



RESUMEN

El presente trabajo de investigación procura entregar al lector una síntesis de la arquitectura, características y otros métodos utilizados por las redes LTE para la entrega de servicios, los beneficios que esta presenta frente a las tecnologías anteriores, la oferta y demanda por parte de las operadoras y los usuarios, las tasas de consumo que han impulsado el desarrollo de LTE, los planes de cobertura mediante la operación en distintas bandas de frecuencia, los aspectos que deben ser considerados al momento de elegir las bandas de operación, y el estado actual de las redes LTE en Colombia, Brasil, Chile y Ecuador especificando sus inicios en las telecomunicaciones, los procesos llevados a cabo en cada país, las reglas y condiciones impuestas por los reguladores, el estado de competencia en el que se encuentran, y los futuros progresos. Adicionalmente se presenta una comparación de los puntos más importantes del estudio de los cuatro países mencionados como las condiciones establecidas por los reguladores, los métodos de asignación de espectro y políticas de competencia.

PALABRAS CLAVES: LTE, 4G, redes móviles, Latinoamérica, Ecuador, espectro, bandas de frecuencia, IMT, 3GPP

ÍNDICE

PARTE I	
Introducción	23
PARTE II	
Capítulo 1	
Fundamento Teórico.....	31
Capítulo 2	
Resumen socioeconómico de la tecnología LTE en Latinoamérica y el mundo	68
Capítulo 3	
Asignación del espectro radioeléctrico para LTE	100
Capítulo 4	
Estado actual de LTE en Latinoamérica	123
PARTE III	
Conclusiones y Recomendaciones	202
Bibliografía.....	206
Glosario	213
Anexos	223



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Yo, Andrea Patricia Guevara Toledo, autora de la tesis "Estado actual de las redes LTE en Latinoamérica", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Ingeniera en Electrónica y Telecomunicaciones. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autora.

Cuenca, 8 de Abril de 2013

Andrea Patricia Guevara Toledo
0104257258

Cuenca Patrimonio Cultural de la Humanidad. Resolución de la UNESCO del 1 de diciembre de 1999

Av. 12 de Abril, Ciudadela Universitaria, Teléfono: 405 1000, Ext.: 1311, 1312, 1316

e-mail: cdjbv@ucuenca.edu.ec casilla No. 1103

Cuenca - Ecuador

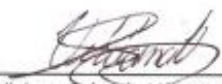


UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Yo, Viviana Gabriela Vásquez Alarcón, autora de la tesis "Estado actual de las redes LTE en Latinoamérica", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Ingeniera en Electrónica y Telecomunicaciones. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autora.

Cuenca, 8 de Abril de 2013


Viviana Gabriela Vásquez Alarcón
0104163233

Cuenca Patrimonio Cultural de la Humanidad. Resolución de la UNESCO del 1 de diciembre de 1999

Av. 12 de Abril, Ciudadela Universitaria, Teléfono: 405 1000, Ext.: 1311, 1312, 1316
e-mail cdjbv@ucuenca.edu.ec casilla No. 1103
Cuenca - Ecuador



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Yo, Andrea Patricia Guevara Toledo, autora de la tesis "Estado actual de las redes LTE en Latinoamérica", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 08 Abril de 2013

Andrea Patricia Guevara Toledo
0104257258

Cuenca Patrimonio Cultural de la Humanidad. Resolución de la UNESCO del 1 de diciembre de 1999

Av. 12 de Abril, Ciudadela Universitaria, Teléfono: 405 1000, Ext.: 1311, 1312, 1316
e-mail cdjbv@ucuenca.edu.ec casilla No. 1103
Cuenca - Ecuador



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Yo, Viviana Gabriela Vásquez Alarcón, autora de la tesis "Estado actual de las redes LTE en Latinoamérica", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 08 Abril de 2013


Viviana Gabriela Vásquez Alarcón
0104163233

Cuenca Patrimonio Cultural de la Humanidad. Resolución de la UNESCO del 1 de diciembre de 1999

Av. 12 de Abril, Ciudadela Universitaria, Teléfono: 405 1000, Ext.: 1311, 1312, 1316

e-mail cdjbv@ucuenca.edu.ec casilla No. 1103

Cuenca - Ecuador



UNIVERSIDAD DE CUENCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES



Estado actual de las redes LTE en Latinoamérica

Tesis previa a la obtención del Título de Ingeniera en Electrónica y Telecomunicaciones

AUTORAS:

Andrea Patricia Guevara Toledo
Viviana Gabriela Vásquez Alarcón

DIRECTOR:

Ing. Edgar Ochoa Figueroa

Cuenca - Ecuador

Abril 2013



Dedicatoria

Este trabajo va dedicado a mis padres Javier y Patricia por ser el pilar fundamental en mi vida, por su cariño incondicional y por ser ejemplos de vida.

A mi ñaña Gaby por ser mi mayor alegría.

A José por estar siempre a mi lado brindándome su apoyo y fortaleza.

Andrea



Dedicatoria

A las personas que me han apoyado y alentado durante mis estudios y la elaboración de este trabajo, a aquellos que se han alegrado con mis triunfos y han sentido mis fracasos.

Para mis extraordinarios padres Magdalena y Gerardo, mis adoradas hermanas Evelyn y Cristina, mis queridos papillos y ñaños Juana, Arturo, Diana, Dalia, Klever y Elsy y, finalmente, para la persona más maravillosa, quien me ha brindado cariño y comprensión infinita, Jorge.

Viviana



Agradecimiento

A Dios por brindarme salud y fortaleza.

A todos los profesores por su tiempo y dedicación, de manera especial al Ing. Edgar Ochoa por su apoyo para poder culminar este trabajo.

A mis amigos y compañeros que durante todo este tiempo me llenaron de alegría y gratos momentos. Vivi, Gato, Mechas, Sussy, George, Masho y Carlos.

Andrea



Agradecimiento

Agradezco el haber culminado mi carrera a los miembros de mi familia por el apoyo absoluto, a mi incondicional compañero y a todos los profesores y demás personas que han aportado en mi formación personal y profesional.

A Dios, por concederme el privilegio de llegar con salud a esta etapa, a nuestro Director Ing. Edgar Ochoa y mi amiga y compañera de tesis, Andrea, por su constancia y ayuda.

Viviana

Prólogo

La tecnología 4G LTE (Long Term Evolution) representa un elemento clave en la evolución de las redes móviles ya que sus características lo convierten en la solución para los problemas de capacidad y conectividad que se presentan en la actualidad.

Las altas tasas de velocidad y las tecnologías utilizadas en el estándar, basadas en IPv4 e IPV6, serán capaces no solo de satisfacer la creciente demanda de tráfico de datos sino que también consolidará el uso de dispositivos avanzados y de aplicaciones en la nube.

La tecnología LTE de 4G es un estándar desarrollado por 3GPP con el objetivo de lograr la convergencia entre redes alámbricas e inalámbricas mediante el uso de toda clase de dispositivos, además de optimizar el uso del espectro, reducir los costos, mejorar la calidad de servicio y brindar una mayor seguridad en la red.

Para una satisfactoria operación de las tecnologías IMT avanzadas son necesarios bloques de espectro más anchos y contiguos en los que se pueda aprovechar al máximo las características de la tecnología como el método OFDMA, distinguido como la mejor forma de aprovechar anchos de banda mayores a 10 MHz. Es por esto que los países alrededor del mundo se han enfocado en liberar espectro y destinarlo a la implementación de la tecnología LTE.

Las bandas más competentes para el despliegue de LTE corresponden a la de 700 MHz, la banda AWS y la de 2.5 GHz. No obstante, existen países que han decidido hacer uso de otras bandas como es el caso de Brasil que pretende operar en las frecuencias de 400 MHz. Cada banda presenta características codiciadas por las operadoras por lo que los órganos reguladores se



encuentran en procesos de liberación y asignación de bandas, especialmente de las tres mencionadas inicialmente.

El presente trabajo de investigación procura entregar al lector una síntesis de la arquitectura, características y otros métodos utilizados por las redes LTE para la entrega de servicios, los beneficios que esta presenta frente a las tecnologías anteriores, la oferta y demanda por parte de las operadoras y los usuarios, las tasas de consumo que han impulsado el desarrollo de LTE, los planes de cobertura mediante la operación en distintas bandas de frecuencia, los aspectos que deben ser considerados al momento de elegir las bandas de operación, y el estado actual de las redes LTE en Colombia, Brasil, Chile y Ecuador especificando sus inicios en las telecomunicaciones, los procesos llevados a cabo en cada país, las reglas y condiciones impuestas por los reguladores, el estado de competencia en el que se encuentran, y los futuros progresos.

Adicionalmente se presenta una comparación de los puntos más importantes del estudio de los cuatro países mencionados como las condiciones establecidas por los reguladores, los métodos de asignación de espectro y políticas de competencia.

Andrea Guevara T.

Viviana Vásquez A.

Índice

Parte I

1. Estado del arte	23
2. Justificación	24
3. Alcance	24
4. Objetivo General	25
5. Objetivos Específicos	25
6. Marco Teórico	26
6.1. Introducción	26
6.2. Conceptos básicos de las tecnologías móviles	27
6.2.1. Reutilización de frecuencias	27
6.2.2. Handover	27
6.2.3. Tipos de Modulación	28
6.2.4. Tecnologías de acceso múltiple	29
6.2.5. Técnicas de duplexado	29

Parte II

CAPÍTULO 1

Fundamento Teórico	31
1.1. Evolución de las tecnologías móviles	31
1.1.1. Historia de la 1G a la 4G	31
1.1.2. Crecimiento de las comunicaciones móviles	34
1.2. Introducción al estándar LTE	37
1.2.1. 3GPP	38
1.2.2. 3GPP2	39
1.2.3. LTE	40
1.2.4. LTE-avanzada	41
1.3. Características relevantes de LTE	42
1.3.1. OFDM y OFDMA	42
1.3.2. SC-FDMA	44
1.3.3. TDD y FDD	46



1.3.4.	AMC	47
1.3.5.	Soporte de Ancho de banda variable	48
1.3.6.	Altas tasas máximas de datos	48
1.3.7.	Movilidad	48
1.3.8.	ARQ	49
1.3.9.	Usuarios simultáneos	49
1.3.10.	Seguridad	50
1.3.11.	Roaming	50
1.4.	Arquitectura del sistema LTE	50
1.4.1.	Elementos lógicos	52
1.4.1.1.	Servicios del Subsistema Multimedia IP (IMS)	52
1.4.1.2.	Red Troncal EPC	53
1.4.1.2.1.	Entidad de Gestión de Movilidad (MME)	53
1.4.1.2.2.	Puerta de enlace de servicio (S-GW)	55
1.4.1.2.3.	Puerta de red de paquetes de datos (P-GW)	56
1.4.1.2.4.	Función de políticas y reglas de carga (PCRF)	57
1.4.1.2.5.	Servidor de suscripción local (HSS)	58
1.4.1.3.	Red de Acceso E-UTRAN	59
1.4.1.3.1.	eNodeB	59
1.4.1.3.2.	HeNB	60
1.4.1.4.	Equipo de Usuario (UE)	61
1.4.2.	Interfaces	62
1.4.2.1.	Interfaz LTE Uu	62
1.4.2.2.	Interfaz S1-U	63
1.4.2.3.	Interfaz S1-MME	64
1.4.2.4.	Interfaz X2	65
1.4.2.5.	Interfaz de Red Troncal EPC	66

CAPÍTULO 2

Resumen Socioeconómico de la Tecnología LYE en Latinoamérica y el Mundo...		68
2.1.	Introducción	68
2.2.	Impacto social	69



2.2.1.	Banda ancha.....	69
2.2.2.	Conexiones móviles vs. conexiones fijas	72
2.3.	Mercado	73
2.3.1.	Mercado LTE global.....	73
2.3.2.	Demanda.....	78
2.3.2.1.	Penetración	79
2.3.2.2.	Consumo.....	81
2.3.2.3.	Dispositivos 4G	84
2.3.3.	Oferta.....	86
2.3.3.1.	Experiencia de usuario mejorada	86
2.3.3.2.	Flexibilidad de implementación para las operadoras.....	88
2.3.3.3.	Servicios y aplicaciones para los usuarios.....	89
2.3.3.4.	Dispositivos.....	90
2.3.3.5.	Cobertura.....	92
2.4.	Desarrollo socioeconómico	93
2.4.1.	Índices de desarrollo	94
2.4.2.	Impacto de LTE y Banda Ancha en PIB	95
2.5.	Tendencias	96
2.5.1.	TV móvil	96
2.5.2.	HD VoIP	97
2.5.3.	Servicios basados en SaaS.....	98
2.5.4.	Tendencias hacia un mundo inalámbrico redundante	98
2.5.5.	Tendencias varias.....	99

CAPÍTULO 3

Asignación del Espectro Radioeléctrico para LTE	100
3.1. Introducción	100
3.2. Denominación de bandas	101
3.3. Reordenamiento (Refarming).....	103
3.4. Dividendo Digital (DD).....	104
3.4.1. Planes de asignación de frecuencias.....	107
3.4.1.1. División Estados Unidos	107
3.4.1.2. División Asia-Pacífico (APT).....	108

3.5.	Técnicas de uso de espectro en LTE.....	110
3.5.1.	Asignación por FDD.....	110
3.5.2.	Asignación por TDD.....	113
3.6.	Consideraciones para la asignación del espectro.....	115
3.6.1.	Los servicios similares deben estar juntos.....	115
3.6.2.	Seguir las normas globales	115
3.6.3.	Armonización regional del espectro	116
3.6.4.	Organizar la asignación del espectro según la demanda	116
3.7.	Tecnología y eficiencia espectral.....	116
3.7.1.	OFDM	116
3.7.2.	Coexistencia de redes 3GPP	117
3.7.2.1.	Redes 3G en redes 2G	117
3.7.2.2.	Redes 4G con redes 3G (LTE con otras tecnologías).....	118
3.7.2.3.	Unión de HSPA con LTE (HSPA+LTE)	118
3.7.3.	Agregación de portadoras	119
3.7.4.	Dispositivos.....	121

CAPÍTULO 4

	Estado Actual de LTE en latinoamérica.....	123
4.1.	Introducción al estado actual de las redes	123
4.2.	Actuales redes LTE en Latinoamérica	123
4.3.	Colombia.....	126
4.3.1.	Historia de la telefonía móvil	126
4.3.2.	Servicios de operadoras móviles.....	128
4.3.3.	Indicadores de telefonía móvil	129
4.3.3.1.	Indicadores LTE.....	131
4.3.4.	Espectro Radioeléctrico para telefonía móvil.....	133
4.3.4.1.	Espectro Radioeléctrico para LTE.....	134
4.3.5.	Cobertura LTE UNE.....	136
4.3.6.	Valores Económicos Referenciados	138
4.3.6.1.	Inversión para el despliegue de las redes LTE.....	138
4.3.6.2.	Tarifas Usuarios LTE.....	138



4.3.6.3. Ingresos Totales	141
4.3.7. Futuras Implementaciones	142
4.3.8. Síntesis.....	142
4.4. Brasil.....	143
4.4.1. Historia de la telefonía móvil	143
4.4.2. Operadoras más importantes.....	146
4.4.3. Servicios de Operadores Móviles	148
4.4.4. Indicadores de operadoras móviles.....	149
4.4.4.1. Indicadores LTE.....	151
4.4.5. Espectro radioeléctrico.....	152
4.4.5.1. Espectro radioeléctrico para LTE	154
4.4.6. Cobertura LTE.....	156
4.4.7. Valores Económicos Referenciados	160
4.4.7.1. Inversión para redes LTE	160
4.4.7.2. Tarifas	161
4.4.8. Futuro de LTE en Brasil	162
4.4.9. Síntesis.....	164
4.5. Chile.....	165
4.5.1. Historia de la telefonía móvil	165
4.5.2. Servicios de las operadoras móviles	166
4.5.3. Indicadores de telefonía móvil	167
4.5.3.1. Indicadores del Internet móvil	169
4.5.4. Espectro radioeléctrico para redes LTE.....	171
4.5.5. Futuras implementaciones.....	173
4.5.6. Síntesis.....	175
4.6. Ecuador.....	176
4.6.1. Historia de la telefonía móvil	176
4.6.2. Servicios Operadoras Móviles	178
4.6.3. Indicadores de operadoras móviles.....	180
4.6.3.1. Indicadores de Internet móvil.....	181
4.6.4. Espectro radioeléctrico para LTE	183
4.6.5. Cobertura	186



4.6.6.	Valores económicos referenciados	187
4.6.6.1.	Inversiones de los operadores.....	187
4.6.6.2.	Tarifas	188
4.6.7.	Síntesis y observaciones	191
4.7.	Análisis comparativo.....	193
4.7.1.	De mercado	193
4.7.2.	De la adopción de un mismo plan de canalización	194
4.7.3.	De la asignación del espectro	195
4.7.3.1.	Banda de 700 MHz o Dividendo Digital	195
4.7.3.2.	Banda de 2.5 GHz	198
4.7.3.3.	Banda de 450 MHz.....	199
4.7.4.	De las condiciones de asignación del espectro	199
4.7.5.	De los topes y el impulso a la competencia	200
Parte III		
	Conclusiones Y Recomendaciones.....	202
	Bibliografía.....	206
	Glosario	213
	Anexos	223

Índice de tablas y figuras

Figuras

Figura 0-1. Sistema celular básico	27
Figura 1-1. Crecimiento del número de usuarios móviles.....	34
Figura 1-2. Crecimiento del uso de datos frente al de voz	35
Figura 1-3. Evolución de las tasas de datos alámbricos e inalámbricos	36
Figura 1-4. Crecimiento de Banda ancha 2007 – 2014	37
Figura 1-5. Principio FDM	42
Figura 1-6. Ortogonalidad de las ondas portadoras	43
Figura 1-7. Diferencia entre OFDMA y SC-FDMA	45
Figura 1-8. Métodos FDD y TDD.....	46
Figura 1-9. Arquitectura de red LTE	52
Figura 1-10. Elementos de la Entidad de Gestión de Movilidad	54
Figura 1-11. Elementos de S-GW	56
Figura 1-12. Elementos de P-GW	57
Figura 1-13. Elementos de PCRF	58
Figura 1-14. Red de Acceso E-UTRAN.....	59
Figura 1-15. Nodos HeNB en arquitectura E-UTRAN	60
Figura 1-16. Arquitectura de Equipo de Usuario	61
Figura 1-17. Subcapas de la capa de enlace	62
Figura 1-18. Interfaz S1	64
Figura 1-19. Interfaz S1-X2.....	66
Figura 2-1. Ancho de banda para aplicaciones según las generaciones	70
Figura 2-2. Evolución de alternativas tecnológicas	72
Figura 2-3. Lanzamiento de redes LTE comerciales.....	74
Figura 2-4. Suscripciones móviles por tecnología, 2009 – 2018	75
Figura 2-5. Ciclo de tecnología y demanda	78
Figura 2-6. Porcentaje de penetración para septiembre de 2012	79
Figura 2-7. Comparación de suscripciones móviles por tecnología y región 2012 y 2018	80
Figura 2-8. Promedio mensual de tráfico de datos originado por teléfonos inteligentes	81
Figura 2-9. Porcentaje del total de datos originados por teléfonos inteligentes correspondiente a tráfico Wi-Fi, Septiembre 2012.....	82
Figura 2-10. Comparación del crecimiento de tráfico total global de voz y datos móviles	83
Figura 2-11. SIMs activas por tipo de dispositivo y penetración global de smartphones	85

Figura 2-12. Latencia en la evolución de tecnologías de 2G a 4G	87
Figura 2-13. Cobertura de la población 2011 y 2017	93
Figura 2-14. Estructura del modelo de impacto económico y social	95
Figura 3-1 Mapa de Regiones de Armonización del espectro	101
Figura 3-2 Plan de Estados Unidos para la banda de los 700 MHz	108
Figura 3-3 Plan APT para la banda de los 700 MHz	109
Figura 3-4 Reasignación del espectro LTE en FDD de GSM y W-CDMA	112
Figura 3-5 Reasignación del espectro LTE en FDD de CDMA	113
Figura 3-6 Reasignación del espectro LTE en TDD de CDMA	114
Figura 4-1 Redes LTE en Latinoamérica	125
Figura 4-2 Zonas de cobertura inicial de Colombia	126
Figura 4-3 Distribución de usuarios según operadoras móviles de Colombia	130
Figura 4-4 Participación de operadoras de internet Móvil en Colombia	131
Figura 4-5 Transmisión de Internet móvil por generaciones en Colombia	131
Figura 4-6 Distribución del Espectro en Operadores Móviles Colombia	133
Figura 4-7 Distribución de espectro en la banda 2.5 GHz en Colombia	134
Figura 4-8 Cobertura red LTE UNE Colombia	137
Figura 4-9 Distribución de operadoras telefónicas de Brasil en 1972	144
Figura 4-10 Distribución de operadoras telefónicas de Brasil en 1998	145
Figura 4-11 Distribución de mercado para operadores móviles de Brasil	149
Figura 4-12 Penetración Histórica de Telefonía móvil Brasil	150
Figura 4-13 Porcentaje de distribución de mercado entre las operadoras	151
Figura 4-14 Bandas de frecuencia para comunicaciones móviles en Brasil	153
Figura 4-15 Distribución de frecuencia en 2.5 GHz en Brasil	154
Figura 4-16 Cobertura 4G operadora Claro Brasil	157
Figura 4-17 Regiones de la banda de 450 MHz en Brasil	159
Figura 4-18 Regiones de la banda de 2.5 GHz en Brasil	160
Figura 4-19 Número de usuarios móviles por operadora en Chile	168
Figura 4-20 Distribución histórica del mercado móvil en Chile	169
Figura 4-21 Distribución de mercado de banda ancha y tecnologías 3G en Chile	170
Figura 4-22 Canalización de la banda 2.6 GHz en Chile	172
Figura 4-23 Distribución histórica de mercado por operadora móvil de Ecuador	181
Figura 4-24 Usuarios y densidad de internet en Ecuador	182
Figura 4-25 Distribución de mercado entre operadoras de Ecuador	182
Figura 4-26 Distribución de las bandas de espectro en Ecuador	183
Figura 4-27 Distribución de espectro radioeléctrico para servicios LTE	184
Figura 4-28 Inversión Total para despliegue de servicios móviles Ecuador	188
Figura 4-29 Tarifas históricas de uso de voz por minuto en Ecuador	189
Figura 4-30 Tarifas históricas de uso por SMS en Ecuador	189
Figura A-1 Suscripciones móviles por región 2009 – 2018	224
Figura A-2 LTE como una plataforma de tecnología inalámbrica para el futuro	225

Tablas

Tabla 2-1. Redes LTE implementadas en el periodo 2009 - 2013	73
Tabla 2-2 Usuarios correspondientes a operadoras en el 2011	75
Tabla 2-3 Predicciones sobre las suscripciones LTE por años	77
Tabla 2-4 Consumo promedio de los usuarios mediante redes celulares y Wi-Fi	82
Tabla 2-5 Crecimiento del uso de teléfonos inteligentes	85
Tabla 2-6. Índices de desarrollo	95
Tabla 3-1 Apagón analógico en Latinoamérica.....	106
Tabla 3-2 Bandas de frecuencia para LTE FDD	111
Tabla 3-3 Bandas para TDD-LTE.....	114
Tabla 4-1 Decisiones para LTE en Latinoamérica.....	124
Tabla 4-2 Empresas adjudicadas de telefonía móvil en 1994.....	127
Tabla 4-3 Servicios personales brindados por las operadoras móviles de Colombia .	129
Tabla 4-4 Servicios empresariales brindados por las operadoras móviles de Colombia	129
Tabla 4-5 Suscriptores 4G por proveedor en Colombia.....	132
Tabla 4-6 Equipos de Usuario para redes con tecnología LTE Colombia.....	138
Tabla 4-7 Tarifas prepago LTE UNE Colombia.....	139
Tabla 4-8 Recargas de cargo fijo de Colombia	140
Tabla 4-9 Tarifas Cargo Fijo	140
Tabla 4-10 Ingresos reportados Operador UNE	141
Tabla 4-11 Servicios de Operadoras móviles Brasil.....	148
Tabla 4-12 Adjudicación de espectro para bandas LTE en Brasil.....	156
Tabla 4-13 Plazos de cobertura LTE en Brasil.....	158
Tabla 4-14 Inversión en espectro para redes LTE por operadoras.....	161
Tabla 4-15 Costo de servicio de banda ancha Brasil	162
Tabla 4-16 Participación histórica por dispositivo con conexión a banda ancha e Internet móvil 3G	170
Tabla 4-17 Distribución de frecuencias para la subasta de la banda 2.6 GHz en Chile	172
Tabla 4-18 Planes personales ofrecidos por las operadoras móviles de Ecuador.....	179
Tabla 4-19 Planes empresariales ofrecidos por las operadoras móviles de Ecuador .	179
Tabla 4-20 Distribución de mercado por líneas activas Ecuador.....	180
Tabla 4-21 Especificaciones solicitadas por CONECEL para bandas LTE.....	184
Tabla 4-22 Espectro asignado a la operadora estatal CNT de Ecuador	185
Tabla 4-23 Espectro total asignado a operadoras móviles Ecuador.....	186
Tabla 4-24 Máximos y mínimos de las tarifas prepago y postpago por operadora.....	190
Tabla 4-25 Tarifas prepago de consumo actual por operadora	190
Tabla 4-26 Tarifas de los planes de banda ancha con HSPA+ de la operadora CNT	191
Tabla 4-27 Adjudicaciones de la banda de 2.5 GHz llevadas a cabo en Colombia, Brasil y Chile	198



Tabla 4-28 Condiciones de asignación de bandas para LTE	200
Tabla A-1 Características y sistemas móviles según las generaciones celulares.	223
Tabla A-2 Resumen de suscripciones móviles	226
Tabla A-3 Códigos CSP por operadora.....	228

Parte I

INTRODUCCIÓN

1. Estado del arte

Uno de los campos que ha registrado mayor evolución en los últimos años ha sido el de los sistemas y servicios de telecomunicaciones. Estos se han convertido en un factor clave para el desarrollo social y económico de un país, y han llevado a las telecomunicaciones a ser consideradas como un servicio público de primordial importancia.

Por lo cual es oportuno el estudio de los sistemas de comunicaciones móviles que cumplen con el objetivo de proporcionar cada vez mejores y más variados servicios que contribuyen al desarrollo de las telecomunicaciones del país.

Actualmente el nuevo estándar de telecomunicaciones denominado LTE (Long Term Evolution, Evolución a Largo Plazo) es el que presenta mayor crecimiento a nivel mundial. Los operadores están siendo atraídos por los beneficios que esta nueva tecnología promete como: un aumento en el ancho de banda, mayor capacidad de la red, un mejor uso del espectro, la reducción de precios, menor latencia, dispositivos más atractivos para los usuarios y demás prestaciones.

Sin embargo, al momento de la implementación, LTE es una tecnología que presenta varios retos para los operadores, como: obtener acceso al espectro correcto y suficiente, los equipos no responden a las necesidades de los operadores, el control del creciente tráfico de datos, fuentes de financiamiento, estructura, entre otros.

La tecnología LTE ya se ha implementado en varios países y se está expandiendo a nivel mundial. No obstante, para la mayor parte de Latinoamérica, LTE es un concepto relativamente nuevo ya que no tenemos una cultura muy amplia sobre el tema y comparándonos con otros países, somos una región emergente en esta área.

2. Justificación

La tecnología LTE ya es un estándar aceptado que se está extendiendo rápidamente debido a sus características y mejoras con respecto a otros sistemas.

Al margen de una eminente decisión sobre la implementación de la tecnología, es conveniente realizar un análisis del proceso que se llevó a cabo en los países que ya han adoptado esta tecnología y de la situación actual de sus redes operativas.

En Latinoamérica, los países que lideran el desarrollo de LTE son Colombia, Brasil y Chile, por lo que el análisis a realizar estará enfocado en ellos.

La finalidad de este estudio es desarrollar un documento comprensible para el lector, técnico o no, que abarque los puntos mencionados del tema “LTE en Latinoamérica”.

3. Alcance

En esta investigación se presentan los conceptos básicos en los que se basa la tecnología LTE para entender, complementar y poder explicar el funcionamiento de esta red. Se da una visión general de lo que se busca con la implementación de este nuevo estándar y las razones por las que se está adoptando en la mayoría de países de Latinoamérica.

Además, se da una descripción de la concesión del espectro radioeléctrico enfocado únicamente en los países más desarrollados en LTE de Latinoamérica: Colombia, Brasil y Chile. Se realiza también un análisis del avance en Ecuador, comparándolo con los países mencionados.

Este trabajo de investigación incluye:

- Descripción del origen de LTE. Se detallan cuáles fueron los problemas que presentaron las anteriores tecnologías, a partir de los cuales surgió la creación de este estándar. Qué se buscaba con su desarrollo y cuáles

son las expectativas que se tienen de esta tecnología. Responde a la pregunta: ¿Por qué y para qué se creó LTE?

- Descripción de los factores que diferencian a LTE de otras tecnologías móviles. Se detallan las mejoras que esta presenta frente a sistemas anteriores. Se hace referencia a los servicios que se ofrecen con redes LTE. Responde a la pregunta: ¿Qué servicios adicionales pueden tener los usuarios con esta red implementada?
- Descripción del funcionamiento del sistema LTE. Se detallan los componentes utilizados en la arquitectura del sistema y las técnicas que utiliza la tecnología para satisfacer su funcionalidad. Se responderá a la pregunta: ¿Cómo funciona LTE?
- Investigación del proceso regulatorio que se llevó a cabo en la implementación de las redes LTE en Colombia, Brasil y Chile.
- Análisis tarifario, regulatorio, social y económico referencial de las redes LTE que se espera implementar próximamente en Ecuador.

4. Objetivo General

Investigar y analizar la información sobre el estado actual en Latinoamérica respecto a la adopción de la tecnología LTE.

5. Objetivos Específicos

- Entregar una síntesis con información clara y específica de los componentes que forman LTE y que incluya las mejoras en las comunicaciones móviles.

- Conocer las expectativas de las operadoras móviles y los problemas que se han presentado con el despliegue de redes LTE en Colombia, Brasil y Chile.
- Analizar las condiciones tarifarias, regulatorias y socioeconómicas respecto a la implementación de la tecnología LTE en Ecuador frente a la misma en Colombia, Brasil y Chile.

6. Marco Teórico

6.1. Introducción

El servicio de telefonía móvil (MTS) es un tipo de servicio en el que los teléfonos móviles se conectan a la red pública de telefonía (PSTN), a otros móviles o incluso a otros sistemas de comunicación como la Internet.

Un sistema celular divide grandes zonas geográficas en pequeñas áreas denominadas celdas. Cada una está cubierta por una estación base (BTS) en la que se encuentran uno o varios transmisores y receptores que se comunican con los teléfonos móviles situados dentro del área. Cada BTS determina una celda y el conjunto de ellas forma el área de cobertura.

Las estaciones o teléfonos móviles se conectan con las estaciones base por medio de canales de radio. Los receptores convierten estas señales de radio en eléctricas de manera que se puedan enviar al centro de conmutación móvil (MSC).

El MSC adapta las señales que le llegan de la estación base de tal forma que se puedan conectar a otras BTS, a la red telefónica pública o ingresar a las bases de datos que contienen información de los usuarios.

El centro de conmutación móvil es la parte de la red celular que recibe todas las solicitudes de servicios y realiza los procedimientos necesarios para establecer y mantener las comunicaciones.

A continuación se muestra una figura con los elementos básicos de un sistema celular para una mejor comprensión de su estructura.

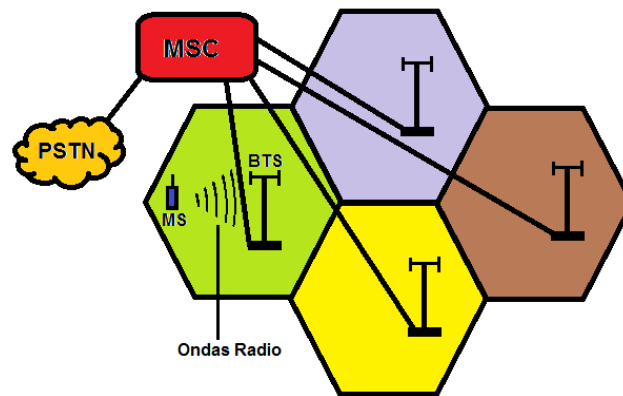


Figura 0-1. Sistema celular básico

6.2. Conceptos básicos de las tecnologías móviles

Los sistemas móviles se basan principalmente en los siguientes conceptos:

6.2.1. Reutilización de frecuencias

Existe una banda de frecuencias asignada únicamente a comunicaciones celulares. Lamentablemente esta es pequeña y permite el acceso de muy pocos usuarios a la red. Con el afán de aumentar la capacidad de las redes móviles, las frecuencias se reutilizan en varias celdas separadas por una distancia suficiente para que la interferencia entre los canales que utilizan las mismas frecuencias sea mínima o nula.

6.2.2. Handover

Un usuario que se mueve dentro de la cobertura de un sistema celular no siempre va a permanecer en una sola celda, sino que va a necesitar cambiarse de acuerdo a su movilidad. Para realizar este cambio, el usuario, que está conectado a la BTS de la celda actual, debe comunicarse con la BTS de la celda a la que se está cambiando, caso contrario la comunicación se perderá. El handover o handoff es la técnica que se utiliza para realizar el traspaso de celda sin que la comunicación se corte y que el proceso de cambio sea imperceptible para el usuario.

El cambio lo realiza el MSC porque es el elemento que lleva el control de la red.

- **Hard-Handover**

Durante el proceso de handover, el móvil se desconecta de la estación base origen y permanece un tiempo del orden de milisegundos sin conexión con ninguna otra. Es decir, la conexión con la BTS original se corta antes de realizar la nueva conexión con la nueva BTS.

- **Soft-Handover**

Durante el proceso de traspaso el móvil estará conectado mediante un canal a la BTS origen y mediante otro canal a la BTS destino. De esta forma no se producen interrupciones del enlace y la transmisión se realiza en paralelo por los dos canales.

Con este método se asegura una conexión con la estación base de la nueva celda antes de cortar la conexión con la anterior.

6.2.3. Tipos de Modulación

La modulación es el proceso que se usa para transportar la información sobre una onda portadora. Consiste en hacer que, ya sea la amplitud, la frecuencia o la fase de una onda portadora, cambie según las variaciones de la señal de información que se desea transmitir.

Hay dos tipos de modulación:

- **Modulación analógica**

Se realiza a partir de señales analógicas de información. Los parámetros de la portadora varían directamente en proporción a la señal de información, por ejemplo la voz humana, audio y video en su forma eléctrica.

- **Modulación digital**

Se lleva a cabo a partir de señales generadas por fuentes digitales. Los parámetros de la portadora varían según los estados discretos de una señal

digital de información. Los sistemas móviles utilizan principalmente este tipo de modulación.

6.2.4. Tecnologías de acceso múltiple

Para el acceso se utilizan diversas formas de multiplexación, es decir que acepta la transmisión de varias señales en un solo canal. En los sistemas de comunicación, la multiplexación permite a más de un usuario acceder a un sistema al mismo tiempo.

Hay cuatro formas básicas de acceso multiplexado para sistemas inalámbricos:

- **FDMA**

La banda de frecuencias se divide en varios canales y los usuarios ocupan uno de ellos para su comunicación. Cuando un usuario desocupa el canal, este se le asigna a otro usuario. FDMA es la asignación ordenada de canales de frecuencia a los usuarios que solicitan el servicio.

- **TDMA**

Es el proceso en el que se comparte un canal de radio dividiéndolo en ranuras de tiempo (time slots). Se asigna a los usuarios una ranura a cada uno en un mismo canal de comunicación. Así se da servicio a los usuarios alternando el uso del canal, dándoles tiempos de transmisión por turnos.

- **CDMA**

En esta técnica los usuarios comparten el mismo canal y al mismo tiempo. Para diferenciar la información de cada usuario, se asigna un código único a cada individuo. Por esto se dice que se utilizan canales codificados.

6.2.5. Técnicas de duplexado

Generalmente las comunicaciones son bidireccionales, es decir, se genera información desde ambos extremos de la comunicación. Por lo tanto, es necesario contar con técnicas que soporten dos enlaces: ascendente (móvil a

estación base) y descendente (estación base a móvil). Estas técnicas se conocen como mecanismos de duplexado, y básicamente pueden ser por división de tiempo (TDD) o de frecuencia (FDD).

- **FDD**

Duplexado por División de Frecuencia significa que los enlaces ascendente y descendente utilizan diferentes frecuencias para transportar la información, lo que permite que ambas transmisiones se den al mismo tiempo.

- **TDD**

En el caso del Duplexado por División de Tiempo se emplea la misma frecuencia para ambos enlaces, pero una parte del tiempo se transmite en un sentido y el resto del tiempo se transmite en el sentido contrario. Por lo tanto, las transmisiones no son simultáneas.

Los tiempos que se asignan a cada enlace dependen de la cantidad de datos que esté transmitiendo.

Parte II

CAPÍTULO 1

FUNDAMENTO TEÓRICO

1.1. Evolución de las tecnologías móviles

1.1.1. Historia de la 1G a la 4G

La necesidad del hombre de comunicarse a mayores distancias lo ha llevado a desarrollar diversos sistemas como el telégrafo o el teléfono. Estos, impulsados por los estudios de la electricidad, funcionaban mediante cables que se conectaban unos a otros.

Sin embargo, surgió la necesidad de una comunicación inalámbrica, lo que conllevó la utilización de ondas de radio para la primera transmisión telegráfica inalámbrica en el año 1901. El ancho de banda de estos sistemas era muy limitado por lo que las transmisiones de información eran muy lentas.

Desde entonces, los avances tecnológicos se dieron de una manera mucho más apresurada. Las posibilidades de comunicación se extendieron con la aparición de computadoras, satélites y posteriormente las redes de computadoras, que marcaron el origen de la Internet.

Entre los años 1940 y 1950 apareció el primer sistema que ofrecía servicio de telefonía móvil, el radioteléfono. Este sistema era severamente limitado por su poca movilidad, escasa capacidad, mal servicio y baja calidad de voz, además los equipos eran grandes, pesados, caros y susceptibles a interferencias.

Durante la década de los años 70s, aparecieron a nivel comercial las comunicaciones móviles con su primera generación. Estas redes, conocidas como sistemas celulares, fueron un salto cualitativo en términos de capacidad y

movilidad. Los equipos fueron más pequeños y livianos, pero siguieron transmitiendo únicamente información analógica de voz.

La necesidad de mejorar la calidad de transmisión, la capacidad del sistema y la cobertura, llevó al desarrollo de los sistemas móviles de segunda generación. Con el avance tecnológico se hicieron posibles las transmisiones digitales. Aún dominaban las transmisiones de voz pero las demandas de otros servicios, como fax, mensajería y transmisiones de datos, crecían rápidamente. Estos sistemas ofrecían voz digital a velocidades relativamente bajas y el poco ancho de banda restante para datos.

A finales de los 90s se introdujo lo que llamamos 2.5G, una generación que cumplía con características intermedias entre la 2G y la 3G, presentando mejoras en la capacidad de transmisión de datos mediante el paso de la tecnología de conmutación de circuitos a la de conmutación de paquetes. Este cambio se da por el surgimiento de la Internet, el cual trabaja con paquetes en lugar de circuitos, como las comunicaciones de voz de los sistemas 1G y 2G.

La idea de un estándar que unifique la tecnología en todo el mundo impulsó la llegada de la tercera generación. Los equipos soportarían altas velocidades de hasta 2 Mbps pero solo en interiores y en modo estacionario. Con alta movilidad, la velocidad decaería a 144 Kbps. La tecnología 3G agregó facilidades de multimedia permitiendo aplicaciones de audio, video y gráficos al estilo de Internet. Soportaría transmisiones de datos por conmutación de circuitos y por conmutación de paquetes para garantizar la compatibilidad con otros sistemas móviles, en caso de que la 3G aún no este implementado en algunas partes del mundo.

La 3G ofrece alta calidad de transmisión de voz, capacidades multimedia, costos accesibles, eficacia operacional, prestaciones por más de una red en una zona de cobertura, altas velocidades de acceso a Internet y dispone de una gran variedad de servicios.

Como paso previo al despliegue completo de la cuarta generación de sistemas móviles, en estos últimos años han aparecido algunas mejoras de la tercera generación denominadas 3.5G y 3.75G.

La generación 3.5 es básicamente la 3G potenciada, es decir, diseñada para un mejor desempeño. Alcanza velocidades de transmisión descendente de hasta 14 Mbps teóricamente y fue desarrollada para ofrecer servicios multimedia utilizando la conmutación de paquetes.

La 3.75G, también conocida como 3.9G, es otra evolución de la tecnología de tercera generación que presenta mayores velocidades en el enlace ascendente, de hasta 5.8 Mbps.

La demanda de mayor velocidad de transmisión, especialmente cuando se tiene alta movilidad, ha experimentado un crecimiento junto con la evolución de las tecnologías móviles y el crecimiento de los operadores que proveen el servicio. La velocidad que se ha conseguido hasta la tercera generación sigue siendo insuficiente, por lo que la cuarta generación continúa con la evolución de los sistemas móviles.

La 4G se basa totalmente en IP, el protocolo de Internet. Las velocidades de acceso o descarga son de 1 Gbps en reposo, de 100 Mbps en movimiento y hasta 50 Mbps para subida. Además soporta QoS (Quality of Service, Calidad de Servicio) que permite ofrecer cualquier tipo de servicio en cualquier momento y lugar con un costo menor. La QoS prioriza el tráfico de datos dependiendo del tipo de aplicación que esté utilizando el ancho de banda, ajustando las necesidades a las circunstancias. Entre las aplicaciones se incluyen el acceso móvil a la Web, telefonía IP, servicios de juegos, TV móvil de alta definición, videoconferencias y televisión 3D.

La ventaja sobresaliente de la 4G es que proporciona una velocidad de transferencia de datos con Internet mayor a cualquier servicio de las redes celulares existentes y, además, busca alcanzar las comunicaciones móviles de banda ancha.

Se presenta un resumen de las características de los sistemas móviles sobresalientes de las distintas generaciones en el Anexo I.

1.1.2. Crecimiento de las comunicaciones móviles

El número de usuarios de las redes de telefonía móvil ha experimentado un crecimiento desmedido durante los últimos 10 años. En promedio, más de un millón de usuarios ingresan cada día a disponer del servicio de voz alrededor del mundo. Para representar este crecimiento, se muestra a continuación un gráfico estadístico tomado del libro “LTE para UMTS-OFDMA y SC-FDMA” citado en la bibliografía, correspondiente al año 2009.

