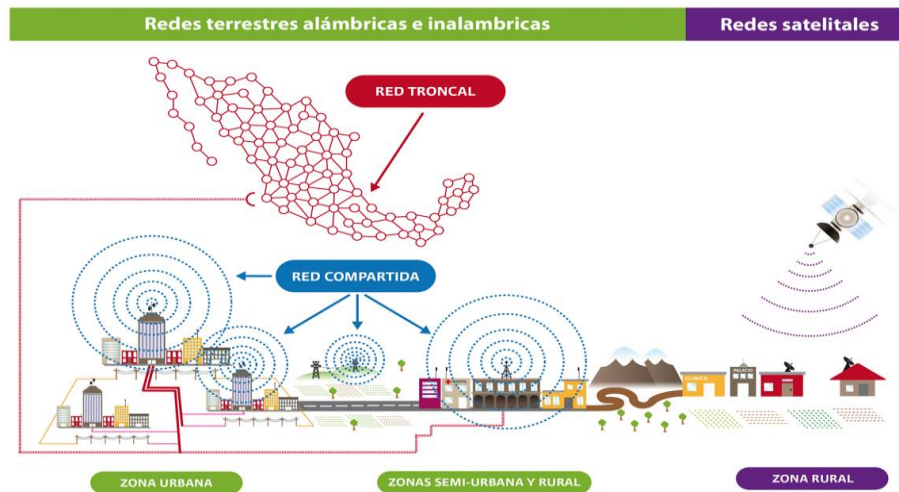


Figura 1.7. Esquema de la red compartida  
 FUENTE: El caso de la red troncal y la red compartida mayorista de servicios de telecomunicaciones en México, COFETEL

Es de vital importancia la expansión de la red troncal de fibra óptica, pues una red de fibra óptica es fundamental para la provisión de servicios de banda ancha. Según la COFETEL, únicamente el 50% de la población en México vive en localidades cubiertas por más de una red de fibra óptica, un 15% adicional está cubierta por una sola red y aproximadamente un tercio no tiene acceso a alguna red de este tipo.

Las telecomunicaciones en México demuestran carencias en infraestructura instalada de banda ancha para la totalidad de la población, así como un rezago en la penetración de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC). Esto genera un impacto desfavorable para el crecimiento de la economía del país.

Ante la insuficiencia en capacidad de las redes de transporte que darán soporte a las redes móviles, es importante que:

- La política de asignación de espectro radioeléctrico para servicios móviles sea acompañada también de los estudios correspondientes asociados a las acciones a emprender, con el fin de garantizar que las redes de transporte inalámbricas cuenten con el espectro necesario para soportar la demanda de capacidad de las futuras redes.
- Se optimice el aprovechamiento de la red de fibra óptica de la CFE, de tal forma que se adicione 35,000 kilómetros de fibra óptica a la red actual, a efecto de desarrollar la infraestructura necesaria que garantice que el 98% de la población mexicana cuente con al menos un punto de presencia ubicado a menos de 40 kilómetros.

La infraestructura deberá responder al crecimiento exponencial de la demanda de ancho de banda, inducido por la evolución acelerada de las aplicaciones que operan mediante dispositivos personales cada vez más inteligentes, lo cual cobra cada vez mayor trascendencia para los usuarios.

La actualización de la infraestructura de banda ancha es un factor habilitador indispensable, no solamente para la expansión del sector global de las tecnologías de la información y la comunicación, sino para la competitividad del país.

El crecimiento, construcción y operación de la red troncal será a través de una Asociación Público-Privada (APP) y requerirá una inversión de aproximadamente 10,000 millones de dólares.

El nuevo operador será únicamente mayorista, esto es, venderá la capacidad a operadores y comercializadores y no podrá prestar servicios a usuarios finales. De igual forma deberá rentar fibra y otros recursos para complementar la red de la CFE, que será cedida a Telecomunicaciones de México (TELECOMM).

La red compartida mayorista de servicios de telecomunicaciones es la infraestructura de acceso inalámbrico para el máximo aprovechamiento de los 90 MHz en la banda de 700 MHz. Se contará con enlaces de fibra óptica e inalámbricos hacia la red troncal.

Se le ha denominado red compartida debido a que va a proveer capacidad de voz y datos para todos los concesionarios actuales y futuros con acceso compartido y no discriminatorio a su infraestructura, servicios y capacidades en forma desagregada.

Se necesitan redes de acceso para que los usuarios hagan uso de los servicios de telecomunicaciones. En México, la infraestructura de telecomunicaciones es aún insuficiente. La principal red troncal es propiedad de un operador, cuya red es de punto a punto con baja capacidad y con una competencia muy limitada.

La mejora de condiciones de acceso a las telecomunicaciones requiere de la creación de una robusta red troncal a nivel nacional, lo que a su vez dará paso a que el mercado resulte atractivo a los operadores de telecomunicaciones que se apoyen en ésta.

La CFE ha construido en estos últimos años una importante infraestructura de fibra óptica con la que se busca garantizar la cobertura de servicios de telecomunicaciones a todos los mexicanos. Para ello, la SCT realizará el proceso para que la CFE ceda a Telecomunicaciones de México su concesión para instalar, operar y explotar la red pública de telecomunicaciones y le transfiera todos los recursos y equipos necesarios para la explotación de dicha red.

La CFE ha implementado una red de telecomunicaciones con fibra óptica instalada sobre la red troncal de potencia, cuyo objeto principal es incrementar la seguridad de dicho sistema al permitir su operación en tiempo real.

Se estima que desde diciembre de 2006 al cierre de 2012, el tendido de fibra óptica tuvo un crecimiento promedio anual de 8.9%. El desarrollo de la red de fibra óptica, es el resultado del uso en el tránsito de servicios tradicional de la red de la CFE y la ampliación de cobertura de empresas que prestan servicio de telefonía local y de televisión por cable.

### RED DE FIBRA ÓPTICA [Miles de kilómetros]

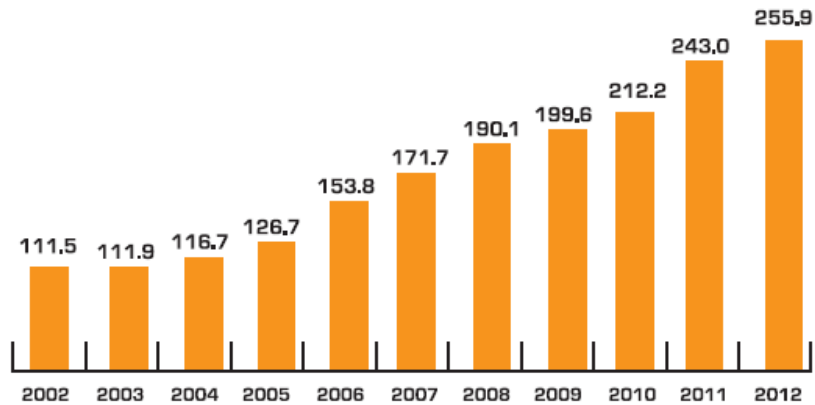


Figura 1.8. Extensión de la red de fibra óptica  
FUENTE: Informe de resultados (2006-2012), COFETEL

## ANTECEDENTES CFE TELECOM

La junta de Gobierno de la CFE autorizó en 2005 llevar a cabo todas las acciones necesarias ante la SCT para la obtención de una concesión para la instalación, operación y explotación de una red pública de telecomunicaciones, así como la prestación de servicios en los términos establecidos en la Ley Federal de Telecomunicaciones. Se tenía consciencia de la creciente necesidad de la industria de las telecomunicaciones de contar con redes troncales, así como del beneficio social para el país que implica poner su red de fibra óptica a disposición de dicha industria y de cumplir con la obligación de maximizar el aprovechamiento de su infraestructura.

El 10 de Noviembre de 2006, la SCT otorgó a CFE el título de concesión, para realizar las acciones tendientes a la prestación de los servicios autorizados en la concesión.

Se creó CFE Telecom integrada por la Unidad de Administración y Finanzas y tres gerencias: Gerencia de Inteligencia de Mercado, Gerencia de Ventas y Gerencia de Asuntos Legales y Regulatorios.

CFE Telecom inició operaciones el 2 de Noviembre de 2007, reportando tal hecho a la COFETEL mediante escrito de 5 de Noviembre de 2007.

Las principales funciones de CFE Telecom son comercializar los servicios de telecomunicaciones, así como los servicios complementarios, ofreciéndolos al mercado, con el propósito de representar una opción real para el sector público y el sector privado, asegurando la viabilidad técnica y económica de dichos servicios, mediante precios competitivos en el mercado, garantizando que cada proyecto resulte rentable para la CFE.

CFE Telecom ha llevado a cabo un análisis del mercado de telecomunicaciones para el desarrollo e implementación de nuevos modelos de negocio que amplíen o complementen el portafolio de los servicios de telecomunicaciones que CFE comercializa, teniendo servicios comprometidos en diversas localidades a lo largo y ancho del país, y con cobertura en un total de 247 localidades. Los servicios que integran el portafolio de CFE Telecom son los CFE Enlaces, Hoteles Telecom, Acceso a Internet y Solución Integral de Conectividad.

### ***CFE Enlaces***

Consisten en la infraestructura que permite la conexión privada punto a punto entre dos domicilios del cliente para su uso exclusivo, sin límite de utilización y sin restricción de horarios, conforme al ancho de banda contratado.

Es posible contratar conjunta o separadamente CFE Enlaces de los siguientes tipos:

1. CFE Enlace Local: cuando los domicilios del cliente se encuentran en la misma área metropolitana o ciudad, con presencia de CFE Telecom.
2. CFE Enlace Nacional: cuando los domicilios del cliente se encuentran en diferentes ciudades del país, con presencia de CFE Telecom.
3. CFE Enlace Internacional: cuando uno de los domicilios del cliente se encuentra en el territorio nacional, con presencia de CFE Telecom, y el otro en el extranjero.

### ***Hoteles Telecom***

Los Hoteles Telecom son puntos neutrales de acceso a la red de fibra óptica de la CFE y al resto de las redes, sin preferencia o discriminación a ningún cliente o proveedor. Los servicios complementarios que se prestan en los Hoteles Telecom son:

1. Alojamiento: consiste en el servicio de renta de espacio físico dentro del Hotel Telecom para la instalación por parte del cliente de equipamiento de telecomunicaciones con el cual podrá interconectarse a servicios propios de CFE Telecom o a servicios de otros operadores alojados dentro del Hotel Telecom.
2. Conectividad: es la conexión física y lógica entre dos redes para cursar tráfico del tipo convenido entre empresas u operadores, independientemente de la tasa de transmisión y el medio físico, permite a los usuarios de una de las redes utilizar servicios proporcionados por la otra red y viceversa. La

interconexión se hace desde el “operador 1 ” hasta un área de interconexión y desde el “operador 2” hacia la misma área de interconexión.

### ***Acceso a Internet***

El servicio de acceso a internet consiste en una red IP de nueva generación para proveer acceso dedicado a la red mundial de Internet. Es un servicio provisto con niveles de calidad comprometidos, que puede ser usado tanto para dar soluciones a redes corporativas, como para la reventa a usuarios de banda ancha, clientes del segmento de Gobierno, así como a proveedores de Servicio de Valor Agregado, entre otras aplicaciones. Este servicio es provisto sin discriminación en todos los estados del país.

### ***Solución Integral de Conectividad***

Consiste en integrar el equipo especializado necesario para conectar la red de datos interna de cliente a los servicios de telecomunicaciones, valor agregado y/o complementarios (CFE Enlaces y Hoteles Telecom) incluyendo:

- Diseño, dimensionamiento y suministro para entrega final en el sitio que determine el cliente.
- La puesta en marcha del equipo, que incluye su instalación, configuración y puesta en operación.
- El soporte extendido al equipo que incluye el mantenimiento preventivo y correctivo, remplazo de partes y actualización de software, mesa de ayuda, portal de gestión y centro de operación de red.

## **CAPÍTULO 2. SITUACIÓN ACTUAL DE LA BANDA DE 698-806 MHz**

Durante los últimos años se ha observado una tendencia de crecimiento acelerado en la cantidad de usuarios de banda ancha móvil. Esto se debe a la evolución tecnológica que permite el uso cada vez más eficiente del espectro permitiendo conexiones con altas tasas, y por otra parte la aparición de terminales de usuario con mejores prestaciones a precios cada vez más reducidos.

En la actualidad se vive la explosión de la cantidad de conexiones y el tráfico en las redes de banda ancha móvil que ha superado los pronósticos calculados en el pasado.

En 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, latencia en las redes y eficiencia espectral.

La banda de frecuencias liberada a consecuencia del dividendo digital está siendo liberada alrededor del mundo para su uso en servicios de banda ancha, y se está haciendo de una manera armonizada, de forma tal que se estima que las economías de escala que se desarrollarán alrededor del uso de esta banda de frecuencias serán lo suficientemente grande como para que los sectores de la población de menores ingresos puedan acceder a terminales inteligentes y servicios de banda ancha móvil gracias a la disminución de precios.

La UIT a través de la Recomendación UIT-R SM.1047-1 describe una breve introducción sobre la gestión del espectro radioeléctrico. Considera que la gestión eficaz del espectro es fundamental para conseguir el máximo de beneficios de recursos del espectro.