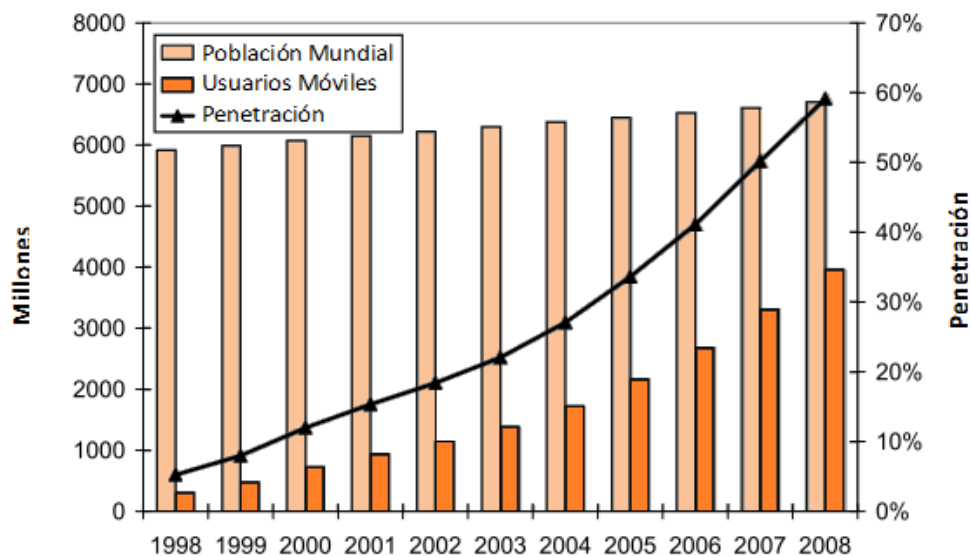


Figura 1-1. Crecimiento del número de usuarios móviles

(Fuente: LTE for UMTS OFDMA and SC-FDMA Based Radio Access)

En la figura 1-1 se puede observar que el crecimiento de usuarios móviles es mucho más acelerado que el crecimiento poblacional. Además se observa que la implantación de teléfonos móviles alrededor del mundo, para el año 2009, ha alcanzado el 60%.

La razón de este crecimiento es que los teléfonos móviles presentan bajos costos, alta eficiencia y alta capacidad, además de los beneficios que se obtienen al estar conectados por las redes móviles.

En lo que respecta a transmisión de datos, también está ganando lugar en el mercado. En los sistemas 2G el tráfico de voz fue el dominante frente al de datos. Pero, para la introducción de la 3G, el uso de datos se disparó, haciendo

que este tráfico se convierta en el dominante con la llegada del sistema HSDPA en lo que llamamos generación 3.5.

En la figura 1-2 se presenta un gráfico sencillo en el que se puede ver cómo ha crecido el tráfico de voz y de datos. Se muestran dos puntos importantes de esta evolución. El punto 1 representa los inicios del uso de datos con redes HSDPA. El crecimiento de tráfico de datos es lento en este punto, muy parecido al crecimiento que experimenta el tráfico de voz. En el punto 2 se puede ver el momento en que el volumen de datos excede al de la voz y comienza un crecimiento rápido, dejando atrás a la voz.

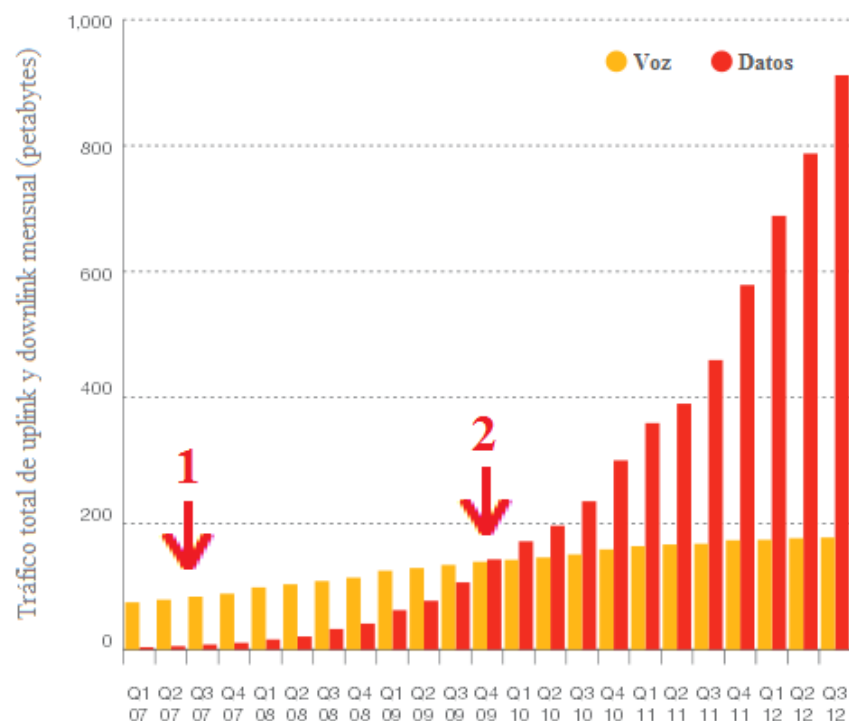


Figura 1-2. **Crecimiento del uso de datos frente al de voz**
(Fuente: Ericsson)

A pesar del creciente uso de datos y de la evolución que se ha experimentado con las redes inalámbricas, éstas aún proveen las tasas más altas. Esta evolución se presenta en la figura 1-3. Se puede ver que ambas curvas son muy similares en su crecimiento y que tienen una diferencia de aproximadamente 30 veces. Las tasas inalámbricas requieren un crecimiento más acelerado para alcanzar las velocidades que se ofrecen con la tecnología

alámbrica. Esta evolución es indispensable ya que los usuarios, al estar acostumbrados a altas velocidades alámbricas, demandan las mismas en la tecnología inalámbrica.

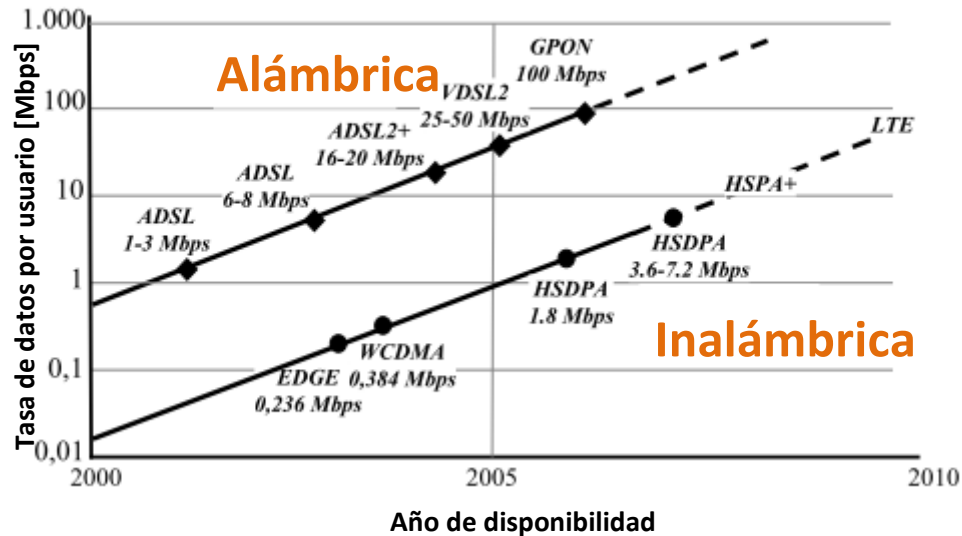


Figura 1-3. Evolución de las tasas de datos alámbricos e inalámbricos

(Fuente: LTE for UMTS OFDMA and SC-FDMA Based Radio Access)

La ventaja de los sistemas inalámbricos es la movilidad, es decir, tienen la capacidad de ofrecer un ancho de banda personal independientemente del lugar de ubicación. Esta ventaja hace que el acceso inalámbrico sea una opción muy atractiva para los usuarios y los proveedores del servicio.

Como corresponde, el número de suscriptores también ha aumentado notablemente y se calcula que para el año 2014 se alcancen los 3400 millones, de los cuales el 80% usarán banda ancha.

La experiencia con la tecnología HSPA ha mostrado que cuando los operadores proporcionan buena cobertura, oferta de servicios y terminales, el uso de banda ancha móvil despegue.

Finalmente se presenta un gráfico estadístico del aumento de suscriptores tanto en las redes inalámbricas como las fijas.

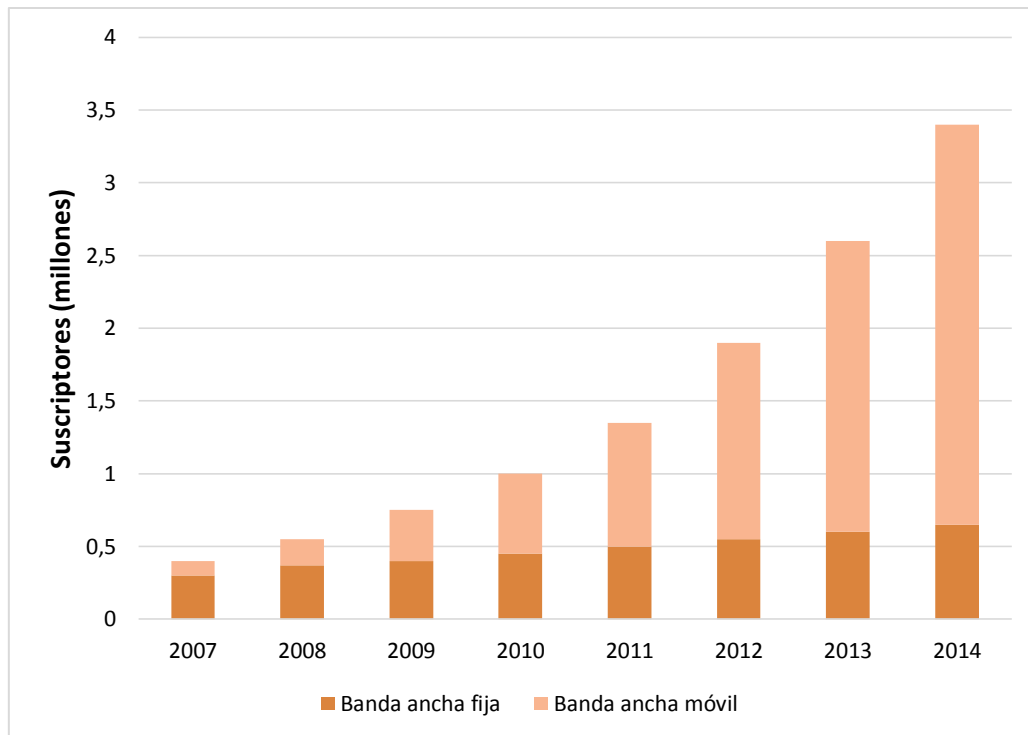


Figura 1-4. **Crecimiento de Banda ancha 2007 – 2014**

(Fuente: Propuesta de requerimientos técnicos para la implementación de redes móviles con la tecnología “Long Term Evolution (LTE)” en Costa Rica)

1.2. Introducción al estándar LTE

La red actual de telecomunicaciones inalámbricas se basa en una arquitectura de conmutación similar a la que se utiliza en las redes de telecomunicaciones de línea fija. Pero, con el advenimiento de las tecnologías IP y el enorme crecimiento del tráfico de datos, la industria inalámbrica está evolucionando sus redes hacia la tecnología IP.

Las comunicaciones inalámbricas empezaron como una rama de la telefonía fija por lo que no hubo normas globales que correspondieran a ellas. Así, los dos estándares que han dominado las comunicaciones móviles, TDMA/CDMA (Norteamérica) y GSM (Europa), están basados en la telefonía fija.

A medida que avanzamos hacia las tecnologías inalámbricas de tercera generación, crece la necesidad de elaborar normas más colaborativas y globales. Para hacer frente a este problema surgen los proyectos de

cooperación 3GPP y 3GPP2, los cuales se enfocan principalmente en el desarrollo de estándares para redes que funcionan solo a base de IP.

1.2.1. 3GPP

3GPP (Third Generation Partnership Project, Proyectos de Asociación de Tercera Generación) está formado por un grupo de entidades de telecomunicaciones que colaboran para dar las especificaciones técnicas de los sistemas móviles pertenecientes a la tercera generación. Estos trabajan dentro del proyecto IMT-2000 (International Mobile Telecommunications-2000, Telecomunicaciones Móviles Internacionales-2000) de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, UIT.

El 3GPP desarrolla estándares de tercera generación para sistemas basados en GSM y las especificaciones en las que se enfoca son:

- RAN (Radio Access Networks, Redes de Acceso por Radio).
- SA (Service & Systems Aspects, Aspectos de Servicios y Sistemas).
- CT (Core Network & Terminals, Red de Núcleo y Terminales).
- GERAN (GSM EDGE Radio Access Networks, Redes de Acceso por Radio GSM y EDGE).

El enfoque principal para todas las versiones de 3GPP es hacer que el sistema, tanto el enlace ascendente como descendente, sea compatible en cualquier lugar para asegurar que el funcionamiento del equipo de usuario no tenga interrupciones.

Como un paso hacia las tecnologías 4G móviles de banda ancha inalámbrica, el organismo 3GPP comenzó su investigación inicial del estándar LTE (Long Term Evolution, Evolución a Largo Plazo) como una tecnología viable en el año 2004.

Entre las ventajas sobre otras tecnologías inalámbricas actuales que se esperan de la tecnología LTE, está el aumento de los parámetros de rendimiento, como altas tasas máximas de datos, baja latencia y mayor eficiencia en el uso del espectro inalámbrico.

Una mejora en la comunicación es evidente en el hecho de que LTE permite a los usuarios usar un solo dispositivo para comunicaciones nacionales e internacionales, siempre y cuando en todos los países implicados se haya implementado esta tecnología. Además, LTE provee seguridad optimizada. Esto significa que la información está más protegida que en otras tecnologías.

Las características y beneficios de LTE se listan a continuación.

- Alta eficiencia espectral.
- Menor latencia para conexiones rápidas y en tiempo real.
- Tasas de carga y descarga más veloces.
- Movilidad constante.
- Manejo de altas cargas de datos.
- Soporte de ancho de banda variable.
- Arquitectura de protocolo simple.
- Posibilidad de handover entre redes dispares incluyendo las redes móviles, redes de línea fija globales, de fibra óptica y privadas, manteniendo una calidad de servicio de alta seguridad.
- Compatibilidad e interoperabilidad con versiones anteriores 3GPP.
- Interacción con otros sistemas, por ejemplo, cdma2000.
- FDD y TDD en una tecnología de radio de acceso único.
- Eficiente multicast/broadcast.
- Una conexión de datos confiable y sin interrupciones.

1.2.2. 3GPP2

Esta es una asociación similar a la 3GPP cuyo objetivo es desarrollar estándares de tercera generación para sistemas basados ya no en GSM sino en CDMA. Reúne los beneficios de un trabajo colaborativo. Las especificaciones técnicas en las que se enfoca la 3GPP2 son:

- TSG-A (Access Network Interfaces, Interfaces de Acceso a la Red).
- TSG-C (cdma2000, Tecnología CDMA2000).
- TSG-S (Services and Systems Aspects, Aspectos de Servicios y Sistemas).

- TSG-X (Core Networks, Redes de Núcleo).

La investigación para el avance hacia 4G por parte de 3GPP2 inicia con la evolución del sistema celular CDMA2000 UMB (Ultra-Mobile Broadband o Banda ancha Ultra Móvil).

La UMB ofrece muchas nuevas características y técnicas que le permiten cumplir con las expectativas de modo que pueda competir con otras tecnologías nuevas y emergentes.

- Las tasas de datos de más de 275 Mbps en el enlace descendente y sobre 75 Mbps en el enlace ascendente.
- Utiliza una interfaz OFDM/OFDMA aire.
- Utiliza acceso a radio FDD.
- Posee una arquitectura de red IP.
- Tiene un ancho de banda escalable entre 1,25 y 20 MHz (los sistemas OFDM/OFDMA son muy adecuados para anchos de banda amplios y escalables).

1.2.3. LTE

El sistema de banda ancha móvil LTE es una tecnología de cuarta generación desarrollada por la asociación 3GPP y adoptada por el Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicaciones (ETSI).

Actualmente, el enfoque del proyecto LTE se dirige a tener un rendimiento tres o cuatro veces mayor al de HSDPA en el enlace de bajada (100 Mbps) y dos o tres veces mayor al de subida (50 Mbps).

Para el año 2008, las especificaciones de 3GPP eran lo suficientemente estables para el inicio de LTE, por lo que se lanzó la especificación número 8. Sin embargo, en el año 2009 apareció una especificación número 9 en la que se le daban mejoras al estándar.

Existen varias razones o motivaciones por las que se vio la necesidad de que el 3GPP desarrollara la especificación 8. Entre ellas tenemos:

- La necesidad de asegurar la competitividad de los sistemas 3G para el futuro.
- La demanda de los usuarios por tasas de datos más altas y mayor calidad de servicio.
- Un sistema optimizado para la conmutación de paquetes.
- La demanda continua de la reducción de costos.
- Baja complejidad.
- Evitar fragmentación innecesaria de tecnologías para la operación de banda.

1.2.4. LTE-avanzada

Para la segunda mitad del año 2009 el 3GPP hizo una especificación referente a la propuesta de la ITU. Esta especificación número 10 evalúa LTE y LTE-avanzada como candidatas para lo que se denomina IMT-avanzadas, lo que identifica a un sistema móvil capaz de superar a IMT-2000.

Para lograr este nuevo objetivo, 3GPP ha incluido el desarrollo de sistemas más avanzados que los de 3G. Algunos de los parámetros claves de las IMT-avanzadas serán:

- Funcionalidad y roaming a nivel mundial.
- Compatibilidad de servicios.
- Interoperabilidad con otros sistemas de acceso por radio.
- Tasas de datos mejoradas para soportar servicios avanzados y aplicaciones (100 Mbps para movilidad alta y 1 Gbps para baja movilidad)

Además de los parámetros especificados, una de las mayores razones para anexar LTE a las IMT-avanzadas es que los sistemas que conforman las IMT serán candidatos para futuras bandas nuevas de espectro que serán identificadas como WRC07.

1.3. Características relevantes de LTE

LTE es una solución de banda ancha móvil que ofrece varias características con mucha flexibilidad en términos de despliegue y servicios potenciales. Algunos de los parámetros más importantes que merecen ser mencionados son los siguientes:

1.3.1. OFDM y OFDMA

La Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales (OFDM) consiste en varias portadoras espaciadas de tal forma que, a pesar de que sus espectros se cruzan, no causan interferencias unas en otras. Se pueden enviar varias ondas portadoras (múltiples señales) simultáneamente en frecuencias distintas, de esto nace la necesidad de una división de frecuencias.

Para la división del espectro, es necesario dejar un espacio antes y otro después de cada frecuencia portadora para que no haya interferencias entre ellas. A estos espacios se les llama bandas de guarda.

La OFDM tiene a la FDM como principio. En la FDM los datos de un usuario se transmiten constantemente en una sola frecuencia como se muestra en la figura 1-5, mientras que con la OFDM los datos se dividen y se transmiten continuamente por varias sub-portadoras de menor capacidad.

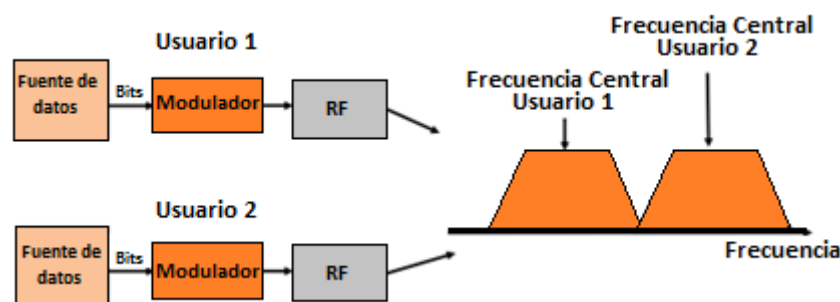


Figura 1-5. Principio FDM

Como se explicó anteriormente, las señales podrían interferir unas con otras si no se da una banda de guarda adecuada para cada frecuencia portadora que evite que se superpongan. La ortogonalidad de las frecuencias permite que estas bandas sean innecesarias.

En la OFDM se crean sub-portadoras cuyas ondas se puedan superponer sin causar interferencias. Las frecuencias centrales son seleccionadas con una diferencia de espacio específica que hace que las ondas portadoras tengan el valor de cero en las frecuencias centrales de las vecinas, como se muestra en la siguiente figura.

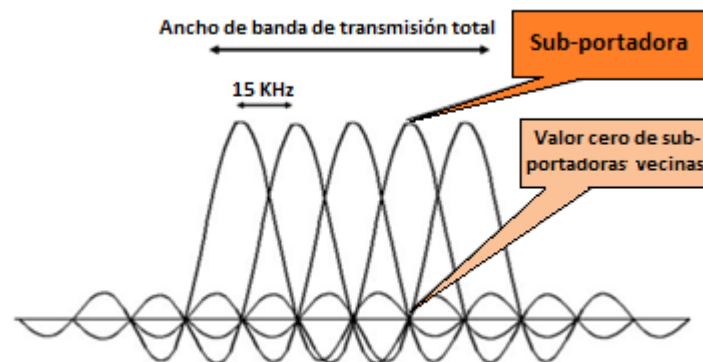


Figura 1-6. **Ortogonalidad de las ondas portadoras**

Para la especificación 8 de LTE la diferencia que 3GPP eligió para las frecuencias portadoras es de 15 KHz, y como alternativa en las siguientes especificaciones se planteó una distancia de 7.5 KHz entre portadoras.

El OFDMA, que traducido significa Acceso Múltiple por División de Frecuencias Ortogonales, es una elaboración de la OFDM utilizada por LTE y otros sistemas que incrementa la flexibilidad del acceso de los usuarios al sistema mediante la multiplexación de varios usuarios en las mismas sub-portadoras.

El OFDMA es utilizado para el enlace descendente con el objetivo de contrarrestar la interferencia de multitrayectoria en el canal de radio y proveer una mayor eficiencia espectral ya que no se necesitan bandas de guarda.

1.3.2. SC-FDMA

Para el enlace ascendente, LTE se basa en la técnica de Acceso Múltiple por División de Frecuencia de Portadora Simple.

Esta técnica es una variante de la OFDM con la diferencia de que permite un menor consumo de energía y el uso de amplificadores menos costosos en el terminal.

La duración de la batería de los móviles está aumentando todo el tiempo, sin embargo es necesario conseguir que el móvil ocupe su energía lo menos posible. El amplificador de radiofrecuencia que transmite las señales hacia las antenas de la estación base es el elemento de mayor potencia por lo que es necesario que este trabaje de la manera más eficiente con un nivel de potencia constante.

Desafortunadamente la OFDM tiene picos de potencia que en la estación base no representa un problema, pero es inaceptable para un móvil. Por eso LTE utiliza el esquema de modulación SC-FDMA para la comunicación del móvil a la estación base. Esta técnica combina los picos bajos que ofrecen los sistemas de portadora simple y la disminución de la interferencia por multitrayectoria que ofrece la OFDM.

Como una comparación entre los métodos utilizados para los enlaces descendente y ascendente se presenta la figura 1-7.

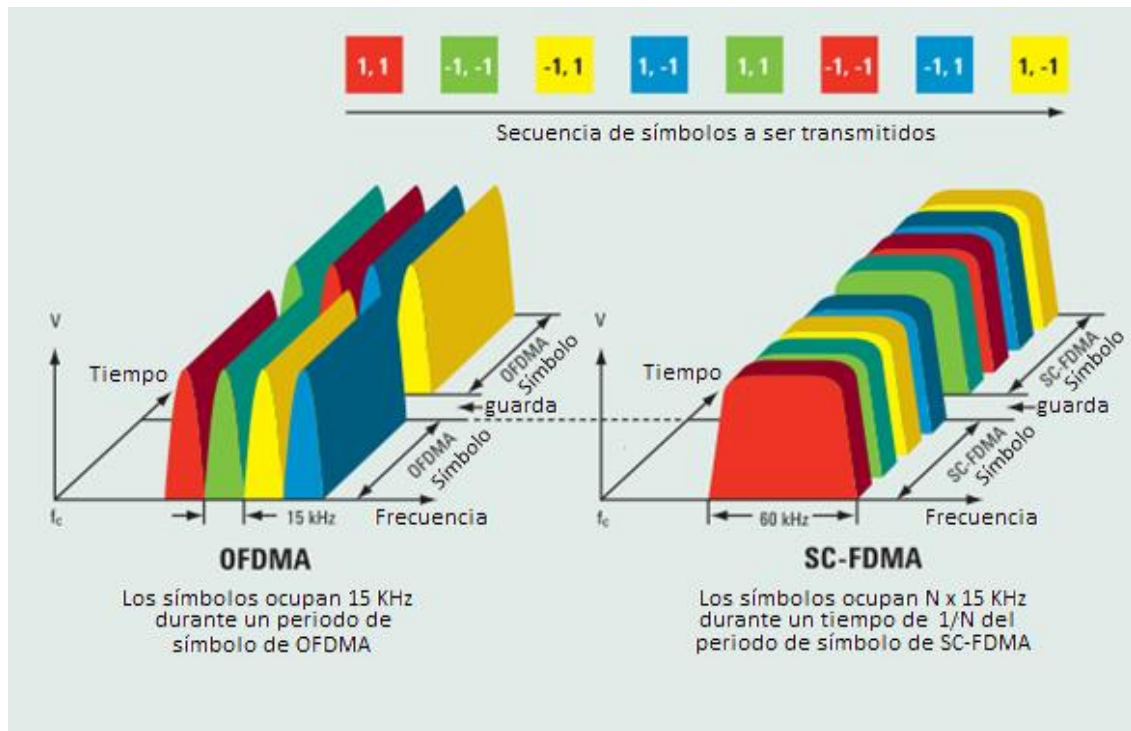


Figura 1-7. Diferencia entre OFDMA y SC-FDMA

(Fuente: ITU)

Por claridad, el ejemplo que se presenta utiliza solo cuatro sub-portadoras y dos periodos de transmisión. Las señales LTE reales están asignadas en unidades de 12 sub-portadoras adyacentes (180 KHz) llamadas bloques de recursos. Cada bloque dura 0.5 ms y usualmente contienen 7 periodos de transmisión.

Según el método de modulación utilizado, los datos se convierten en una secuencia de símbolos a ser transmitidos.

Al lado izquierdo se pueden ver las N sub-portadoras de 15 KHz cada una. En este ejemplo son 4 sub-portadoras y por eso se toman 4 símbolos en paralelo. Después de que ha pasado un periodo de símbolo, se inserta un periodo de guarda y luego los siguientes 4 símbolos se transmiten en paralelo. Por facilidad, el periodo de guarda se muestra como un espacio, no obstante durante este periodo se transmite una copia del final del siguiente símbolo para evitar la interferencia intersimbólica.

Como se puede ver, a diferencia del OFDMA, el SC-FDMA transmite los símbolos de forma serial, ocupando un ancho de banda de $N \times 15$ KHz, en donde N es el número de sub-portadoras que se utilizarían en la OFDM. De forma visual se distingue claramente que el OFDMA utiliza múltiples portadoras y el SC-FDMA utiliza una sola.

La transmisión paralela de varios símbolos es lo que crea los picos de potencia no deseados en el OFDMA. Al transmitir los mismos símbolos en forma serial, el ancho de banda ocupado por el SC-FDMA es el mismo que en el OFDMA pero los picos no varían de los símbolos originales.

1.3.3. TDD y FDD

Las técnicas de duplexado identifican los enlaces ascendente y descendente en un sistema celular. A pesar de que son métodos muy distintos, LTE soporta ambas técnicas.

En el FDD los enlaces ascendente y descendente están separados, por lo que transmiten datos simultáneamente operando en diferentes frecuencias como se muestra en la figura 1-8. En el FDD la transmisión es continua.

En el TDD ambos enlaces se encuentran en una misma frecuencia pero se transmiten por turnos, lo que hace que la transmisión sea discontinua.

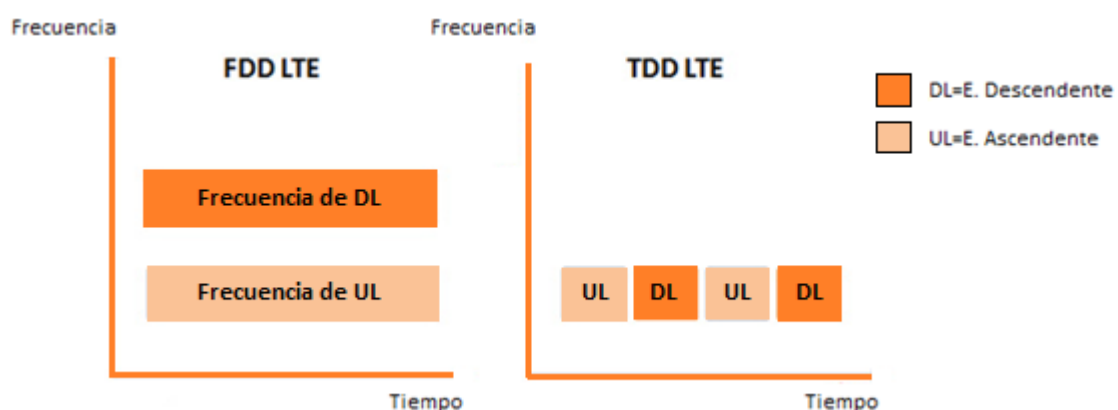


Figura 1-8. **Métodos FDD y TDD**

(Fuente: Difference Between)

El FDD es más eficiente y representa mayor volumen de dispositivos e infraestructura. Sin embargo, el TDD es preferido por la mayoría de implementaciones debido a su flexibilidad para escoger las tasas de transferencia de datos de los enlaces según convenga, capacidad de explotar la reciprocidad del canal, capacidad de implementación en una banda no dividida y el diseño del transceptor es menos complejo.

Dado que el hardware para FDD y TDD de LTE es el mismo, excepto por la unidad de radio, los operadores del TDD serán por primera vez capaces de disfrutar de economías de escala contando con un amplio soporte de productos FDD.

La 3GPP ha definido para uso de LTE 15 bandas de frecuencia distintas para FDD y 8 bandas para TDD.

Desde los comienzos se ha pensado en que LTE soporte múltiples bandas de frecuencia, lo que quiere decir que tiene la capacidad de alcanzar rápidamente altas economías de escala y cobertura global.

LTE está definida para soportar anchos de banda de portadora flexibles desde 1.4 MHz a 20 MHz en varias bandas del espectro y el despliegue tanto de FDD como TDD. Esto quiere decir que un operador puede introducir LTE en bandas nuevas o en bandas ya existentes haciendo que su despliegue implique todas las bandas celulares. A diferencia de anteriores sistemas celulares, LTE abarca rápidamente múltiples bandas.

1.3.4. AMC

LTE soporta varios esquemas de modulación y corrección de errores. Estos esquemas pueden ser cambiados según el usuario o según las tramas enviadas basándose en las condiciones del canal.

La Modulación y Codificación Adaptativa (AMC) es un mecanismo efectivo para maximizar el rendimiento de un canal que es variable en el tiempo. El algoritmo de adaptación siempre hace uso del esquema de modulación y codificación que permita que el usuario sea provisto con las tasas de datos más altas

posibles que puedan ser soportadas por sus respectivos enlaces, de bajada o de subida.

1.3.5. Soporte de Ancho de banda variable

El E-UTRA (Evolved Universal Terrestrial Radio Access, Acceso de Radio Terrestre Universal Evolucionado), definido más adelante, opera con asignaciones de espectro de diferentes tamaños tanto en el enlace descendente como el ascendente, además de soportar FDD y TDD. Los cambios pueden hacerse dinámicamente para soportar el roaming de los usuarios móviles a través de diferentes redes que pueden tener diferentes asignaciones de ancho de banda.

1.3.6. Altas tasas máximas de datos

LTE tiene la capacidad de soportar, para el enlace descendente, una tasa de datos de 100 Mbps en un espectro de 20 MHz lo que indica una eficiencia de 5 bps/Hz. Con esta velocidad un usuario puede ser capaz de descargar un archivo de 5 Megabytes, como una canción, en aproximadamente medio segundo utilizando toda la capacidad.

Para el enlace ascendente, la tecnología LTE soporta una tasa de datos de 50 Mbps en un espectro de 20 MHz, otorgando una eficiencia espectral de 2.5 bps/Hz.

1.3.7. Movilidad

La movilidad ofrece beneficios a los usuarios finales, por ejemplo, los servicios de bajo retardo, como la voz o conexiones de video en tiempo real se pueden mantener incluso en trenes de alta velocidad. La movilidad es beneficiosa también para los servicios que no implican movimiento del usuario como conectividad portátil. Permite mantener una conexión fiable especialmente en las zonas en que se cruzan dos celdas vecinas.

El precio de la movilidad normalmente está en la complejidad de la red tanto en los algoritmos como en la gestión de la misma. El objetivo de la red de radio LTE es proporcionar movilidad sin interrupciones en la comunicación y, al mismo tiempo, mantener simple la gestión de red.

Se puede optimizar la E-UTRAN (Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network, Red de Acceso de Radio Terrestre Universal Evolucionado) para baja movilidad desde 0 a 15 Km/h y para una movilidad más alta, entre 15 y 120 Km/h, que es soportada con mayor desempeño. Se mantiene la movilidad entre redes celulares a velocidades de 120 a 350 Km/h o mayores dependiendo de la banda de frecuencia.

1.3.8. ARQ

LTE soporta Peticiones de Retransmisión Automáticas (ARQ, Automatic Repeat-reQuest). Una conexión habilitada para estas retransmisiones requiere que el receptor tenga conocimiento de cada paquete transmitido. Los paquetes que no sean de conocimiento del receptor son asumidos como paquetes perdidos y son retransmitidos. LTE también soporta un ARQ-híbrido, el cual es un efectivo híbrido entre FEC y ARQ, en donde FEC es la corrección de errores después de la transmisión.

1.3.9. Usuarios simultáneos

LTE ofrece la posibilidad de utilizar los recursos tanto en tiempo como en frecuencia, permitiendo el soporte de múltiples usuarios en un intervalo de tiempo. En cambio, la tecnología existente de 3G utiliza los recursos únicamente en tiempo o en frecuencia, lo que limita el servicio a un solo usuario para cada ranura de tiempo. Esta capacidad de LTE resulta en la experiencia de estar siempre conectado y permite la proliferación de aplicaciones y sistemas inalámbricos integrados.

1.3.10. Seguridad

La seguridad es una mejora que LTE presenta frente a otros sistemas celulares debido a la implementación de la UICC (Universal Integrated Circuit Card, Tarjeta Universal de Circuito Integrado), la tarjeta SIM y las claves privadas de almacenamiento y de autenticación.

Adicionalmente, LTE incorpora una autenticación mutua, confidencialidad de la identidad del usuario, protección de la integridad de todos los mensajes de señalización entre el móvil y la Entidad de Gestión de Movilidad (MME), y cifrado o encriptación de datos opcional.

1.3.11. Roaming

Debido a que LTE será el estándar 4G unificado a nivel mundial, sus dispositivos se pueden configurar para conseguir un eficiente roaming global.

Además, LTE debe soportar el roaming entre estándares 2G, 2.5G, 3G y 4G con el fin de garantizar al cliente una experiencia sin fallos.

1.4. Arquitectura del sistema LTE

La arquitectura de una red es la forma en la que se interconectan varios elementos que tienen las tecnologías adecuadas para definir los servicios y protocolos que satisfacen los requerimientos de red.

Para implementar una red LTE se debe considerar que debe soportar una transmisión de datos efectiva, una alta calidad de servicio y que debe soportar mayor movilidad que las anteriores tecnologías.

Para alcanzar los objetivos de LTE es preciso implementar una arquitectura de red plana. Estas estructuras tienen tendencia a simplificar lo máximo posible la jerarquía, especialmente reduciendo la cantidad de elementos que se ocupan en la red. Por ejemplo, el componente radio en LTE debe asumir funciones que en otros sistemas se hallan distribuidas en diferentes plataformas.

Así, la arquitectura de los nuevos sistemas está diseñada para cumplir con varios requerimientos de funcionamiento del sistema como:

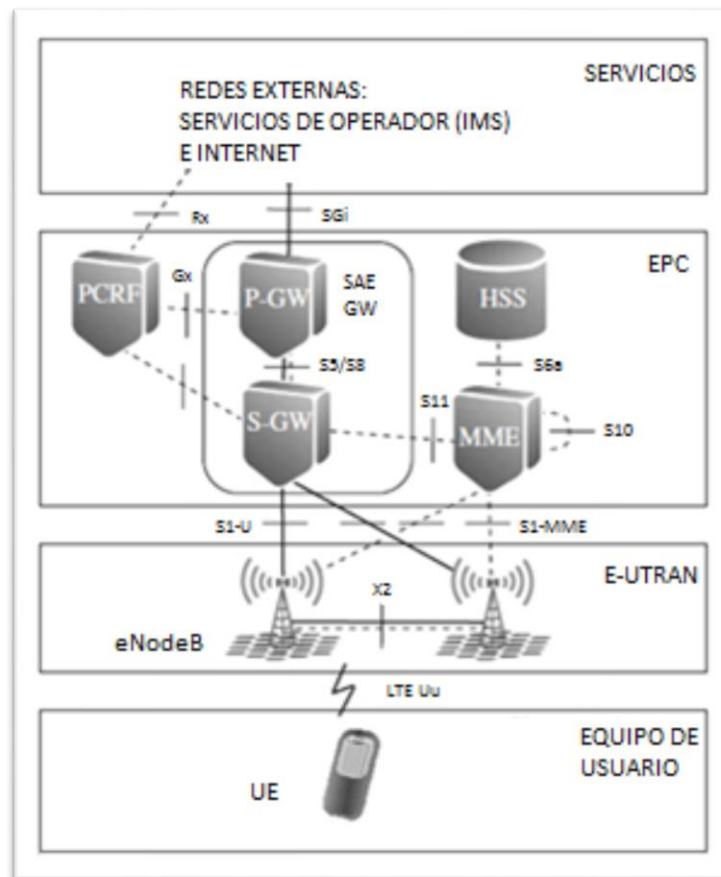
- Arquitectura simplificada orientada hacia una red IP.
- Óptima administración en la calidad de servicios.
- Interoperabilidad con otras redes 3GPP y redes inalámbricas.
- Incremento en la eficiencia del espectro.
- Mayor rendimiento para transferencias más altas de datos.
- Reducción de la latencia de la red.
- Mejor distribución de recursos y utilización del canal.
- Todos los servicios utilizan conmutación de paquetes.

La arquitectura de una red del sistema LTE es conocida como EPS (Evolved Packet System, Sistema de Paquetes Evolucionado). Básicamente este sistema está compuesto, como se muestra en la figura 1-9, por los Equipos de Usuario (UE), la red de acceso E-UTRAN y la red troncal EPC (Evolved Packet Core, Núcleo de Paquetes Evolucionado). Estos últimos representan la capa de conexión IP cuyo objetivo principal es garantizar una alta conectividad.

La red troncal de los anteriores sistemas 3GPP estaba dividida en forma lógica por: Dominio de Circuitos (CS), Dominio de Paquetes (PS) y Subsistema Multimedia IP (IMS).

El Dominio de Circuitos es el encargado de proveer los servicios de telecomunicaciones mediante la conmutación de circuitos, utilizadas en las redes de acceso anteriores llamadas UTRAN. Para el caso de las redes evolucionadas E-UTRAN de LTE no se contempla el uso del Dominio de Circuitos debido a que todos sus servicios están orientados únicamente al Dominio de Paquetes.

El Subsistema Multimedia IP (IMS) es un conjunto de especificaciones utilizado como capa de conectividad hacia los servicios de telefonía y multimedia a través de IP.

Figura 1-9. **Arquitectura de red LTE**

(Fuente: LTE for UMTS OFDMA and SC-FDMA Based Radio Access)

1.4.1. Elementos lógicos

1.4.1.1. Servicios del Subsistema Multimedia IP (IMS)

Es considerado como una entidad externa de la red LTE que proporciona los mecanismos para la provisión de servicios multimedia basados en IP. Los elementos que conforman su infraestructura como servidores, bases de datos y plataformas, se comunican entre sí por medio de protocolos basados en normas IETF con el objetivo de facilitar la interoperabilidad de los diferentes terminales móviles con las redes globales actuales.

El IMS pretende sustituir la provisión de los servicios que actualmente se ofrecen en modo de circuito por un mecanismo de conmutación de paquetes en el que incluso los servicios con restricciones de tiempo real se soportan mediante el protocolo IP.

Los protocolos utilizados permiten gestionar la provisión de servicios tales como voz y video sobre IP, presencia y mensajería instantánea, mensajería multimedia, aplicaciones interactivas, servicios de llamadas en grupo, etc.

El protocolo que soporta la señalización asociada a IMS es SIP (Protocolo de Inicio de Sesión), por lo que 3GPP lo adoptó como protocolo base.

Este subsistema está compuesto por 3 capas:

- **Capa de aplicación:** Es la encargada de almacenar a los servidores de las diferentes aplicaciones multimedia que intercambian datos de las mismas ya sean con el usuario o con proveedores de aplicaciones externas.
- **Capa de control:** Contiene a las entidades de control de intercambio de información que se basan principalmente en el protocolo SIP anteriormente mencionado.
- **Capa de transporte:** Representa a la red IP que genera el encaminamiento de los paquetes IP dependiendo de la tecnología de acceso a la que se conecta en este caso la tecnología LTE.

1.4.1.2. Red Troncal EPC

1.4.1.2.1. Entidad de Gestión de Movilidad (MME)

La MME (Mobility Management Entity, Entidad de Gestión de Movilidad) es un elemento localizado en la red troncal EPC encargado de realizar las gestiones necesarias para tener acceso a los UE (User Equipment, Equipo de Usuario) mediante la red de acceso E-UTRAN. Cada UE, según su localización, tiene asignada una MME que sirve a un conjunto de eNodeBs dependiendo de la ubicación en la que se encuentren o según la carga que maneja cada uno de ellos.