Recomienda:

1.- Que en el desarrollo de programas nacionales de gestión del espectro radioeléctrico se consideren los siguientes temas:

- principios fundamentales de la gestión del espectro
- planificación del espectro
- prácticas de ingeniería del espectro
- autorización de frecuencias
- utilización del espectro
- control del espectro
- automatización de la gestión del espectro
- economía del espectro

2.- El uso de formatos para la inscripción de las asignaciones de frecuencias nacionales, que sean compatibles con los que emplea la Oficina de

Radiocomunicaciones para la notificación electrónica de las asignaciones de frecuencias.

3.- Que al considerar los temas especificados en el numeral 1, las Administraciones se guíen por los puntos correspondientes de los Manuales UIT-R publicados.

4.- Que al considerar el tema especificado en el numeral 2, las Administraciones se guíen por los puntos correspondientes del Diccionario de Datos de Radiocomunicaciones.

## 2.1 USO Y APLICACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS FDD Y TDD

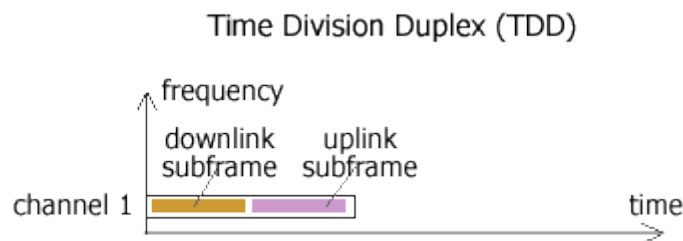
### DUPLEXACIÓN

La duplexación corresponde a la separación de enlaces de subida (uplink) y enlaces de bajada (downlink).

En TDD (Time Division Duplex), los datos del enlace de subida son enviados en tiempos que son diferentes a los tiempos de transmisión del enlace de bajada.

En FDD (Frequency Division Duplex), el enlace de subida y el enlace de bajada son enviados en diferentes bandas de frecuencias (separación de frecuencias entre transmisor y receptor).

TDD es regularmente usado en conjunto con TDMA. En tal caso, el tiempo disponible no es dividido en N segmentos, sino más bien en 2N ranuras de tiempo, donde a cada uno de los N usuarios le es asignado un ranuras de tiempo para el enlace de subida, y uno para el enlace de bajada. Por otro lado, el uso TDD en un sistema FDMA contrarrestaría las ventajas que ofrece FDMA, mientras que retiene las desventajas.



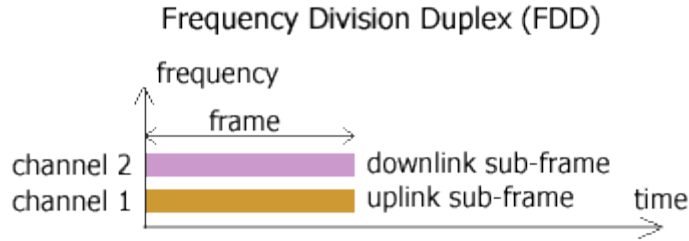


Figura 2.1. TDD y FDD en el tiempo

FDD puede ser usado en combinación con algunas técnicas de multiacceso. En la mayoría de los casos, hay una distancia fija de duplexación, una diferencia fija de frecuencias entre la banda del enlace de subida y la banda del enlace de bajada.

En la caso de TDD se requiere que el tiempo de duplexación sea mucho más pequeño que el tiempo coherente, mientras que para el caso de FDD, se requiere que la distancia de la frecuencia de duplexación sea mucho más pequeña que el ancho de banda coherente.

## 2.2 DESCRIPCIÓN DE LOS PLANES DE CANALIZACIÓN, BASADOS EN LAS RECOMENDACIONES INTERNACIONALES

### SEGMENTACIÓN A4

Este plan de canalización fue adoptado por los Estados Unidos de América. El esquema contempla bloques apareados para uso de tecnologías FDD, así como bloques no apareados para tecnologías TDD (dos bloques contiguos de 6 MHz cada uno).

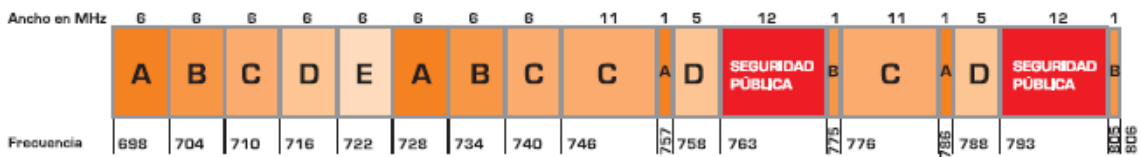


Figura 2.2. Canalización A4

FUENTE: Informe de resultados (2006-2012), COFETEL

Se tienen dos categorías: un bloque de 48 MHz para una banda baja (698-746 MHz), y un bloque de 60 MHz para una banda alta (746-806 MHz).



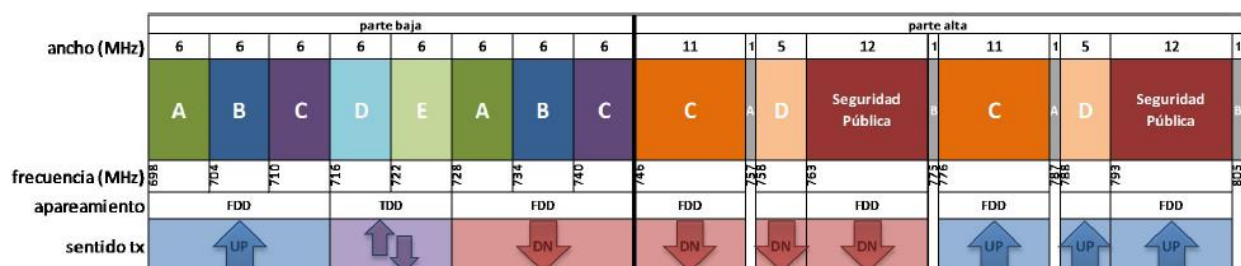


Figura 2.3 Bandas alta y baja.

FUENTE: Informe de resultados (2006-2012), COFETEL

En estos dos bloques existen porciones que están destinadas a las redes de seguridad pública, y porciones destinadas a redes de servicios comerciales. De la porción comercial, el plan de canalización de los Estados Unidos de América cuenta con tres partes, una de 18x2 MHz, una de 11x2 MHz y otra de 12 MHz. Se ha detectado una problemática en el uso de estos bloques.

El segmento de 18x2 MHz comienza inmediatamente después del canal 51 de televisión, lo cual da lugar a un riesgo de interferencia entre televisión y servicios de telecomunicaciones, que puede reducir la eficiencia espectral de los usuarios de ambos canales (51 de televisión y 52 de telecomunicaciones). Este riesgo podría traer consigo la falta de interés en la porción de espectro del canal 52, y potencialmente con el canal 57, con el que se acostumbra parear el canal 52. Esto reduciría de 18x2 MHz a 12x2 MHz el espectro.

El fragmento de 12 MHz corresponde a los canales 55 y 56, dado que este bloque no está pareado, su explotación se limitaría a aplicaciones TDD, al ser contiguo a los canales FDD. De igual forma existe riesgo de interferencia entre estos canales y los canales vecinos. Debido a esto, se estima que el interés generado por estos canales sea bajo.

La disposición de frecuencias de la figura 2.3 fue diseñada por la Federal Communications Commission (FCC) de los Estados Unidos de América. Se tomaron en cuenta las necesidades particulares de ese país, tales como:

- Evitar interferencias al servicio de televisión y espectro dedicado para aplicaciones de seguridad pública.
- Determinación de niveles máximos permisibles de potencia a los servicios comerciales para mitigar los riesgos potenciales de interferencia a las operaciones en canales adyacentes.
- Intercambio de información acerca de sus sistemas entre los servicios comerciales en la parte alta de la banda y las entidades de seguridad pública, a fin de limitar interferencia por intermodulación a los equipos móviles y portátiles de los servicios de seguridad pública por parte de las radiobases del servicio comercial.

- Establecimiento de una banda de guarda de 1 MHz entre los servicios de seguridad pública de banda angosta y la parte alta del bloque apareado C, de tal forma que la banda de guarda se encuentre entre los bloques C y D de la parte alta de la banda.

## SEGMENTACIÓN A5

Dentro del foro inalámbrico de la Telecomunidad Asia-Pacífico (AWF) existe un grupo que desarrolla recomendaciones para introducir nuevos servicios y tecnologías en el espectro liberado, incluyendo bandas de frecuencias armonizadas y sus condiciones técnicas.

En 2010 se llegó a un consenso acerca de dos arreglos para la banda de 700 MHz, armonizados para la introducción de sistemas IMT en la Región 3. Se reconoció la necesidad de proporcionar suficiente protección a los servicios de bandas adyacentes.

La Telecomunidad Asia Pacífico adoptó un arreglo apareado de 2X45 MHz basado en la implementación de duplexores duales. La utilización de duplexores duales es un mecanismo para hacer un uso eficiente del espectro radioeléctrico.

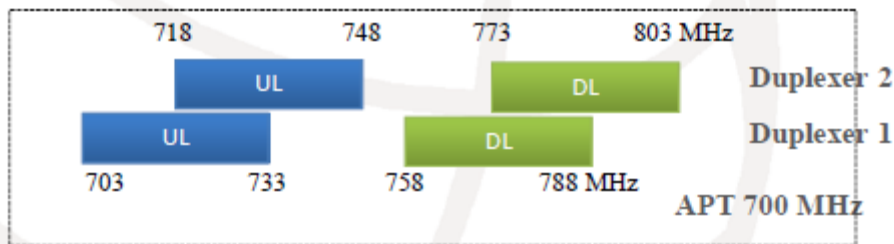


Figura 2.4

FUENTE: Spectrum and Mobile broadband: the process of global harmonization, UIT.

Se contempla el uso de duplexores duales debido a que en un esquema de segmentación FDD debe encontrarse un punto óptimo para el funcionamiento de los duplexores, que por un lado permitan la mayor separación y un mayor nivel de aislamiento entre enlaces de subida y enlaces de bajada; y por otro, hacer más eficiente la respuesta en frecuencia de los filtros utilizados y minimizar la cantidad de espectro de guarda entre los bloques de subida y bajada.

Varios países de Asia han anunciado sus intenciones de seguir este plan. El mercado en esta región es de 4 billones de personas.

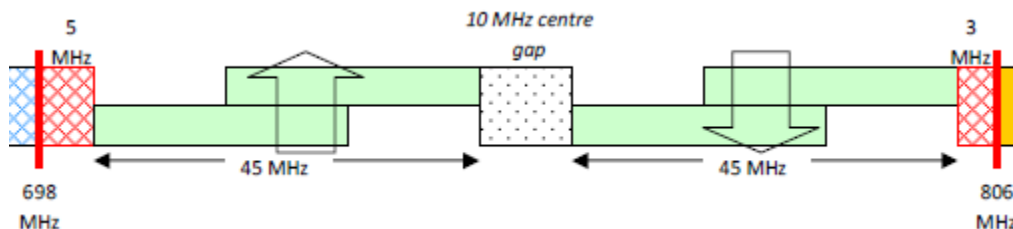


Figura 2.5  
FUENTE: Acuerdo Banda 700 MHz, COFETEL

Se puede observar la disposición de dos grandes bloques de 45 MHz, lo que otorga una amplia flexibilidad para la asignación de combinaciones de portadoras, desde 5 MHz hasta 20 MHz, pudiendo desplegar varios operadores al mismo tiempo que otorguen servicios de banda ancha.

Los arreglos de frecuencias han sido concebidos a fin de permitir un uso del espectro efectivo y eficiente que soporte sistemas IMT, mientras que se minimiza el impacto en otros sistemas o servicios en estas bandas y las bandas adyacentes. Estas bandas son la de televisión en la parte baja y la banda celular en la parte alta.



Figura 2.6  
FUENTE: Acuerdo Banda 700 MHz, COFETEL

En esta segmentación la banda baja de 703-748 MHz es para la comunicación de los equipos terminales móviles a las estaciones base y la banda alta de 758-803 MHz para la comunicación entre las estaciones base a los equipos móviles. Este arreglo contrarresta las restricciones en el desempeño de un sistema que representa los bajos niveles de potencia de transmisión de los equipos terminales.

El foro inalámbrico de Telecomunidad Asia-Pacífico consideró que la motivación hacia la realización de un dividendo digital armonizado, puede resultar en beneficios tales como:

- Los operadores móviles y los fabricantes pueden enfrentar más eficientemente un gran mercado, a través del desarrollo de economías de escala para la fabricación de terminales móviles. La ausencia de armonización conduce a costos prohibitivos de terminales de usuario que podrían resultar en una reducción significativa de la adopción de cualquier servicio móvil.
- Las características de propagación del espectro por debajo de 1 GHz hacen que la banda de 700 MHz sea muy apropiada para proporcionar amplia

cobertura. Este espectro es adecuado para dar cobertura en el interior de edificios.

- Mayor ancho de banda de espectro utilizable con el plan APT.
- Oportunidad para entregar los beneficios de la banda ancha móvil a las poblaciones rurales.
- La fragmentación del espectro puede incrementar significativamente el costo de propiedad para los consumidores. Los mercados en desarrollo son particularmente sensibles a tales costos.
- La escala del mercado de Asia Pacífico, con cerca de dos tercios de la población mundial, podría significar que el estándar APT se convierta en una banda UHF “de facto” para la banda ancha móvil en otras partes del mundo.

De acuerdo al comité 3GPP, la banda operativa designada para el funcionamiento de los servicios de radiocomunicación que operan en la banda de 700 MHz es la banda 28. A su vez, se definieron los anchos de banda de operación:

<b>Banda operativa E-UTRA</b>	<b>1.4 MHz</b>	<b>3 MHz</b>	<b>5 MHz</b>	<b>10 MHz</b>	<b>15 MHz</b>	<b>20 MHz</b>
28	x		✓	✓	✓	✓

Figura 2.7

### **Comparativo entre los Planes de A4 y A5**

De primera instancia podemos notar que la segmentación A5 cuenta únicamente con dos bloques de 45 MHz cada uno y separados por una banda de guarda de 10 MHz. En los extremos de la banda se tienen dos bandas de guarda de 5 MHz cada una.

Por su parte la segmentación A4 proporciona 70 MHz para servicios comerciales. Esta limitante se debe a que ciertas porciones están destinadas a las redes de seguridad pública.

En la siguiente figura se puede notar la múltiple subdivisión en la segmentación A4 y la simplicidad de la segmentación A5.

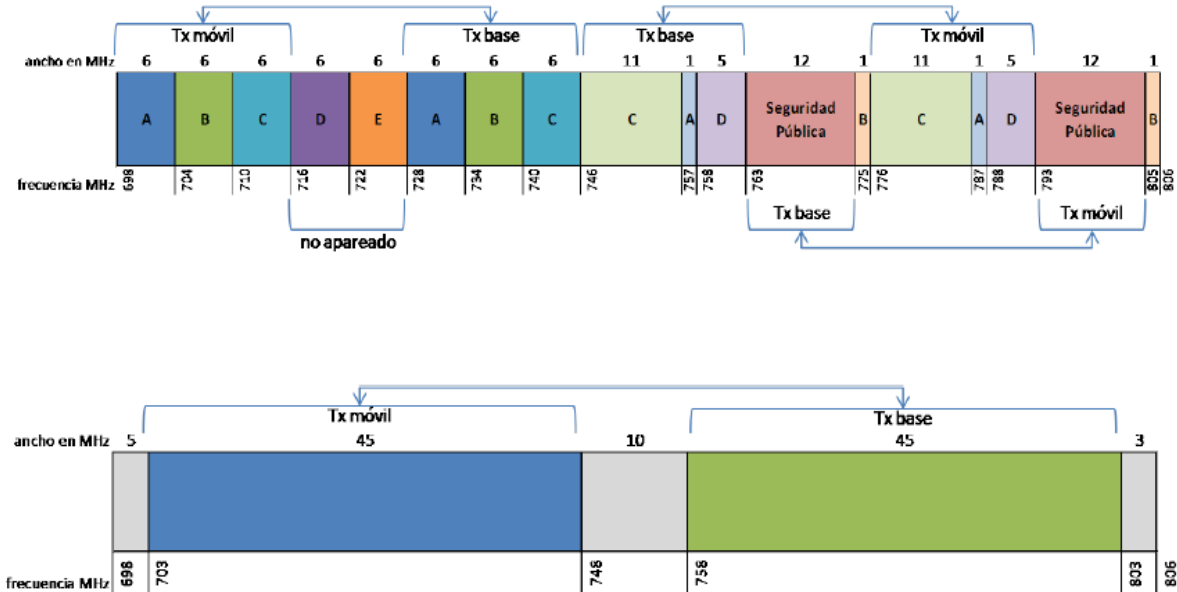


Figura 2.8. Segmentaciones A4 y A5.

FUENTE: Certidumbre y determinismo en la segmentación de la banda de 700 MHz, COFETEL.

Algunas de las diferencias más significativas entre las segmentaciones se mencionan a continuación:

Punto de interés	Plan de Estados Unidos de América	Plan Asia Pacífico
Economías de escala mundial	400 millones de usuarios	4000 millones de usuarios
Cantidad de espectro estandarizado para uso comercial a gran escala	37%	83%
Cantidad de espectro dedicado para seguridad pública	16%	0%
Numero de redes con 2x10MHz que se pueden albergar	2	4

Numero de redes con 2x15MHz que se pueden albergar	0	3
Numero de redes con 2x20MHz que se pueden albergar	0	2
Portabilidad de una red a otra dentro de la misma banda	NO	SI
Modelo de conectividad para las fuerzas del orden, de auxilio, y de inteligencia	Red dedicada, espectro dedicado, inversión a cargo de la Seguridad Pública.	Red comercial, capacidad dedicada garantizada, inversión a cargo de operadores privados.
Costo para cubrir a toda la población del Distrito Federal	USD 800 millones	USD 150 millones
Tiempo mínimo estimado para desplegar una red que proporcione capacidad a la totalidad de la población de la Ciudad de México	2.5 años	1.5 años

COFETEL emitió el 19 de Septiembre de 2012 un Acuerdo mediante el cual recomienda adoptar el plan de segmentación APT. Esta configuración privilegia disposiciones de bloques amplios de espectro, lo cual hace factible la compartición de recursos espectrales.

Se espera que la segmentación APT genere las economías de escala que a su vez conformarán un ecosistema de por lo menos tres mil millones de usuarios, lo cual representa una gran oportunidad para hacer llegar teléfonos inteligentes a bajo costo a los sectores que han sido excluidos de los beneficios de la conectividad de banda ancha. La eficiencia en el uso de la banda de 700 MHz jugará un rol importante en la adopción masiva de Internet móvil en México.

COFETEL busca contribuir a la armonización regional y mundial para el uso futuro de aplicaciones de banda ancha en la banda del dividendo digital, la cual se perfila como uno de los catalizadores más importantes para cerrar la brecha de conectividad en México.

Se tiene la siguiente problemática:

- Los Estados Unidos de América y Canadá han adoptado el plan de segmentación A4.
- Se necesita el establecimiento de mecanismos de convivencia en la zona de la frontera norte.
- A efecto de promover el desarrollo de economías de escala para el plan de segmentación APT, se debe fomentar la adopción de la segmentación APT en el resto del continente, así como dar seguimiento y soporte a los esfuerzos que se lleven a cabo en la región en esta misma dirección.

Según estudios de COFETEL, el modelo garantizará para nuestro país el uso más eficiente de una de las bandas más valiosas del espectro radioeléctrico.

## **2.3 TENDENCIAS INTERNACIONALES RESPECTO AL USO DE TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS PARA APLICACIONES DE BANDA ANCHA**

### **RECOMENDACIÓN CCP.II/REC. 30 (XVIII-11)**

En la XVIII reunión del CCP.II de CITELE (Comisión Interamericana de Telecomunicaciones), se aprobó 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”. En el documento se describen las dos segmentaciones disponibles para la región.

Se consideraron diversos factores:

- Hay comunidades, en particular las rurales y las alejadas de los grandes centros poblacionales, que tienen un servicio insuficiente en comparación con aquellos de los centros urbanos.
- Para muchas comunidades el servicio móvil sería el primero y quizá el único modo de acceso a Internet y a la Sociedad de la Información y el Conocimiento.
- En muchos países en desarrollo y países con grandes áreas de baja densidad de población, se necesita la implementación sustentable de servicios móviles de banda ancha.
- Dada la amplitud geográfica y diversidad de algunas regiones es imprescindible favorecer el despliegue de infraestructura inalámbrica por cuanto es dificultoso llegar a todas las áreas a través de redes alámbricas.
- La digitalización de la televisión analógica y el resultante dividendo digital representa una oportunidad valiosa para una significativa reorganización y re-tribución del espectro radioeléctrico, un recurso nacional escaso y que debe asignarse de acuerdo al mejor uso que demande la población.
- La armonización del espectro entre los países de una región o de distintas regiones es vital puesto que proporciona los beneficios de las economías de escala lo cual aumenta la posibilidad de acceso a los sectores de más bajos ingresos.
- El desarrollo de las nuevas tecnologías que facilitarán el despliegue y mejoraran de forma sustancial la capacidad de los sistemas IMT, obtienen su

mayor eficiencia en la medida que sea posible la utilización de grandes bloques de espectro contiguo.

- Una canalización eficiente de la banda tiene un efecto directo sobre el diseño de los equipos y de las redes de telecomunicaciones, así como de las inversiones.
- Se deben tomar las medidas necesarias para proteger los servicios existentes o planificados en las bandas adyacentes.

CITEL recomienda que las Administraciones que planeen utilizar la banda de 700 MHz para servicios móviles de banda ancha, consideren para dicho segmento la adopción de una de las opciones de canalización detalladas en la Recomendación UIT-R M. 1036-3.

Las opciones se muestran a continuación:

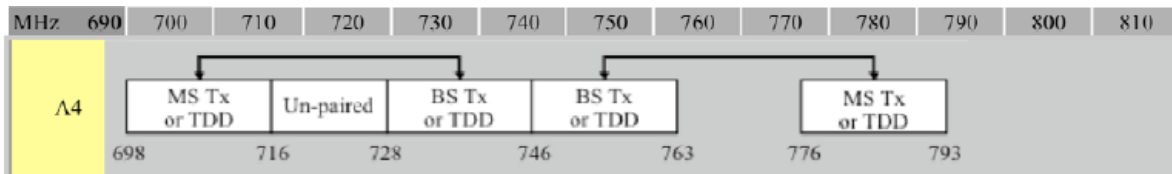


Figura 2.9. Esquema de segmentación A4.  
FUENTE: CCP.II-RADIO/doc. 2869/11, CITEL

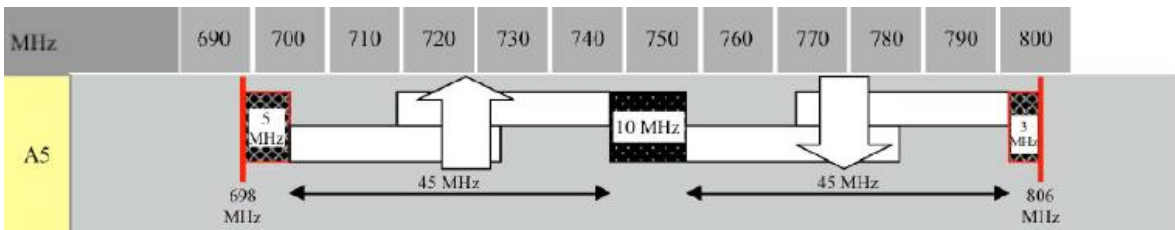


Figura 2.10. Esquema de segmentación A5.  
FUENTE: CCP.II-RADIO/doc. 2869/11, CITEL

Se tienen dos recomendaciones más:

1.- Que las Administraciones de la CITEL realicen las coordinaciones transfronterizas necesarias para la protección de los servicios existentes o planificados en consonancia con los instrumentos bilaterales y multilaterales aplicables, teniendo en cuenta el Reglamento de Radiocomunicaciones.

2.- Que las Administraciones que planeen utilizar la banda de 700 MHz para servicios móviles de banda ancha, consideren una atribución co-primaria al servicio móvil en este rango de frecuencias para lograr armonización en la Región 2.

El objeto de esta Recomendación es proporcionar directrices sobre la selección de disposiciones de frecuencias de transmisión y recepción aplicables a la componente terrenal de los sistemas IMT-2000, así como sobre las propias disposiciones, con el



objetivo de servir de ayuda a las administraciones en aspectos técnicos relativos al espectro que sean pertinentes para la implementación y utilización de la componente terrenal de IMT-2000.

En cuanto a segmentación del espectro, se recomienda que:

- Las disposiciones de frecuencias no se segmenten para los distintos servicios o interfaces radioeléctricas IMT-2000, excepto cuando ello sea necesario por motivos técnicos y reglamentarios.
- Las disposiciones de frecuencias estén disponibles en modo FDD o TDD, o en ambos y que, idealmente, no se segmenten entre ambos modos FDD y TDD en espectro apareado, salvo que sea necesario. Esto mantendría la flexibilidad del despliegue.

Por su parte, la UIT ha concluido sus trabajos en cuanto a identificación de la banda de 700 MHz para las IMT desde 2007 y ha emitido la recomendación que contempla los esquemas de segmentación para la misma.

Del mismo modo, para el caso de la tecnología LTE el Grupo de Trabajo del Comité 3GPP ha concluido sus actividades y realizó la publicación oficial del Plan de Canalización para la banda de 700 MHz bajo el esquema de segmentación APT en modo FDD.

Dentro de la UIT, en el sector de radiocomunicaciones, existe el denominado Grupo de Trabajo 5D el cual es responsable de los aspectos globales radioeléctricos del sistema IMT, incluidos los asuntos técnicos, los de operación y los de empleo de espectro.