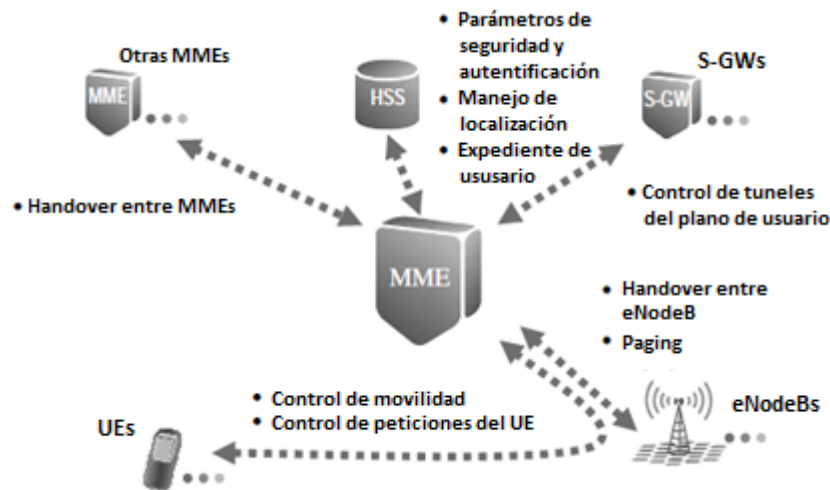


Figura 1-10. **Elementos de la Entidad de Gestión de Movilidad**

(Fuente: LTE for UMTS OFDMA and SC-FDMA Based Radio Access)

Las funciones de la MME son:

1) Autenticación

La MME se encarga de la autenticación y autorización de los UE en el sistema. Para ello utiliza el mecanismo EPS AKA (Authentication and Key Agreement, Autenticación y Acuerdo de Clave).

Para poder autenticarse en la red, el proceso EPS AKA inicia en la MME con la recepción de un primer mensaje enviado desde el UE al comenzar un servicio. Este mensaje puede ser una petición para ser registrado en la red o para una actualización del área de seguimiento.

Si el MME no encuentra una autenticación del usuario pide la información al HSS mediante un mensaje que debe incluir el IMSI del usuario. Una vez obtenida la información, la MME solicita la autenticación del usuario mediante un mensaje que incluya al identificador corto K_{ASME} , un número aleatorio y un parámetro denominado AUTN (Authentication Token, Parámetro de Autenticación). Con este mensaje, el USIM (Universal Subscriber Identity Module, Módulo de Identificación Universal del Suscriptor) verifica la validez del AUTN para identificar la red con la que se requiere establecer conexión

generando un mensaje de respuesta, que debe coincidir con el vector de autenticación para finalizar la acción.

2) Movilidad

Esta función en LTE se maneja únicamente en la entidad MME. La movilidad se encarga de rastrear a todos los UE que se encuentran en un área específica llamada Área de Seguimiento (TA, Traking Area). La MME controla varias TAs, cada una gestionada por un eNodeB diferente para evitar solapamientos entre las áreas de servicio.

La MME realizará el seguimiento a un usuario, ya sea por eNodeB o por TA, mediante mensajes de aviso (paging) hasta localizar al UE. Y también ejecuta el control de señales para el handover entre eNodeBs, S-GW o MMEs.

Una característica de las redes LTE en la movilidad es la de reducir la señalización que se produce en las zonas límites entre TAs, permitiendo registrar a un UE en múltiples TAs a la vez. Por lo tanto, los avisos de localización se dan solo cuando un UE se mueve fuera el grupo de TAs al que se encuentra anexo.

3) Manejo y gestión de suscripción y servicio de conectividad

La MME se encarga de recuperar el perfil de servicios con los que cuenta un UE mientras este se encuentre registrado en la red. El perfil contiene información del tipo de paquetes de datos utilizado para la conexión entre la red y el UE.

La configuración de portadora para la conectividad IP es gestionada por la MME, incluyendo a la señalización que se da entre el eNodeB y la S-GW.

1.4.1.2.2. Puerta de enlace de servicio (S-GW)

El elemento S-GW es parte de la Red Troncal EPC. Sus funciones de control son secundarias debido a que sus recursos son controlados por la entidad MME. Este es el medio que conecta varios eNodeBs de una zona a la MME.

Un UE puede estar enlazado a una sola S-GW, dependiendo de su ubicación, y mantener una cierta movilidad entre varios eNodeBs. Se sabe que la movilidad está ligada al proceso de handover, por eso, si el UE sale de la zona cubierta por una S-GW, necesitará realizar un handover para enlazarse a una segunda S-GW. Al igual que si sale de la cobertura de un eNodeB, necesita enlazarse a otro que le brinde el servicio. Ambos cambios son controlados por la MME.

La función sobresaliente de la S-GW es que permite el enlace de una red LTE, en su totalidad, con redes de diferentes tecnologías, especialmente otras versiones 3GPP como UTRAN o GERAN.

Además, este elemento es el encargado de enrutar el tráfico de los usuarios ya sea de subida (desde el UE hacia la P-GW) o de bajada (desde la P-GW hacia los eNodeBs). También almacena todos los paquetes IP dirigidos a un usuario mientras este se encuentra fuera de servicio. Así, cuando el UE se reconecta a la red, recibe sus paquetes desde la S-GW.

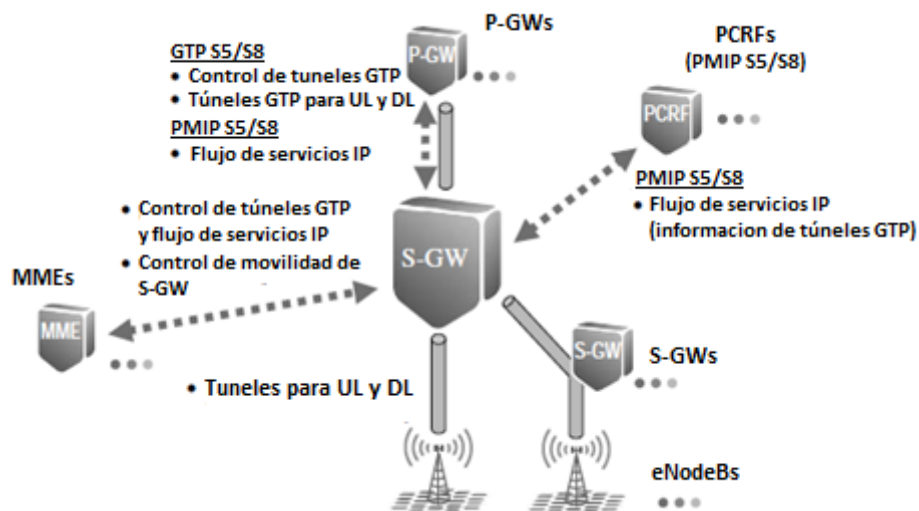


Figura 1-11. Elementos de S-GW

(Fuente: LTE for UMTS OFDMA and SC-FDMA Based Radio Access)

1.4.1.2.3. Puerta de red de paquetes de datos (P-GW)

Este elemento de la red troncalizada EPC se encarga de transmitir los paquetes IP generados por un UE en una red LTE hacia una red externa. La P-

GW agrega también la dirección IP (IPv4 y/o IPv6) mediante DHCP a cada UE que lo ha solicitado.

La P-GW analiza todos los paquetes IP y elimina aquellos que no forman parte del tráfico regular. De la misma manera, puede determinar el costo y la tarifa que debe cancelar el usuario por el servicio de tráfico de datos.

La asignación de portadoras para la transmisión de paquetes de datos depende de las peticiones que provengan de la S-GW que a su vez es gestionado por la MME.

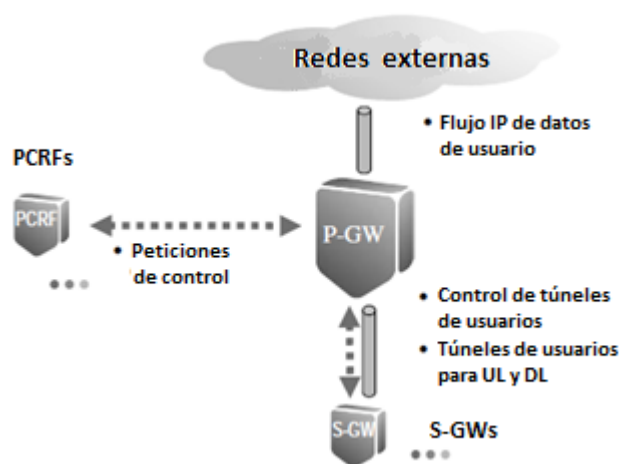


Figura 1-12. Elementos de P-GW

(Fuente: LTE for UMTS OFDMA and SC-FDMA Based Radio Access)

1.4.1.2.4. Función de políticas y reglas de carga (PCRF)

La Función de Políticas y Reglas de Carga (PCRF, Policy and Charging Rules Function) es una entidad común en las redes 3GPP. Se encarga de la administración de los servicios de portadora utilizados por la P-GW y la S-GW, y del control de carga. Para realizar sus funciones se basa en los parámetros de QoS y tarificación.

El usuario no solicita un determinado QoS, sino la misma red se encarga de establecerlo mediante los servicios de portadora gestionados por ella misma.

En cuanto al control de tarificación, únicamente se valida la conexión de un UE con la red si el usuario cuenta con crédito.

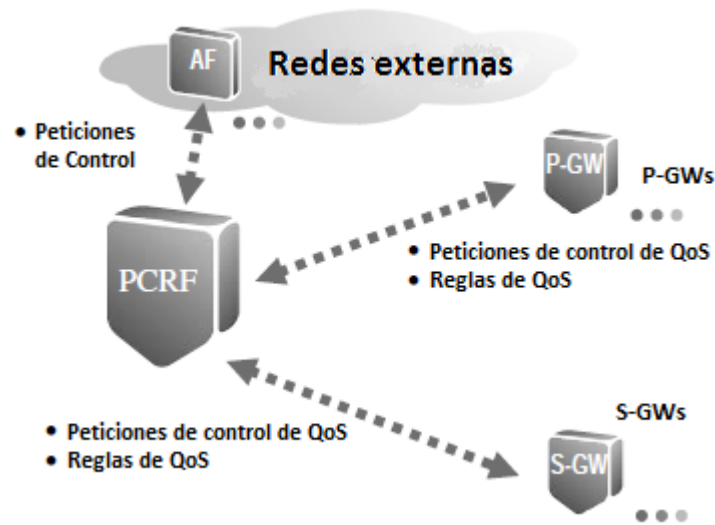


Figura 1-13. Elementos de PCRF

(Fuente: LTE for UMTS OFDMA and SC-FDMA Based Radio Access)

1.4.1.2.5. Servidor de suscripción local (HSS)

Esta entidad es una base de datos compuesta por 2 elementos: el HLR (Registro de Localización Local) y el AuC (Centro de Autenticación).

El HLR almacena la información de perfil de todos los usuarios, incluyendo las condiciones de contrato de cada uno de ellos, así como su localización temporal dentro de la red. Esta información es consultada y modificada frecuentemente por las diferentes entidades.

Para determinar la veracidad del usuario se encuentra la entidad AuC la cual mediante los vectores de autenticidad, que incluyen el IMSI del UE, confirma la existencia del usuario y genera claves de cifrado para proteger la transmisión de datos.

1.4.1.3. Red de Acceso E-UTRAN

1.4.1.3.1. eNodeB

A diferencia de las redes con arquitecturas distintas, la red LTE cuenta con un único nodo llamado eNodeB (evolved NodeB) cuya funcionalidad es la de una estación base. Es capaz de manejar una o más celdas E-UTRAN.

En una red LTE se eliminan los componentes intermedios utilizados en tecnologías anteriores entre el UE y la estación base, lo que reduce la latencia y permite que el procesamiento de datos se distribuya entre varios eNodeB.

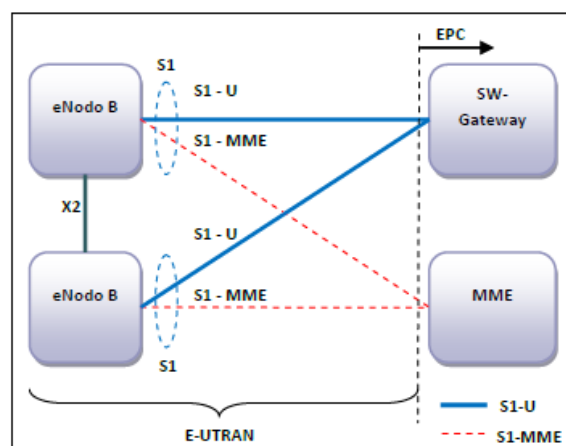


Figura 1-14. Red de Acceso E-UTRAN

(Fuente: CINTEL)

Debido a que es el único elemento de la E-UTRAN, se concentran en él todas las funciones de la red de acceso que son:

- **Manejo de los Recursos de Radio, (RRM, Radio Resource Management):** Se da el control de la portadora de radio. Implica el manejo, control, asignación y balanceo de los recursos de radio en los canales de subida y de bajada.
- **Manejo de las funciones de paging:** Estos mensajes son generados por el MME y recibidos mediante la interfaz S1-MME. Se utiliza un enlace descendente mediante el cual el MME indica al UE que existe tráfico entrante dirigido hacia él, ya sea de voz, datos o SMS.

- **Gestión de handover:** Este proceso está basado en el análisis de las mediciones de señal de la portadora.

La interfaz que interconecta a los eNodeB entre si es X2, y la que los conecta a la red troncal es la interfaz S1. Esta se divide en 2 subinterfaces llamadas S1-U y S1-MME, las cuales conectan al eNodeB a una S-GW y a la MME respectivamente.

1.4.1.3.2. HeNB

Algunas redes pueden incluir en su arquitectura al elemento HeNB (Home eNodeB), también conocidas como femtocélulas o femtoceldas, utilizadas para áreas de coberturas más pequeñas como oficinas que necesitan una mayor capacidad.

Los HeNBs se conectan con la red troncal directamente mediante la interfaz S1 o utilizando el elemento intermedio HeNB-GW que hace las funciones de tunelador para conectar la red de acceso a la red troncal.

Sin embargo, no existe conexión directa entre HeNBs, lo que limita una de las ventajas de las redes LTE que es la disminución de latencia.

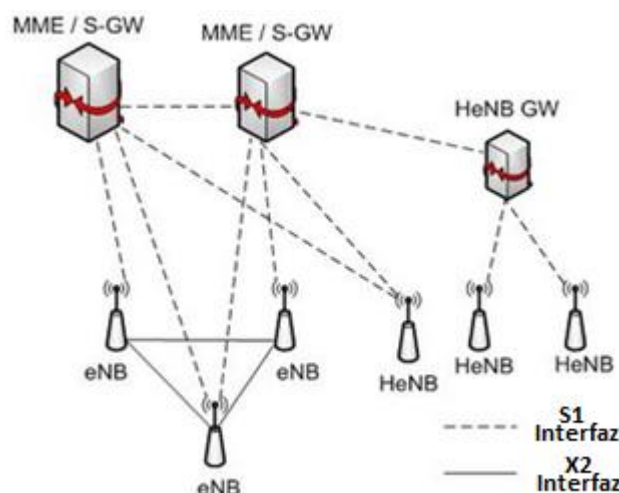


Figura 1-15. **Nodos HeNB en arquitectura E-UTRAN**

(Fuente: LTE and the Evolution to 4G Wireless)

1.4.1.4. Equipo de Usuario (UE)

Los equipos de usuario son los dispositivos finales que permiten al usuario acceder a los diferentes servicios ofrecidos por las redes mediante la interfaz de radio. Están compuestos por dos elementos: el equipo móvil y el USIM (Universal Subscriber Identity Mobile, Módulo de Identificación Universal del Suscriptor).

El equipo móvil es un dispositivo electrónico como: una laptop, un smartphone, una tablet, etc., que permite al usuario final interactuar de manera amigable con la red móvil.

El USIM es una aplicación ubicada dentro de una tarjeta removible llamada UICC (Universal Integrated Circuit Card, Tarjeta Universal de Circuito Integrado). Esta aplicación se encarga de autenticar a un usuario en la red proporcionando así la seguridad de que la transmisión de los datos se da únicamente entre los usuarios a quienes les corresponde.

Como se muestra en la siguiente figura, la interfaz que comunica al UE con la red es la interfaz de radio denominada LTE Uu, la cual se definirá más adelante.

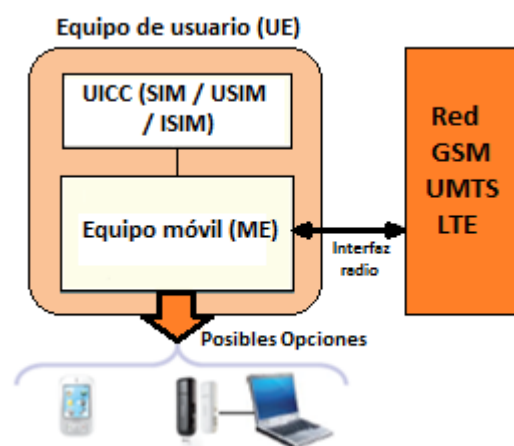


Figura 1-16. Arquitectura de Equipo de Usuario

(Fuente: LTE: Nuevas Tendencias en Comunicaciones Móviles)

1.4.2. Interfaces

1.4.2.1. Interfaz LTE Uu

Esta interfaz es conocida también como interfaz de aire o interfaz de radio. Mediante esta interfaz se transmiten paquetes IP de control, señalización e información entre el UE y su respectivo eNodeB.

Por este medio se realiza el paging y se envía información específica para el control de las redes de acceso y troncal, por ejemplo, los valores de potencia máxima de transmisión.

La interfaz de radio utiliza una torre de protocolos para la transmisión de datos, la misma que se encuentra dividida en una capa de enlace y una capa física tanto para el plano de usuario como para el plano de control, tal como lo indica el gráfico.

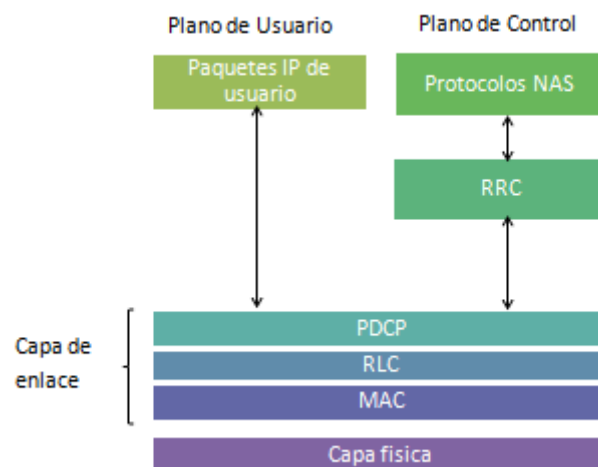


Figura 1-17. Subcapas de la capa de enlace

(Fuente: LTE: Nuevas Tendencias en Comunicaciones Móviles)

La capa de enlace se encuentra dividida en varias subcapas las cuales son:

- **PDCP (Packet Data Convergence Protocol, Protocolo de Convergencia de Paquetes de Datos):** Esta capa es la encargada de comprimir las cabeceras de los paquetes IP y de cifrar los mismos para

mantener la integridad de la información. Además agrega bits a la cabecera que indican la secuencia de los paquetes.

- **RLC (Radio Link Control, Control del Enlace Radio):** Esta subcapa se encarga de corregir errores de las tramas mediante ARQ, además de ordenarlas y reensamblarlas para entregar a la capa PDCP.
- **MAC (Medium Access Control, Control de Acceso al Medio):** Las funciones de esta subcapa son las de multiplexar los diferentes paquetes que provienen de la capa RLC para enviarlas por la capa física a los diferentes usuarios mediante canales lógicos.

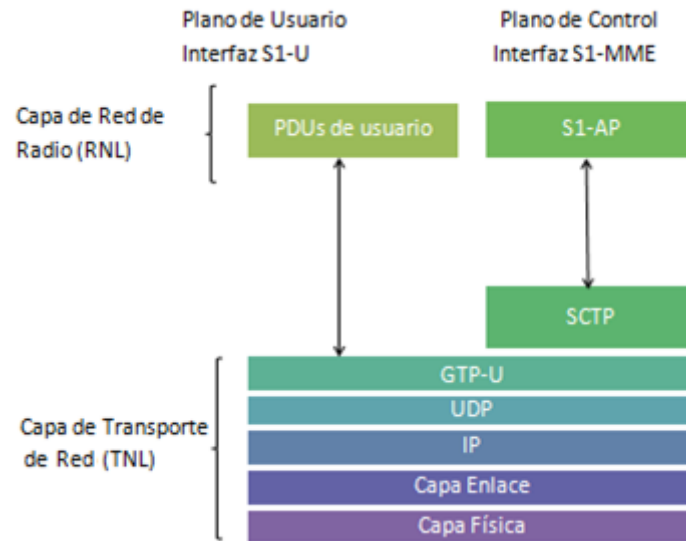
Por otro lado, la capa física es la encargada de gestionar el canal de transmisión. En esta capa se encuentran las características de modulación de la señal junto con las técnicas MIMO (Multiple Input-Multiple Output, Múltiple Entrada-Múltiple Salida).

En el plano de control se encuentra la capa RRC (Radio Resource Control, Control de Recursos Radio), la cual es la encargada del control y gestión de la interfaz de radio, soporta las funciones de manejo de recursos de asignación de portadoras para los usuarios, control de handover, broadcasting, entre otros. Para esto se vale del protocolo NAS (Network Attached Storage, Almacenamiento Adjunto en Red) de almacenamiento de datos correspondientes a cada usuario.

1.4.2.2. Interfaz S1-U

Esta interfaz se encuentra en el plano de usuario y sirve para comunicar a los eNodeBs con la S-GW. Además es utilizada como una pasarela de conmutación durante el handover entre eNodeBs.

Los protocolos de esta interfaz se encuentran divididos en dos capas: RNL (Radio Network Layer, Capa de Red de Radio o acceso) y la TNL (Transport Network Layer, Capa de Transporte de Red), como lo indica la figura 1-18.

Figura 1-18. **Interfaz S1**

(Fuente: LTE: Nuevas Tendencias en Comunicaciones Móviles)

En la capa RNL se encuentra el protocolo PDU de usuario. Este se encarga de gestionar los recursos de comunicación de la red de acceso.

Los protocolos utilizados en la capa TNL son: GTP-U, UDP e IP.

- **GTP:** El protocolo GTP-U está basado en el tunelamiento GPRS. Se encarga de facilitar la movilidad dentro de las redes 3GPP. Este protocolo encapsula e incluye en la cabecera de cada paquete IP el identificador del túnel por el cual va a pasar, su longitud y el número de secuencia.
- **UDP/IP:** Este protocolo envía los paquetes como datagramas sobre redes IP de manera directa. Trabaja sin conexión, por lo tanto no existe ningún tipo de control ni de detección de errores en los paquetes que llegan por la capa física.

1.4.2.3. Interfaz S1-MME

Esta interfaz sirve para comunicar a los eNodeBs con la MME. Las funciones básicas que se establecen en esta interfaz son las de enviar mensajes de

control al eNodeB, que posteriormente serán reenviados al usuario, y de transmitir las señales de gestión de localización de los usuarios en una celda, los paquetes de paging y los avisos de handover, es decir, todos estos servicios gestionados por la MME.

Al igual que la interfaz S1-U, esta también está compuesta por las capas RNL y TNL, como se indica en la Figura 1-18.

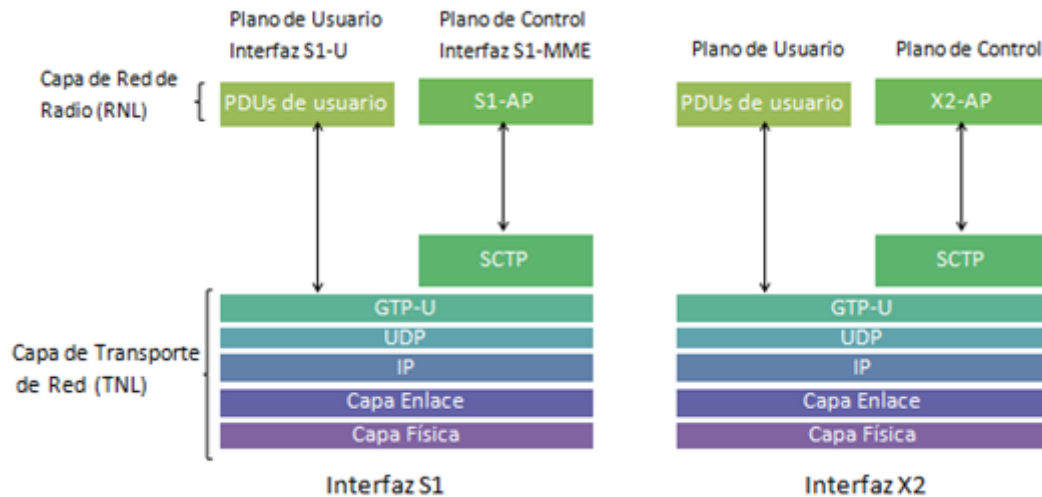
En la capa RNL se encuentra el protocolo S1-AP que soporta todas las funciones iniciadas por la MME como las mencionadas anteriormente (paging, handover, localización, etc.). Mientras que en la capa TNL se tiene el protocolo SCTP que cumple con las mismas funciones que los protocolos GTP-U y UDP.

El SCTP (Stream Control Transmission Protocol, Protocolo de Transmisión del Control de la Corriente), un protocolo de transporte que hereda características de TCP, incorpora a su vez características adicionales como multi-stream y multihoming, que dan mayor robustez a los paquetes transportados. Adicionalmente, estos paquetes se basan en mensajes y no en estructuras de bytes como lo hacía TCP.

1.4.2.4. Interfaz X2

Esta interfaz sirve para transportar información entre eNodeBs adyacentes, que incluye la transferencia de paquetes de usuario y la información requerida para realizar un handover.

Los protocolos de la interfaz X2 son los mismos que se utilizaron en el plano de usuario de la interfaz S1 (S1-U), con la única diferencia de que en la capa RNL el protocolo S1-AP es remplazado por el protocolo X2-AP tal como lo indica la figura 1-19.

Figura 1-19. **Interfaz S1-X2**

(Fuente: LTE: Nuevas Tendencias en Comunicaciones Móviles)

El protocolo X2-AP transporta datos utilizados para la gestión de movilidad, manejo de carga, informe de situaciones de error, configuración de actualizaciones y ahorro de energía para operar correctamente con otros eNodeBs.

1.4.2.5. Interfaz de Red Troncal EPC

- **Interfaz SGi:** Esta interfaz sirve para conectar a las redes de datos externas (IMS o Internet) con la P-GW. Transporta datos tanto en protocolos IPv4 como en IPv6. La SGi es la interfaz equivalente a la interfaz Gi para las redes 2G/3G.
- **Interfaz S5-S8:** Interconecta las entidades P-GW y S-GW. La diferencia entre la interfaz S5 y S8 radica en que la primera sirve para comunicar a entidades dentro de una misma red, mientras que la S8 comunica a entidades de diferentes redes. Los protocolos de esta interfaz son: GTP/UDP/IP.

- **Interfaz S11:** Es la encargada de la comunicación entre las entidades MME y S-GW. Mediante esta interfaz se transporta información de señalización dirigida hacia los usuarios. En el caso de handover, la MME controla la transferencia de paquetes de las S-GWs involucradas mediante esta interfaz. Los protocolos involucrados son: GTP/UDP/IP.
- **Interfaz S10:** Esta interfaz relaciona a dos entidades MME. Se utiliza para transferir información de usuarios que realizan handovers entre MMEs. Contiene la información de seguridad de usuario, gestión de movilidad y servicios portadores. Los protocolos utilizados son: GTP/UDP/IP.
- **Interfaz S6a:** Comunica al HSS con la entidad MME. Permite realizar funciones propias de gestión de usuarios que incluyen localización, autenticación, identificación, perfil de suscripción tanto de usuarios de la red como de otras redes. El protocolo que maneja esta interfaz es el Diameter, el cual es considerado como el protocolo de evolución del RADIUS que complementa las funciones establecidas para AAA (Authentication, Authorization, Accounting; Autenticación, Autorización, Contabilización).

CAPÍTULO 2

RESUMEN SOCIOECONÓMICO DE LA TECNOLOGÍA LTE EN LATINOAMÉRICA Y EL MUNDO

2.1. Introducción

El área de las telecomunicaciones se encuentra en una constante evolución. Con el surgimiento de soluciones tecnológicas se ha logrado un mejor estilo de vida en el que las personas tienen acceso a más información y servicios contando con anchos de banda mayores.

La comunicación de banda ancha se ha convertido en un elemento fundamental para la economía y la sociedad ya que ha cambiado no solo la forma en que la gente trabaja, sino también su forma de vida. Ha permitido el desarrollo de aplicaciones orientadas a una comunicación más fácil y rápida en la que interviene el acceso a la Internet.

Considerando la demanda de banda ancha que ha surgido por parte de los usuarios, las operadoras móviles han atraído al mercado de Internet a través de ofertas de banda ancha móvil. Así han logrado posicionarse como una alternativa competitiva frente a los proveedores de servicios de Internet (ISP) fijos, y actualmente, representan una porción significativa en las comunicaciones globales.

Hace algunos años, la tecnología permitió hablar y enviar mensajes de texto. Hoy en día, los usuarios se encuentran cada vez más interesados por las aplicaciones de datos en lugar de las de voz y mensajería instantánea. Por lo tanto, el número de conexiones móviles está aumentando de forma proporcional al aumento del consumo de datos.

Asimismo, el uso de dispositivos móviles para acceso a Internet ya ha superado globalmente al uso de PCs. Los usuarios ahora se conectan a las

redes desde sus terminales móviles, lo que indica que la gente está deseando usar Internet no solo en un ambiente de oficina o de casa, sino también en un ambiente móvil y con distintos dispositivos.

La asequibilidad y equidad de banda ancha proporciona beneficios económicos y una serie de oportunidades para mejorar el bienestar social: en salud, educación y medio ambiente. Es por eso que para la mayoría de los gobiernos es una prioridad el brindar a las personas acceso a banda ancha. Su objetivo principal es el de cerrar la brecha digital, eliminando así las diferencias socioeconómicas entre las comunidades que tienen acceso a la banda ancha (poblaciones urbanas) y las que no (poblaciones rurales).

LTE es la norma de banda ancha adoptada mundialmente para la próxima generación de redes móviles y cuenta con el respaldo de muchos gobiernos y operadores importantes de la industria. Sin duda, la evolución de este estándar continuará ofreciendo nuevas y mejores formas de educación, comunicación y trabajo.

2.2. Impacto social

2.2.1. Banda ancha

Ya en el año 2001, la banda ancha era un objetivo marcado para las operadoras. Desde ese año han luchado por obtener las licencias que les permitiesen operar bajo tecnologías 3G y ahora bajo 4G.

Con el concepto de banda ancha se buscaba una transformación tecnológica que permita nuevas formas de comunicación. Cuando esta se introdujo, el mercado no estaba preparado para la tecnología que conllevaba. Los terminales no estaban lo suficientemente avanzados y, por ende, no había oferta de contenidos y aplicaciones. Con la evolución de los servicios de banda ancha, los terminales llegaron a converger con la tecnología y ahora, los conocidos como smartphones o teléfonos inteligentes han mejorado la experiencia de usuario en el uso de aplicaciones e Internet.

Los consumidores móviles ahora tienen la posibilidad de acceder 24 horas a las redes sociales, noticias, radios on-line, búsquedas de Google, videos,

llamadas mediante VoIP, etc. Esto está incrementando el tiempo que los usuarios se mantienen conectados a la Internet a través de sus terminales.

El aumento en la eficiencia de las comunicaciones otorgado por el avance tecnológico impulsa a la creación de aplicaciones y servicios. Estos se convierten en necesidades para los usuarios y es por eso que incrementa la demanda.

Una de esas necesidades es el concepto de estar conectado en cualquier momento y en cualquier lugar. La conexión a redes de datos inalámbricas de alta velocidad, como LTE, ya permite satisfacer esa demanda. Las redes móviles de nueva generación poseen un potencial considerable, ya que dan la posibilidad de acceder a servicios que hasta hace pocos años únicamente eran imaginables en comunicaciones fijas.

El éxito de las nuevas tecnologías está basado no solo en el desarrollo de las infraestructuras y tecnologías de comunicación, sino también en los terminales y la amplia oferta de aplicaciones y servicios que se desarrollan sobre ellos.

Las nuevas aplicaciones demandan accesos de calidad, es decir, de anchos de banda mayores. En la siguiente figura se observa cómo ha ido aumentando el ancho de banda proporcionado por las generaciones tecnológicas.

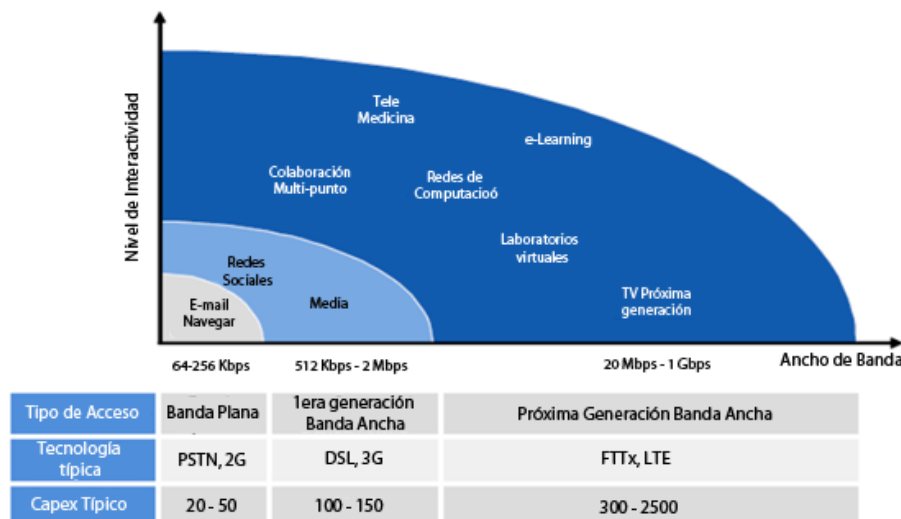


Figura 2-1. Ancho de banda para aplicaciones según las generaciones

(Fuente: Analisis de Booz & Company)

La evolución a 4G permite que las aplicaciones comerciales [1] que solían necesitar redes cableadas sean liberadas y que el acceso a ellas sea a grandes velocidades. Entre estas aplicaciones se encuentran las aplicaciones para empresas con grandes cantidades de datos, video en tiempo real, streaming (reproducción on-line) de medios (películas, música, videos) en aparatos móviles, mensajería de video, telefonía por video, videoconferencias y colaboración en tiempo real.

La banda ancha móvil es una excelente alternativa para la ampliación de los servicios y aplicaciones con el fin de mejorar la comunicación y fortalecer la economía, independientemente de la ubicación. Por eso, LTE es importante para el desarrollo social tanto en áreas urbanas como en áreas suburbanas y rurales.

Los sectores de interés social como educación, salud, seguridad pública y el acceso a los servicios de gobierno son retribuidos positivamente gracias a las características de la nueva tecnología. Por ejemplo, en algunas partes del mundo se tienen clases interactivas multimedia de forma remota. Los estudiantes tienen acceso a información y la comparten con compañeros desde cualquier lugar y dispositivo. Además, para las empresas, el uso de la nube les permite una mejor asistencia y algunas actividades como videoconferencias y teletrabajo. En temas de seguridad pública se puede mencionar el apoyo de búsqueda y rescate de personal o el control de zonas públicas, entre otros.

En países en los que aún no se cuenta con servicios LTE, se debería buscar un acuerdo entre el gobierno y los proveedores de servicios ya que el interés es común y el gobierno es el que asigna las bandas de espectro a los operadores. El acuerdo debe contener un análisis del espectro adecuado para prestar los servicios dependiendo de la zona a la que está dirigido. Las frecuencias más bajas cubren distancias más largas y son muy recomendables para las zonas rurales y suburbanas, donde hay menos personas para dar servicio; las frecuencias más altas son más utilizadas para las zonas densamente pobladas.

2.2.2. Conexiones móviles vs. conexiones fijas

El tema de interés para las comunicaciones móviles siempre ha sido el de las infraestructuras de acceso y la mejora de su calidad y capacidad en la transferencia de datos. Esto se debe al aumento en la demanda de servicios y aplicaciones por parte del usuario. La evolución de las infraestructuras va desde el acceso de banda estrecha, de 56 Kbps para fijo y 9.6 Kbps para móvil, hasta el actual de banda ancha LTE que alcanza los 100 Mbps.

La banda ancha siempre se ha encontrado bajo tecnologías de acceso fijas debido a la limitación que el acceso móvil presenta al tener que compartir el medio de transmisión (el espectro radioeléctrico). Sin embargo, la evolución de los sistemas ha permitido la oferta de soluciones alternativas al acceso fijo que han hecho que la diferencia entre ambos accesos sea cada vez menor. El cuadro a continuación permite la comparación de las velocidades obtenidas con las tecnologías tanto fijas como móviles.

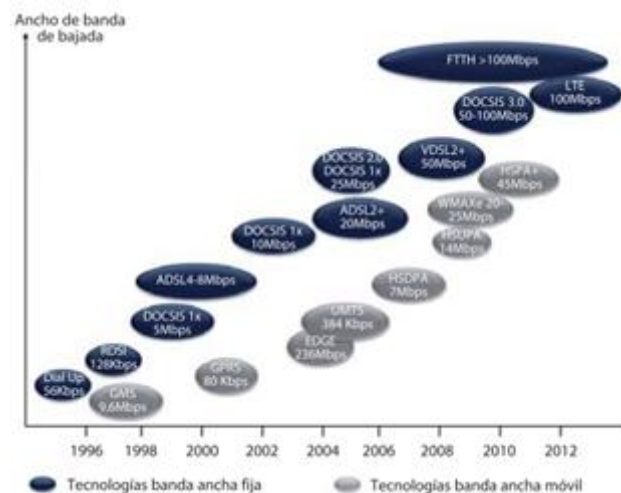


Figura 2-2. **Evolución de alternativas tecnológicas**
(Fuente: GAPTEL)

El acceso fijo está quedándose atrás debido a que varias personas pueden compartir una sola conexión, mientras que un usuario tiende a poseer varias suscripciones de acceso móvil. Esto se da especialmente en mercados desarrollados, donde el acceso móvil será la principal fuente de conexión a Internet.

2.3. Mercado

El sistema LTE es la tecnología que más rápido se ha desarrollado en la historia de la industria. Es vista como la opción perfecta para unificar todas las redes de banda ancha, y por consiguiente, unificar el mercado.

El desarrollo de LTE permite un alcance mayor al de los anteriores sistemas celulares y al de las redes fijas. Esto admite, a su vez, la apertura de un mercado entero y completamente nuevo de las zonas rurales.

2.3.1. Mercado LTE global

LTE ha tenido el despliegue más exitoso entre todas las tecnologías de redes móviles. Hoy en día, con más de 560 dispositivos aplicables [2], LTE es la tecnología de sistemas móviles con el desarrollo más rápido en la historia.

La primera red LTE fue implementada en Oslo (Noruega) y Estocolmo (Suecia) por la operadora TeliaSonera en diciembre de 2009. Para la actualidad, la GSA confirma que hay 145 operadoras que han implementado comercialmente los servicios LTE en 66 países alrededor del mundo. A continuación se muestra una tabla en la que se resume los despliegues comerciales de LTE por año.

Año	Número de redes implementadas por año	Número total de redes LTE
2009	2	2
2010	15	17
2011	30	47
2012	97	144
2013	1	145

Tabla 2-1. **Redes LTE implementadas en el periodo 2009 - 2013**

(Fuente: GSA)

GSA predice que para finales de 2013, el número de redes implementadas ascenderá a 234 en 83 países del mundo.

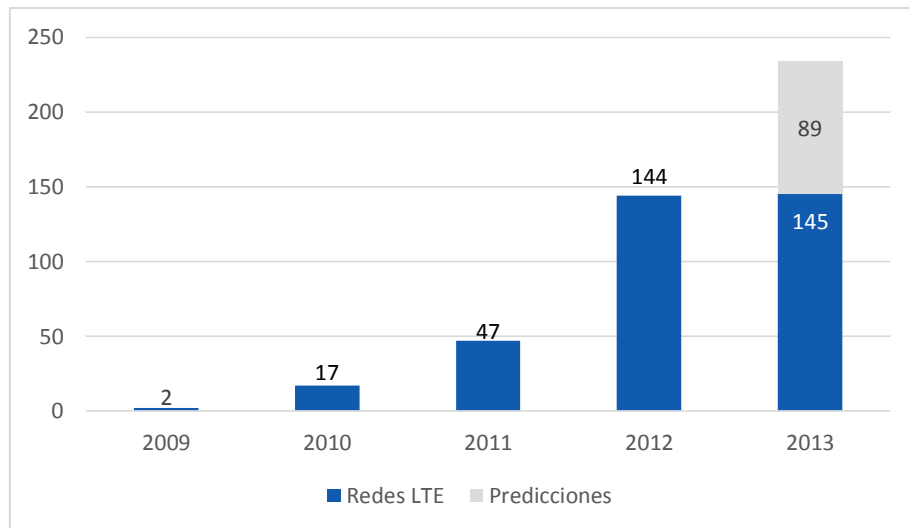


Figura 2-3. Lanzamiento de redes LTE comerciales

(Fuente: GSA Evolution to LTE report)

Para septiembre de 2012, según la GSA, las suscripciones correspondían a un aproximado de 44 millones globalmente. Hoy en día, las 145 redes LTE abarcan un mercado potencial que cubre cerca de 500 millones de usuarios en el mundo. Se espera que para el 2017 se llegue a 802.2 millones.

El total de suscripciones móviles, según Ericsson, fueron de aproximadamente 6.6 billones a fines de 2012, valor que subirá a 9.3 billones para 2018. Por otro lado, las suscripciones de banda ancha alcanzaron los 1.5 billones y se espera que aumenten hasta 6.5 billones para 2018. En el año 2012, se agregaron 13 millones de suscripciones LTE nuevas y Ericsson predice que para 2018, se llegará a contar con 1.6 billones en el mundo. Estos valores se presentan gráficamente a continuación.