La Recomendación UIT-R M.1036 incluye diversos esquemas de segmentación para la banda de 700 MHz conforme a la tabla siguiente:

Arreglos de frecuencias	Arreglos apareados				Arreglos no apareados (para TDD) (MHz)
	Transmisor de la estación móvil (MHz)	Separación central (MHz)	Transmisor de la estación base (MHz)	Separación dúplex (MHz)	
A1	824-849	20	869-894	45	Ninguno
A2	880-915	10	925-960	45	Ninguno
A3	832-862	11	791-821	41	Ninguno

A4	698-716	12	728-746	30	716-728
	776-793	13	746-763	30	
A5	703-748	10	758-803	55	Ninguno
A6	Ninguno	Ninguno	Ninguno		698-806

En el caso de A4, las Administraciones pueden usar la banda únicamente para FDD O TDD, o alguna combinación de ambas. Las administraciones pueden utilizar cualquier separación dúplex de FDD o dirección dúplex de FDD. Sin embargo, cuando las administraciones eligen desplegar canales combinados FDD/TDD mezclados con una separación dúplex fija para FDD, se prefieren la separación dúplex y la dirección dúplex. Los bloques de bandas individuales en el arreglo de canales mixtos pueden incluir subdivisiones para dar cabida a ambos métodos dúplex.

La segmentación de la banda de 700 MHz, conforme a lo especificado en la Recomendación UIT-R M.1036-4, es útil no solo para efectos de la regulación de la misma, sino también como base para que los órganos de estandarización de tecnologías desarrollen detalladamente las especificaciones técnicas para las tecnologías de acceso inalámbrico que soportan.

La recomendación indica que para determinar los principios y utilización prácticas del espectro para sistemas IMT-2000 deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

- La existencia de un número mínimo de disposiciones de frecuencias armonizadas a nivel mundial en las bandas identificadas para las IMT-2000 permitirá reducir los costos globales de las redes y terminales IMT-2000 permitiendo economías de escala.
- Cuando las disposiciones de frecuencias no pueden armonizarse a nivel mundial, la existencia de una banda de frecuencias de transmisión común para la estación base y/o la estación móvil facilita el equipamiento de terminales con capacidad de itinerancia a nivel mundial.
- Cuando se desarrollen las disposiciones de frecuencias, deben tenerse en cuenta las posibles limitaciones tecnológicas (eficiencia de costos, tamaño y complejidad de las terminales, procesamiento digital de la señal de alta tasa de transmisión)
- Las bandas de guarda para sistemas IMT-2000 deben minimizarse a fin de evitar desperdiciar espectro.
- En un sistema dúplex por división de frecuencia debe existir una separación suficiente de frecuencias entre transmisor y receptor.
- Es previsible que el tráfico de cada abonado de los sistemas IMT-2000 sea asimétrico de forma dinámica.

- El tráfico de las redes IMT-2000 puede cambiar sus características asimétricas a largo plazo.
- Las IMT-2000 tienen dos modos de funcionamiento: dúplex por división de frecuencia (FDD) y dúplex por división en el tiempo (TDD).

## **2.4 COEXISTENCIA ENTRE LOS DIFERENTES PLANES DE CANALIZACIÓN**

Según COFETEL, es técnica y económicamente viable la coexistencia entre los esquemas de segmentación A4 y A5 para la banda de 698-806 MHz.

El establecimiento de mecanismos de uso compartido de espectro en la frontera común México-Estados Unidos de América, busca diversos objetivos, tales como:

- El establecimiento y la adopción de planes comunes para el uso equitativo de las bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico utilizadas para la provisión de servicios de radiocomunicaciones terrenales a cada lado de la frontera común.
- El establecimiento de las condiciones y criterios técnicos que regulen el uso del espectro radioeléctrico en la frontera.

La formalización de dichos mecanismos se ha estado efectuando, mediante el establecimiento de protocolos relativos a la adjudicación y uso de segmentos de espectro específicos, donde se establecen condiciones de uso, características técnicas de operación, zonas de coordinación y demás condiciones aplicables, todos ellos a través de un acuerdo bilateral entre México y los Estados Unidos de América.

Los mecanismos de compartición empleados actualmente son dos: el esquema de uso primario y el esquema de uso co-primario. A continuación se resumen sus características principales.

Para el uso primario de espectro se definen canales o segmentos de espectro específico que pueden ser utilizados por cada país de manera prioritaria, sin que lo anterior excluya su uso por el país contraparte, solo que este último tendrá que hacerlo sobre una base de uso secundaria, es decir, los sistemas desplegados dentro de la zona de coordinación por el país que tenga asignados los segmentos de espectro a título primario, gozarán de protección contra cualquier tipo de interferencia que pudiera ser provocada por la operación de sistemas desplegados por el país contraparte dentro de la zona de coordinación. Las condiciones técnico-operativas para el despliegue de sistemas dentro de la zona de coordinación, tanto para un uso primario como secundario quedan delimitadas en el contenido del protocolo respectivo.

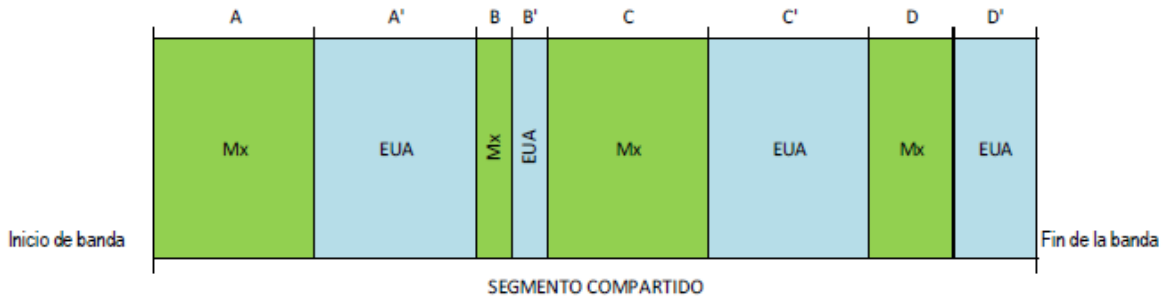


Figura 2.11. Compartición de una banda con adjudicaciones primarias  
 FUENTE: Coexistencia de los esquemas de segmentación A4 y A5 para la banda 698-806 MHz en la frontera entre México y los Estados Unidos de América, COFETEL

Donde los segmentos de espectro, A, B, C y D representan una adjudicación primaria para México, en tanto que los segmentos restantes tienen adjudicación primaria para los Estados Unidos de América.

Por su parte, el uso co-primario de espectro, no establece prioridad sobre el uso de segmentos de espectro específico, sino que establece límites a los niveles de energía con los que llega una determinada señal a la frontera. Existen diversos parámetros que permiten definir dichos niveles de energía, de los cuales el más usado es el conocido como densidad de flujo de potencia (dfp), entendida como la cantidad de energía que atraviesa una determinada superficie. Las unidades más comunes son los decibeles Watt sobre metro cuadrado o los decibeles miliWatt sobre metro cuadrado. (dbWatt/metro cuadrado o dBmW/metro cuadrado)



Figura 2.12. Compartición de una banda con adjudicación co-primaria  
 FUENTE: Coexistencia de los esquemas de segmentación A4 y A5 para la banda 698-806 MHz en la frontera entre México y los Estados Unidos de América, COFETEL

Para este caso, el segmento de espectro a compartir puede ser utilizado por ambos países independientemente del tipo de sistemas a desplegar y de las condiciones técnicas requeridas, con la única restricción de que los sistemas desplegados por cada uno de ellos deberán respetar los niveles de energía definidos en la frontera.

Estos dos mecanismos no son excluyentes, así que ambos o una combinación de ellos pueden ser utilizados dentro de la formalización de un instrumento bilateral para el establecimiento de esquemas de compartición.

Esta modificación a los bloques de frecuencias implica el desarrollo de infraestructura diferente a la que se desplegará en el resto del territorio nacional y podría afectar al usuario pues la cantidad de espectro radioeléctrico y/o los niveles de potencia a emplearse en esta zona se verán reducidos.

## **CAPÍTULO 3. ANÁLISIS DE NUEVAS APLICACIONES EN LA BANDA DE 698-806 MHz**

### **3.1 SISTEMAS IMT**

En 1992 la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) dio a conocer lo que sería, en ese tiempo, la nueva generación de comunicaciones móviles, El estándar sería conocido como IMT 2000, del inglés International Mobile Telecommunications.

Algunas de las finalidades de las IMT 2000 son:

- Proporcionar a los usuarios móviles una amplia gama de servicios de telecomunicaciones que permitan la comunicación entre estos y otros usuarios móviles o usuarios no móviles.
- Uso eficaz del espectro para prestar el servicio a un costo aceptable.
- Admitir la prestación de servicio por más de una red en cualquier zona de cobertura.
- Proporcionar una arquitectura abierta que permita la fácil introducción de adelantos tecnológicos.
- Proporcionar una estructura modular que permita al sistema comenzar con una configuración tan pequeña y simple como sea posible y crecer lo que haga falta, tanto en tamaño como en complejidad, dentro de límites prácticos.

Las IMT 2000 proveerían a los usuarios de:

- Transmisión de voz de alta calidad
- Multimedia
- Acceso a Internet
- Capacidad para establecer comunicación con usuarios móviles sin necesidad de conocer la ubicación de este último.

La UIT visualizó una única tecnología para las IMT 2000, con la finalidad de que cualquier dispositivo móvil pudiera utilizarse en cualquier parte del mundo. Sin embargo, esto no fue posible, ya que se propusieron dos tecnologías para sistemas inalámbricos de banda ancha.

1. WCDMA (CDMA de banda ancha, del inglés Wideband CDMA) propuesta por Ericsson e impulsada por la Unión Europea, que la llamó UMTS (Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles, del inglés Universal Mobile Telecommunications System).
2. CDMA 2000, propuesto por Qualcomm.

Existía similitud entre estos sistemas, pues están basados en CDMA.

### 3.2 SISTEMAS CDMA

CDMA (Acceso Múltiple por División de Código, del inglés Code Division Multiple Access) es la tercer técnica de acceso múltiple empleada en los sistemas celulares. Se basa en tecnología de espectro disperso, inventada y desarrollada para comunicaciones militares. En la técnica de espectro disperso se emplean altas tasas de pulsos para aumentar el ancho de banda de la señal mucho más allá de lo necesario para una determinada tasa de datos, de esta forma se reduce la densidad espectral de potencia (DEP) de la señal de modo que puede situarse por debajo del nivel de ruido.

A continuación se ilustra el ensanchamiento del ancho de banda de la señal

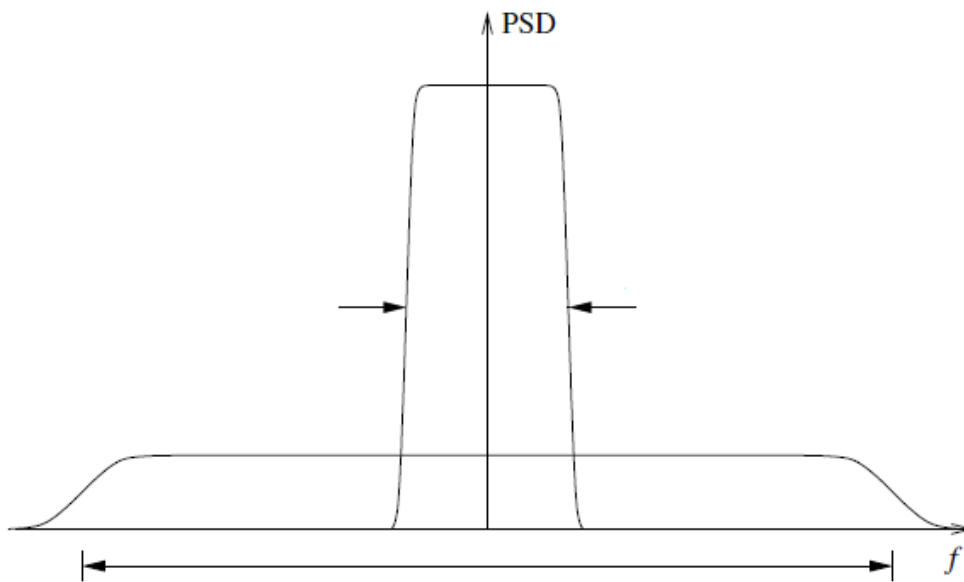


Figura 3.1. Ensanchamiento de banda de señal CDMA  
FUENTE: Theory and applications of OFDM and CDMA, Henrik Schulze

En el eje horizontal se representan los anchos de banda y en el eje vertical los niveles de potencia. PSD es el acrónimo de Power Spectral Density (Densidad Espectral de Potencia).

El ensanchamiento de la señal se realiza mediante una multiplicación de dos secuencias

En CDMA a cada usuario se le asigna un código digital único. Se dice que los códigos son ortogonales debido a que no es posible obtener un código a partir de un conjunto de otros. Si dos códigos son vistos como vectores  $\mathbf{a}_i$ ,  $\mathbf{b}_j$ , el producto punto de estos vectores es cero,  $\mathbf{a}_i \cdot \mathbf{b}_j = 0$ .

La ortogonalidad entre códigos permite la transmisión simultánea de múltiples usuarios. Un equipo receptor de código  $i$  puede exclusivamente decodificar una señal

de un equipo transmisor de código  $i$ . Si el código  $i$  no se encuentra presente en la señal recibida no habrá decodificación, es decir, la señal será rechazada.

Los códigos empleados son secuencias pseudoaleatorias cuyo uso en la generación de señales CDMA se indican a continuación:

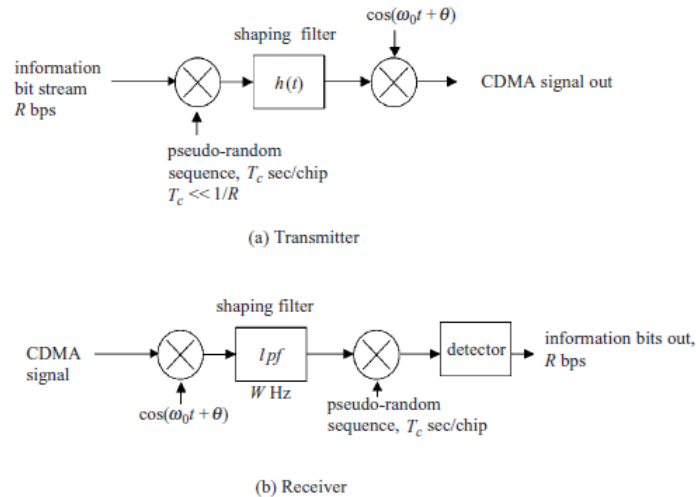


FIGURA 3.2.

FUENTE: Mobile Wireless Communications, Mischa Schwartz

La secuencia pseudoaleatoria multiplica cada bit en el bit de información corriente. Cada bit en la secuencia pseudoaleatoria, denominado chip, es de longitud  $T_c$ , la cual es mucho más pequeña que la longitud  $1/R$  del bit de información.

Al multiplicar los bits de información por la secuencia pseudoaleatoria se obtiene una secuencia con ruido deseado en un ancho de banda grande. El ancho de banda  $W$  que resulta de la secuencia binaria modificada es aproximadamente  $1/T_c$ . Por lo tanto el ancho de banda de la secuencia de bits de información es multiplicada por  $W/R$ , término conocido como ganancia de difusión del sistema.

En cuanto se recibe una señal se multiplica por la misma secuencia pseudoaleatoria que se empleó en el transmisor, de esta forma se reproduce la información original. Las señales recibidas que no pueden ser decodificadas son aquellas que tienen la misma frecuencia de portadora pero fueron codificadas con una secuencia pseudoaleatoria distinta. Esta cualidad de CDMA hace posible el reuso universal de frecuencias, es decir, que en células adyacentes puedan ser usadas las mismas bandas de frecuencias.

El reuso de frecuencias es una técnica empleada para evitar interferencias que afecten considerablemente al sistema. Un mismo bloque de frecuencias es empleado más de una vez en varias células (no adyacentes), de modo que la interferencia no perjudique al usuario. El número total de frecuencias disponibles se dividen entre un factor  $K$ , denominado factor de reuso. En la siguiente figura se ilustra un reuso de frecuencias con factores de reuso 7, 3 y 1 (reuso universal).



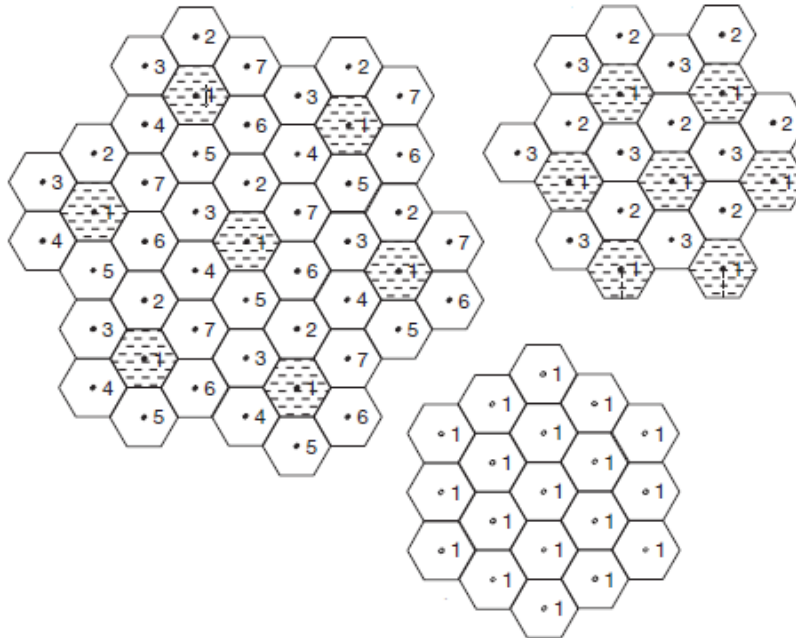


Figura 3.3. Diferentes factores de reuso  
 FUENTE: Theory and applications of OFDM and CDMA, Henrik Schulze

A medida que se aumente el factor de reuso, la interferencia entre células disminuye pero el número de circuitos totales del sistema disminuye. En CDMA se tiene todo el ancho de banda disponible en todas las células del sistema. A continuación se muestra una tabla comparativa entre CDMA y tecnologías anteriores

TECNOLOGÍA	FDMA	D-AMPS (TDMA)	GSM (TDMA)	IS95 (CDMA)
<b>CIRCUITOS DISPONIBLES</b>	6	18	12 - 13	84 - 96
<b>FACTOR DE REUSO</b>	7	7	4	1

Todos los sistemas CDMA poseen características en común, entre ellas se encuentran:

- Acceso por espectro disperso  
 Gran parte del potencial de los sistemas CDMA se le debe atribuir a las técnicas de espectro disperso, las cuales permiten una compartición eficiente del ancho de banda para múltiples usuarios.
- Canalización por código ortogonal  
 A cada usuario le es asignado un único código ortogonal con el cual el receptor (terminal móvil) puede recuperar la información original que se le

envió. La ortogonalidad entre códigos es vital para mantener bajos los niveles de interferencia y para permitir un gran número de usuarios.

- Acceso aleatorio
- Receptores Rake  
Todos los dispositivos móviles reciben varias versiones de una señal en particular, esto resulta como una consecuencia del efecto multitrayectoria y en ciertas ocasiones genera interferencia destructiva. Un receptor Rake recibe múltiples señales en diferentes tiempos para después combinarlas y formar una señal robusta.
- SoftHandoff  
Es un proceso que se lleva a cabo entre dos estaciones base. Se tiene un dispositivo móvil recibiendo servicio de una estación base, sin embargo, la calidad del enlace viene a la baja, así que el dispositivo debe comunicarse con otra estación base. En softhandoff el proceso de traspaso se lleva a cabo sin interrupción, es decir, jamás se interrumpe la comunicación entre estación base y dispositivo móvil, el cual comienza a comunicarse con otra estación base antes de interrumpir la comunicación con la primer estación base.
- SofterHandoff  
Este proceso es similar al softhandoff. La diferencia radica en que softerhandoff es usado entre dos sectores dentro del área de cobertura de la misma estación base.
- Reuso universal de frecuencia  
Permite que el mismo ancho de banda se utilice por todas las estaciones base, así que la eficiencia espectral del sistema es alta. También permite que dos o más estaciones base reciban el mismo enlace de subida de un dispositivo móvil.

## **WCDMA**

Esta tecnología forma parte de la familia de estándares de las IMT 2000. El estándar fue desarrollado en 1998 por el Comité 3GPP (del inglés 3rd Generation Partnership Project) y también se le conoce como estándar UMTS/IMT-2000. UMTS (del inglés Universal Mobile Telecommunication Services) se desarrolló como el sucesor de los sistemas de segunda generación.

WCDMA cuenta con dos modalidades, duplexación por división de frecuencia (FDD, del inglés Frequency Division Duplexing) y duplexación por división de tiempo (TDD, del inglés Time División Duplexing). Al estar basada en CDMA, es una técnica de espectro disperso y sus canales comparten un gran ancho de banda. La interfaz aérea de WCDMA emplea CDMA para la distinción de usuarios dentro del canal.

WCDMA presenta una estructura de timeslot (ranuras), donde el eje “tiempo” es dividido en unidades de 10 ms, las cuales son subdivididas en ranuras de 0.67 ms. Los símbolos dentro de cada ranura, de acuerdo a su posición, tendrán un significado específico.

## BANDAS DE FRECUENCIAS

El sistema UMTS utiliza frecuencias dentro de los rangos 1900 MHz a 2025 MHz y 2110 MHz a 2200 MHz. Existen subbandas dentro de estos rangos destinadas al Servicio Móvil por Satélite. El enlace de subida usa la banda 1980 MHz a 2010 MHz y el enlace de bajada la banda de 1920 MHz a 1980 MHz.

Las partes de las bandas designadas a UMTS se dividen para los dos modelos de operación. UMTS-FDD ocupa la banda de 1920 MHz a 1980 MHz para el enlace de subida y la banda de 2110 MHz a 2170 MHz para el enlace de bajada. Por su parte UMTS-TDD distingue los enlaces por la información contenida dentro de ciertas ranuras de tiempo contenidas en una sola señal. Este modo no requiere bandas simétricas de frecuencias.

La separación nominal entre portadoras es de 5 MHz y la desviación de frecuencia del oscilador local de la terminal móvil es aproximadamente de 200 Hz.

## MODOS DE OPERACIÓN

El modo FDD está destinado para usarse en macrocélulas y microcélulas. A su vez, TDD se emplea en picocélulas. En este modo existe la dificultad del manejo de los retrasos entre la terminal del usuario y la estación base, pues los timeslots enviados y recibidos pueden traslaparse, es por ello que TDD se emplea en picocelulas.

La ventaja de TDD es que soporta las asimetrías grandes en las tasas (de subida y bajada).

## **CDMA 2000**

El primer sistema CDMA comercial con amplia popularidad fue el IS-95 (Interim Standard 95), adoptado en 1991 por la TIA-USA (Telecommunications Industry Association). IS-95 no permitía las comunicaciones de datos, por ello no era considerado como sistema de tercera generación.

IS-95 es un sistema CDMA que adiciona Acceso Múltiple por División de Frecuencia para separar transmisiones terminal móvil- estación base y estación base-terminal móvil. Emplea banda de frecuencias de 1.25 MHz. Las tecnologías fundamentales que conformaron IS-95 fueron la base de los estándares CDMA de tercera generación, entre estos se encuentran WCDMA y CDMA 2000

CDMA 2000 es una evolución directa del IS-95, convirtiéndose en un sistema de tercera generación. El estándar presenta similitudes con WCDMA, sin embargo no existe compatibilidad. CDMA 2000 presenta una mejor eficiencia que el IS-95 al agregar nuevas características a su sistema. Entre estas se encuentran:

- Uso de antenas inteligentes
- Recepción coherente

- Dos modos de funcionamiento: el modo 1x, que utiliza 1.25 MHz de ancho de banda, y el modo 3x o multiportadora, que utiliza 5 MHz para alojar 3 portadoras

### 3.3 SISTEMAS LTE

LTE (del inglés Long Term Evolution, Evolución a Largo Plazo) es un estándar de nueva generación desarrollado por el Comité 3GPP. Su despliegue comercial comenzó a finales de 2009 y continuamente le han sido agregadas algunas mejoras.

El estándar original es el denominado 3GPP Release 8, a éste se le han incluido mejoras. Las primeras mejoras fueron incluidas en el Release 9. El 3GPP se ocupó de desarrollar una versión de LTE, el Release 10, también conocido como LTE Advanced, que debía cumplir con los requerimientos de los sistemas IMT Advanced. En Noviembre de 2010 la UIT validó a LTE Advanced como una tecnología IMT Advanced.

A continuación se muestra una tabla que muestra los requerimientos de las IMT Advanced y los resultados obtenidos por las tecnologías LTE y LTE Advanced

Concepto	LTE	Requerimiento IMT Advanced	LTE Advanced
Tasa de datos (pico) (bajada)	327.6 Mbps	1 Gbps (alta movilidad) 100 Mbps (baja movilidad)	1 Gps
Tasa de datos (pico) (subida)	86.4 Mbps		500 Mbps
Asignación en el espectro	Arriba de 20 MHz	Arriba de 40 MHz	Arriba de 100 MHz
Eficiencia espectral (pico) (bajada)	15 bps/Hz	15 bps/Hz	30 bps/Hz
Eficiencia espectral (pico) (subida)	3.75 bps/Hz	6.75 bps/Hz	15 bps/Hz
Eficiencia espectral (promedio) (bajada)	1.87 bps/Hz	2.2 bps/Hz	3.7 bps/Hz
Eficiencia espectral (promedio) (subida)		1.4 bps/Hz	2.0 bps/Hz
Eficiencia espectral (en borde de célula) (bajada)	0.06 bps/Hz	0.06 bps/Hz	0.12 bps/Hz

Eficiencia espectral (en borde de célula) (subida)	0.03 bps/Hz	0.03 bps/Hz	0.07 bps/Hz
Latencia (plano de usuario)	Menos de 30 ms	Menos de 10 ms	Menos de 10 ms
Latencia (plano de control)	Menos de 100 ms	Menos de 100 ms	Menos de 50 ms

Entre las mejoras realizadas a LTE que permitieron que LTE Advanced se avalara como una tecnología IMT Advanced destacan dos: la agregación de portadora y perfeccionando la tecnología MIMO. A continuación se describen ambas.