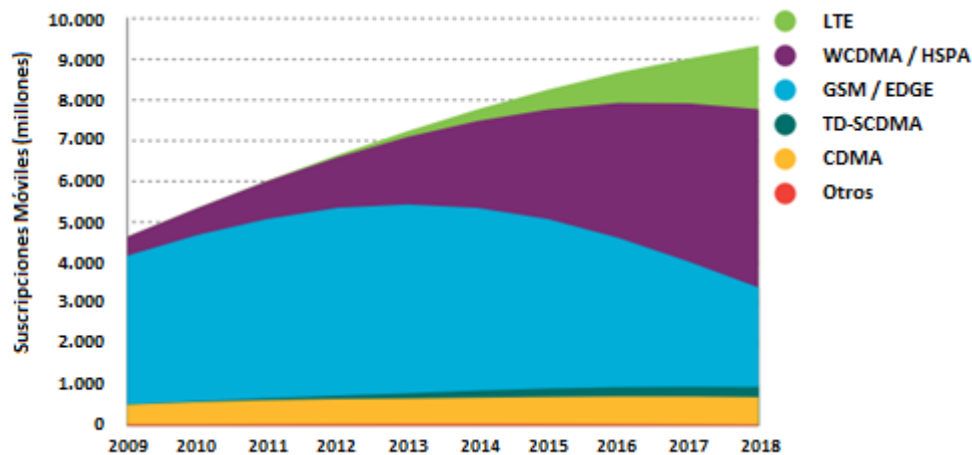


Figura 2-4. **Suscripciones móviles por tecnología, 2009 – 2018**

(Fuente: Ericsson)

A inicios de 2011, la mayor parte del mercado LTE se encontraba distribuido entre Estados Unidos, Japón, Corea del Sur y Suecia, con 4.9 millones de usuarios. Los valores y las operadoras correspondientes se muestran a continuación.

País	Operador Móvil	Usuarios	% de usuarios
Estados Unidos	Verizon Wireless	3'165.000	76
Japón	NTT DoCoMo	388.600	9
Corea del Sur	SK Telecom	250.000	6
Suecia	Telia Sonera	200.000	5
Suecia	Tele 2	150.000	4

Tabla 2-2 **Usuarios correspondientes a operadoras en el 2011**

(Fuente: IDATE-LTE 3Q12)

Desde el año 2012, los países que continúan a la cabeza son Japón, Estados Unidos y Corea del Sur. Estos tres países representan el 90% del mercado global de LTE.

Las principales operadoras han experimentado un rápido crecimiento de usuarios, y ahora se mueven hacia un mercado masivo. Esto se debe en gran

parte a la cobertura de casi el 100% de la población y a la reducción de tarifas de datos.

- En Estados Unidos las operadoras AT&T, Sprint, MetroPCS, y Verizon, son las que han implementado redes LTE. Su crecimiento de cobertura y suscripciones ha llevado a Yankee Group a predecir que para el año 2016, Estados Unidos podría contar con al menos 136 millones de líneas LTE. Este es el país pionero en América en desplegar redes con esta tecnología, permitiendo que Canadá también ofrezca servicios en la red LTE siguiendo un esquema similar. Hasta mediados y finales de 2011 el número de usuarios en Norte América fue de 11.672 millones, convirtiéndola en la zona geográfica con mayor número de usuarios. Se pronostica que esta zona sea líder en usuarios hasta 2014.
- En la región Asia-Pacífico la mitad de los países han desplegado redes LTE hasta 2011 y se considera como la región con la mayor tasa de incremento de usuarios. Para el 2015, se piensa que será la región líder, superando a Norteamérica. En Corea del Sur, en particular, la operadora LGU+ ha experimentado un crecimiento mucho más rápido que Estados Unidos y Japón debido a que implementaron una estrategia de tarifas bajas, que al parecer ha atraído más a los usuarios y al consumo promedio que sus competidores.
- En Europa Occidental 15 de los 18 países se encuentran operando ya con tecnología LTE en telefonía móvil, los países que aún no han desplegado esta red son: Grecia, Islandia y Luxemburgo. El país con mayor número de usuarios es Suecia, hasta el 2011 registraba el 22% de usuarios del total en esta región. Se prevé que para 2015 Europa Occidental sea la tercera zona con mayor número de usuarios.
- En Europa Oriental cinco países operan ya con redes LTE representando el 25%. El incremento anual de suscriptores es el menor a nivel mundial, proyectándose para el año 2015 como la región con

menos usuarios a pesar de iniciar con un número de suscriptores mayor a la región Asia-Pacífico.

- En Medio Oriente, Arabia Saudita es el país con mayor número de usuarios. Estos fueron aproximadamente 30.000 millones hasta el año 2011, con tres operadoras en el país que ya habían comercializado los servicios LTE. África se encuentra en la fase de prueba previa a la comercialización de los servicios, sin embargo se espera que junto con la región de Medio Oriente sumen un total de 32.266 millones de usuarios para 2015.
- Latinoamérica es la región más rezagada referente a la comercialización de servicios de LTE. Sin embargo, se pronostica 31.574 millones de usuarios en apenas tres años de comercialización. Los países pioneros de esta región en desplegar redes LTE son: México, Argentina, Brasil, Chile y Colombia

Región	Usuarios LTE					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Norteamérica	70	11.672	32.640	61.826	96.280	140.555
Europa Occidental	65	1.368	4.816	15.668	45.547	86.405
Asia-Pacífico	2	1.909	9.537	30.444	71.602	143.274
Europa Oriental	7	46	1.547	3.600	11.592	24.286
Medio Oriente- África	0	126	883	3.420	12.530	32.266
Latinoamérica	0	0	727	3.043	10.572	31.574
Total	144	15.121	50.150	118.000	248.123	458.360

Tabla 2-3 **Predicciones sobre las suscripciones LTE por años**

(Fuente: IDATE-LTE 3Q12)

En el Anexo II se puede observar un gráfico correspondiente al crecimiento del mercado en las distintas regiones del mundo.

2.3.2. Demanda

La demanda en cualquier sistema de telecomunicaciones sigue una secuencia infinita. Una tecnología inicial atrae a un monto de usuarios. Cuando ellos se han vuelto demasiado numerosos y la red ya no es suficiente para satisfacer a todos, es necesaria una mejora tecnológica. A su vez, esta mejora permitirá que sigan aumentando los usos y, por supuesto, el número de usuarios. Este ciclo se muestra en la siguiente figura.

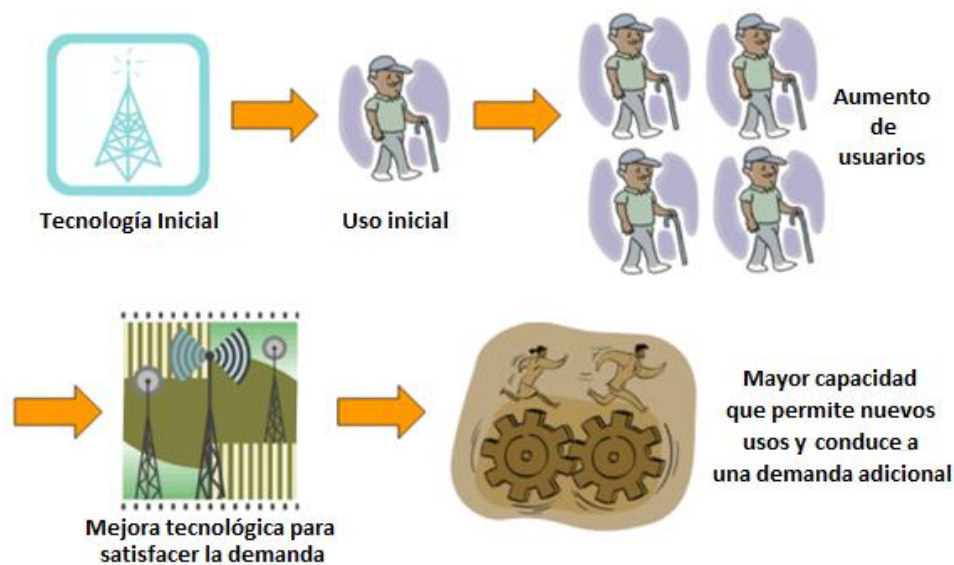


Figura 2-5. **Ciclo de tecnología y demanda**

(Fuente: 4G Americas Mobile Broadband)

Generalmente se piensa que una tecnología eficiente es lo que lleva al incremento de la demanda. Sin embargo, no es solo eso, sino también el alto rendimiento que promueve nuevos usos de dicha tecnología. Esto ya es evidente con LTE.

Los usuarios son más propensos a usar aplicaciones que consumen mayor ancho de banda cuando se les da la oportunidad. Dentro de LTE, un número cada vez mayor de aplicaciones, por ejemplo, Netflix y Skype, adaptan sus tasas de transmisión según el ancho de banda disponible. Este ajuste les

permite continuar operando incluso cuando la eficiencia de transmisión disminuye.

Existen buenas razones para el crecimiento acelerado de la demanda por banda ancha. El primer factor es el aumento considerable del tráfico de datos móviles que se ha producido por la introducción de smartphones, tablets y otros dispositivos computacionales. Además, la necesidad de banda ancha móvil también aumenta con la adopción del uso de la nube y de nuevas aplicaciones.

2.3.2.1. Penetración

La penetración móvil es un término usado generalmente para describir el número de líneas teléfonos móviles activos (en porcentajes) dentro de una población específica.

Existe una gran diferencia entre suscripciones y suscriptores. Esto se debe a que varios suscriptores cuentan con varias suscripciones. Por ejemplo, si un usuario tiene una tableta y un teléfono, tendrá también 2 suscripciones cada una para un uso específico. Es por esto que la penetración de las suscripciones fácilmente supera el 100%, el cual es el caso de varios países alrededor del mundo.

En la figura se presentan los porcentajes de penetración móvil obtenidos en noviembre de 2012 por Ericsson.



Figura 2-6. Porcentaje de penetración para septiembre de 2012

(Fuente: Ericsson)

A pesar de que la penetración global fue de 91%, el gráfico indica que la mayoría de regiones han superado el 100% de penetración, y asimismo, muchos países, individualmente, también lo han superado.

Los niveles de penetración de las tecnologías varían considerablemente entre las regiones del mundo. En el gráfico correspondiente al 2012 se puede ver que Norteamérica, Europa Occidental y Asia-Pacífico ya presentan en sus tecnologías móviles un porcentaje de LTE. También presentan un mayor porcentaje de banda ancha (HSPA), el cual será el dominante en la mayoría de regiones para el año 2018. Este escenario no será el mismo para Norteamérica, en donde la tecnología dominante será LTE. Ericsson espera una penetración del 30% de LTE en Europa Occidental.

Actualmente en Latinoamérica GSM domina el mercado. Para 2018 será HSPA la tecnología dominante dejando a GSM como la segunda y LTE pasará a ocupar el tercer puesto.

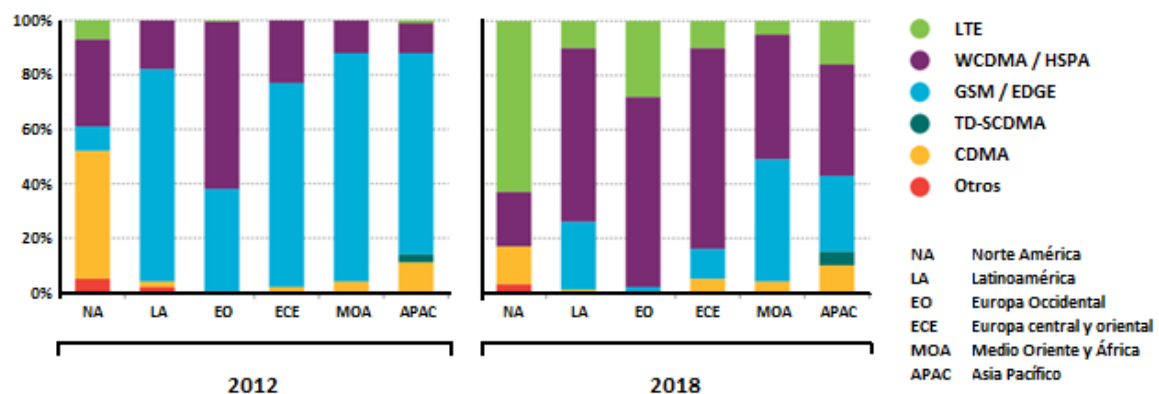


Figura 2-7. **Comparación de suscripciones móviles por tecnología y región 2012 y 2018**

(Fuente: Ericsson)

A pesar de la gran demanda de los usuarios por los dispositivos adecuados para obtener todos los beneficios de LTE, la tasa de crecimiento de penetración de smartphones se desacelera rápidamente. El mercado de dispositivos inteligentes seguirá creciendo pero a una tasa cada vez menor. El número de teléfonos inteligentes vendidos anuales pasará de 691 millones en el 2012 a

869 millones en el 2013. Pero el crecimiento del número de esos dispositivos decae año tras año.

2.3.2.2. Consumo

En cada uno de los más avanzados mercados de LTE, hay una clara evidencia que de que los usuarios con dispositivos LTE 4G consumen más datos que los que solo cuentan con dispositivos 3G.

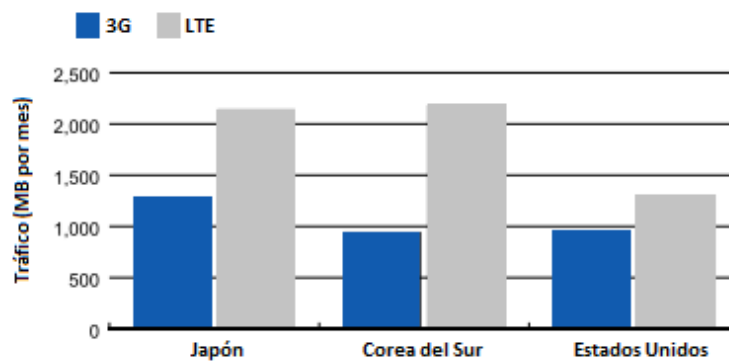


Figura 2-8. **Promedio mensual de tráfico de datos originado por teléfonos inteligentes**

(Fuente: Mobidia)

Corea del Sur es el mercado que presenta un mayor uso de las redes móviles 4G, con un promedio de consumo de 2.2 GB de datos por mes, comparado con aproximadamente 950 MB de datos 3G en septiembre de 2012. Esto representa un aumento de 132%. Por otra parte, en Estados Unidos el consumo de datos LTE es de un promedio de 1.3 GB en comparación con los 956 MB correspondientes a 3G. Esto quiere decir que el consumo ha aumentado en un 36% en este país.

También, los usuarios de LTE ocupan menos las conexiones Wi-Fi que los usuarios 3G. Por ejemplo, en Corea del Sur, el tráfico originado en redes Wi-Fi, comparado con el tráfico de las redes celulares, ha decaído en un 71% del promedio total de tráfico de datos 3G y en un 52% de datos 4G. En estados Unidos la caída es más modesta, de 62% a 59%, y en Japón va de 60% a 51%.

	3G			LTE		
País	Promedio de MB por mes (Celular)	Promedio de MB por mes (Wi-Fi)	% de Wi-Fi del tráfico total	Promedio de MB por mes (Celular)	Promedio de MB por mes (Wi-Fi)	% de Wi-Fi del tráfico total
Japón	1.275	1.910	60	2.134	2.186	51
Corea del Sur	938	2.330	71	2.174	2.313	52
Estados Unidos	956	1.580	62	1.298	1.880	59

Tabla 2-4 Consumo promedio de los usuarios mediante redes celulares y Wi-Fi
(Fuente: Mobidia - 2012)

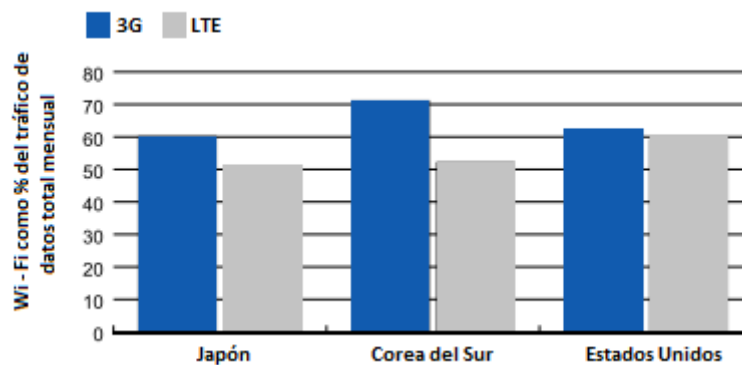


Figura 2-9. Porcentaje del total de datos originados por teléfonos inteligentes correspondiente a tráfico Wi-Fi, Septiembre 2012
(Fuente: Mobidia)

Se puede ver que a pesar del crecimiento en el uso de datos por medio de las redes móviles, el uso de redes Wi-Fi aún lidera el consumo de datos. Pero si el crecimiento se mantiene, o aumenta, las redes móviles serán el medio inalámbrico preferido por parte de los usuarios. Esto significa una oportunidad de monetización inmensa para los operadores móviles.

Actualmente, el 40% del total de datos consumidos pertenecen apenas al 1% de los usuarios suscritos. LTE es la tecnología que está cambiando este escenario ya que atrae cada vez más usuarios, no solo a suscribirse al servicio sino también a usar aplicaciones que producen un mayor consumo de datos.

Aunque los servicios de voz aún constituyen el mayor ingreso celular, los datos inalámbricos ahora representan un importante porcentaje de los ingresos promedio por usuario (ARPU). El acceso a una gran variedad de aplicaciones inalámbricas y contenidos es lo que atrae al mercado de banda ancha. Como resultado se obtienen los altos consumos de datos. Según un estudio de Chetan Sharma varias operadoras reportan un promedio de 800 MB de consumo de datos por mes. [3]

Actualmente, los datos ya representan una carga mucho mayor a la de voz. En solo un año el consumo de datos se duplicó mientras que el consumo de voz se ha mantenido en valores bastante similares por largo tiempo (Figura 2.10)

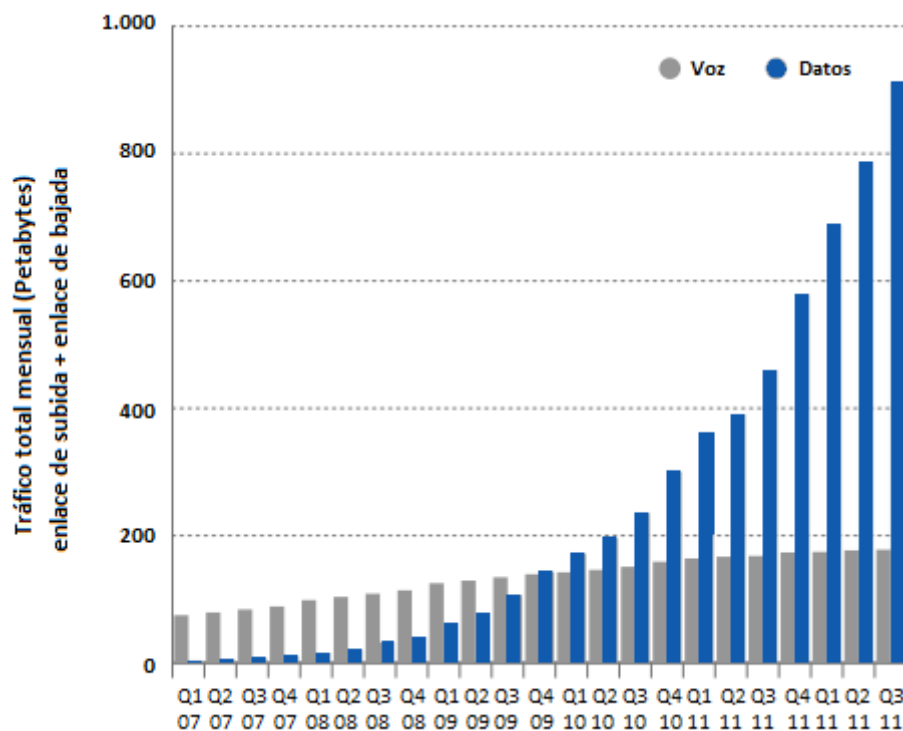


Figura 2-10. **Comparación del crecimiento de tráfico total global de voz y datos móviles**

(Fuente: Ericsson)

En Latinoamérica, las tasas de crecimiento del consumo de datos móviles se han disparado. Este crecimiento origina un reto para los operadores debido a que las redes implementadas en la región aún no están adaptadas para soportar esa cantidad de consumo. Otro problema es que cualquier aumento sustancial que se de en el uso de datos, reducirá drásticamente la cobertura y calidad de los servicios.

Aunque la demanda de datos es bastante elástica y el consumo es cada vez mayor, se piensa que se llegará a un punto de saturación. Este punto será el límite al que llegará el consumo por mes dado en MB de uso. Según informa Telecoms, incluso en los mercados más avanzados se llegará a la saturación y considera que para Japón y Corea del Sur, este punto será más o menos de 4.5 GB por mes, y para Estados Unidos se calcula 3.2 GB por mes. El punto de saturación varía dependiendo de cada mercado y de los segmentos de usuarios que se forman en ellos. [4]

2.3.2.3. Dispositivos 4G

La clave para un dispositivo LTE no está en solo crear un producto capaz de alcanzar las tasas más altas de transferencia sino también en crear un dispositivo capaz de dar una mejor experiencia de usuario sobre toda la red.

En los países que tienen implementadas redes 4G se comercializan dispositivos avanzados propios para los servicios de estas redes. A nivel mundial existe una demanda creciente por estos innovadores y atractivos dispositivos que son adquiridos por los usuarios a pesar de no contar con las redes 4G.

Para finales del 2012 hubo aproximadamente 1.27 billones de SIMs de smartphones activas en el mundo. Esto representó el 22.7% en esa fecha. Se espera que la cifra suba 2.14 billones en los próximos cinco años con el cambio de los usuarios de dispositivos básicos a inteligentes. Según las estimaciones, el 60% de los usuarios móviles del año 2012 tendrán un smartphone para finales del 2017. Estos datos se pueden apreciar en la siguiente figura.

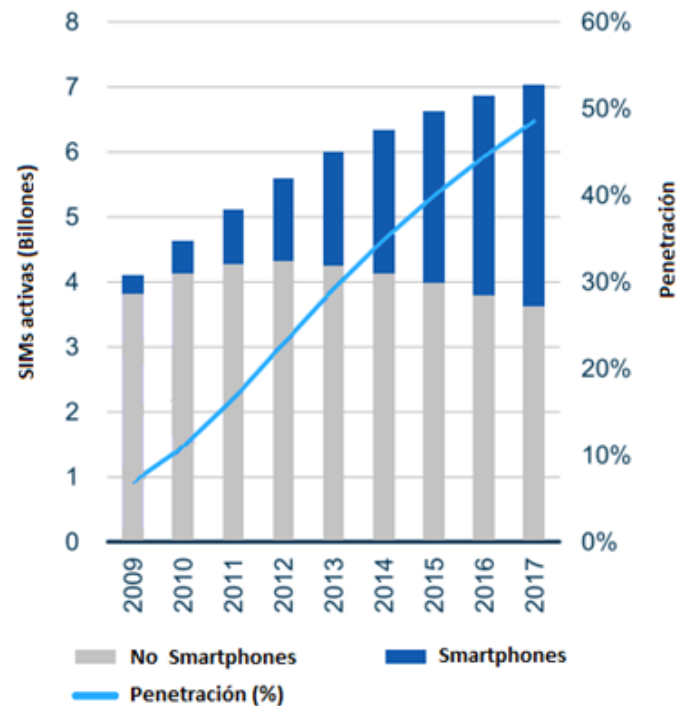


Figura 2-11. SIMs activas por tipo de dispositivo y penetración global de smartphones

(Fuente: Analysys Mason)

Pyramid Research prevé más de 145 millones de teléfonos inteligentes en Latinoamérica para el año 2017. Este valor es cuatro veces mayor al que se tenía a mediados de 2011. Las ventas de estos dispositivos crecieron drásticamente entre finales del año 2011 y principios del 2012, como se presenta en la siguiente tabla.

País	Fecha del dato	Crecimiento de teléfonos inteligentes
Argentina	Fines de 2011 y principios de 2012	106 %
México	Inicios de 2012	26 %
Brasil	Fines de 2011	73 %
Colombia	Fines de 2011	25 %

Tabla 2-5 Crecimiento del uso de teléfonos inteligentes

(Fuente: Movilion - 2012)

En Latinoamérica, la llegada de smartphones y tablets con capacidad para conectarse a la Internet utilizando las redes de telefonía móvil de 4G, han planteado un enorme desafío para la infraestructura de telecomunicaciones implementada en la región. Existen muchos países que no cuentan con la tecnología 4G, esto significa que los usuarios no podrán aprovechar la máxima velocidad que ofrecen los equipos porque no existe la red adecuada para recibir y enviar datos a dicha velocidad. [5]

2.3.3. Oferta

LTE es una tecnología creada para mejorar los servicios ofertados y satisfacer las demandas de los usuarios. Al ser un sistema basado en IP se puede decir que es una red de redes en la que se unen tanto conexiones por cable como inalámbricas, entregando velocidades de acceso de 100 Mbps en movimiento y hasta 1 Gbps en estado estacionario.

Su participación en el mercado entrega una verdadera banda ancha móvil independientemente de la ubicación, con el objetivo de satisfacer la demanda por una mejor experiencia de usuario. LTE ofrece varios beneficios tanto para usuarios como para las operadoras.

2.3.3.1. Experiencia de usuario mejorada

- **Velocidad**

La velocidad de subida y bajada en LTE es de seis a ocho veces más rápida que las que presenta HSPA. Por eso, los terminales fabricados bajo esta tecnología son capaces de descargar una película de 700 MB en 90 segundos. Si se utilizara una red GPRS, la misma película tardaría 34.7 horas y con HSPA tardaría 20 minutos.

- **Latencia**

Además, la latencia que se experimenta con LTE es unas diez veces menor a los sistemas 3G, proveyendo una mejora en la experiencia de usuario, por

ejemplo, un navegador de Internet que requeriría de unos 50 mensajes para cargar una página Web. Al trabajar en una red 3G típica con una latencia de 100 milisegundos, cargar la página tomaría mínimo cinco segundos, sin importar la velocidad de la conexión. Pero, al utilizar una red LTE, dado que la latencia es mucho menor, la página se cargaría en menos de un segundo.

En la siguiente figura se aprecian como ha ido reduciendo la latencia con cada tecnología móvil a partir de GSM-GPRS con casi 700 milisegundos hasta LTE con latencias entre 10 y 20 milisegundos.

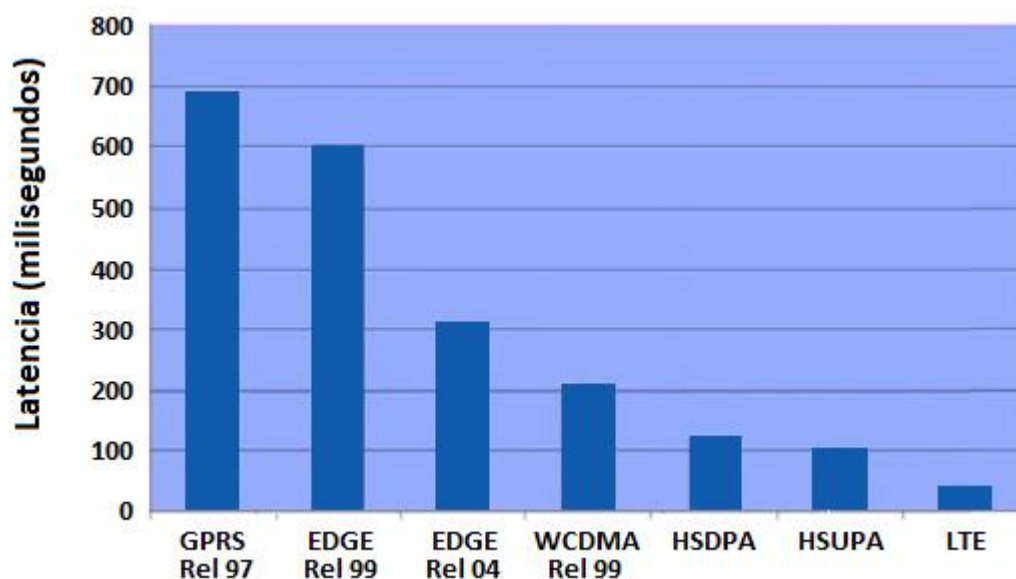


Figura 2-12. **Latencia en la evolución de tecnologías de 2G a 4G**

(Fuente: Análisis técnico de los servicios adicionales de la tecnología LTE)

- **Handoff**

LTE simplifica los handoffs entre los sistemas de acceso de redes 4G, 3G y 2G haciéndolos transparentes completamente para los usuarios. Permite, por lo tanto, el handover horizontal y vertical, es decir, entre iguales o distintas tecnologías respectivamente.

Un terminal móvil no puede recibir paquetes mientras el proceso de handover no haya terminado. El tiempo que dura este proceso de traspaso es llamado latencia de handover. Gracias al uso de IPv6, este tiempo es mucho menor en

LTE que para el resto de sistemas móviles. Una baja latencia de handover permite un mejor flujo de aplicaciones en tiempo real y reduce el número de paquetes perdidos.

2.3.3.2. Flexibilidad de implementación para las operadoras

- **Multibanda y multimodo**

LTE permite implementar la red adaptándose a cualquier circunstancia del operador, es decir, el operador puede implementar la red en múltiples bandas de distintos tamaños y de forma pareada o no pareada (FDD o TDD).

Las redes LTE pueden ser implementadas en redes 3G y 2G ya existentes. Además, pueden ser implementadas en varias bandas de frecuencias, altas o bajas. Por eso también pueden reutilizar el espectro de 2G (GSM) y mover a los usuarios que manejan altas cargas de datos fuera de las redes 3G. Estos usuarios de banda ancha móvil ya estarían accediendo a la red 4G LTE en otra frecuencia (la de 2G) y los usuarios restantes de 3G ya no tendrían que compartir los recursos. Así se obtendría un mejor servicio para ambos tipos de usuarios y en ambas redes implementadas.

- **Costos más bajos**

En las redes móviles existen varios elementos y parámetros que deben ser configurados manualmente para adaptarse a las condiciones variables que interfieren en la comunicación. La planificación, puesta en marcha, configuración, integración y gestión de estos parámetros son esenciales para el funcionamiento eficiente y confiable de la red. No obstante, los costos de operación asociados son significantes. No solo es necesaria la experiencia en ajustar dichos parámetros, sino el tiempo que este proceso requiere. Además cualquier configuración manual está propensa a errores.

LTE presenta capacidades de auto-optimización y auto-organización (SON) que permiten la reducción de gastos operacionales (OPEX) durante la implementación y operación de la red. Este sistema se hace cargo de las

condiciones variables del canal radio, de las interferencias entre celdas, cobertura, capacidad, eficiencia energética y elimina la necesidad de realizar pruebas continuas del estado de cada variable.

Esta característica de automatización ofrece una mayor calidad de experiencia (QoE) para los usuarios finales. Así también, permite la reducción de costos de servicios y del número de clientes que cancelan sus suscripciones con las operadoras (churn rate).

2.3.3.3. Servicios y aplicaciones para los usuarios

Dadas las ventajas que LTE ofrece, las operadoras pueden ofrecer a sus usuarios una amplia gama de aplicaciones, servicios y dispositivos.

Entre las aplicaciones se tiene video de alta definición, acceso ilimitado a la información, juegos online a través de la red móvil, etc. Los dispositivos móviles también incluyen video móvil, juegos y aplicaciones de negocios, todos ellos beneficiados por la mayor capacidad y experiencia de usuario que LTE proporciona. Los automóviles también contarán con aplicaciones especializadas que permitirán obtener servicios directamente de las redes LTE.

También se tiene un concepto de hogares conectados en los que las redes LTE reemplazan a las conexiones cableadas, expandiendo el mercado de banda ancha y reduciendo los costos de instalación y operación.

Para empresas, la tecnología LTE abarca una variedad de aplicaciones para soluciones de negocios, conectividad temporal a la red, servicios de banda ancha para los empleados, aplicaciones y servicios de máquina a máquina (M2M).

Además, debido a que utiliza el protocolo IP versión 6 (IPv6), el estándar presenta también las ventajas que IPv6 provee, como mejoras notables respecto a la movilidad, direccionamiento y seguridad.

- **Bajos costos de servicios (tarifas)**

Los usuarios se ven atraídos por las aplicaciones y datos que se les da, pero más atraídos son por la cantidad de datos que pueden utilizar mensualmente.

El costo analizado por la operadora AT&T en la transmisión de datos cuando se trabaja a su máxima capacidad es de USD 0.013 por 1 Mbyte con un ancho de banda de 5x5 MHz. En las mismas condiciones el costo para una red UMTS es de USD 0.08, es decir, el doble del valor de una red HSPA que cuesta USD 0.04.

Siendo el menor costo de transmisión de datos el de redes LTE por Megabyte, el consumo por cliente se incrementa debido a la mayor velocidad que se experimenta, por lo tanto el valor del servicio en el usuario final puede ser el mismo pero el consumo de datos será mayor.

Aunque los costos de banda ancha inalámbrica aún son superiores a los de banda ancha fija, estos continúan cayendo rápidamente. En el año 2010, uno de los proveedores realizó cálculos que lo llevaron a afirmar que los precios de LTE podrían ser menores a 1 euro por GB una vez que se haya cumplido el 40% de penetración de banda ancha móvil y que el consumo sea de 2GB por mes. [6] [7]

También, la rebaja de los precios de voz y mensajería deben ser recompensados con los servicios y funciones adicionales que permiten los teléfonos inteligentes. Se prevé que para el 2017, estos móviles dominarán el mercado, y que los ingresos por el uso de datos compensará en gran parte, si no es del todo, la pérdida por la disminución de ingresos por voz y mensajería.

2.3.3.4. Dispositivos

LTE busca unificar los sistemas basándose en IP para que los usuarios tengan un servicio estable en cualquier parte del mundo con el mismo terminal móvil.

La demanda por parte de los usuarios obliga a los desarrolladores a sacar al mercado sus productos lo más rápido posible, pero, el no considerar cuidadosamente todas las complejidades que implica la implementación de

LTE, puede provocar errores de funcionamiento que atrasan el comercio de los dispositivos. Para evitar estos errores, los proveedores deben considerar algunos aspectos que deben ofrecer los dispositivos al mercado. Entre estos parámetros tenemos:

- **Operación multimodo**

La mayoría de operadores todavía están en etapas iniciales de LTE por lo que aún proveen servicios de anteriores generaciones. Por consiguiente, los dispositivos son capaces de operar en una combinación de tecnologías, incluida LTE. Los aparatos cuentan con un buen radio, no solo de LTE sino también de 3G y 2G.

También es necesario que los dispositivos trabajen en múltiples bandas de espectro. Por eso son multibanda y operan sin ningún problema independientemente del lugar en el que se utilicen.

Esta función multimodo es muy compleja y requiere: más componentes dentro del dispositivo, más variaciones de banda de frecuencia, más pruebas y más estados posibles de funcionamiento que en el pasado.

- **Diseño de la antena**

LTE se basa en un sistema de antenas de múltiples entradas y múltiples salidas (MIMO). Esta es otra característica de LTE que permite incrementar la experiencia de usuario. Debido a que los dispositivos funcionan en múltiples bandas y múltiples tecnologías, se crea mucho ruido, especialmente en las frecuencias bajas, y provoca mucha interferencia. El sistema MIMO es la mejor opción para contrarrestar estas interferencias ya que al contar con más de una antena de recepción, reduce el efecto de multitrayecto (las trayectorias tendrán distintos niveles de señal).

- **Manejo de temperatura y duración de la batería**

La cantidad de elementos requeridos en los dispositivos para cumplir las funciones descritas, aumenta la temperatura y el consumo de energía. Este es

otro parámetro que sigue evolucionando en los dispositivos. Cada vez se tiene una mayor duración de batería porque han optimizado la utilización de energía de cada componente. Además, están pensados para reducir la temperatura, que también puede interferir en el desempeño del dispositivo.

- **Costo del dispositivo**

En LTE, al ser una tecnología completamente nueva, están implicados muchos factores que los dispositivos deben cumplir para su desempeño adecuado como se mencionó anteriormente. Esto resulta en un aumento del costo ya que, además de la cantidad de componentes implicados, son necesarias muchas pruebas de funcionamiento. Sin embargo, con la maduración de las redes y tecnologías LTE, los costos de los dispositivos bajan paulatinamente.

El precio promedio de un smartphone se ha reducido en unos 300 euros desde el 2007. Esta caída de precios ha permitido el aumento en la penetración de datos y la aparición de los planes para uso de múltiples dispositivos. Así las operadoras cada vez reciben mayores ingresos, especialmente por las suscripciones de LTE, donde los precios por GB varían entre 14 y 85 dólares. [8]

El Anexo III presenta un resumen de la evolución de las características de LTE

2.3.3.5. Cobertura

La cobertura de las redes móviles se encuentra en crecimiento constante. GSM/GPRS es la tecnología con mayor alcance actualmente. Esta cubre más del 85% de la población mundial. WCDMA/HSPA se extiende por más del 50% (45% en el 2011) y se espera que cubra al menos el 85% para 2017.

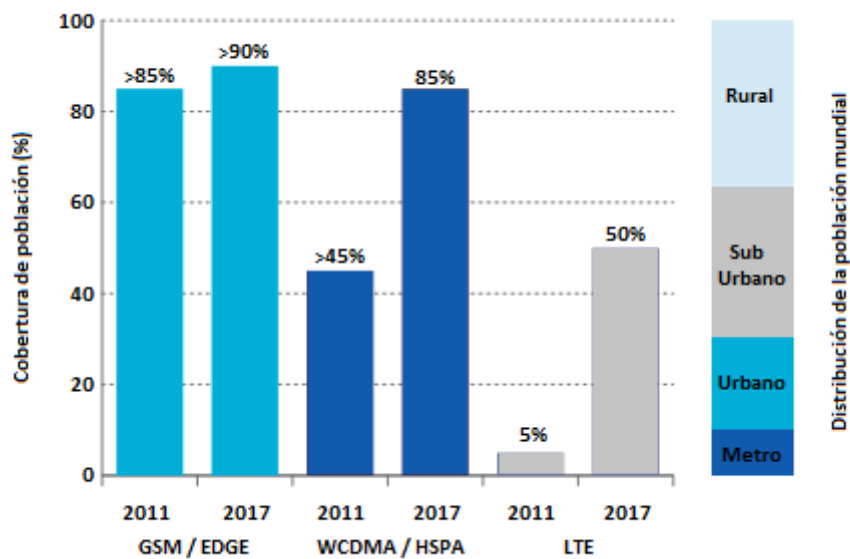


Figura 2-13. Cobertura de la población 2011 y 2017

(Fuente: Ericsson)

La red LTE hasta 2011 registró una cobertura del 5% a nivel mundial y para 2017, se estima una cobertura mundial del 50%. Por lo tanto, la mayor parte de las transmisiones de internet móvil seguirán siendo mediante redes 2G y 3G, con una cobertura estimada del 90% y 85%, respectivamente.

Dado que los estándares son ligados y compatibles con LTE, los usuarios pueden tener acceso a cualquier tecnología, así puede mantenerse conectado según la cobertura disponible mediante cualquier red.

2.4. Desarrollo socioeconómico

El crecimiento económico de una región según el Banco Mundial depende de varios factores, entre ellos el de la infraestructura de telecomunicaciones, utilizándola para el despliegue de banda ancha, que al ser adoptada por empresas contribuye al alza del PIB ya que favorece una mayor producción.

Sin embargo, el despliegue de una red física de banda ancha genera una gran desventaja en el desarrollo tecnológico de los países latinoamericanos. Esto se da debido a las características geográficas y económicas de la región que centra un mayor índice de penetración en las ciudades más importantes y

rezaga el despliegue en zonas rurales. Adicionalmente, los costos para el usuario final son altos si consideramos los precios por terminales y por acceso a banda ancha.

La alternativa económica adecuada para el acceso a banda ancha es la tecnología móvil 4G LTE. Al utilizarla en la banda de los 700 MHz se aprovecha la infraestructura existente para cubrir grandes áreas y así llegar con una mayor cobertura a zonas rurales o marginadas.

2.4.1. Índices de desarrollo

El impacto socioeconómico que se genera en una región con acceso a una red de banda ancha influye en el desarrollo de la misma. Según investigaciones desarrolladas en América el uso de banda ancha en las pequeñas y medianas empresas generan un incremento de la productividad, derivándose en un aumento de empleo y un crecimiento global de la economía.

Así se demuestra en la Tabla 2-6 en donde se presentan los índices de desarrollo productivo y de empleo en función proporcional de la penetración de banda ancha y acceso a Internet.

Área de desarrollo	Penetración	Índices de desarrollo
Crecimiento económico	1% de penetración de banda ancha	0.016% crecimiento económico
Generación de empleo	1% de penetración de banda ancha	0.18% aumento tasa de ocupación
Empleo en zonas rurales	1% de penetración de banda ancha	-0.1953% reducción de desempleo zona rural
Productividad	1% de penetración de banda ancha	0.13% crecimiento de productividad
Incremento en exportaciones	Acceso a banda ancha	Empresas Manufactura: 6% más de exportaciones Empresas de servicio: 10% más de exportaciones

Innovación	10% acceso a Internet	0.5% – 1.2% incremento nuevos emprendimientos
Influencia en PyMEs¹	PyMEs con acceso a banda ancha	• Bajos costos de distribución de información • Acceso a nuevas técnicas productivas

Tabla 2-6. **Índices de desarrollo**
(Fuente: Estrategia nacional de banda ancha)

2.4.2. Impacto de LTE y Banda Ancha en PIB

Al aumentar la penetración de la banda ancha, las variables macroeconómicas también se incrementarán (Tabla 2-6). Estas variables influyen directamente en el crecimiento del PIB de una región, así lo demuestra el gráfico 2-14, en donde se comprobó que tanto el crecimiento de la penetración de banda ancha junto con la inversión de los operadores de telecomunicaciones, mantienen un crecimiento económico e influyen en un beneficio social.