### AGREGACIÓN DE PORTADORA

LTE Advanced soporta la agregación de hasta cinco portadoras, cada una de ellas con un ancho de banda máximo de 20 MHz. De esta forma es posible realizar una transmisión empleando 100 MHz de ancho de banda. Esta agregación de portadoras puede llevarse a cabo aunque todas las portadoras no se encuentren en el mismo bloque de frecuencias, es decir, se pueden agregar portadoras tanto en espectro contiguo como en espectro no contiguo. A continuación se muestra la agregación de ancho de banda y se enumeran las portadoras agregadas (cinco en espectro contiguo y tres en espectro no contiguo).

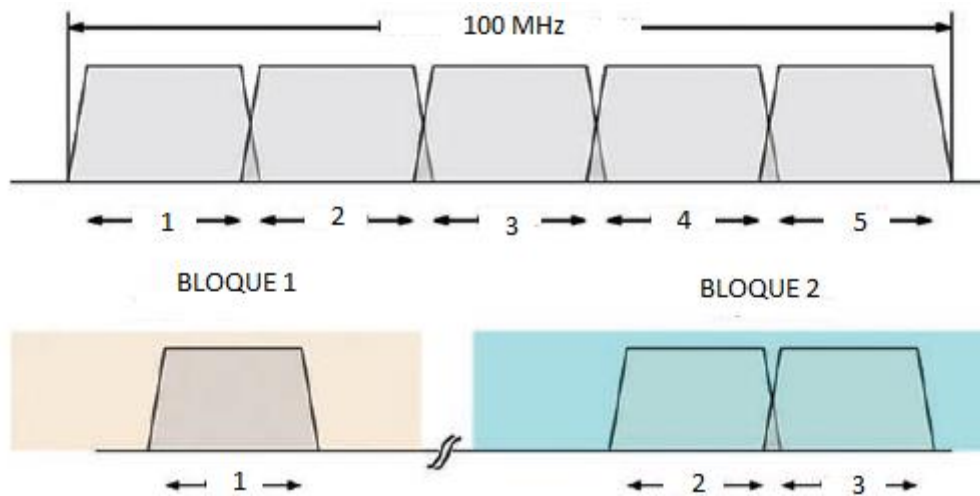


Figura 3.4. Agregación de portadora  
FUENTE: LTE (Long Term Evolution): El siguiente nivel, Rohde & Schwarz

### TECNOLOGÍA MIMO

Durante años las antenas empleadas en las estaciones base han sido modificadas con objeto de optimizar la transmisión y recepción de señales. El uso de antenas múltiples permite que los equipos terminales reciban mayor cantidad de potencia y que la estación base dirija zonas de cobertura nula hacia cierta dirección. Este

esquema donde se emplean antenas múltiples se le conoce como MIMO (del inglés Multiple Input Multiple Output, múltiple entrada múltiple salida).

El esquema MIMO se caracteriza por el número de antenas en los dispositivos transmisores  $M$ , y el número de antenas en los dispositivos receptores  $N$ . El término  $M \times N$  hace referencia al número de antenas en cada lado del enlace (subida o bajada).

El Release 10 de LTE Advanced soporta 1, 2, 4 u 8 antenas transmisoras en la estación base y 2, 4 u 8 antenas receptoras en el equipo terminal, así que los esquemas posibles, en el enlace de bajada, son: 1x2, 1x4, 1x8, 2x2, 2x4, 2x8, 4x2, 4x4, 4x8, 8x2, 8x4 y 8x8, donde el primer dígito representa el número de antenas transmisoras y el segundo dígito representa el número de antenas receptoras. A continuación se muestra un esquema 2x2:

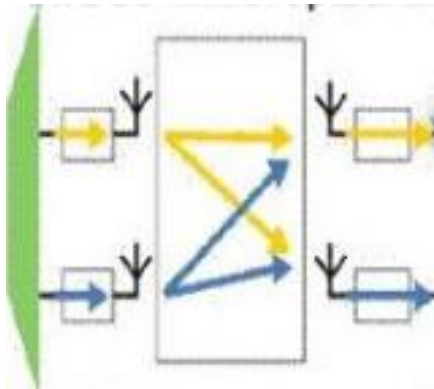


Figura 3.5. Esquema MIMO 2x2

FUENTE: MIMO and Smart Antennas for Mobile Broadband Systems, 4G Americas

Se tienen tres modos principales de operación:

- Single-User MIMO, SU-MIMO (usuario único MIMO): todas las antenas se encuentran en una sola terminal de usuario, es decir, existe solo una transmisión.
- Multi-User MIMO, MU-MIMO (multiusuario MIMO): múltiples transmisiones se envían a múltiples usuarios.
- Cooperative MIMO: la tasa de transmisión a la que se encuentra recibiendo el usuario se aumenta al habilitar técnicas que permiten que una terminal de usuario reciba señales de múltiples estaciones base.

La siguiente figura ilustra los modos anteriormente descritos:

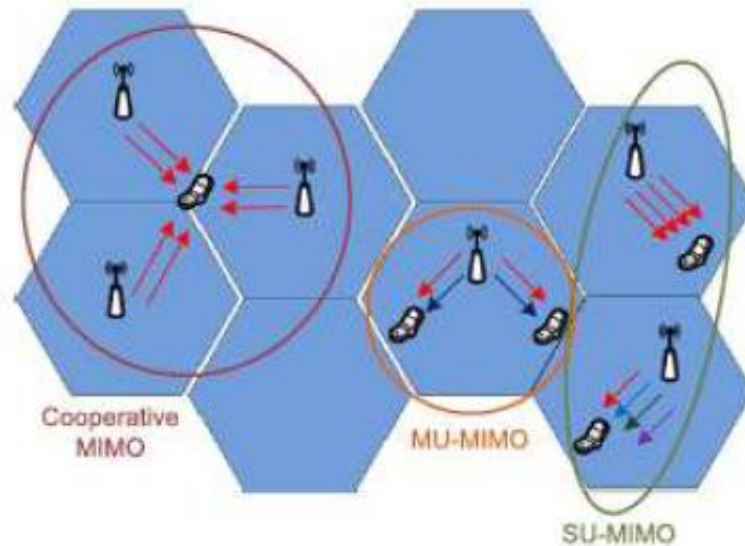


Figura 3.6. Modos principales MIMO  
 FUENTE: LTE Advanced, SAI Technology Inc.

LTE ha soportado tecnología MIMO desde su primer Release (8) tanto en enlace de subida como en enlace de bajada. Las mejoras agregadas a MIMO es uno de los factores principales para que LTE Advanced tenga cabida dentro de las tecnologías IMT Advanced, ya que permite alcanzar los requerimientos de tasas de transmisión establecidos.

## INTERFAZ AÉREA

OFDM (Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales) es un esquema que permite altas tasas de transmisión de datos. Convierte estas altas tasas en tasas bajas para transmitirlos paralelamente. El ancho de banda del canal es ocupado por un grupo de subportadoras que transmiten de manera independiente. El espacio entre estas subportadoras es tan estrecho de tal forma que exista un traslape de señales.

OFDM divide la información en  $N$  flujos paralelos y los transmite modulándolos con  $N$  portadoras distintas (subportadoras). El receptor es capaz de separar las señales transportadas por las  $N$  subportadoras, al presentar estas últimas la propiedad de ortogonalidad. El Acceso Múltiple por División de Frecuencia (FDMA) puede realizar esta separación de señales cuando éstas se encuentran separadas por una banda de guarda.

La interferencia entre portadoras pareciera ser una limitante en este esquema, sin embargo no lo es. Esta interferencia es mitigada por una técnica conocida como auto cancelación de interferencia. Al modular la información mediante un grupo de subportadoras la interferencia generada entre ellas provoca que en cada frecuencia central de las subportadoras el nivel de interferencia sea cero (teóricamente). A continuación se ilustra a este grupo de subportadoras



Figura 3.7.

El último Release implementado es el 11, hasta éste las bandas operativas, dentro de la banda de 700 MHz, para desplegar redes LTE y LTE Advanced son:

Modo FDD	
Enlace de subida [MHz]	Enlace de bajada [MHz]
699 – 716	729 – 746
777 – 787	746 – 756
788 – 798	758 – 768
704 – 716	734 – 746
703 - 748	758 – 803

Modo TDD	
Enlace de subida [MHz]	Enlace de bajada [MHz]
703 – 803	703 – 803

Durante la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de 2015 se darán a conocer las nuevas asignaciones de espectro radioeléctrico para las tecnologías IMT Advanced.



## CAPÍTULO 4. PROPUESTA DE ASIGNACIÓN EN MÉXICO DE LA BANDA DE 698-806 MHZ

El informe de la UIT, ITU-R M. 2078, “Estimación de los requisitos de anchura de banda de espectro para el futuro desarrollo de las IMT-2000 y las IMT-Avanzadas”, establece una serie de recomendaciones para la asignación de suficiente espacio dentro del espectro radioeléctrico para permitir el adecuado desarrollo de las IMT 2000 y las IMT advanced.

Este informe contiene los resultados de los cálculos de necesidad de espectro radioeléctrico para todos los sistemas IMT. A continuación se muestra una tabla con dichas predicciones para los años 2015 y 2020 para un nivel medio de desarrollo del mercado.

Supuesto del mercado	Necesidad de espectro (pre-IMT, IMT-2000 y sus mejoras)		Necesidad de espectro (IMT-Avanzadas)		Necesidad de espectro total	
	[MHz]		[MHz]		[MHz]	
	Año 2015	Año 2020	Año 2015	Año 2020	Año 2015	Año 2020
Supuesto del mercado más alto	880	880	420	840	1300	1720
Supuesto del mercado más bajo	800	800	500	480	1300	1280

Es importante señalar que la cifra mínima (1280 MHz) es superior a las necesidades previstas de algunos países, los cuales podrían requerir menos espectro o ningún espectro adicional. Por otro parte, algunos países necesitarán una cantidad de espectro superior a la indicada por el valor mayor (1720 MHz), en virtud del desarrollo de sus mercados.

### 4.1 ARMONIZACIÓN REGIONAL DEL ESPECTRO

Las bandas de frecuencias acordadas internacionalmente fomentan particularmente la adopción de sistemas de última generación. La armonización del espectro radioeléctrico debe ser un objetivo preferente, a fin de garantizar la itinerancia y beneficiarse de las economías de escala.

La armonización regional del uso del espectro radioeléctrico permite una reducción de la complejidad en la administración de este recurso. También mitiga los problemas relacionados con la interferencia en zonas fronterizas. El dividendo digital representa una oportunidad para el uso armonizado del espectro radioeléctrico en la región de las Américas.

En la frontera de México y los Estados Unidos de América, que tiene una canalización diferente, deberán existir acuerdos bilaterales con objeto de minimizar la problemática de la interferencia entre señales. Las principales diferencias entre las dos canalizaciones disponibles son los anchos de banda de los canales, las ubicaciones de éstos, el espaciado dúplex y los entornos de interferencia.

El uso armonizado del espectro radioeléctrico conlleva a:

- Mejor interoperabilidad de los servicios entre países.
- Facilidad de coordinación transfronteriza.
- Mayores economías de escala.

La compatibilidad entre sistemas de radiocomunicaciones, en este caso redes móviles de banda ancha, radica en la asignación de frecuencias específicas para la provisión de servicios similares.

La armonización regional del espectro es una excelente opción desde el punto de vista económico, además de que permite el rápido desarrollo de servicios y de esta forma beneficia a proveedores, desarrolladores y consumidores. El uso de bandas no armonizadas resulta en imposición de límites de explotación de las redes.

El caso de México es desafortunado, los Estados Unidos de América en conjunto con Canadá han segmentado la banda de 700 MHz bajo el esquema A4 el cual es completamente incompatible con el esquema A5. La explotación de la red compartida en las zonas fronterizas será limitada.

Un estudio realizado por Telecom Advisory Services LLC (TAS) en materia de armonización de espectro del dividendo digital arroja que para la región de América Latina las comunicaciones móviles de banda ancha tienen el potencial de expandirse y lograr dar cobertura a 93% de la población.

#### **4.2 LEY FEDERAL DE TELECOMUNICACIONES Y RADIODIFUSIÓN.**

La banda de 700 MHz arrojará 90 MHz para su uso en servicios de banda ancha. Una vez que se estén explotando estos 90 MHz aunados a la cantidad de espectro adjudicado para servicios móviles, México tendría el 25.6% (de espectro asignado) de la recomendación ITU-R M. 2078.

La Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión establece la asignación de 90 MHz, esto es, dos bloques de 45 MHz, cuya explotación será a través de una red compartida mayorista que consistirá en prestar servicios a las comercializadoras y concesionarios que lo deseen.

La banda de 700 MHz contiene 108 MHz de ancho de banda; los 90 MHz a explotar se componen de dos bloques de espectro contiguo, cada uno de 45 MHz.

Atendiendo la estructura convencional de comunicaciones móviles terrestres, donde el enlace de subida emplea una frecuencia más baja que el enlace de bajada, el bloque inferior contiene las frecuencias a las que las terminales móviles transmitirán hacia las estaciones base, mientras que las frecuencias del bloque superior están destinadas para el enlace de bajada, es decir, de las estaciones base hacia las terminales móviles. Los 18 MHz restantes se conforman de tres bloques de guarda, 5 MHz en la parte inferior de la banda (para la coexistencia de servicios de radiodifusión en la banda adyacente inferior), 10 MHz en la parte central de la banda, es decir, entre los dos bloques de 45 MHz (para brindar un nivel aceptable de aislamiento entre bloques), y 3 MHz en la parte superior de la banda (para la coexistencia de los sistemas móviles terrestres en la banda adyacente superior).

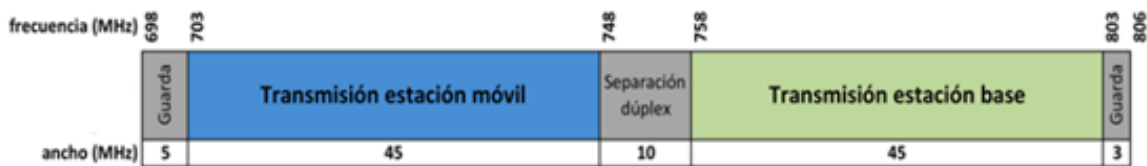


Figura 2.6

FUENTE: Acuerdo Banda 700 MHz, COFETEL

El Decreto por el que se reforma la Constitución Política de la Estados Unidos Mexicanos, en materia de telecomunicaciones, establece que el Estado, a través del Ejecutivo Federal, en coordinación con el Instituto Federal de Telecomunicaciones, garantizará la instalación de una red pública compartida de telecomunicaciones que impulse el acceso efectivo de la población a la comunicación de banda ancha y a los servicios de telecomunicaciones, de conformidad con las características siguientes:

- I. Iniciará la instalación antes de que concluya el año 2014, y estará en operación antes de que concluya el año 2018;
- II. Contemplará el aprovechamiento de al menos 90 MHz del espectro liberado por la transición a la Televisión Digital Terrestre (banda 700 MHz), de los recursos de la red troncal de fibra óptica de la Comisión Federal de Electricidad y de cualquier otro activo del Estado que pueda utilizarse en la instalación y la operación de la red compartida;
- III. Podrá contemplar inversión pública o privada, identificando las necesidades;
- IV. Asegurará que ningún prestador de servicios de telecomunicaciones tenga influencia en la operación de la red;
- V. Asegurará el acceso a los activos requeridos para la instalación y operación de la red, así como el cumplimiento de su objeto y obligaciones de cobertura, calidad y prestación no discriminatoria de servicios;
- VI. Operará bajo principios de compartición de toda su infraestructura y la venta desagregada de todos sus servicios y capacidades, y prestará exclusivamente

servicios a las empresas comercializadoras y operadoras de redes de telecomunicaciones, bajo condiciones de no discriminación y a precios competitivos. Los operadores que hagan uso de dicha compartición y venta desagregada se obligarán a ofrecer a los demás operadores y comercializadores las mismas condiciones que reciban de la red compartida, y;

VII. Promoverá que la política tarifaria de la red compartida fomente la competencia y que asegure la reinversión de utilidades para la actualización, el crecimiento y la cobertura universal.

A una zona geográfica con usuarios finales a los que no les esté prestando servicio un concesionario y que cuente con cobertura e infraestructura de alguna red compartida, Telecomunicaciones de México le garantizará la prestación de servicios para usuarios ubicados en sus localidades, hasta en tanto exista otra oferta por parte de un concesionario.

Un concesionario que desee hacer disponible a otros concesionarios la capacidad que ha adquirido de la red compartida, podrá hacerlo siempre que ofrezca las mismas condiciones en que adquirió dicha capacidad.

Los concesionarios que operen redes compartidas mayoristas podrán ofrecer acceso a capacidad, infraestructura o servicios al agente económico preponderante del sector de las telecomunicaciones o declarado con poder sustancial, siempre que exista una autorización por parte del Instituto Federal de Telecomunicaciones. Un agente económico preponderante es considerado como tal, en razón de su participación nacional en la prestación de servicios de radiodifusión o telecomunicaciones, a cualquiera que cuente, de forma directa o indirecta, con una participación nacional mayor al cincuenta por ciento, dicho porcentaje puede medirse en número de usuarios, suscriptores, audiencia, por el tráfico en sus redes o por la capacidad utilizada en las mismas. En tanto, un agente con poder sustancial es aquél agente económico que tiene poder sustancial en algún mercado relevante de los sectores de radiodifusión o telecomunicaciones.

La neutralidad a la competencia es la obligación del Estado de no generar distorsiones al mercado como consecuencia de la propiedad pública. En materia de neutralidad a la competencia, la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión establece que:

- La operación de las redes compartidas mayoristas debe ser bajo principios de compartición de toda su infraestructura y venta desagregada de todos sus servicios y capacidades. Estas redes prestarán servicios exclusivamente a comercializadoras y concesionarios bajo condiciones de no discriminación y a precios competitivos.

### 4.3 ECONOMÍAS DE ESCALA

El dictamen de los estudios e investigaciones en materia de geopolítica de la banda de 700 MHz y la adopción en México del esquema APT, por parte de COFETEL, dice que esta adopción en una etapa temprana del desarrollo de la tecnología correspondiente tiene un impacto en el ámbito regional e internacional.

De acuerdo a estas investigaciones la adopción de este esquema de segmentación tendrá un efecto acumulativo con los países que ya la han adoptado, que conllevará a los fabricantes de equipos a tomar previsiones pertinentes en sus procesos de investigación y desarrollo, lo cual dará lugar a las economías de escala que permitirán contar con el equipamiento necesario.

El desarrollo de economías de escala es propiciado por la adopción masiva de tecnologías del mismo tipo. Las economías de escala traen beneficios que reducen costos, también fomentan competitividad, fabricantes y operadores de sistemas tienen la capacidad de ofertar sus productos y servicios a costos menores, con lo cual se estimula el aumento de la demanda de los consumidores finales.

Una vez que se aprobó la adopción de la segmentación A5 en la banda de 700 MHz no había disponibilidad de equipamiento, sin embargo, los grupos de trabajo del comité 3GPP han impulsado los desarrollos tecnológicos desde que se incluyó la banda 28 (703 – 748 MHz en subida y 758 – 803 MHz en bajada) en modo FDD en el Release 11 de LTE. Recientemente se dio el primer lanzamiento de servicios LTE en la banda de 700 MHz segmentada de acuerdo a este plan. Se trata del operador FarEas Tone de Taiwan en conjunto con Ericsson, quien fue el proveedor de equipo de telecomunicaciones.

El comunicado 049 de la SCT [XXXX] indica que ya se han realizado pruebas de campo por parte de los proveedores líderes en la industria de tecnologías de comunicaciones inalámbricas y que los resultados muestran la factibilidad de segmentar la banda de 700 MHz bajo el esquema A5. La SCT recabará las características físicas y especificaciones técnicas que se contemplarán en las bases de la licitación. Se espera que el fallo de la licitación se dé a conocer en agosto de 2015.

El proceso de licitación estaría diseñado para atraer inversionistas privados. Los criterios de atribución serían una combinación de cobertura ofrecida y el precio de mayoreo que la red cobraría por el acceso. Se estructuraría como una licitación con un listado de opciones en que los postores pueden ofrecer diversas configuraciones. Esto permitiría que los operadores nacionales entraran al mercado sin incurrir en el costo de competir por la obtención de espectro radioeléctrico y posteriormente desplegar infraestructura.

El primer caso en que un gobierno se asocia con una institución privada para administrar una red compartida mayorista de banda ancha móvil en la banda de 700 MHz es el de Ruanda. Nokia Networks es la empresa asociada del gobierno de

Ruanda y se ha comprometido a entregar una red LTE, gestionarla, monitorearla, optimizarla y proveerla de servicios de mantenimiento.

#### **4.4 CRITERIOS CONSIDERADOS AL ADOPTAR LA SEGMENTACIÓN A5.**

El rendimiento de la tecnología LTE se debe a su eficiencia espectral y al uso de canales de gran ancho de banda (mayor que las tecnologías pasadas). La satisfacción de demandas futuras de servicios inalámbricos de banda ancha depende de una correcta asignación de espectro radioeléctrico. En tal sentido, debe procurarse que las asignaciones de espectro contiguo para servicios de banda ancha sean lo suficientemente amplias y de esta forma permitan explotar al máximo las bondades tecnológicas, dichas asignaciones se consideran de bloques con al menos 2 X 10 MHz de ancho de banda.

El esquema de segmentación A5 presenta una serie de ventajas técnicas sobre el esquema A4, las más relevantes se mencionan a continuación:

- El uso de bloques de frecuencia con amplio ancho de banda podrá satisfacer la futura demanda de capacidad por parte de las nuevas aplicaciones de banda ancha. Desde un punto de vista de mercado, el contar con bloques de espectro contiguo de 45 MHz, permite la asignación de espectro con canales de 10 MHz o más.
- Al tener dos bloques amplios, uno destinado para enlace de subida y otro para enlace de bajada, el esquema A5 otorga una gran flexibilidad para la disposición de bloques de frecuencias, cuyos anchos de banda pueden alcanzar los 20 MHz.
- Se prevé un fuerte desarrollo de economías de escala que cuente con un gran potencial en todas las regiones del mundo, incluida América Latina.
- El diseño del esquema A5 garantiza una operación sin problemas de interferencia entre servicios dentro de la misma banda y con servicios en bandas adyacentes.
- En materia de espectro para servicios de seguridad pública la segmentación A5 no contiene una porción particular para éstos, como en el caso del esquema A4. Debido a la flexibilidad otorgada por el esquema A5, la administración mexicana podrá elegir libremente un segmento para esta atribución particular.

El esquema de segmentación A4 para México parecía una elección por default, ya que los Estados Unidos de América en primera instancia y posteriormente Canadá habían optado por este esquema, sin embargo, se analizaron circunstancias demográficas, competitivas y de interdependencia económica y social entre México y los Estados Unidos. Las circunstancias de México y de Canadá difieren bastante. A continuación se muestra una comparación:

- El intercambio comercial entre los Estados Unidos de América y Canadá en 2011 equivalió al 42% del PIB canadiense, en el caso de México representó un 27%.

- En cuestión de concentración demográfica en las fronteras, el 75% de canadienses radican cerca de la frontera estadounidense mientras que 7% de la población en México habita en la región fronteriza.
- El número de visitantes que entraron a los Estados Unidos provenientes de Canadá fueron 21,337,000 en 2011, y 13,491,000 provenientes de México durante el mismo periodo.
- En cuanto a la inversión extranjera directa de los Estados Unidos de América hacia Canadá en 2011 fue de 326.1 billones de dólares, mientras que para México fueron 10.699 billones de dólares.

De acuerdo a estudios de la extinta COFETEL, el plan de banda de los Estados Unidos de América presenta inconvenientes técnicos.

Existe una gran probabilidad de interferencia a lo largo de varios bloques de frecuencias pues sus bandas de guarda no son las adecuadas y la separación dúplex dentro de la banda alta y banda alta es estrecha.

El primer bloque presenta problemas de interferencia debido a su cercanía al canal 51 de televisión (693 – 698 MHz), transmisión que es de alta potencia (en el orden de 1 MW).

En su mayoría las licencias otorgadas por la FCC en el bloque E pueden ser usadas para operaciones de alta potencia, lo que cual es perjudicial, en términos de interferencia, para las terminales que operan en el bloque A.

Algunos de los beneficios para los usuarios que presenta la segmentación A5 son:

- Reducción de riesgo de congestión de redes gracias a bloques de gran ancho de banda, con lo cual la calidad del servicio aumenta.
- Los costos de los equipos para los usuarios serán más accesible que hoy en día debido a las economías de escala, es decir la producción a gran escala de equipos como resultado de la adopción de la segmentación A5 en la Telecomunidad Asia-Pacífico y algunos países de América Latina y África.
- La interoperabilidad a lo largo de los diferentes bloques de la banda lo cual contribuye a la portabilidad.

#### **4.5 EVALUACIÓN DE ESCENARIO MAYORISTA Y ESCENARIO DE SUBASTA AL MERCADO PRIVADO**

La extinta COFETEL realizó estudios para evaluar los diferentes escenarios para el uso futuro de la banda de 700 MHz en servicios móviles de banda ancha. Se evaluaron dos escenarios:

- Mayorista: este escenario implica que el gobierno haga uso de la banda de 700 MHz y así creé un nuevo ente mayorista que despliegue una red inalámbrica nacional y proporcione acceso exclusivamente a proveedores minoristas.

- Subasta al mercado privado: en este escenario, el gobierno realiza una subasta de la banda de 700 MHz.

## **ACCESO**

Proporcionar acceso universal a la población (el objetivo es 98%) es económicamente un desafío. La población dispersa de las zonas rurales representa un aumento significativo de los costos de despliegue, aunado a esto los menores ingresos medios por usuario es un obstáculo para la rentabilización de las inversiones de los operadores. Es incierto si una subasta al mercado privado conlleve al despliegue de infraestructura en zonas rurales.