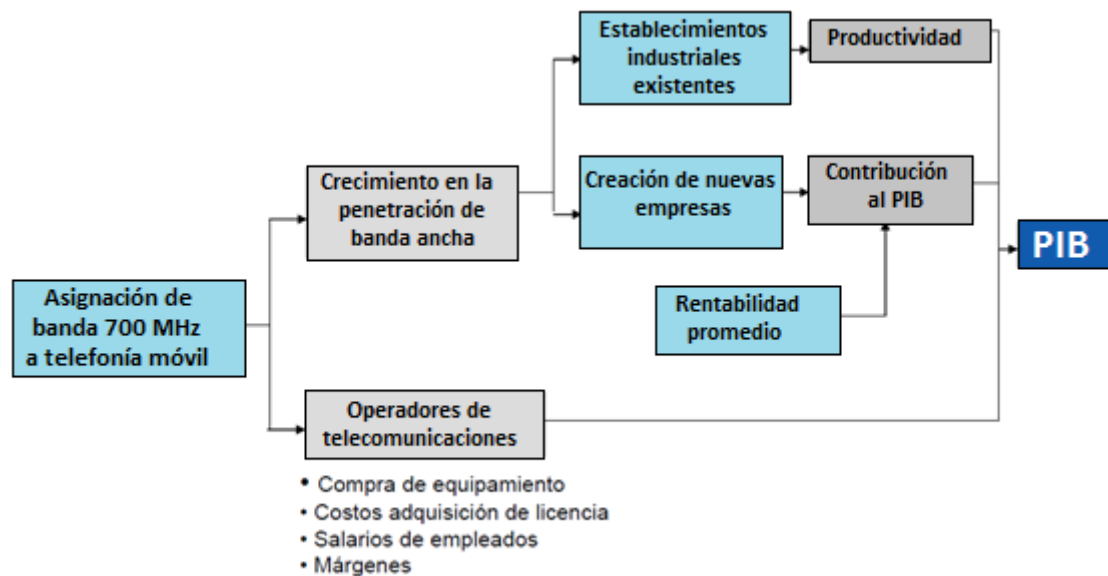


Figura 2-14. **Estructura del modelo de impacto económico y social**
(Fuente: AHCIET- GSMA)

¹ PyME hace referencia a pequeña y mediana empresa

Según un comunicado de prensa de la empresa Huawei en México, afirma que la implementación de las redes con tecnología LTE, independiente de la banda de espectro asignada, aumentarían en un 50% el PIB en dicho país debido a que el despliegue de redes de banda ancha con un costo fraccionario a los costos actuales facilita la comunicación independientemente del lugar en donde se encuentre el usuario.

De esta forma mejorará el rendimiento económico en sectores estratégicos que influyen directamente en el PIB como son: energía, servicios públicos, salud, transporte, servicios financieros y seguridad pública.

Si bien no se puede garantizar el incremento del PIB en un 50% en los demás países de Latinoamérica, será más perceptible el desarrollo socioeconómico en las áreas rurales ya que al expandir una red de banda ancha móvil en áreas con nulidad de penetración de telecomunicaciones, esta tendrá una alta contribución social puesto que la población que ahí habita puede tener acceso a mejores servicios públicos ya sean educativos o servicios de salud.

La educación a distancia se puede implementar a partir de una banda ancha móvil, solventando así la falta de docentes para el área rural y así evitar la deserción escolar que se dan en estas zonas.

La información se puede encontrar con mayor facilidad y ayudará a prevenir problemas de salud mediante la distribución de contenido, así como lo ha hecho la organización internacional UNAIDS².

2.5. Tendencias

2.5.1. TV móvil

Mediante LTE se puede utilizar la tecnología eMBMS (evolved Multimedia Broadcast Multicast Services, plataforma de Servicio de Multidifusión Multimedia evolucionado) para la transmisión multicast de TV móvil, el uso de esta nueva tecnología permite reducir el ancho de banda que se utiliza para la unidifusión de video mediante HTTP.

² Joint United Nations Programme on HIV/AIDS (UNAIDS), Programa Conjunto de las Naciones Unidas sobre el VIH/sida (ONUSIDA)

Este tipo de tecnología permite saber con anticipación si el UE tiene almacenado el contenido en memoria caché y así evitar el envío de datos innecesarios. El contenido se puede descargar de forma simultánea mientras se reproduce, en contraste con la difusión por HTTP en donde es necesario esperar toda la descarga de la información para poder reproducirla.

En la actualidad, la mayor parte de dispositivos diseñados para redes 4G soportan transmisiones de video móvil, sin embargo los costos elevados de la implementación en una red LTE solo pueden justificarse si se utiliza a la TV móvil como video bajo demanda, en donde la mayor captación de usuarios será en la transmisión de eventos de concurrencia masiva como: videos de eventos deportivos, noticias de última hora, repetición instantánea de clips resaltados, videos virales, entre otros.

2.5.2. HD VoIP

En los últimos años la VoIP ha reemplazado a los PSTN debido a la reducción de costos de todas las llamadas, no obstante por la limitación del ancho de banda propio de cada uno de los codecs de voz de banda estrecha (64Kbps) la calidad del sonido es muy baja.

Con la implementación de LTE como una red de banda ancha móvil se pueden utilizar dispositivos de voz con codecs que sean capaces de transmitir VoIP de alta calidad (HD VoIP). Además estos permiten optimizar el ancho de banda con una transmisión de 24 Kbps. Con la transmisión de voz mediante VoIP se tiene una tendencia hacia la conmutación de paquetes que es la base fundamental de transmisión en la arquitectura de una red LTE.

Un papel importante es la regulación de las tarifas para la interconexión de llamadas que se realizan pues estas ya sean internacionales, nacionales o locales utilizan el mismo ancho de banda por lo tanto el precio debe ser en función del tiempo sin importar el lugar de destino de la llamada.

2.5.3. Servicios basados en SaaS

La tendencia de "rentar" un software especializado que cubra las necesidades de una empresa se ha convertido en una implementación común para varias empresas alrededor del mundo. La implementación del SaaS (Software como un servicio) permite reducir costos de licencias, mantenimiento y soporte.

Para poder ingresar al software contratado es necesario contar con acceso a una red de banda ancha ya que están alojados en servidores Web, permitiendo así una alta escalabilidad (sin importar el lugar desde donde inicia la conexión). El SaaS fue diseñado para permitir movilidad entre los usuarios siendo indispensable una red móvil de alta capacidad y velocidad como LTE.

El uso futuro para el SaaS es el teletrabajo móvil orientado hacia las empresas cuyos empleados deben viajar constantemente, al usar LTE con roaming internacional para acceder a los servicios SaaS es perceptible si se ha logrado una armonización del espectro en las regiones más frecuentadas por los usuarios del SaaS.

2.5.4. Tendencias hacia un mundo inalámbrico redundante

En la figura 1-3, correspondiente a la evolución de las tasas de datos alámbricos e inalámbricos, se pudo apreciar una migración de la transmisión de datos hacia los sistemas móviles. La tendencia de los nuevos terminales móviles o accesorios inalámbricos es la de transmitir datos a una alta velocidad sin importar la movilidad del terminal.

Con la implementación de redes 4G se espera que la conectividad inalámbrica no dependa solamente de las operadoras de telecomunicaciones, los diferentes dispositivos también podrán integrarse a diferentes redes públicas al mismo tiempo y así tener redes de respaldo o redundancia que mitigarían la falta de comunicación en caso de ocurrir una falla en los servicios móviles.

2.5.5. Tendencias varias

Las tendencias de los servicios móviles de banda ancha móvil se resumen a continuación:

- Desarrollo de aplicaciones orientadas a la interactividad de los usuarios como redes sociales, juegos en línea. Hasta el año 2012 el número de aplicaciones fue alrededor de 750.000 disponibles para iPhone, 700.000 para Android, 120.000 para Windows móvil. Estas cifras se incrementarán en los próximos años situando a las empresas desarrolladoras de aplicaciones móviles como las más rentables a futuro.
- Almacenamiento de información en Internet “almacenamiento en la nube”, la capacidad de almacenamiento de los dispositivos móviles se reducirá pues el usuario tendrá acceso a toda su información desde cualquier lugar con acceso a Internet. A estas cuentas se las conoce como la identidad digital de cada usuario.
- El marketing móvil ha tenido un gran despliegue en los smartphones, los anuncios publicitarios son más frecuentes en las diferentes aplicaciones, llegarán a los usuarios según las necesidades específicas de cada persona, utilizando la Web semántica.

En el Anexo IV se resumen algunos datos acerca de las suscripciones y el tráfico móvil.

CAPÍTULO 3

ASIGNACIÓN DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO PARA LTE

3.1. Introducción

A pesar de las atractivas características que posee hasta el momento la tecnología LTE, la demanda actual exige mejoras enfocadas principalmente en la capacidad de la red. Esto se puede lograr de tres maneras: accediendo a una mayor cantidad de espectro radioeléctrico, utilizando una tecnología espectralmente más eficiente o reduciendo el área de cobertura establecida por cada estación base.

La opción más factible a corto plazo es reducir el área de cobertura, lo que implica un mayor número de estaciones base para cubrir la misma área. Esta infraestructura adicional requiere de grandes inversiones por parte de los operadores y se puede llegar a un punto en el que utilizar celdas más pequeñas no es suficiente para obtener la capacidad requerida. Por lo tanto, la red está en el límite de capacidad y la demanda creciente se debe satisfacer mediante tecnologías que permitan una mejor eficiencia espectral o el aumento del espectro disponible.

El aumento de capacidad de una red puede darse de forma directamente proporcional al incremento de ancho de banda. Aunque la asignación de espectro implica un proceso complejo, cada tecnología que se ha desarrollado ha conseguido hacer cambios en las bandas utilizadas.

Para el GSM se asignaron 50 MHz en la banda de los 900 MHz y posteriormente se añadieron 150 MHz en la banda de 1800 MHz. Con la llegada del UMTS se aumentó 155 MHz en la banda de 2100 MHz. Así se obtiene un aumento de aproximadamente seis veces el espectro disponible, lo

que indica que la expansión que se puede dar para las siguientes generaciones es muy limitada.

Debido a esto, las mejoras que se dan desde el sistema UMTS en adelante no solo se consiguen con un aumento de espectro sino también implementando tecnologías más eficientes, que permitan un mejor aprovechamiento del recurso disponible

3.2. Denominación de bandas

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU), en sus regulaciones de radio, divide al mundo en tres regiones con el objetivo de manejar el espectro global. Cada región tiene sus propias asignaciones de frecuencias. En la figura 3-1 se pueden apreciar las divisiones que definen las tres regiones.

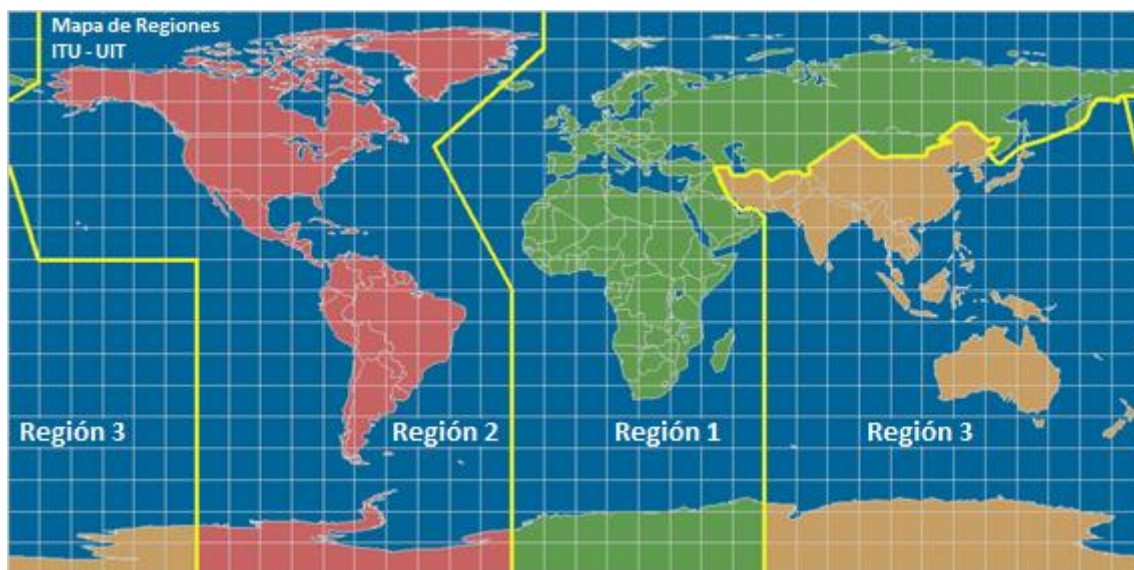


Figura 3-1 **Mapa de Regiones de Armonización del espectro**
(Fuente: ITU)

En general, el espectro común entre las regiones de la ITU se da más entre las Regiones 1 y 3 que entre éstas y la Región 2. Una excepción es la banda de 2.5/2.6 GHz que se está implementado a nivel mundial.

Las bandas de frecuencias mejor posicionadas en Latinoamérica, como parte de la Región 2 (América), para el despliegue de LTE incluyen:

- **La banda AWS** (Advanced Wireless Services, banda de Servicios Inalámbricos Avanzada) 1.7/2.1 GHz. Una frecuencia pareada de 1710 a 1755 MHz para enlace ascendente, y de 2110 a 2155 MHz para descendente. La banda AWS fue asignada para servicios 3G pero, los operadores que han logrado obtener una licencia para esta banda la utilizan para dar los servicios que más les convenga (2G, 3G, 4G, o tecnologías celulares futuras). Esta banda está disponible en muchos países de América y ya está siendo subastada en algunos de ellos.
- **La banda de 2.5/2.6 GHz.** También se ha comenzado a subastar esta banda en algunos mercados latinoamericanos. Fue originalmente asignada a servicios de televisión y audio restringido, pero, en la actualidad está permitida para servicios de telefonía dando preferencia a las tecnologías que cumplen con las características IMT-Avanzadas, es decir, WiMax y LTE, conocidas comercialmente como tecnologías 4G.
- **La banda de 700 MHz.** Es tal vez la más atractiva por sus características de propagación. Esta banda se denomina Dividendo Digital.

Las frecuencias tienen propiedades naturales diferentes dependiendo de si son altas o bajas. Las frecuencias bajas pueden cubrir áreas de mayor extensión y penetrar más fácilmente los sólidos como paredes y techos, mientras que las frecuencias altas pueden transportar mayor cantidad de información a altas velocidades. Por eso, del total de espectro radio (10 KHz a 300 GHz), el mejor balance de estas propiedades se encuentra en el rango de 700 MHz a 2.5 GHz.

Las frecuencias 2.5 GHz y AWS son bandas de mucha capacidad debido a que ofrecen una gran cantidad de espectro que permite acomodar a varios operadores. La banda de 2.5 GHz, aunque en algunos países es usada para servicios de televisión, en otros se la ha limpiado y subastado, como es el caso de México, Chile, Brasil y Colombia.

Por otro lado, la AWS es una banda que está disponible tentativamente en toda América, exceptuando los mercados de Brasil, Uruguay, Venezuela, Costa Rica y algunos países del Caribe debido a que su arreglo de frecuencias es distinto y esto no les permite usar la banda. En Brasil, Costa Rica y Uruguay por ejemplo, la banda AWS interfiere con la banda asignada a GSM, es por eso que no pueden hacer uso de esta banda, o al menos no completamente.

Los gobiernos latinoamericanos se encuentran en la búsqueda de estrategias para liberar estas bandas de frecuencias, procurando mantener una armonización en el espectro de todos los países de la región para evitar problemas de interferencias entre vecinos.

3.3. Reordenamiento (Refarming)

El reordenamiento de espectro o spectrum refarming se refiere a la reasignación de una banda para darle un uso distinto al que se le daba cuando fue inicialmente asignada. Por ejemplo, una banda asignada a un operador para GSM no le permitirá dar servicios 3G o 4G a menos que haya solicitado un reordenamiento en dicha banda.

Esto indica que se requiere de una modificación regulatoria que permita la posibilidad de explotar la tecnología más conveniente en la mejor banda dentro de las asignadas a un operador, lo que supone un principio de flexibilidad espectral.

El aumento continuo de tráfico en las redes móviles obliga a que se tomen en cuenta todos los componentes posibles para incrementar la capacidad. Por eso se consideró una reasignación de espectro frente a lo dispuesto anteriormente.

Existen muchas posibilidades para el reordenamiento, es decir, en varias bandas de frecuencia. Pero, en el contexto que nos compete, se refiere exclusivamente a la implementación de LTE en el espectro que está actualmente siendo utilizado por anteriores tecnologías de acceso radio.

La banda de 1800 MHz es una banda principalmente usada para servicios GSM. Sin embargo, es posible desplegar ya sea HSPA o LTE sin ningún

problema. A nivel mundial se han considerado las bandas de 900 y 1800 MHz para reordenamiento LTE, principalmente en Europa. Algunos países en América Latina también han pensado en esta estrategia como una manera de incrementar el espectro disponible.

Para permitir cualquier reordenación del espectro, se deben tomar en cuenta las condiciones técnicas y comerciales como: las posibilidades de migración, el impacto sobre los servicios existentes, la cantidad de espectro con el que se cuenta y la disponibilidad de terminales (dispositivos de usuario).

- **Migración de las redes**

Para los operadores que ofrecen sus servicios en tecnologías basadas en las normas 3GPP, la migración hacia LTE será más factible debido al amplio despliegue que tienen las redes, principalmente GSM en Latinoamérica. Una red LTE debería abarcar un área de cobertura similar a lo que alcanza GSM en los lugares en donde está implementado.

La transición de una red GSM a una LTE dura entre cuatro y cinco años. LTE y GSM o EDGE funcionan a la par hasta completar la migración total a LTE.

3.4. Dividendo Digital (DD)

El Dividendo Digital es conocido como la liberación de una parte del espectro utilizado para la televisión analógica. Esta liberación se da debido a la inclusión del nuevo sistema de Televisión Digital Terrestre (TDT) que presenta una capacidad de seis a ocho veces más eficaz que la analógica en cuanto al uso del espectro. Esto quiere decir que se puede transmitir hasta seis canales de TV digital utilizando la misma porción del espectro que un solo canal de TV analógica, manteniendo una calidad aceptable y optimizando el uso del espectro.

Cuando todas las difusiones de TV analógica hayan migrado hacia un sistema de TV digital se producirá el “apagón analógico”, el mismo que generará la liberación de una parte de la banda utilizada por los servicios analógicos correspondientes a VHF (47 a 230 MHz) y UHF (470 a 862 MHz).

La cantidad de espectro liberado depende de factores nacionales tales como la geografía y topografía del país, del grado de penetración de los servicios de televisión por cable y/o satélite, 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. Por lo tanto, el tamaño del Dividendo Digital cambia de una región a otra y de un país a otro.

El espectro creado con este Dividendo Digital se puede utilizar para todo tipo de servicios, pero, los usuarios potenciales que no pertenecen a radiodifusión consideran que este espectro liberado es la oportunidad de responder a la creciente demanda de nuevos servicios de comunicación inalámbricos.

Las frecuencias del DD son bajas y, por ende, presentan características de propagación de las señales superiores a las de 2.5 GHz. Debido a esta cualidad, las operadoras se interesan en utilizar estas frecuencias más bajas para facilitar la cobertura en zonas rurales. De este modo se necesitaría menos infraestructura para obtener una cobertura móvil más amplia.

La utilización del Dividendo Digital es una decisión de política pública en donde influyen varios factores para la concesión del espectro liberado.

Existe la posibilidad de que la banda de los 700 MHz se pueda volver a concesionar para servicios de radiodifusión, dependiendo siempre del factor económico. Sin embargo, en el caso de Latinoamérica el servicio de telefonía móvil trae mayores ventajas económicas al estado al momento de realizar una subasta del espectro radioeléctrico.

La mayor parte de los países latinoamericanos han optado por la utilización del Dividendo Digital en telefonía móvil a pesar de que la condición de esperar al apagón analógico limita a la masificación del acceso a servicios de banda ancha. En la actualidad, todos los países de Sudamérica y algunos de Centroamérica han puesto una fecha tentativa para el apagón analógico, aunque en muchos de los casos existe un período entre cinco y diez años. Esto significa que en el caso de implementar una nueva red móvil LTE en la banda de los 700 MHz, esta se pondrá en operación después de que haya

transcurrido dicho periodo. En la Tabla 3-1 se resumen los periodos previstos para el apagón analógico en los diferentes países de Latinoamérica.

País	Fecha de decisión	Fecha de apagón analógico
Argentina	Agosto-2009	2019
Bolivia	Mayo-2010	Sin definir
Brasil	Junio-2006 / Febrero 2013	2016 / 2018
Chile	Septiembre-2009	2017
Colombia	Agosto-2008	2017
Costa Rica	Abril-2010	2018
Ecuador	Marzo-2010	De 2016 a 2020
El Salvador	Abril-2009	2018
México	Julio-2004	2015
Paraguay	Junio-2010	Sin definir
Perú	Febrero-2009	2023
Uruguay	Agosto-2007	Sin definir
Venezuela	Septiembre-2009	2019

Tabla 3-1 **Apagón analógico en Latinoamérica**

(Fuente: AHCIET- GSMA)

Finalmente, existe la opción de implementar una red LTE previo al apagón analógico. Este escenario es factible debido a que en la mayoría de países latinoamericanos la banda de los 700 MHz no está siendo explotada en su totalidad. Aunque el espectro haya sido asignado a varios radiodifusores no todos hacen uso del mismo. Además, los sistemas que sí hacen uso del espectro asignado trabajan en frecuencias de VHF o en las frecuencias más bajas de UHF, dejando libres las altas frecuencias. Por lo tanto se puede reorganizar temporalmente la asignación del espectro despejando la banda de los 700 MHz hasta que se dé el apagón analógico y se produzca la transición de los sistemas 2G y 3G a 4G.

3.4.1. Planes de asignación de frecuencias

Dentro de Latinoamérica existen dos planes de asignación de bandas para las futuras redes LTE en los 700MHz. La adopción de uno de los planes en cada país requiere de un análisis extenso de las características y las ventajas que implica su implementación. Se debe considerar la armonía en el espectro para asegurar el roaming en toda la región, y evitar las interferencias de señales en los territorios fronterizos.

A pesar de que existen 3 planes de banda distintos³, los planes estudiados para la asignación de frecuencias en Latinoamérica son únicamente 2:

3.4.1.1. División Estados Unidos

Los bloques de espectro del Dividendo Digital fueron identificados en el año 2007, en una conferencia mundial de radio. Estados Unidos fue uno de los primeros países del mundo en liberar el espectro en su mercado, en analizar la asignación de espectro en la banda de los 700 MHz y el primero en subastar esta banda, ya que en el 2010 y 2011 las diferentes operadoras de telecomunicaciones ya presentaron servicios comerciales en redes LTE.

La división fue pensada para ajustarse a los requisitos específicos de asignación de espectro que este país utiliza para la seguridad pública y radiodifusión. Este plan limita a trabajar a solo dos operadores por bloque de banda. Además, para este plan, el espectro disponible en la banda de los 700 MHz es menor porque una parte de este espectro es utilizada para los servicios mencionados, que no pueden ser removidos.

La banda consiste en 108 MHz desde 698 a 806 MHz. 70 MHz corresponden a la banda comercial, 4 MHz para bandas de guarda y 34 MHz son dirigidos a la seguridad pública y radiodifusión. Como se puede apreciar en la figura 3-2, la banda de frecuencias bajas corresponde a 48 MHz de espectro comercial divididos en cinco bandas, tres pareadas (A, B y C) y dos no pareadas (D y E). Cada canal corresponde a 6 MHz de espectro.

³ Los planes de banda existentes son: División de Estados Unidos, División Asia-Pacífico y División Europea.

En la banda de frecuencias altas (60 MHz) encontramos un bloque pareado C que suma 22 MHz para uso comercial, dos bandas de guarda de 2 MHz, dos bandas de 5 MHz para broadcast y dos bandas asignadas a seguridad pública de 12 MHz.

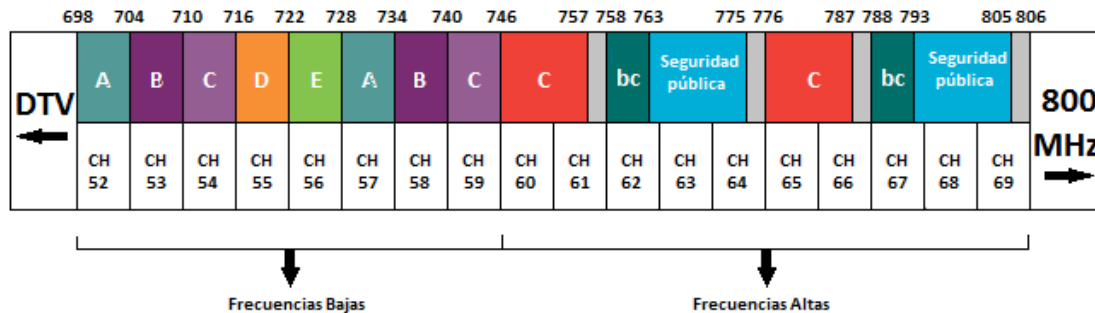


Figura 3-2 Plan de Estados Unidos para la banda de los 700 MHz

(Fuente: Industry Canada)

El espectro disponible para tecnologías 4G móviles es de 2x22 MHz correspondientes a las bandas pareadas C, la no pareada D y las bandas de guarda.

Canadá ha optado por el plan de asignación de frecuencias de su país vecino y ha realizado algunas modificaciones para su futura implementación. Sin embargo, esta opción es la menos atractiva para los países latinoamericanos debido al ineficiente uso del espectro.

3.4.1.2. División Asia-Pacífico (APT)

La división APT fue diseñada para la región de Asia-Pacífico, presentada en el 2009 y aprobada en el 2010. Después de esa fecha, algunos países principalmente en la región de Asia, lo han adoptado, como es el caso de Japón, China, Nueva Zelanda, Corea del Sur y Australia. En Latinoamérica, muchos países lo toman en consideración y algunos incluso ya lo han adoptado oficialmente.

Este plan de división de frecuencia opera entre 698 MHz y 806 MHz, incluyendo las bandas de guarda de 5 MHz en la banda inferior y 3 MHz en la banda superior. Estas bandas de guarda son utilizadas para evitar la interferencia celular ya sea en la misma banda o en las adyacentes.

El modelo APT divide la banda (698 a 806 MHz) en dos porciones de 45 MHz correspondientes a las sub-bandas de transmisión y recepción, las cuales están separadas por un espacio de 10 MHz de guarda. Dispone además de dos bandas de guarda en los extremos para proteger el espectro adyacente, tanto el de DTV hacia la parte baja, como el que se usa para telefonía móvil en la parte alta.

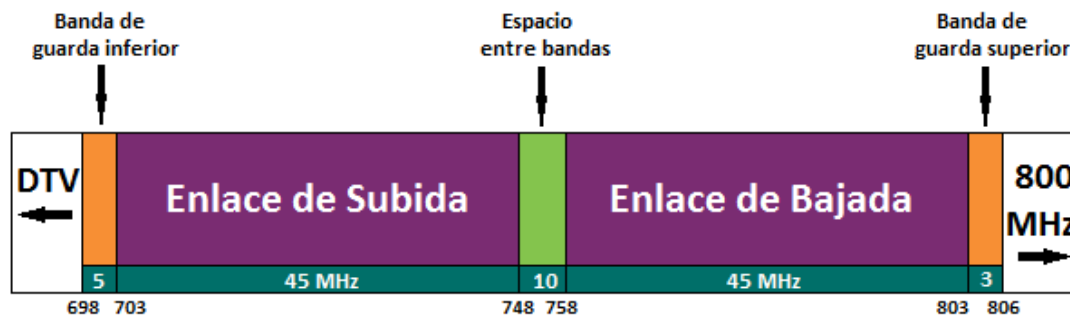


Figura 3-3 **Plan APT para la banda de los 700 MHz**

(Fuente: Industry Canada)

Los países latinoamericanos se inclinan por este esquema de frecuencias especialmente porque ofrece una alta eficiencia en el uso de espectro para aplicaciones de banda ancha.

México expuso sus razones para su inclinación hacia este plan de frecuencias. Su determinación se basa principalmente en beneficios comerciales, que permiten mantener un desarrollo competitivo de mercado por la cantidad de operadores que pueden trabajar en la banda, y con el objetivo de lograr economías de escala.

Esta disposición ha sido apoyada por todos los operadores mexicanos y las principales asociaciones de la industria en la región de Latinoamérica, es decir que cuentan con el respaldo de todo el sector.

La región completa debe trabajar para liberar el Dividendo Digital en el menor plazo posible y continuar tomando posiciones armonizadas. El caso de México es considerado como una decisión de vanguardia, junto con otros mercados clave como son Chile y Colombia, que también han adoptado la misma posición.

3.5. Técnicas de uso de espectro en LTE

Existen varias bandas de frecuencia en las que se puede implementar LTE. Muchas de ellas ya están en uso por otras tecnologías celulares mientras que otras están siendo liberadas y reasignadas. A pesar de contar con el espectro es necesario también considerar el método que será utilizado por el operador para obtener una mayor eficiencia.

Existen dos métodos para utilizar el espectro en las bandas disponibles, estos son FDD y TDD. Como ya se ha definido anteriormente, FDD requiere de dos bandas, una para subida y otra para bajada. A diferencia de TDD en la que se cuenta con una sola banda pero trabaja con periodos cortos de tiempo.

Las bandas de frecuencia establecidas para LTE se identifican con un número de asignación entre el 1 y 25 para FDD y entre 33 y 43 para TDD.

3.5.1. Asignación por FDD

Hay varias asignaciones de espectro reservadas para FDD-LTE. Estas son pareadas para permitir la transmisión simultánea en dos frecuencias, de bajada y de subida. Presentan un espacio suficiente entre ambos enlaces para impedir que las señales transmitidas perjudiquen el rendimiento del receptor.

El rango de espectro considerado para el despliegue de redes FDD-LTE fue estandarizado por 3GPP, para que los diferentes operadores celulares a nivel

mundial puedan implementar sus servicios. En la Tabla 3.2 se detallan estas frecuencias.

# de Banda LTE	Banda para UL	Banda para DL	Ancho de banda	Espacio de duplexado	Espacio entre bandas
1	1920 MHz – 1980 MHz	2110 MHz – 2170 MHz	60 MHz	190 MHz	130 MHz
2	1850 MHz – 1910 MHz	1930 MHz – 1990 MHz	60 MHz	80 MHz	20 MHz
3	1710 MHz – 1785 MHz	1805 MHz – 1880 MHz	75 MHz	95 MHz	20 MHz
4	1710 MHz – 1755 MHz	2110 MHz – 2155 MHz	45 MHz	400 MHz	355 MHz
5	824 MHz – 849 MHz	869 MHz – 894 MHz	25 MHz	45 MHz	20 MHz
6	830 MHz – 840 MHz	875 MHz – 885 MHz	10 MHz	35 MHz	25 MHz
7	2500 MHz – 2570 MHz	2620 MHz – 2690 MHz	70 MHz	120 MHz	50 MHz
8	880 MHz – 915 MHz	925 MHz – 960 MHz	35 MHz	45 MHz	10 MHz
9	1749.9MHz-1784.9 MHz	1844.9MHz – 1879.9 MHz	35 MHz	95 MHz	60 MHz
10	1710 MHz – 1770 MHz	2110 MHz – 2170 MHz	60 MHz	400 MHz	340 MHz
11	1427.9 MHz – 1452.9 MHz	1475.9MHz–1500.9 MHz	20 MHz	48 MHz	28 MHz
12	698 MHz – 716 MHz	728 MHz – 746 MHz	18 MHz	30 MHz	12 MHz
13	777 MHz – 787 MHz	746 MHz – 756 MHz	10 MHz	-31 MHz	41 MHz
14	788MHz – 798 MHz	758 MHz – 768 MHz	10 MHz	-30 MHz	40 MHz
15	1900 MHz – 1920 MHz	2600 MHz – 2620 MHz	20 MHz	700 MHz	680 MHz
16	2010 MHz - 2025 MHz	2585 MHz – 2600 MHz	15 MHz	575 MHz	560 MHz
17	704 MHz - 716 MHz	734 MHz – 746 MHz	12 MHz	30 MHz	18 MHz
18	815 MHz – 830 MHz	860 MHz – 875 MHz	15 MHz	45 MHz	30 MHz
19	830 MHz – 845 MHz	875 MHz – 890 MHz	15 MHz	45 MHz	30 MHz
20	832 MHz – 862 MHz	791 MHz – 821 MHz	30 MHz	-41 MHz	71 MHz
21	1447.9 MHz - 1462.9 MHz	1495.5MHz – 1510.9 MHz	15 MHz	48 MHz	33 MHz
22	3410 MHz - 3500 MHz	3510 MHz – 3600 MHz	90 MHz	100 MHz	10 MHz
23	2000 MHz – 2020 MHz	2180 MHz – 2200 MHz	20 MHz	180 MHz	160 MHz
24	1625.5 MHz - 1660.5 MHz	1525 MHz – 1559 MHz	34 MHz	-101.5 MHz	135.5 MHz
25	1850 MHz – 1915 MHz	1930 MHz – 1995 MHz	65 MHz	80 MHz	15 MHz

Tabla 3-2 **Bandas de frecuencia para LTE FDD**

(Fuente: Radio Electronics)

En el caso de la asignación de la frecuencia para las redes LTE que operaran de forma simultánea con redes GSM, W-CDMA o CDMA se puede reasignar el espectro para las diferentes redes o agregar una nueva banda, estas opciones pueden ser aplicadas tanto para zonas urbanas como para zonas rurales.

Para reasignar el espectro, los sistemas GSM y W-CDMA que operan en las bandas de los 1800 MHz - 2100 MHz para la zona urbana y 900 MHz para la zona rural, podrían ceder ciertas frecuencias permitiendo introducir lentamente la tecnología LTE. Esto los obligaría a operar de forma simultánea mientras los servicios migran paulatinamente. En este caso el tamaño de la banda no tiene importancia ya que LTE puede ajustar el tamaño de sus canales a conveniencia.

En el caso que se quiera utilizar las redes 3G existentes sin ceder ningún espacio en su frecuencia se puede implementar la nueva red en la banda de los 2.6 GHz para las zonas urbanas. También se puede introducir la tecnología LTE utilizando el espectro de las redes 3G de manera independiente en las bandas liberadas de los 800 MHz y 900 MHz para las zonas rurales.

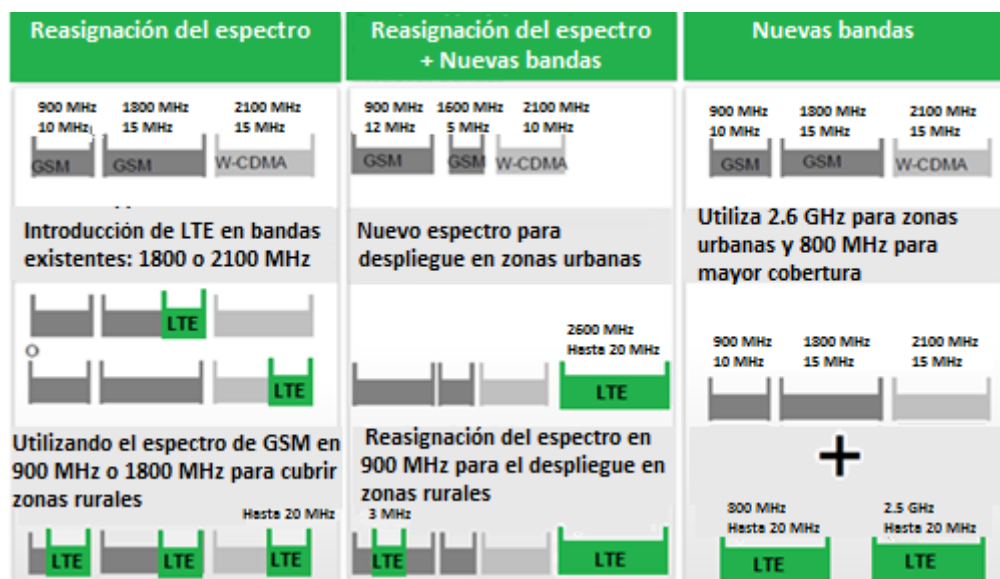


Figura 3-4 Reasignación del espectro LTE en FDD de GSM y W-CDMA
(Fuente: GSA)

Para los operadores que usan tecnología CDMA/EV-DO lo ideal sería desplegar las nuevas redes LTE en la banda liberada de los 700 MHz y en la banda AWS. Sin embargo, si se desea desplegar más rápidamente las redes LTE se debería utilizar la banda de los 850 MHz, previamente liberada.

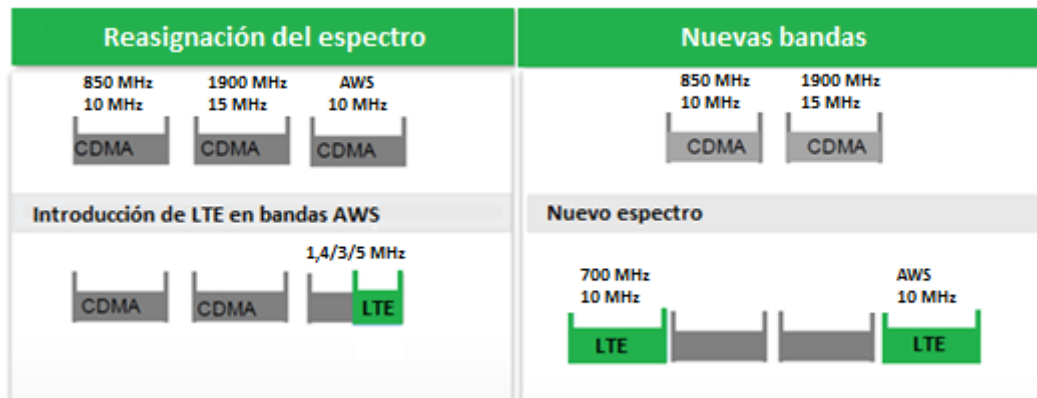


Figura 3-5 Reasignación del espectro LTE en FDD de CDMA

(Fuente: GSA)

3.5.2. Asignación por TDD

Generalmente este método es el más utilizado para sistemas celulares en donde los datos transmitidos y receptados son asimétricos.

Se usa una sola frecuencia para operar, sin embargo, en la transmisión se necesita un período de guarda que varía según la distancia a la que se encuentre el receptor. Esta variación se debe a que la propagación requiere de un determinado tiempo hasta que la información llegue a su destino.

Los enlaces de subida y de bajada comparten una misma frecuencia y para transmitir utilizan la multiplexación de tiempo.

Al igual que para FDD-LTE, 3GPP también estandarizó los rangos de frecuencias a ser utilizados para TDD-LTE. Estas frecuencias se listan en la tabla a continuación.

Banda LTE	Banda para UL y DL	Ancho de Banda
33	1900 MHz – 1920 MHz	20 MHz
34	2010 MHz – 2025 MHz	15 MHz
35	1850 MHz – 1910 MHz	60 MHz
36	1930 MHz – 1990 MHz	60 MHz
37	1910 MHz – 1930 MHz	20 MHz
38	2570 MHz – 2620 MHz	50 MHz
39	1880 MHz – 1920 MHz	40 MHz
40	2300 MHz – 2400 MHz	100 MHz
41	2496 MHz – 2690 MHz	194 MHz
42	3400 MHz – 3600 MHz	200 MHz
43	3600 MHz – 3800 MHz	200 MHz

Tabla 3-3 **Bandas para TDD-LTE**

(Fuente: Radio Electronics)

En algunos casos, al implementar una nueva red LTE junto a redes 3GPP TDD existentes, es necesario adicionar una nueva banda de espectro destinada exclusivamente para banda ancha móvil LTE. En el año 2008 se optó por agregar una nueva banda para IMT-2000. La banda agregada tiene solo 50 MHz, por lo tanto, el espectro comprendido se encuentra entre 2570 y 2620 MHz.

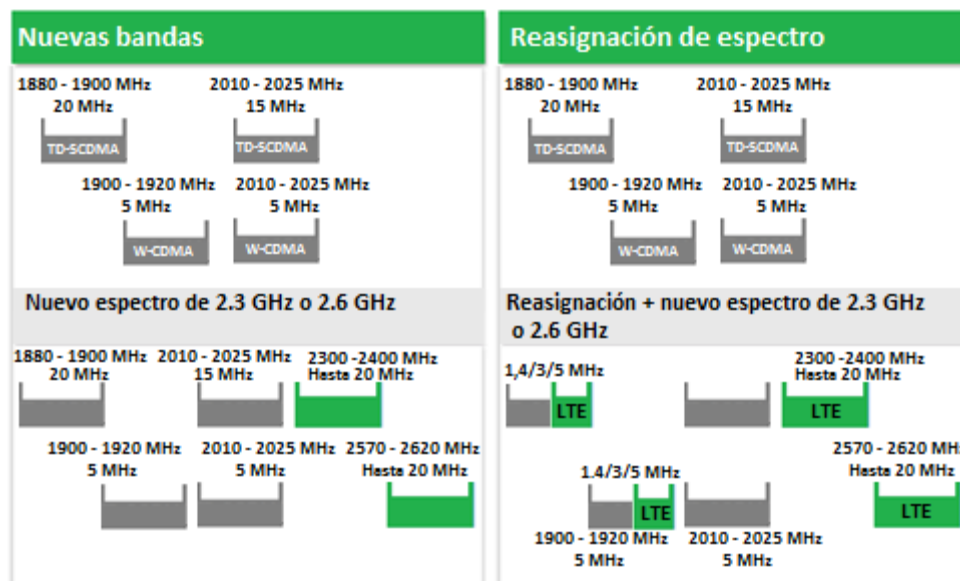


Figura 3-6 **Reasignación del espectro LTE en TDD de CDMA**

(Fuente: GSA)

3.6. Consideraciones para la asignación del espectro

El plan de frecuencias aprobado por el regulador debe ser previamente analizado. Se debe asignar el espectro evitando las interferencias con otras bandas o dispositivos utilizados de forma masiva, aprovechando los recursos del espectro para una buena propagación y permitiendo su uso eficiente sin desperdiciar el recurso.

Es necesario hacer un examen exhaustivo de las limitaciones relacionadas con el costo, tamaño, frecuencias de operación y rendimiento de los dispositivos móviles. También es importante mantener la armonización del espectro entre países vecinos como se explicó anteriormente, así los dispositivos con las mismas características podrían ser producidos en mayores cantidades.

Para la concesión de licencias destinadas a redes LTE, el ente regulador debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

3.6.1. Los servicios similares deben estar juntos

Los servicios similares deben utilizar el espectro uno al lado del otro. Esto permite principalmente la reducción de interferencias. Además de reducir la complejidad en la asignación del espectro, permite mantener un orden en la utilización de las bandas e incluso reduce el costo de las concesiones. Los precios de los equipos y la infraestructura bajan al ser producidos a escala, sin afectar el hecho de que los equipos son desarrollados con una mayor eficiencia.

3.6.2. Seguir las normas globales

Las normas técnicas deben ser la base para el desarrollo de servicios competitivos y para la producción de los equipos, tomando ventaja de una economía de escala a nivel mundial. Además, las normas contribuyen a la implementación más rápida de la tecnología y a su expansión hacia más regiones del mundo.

3.6.3. Armonización regional del espectro

Como ya se ha mencionado, la armonización facilita el roaming entre países y permite una mejor gestión de las interferencias fronterizas. Según estudios realizados y publicados por GSMA, los países que no cumplan con la armonización podrían experimentar una reducción en la ganancia económica de aproximadamente el 5% y el crecimiento de tasas de empleo reduciría en un 30%. Asimismo, la posibilidad de surgimiento de nuevos negocios también reduciría en un 30% y, finalmente, los ingresos del gobierno bajarían un 18%. Los países vecinos a estos, también notarían algunas pérdidas como aproximadamente el 3% menos en el crecimiento del PIB (Producto Interno Bruto), lo que se refiere al estándar de vida y la economía de un país. Además, apreciarían pérdidas en la generación de empleos en un 10%, en el surgimiento de nuevos negocios en un 11% y en los ingresos del gobierno en un 12%.

3.6.4. Organizar la asignación del espectro según la demanda

Al ser las frecuencias bajas las más eficientes para proveer servicios debido a sus características de propagación, se debe sacar provecho de ellas utilizándolas para brindar servicio en las áreas rurales y aisladas, en las que la densidad de población es baja.

3.7. Tecnología y eficiencia espectral

3.7.1. OFDM

El progreso de las tecnologías inalámbricas se ha dado en múltiples fases. Primero EDGE, luego UMTS, seguido por las capacidades 3G mejoradas como HSPA, HSPA+ y finalmente LTE. Uno de los enfoques sobresalientes de esta evolución es el paso de TDMA a CDMA, y ahora, de CDMA a OFDMA, el cual es la base de LTE.

La ventaja que presenta la OFDM de reducir la complejidad computacional es la razón por la que 3GPP la escogió para ser implementada en LTE. Esto la

convierte en la técnica preferida para implementar en sistemas de radio que necesitan tasas extremadamente altas de transferencia.

Además, la OFDM puede operar fácilmente en diferentes anchos de banda. Esto permite que se lo pueda implementar en el espectro disponible, cualquiera que sea su tamaño, usando diferente número de subportadoras. Un sistema con OFDM como LTE puede tener canales de radio más amplios sin requerir bandas de guarda entre portadoras. Estas características sin duda presentan a la OFDM como la mejor manera de conseguir una buena utilización del espectro sin importar las frecuencias en las que se implemente o el ancho de banda al que esté destinado.

Aun así, las ventajas que presenta el OFDMA en canales UMTS de 5 MHz es mínima, por lo que fue necesario un avance tecnológico hacia HSPA y, actualmente, hacia LTE. La implementación del OFDMA presenta grandes ventajas en la economía de los operadores, reduciendo las inversiones en infraestructura, los valores de capex y opex, y permitiéndoles ofrecer servicios competitivos.

3.7.2. Coexistencia de redes 3GPP

El plan evolutivo de 3GPP es reconocer cuales son las fortalezas y debilidades de cada tecnología y explotar o aprovechar las capacidades únicas de cada una.

LTE incorpora las mejores técnicas de radio para alcanzar los niveles de rendimiento más allá de los que se conseguiría con enfoques CDMA, sobre todo en anchos de banda de canal más grandes. Pero, a pesar de sus diferencias con otras tecnologías, al igual que 3G coexiste con 2G en redes integradas, los sistemas LTE coexistirán con ambos, 3G y 2G.

3.7.2.1. Redes 3G en redes 2G

Los sistemas de 2G y 3G fueron creados de tal forma que podían comunicarse entre ellos sin ningún problema. Una red 3G de UMTS por ejemplo, contaba

con una red de acceso distinta a las redes 2G, sin embargo, había factores que facilitaban su implementación. Las celdas de UMTS pueden ser colocadas en las mismas celdas de GSM (2G) acomodando los equipos de ambas o, posteriormente, utilizando los mismos equipos que ya tenían la capacidad de soportar las dos tecnologías. Además, la mayor parte de la red de núcleo de GSM puede ser utilizada para 3G ya que se necesita, a lo mucho, una actualización del software para que soporte la nueva tecnología.

3.7.2.2. Redes 4G con redes 3G (LTE con otras tecnologías)

LTE no es la continuación de HSPA sino de UMTS. El HSPA, sin embargo, es muy importante porque tiene características similares que pueden ser explotadas previamente a LTE, como una manera de preparación.

En esta sección se da información que permite realizar una comparación entre ambas tecnologías pero dando preferencia a LTE como nuestro tema de interés.

3.7.2.3. Unión de HSPA con LTE (HSPA+LTE)

Las redes LTE se están extendiendo a una velocidad cada vez mayor y al mismo tiempo, las redes HSPA también se expanden y actualizan con parámetros de HSPA+ avanzado con el fin de satisfacer la creciente demanda de datos inalámbricos. Se han hecho inversiones en infraestructura de HSPA+ y ha habido una rápida penetración de los dispositivos de banda ancha, por lo que se piensa que las dos redes pueden coexistir en paralelo durante los próximos años.

La evolución de los estándares HSPA+ y LTE ha introducido la agregación de portadoras para una mejor tasa de transferencia de datos, mejor balanceo de carga y mejor utilización del espectro. Desde el nacimiento de LTE, se ha incluido en el estándar que la comunicación radio soporte ambas tecnologías funcionando a la vez.

La operación conjunta del HSPA y LTE permitirá la transmisión de datos utilizando ambos radios simultáneamente. Esto produciría una mayor eficiencia en la utilización del espectro disponible y del equipo empleado. El beneficio se observa especialmente en donde el espectro es poco y necesita ser compartido por las dos tecnologías de acceso radio. Un ejemplo sería la banda de los 900 MHz para el HSPA y la de los 800 MHz para LTE. Ambas son bandas muy atractivas para los operadores debido a su baja frecuencia, aunque se tiene una disponibilidad del espectro muy limitada. Con la agregación de las dos bandas se pueden conseguir altas tasas de datos propuestas por LTE y al mismo tiempo mantener la cobertura para los dispositivos HSPA.

Aunque la agregación HSPA+LTE está basada en conceptos estandarizados y es teóricamente sencilla, es una característica muy importante que, en conjunto, no está estandarizada actualmente. Es un tema potencial para la especificación número 12 de 3GPP, pero no es un compromiso oficial por lo que el concepto de HSPA+LTE resulta más visionario y exploratorio que descriptor de una característica existente.

En el Anexo V se encuentra detallada la evolución del sistema HSPA.

3.7.3. Agregación de portadoras

El agregado de portadoras, como se le llama en LTE en lugar de multiceldas o multiportadora, es utilizado para aumentar el ancho de banda y por ende aumentar la tasa de transferencia de bits. Se basa en la suma de varios canales para una misma comunicación, lo que hace que el ancho de banda y, por tanto, la velocidad de transmisión de datos se multipliquen con facilidad.

En las especificaciones 8 y 9 la tecnología LTE soportaba únicamente una portadora con un ancho de banda variable de 1.4, 3, 5, 10, 15 o 20 MHz como máximo. Con el objetivo de proveer el soporte de operación en más de 20 MHz, se introdujo la agregación de portadora como parte de LTE avanzado en la especificación 10. Además, se añadió soporte a la tecnología multibanda, es decir, los canales agregados no necesitan estar en el mismo entorno de

frecuencias, sino que pueden utilizar, por ejemplo, las redes de 2100 y la de 900 MHz simultáneamente.

Los tráficos crecientes motivan a los proveedores de servicios a implementar tecnologías que explotan los recursos del espectro de una forma más eficiente física y económicamente. El uso de espectro en varias bandas de frecuencias y la coexistencia de varias tecnologías de acceso a las redes ha incentivado el desarrollo y uso de técnicas de agregación de portadoras, las cuales presentan algunos beneficios:

- Maximiza la tasa de transferencia de datos y el rendimiento (throughput) mediante la combinación de las capacidades disponibles en varias frecuencias.
- Provee una mejor calidad de servicio a los usuarios como resultado del balanceo de carga entre varias frecuencias y sistemas. Si hay congestión en una banda o sistema, el usuario puede acceder a la capacidad disponible en otra frecuencia o sistema que no esté en uso.
- Mitiga las ineficiencias que se dan en canales con anchos de banda no contiguos o pequeños (5 MHz o menos), que a menudo se propagan en las diferentes bandas del espectro.

Las frecuencias que se pueden utilizar para la agregación de portadora son varias. Primero están las bandas que muchos países tienen en común como el espectro del Dividendo Digital, es decir, la banda de los 700 MHz u 800 MHz (Región 1) dependiendo de la región de la ITU, las bandas de 2500 MHz o también 2600 MHz y 1700/2100 MHz en las Américas o Región 2. Además, se incluyen las frecuencias resultantes del reordenamiento de GSM hacia tecnologías más avanzadas en las bandas de 850 y 1900 MHz en Latinoamérica, así como también las bandas de 900 y 1800 MHz en diversas áreas del mundo.

Los sistemas HSPA se pueden emplear únicamente con portadoras de 5 MHz o sus múltiplos hasta 40 MHz, lo que corresponde a 8 portadoras agregadas de 5 MHz cada una. Esta tecnología solo trabaja en bandas pareadas, es decir, con la técnica FDD.

Por otra parte, LTE puede implementarse de ambas maneras, pareada o no pareada, y con anchos de banda diferentes desde 1.4 MHz, pasando por 3, 5, 10, 15, 20 hasta 100 MHz con cinco portadoras agregadas de 20 MHz cada una.

La agregación de portadora de la especificación 10 soporta los siguientes parámetros:

- Tasas de datos de 1 Gbps en el enlace de bajada y 500 Mbps en el enlace de subida.
- Se pueden agregar hasta cinco portadoras, la cuales se llaman portadoras componentes o subportadoras.
- Cada portadora componente puede tener cualquier ancho de banda soportado en LTE. Como resultado, la agregación de portadora puede soportar hasta 100 MHz de ancho de banda.
- La agregación de portadora no afecta a las tecnologías ya desarrolladas para LTE, es decir, cada portadora componente es compatible con las especificaciones 8 y 9.

Un dispositivo de usuario que soporta la agregación de portadoras es capaz de recibir y transmitir en una o varias portadoras componentes.

3.7.4. Dispositivos

En el año 2010 los equipos que se utilizaron fueron mono-modo utilizados exclusivamente para usuarios de operadores con LTE, sin ninguna compatibilidad con otro tipo de redes ni otra banda de frecuencias. Para el 2011 aparecieron dispositivos de tipo due-modo capaces de operar en redes de tipo 3G o LTE y a su vez soportan varias bandas de radio (múltiple-banda) que permiten el roaming entre países.

Existen límites en el número de bandas que un dispositivo puede soportar. La decisión de soportar varias bandas es un proceso complejo que les corresponde a los operadores y a los proveedores de equipos en conjunto, debido a que implica nuevas tecnologías.

Actualmente, los dispositivos móviles que se encuentren disponibles en el mercado son de tipo multimodo y multibanda. Es decir, son capaces de operar en redes de tipo 4G (LTE - WiMAX), 3G y 2G, y soportan tanto el acceso FDD como TDD.

El espectro empleado actualmente no es continuo y presenta esquemas de acceso variados, es decir, en algunos casos se utiliza FDD y en otros TDD. El soporte de ambas técnicas de duplexación y la diversidad de bandas de frecuencia hacen que el reto para los proveedores de equipos sea cada vez mayor.

Los dispositivos móviles presentan problemas relacionados con las limitaciones de tamaño de batería, tamaño de pantalla, peso y de espacio interno para los componentes que aumentan cada vez más para dar cabida al creciente número de características que deben presentar.

Los nuevos dispositivos serán derivados de los existentes los cuales incluyen:

- Operación multibanda y multimodo como PCS, celular y AWS
- Soporte de otras bandas correspondientes a servicios celulares como GSM, CDMA, EDGE, UMTS y HSPA
- Tecnologías radio como Wi-Fi, bluetooth, GPS y NFC.

La adición de nuevas bandas resulta en el aumento de su costo individual, pero, la gran gama de dispositivos existentes genera una mayor captación en los usuarios creando una economía a escala que permite un costo accesible.

CAPÍTULO 4

ESTADO ACTUAL DE LTE EN LATINOAMÉRICA

4.1. Introducción al estado actual de las redes

Según la organización 4G Americas, el 95% de las conexiones móviles en Latinoamérica en la actualidad emplean tecnologías 3GPP tales como GSM, HSPA y LTE. Por el momento, HSPA y HSPA+ son el sustento de la banda ancha móvil para el mundo. Estas tecnologías les dan a los operadores la facilidad de satisfacer las crecientes necesidades de tecnología inalámbrica avanzada que demandan los usuarios. La evolución de las tecnologías 3GPP será hacia LTE, siempre y cuando haya atribuciones de espectro en el mercado.

Los operadores buscan tomar ventajas de las altas velocidades, aumento de capacidad de la red y una mejor utilización del espectro que soporta LTE.

4.2. Actuales redes LTE en Latinoamérica

Se esperaba que para finales de 2012 sean 15 redes LTE comerciales con un aproximado de 650 mil suscripciones en Latinoamérica; sin embargo actualmente existen 13 redes comerciales y en fase de prueba en la región que proporcionan servicios 4G y consisten en conectividad de datos para celulares, computadoras, tablets y otros dispositivos que requieran altas velocidades de conexión. Estas redes se resumen en la siguiente tabla.

País	Operadora	Tecnología	Frecuencias	Fecha de implementación
México	Telcel	FDD	1.7/2.1 GHz	Noviembre 2012
Colombia	Une	FDD	2.6 GHz	Junio 2012
Brasil	Sky Telecom	TDD	2.5 GHz	Diciembre 2011
	Claro	FDD	2.5 GHz	Diciembre 2012
Antigua y Barbuda	Digicel	FDD	700 MHz	Noviembre 2012
Puerto Rico	AT&T	FDD	700 MHz	Noviembre 2011
	Sprint Nextel		850/1900 MHz	Diciembre 2012
	Claro	FDD	700 MHz	Diciembre 2011
	Open Mobile	FDD	700 MHz	Abril 2012
Paraguay	Copaco/VOX	FDD	1.7/2.1 GHz	Febrero 2013
	Personal	FDD	1900 MHz	Febrero 2013
Uruguay	Antel	FDD	1.7/2.1 GHz	Diciembre 2011
República Dominicana	Orange Dominicana	FDD	1800 MHz	Julio 2012
Bolivia	Entel	FDD	700 MHz	Diciembre 2012

Tabla 4-1 **Decisiones para LTE en Latinoamérica**

En base a datos obtenidos de la Tabla 4-1, se prevé que para el 2015 habrá 40 operadores latinoamericanos que ofrecerán servicios LTE y que las suscripciones superarán los 20 millones.

La figura que se presenta a continuación, obtenida de 4G Americas, presenta las redes LTE desplegadas en Latinoamérica en la actualidad.



Figura 4-1 Redes LTE en Latinoamérica

(Fuente: 4G Américas)

Según Informa Telecoms & Media, en el año 2014 habrá más de 14 millones de suscripciones LTE en la región, con Brasil, México, Chile y Colombia a la cabeza. Actualmente, los operadores en la región ya no están debatiendo si van a desplegar o no LTE, ahora se centran en decidir cuándo y, sobre todo, cómo acceder al mercado con sus nuevas redes.

El despliegue de las redes LTE en Latinoamérica depende del mercado, los usuarios y las bandas asignadas, estos parámetros se analizarán a continuación para los países con mayor influencia en el despliegue de redes LTE.

4.3.Colombia

4.3.1. Historia de la telefonía móvil

El Ministerio de Comunicaciones, en 1993, mediante una licitación entre enero y marzo, dio luz verde para la prestación de servicios de telefonía móvil, la misma que entró en funcionamiento en 1994.

Fueron 6 empresas las que operaron inicialmente, repartidas en tres zonas del país: Atlántica (Norte), Oriental y Occidental.

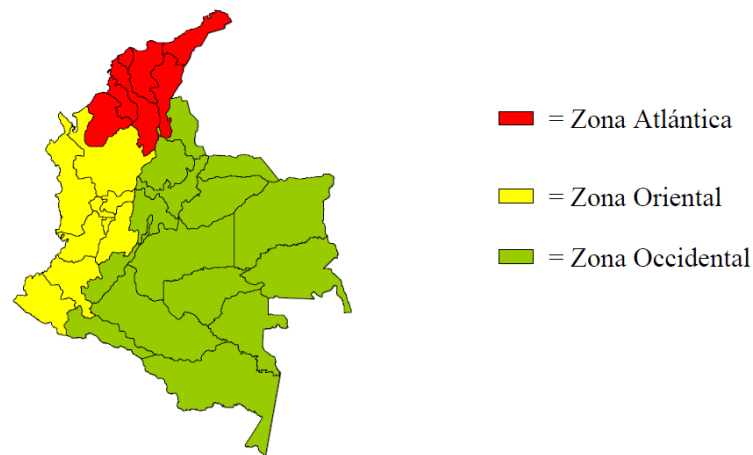


Figura 4-2 **Zonas de cobertura inicial de Colombia**
(Fuente: Proyecto Telecomunicaciones Blogspot)

A cada zona le correspondían dos empresas adjudicadas, una empresa de capital mixto (pública y privada) y una empresa con capital privado, catalogados como Operadores Red A y Operadores Red B respectivamente.

Fueron 11 empresas postulantes para la adjudicación y cada una de ellas fue analizada según el Pliego de Condiciones propuesto por el ente regulador que calificaba en un 75% a los requisitos técnicos y en un 25% al plan económico financiero.

Las operadoras adjudicadas, los accionistas y los proveedores de equipos se resumen a continuación en la Tabla 4-2.

Zona	Operadora	Tipo	Accionistas	Proveedor de Equipos
Zona Atlántica	CELCARIBE S.A.	Red A	• Telecartagena • Millicom International	Ericsson
	CELUMOVIL COSTA ATLÁNTICA S.A.	Red B	• Mac Caw Cellular Communications Inc. (AT&T)	Northern Telecom.
Zona Oriental	COMCEL S.A	Red A	• Empresa de Teléfonos de Santafé de Bogotá (ETB) • Empresa Nacional de Telecomunicaciones (TELECOM) • Bell Canada	
	CELUMOVIL S.A.	Red B	• Mac Caw Cellular Communications Inc. (AT&T)	Northern Telecom.
Zona Occidental	OCCEL S.A.	Red A	• Empresa Pública de Medellín (EEPPM) • Cable & Wireless (AT&T)	Northern Telecom.
	COCELCO S.A.	Red B	• Telefónica de España S.A. • Compañía de Teléfonos de Chile (Celular S.A.)	Ericsson

Tabla 4-2 Empresas adjudicadas de telefonía móvil en 1994

La adjudicación de las licencias fue considerada como una de las más costosas a nivel mundial, con un valor total de USD 1.187'471.943 [9], vigente para diez años iniciales de concesión y con oportunidad de renovación para diez años más.

En el año 2000, la empresa estadounidense BELLSOUTH (ahora Telefónica Móviles Colombia S.A, MOVISTAR) adquirió a las empresas CELUMOVIL y COCELCO oficializando el ingreso de su marca en 2001 y convirtiéndose en la primera empresa de telefonía móvil en brindar cobertura a nivel nacional. [10]

Para finales de 2003, la Empresa de Telecomunicaciones de Bogotá (ETB), que brindaba servicios de telefonía fija e Internet, junto con las Empresas Públicas de Medellín (EPM) obtuvieron la licencia para prestar servicios de PCS. Con esta fusión se fundó la empresa Colombia Móvil (OLA) que les permitió ingresar al mercado móvil; sin embargo, para evitar la quiebra de la

empresa, en noviembre de 2007 el 51% de las acciones fueron adquiridas por la empresa de Luxemburgo Millicom International Cellular, transformándola en Colombia Móvil TIGO.

En 2006, Empresas Públicas de Medellín, encargadas de brindar los servicios públicos para esta ciudad, separó sus funciones en tres grupos de negocios: energía, agua y telecomunicaciones, nombrando a este último como EPM Telecomunicaciones, más conocido como UNE.

UNE prosperó con la adquisición de varias empresas de telecomunicaciones como la Empresa de Telecomunicaciones y Servicios Agregados (EMTEL S.A.) y las operadoras de televisión por cable de Bucaramanga y Cartagena, PROMISIÓN y COSTAVISIÓN respectivamente. [11]

En 2010 ingresa al mercado la primera operadora virtual móvil de Latinoamérica, UFF la cual utiliza la red de voz y datos de TIGO. Utilizando apenas un título habilitante, esta empresa ha conseguido ofrecer sus servicios sin necesidad de adquirir una concesión para el uso del espectro. En 2012 el Grupo Bancolombia adquiere el 70% de las acciones de UFF, y actualmente, su principal objetivo es masificar el uso de la Banca Móvil. [12]

4.3.2. Servicios de operadoras móviles

En la actualidad, Colombia cuenta con cinco operadores de telefonía móvil: Comunicaciones Celulares S.A. (COMCEL - CLARO COLOMBIA S.A.), Telefónica Móviles Colombia S.A. (MOVISTAR COLOMBIA), Colombia Móvil S.A. (TIGO), Móvil S.A. (UFF) y EPM Telecomunicaciones S.A. (UNE).

Las operadoras Claro y Movistar prestan sus servicios de voz y datos a través de redes GSM en la banda de 850 a 900 MHz, TIGO utiliza la banda comprendida entre los 1800 y 1900MHz para la transmisión de datos mediante la red HSPA+, y finalmente, UNE ofrece sus servicios en redes LTE en las bandas de los 700 MHz y 2500 MHz.

Las operadoras móviles no solo ofrecen voz y datos móviles, sino que ofrecen varios servicios personales y empresariales (Tabla 4-3 y Tabla 4-4) con los que han retenido la mayor parte del mercado de telecomunicaciones.

Servicios personales						
Operador	Telefonía móvil	Telefonía fija	Internet fijo	Internet móvil	Video bajo demanda	TV
CLARO	X	X	F.O.	X	x	TV Digital
MOVISTAR	X	X	x	X		HDTV
TIGO	X			X		
UFF	X	X				
UNE	X	X	x	4G LTE		HDTV

Tabla 4-3 **Servicios personales brindados por las operadoras móviles de Colombia**

(Fuente: Operadoras Móviles)

Servicios empresariales								
Operador	Telefonía móvil	Telefonía fija	Internet fijo	Internet móvil	Data Center	TV	MPLS	Cloud
CLARO	X	X	Dedicado (F.O.)	X		TV Digital	X	X
MOVISTAR	X	X	Fijo	X	X	HDTV		X
TIGO	X			X				
UNE		X	Dedicado	4G LTE	X	HDTV		

Tabla 4-4 **Servicios empresariales brindados por las operadoras móviles**

(Fuente: Operadoras Móviles)

4.3.3. Indicadores de telefonía móvil

Para octubre de 2012, Colombia contaba con 48'699.217 de usuarios móviles, que representan un índice de penetración del 104.5%. [13] Para fines del mismo año se obtuvo un aumento de 367.142 abonados, lo que dejó al país con una cifra de 49'066.359 usuarios móviles, es decir, 105.3% de penetración⁴ [14]

⁴ La población colombiana a finales de 2012 fue de 46'596.732 de habitantes. [88]

Los usuarios se encuentran divididos entre los 5 operadores tal como lo demuestra la Figura 4-3. En esta se aprecia que Comcel representa el operador dominante del país, a pesar de haber disminuido el porcentaje de usuarios en el segundo trimestre del 2012. Esta reducción coincide con el lanzamiento comercial de los servicios móviles de 4G LTE del operador UNE, desde el 14 de junio del 2012. [15]

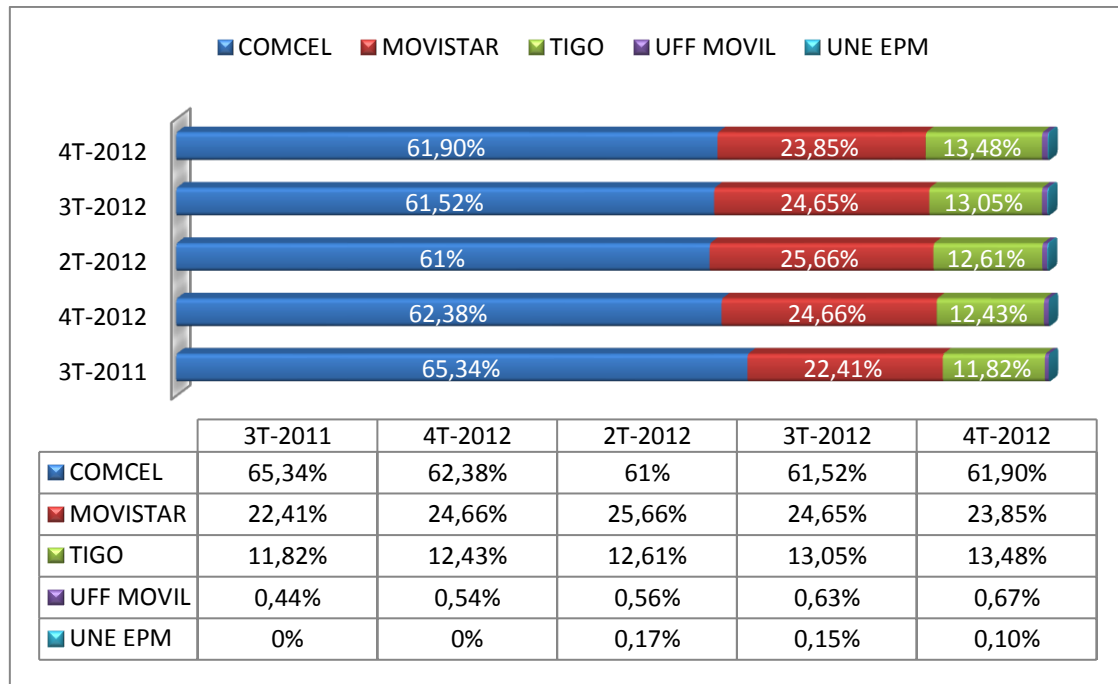


Figura 4-3 Distribución de usuarios según operadoras móviles de Colombia
(Fuente MinTIC)

A pesar de tener una penetración de telefonía móvil superior al 100%, la banda ancha móvil en Colombia bordeaba apenas el 7.2% de penetración con 3'290.281 de usuarios en el tercer trimestre de 2012, y durante el cuarto trimestre, sufrió una disminución a 3'209.059 suscriptores, correspondiente a 7% de penetración.

Las empresas que ofrecen el servicio de Internet Móvil en Colombia son: MOVISTAR, COMCEL, TIGO, UNE, ETB y AVATEL. Movistar lidera el mercado con más de la mitad, mientras que la única operadora que ofrece el servicio de LTE, UNE, acapara tan solo el 4.28% de usuarios de Internet móvil, tal como lo indica la Figura 4-4.

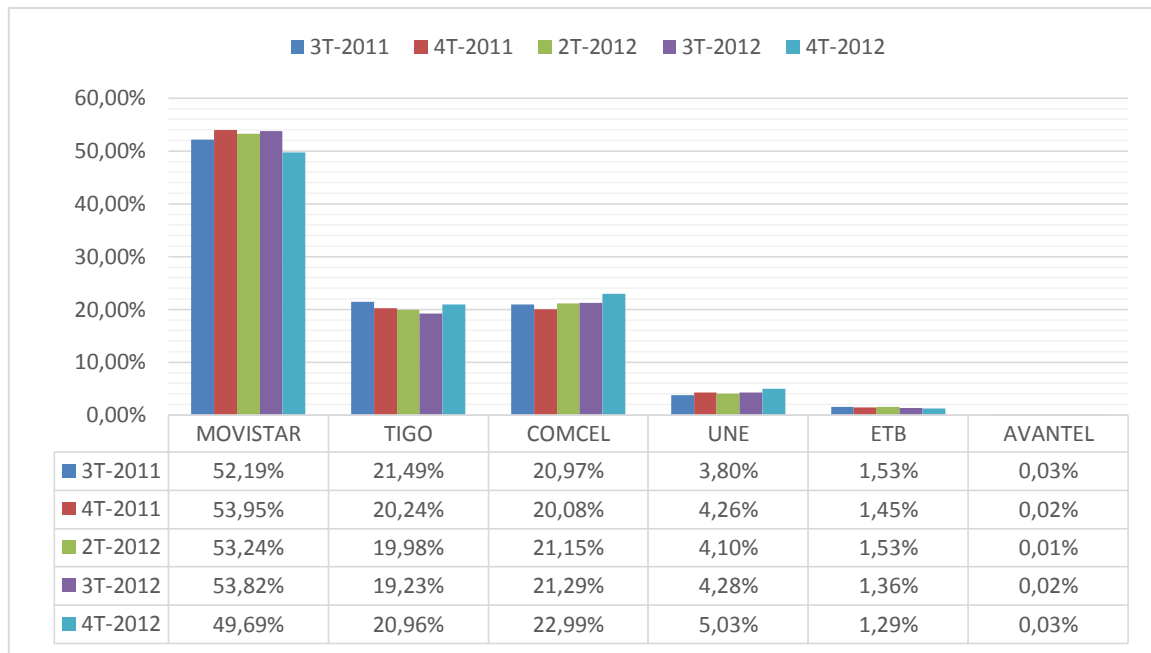


Figura 4-4 Participación de operadoras de internet Móvil en Colombia
(Fuente MinTIC)

4.3.3.1. Indicadores LTE

En Colombia el tráfico de Internet móvil se transmite mediante redes móviles de 2G, 3G y 4G. El porcentaje de las redes que soportan Internet móvil según la generación, se presenta en la Figura 4-5.

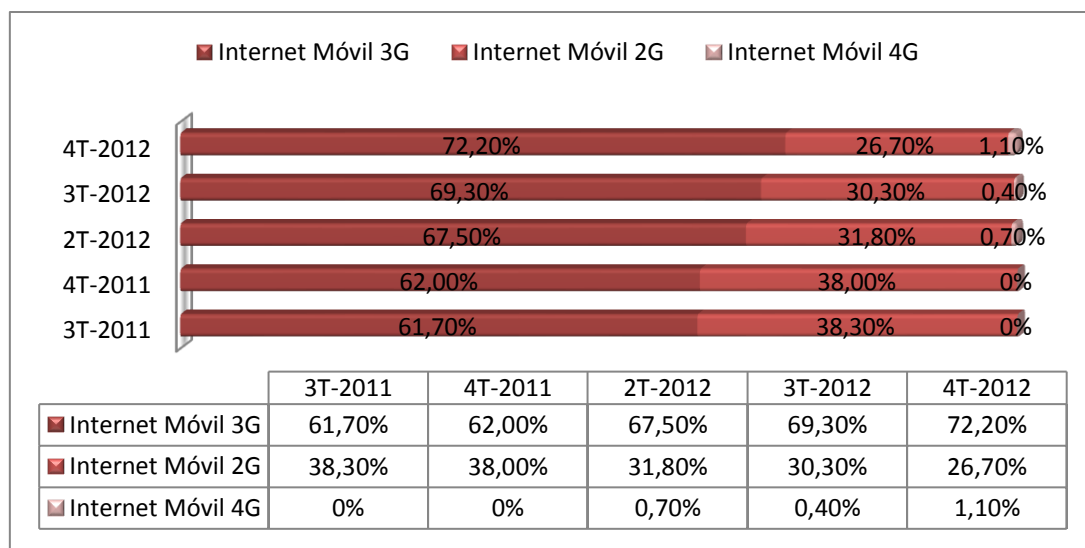


Figura 4-5 Transmisión de Internet móvil por generaciones en Colombia
(Fuente MinTIC)

Para el año 2011 ninguna operadora remitió al MinTIC (Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de Colombia) registros de usuarios de redes 4G; pero, para el segundo trimestre de 2012, la empresa TIGO ya registró un total de 20.963 usuarios de la red catalogada comercialmente como 4G HSPA+.

La Operadora UNE EPM, luego de lanzar comercialmente sus servicios LTE en julio de 2012, registró al final del tercer trimestre del mismo año, 14.546 usuarios de su red 4G (LTE), mientras que TIGO ya no registró usuarios de la tecnología HSPA+ como usuarios 4G en este periodo. Finalmente, para el cuarto trimestre de 2012, se reportaron 36.338 usuarios totales de la empresa UNE.

Para el acceso a Internet móvil se cuenta con dos tipos de terminales: módems Data Cards y teléfonos móviles.

La mayoría de los usuarios que utilizan el servicio de Internet móvil mediante las redes HSPA+, lo hacen mediante teléfonos móviles o smartphones y representan el 87.45% del total de usuarios de Internet móvil. El 12.55% restante corresponde a los usuarios que tienen un Módem Data Card, utilizado para acceder al servicio de Internet móvil desde una PC.

En el caso del acceso a LTE, los terminales usados son, exclusivamente, los Módem Data Card, puesto que el servicio aún no se comercializa para uso de teléfonos móviles.

Proveedores	Tipo de plan	Terminal	2tT- 2012	3T – 2012	4T-2012
Colombia móvil (TIGO)	Personal	Data Card	2.631	-	-
	Personal	Teléfono Móvil	18.332	-	-
UNE EPM	Empresarial	Data Card	-	2.480	6.891
	Personal	Data Card	-	12.066	29.447
Total			20.963	14.546	36.338

Tabla 4-5 **Suscriptores 4G por proveedor en Colombia**
(Fuente MinTIC)

4.3.4. Espectro Radioeléctrico para telefonía móvil

En Colombia, las bandas principales asignadas a telefonía móvil son las correspondientes a los 850 MHz y 1900 MHz. Estas bandas han sido asignadas a los operadores móviles CLARO, MOVISTAR y TIGO.

Además de estas bandas, Colombia cuenta con la banda de 2.5 GHz, en la que se le asignó 50 MHz a la operadora UNE.

Antes de realizar las subastas por el espectro para IMT, los operadores estaban regidos a un tope de espectro o cantidad máxima al que puede acceder un operador. Este tope era de 55 MHz por operador. La distribución de espectro para el 2011 se encontraba según la figura 4-6

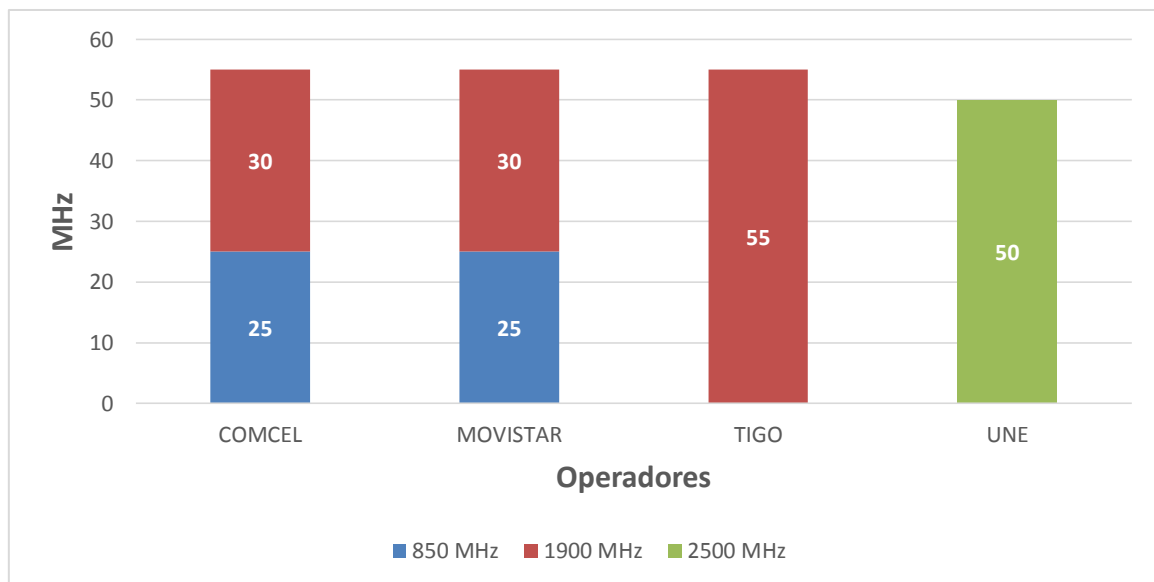


Figura 4-6 Distribución del Espectro en Operadores Móviles Colombia

La canalización escogida por el gobierno colombiano para las bandas de 800 MHz, 1900 MHz y 2.5 GHz son como se presenta en la Figura 4-7. Esta incluye las bandas en las que opera cada empresa.

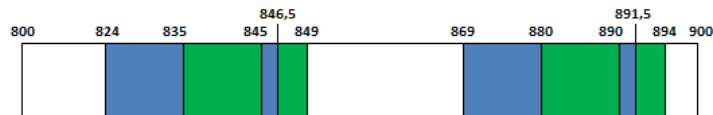
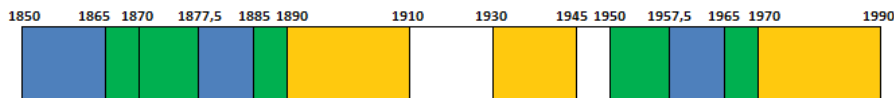
Banda de 800 MHz**Banda de 1900 MHz****Banda de 2,5 GHz**

Figura 4-7 Distribución de espectro en la banda 2.5 GHz en Colombia

(Fuente: MinTIC)

4.3.4.1. Espectro Radioeléctrico para LTE

El gobierno Colombiano, mediante el MinTIC, ha propuesto como objetivo en el Plan de Tecnología Vive Digital Colombia, masificar el uso del internet y llegar al 50% de la población de las cabeceras municipales con servicios 4G entre el 2010 y 2014.

Para lograr este objetivo el gobierno decidió, mediante la ANE (Agencia Nacional del Espectro), subastar las frecuencias que serán utilizadas por los diferentes operadores para la implementación de servicios IMT. Estas bandas son: 1850 MHz – 1990 MHz, 1710 MHz – 1755 MHz / 2110 MHz – 2155 MHz y 2500 MHz - 2690 MHz. También se incluirá la asignación de la banda del Dividendo Digital en el Tercer Trimestre del 2013.

Debido a que el gobierno decidió subastar las bandas para implementar IMT, vieron necesario aumentar el tope de espectro permitido por operador. Con el decreto 2980 del 19 de agosto de 2011, se resolvió que el tope máximo de espectro será de 85 MHz por operador, y que, cuando hayan finalizado las subastas de los rangos 1710 MHz a 1755 MHz, 2110 MHz a 2155 MHz y 2500

MHz a 2690 MHz, los topes serían de 85 MHz para bandas altas y de 30 MHz para bandas bajas.⁵

La Resolución 3263 del MinTIC, expedida el 29 de diciembre de 2011, invitó a participar en la subasta de las bandas indicadas, a la cual respondieron las siguientes empresas: Anditel, Avantel, Colombia Móvil (TIGO), Comcel, DirecTv, Emcali, ETB, International Communications, Nii Holding, UNE-EPM, Telmex y Telefónica Móviles (Movistar).

Después de recibir varios comentarios sobre la propuesta inicial por parte de las empresas interesadas y de organismos externos, se resolvió, entre varios puntos, agregar un pago periódico por el uso del espectro, a más del valor que deberían cancelar por la licencia de las bandas ofertadas.

“Se deberá pagar una contraprestación periódica trimestral del 2,4815% sobre los ingresos brutos, por los derechos de uso del espectro en las bandas subastadas. Esta contraprestación será pagada por los asignatarios, desde el momento que hagan uso efectivo del espectro radioeléctrico asignado, con excepción de los concesionarios de servicios de telecomunicaciones que no se encuentren bajo el régimen de la Ley 1341 de 2009, quienes deberán pagar el monto de esta contraprestación a partir del vencimiento de sus concesiones.”
[16]

Además, se incluyó que los adjudicados de las bandas correspondientes al dividendo digital, AWS y 2.5 pudieran realizar la migración de las redes que actualmente ocupan estas bandas de espectro.

“Instalar, diseñar, adquirir, llevar a sitio, adecuar y demás actividades requeridas, que permitan poner en funcionamiento la red de telecomunicaciones de la Fuerza Pública e Instituciones Públicas, con el fin de permitir la migración de la red que actualmente tienen en las bandas de 470 MHz a 512 MHz, 1.700 MHz, 2.100 MHz y 2.500 MHz” [16]

Se esperaba que la subasta se llevara a cabo en febrero de 2013, sin embargo, a inicios de dicho mes, se pospuso el proceso debido a la presunta fusión de TIGO y UNE. Si la empresas llegaron a fusionarse, el nuevo operador tendría

⁵ Las bandas altas están comprendidas entre 1710 MHz y 2690 MHz, y las bandas bajas son de 698 MHz a 960 MHz. [73]

que devolver 20 MHz al estado para poder participar en la subasta de la banda del dividendo digital debido a que juntas suman un total de 105 MHz y el límite es de 85 MHz.

El objetivo de la subasta es dinamizar el mercado de internet móvil poniendo a todos los competidores en las mismas condiciones, teniendo en cuenta que los operadores establecidos pueden desplegar las redes 4G en un tiempo menor que los organismo externos debido a la ventaja que llevan, tanto en mercado como en cobertura.

Para establecer una igualdad, el MinTIC ha instaurado ciertas restricciones para los operadores establecidos, entre las cuales se encuentran la de excluir porciones del espectro (reservas de frecuencias) o evitar la participación del operador dominante en las subastas.

Para dinamizar la participación de operadoras nuevas se ha establecido el roaming nacional que permite reducir la inversión de las operadoras entrantes hasta tener el despliegue completo de su red propia (cobertura nacional); sin embargo los precios de roaming incrementaran según se incremente los servicios. La promoción de un escenario competitivo a la espera del ingreso de un nuevo operador en la banda AWS y la participación del operador dominante únicamente en la subasta de la banda de los 2500 MHz

Finalmente, el MinTIC ha establecido condiciones para los operadores beneficiados con el espectro. Las empresas deberán llegar a la población de bajos recursos económicos, primero en las ciudades principales y, posteriormente, en las capitales municipales de las zonas rurales. Además, deben asegurar la conectividad en lugares prioritarios como: escuelas, hospitales, instituciones públicas, etc.

4.3.5. Cobertura LTE UNE

A partir del 14 de junio de 2012 se comercializó oficialmente la red con tecnología LTE en Colombia. El objetivo de UNE fue cubrir el 90% de la población nacional hasta diciembre del 2012. Esto se realizaría mediante 2

Fases, cada una con un proveedor distinto, los cuales serían Huawei y Ericsson. Cada fase del proyecto comprende la cobertura de varias ciudades:

- Fase I: Medellín y Bogotá. 600 Nodos. (Huawei).
- Fase II: Cali, Barranquilla, Cartagena y Bucaramanga. 230 Nodos (Ericsson).

La operadora UNE se encuentra respaldada por la red HSPA+ de la operadora TIGO para cubrir las zonas en donde no hay cobertura LTE. Hasta febrero de 2013 la cobertura llegó a las ciudades de: Barranquilla, Bello, Bogotá (Distrito Federal)⁶, Bucaramanga, Cali, Cartagena, Envigado, Itagui, Medellín, Bucaramanga, Cali, Cartagena, Envigado, Itagui, Medellín⁷, Sabaneta y Turbaco.