El modelo mayorista es capaz de optimizar la dinámica del mercado. Una red mayorista que proporcione acceso más barato a múltiples minoristas puede mejorar los costos de acceso rural frente a múltiples operadores privados que desplieguen sus redes de manera independiente en las zonas rurales.

## **ASEQUIBILIDAD**

En una subasta al mercado privado es muy probable que el operador dominante presente una oferta y consiga el mayor bloque de espectro radioeléctrico (2X15 MHz), mientras que otros tres agentes consigan cada uno bloques de 2X10 MHz. Esto no fomenta la competitividad en el sector y el mercado seguiría estando altamente concentrado.

La utilización de 90 MHz por un ente mayorista resulta en los menores costos para éste.

La promoción de una mayor competencia entre todos los operadores, así como la atracción de nuevos, es posible al proporcionar acceso a la infraestructura de la red mayorista a precios competitivos. Un número mayor de agentes minoristas dentro del mercado debería traducirse a precios más bajos al menudeo.

## **BIENESTAR PÚBLICO**

Se estima que el escenario mayorista tiene el potencial de reducir los precios minoristas de 12% a 16%. Incluso con costos altos, el ente mayorista facilitaría el acceso a la población rural.

Una reducción del 10% en los precios minoristas puede traducirse en:

- Aumento del PIB de entre 0.6% y 1.4%.
- Aumento de empleos entre 0.3% y 0.7%.
- Generar un excedente del consumidor (valor traspasado al consumidor el cual puede ahorrarlo).

La construcción de una red compartida mayorista y el aprovechamiento de la banda de 700 MHz traería como principales beneficios:



- Evitar la existencia de infraestructura duplicada.
- Maximizar la utilización de la infraestructura existente.
- Permitir que se presten servicios a costos menores de hoy día.
- Aumentar la competencia en el sector al vender capacidad a operadores sin red (comercializadores).

## **EVALUACIÓN DE VENTAJAS Y DESVENTAJAS FINANCIERAS**

Una subasta de la banda de 700 MHz podría generar entre 3,000 y 4,000 millones de dólares, de acuerdo a un análisis comparativo de subastas en otras regiones. Una subasta al mercado privado generaría bienestar público al descender los precios de los servicios.

Se estima que el mercado privado puede brindar cobertura a 85% de la población, en caso de que se licitara la banda de 700 MHz. Esta cifra difiere en 13% al objetivo de cobertura que es de 98%.

## **INCERTIDUMBRES**

La red mayorista proporciona una plataforma para que nuevos operadores ingresen al mercado. La atracción de operadores, actuales y futuros, es un reto que debe enfrentarse con precios competitivos.

La licitación de la banda de 700 MHz no asegura la eliminación de las ineficiencias competitivas del mercado. Por otro lado, el modelo mayorista no se ha puesto en operación en ningún país, así que no se conocen sus limitantes. Los riesgos regulatorios y operativos a los que se deben hacer frente son:

- Los operadores pueden cancelar, retrasar o reducir sus inversiones, o, en casos extremos, salir de forma permanente del mercado a causa de dificultades financieras. La salida de redes contendientes provocaría pérdida de capacidad.
- El mayorista en sí mismo podría ejercer poder de mercado si su existencia promueve la consolidación de otros agentes, provoca la salida de algunos o si sus precios no son regulados adecuadamente.
- Los operadores pueden desplegar infraestructura propia y no adquirir servicios de la red mayorista.
- Dudas asociadas con la seguridad de la información, así como protección de la privacidad, debidas a la utilización de infraestructura ajena.

La red mayorista también servirá como plataforma para los MVNO (operador móvil virtual, del inglés Mobile Virtual Network Operator). Estos operadores no cuentan con infraestructura propia, son comercializadores. Un comercializador es un operador que ofrece servicios móviles a usuarios finales sin contar con concesión para utilizar bloques de frecuencias propios. El comercializador adquiere elementos radioeléctricos (enlaces de transmisión, funciones de control, funciones de gestión de

movilidad) de otro operador y de esta forma puede ofrecer servicios, es decir, compra exceso de capacidad de otros operadores y revende al usuario final.

## CONCLUSIONES

La satisfacción de la creciente demanda de servicios móviles está fuertemente ligada a los adelantos tecnológicos, así como a la asignación de espectro radioeléctrico para estas aplicaciones. La banda de 700 MHz es óptima para brindar servicios móviles de banda ancha. El dividendo digital abrió la puerta para destinar más espectro para este tipo de servicios.

La adopción del esquema de segmentación A5 contribuye a la armonización regional (considerando región 2 en su totalidad) y mundial, sin embargo, los otros dos países de América del Norte, es decir, los Estados Unidos de América y Canadá, han optado por otra opción de canalización, esto conlleva a una limitación de interoperabilidad. Por el momento, todo dispositivo final capaz de operar bajo el esquema A4 será incapaz de operar bajo el esquema A5.

El uso compartido del espectro radioeléctrico en la frontera común de México y los Estados Unidos de América requerirá coordinación entre las dos naciones y el establecimiento de mecanismos diseñados para evitar interferencia entre sistemas y permitir su coexistencia.

El despliegue de una red nacional en la banda 698 – 806 MHz requiere cinco veces menos estaciones base para brindar la misma cobertura que una red en la banda de 2100 MHz. La reducción de costos asociados a la puesta en operación de una red mayorista es importante. El desarrollo de economías de escala beneficiará a operadores, fabricantes y consumidores. Es de vital importancia que la población en general tenga acceso a terminales móviles las cuales, a causa de las economías de escala, deberán tener un bajo costo.

La construcción y explotación de una red nacional de banda ancha es una opción viable para contrarrestar la brecha digital. La licitación de la banda de 700 MHz no garantiza el despliegue de infraestructura en zonas rurales, debido al bajo retorno a la inversión de los operadores. Una subasta al mercado privado implica que las fuerzas del mercado actúen libremente. La prestación de servicios y capacidades de una red mayorista fomentará la oferta de servicios de telecomunicaciones a precios más bajos que los de hoy día. Los operadores serán los clientes de la red mayorista y no deberán competir entre ellos dentro de una subasta para adquirir bloques de frecuencias.

El retraso en el proceso de transición a la televisión digital terrestre, causado por falta de recursos, bajas tasas de penetración de decodificadores y televisores, puede afectar la puesta en marcha de la red mayorista. En el mes mayo el IFT anunció un ajuste del calendario de este proceso. La Política para la Transición a la Televisión Digital Terrestre tiene como propósito la generación de las condiciones propicias para la terminación de las transmisiones analógicas a más tardar el 31 de diciembre de 2015. Existe otro retraso en cuanto a la designación del operador mayorista. Las asociaciones privadas conocerán a final de este año las bases de la licitación y se conocerá al ganador hasta 2015.

La red compartida mayorista puede ser una herramienta para impulsar la competencia dentro del mercado de telecomunicaciones el cual es acaparado por un solo competidor, en telefonía móvil. Los precios ofrecidos a operadores sin capacidad de desplegar infraestructura propia deberán ser competitivos.

La venta de capacidad de la red compartida mayorista puede resultar más atractiva para los comercializadores, que ya se encuentran ofreciendo servicio en el país, pues al no contar con infraestructura propia se encuentran en búsqueda de la obtención de servicios al mayoreo.

El esquema mayorista privará al gobierno de ingresos significativos en el corto plazo y requerirá que invierta, sin embargo, puede dar un impulso significativo a la competencia, acelerar las tasas de transmisión e incrementar los niveles de penetración de banda ancha.

Uno de los riesgos latentes involucrados en la venta desagregada de servicios y capacidades a operadores es la no fomentación de la innovación tecnológica. Operadores compartiendo la misma infraestructura podrían dejar de invertir en sus propias redes.

## BIBLIOGRAFÍA

INTRODUCCIÓN
<i>Iniciativa de Reformas a la Constitución en materia de Telecomunicaciones y Competencia Económica.</i>
CAPÍTULO 1
<i>Iniciativa de Reformas a la Constitución en materia de Telecomunicaciones y Competencia Económica.</i>  <i>Constitución Política en materia de Telecomunicaciones.</i>  <i>Política para la Transición a la Televisión Digital Terrestre.</i>  Comisión Federal de Telecomunicaciones, <i>Informe de resultados (2006-2012)</i> , 2012.  Comisión Federal de Telecomunicaciones, <i>El caso de la red troncal y la red compartida mayorista de servicios de telecomunicaciones en México.</i>
CAPÍTULO 2
Molisch, Andreas, <i>Wireless Communications</i> , Editorial Wiley, 2005.  Comisión Federal de Telecomunicaciones, <i>Coexistencia de los esquemas de segmentación A4 y A5 para la banda 698-806 MHz en la frontera entre México y los Estados Unidos de América.</i>  Comisión Federal de Electricidad, <i>Libro Blanco CFE Telecom.</i>  Comisión Federal de Electricidad, <i>Informe Anual 2012.</i>  Comisión Federal de Electricidad, <i>Informe de Rendición de Cuentas 2006- 2012</i> , 2012.  Comisión Federal de Telecomunicaciones, <i>Comunicado de Prensa No. 38/2012</i>  Comisión Federal de Telecomunicaciones, <i>Comunicado de Prensa No. 34/2013</i>  Comisión Federal de Telecomunicaciones, <i>El Espectro Radioeléctrico en México. Estudio y Acciones. Más y Mejor Espectro para Banda Ancha</i> , 2012.

Comisión Federal de Telecomunicaciones, *Informe de resultados (2006-2012)*, 2012.  
Comisión Interamericana de Telecomunicaciones, *Informe Final*, 2012.

### CAPÍTULO 3

Schwartz, Mischa, *Mobile Wireless Communications*, Editorial Cambridge, 2005.  
Schulze, Henrik, *Theory and Applications of OFDM and CDMA*, Editorial Wiley, 2005.  
Molisch, Andreas, *Wireless Communications*, Editorial Wiley, 2005.  
4G Americas, *MIMO and Smart Antennas for Mobile Broadband Systems*, 2013.  
SAI Technology Inc., *LTE Advanced*, 2011.  
Qualcomm, *Commonalities between CDMA 2000 and WCDMA Technologies*, 2006.  
3G Americas, *3GPP LTE for TDD Spectrum in the Americas*, 2009.  
Rohde & Schwarz España, *LTE (Long Term Evolution): El siguiente nivel*, 2012.  
Rohde & Schwarz, *LTE Advanced (3GPP Rel. 11) Technology Introduction*, 2013.

### CAPÍTULO 4

Comisión Federal de Telecomunicaciones, *Geopolítica de la Banda 698-806 MHz y la Adopción en México del Esquema APT*, 2012.  
Comisión Federal de Telecomunicaciones, *Evaluación del Esquema de Segmentación A5 para la Banda 698-806 MHz*, 2012.  
4G Americas, *The benefits of Digital Dividend*, 2012.  
*Constitución Política en materia de Telecomunicaciones*  
Comisión Federal de Telecomunicaciones, *Acuerdo mediante el cual el pleno de la Comisión Federal de Telecomunicaciones recomienda que los Estados Unidos Mexicanos adopte la opción de segmentación A5 para la banda de frecuencias 698-806 MHz (banda 700), incluida en la Recomendación UIT-R M.1036, en el ámbito de sus atribuciones respecto a los usos futuros de la banda*, 2012.  
Comisión Federal de Telecomunicaciones, *Comunicado de Prensa No. 38/2012*, 2012.

*Política para la Transición a la Televisión Digital Terrestre*

Ericsson, *APT 700 A Truly Global LTE Band*, 2014.

Comisión Federal de Telecomunicaciones, *Informe de resultados (2006-2012)*, 2012.

*Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión*, 2014.

Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico, *Estudio de la OCDE sobre políticas y regulación de telecomunicaciones en México*, 2012.

Comisión federal de Telecomunicaciones, *Opciones Regulatorias para el Uso Óptimo de la banda de 700 MHz en México*, 2013.

Unión Internacional de Telecomunicaciones, *Informe UIT-R M.2078 Estimación de los requisitos de anchura de banda de espectro para el futuro desarrollo de las IMT-2000 y las IMT-Avanzadas*, 2006.

Comisión Federal de Telecomunicaciones, *Estudios sobre la Segmentación de la banda 698-806 MHz*, 2012.

Unión Internacional de Telecomunicaciones, *Operadores de Red Virtual*, <http://www.itu.int/itu-news/issue/2001/08/mvno-es.html>

Mediatelecom, *Nokia Networks desarrollará red móvil mayorista en Ruanda en 700 MHz*, <http://www.mediatelecom.com.mx/~mediacom/index.php/agencia-informativa/noticias/item/73845-nokia-networks-desarrollar%C3%A1-red-m%C3%B3vil-mayorista-en-ruanda-en-700-mhz.html>

Sigler, Edgar, *En diciembre, bases para la licitación de red 700 MHz*, <http://www.eluniversal.com.mx/finanzas-cartera/2014/impreso/en-diciembre-bases-para-la-licitacion-de-red-700-mhz-113967.html>