Figura 4-8 Cobertura red LTE UNE Colombia

(Fuente: UNE)

⁶ Cobertura de Norte a Sur: zona metropolitana de Bogotá hasta la Avenida Villavicencio.
De Oriente a Occidente: los Cerros Orientales hasta el Río Bogotá.

⁷ Cobertura de la zona sur y centro de la ciudad, y gran parte de la zona nororiental y occidental.

4.3.6. Valores Económicos Referenciados

4.3.6.1. Inversión para el despliegue de las redes LTE

La idea de implementar una red LTE por parte de UNE inició en el año 2010. Al ganar la subasta del espectro por 10 años, la empresa realizó la primera inversión equivalente a USD 40'000.000.

La red, que se implementó en el año siguiente, arrancó desde cero con una nueva infraestructura correspondiente a una inversión de USD 160'000.000 hasta enero de 2013. [17] [18]

4.3.6.2. Tarifas Usuarios LTE

Los equipos que UNE utiliza para brindar los servicios LTE son módems inalámbricos. La operadora comercializa apenas 2 modelos, cuyas características se resumen en la Tabla 4-6.

Dispositivo	Información	
Modem USB	• Velocidad de transmisión LTE de hasta 12Mbps (máximo ofertado por UNE) • Compatible con tecnologías HSPA+/UMTS (LTE)	
Modem Wi-Fi	• Cobertura de hasta 50 metros en lugares abiertos y hasta 30 metros en lugares cerrados. • Velocidad de transmisión LTE de hasta 12Mbps, distribuida según el número de usuarios conectados (máximo 12). • Compatible con tecnologías HSPA+/UMTS (LTE) • Hasta cinco horas de duración de batería • Incluye batería recargable y cable para recargas a través de puertos USB.	

Tabla 4-6 Equipos de Usuario para redes con tecnología LTE Colombia

(Fuente: UNE)

Existen 2 formas de contratar el servicio LTE. Estas pueden ser por modalidad prepago o cargo fijo:

- **Prepago**

Los valores mínimos por plan dependen del total de MB de descarga que se contrata. Estos valores son:

	Tarifa (COP)			Tarifa (USD) ⁸		
	1,2 GB	4 GB	8 GB	1,2 GB	4 GB	8 GB
Modem USB + Plan	\$ 248.000	\$ 258.000	\$ 268.000	\$ 138	\$ 143	\$ 149
Modem Wi-Fi + Plan	\$ 317.000	\$ 327.000	\$ 337.000	\$ 176	\$ 182	\$ 187

Tabla 4-7 **Tarifas prepago LTE UNE Colombia**

(Fuente: UNE)

Además, para descargas adicionales, las tarifas son las siguientes:

- El precio por 1GB adicional es de USD 57.34
- El precio por 1MB adicional es de USD 0.031.

- **Cargo Fijo**

El monto de este plan se lo cancela con un valor fijo mensual dependiendo de la capacidad contratada. La operadora ofrece planes en dos modalidades:

- **Modalidad Cerrada:** Se puede realizar todas las descargas contratadas en el plan y posteriormente realizar recargas según la Tabla 4.8

⁸ Tasa de conversión: USD 1 = COP 1.800,7

- **Modalidad Abierta:** Se puede realizar todas las descargas contratadas en el plan y un 50% más de la capacidad extra que se recarga en la factura del siguiente mes según el valor dado en la Tabla 4.8

	6GB	8GB	10GB	15GB	4 GB	8 GB
\$ /GB	USD 14.983	USD 12.488	USD 10.990	USD 8,321	USD 6,935	USD 6,103
\$ /MB	USD 14,63	USD 12,19	USD 8,85	USD 0,008	USD 0,007	USD 0,005

Tabla 4-8 **Recargas de cargo fijo de Colombia**

(Fuente UNE)

El contrato se puede realizar para 12, 24 o 36 meses y el valor varía según los MBs de descarga y según los servicios solicitados, es decir, se puede contratar solo el servicio de internet móvil LTE o contratar un plan que incluya Televisión y/o Telefonía Fija (plan paquete).

Tarifas (USD)							
	1,2GB	2GB	4GB	6GB	8GB	10GB	15GB
12 Meses							
Cargo Fijo + IVA	\$ 33,26	\$ 38,82	\$ 44,37	\$ 49,93	\$ 55,48	\$ 61,03	\$ 75,47
Cargo Fijo + IVA + paquete	\$ 31,60	\$ 37,15	\$ 42,71	\$ 48,26	\$ 53,81	\$ 59,37	\$ 73,80
24 Meses							
Cargo Fijo + IVA	\$ 27,71	\$ 33,26	\$ 38,82	\$ 44,37	\$ 48,81	\$ 54,37	\$ 68,81
Cargo Fijo + IVA + paquete	\$ 26,05	\$ 31,60	\$ 35,49	\$ 42,71	\$ 47,15	\$ 52,70	\$ 68,81
36 Meses							
Cargo Fijo + IVA	\$ 22,16	\$ 27,71	\$ 33,26	\$ 38,82	\$ 42,15	\$ 47,70	\$ 62,14
Cargo Fijo + IVA + paquete	\$ 20,49	\$ 26,05	\$ 31,60	\$ 35,49	\$ 40,48	\$ 46,04	\$ 60,48

Tabla 4-9 **Tarifas Cargo Fijo**

(Fuente UNE)

Los valores más económicos para acceder a un plan con tecnología LTE son los de Cargo Fijo. Estos son los que se contratan para un período específico; mientras mayor sea el tiempo que dura el contrato, menor será el costo.

Este tipo de plan asegura a la empresa un número de usuarios fijos por un período no menor a 12 meses. Además, al ser una empresa que ofrece más servicios de telecomunicaciones, capta a los usuarios de los otros servicios ofreciendo valores aún más bajos.

4.3.6.3. Ingresos Totales

Tras la implementación de la red LTE, la empresa UNE ha reportado al MinTIC los ingresos totales que ha percibido durante el tercer trimestre del 2012, Tabla 4-10.

		Suscriptores			Ingresos (USD)		
		3T - 2011	2T - 2012	3T - 2012	3T - 2011	2T - 2012	3T - 2012
Empresarial	3G	11.528	13.765	12.758	\$ 239.133	\$ 257.388	\$ 299.721
	4G			2.480			
Personal	3G	90.553	112.033	113.628	\$ 1.878.399	\$ 2.094.871	\$ 2.444.902
	4G			12.066			

Tabla 4-10 Ingresos reportados Operador UNE

(Fuente MinTIC)

Si consideramos los ingresos declarados por UNE, en el tercer trimestre de 2012, periodo en el que se comercializó los servicios LTE, la operadora obtuvo un ingreso de USD 299.721, experimentando un aumento de USD 47.000 con respecto al segundo trimestre, en el que los ingresos más significativos correspondían a tecnologías de 3G. Este incremento se dio únicamente a razón de planes empresariales.

En cuanto a planes personales, el incremento fue significativamente superior. El tercer trimestre originó un ingreso de USD 350.000 más que el trimestre anterior.

Los ingresos totales de los servicios LTE representan menos del 0.002% de la inversión inicial; sin embargo se aprecia que el nicho de mercado se encuentra en los planes orientados a servicios personales, es decir, a los hogares.

4.3.7. Futuras Implementaciones

La empresa UNE, planea continuar con la implementación de más nodos LTE hasta cumplir con su meta de lograr una cobertura del 90% de la población Colombiana; sin embargo, si se fusiona con la empresa TIGO, sería posible utilizar su infraestructura para la expansión de la cobertura, ya que solo es necesaria una actualización de software en las redes HSPA+ para migrar a la red LTE.

Por otro lado, las operadoras móviles CLARO, MOVISTAR y TIGO también esperan implementar LTE durante los próximos años; no obstante, su principal limitante es la adquisición del espectro para operar. Mientras no se establezcan las condiciones y obligaciones de los participantes en la subasta, esta se seguirá dilatando.

Una vez realizada la subasta es necesario firmar los contratos con los acreedores y migrar todas las frecuencias que actualmente se encuentran en funciones en las bandas subastadas, todo este proceso puede durar aproximadamente 6 meses según Oscar León (Director ANE).

Contando con el espectro disponible se procederá a seleccionar los proveedores de equipos, a realizar las pruebas de transmisión y, finalmente, se llevará a cabo el despliegue e implementación de las redes.

4.3.8. Síntesis

La empresa UNE es la única operadora en la actualidad que brinda los servicios de banda ancha móvil con LTE en Colombia, utiliza la banda de los 2.5 GHz para dar cobertura a 11 ciudades.

La inversión hasta la actualidad en desplegar esta red es aproximadamente de USD 200'000.000, mientras que los ingresos en los primeros 3 meses de

comercialización bordearon apenas el 0.002% de la inversión. Los usuarios de este servicio generalmente contratan planes personales (para el hogar), accediendo a la banda ancha móvil mediante módems.

Dado que las cifras demuestran que la mayor parte de usuarios de internet móvil acceden al servicio mediante smartphones, UNE debería enfocarse en conseguir la manera de ofrecer los servicios LTE para teléfonos inteligentes, acaparando también este mercado.

La posición del ente regulador es de beneficiar a las empresas públicas colombianas como es el caso de UNE que tiene la exclusividad para brindar servicios de 4G en la actualidad. Además, en la próxima subasta de espectro, se pretende que ingresen nuevos operadores, de esta manera se dinamizará el mercado puesto que se limitará la participación del operador dominante.

4.4. Brasil

4.4.1. Historia de la telefonía móvil

Brasil representa uno de los mercados de telecomunicaciones más relevantes de Latinoamérica. Contaba con más de 900 empresas de telecomunicaciones para el año 1972. La mayoría de estas fueron absorbidas por TELEBRAS, una empresa estatal creada para centralizar las empresas de telecomunicaciones encargadas de servicios públicos. Esta empresa fue el monopolio telefónico estatal de Brasil, compuesto por 27 operadoras y una de larga distancia nacional e internacional. (Figura 4.9).



Figura 4-9 **Distribución de operadoras telefónicas de Brasil en 1972**

(Fuente: ICE Brasil)

Después de 25 años de brindar todos los servicios de telecomunicaciones, el monopolio de TELEBRAS terminó debido a la falta de recursos para inversiones, a la falta de capacidad para abarcar más usuarios y a los costos extremadamente altos del servicio.

En 1997, el gobierno realizó una reforma del marco regulador en la que se aprobó la Ley General de Telecomunicaciones. En esta constaba la creación de la Agencia Reguladora independiente ANATEL, la introducción de la competencia en la prestación de servicios y la privatización de TELEBRAS y sus subsidiarias.

En julio de 1998, TELEBRAS fue dividida en doce empresas que llegaron a ser conocidas como “Baby Bras”. Estas fueron subastadas a inversores privados extranjeros y los principales adjudicatarios fueron Telefónica de España y EMBRATEL.

De las doce empresas, ocho fueron operadoras de telefonía móvil (Telesp Celular, Tele Sudeste Celular, Tele Celular Sul y Telemig Celular, Tele Norte Celular, Tele Nordeste Celular, Tele Leste Celular y Tele Centro Oeste Celular),

tres de telefonía fija (Telesp, Tele Centro Sul y Tele Norte Leste) y una de larga distancia (EMBRATEL).

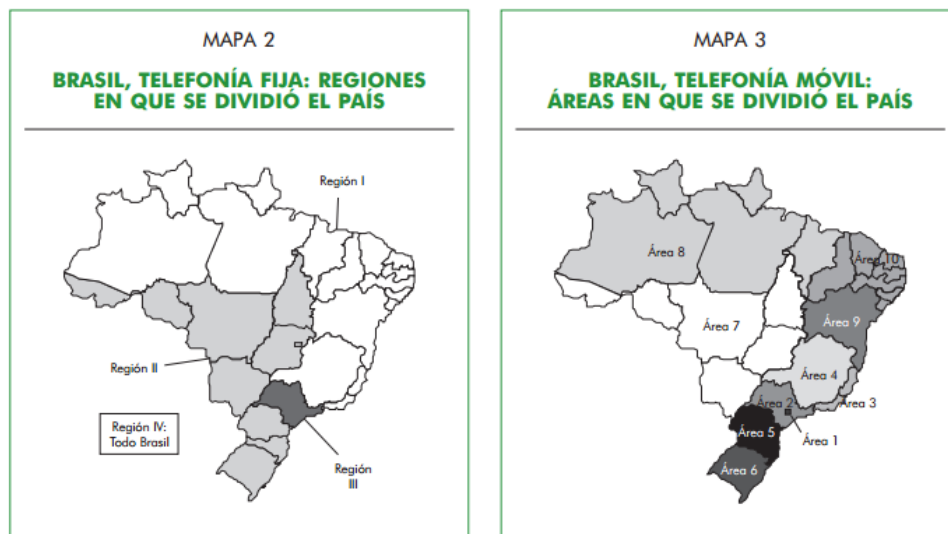


Figura 4-10 **Distribución de operadoras telefónicas de Brasil en 1998**

(Fuente: ICE Brasil)

Los mapas 2 y 3 permiten visualizar las regiones en que se dividió el país para la telefonía fija y las áreas para la telefonía móvil.

Telefónica se convirtió en el gigante de las telecomunicaciones de Brasil, habiendo tomado TELESP, una operadora de telefonía fija del estado de São Paulo (Región III mapa 2), sin duda, la región más significativa económicamente en todo el país, y dos operadores móviles: Tele Sudeste Celular (Área 3 mapa 3) y Tele Leste Celular (Área 9 mapa 3) que incluye São Paulo (Áreas 1 y 2 mapa 3).

Además, la operadora del gobierno del estado de Rio Grande do Sul (CRT), que funcionaba al mismo tiempo que TELEBRAS, pertenecía en gran parte a Telefónica desde 1996, y totalmente desde 1998. (Área 6 mapa 3). [19]

Después de la privatización, se concedió a nuevas empresas el permiso para competir con los concesionarios de telefonía fija y móvil, duplicando el número de operadores del país.

A pesar de ser un área dinámica, para 2010, las telecomunicaciones de Brasil se concentraron en manos de cuatro empresas que controlaron el sector móvil:

- VIVO, una asociación de Telefónica de España,
- CLARO, controlada por América Móvil de México,
- TIM, filial de Telecom Italia, y
- Oi, una empresa de telecomunicaciones de propiedad brasileña asociada con Portugal Telecom.

Las licencias para la tecnología 3G fueron subastadas en diciembre de 2007, y como era de esperarse, los vencedores fueron los actuales titulares de las licencias de telefonía móvil. Entre ellos Oi, que con la llegada de la 3G pudo entrar en el mercado de São Paulo, además de cubrir gran parte del territorio brasileño.

Las redes móviles en Brasil experimentaron un crecimiento explosivo entre los años 1995 y 2005, y continuaron entregando altas tasas de crecimiento hasta el 2008, año en que el mercado de telefonía móvil empieza a mostrar señales de saturación.

A pesar de que las tasas de crecimiento han disminuido con los años, el porcentaje que representan ha convertido a Brasil en la séptima mejor economía del mundo con un aumento del 3.5% del PIB en el 2011.

Por otro lado, en 1996 empezó a operar la empresa británica SKY con el sistema satelital de televisión. Al fusionarse con DirectTv en el año 2005, pasa a llamarse SKY + DirectTv y posteriormente SKY. En 2011, esta empresa se convirtió en la primera en Latinoamérica en proveer el servicio de Internet de banda ancha bajo la modalidad TDD LTE.

4.4.2. Operadoras más importantes

El país cuenta con siete operadoras móviles autorizadas: VIVO, TIM, CLARO, Oi, CTBC/Algar, SERCOMTEL y NEXTEL. De estas, las cuatro primeras juntas conforman el 95% del mercado de telefonía móvil.

VIVO es la única empresa que opera con CDMA como tecnología principal, mientras que los demás utilizan GSM. Actúa en 19 estados y en el Distrito Federal (Brasilia). Siendo el resultado de la fusión de las operadoras Telefónica

y Portugal Telecom, esta es la mayor empresa del sector de telecomunicaciones de Brasil.

Claro Brasil o Americel S.A. es una empresa proveedora de servicios de comunicaciones inalámbricas. La empresa comenzó a operar bajo el nombre CLARO en agosto de 2003 y ofrece una amplia gama de servicios móviles de voz y datos.

TIM actúa desde 1998, cuando adquirió licencias para operar con las concesionarias TIM Sul (Banda A), la TIM Maxitel (Banda B) y TIM Nordeste (Banda A) en TDMA y GSM. La operadora tiene autorización para prestar el servicio de larga distancia nacional e internacional en Brasil. En el 2007, TIM obtuvo la autorización de ANATEL para prestar servicios de telefonía fija local en Brasil.

Oi es considerado el primer operador de cuádruple play de Brasil. La empresa ofrece servicios que incluyen telefonía fija y móvil, banda ancha y televisión pagada para clientes residenciales y agencias gubernamentales, así como también para pequeñas, medianas y grandes empresas.

La Empresa de Telecomunicaciones de Brasil central móvil (CTBC Celular) fue el primer operador en ofrecer servicios de telefonía móvil en Brasil y la primera en ofrecer la tecnología GSM. Portador de banda fija y móvil, CTBC Telecom también controla otras empresas de televisión por cable, Internet, centro de datos y de ingeniería de red. Cambió su nombre a ALGAR y pertenece al grupo denominado con el mismo nombre. Aunque fue la primera en establecer la telefonía móvil, no forma parte de las cuatro operadoras dominantes en el área.

SERCOMTEL es el único operador público en el país. En diciembre de 2003, SERCOMTEL lanzó la tecnología GSM, proporcionando así una opción de nueva tecnología para sus usuarios. Hoy, su cobertura es del 98% en el área urbana de Londrina y superior al 75% en las zonas rurales. En diciembre de 2008, implementó su red de tercera generación, lo que permite la provisión de banda ancha móvil a los suscriptores.

NEXTEL es una empresa de EE.UU. que comenzó a funcionar en 1987 en su país natal y en 1997 en Brasil, con el Sistema de Radio Trunking⁹, que atiende a clientes corporativos.

Finalmente, SKY es el operador más grande de televisión satelital pagada en el país con más de 12 millones de abonados. Además es la primera empresa en ofrecer el servicio de banda ancha de 4G mediante TDD LTE. [20] El operador lanzó su servicio de banda ancha inalámbrica fija en diciembre de 2011 junto a Nokia Siemens. [21]

4.4.3. Servicios de Operadores Móviles

El aumento gradual de tráfico de datos móviles esperado para el 2014 iniciará con mensajería instantánea y multimedia y algunos servicios de datos como TV móvil y redes sociales que posiblemente se convertirá en el servicio más importante junto con el roaming.

Los servicios prestados por operadora se listan a continuación.

Servicios personales					
Operador	Accionista	Telefonía móvil	Telefonía fija	Banda ancha	TV
VIVO	Telefónica	X	X	X	X
CLARO	América Móvil	X	X	X	X
TIM	Telecom Italia	X	Larga distancia		
Oi	AG, LaFonte, BNDES, Fundos y Portugal Telecom	X	X	X	X
CTBC/Algar	Grupo Algar	X	X	X	X
SERCOMTEL	Municipalidad de Londrina/Copel	X	Larga distancia		
NEXTEL	Porto Seguro (OMV)	Troncal			

Tabla 4-11 **Servicios de Operadoras móviles Brasil**

(Fuente: Teleco y Operadoras)

⁹ Radio trunking son sistemas de radiocomunicaciones móviles para aplicaciones privadas independientes de las redes públicas de telefonía móvil.

En cuanto a la tecnología TDD LTE de SKY, esta le permite a la empresa entregar un alto rendimiento en la transmisión de datos, además de un amplio número de servicios y aplicaciones multimedia nuevas e innovadoras.

4.4.4. Indicadores de operadoras móviles

La telefonía móvil en Brasil presentó altas tasas de crecimiento, principalmente después de la privatización y las concesiones asignadas. En el año 1998 había cerca de 7,3 millones de abonados, lo que correspondía a 4,6 por cada 100 habitantes. [22]

En febrero de 2010, cuando el país llegó a casi 178 millones de líneas de acceso móvil según ANATEL, las operadoras representaban los porcentajes de mercado que se muestran en la figura a continuación, con la operadora VIVO de Telefónica a la cabeza.

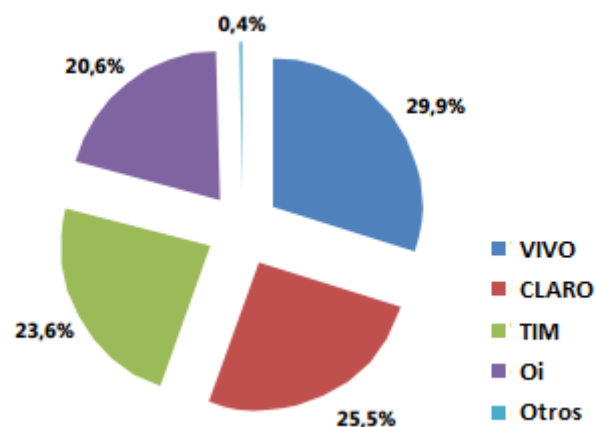


Figura 4-11 Distribución de mercado para operadores móviles de Brasil

(Fuente: CPqD)

Para mediados de 2012, Brasil tenía más de 260 millones de conexiones de telefonía móvil y una penetración mayor a 130%¹⁰ como se observa en la figura. El crecimiento ha aumentado en los últimos años, desde el 2008, cuando se tenía una penetración del 79%.

¹⁰ Brasil contaba con 200'514.930 habitantes para finales de 2012.

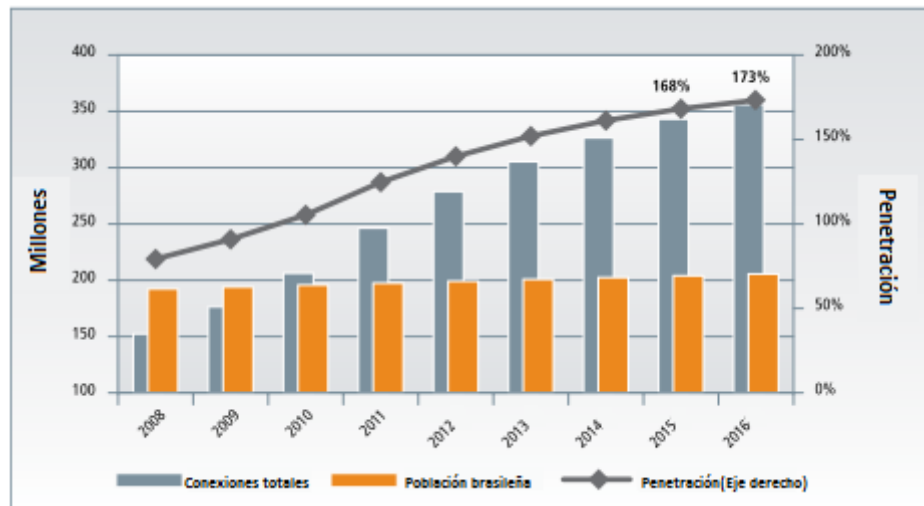


Figura 4-12 **Penetración Histórica de Telefonía móvil Brasil**
(Fuente: Wireless Intelligence)

Según las estadísticas tomadas por Wireless Intelligence desde 2008, se espera que para el año 2016, la telefonía móvil del país alcance el 173% de penetración, es decir, las conexiones móviles serán casi el doble del número de habitantes.

En la figura que se presenta a continuación se ha realizado un resumen de las participaciones de las operadoras más importantes desde el año 2009 al cuarto trimestre de 2012. El dominio por parte de VIVO se ha mantenido a lo largo de los años a pesar de que los valores de mercado han bajado con el ingreso de nuevas operadoras. El cambio de penetración en el mercado es más notorio en el desempeño de los operadores Oi y TIM, los cuales han disminuido en un 2% y aumentado casi el 3% del mercado respectivamente.

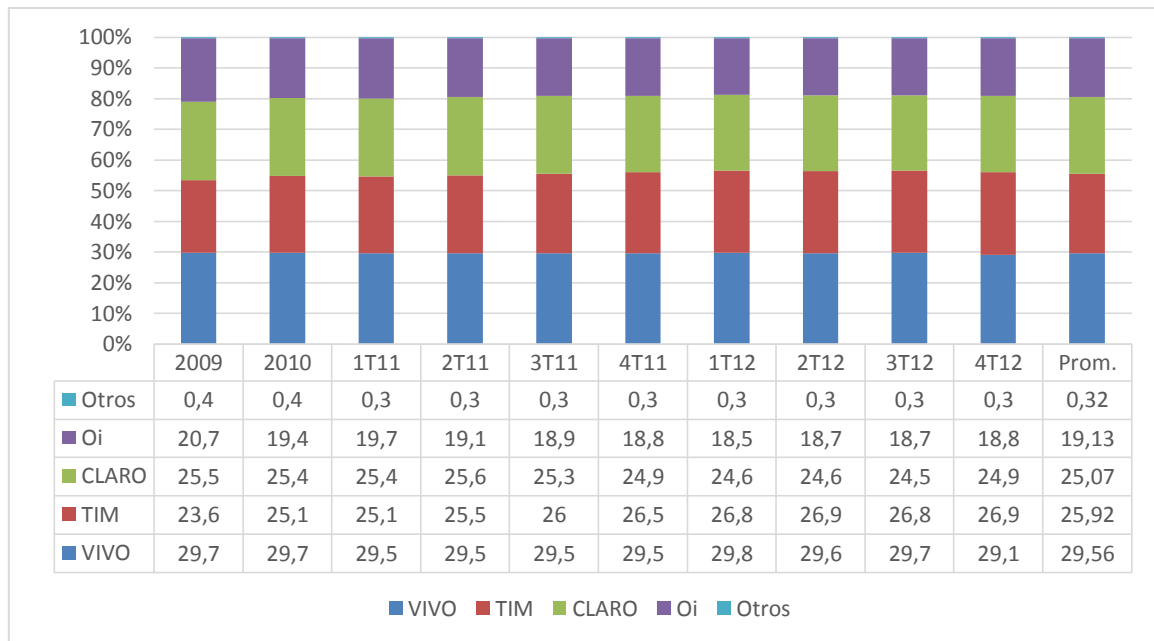


Figura 4-13 **Porcentaje de distribución de mercado entre las operadoras**
(Fuente: ANATEL)

Se puede apreciar que VIVO se ha mantenido a la cabeza con un promedio del 29.56% del mercado móvil total en Brasil. A este le sigue TIM con 25.92%, CLARO con 25.07% y Oi con el 19.13%.

4.4.4.1. Indicadores LTE

El desarrollo de tecnologías 3G ha tenido un impacto positivo en Brasil. Desde el 2011, 3G se ha expandido rápidamente en el país y para 2016 se espera que más de la mitad del tráfico sea por redes de 3G. La expectativa es que las tecnologías de 4G también sigan por el mismo camino.

Los dispositivos compatibles con LTE ya están en el mercado. En 2012, según GSA, se pusieron en marcha 397 nuevos dispositivos 4G LTE, llegando así a la cifra de 667 dispositivos LTE existentes en el mercado en enero de 2013. 450 de ellos también pueden funcionar en redes HSPA+.

La mayoría de los dispositivos (aproximadamente 284) son compatibles con la gama de 700 MHz codiciadas por las empresas de telecomunicaciones nacionales. En la banda de 2.6 GHz hay 180 dispositivos compatibles con LTE-

FDD y 107 para LTE-TDD. Y finalmente, para la banda de 800 MHz, existen 137 dispositivos. En total, hay 112 dispositivos tribanda (800 MHz, 1800 MHz y 2600 MHz) que pueden ser utilizados sin problema bajo la tecnología LTE.

Durante el año 2011, varias operadoras invirtieron, junto con proveedores de equipos, para realizar pruebas de LTE en el país. La primera operadora fue Oi, que trabajó con Alcatel-Lucent, Huawei Technologies, ZTE Corp and Nokia Siemens Networks (NSN) en la banda de 2.5 GHz, gracias a una concesión temporal concedida por el organismo regulador ANATEL. Sus resultados en la ciudad de Brasilia han indicado un promedio de rendimiento de 88 Mbps, e incluso picos de 100 Mbps.

CLARO, por su parte, inició las pruebas en septiembre de 2012 en las ciudades de São Paulo y Río de Janeiro, después de haber realizado las mismas en Brasilia. Junto a Ericsson como proveedor, han alcanzado velocidades de 80 Mbps.

Asimismo, el pasado 19 de marzo de 2013, el Centro de Investigación y Desarrollo (CPqD)¹¹ de Brasil inició pruebas para la implementación de LTE en la banda de 450 MHz. La organización abrió un laboratorio de pruebas y mediciones para tecnologías de 4G, tanto con LTE como LTE-avanzada, y realizó la primera demostración pública de LTE en 450 MHz.

Frente a las tecnologías 3G, LTE 450 MHz promete mayor cobertura y desempeño, menor latencia y arquitectura totalmente IP, entre otras ventajas.

Los primeros resultados de las pruebas fueron velocidades de 25 Mbps de tasa de bajada y 12.5 Mbps de tasa de subida.

4.4.5. Espectro radioeléctrico

Las bandas utilizadas en Brasil para telefonía móvil son las de 850 MHz, 900 MHz, 1700/1800 MHz y 1900/2100 MHz. La banda de 850 MHz fue utilizada inicialmente con la tecnología TDMA, después con GSM y hoy se utiliza

¹¹ CPqD fue creado en 1976 como el Centro de Investigación y Desarrollo de TELEBRAS. Se encarga del desarrollo de tecnología de punta en el país. En 1998, con la privatización de TELEBRAS, CPqD se convirtió en una fundación privada.

también con 3G. Las bandas de 900 y 1700/1800 MHz son más utilizadas con GSM y las de 1900/2100 MHz con 3G.

Cada banda de frecuencia tiene una subdivisión que se puede apreciar en la siguiente gráfica.

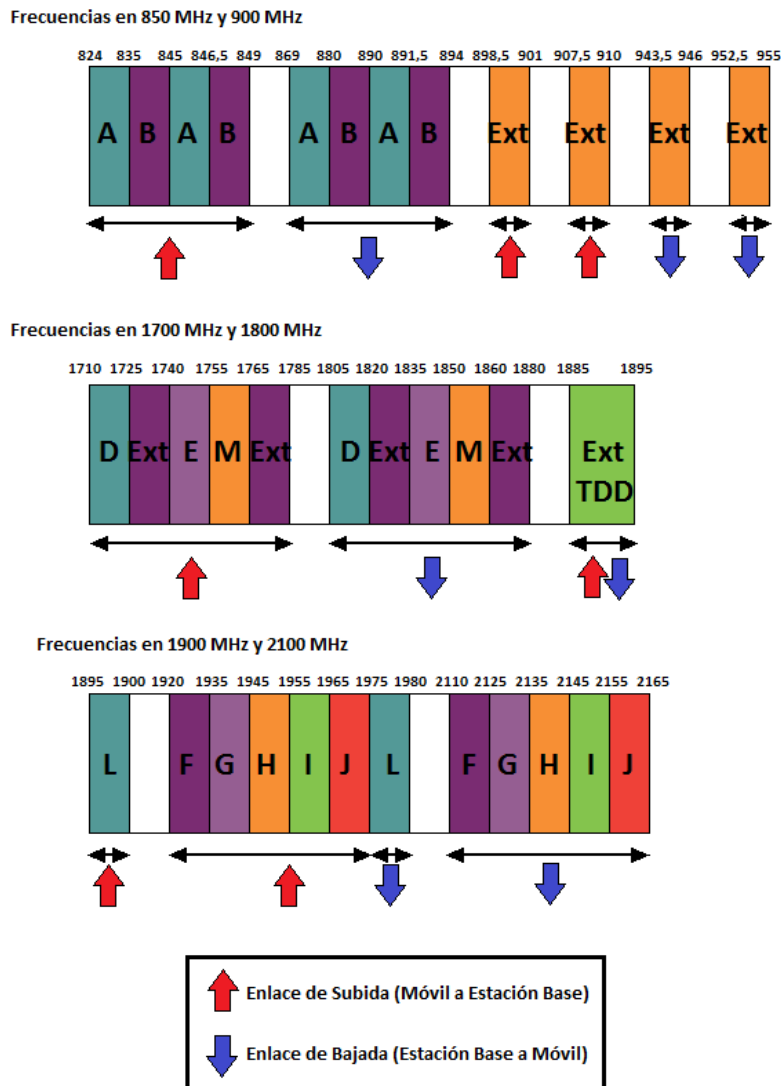


Figura 4-14 **Bandas de frecuencia para comunicaciones móviles en Brasil**

(Fuente: CPqD)

Las bandas están divididas en sub-bandas más pequeñas para promover la competencia. Actualmente el espectro total utilizado en Brasil es de aproximadamente 300 MHz, y según la ITU, para el 2015 serán necesarios 1000 MHz para cubrir la demanda.

En la consulta pública de 2009, lanzada por ANATEL, se definió 140 MHz adicionales para servicios móviles en la banda de 2.5 GHz (2500 a 2690 MHz). Esta banda es dedicada especialmente a la transmisión de datos.

4.4.5.1. Espectro radioeléctrico para LTE

El mejor rango de frecuencias para el despliegue de 4G es el de 700 MHz (Dividendo Digital), sin embargo, esta banda no estará disponible en Brasil sino hasta diciembre de 2016. El Ministerio de Comunicaciones ha solicitado la aceleración de la transición de TV analógica a digital y que se considere proporcionar el rango de 698 a 806 MHz para la implementación de 4G. [23]

Si se aprobara el uso de este espectro para tecnología móvil, han recomendado que se adopte el plan de banda APT que les permitiría el uso de 90 MHz de espectro.

Durante la espera a la liberación del dividendo digital, ANATEL asignó para 4G la banda de 2.5 GHz, subastada en el año 2012. Esta banda era anteriormente establecida para MMDS.

En la figura 4-15 se presenta la canalización de esta porción de espectro. Las bandas P, W V1, V2 y X son utilizadas para FDD, mientras que las bandas T y U son para TDD.

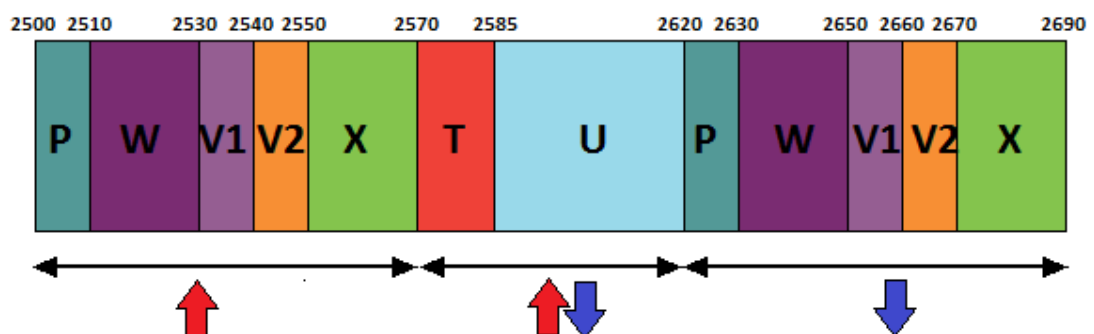


Figura 4-15 Distribución de frecuencia en 2.5 GHz en Brasil

(Fuente: Teleco)

La subasta tuvo lugar el 12 de junio de 2012 bajo la dirección del órgano regulador ANATEL. El espectro licitado fue de 450 MHz y de 2,5 GHz.

Según informó el regulador, seis empresas presentaron propuestas para participar en la licitación de frecuencias por LTE: los cuatro mayores operadores de telefonía móvil, es decir, VIVO, CLARO, TIM y Oi, además de SKY, prestadora de servicios DTH¹² y SUNRISE, operadora MMDS¹³.

CLARO y VIVO se hicieron acreedores de 40 MHz, mientras que Oi y Tim se quedaron con 20 MHz en la banda de 2.5 GHz. Además, las operadoras SUNRISE y SKY adquirieron porciones de la banda U para la implementación de redes bajo el método TDD.

A continuación se presenta una tabla con el resumen de resultados obtenidos en la subasta de espectro.

Operadora	Banda subastada	Tipo de banda	Banda adquirida	Rangos de frecuencia	Deber de cobertura
CLARO	450 MHz	Banda A	14 MHz	451/458 MHz y 461/468 MHz	9 Estados
	2.5 GHz	Banda W	40 MHz	2510/2530 MHz y 2630/2650 MHz	
VIVO	450 MHz	Banda D	14 MHz	451/458 MHz y 461/468 MHz	9 Estados
	2.5 GHz	Banda X	40 MHz	2550/2570 MHz y 2670/2690 MHz	
TIM	450 MHz	Banda B	14 MHz		4 Estados
	2.5 GHz	Banda V1	20 MHz	2530/2540 MHz y 2650/2660 MHz	
Oi	450 MHz	Banda C	14 MHz		4 Estados
	2.5 GHz	Banda V2	20 MHz	2540/2550 MHz y 2660/2670 MHz	

¹² Direct-to-Home o Directo al hogar. Es una tecnología de transmisión satelital de televisión en la que la recepción es directa entre telespectador y el satélite.

¹³ Servicio de distribución multipunto multicanal. Es una tecnología inalámbrica de uso general, pero es utilizada, comúnmente, para la recepción de televisión por cable, especialmente en zonas rurales a donde no se puede llegar mediante cableado

SKY	2.5 GHz	Banda U		2585/2620 MHz	
Sunrise	2.5 GHz	Banda U		2585/2620 MHz	

Tabla 4-12 **Adjudicación de espectro para bandas LTE en Brasil**

(Fuente: ANATEL)

La banda de 450 MHz fue subastada no solo con el objetivo de llegar a todas las zonas rurales y remotas del país, sino también para convertir a Brasil en el líder de la tecnología 4G implementada en dichas bandas.

4.4.6. Cobertura LTE

En términos de cobertura geográfica, 5.094 de 5.564 municipalidades son provistas de telefonía móvil, al menos en las zonas urbanas. Dado que el 80% de la población brasileña es urbana, tan solo dos estados ubicados en la Amazonía tienen cobertura de menos del 90% de la población. Aproximadamente el 96.6% de la población tiene como mínimo un operador, mientras que el 64.7% se encuentra servido por al menos cuatro operadores. Esto quiere decir que apenas el 3.4% del país se encuentra sin cobertura para telefonía móvil. Además, no todas las operadoras prestan servicio en todas las regiones del país.

La meta de SKY al implementar TDD LTE fue de cubrir, en primer lugar, la ciudad de Brasilia en el 2011, para expandir su cobertura a todo el país en el transcurso de 2012.

Por otro lado, CLARO también ha especificado cuáles serán las primeras ciudades en tener cobertura LTE para cumplir con la disposición del regulador. El siguiente mapa muestra la cobertura inicial de la red 4G de CLARO en Brasil y, por supuesto, las ciudades hacia donde la cobertura se extenderá en un principio.



Figura 4-16 Cobertura 4G operadora Claro Brasil

*4GMax es la red 4G de la operadora Claro
(Fuente: Teleco)

La cobertura de redes LTE en Brasil para la banda 2,5 GHz primero se centrará en zonas urbanas con una oferta de servicios dirigida a clientes corporativos y de altos recursos. El gobierno ha impuesto metas de cobertura 4G para este año debido a dos eventos deportivos que se llevarán a cabo en el país: la Copa de las Confederaciones de la FIFA en abril de 2013 y el Mundial de Fútbol de la FIFA en el 2014. Por esta razón la primera meta de cobertura 4G debe cumplirse para las cinco ciudades que serían sede de la Copa Confederaciones. Asimismo, para diciembre del presente año, las 12 ciudades sede de la Copa Mundial de Fútbol deberán contar con cobertura 4G.

Está previsto que el resto de ciudades capitales, al igual que aquellos municipios con más de 500.000 habitantes, tengan cobertura para diciembre de 2014.

A continuación se presenta una tabla que contiene las fechas y las metas que deben ser cumplidas para entonces.

Fecha límite	Ciudades
Abril de 2013	Belo Horizonte, Brasilia, Fortaleza, Río de Janeiro y Salvador
Diciembre de 2013	Cuiabá, Manaus, Natal, Porto Alegre y São Paulo
Mayo de 2014	Otras capitales y ciudades de más de 500.000 habitantes
Diciembre de 2015	Ciudades con más de 200.000 habitantes
Diciembre de 2016	Ciudades con más de 100.000 habitantes

Tabla 4-13 **Plazos de cobertura LTE en Brasil**

(Fuente: 4G Plus de VIVO)

Los operadores que adquirieron bandas en los 450 MHz en la subasta de 2012, tienen como obligación cubrir las zonas rurales con servicios de telefonía móvil. Estas operadoras son: VIVO, CLARO, TIM y Oi. Sin embargo, con estas bandas obtenidas en la misma licitación no se puede dar cobertura debido a que los equipos no han sido desarrollados para operar en esta frecuencia. Esto hace que el despliegue de LTE en esta banda se retrase de unos 18 a 24 meses después de la licitación.

Aunque estas son las expectativas para este año, el forzar el lanzamiento de una red 4G puede traer graves consecuencias. El país aún no ha completado la cobertura de redes 3G por lo que los operadores se encuentran en una fase de expansión. Al lanzar las redes LTE se tendría:

- Una desaceleración en la fase de expansión de 3G debido a que los operadores se centrarán en cumplir los requisitos de cobertura LTE.
- Una oferta de servicios LTE que no estarán disponibles para toda la población del país, no solo porque al inicio la red estará sirviendo únicamente a ciertas ciudades sino también por los costos elevados de los dispositivos requeridos para hacer uso de la red.

- Por último, se tendría una deficiencia en los servicios de roaming. Los turistas no podrán utilizar la red LTE debido a que el país no ha realizado ningún convenio.
- Además, existen otros inconvenientes tales como que los dispositivos que poseen no funcionen en las bandas en las que opera Brasil e incluso la falta de cobertura en el mismo país. [24]

A continuación se presenta un mapa que indica la cobertura que debe cumplir cada operador según las bandas adquiridas en la subasta de 2012 por la banda de 2500 MHz. De acuerdo con las bases de la licitación, todos los municipios con más de 100.000 habitantes deberán contar con cobertura 4G para el 31 de diciembre de 2016.

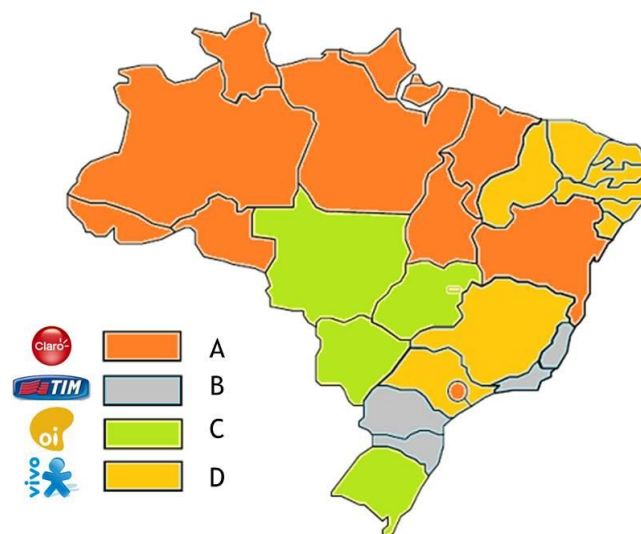


Figura 4-17 **Regiones de la banda de 450 MHz en Brasil**
(Fuente: ANATEL)

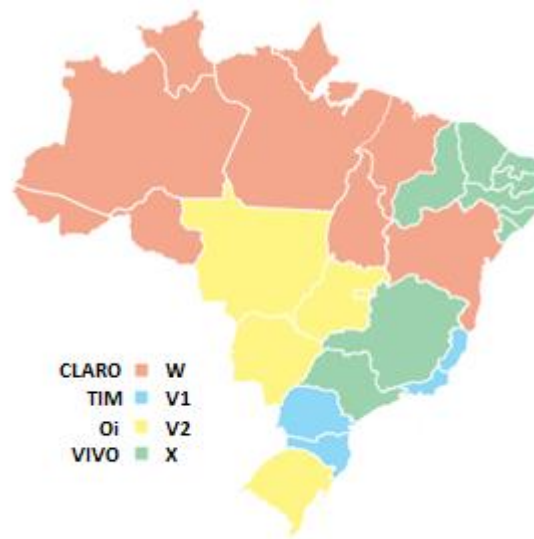


Figura 4-18 Regiones de la banda de 2.5 GHz en Brasil

(Fuente: Teleco)

4.4.7. Valores Económicos Referenciados

La implantación de 4G sitúa a Brasil en la vanguardia de las telecomunicaciones en el mundo y representa una excelente oportunidad para la generación de empleo, rentas y nuevos negocios, con inversiones que rondarán los 2.000 millones de dólares durante los próximos 24 meses. [25]

4.4.7.1. Inversión para redes LTE

La primera inversión destinada a la implementación de LTE en Brasil fue de 117 millones de dólares por parte del gobierno en el 2011.

Posteriormente, las operadoras acreedoras de espectro en junio de 2012 realizaron las siguientes inversiones en la adquisición de las bandas.

Operadora	Inversión (millones de dólares)	Inversión (millones de reales)	Bandas y lotes adquiridos
VIVO	533	1050	Banda X
CLARO	502.3	988.8	Banda W y 19 lotes regionales

TIM	194.1	382.2	Banda V1 y 6 lotes regionales
Oi	203.1	399.8	Banda V2 y 11 lotes regionales
SKY	46	90.5	12 lotes en la banda U
Sunrise	9.65	19	12 lotes en la banda U

Tabla 4-14 **Inversión en espectro para redes LTE por operadoras**

(Fuente: Teleco)

Las inversiones que prevén realizar las operadoras que están implementando LTE en Brasil son:

- VIVO: 12.343 millones de dólares.
- CLARO: 32.002 millones de dólares.
- Oi: Ascenderá su inversión a 500 millones de dólares aproximadamente.

Por otra parte, Oi y TIM unirán sus inversiones para lograr una mejor cobertura y capacidad.

4.4.7.2. Tarifas

Brasil, al ser un país con una gran extensión, ha sido dividido en 67 áreas locales. A cada una le corresponde un DDD (códigos nacionales).

Todas las llamadas entre teléfonos de una misma área local (mismo DDD), ya sean entre fijos y móviles o entre móviles, son consideradas llamadas locales y pagan el valor de comunicación 1 (VC1). Cualquier llamada dirigida a otra área, es decir, que le corresponda un DDD diferente, es considerada una llamada de larga distancia y será necesario el roaming nacional.

Existen dos tipos de planes de servicio, postpago y prepago, cuya tarifa está determinada por los operadores debido a las políticas de competencia establecidas en el área de telefonía móvil.

Para llamadas de larga distancia (VC2 y VC3), es necesario utilizar el código de selección de prestadora (CSP), los cuales se presentan en el Anexo VI junto con los códigos nacionales DDD.

La empresa SKY ofrece el servicio por medio de un modem 4G inalámbrico que captura la señal y la redistribuye vía Wi-Fi o Ethernet¹⁴. La distribución de la señal hacia el modem no se da de forma satelital, sino mediante antenas LTE.

Para obtener el servicio se tienen dos opciones de velocidades como se presenta en la tabla a continuación. La oferta es por el rango de frecuencia de 2.5 GHz, donde SKY tiene licencia de MMDS.

Banda Ancha	Tarifa (Reales)	Tarifa (Dólares)
2 MB	\$ 79,90	\$ 40,90
4 MB	\$ 99,90	\$ 51,13

Tabla 4-15 **Costo de servicio de banda ancha Brasil**

(Fuente: Operadora SKY)

En cuanto al servicio de telefonía móvil LTE, no se tienen datos específicos de tarifas 4G debido a que las operadoras no han definido aún cuales serían los costos para los nuevos servicios. Sin embargo, se cree que el plan de banda ancha 4G más básico, de Internet con 5 GB disponibles, podría costar alrededor de USD 61,36 mensuales.

Por otra parte, los dispositivos 4G con los que cuenta CLARO estarán disponibles para su adquisición en USD 332,14 por el Motorola RAZR HD y USD 511,25 por el Samsung Galaxy SIII 4G. También se contará con el modem Huawei E392 que puede ser adquirido por USD 164,00. [26]

4.4.8. Futuro de LTE en Brasil

La operación en la banda de 2.5 GHz permitirá incrementar la calidad y la velocidad de la transmisión de datos, mientras que con la banda de 450 MHz,

¹⁴ Wi-Fi es una vía inalámbrica, mientras que Ethernet es una conexión mediante cable.

las zonas rurales tendrán acceso a servicios de datos, voz e Internet de banda ancha.

CLARO, como la primera operadora de telefonía móvil en lanzar LTE, ha cubierto, desde la implementación de la tecnología en diciembre de 2012, las ciudades de Porto Alegre, Recife y Curitiba y ha especificado que los planes del servicio podrían tener el mismo formato comercial del resto de las ofertas del operador.

Los operadores que aún no han lanzado LTE en el país, planean hacerlo a mediados de este año, siendo VIVO la primera de ellas. La empresa ha especificado que tendrá cobertura LTE en cuatro ciudades sede de la Copa Confederaciones para abril de 2013. Su red será denominada 4G Plus, como una evolución natural de su red 3G actual, llamada 3G Plus.

Además, VIVO obtendrá ayuda de operadores extranjeros para proveer los servicios de voz y banda ancha móvil en las zonas rurales de Brasil.

Por otra parte, las operadoras TIM y Oi se encuentran en planes de compartir una red 4G de manera que les permita ofrecer servicios de muy alta velocidad. Además esta asociación les permitirá un ahorro entre el 40% y 60% en infraestructura, lo que les transformaría en un fuerte competidor frente a otras operadoras.

De la misma manera, VIVO y CLARO, han solicitado a la ANATEL el permiso para compartir sus redes con el objetivo de optimizar los costos de inversión, operación, mantenimiento y prestación de servicios mediante una mayor cobertura 3G y 4G. Las dos operadoras compartirían infraestructura por los próximos tres años. Sin embargo, ANATEL aún no ha entregado una respuesta a esta postulación.

Los operadores deberán aumentar su enfoque en los servicios de datos ya que la caída de ingresos por voz y por interconexión debe ser recompensada con estos nuevos ingresos. Por esto, los operadores deben centrarse en la estimulación de la venta de smartphones y en la expansión de sus redes 3G y 4G.

El inicio y expansión de las redes 4G en Brasil deben ocurrir de manera gradual debido al elevado precio de los smartphones 4G. Las redes 3G seguirán siendo las que inducen el crecimiento de la banda ancha móvil en Brasil.

Próximamente, ANATEL realizará la reglamentación de los rangos de frecuencia de 700 MHz para 4G y del uso de femtocélulas¹⁵.

4.4.9. Síntesis

La primera empresa en ofrecer banda ancha inalámbrica en Brasil fue SKY, una empresa de televisión satelital pagada. SKY cuenta con la banda U del espectro de 2.5 GHz adquirida con la operación MMDS.

Para finales del año 2011, la empresa ya había lanzado el servicio de banda ancha 4G comercial en Brasilia. Este servicio inalámbrico, denominado Sky Banda Larga, está basado en una red LTE-TDD provista por equipos de Nokia Siemens.

Por otro lado, CLARO lanzó oficialmente su red 4G en Recife en diciembre de 2012. Esta es la primera operadora móvil en lanzar 4G comercialmente en Brasil. La red fue implementada bajo el nombre de 4Gmax.

Aunque la operadora cuenta con 40 MHz de espectro, el servicio solo lo prestará en 10 MHz (5 + 5 MHz)¹⁶ e irá aumentando gradualmente. La empresa se ha propuesto completar su cobertura para abril de este año.

Oi llevó a cabo pruebas con la tecnología LTE en cinco ciudades del estado de Río de Janeiro. Las pruebas se cumplieron en las ciudades de Cabo Frio (Alcatel-Lucent); Araruama (Huawei); Teresópolis (Ericsson); Itaguaí (Nokia Siemens); y Macaé (ZTE).

Por último, las operadoras restantes se encuentran en un periodo de pruebas para finalmente implementar su red 4G en este año, empezando por VIVO, la cual ha planeado comercializar la red en abril.

¹⁵ Femtocélulas o femtoceldas son estaciones base muy pequeñas y con poca cobertura, adecuadas para hogares u oficinas.

¹⁶ 5 + 5 MHz se refiere a que se tienen 5 MHz para el enlace de subida y 5 MHz para el enlace de bajada.

4.5. Chile

4.5.1. Historia de la telefonía móvil

La empresa pionera en brindar el servicio de telecomunicaciones en Chile fue la extinta Compañía de Teléfonos de Chile (CTC). Esta empresa fue fundada en el siglo XIX y se mantuvo con capital extranjero, bajo el control de la empresa estadounidense ITT. En 1986 se completó su nacionalización y el 11 de abril de 1990 la CTC fue adquirida completamente por la empresa Telefónica de España. Para 2005 pasó a formar parte de Telefónica Móvil, y luego de fusionarse con BELLSOUTH (como en varios países latinoamericanos) su nombre cambió a Movistar Chile.

Por otro lado, en 1964, el gobierno chileno creó ENTEL, una empresa que brindaba servicios de larga distancia. Esto mejoró las telecomunicaciones que fueron afectadas en todo el territorio luego de un devastador terremoto. En 1992 se privatizó ENTEL, siendo sus mayores accionistas Chilquinta y Telecom Italia, su filial de telefonía fija.

ENTEL Phone inició operaciones en 1996 y en ese mismo año adquirió la empresa TELECOM CELULAR S.A. Un año más tarde, se le adjudicaron dos licencias para telefonía móvil que le permitió desplegar su red a todo el territorio chileno.

Asimismo, en 1996 la empresa TELEX dedicada a la comunicación telegráfica, se fusionó con Qualcomm para formar la empresa CHILESAT PCS. A esta empresa se le adjudicó la cuarta licencia para operadoras móviles y en 1997 finalizó el despliegue de su red en todo el país.

Para 1999, la empresa Leap Wireless se convirtió en accionista mayoritario de la empresa y cambió su nombre de CHILESAT PCS a SMARTCOM PCS. Posteriormente, en el año 2000 la empresa Endesa España, una compañía eléctrica, adquiere el 100% de las acciones de SMARTCOM PCS y mantiene el nombre comercial de la empresa. Finalmente el 3 de agosto de 2005 la empresa fue vendida a la operadora mexicana América Móvil y el 6 de agosto de 2006, la compañía pasó a usar la marca Claro Chile.

4.5.2. Servicios de las operadoras móviles

En Chile se cuentan nueve operadoras móviles (hasta septiembre de 2012) que brindan servicios tanto de telefonía e Internet fijo y móvil, también en algunos casos ofrecen transmisión de datos, televisión por suscripción o telefonía IP. A continuación se detalla los servicios específicos de cada operador exceptuando Interexport Chile S.A. (INTEREXPORT).

- **Claro Chile S.A.**

CLARO tiene cobertura a nivel nacional utilizando tanto tecnología GSM, UMTS con HSPA. Los principales servicios que ofrece son telefonía e Internet móvil, también se oferta planes de servicio fijo como telefonía fija y suscripción de TV por cable y satelital. Los servicios corporativos incluyen: Hosting, Data Center Virtual, GPS y videoconferencia.

- **Empresa Nacional de Telecomunicaciones S.A. (ENTEL S.A.)**

Las redes desplegadas a nivel nacional por Entel PCS están basadas en tecnologías GSM, UMTS, y HSPA/HSPA+. Además de telefonía móvil y banda ancha móvil, se ofertan servicios triple pack (paquete que incluye telefonía fija, Internet fijo y TV) como planes familiares. En cuanto a servicios empresariales incluyen: Internet dedicado, GPS, Cloud Computing y almacenamiento en su propio Data Center.

- **Telefónica Chile S.A. (MOVISTAR)**

Movistar Chile ofrece planes de telefonía e Internet móvil a todo el territorio chileno con tecnologías GSM, HSPA/HSPA+ que presentan velocidades máximas de 21 Mbps en descarga y 5.8 Mbps de subida. En los planes fijos se destacan IPTV, telefonía fija, Internet fijo (ADSL o F.O.)

- **Nextel Chile S.A. (NEXTEL)**

NEXTEL utilizó hasta 2012 una red iDEN desarrollada por Motorola con el servicio Push-to-Talk especialmente utilizado en las zonas mineras; sin embargo, en la actualidad ha desplegado redes 3G en todo el territorio nacional ofreciendo los servicios de telefonía e Internet móvil.

- **VTR Globalcom S.A. (VTR)**

VTR es la operadora móvil más reciente (2012). Su red está basada en tecnología 3G, ofreciendo servicios de telefonía móvil e Internet. Además ofrece telefonía fija, servicio de larga distancia, roaming, banda ancha mediante fibra óptica, TV por cable y fue la primera empresa en ofrecer TV Digital.

- **Netland Chile S.A. (NETLAND), Virgin Mobile (VIRGIN) y Telefónica del Sur (TELSUR-GTD Móvil)**

Las tres operadoras en Chile actúan como operadoras móviles virtuales (OMV) desde el 2011 (GTD) y 2012 (VIRGIN y NETLAND). Estas tres operadoras ofrecen servicios de banda ancha móvil y telefonía móvil. Adicionalmente, NETLAND utiliza su propia red para dar servicio de VoIP y servicio HD Mesh que actúa como anillo redundante para despliegue de redes privadas de alta velocidad. TELSUR, por su parte, ofrece servicios de telefonía fija y TV digital junto con banda ancha fija. Estos servicios están disponibles únicamente para ciertos sectores o comunidades.

4.5.3. Indicadores de telefonía móvil

Para el cuarto trimestre de 2012 la penetración de la telefonía móvil en Chile llegó al 139.9% con un número total de abonados de 23'188.370¹⁷. Para septiembre de 2012 el 29.3% de los abonados optaron por planes contratados mientras que el 70.7% lo hizo por planes prepago, el más utilizado en los últimos años por los usuarios móviles.

Según el número de usuarios proporcionados por las operadoras a la SUBTEL (Subsecretaría de Telecomunicaciones de Chile) al finalizar el 2012, los usuarios se distribuyeron entre los nueve operadores según la figura 4-19.

¹⁷ La población de Chile corresponde a 16'572.475 habitantes.

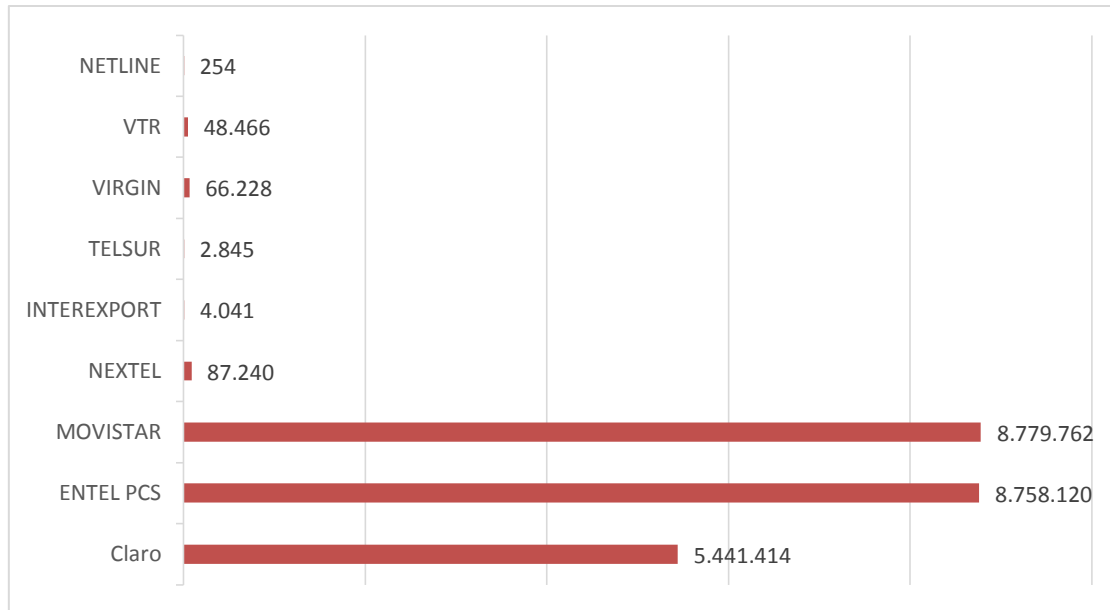


Figura 4-19 Número de usuarios móviles por operadora en Chile

(Fuente: SUBTEL)

La distribución del mercado se centra principalmente en tres operadoras MOVISTAR, Entel PCS y CLARO que juntas cubren el 99.1% de los abonados del mercado, rezagando a las nuevas operadoras y a las OMVs que juntas conforman tan solo el 0.9%.

MOVISTAR es la empresa con mayor participación (37.863%), con 8'779.762 abonados. Lo sigue Entel PCS (37.769%) con 8'758.120 abonados y CLARO (23.466%) con 5'441.414. En último lugar, con una participación mucho menor, se encuentran las operadoras NEXTEL, INTEREXPORT, TELSUR, VIRGIN, VTR y NETLINE.

Los tres operadores principales han tendido a distribuirse uniformemente el mercado evitando que la empresa MOVISTAR se convierta en la operadora dominante. Además, a pesar del ingreso de nuevas operadoras, estas no han generado un cambio notorio en la distribución de mercado, como se observa en la figura 4-20. El operador MOVISTAR, a pesar de mantenerse como el primero en el país durante más de diez años, no es considerado operador dominante debido a que ENTEL se encuentra debajo de la empresa por una minúscula diferencia.

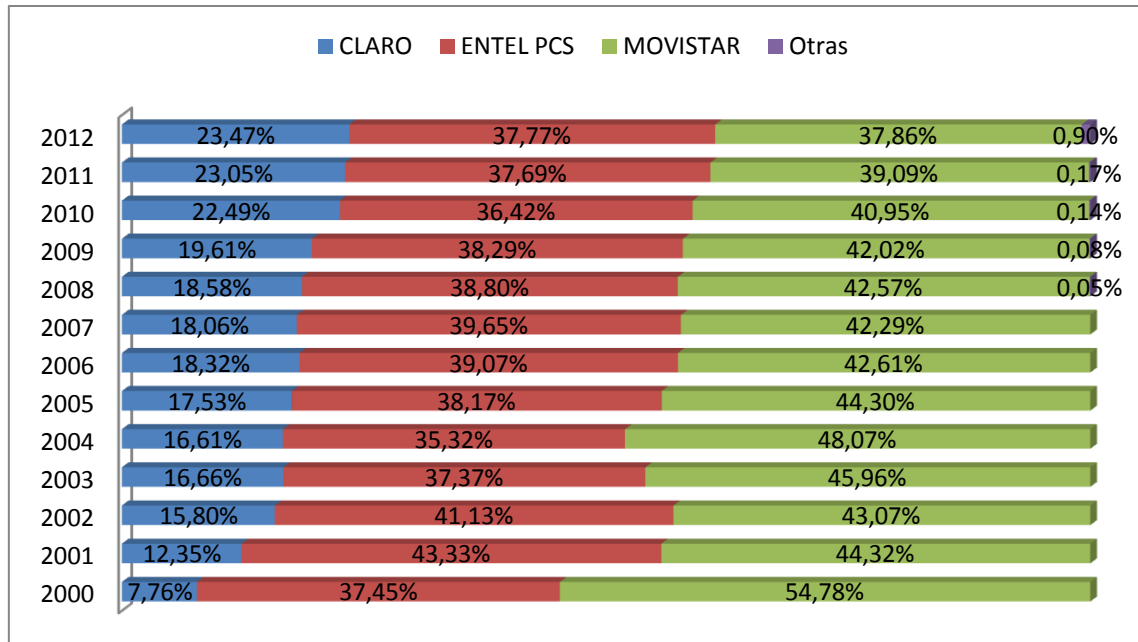


Figura 4-20 Distribución histórica del mercado móvil en Chile

(Fuente: SUBTEL)

4.5.3.1. Indicadores del Internet móvil

Para el tercer trimestre de 2012 la penetración de Internet móvil 3G en Chile fue del 20% con 4'342.397 conexiones. Este fue el primer dato obtenido gracias a los reportes dados por las operadoras por medio de los contratos activos. Esto representó un incremento del 40% en relación al año 2011.

El mercado de Internet móvil con tecnología 3G y el de banda ancha se distribuye entre las diferentes operadoras como lo indica la figura 4-21, en donde se observa que la operadora líder es Entel PCS con un 4.8% superior a MOVISTAR. Los operadores móviles entrantes representan el 3.51% en relación al número de usuarios móviles totales. Esto indica que estos operadores tienen mayor presencia en servicios de banda ancha que en servicios de telefonía móvil.

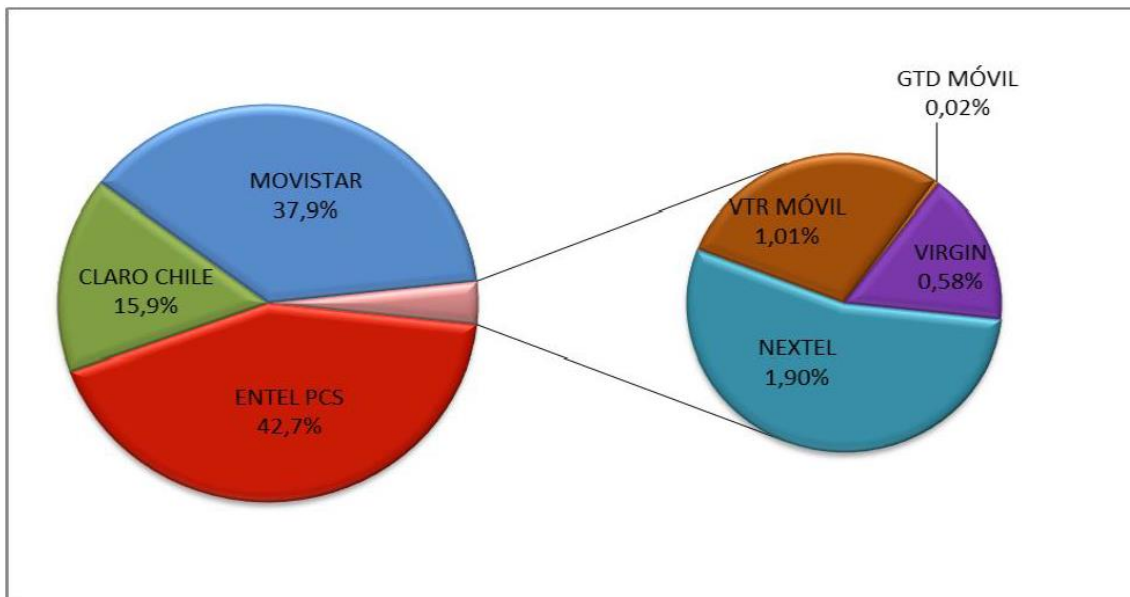


Figura 4-21 Distribución de mercado de banda ancha y tecnologías 3G en Chile
(Fuente: SUBTEL)

Los dispositivos utilizados para tener acceso a Internet de banda ancha móvil reportados hasta septiembre de 2012 representaron el 70.82% correspondiente a smartphones y tan solo un 29.18% a módems inalámbricos. En relación al año 2011, los usuarios de Internet móvil se han inclinado por el uso de smartphones, lo que representa la tendencia de un mercado con conexiones más personales y móviles, y a su vez un incremento de usuarios de Internet móvil.

	Dic. 2009	Dic. 2010	Dic. 2011	Sep. 2012
Módems inalámbricos	36.65%	47.02%	42.06%	29.18%
Smartphones	63.11%	52.74%	57.56%	70.82%
Dispositivos M2M	0.06%	0.03%	0.07%	-
Tablets	0.18%	0.21%	0.32%	-

Tabla 4-16 Participación histórica por dispositivo con conexión a banda ancha e Internet móvil 3G
(Fuente: SUBTEL)

Las pruebas de la tecnología LTE en el país ya se están llevando a cabo bajo el mando de la empresa MOVISTAR. Según los resultados obtenidos, se espera que al comercializar la red LTE se llegue a velocidades comprendidas entre los 25 y 30 Mbps. Sin embargo, esto se dará solo al principio ya que las redes estarán ocupadas por pocos usuarios. Una vez que las redes se hallan poblado, las velocidades decaerán a un promedio de 12 Mbps.

Estas velocidades pueden parecer bajas, sin embargo, son valores bastante aceptables a nivel mundial. Esta velocidad podría incluso poner al país entre los que han conseguido mayores velocidades teniendo en cuenta que el país que data mayor velocidad es Suecia con 22.1 Mbps, seguido por Hong Kong (19.6 Mbps), Dinamarca (19.1 Mbps), Canadá (18.1 Mbps), Australia (17.3 Mbps), Corea del Sur (16.4 Mbps), Alemania (14 Mbps), Estados Unidos (9.6 Mbps) y Japón (7.1 Mbps).

Con estos datos, se demuestra que las expectativas en Latinoamérica son bastante buenas.

4.5.4. Espectro radioeléctrico para redes LTE

El gobierno chileno, consciente del incremento del uso de Internet móvil y banda ancha, decidió vender el espectro en la banda de los 2.6 GHz¹⁸ mediante una subasta para implementar redes 4G.

Según las bases del concurso público para otorgar concesiones de servicio móvil en las bandas de 2505 a 2565 MHz y 2625 a 2685 MHz, las empresas participantes solo podían realizar una solicitud por cada bloque de frecuencias y debían especificar la zona de cobertura a la que se comprometían abastecer. Además, debían precisar que zonas estarán atendidas para el término de la primera etapa, la cual fue establecida en 12 meses, y para las siguientes que serían cada seis meses hasta completar los cinco años de plazo.

Las operadoras postulantes fueron evaluadas y calificadas según sus propuestas. Se consideró los incrementos de cobertura geográfica, fecha de comercialización de la red, que la oferta sea a nivel nacional, con condiciones

¹⁸ Chile se refiere como 2.6 GHz a la banda 2.5 GHz, que corresponde al espectro de 2500 a 2690.

económicamente viables. El puntaje máximo establecido fue de 100 puntos, mientras que el mínimo para ser adjudicado fue de 70.

El proceso de subasta se inició oficialmente en diciembre de 2011, dividiendo a la banda en tres bloques de 40 MHz, con un esquema de FDD de 20+20 MHz cada uno, denominados “Bloques A”, “Bloques B” y “Bloques C”, como se muestra en la figura 4-22 y en la tabla 4-17.

Banda de 2,6 GHz

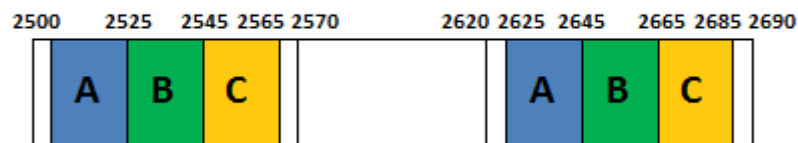


Figura 4-22 **Canalización de la banda 2.6 GHz en Chile**
(Fuente: SUBTEL)

Bloque	Enlace de subida	Enlace de bajada
Bloque A	2505 - 2525 MHz	2625 - 2645 MHz
Bloque B	2525 – 2545 MHz	2645 – 2665 MHz
Bloque C	2545 – 2565 MHz	2665 – 2685 MHz

Tabla 4-17 **Distribución de frecuencias para la subasta de la banda 2.6 GHz en Chile**

(Fuente: Wayerless)

Luego de realizar el análisis técnico de las propuestas establecidas por las operadoras móviles, en mayo de 2012 se calificó a tres empresas de la siguiente manera:

- ENTEL = 99,06 puntos
- CLARO = 98,52 puntos
- MOVISTAR =98,11 puntos

Bajo estos resultados, en julio de 2012 se adjudicó a CLARO el Bloque A por USD 2'996.286,86, a ENTEL el Bloque B por USD 9'133.842,19 y a Movistar el Bloque C por la suma de USD 483.272,07. Además se ha pedido a cada operadora USD 241'000.000 como garantía por el cumplimiento de las condiciones establecidas por el regulador. [27]

Las tres operadoras adjudicadas tienen un plazo mínimo de 12 meses a partir de la fecha de adjudicación para implementar las redes 4G (tecnología LTE) y 24 meses desde el momento de la adjudicación, para llegar a 543 localidades rurales aisladas con servicios de voz e Internet, es decir, la fecha para comenzar a comercializar los servicios 4G en Chile como condición del ente regulador es mayo de 2013.

4.5.5. Futuras implementaciones

Los planes para el despliegue de sus redes 4G LTE han sido anunciados por las operadoras. Entre los puntos más importantes tenemos:

- **CLARO**

A principio del mes de marzo de 2013 la empresa CLARO realizó la primera llamada en Santiago de Chile utilizando la tecnología LTE, en su evento de lanzamiento comercial. En este evento también se hicieron pruebas de descarga cuya velocidad llega hasta los 82 Mbps.

Se anunció el plan “100 Friendly Users” que abarca a 100 usuarios voluntarios de la empresa que utilizarán durante dos meses la red móvil con tecnología LTE, estos usuarios se encargarán de hacer pruebas de calidad y servicio en distintos lugares de la capital chilena en donde está desplegada la red.

La inversión estimada por año para el despliegue de la tecnología LTE es de USD 500'000.000 que estará destinada para la infraestructura y expansión de la cobertura. La empresa elegida por CLARO como proveedora de equipos es Nokia Siemens. [28]

- **MOVISTAR**

Durante el Congreso Mundial Móvil (Mobile World Congress) en Barcelona en febrero de 2013, Movistar CHILE anunció el despliegue de infraestructura para la tecnología LTE en la región de Santiago de Chile y Valparaíso con el proveedor Nokia Siemens, mientras que el resto del país contará con la empresa Samsung para el despliegue de infraestructura.

Al igual que CLARO, MOVISTAR se encuentra realizando pruebas con 100 usuarios encargados de detallar su experiencia, para posteriormente corregir los problemas de calidad del servicio. [29] Se espera comercializar la red para el tercer trimestre de 2013.

No se conoce aún la inversión que la operadora realizará para el despliegue de la red; no obstante, se ha estimado que el precio de los servicios no será superior a las tarifas de los servicios utilizados con tecnología 3G. Asimismo, la tarifa será en función del tiempo y del uso que se dé al Internet móvil más no a la cantidad de MB de descarga que el usuario contrate.

- **ENTEL**

Entel CHILE por su parte ha optado por ERICSSON como empresa proveedora de equipos para el despliegue de su red 4G. Se espera que su red también se comercialice durante el tercer trimestre de este año.

Se ha reconocido que el uso de LTE no cambiará el uso de la transmisión de voz ya que este servicio seguirá siendo prestado mediante redes de 3G hasta la estandarización de VoLTE¹⁹. Además se ha visto la necesidad de ofertar smartphones a precios asequibles para disfrutar de todos los servicios 4G. [30]

Por su parte, el ente regulador ha anunciado la licitación de la frecuencia de los 700 MHz luego de analizar los requisitos para los postulantes y las condiciones que tendrán que cumplir para adjudicarse. Estas condiciones serán más rigurosas que para otras bandas ya que esta es la última banda a licitar y está enfocada a cubrir áreas rurales lejanas, que no se contemplaron en la licitación de la banda de los 2.6 GHz.

¹⁹ VoLTE es la transmisión de voz sobre la tecnología LTE.

4.5.6. Síntesis

En Chile, las empresas públicas han tendido a ser privatizadas y se han convertido en operadoras móviles. Estas, con el paso del tiempo, se han distribuido el mercado evitando que exista un operador dominante entre ellas; sin embargo, cabe mencionar que la brecha entre las operadoras establecidas y las entrantes es muy grande, a tal forma de no existir competencia entre ellas.

Debido al incremento que se ha dado en estos últimos años respecto al uso de Internet móvil por parte de la población chilena, se decidió subastar el espectro en la banda de los 2.6 GHz, que les permitiría a las operadoras implementar redes con tecnología 4G, es decir, les permitiría ampliar su capacidad y mejorar sus servicios entregando niveles de calidad y velocidad superiores.

Las operadoras adjudicadas en la banda de 2.6 GHz fueron las mismas que abarcaron la mayor parte del mercado. Ya se han realizado pruebas en esta banda, y los resultados muestran una velocidad de descarga cercana a los 100 Mbps. Sin embargo, ni esta velocidad ni la que se llegue a obtener con los usuarios de prueba reflejarán la velocidad que se obtendrá cuando se despliegue comercialmente la red ya que la capacidad disminuirá notablemente con el aumento de usuarios.

Debido a que la banda de los 2.6 GHz es de alta frecuencia, se tiene poca penetración en hogares o en edificios debido a la atenuación de las señales. Por lo tanto, los operadores esperan la pronta subasta de la banda de los 700 MHz para poder cubrir los sectores críticos con poca penetración.

Finalmente, el tipo de tarificación cambiará mientras se van introduciendo las redes 4G. Se evitará la tarificación por minuto, como se hace con los servicios de voz, y se dará paso a la tarificación por tráfico. Se espera de esta forma llegar en algún momento a establecer tarifas planas con servicios ilimitados en voz y datos.

4.6. Ecuador

4.6.1. Historia de la telefonía móvil

Las telecomunicaciones en el país comienzan su desarrollo en el año 1972 con la creación de IETEL (Instituto Ecuatoriano de Telecomunicaciones). En 1992, con la aprobación y las reformas de la Ley Especial de Telecomunicaciones, IETEL pasa a ser una empresa estatal denominada EMETEL (Empresa Estatal de Telecomunicaciones), el monopolio encargado de los servicios básicos de telecomunicaciones.

Con la reforma a la Ley de Telecomunicaciones en agosto de 1995, el gobierno descentralizó las funciones del órgano regulador de Telecomunicaciones en entes de administración, regulación y control del uso de las frecuencias; el CONATEL (Consejo Nacional de Telecomunicaciones), SNT (Secretaría Nacional de Telecomunicaciones) y SUPTEL (Superintendencia de Telecomunicaciones)²⁰ respectivamente. Exceptuando las bandas de radio y televisión que fueron administradas por el CONARTEL²¹.

Con la privatización de los servicios de telecomunicaciones en ese mismo año, la empresa estatal EMETEL pasa a ser la sociedad anónima EMETEL S.A., dirigida por el Fondo de Solidaridad.

En 1997, como producto de la división de EMETEL S.A., surgen las empresas ANDINATEL S.A. y PACIFICTEL S.A., dos empresas de telefonía fija. Estas fueron asignadas a dos jurisdicciones y regiones determinadas.

Mientras ANDINATEL producía cada vez mayores utilidades, acercándose a los 100 millones de dólares en el periodo 2004 – 2008, PACIFICTEL, a pesar de obtener mayores ingresos promedio, produjo pérdidas de casi 40 millones en el mismo periodo. El ingreso de cuatro operadores en la zona servida por PACIFICTEL empeoró su situación al punto de verse obligada a fusionarse con otra empresa. Es así como en el año 2008 se fusionaron las empresas ANDINATEL S.A. y PACIFICTEL S.A. para crear la Corporación Nacional de

²⁰ Actualmente se denominan: SENATEL (Secretaría Nacional de Telecomunicaciones) y SUPATEL (Superintendencia de Telecomunicaciones).

²¹ Consejo Nacional de Radiodifusión y Televisión (CONARTEL).

Telecomunicaciones (CNT), y en 2010 pasa a ser una empresa pública con el nombre de CNT EP.

Por otra parte, los servicios de telefonía móvil fueron concesionados en 1993 a dos empresas: CONECEL S.A., cuyo nombre comercial fue Porta Celular y actualmente es CLARO, y OTECEL S.A., al inicio conocido como Celular Power, posteriormente como BELLSOUTH y actualmente como MOVISTAR.

Con estas operadoras se mantuvo un duopolio hasta el 2003, año en el que entró al mercado una tercera operadora dirigida por ANDINATEL S.A. junto con ETAPA. Esta última es la operadora de telefonía fija que entrega el servicio a Cuenca, el único cantón que no era servido por PACIFICTEL S.A. durante su operación.

CONECEL S.A., la primera operadora móvil en Ecuador, obtuvo la Banda A del espectro el 2 de agosto de 1993, pero, fue en diciembre del mismo año cuando se realizó la primera llamada telefónica móvil.

El crecimiento de la empresa fue mayor al previsto durante los años siguientes. En 1998 introdujeron el servicio de Internet y en el 2000, el 60% de la empresa pasa a estar regida por TELMEX, empresa líder en telecomunicaciones en Latinoamérica. Para finales de ese año PORTA pasa a depender de América Móvil, filial de TELMEX y, finalmente en el 2011, la empresa cambia su nombre comercial a CLARO.

OTECCEL S.A., como segunda operadora celular en el país, se inició en la Banda B en enero de 1994 como Cellular Power, y en marzo de 1997 pasó a ser BELLSOUTH, una corporación estadounidense. Finalmente, en el 2004, la empresa fue adquirida por Telefónica Móvil de España y adoptó el nombre de MOVISTAR.

Las empresas ANDINATEL y PACIFICTEL, en el 2003, crean la compañía de Telecomunicaciones Móviles del Ecuador (TELECSA) para prestar servicio de telefonía móvil y contrarrestar a las dos operadoras móviles del duopolio ecuatoriano. TELECSA, denominado comercialmente como Alegro PCS, se convirtió en la tercera operadora móvil del país en diciembre del mismo año.

Posteriormente, en marzo de 2010, ALEGRO fue absorbida por la CNT EP por lo que pasa a ser una empresa estatal.

4.6.2. Servicios Operadoras Móviles

Los operadores de Telefonía Móvil que funcionan en Ecuador son CONECEL S.A (CLARO), OTECEL (MOVISTAR) y TELECSA (ALEGRO). Estos operadores, han migrado sus redes eligiendo diferentes tecnologías a lo largo de sus años de operación.

CONECEL ha cambiado de tecnologías de acceso desde agosto de 1993, fecha en que operaba con tecnología AMPS. En 1997 migró a la tecnología 2G D-AMPS y en mayo de 2003 adoptó la tecnología mundial GSM en la banda de 850 MHz, junto con la tecnología para datos GPRS. En el 2006 obtuvo una concesión de espectro de 10 MHz en la Banda de 1900 MHz.

Desde finales de 2008, CLARO se encuentra brindando servicios 3G (UMTS) y 3.5G (HSDPA) tales como videollamada y acceso inalámbrico a Internet de alta velocidad.

OTECCEL, al igual que CONECEL, inició su operación con AMPS y continuó con D-APMS en la banda de los 800 MHz. En 2002 adoptó la tecnología CDMA, la cual fue actualizada a CDMA1x en el 2003 con el objetivo de brindar servicios de transmisión de datos e Internet.

A partir de 2005, bajo el control de Telefónica, adoptó las tecnologías 3GPP como: GSM, GPRS y EDGE en la banda de 850 MHz. En el 2009, la operadora empezó a dar servicios de banda ancha inalámbrica de 3G y 3.5G con UMTS y HSDPA en la banda de 1900 MHz.

TELECSA por su parte, se inició en 2003 con su servicio móvil avanzado (SMA) en la banda de 1900 MHz denominada PCS (Personal Communication System, Sistema de Comunicación Personal). En el 2005 implementó la tecnología CDMA1x en la misma banda para ofrecer transmisión de datos y acceso a Internet.

Debido a situaciones económicas, la operadora se vio obligada a rentar las redes de OTECEL para brindar el servicio de telefonía móvil mediante GSM.

En sus inicios las operadoras móviles ofrecían solamente el servicio de telefonía móvil ya que los servicios de telefonía fija eran provistos por otras empresas como ETAPA, la cual tiene derecho de exclusividad para entregar el servicio al cantón Cuenca.

En la actualidad, CLARO y CNT EP ofrecen servicios Triple Play (Telefonía, Internet y TV). CLARO presta este servicio de telefonía fija a través de la empresa ECUADORTELECOM S.A.²², mientras que CNT EP brinda este servicio mediante su propia infraestructura desplegada a lo largo de todo el territorio ecuatoriano.

Las siguientes tablas describen a todos los servicios ofertados por las operadoras móviles. Tanto en servicios personales como corporativos.

Servicios personales					
Operador	Telefonía móvil	Telefonía fija	Internet fijo	Internet móvil	TV
CLARO	X	X	X	X	X
MOVISTAR	X			X	
CNT EP	X	X	X	X	X

Tabla 4-18 **Planes personales ofrecidos por las operadoras móviles de Ecuador**
(Fuente: Operadoras Móviles)

Servicios empresariales								
Operador	Telefonía móvil	Telefonía fija	Internet fijo	Internet móvil	Data center	Servicios virtuales	Datos sobre MPLS	Última milla
CLARO	X	X	X	X	X	X	X	X
MOVISTAR	X		X	X		X	X	X
CNT EP	X	X	X	X	X		X	

Tabla 4-19 **Planes empresariales ofrecidos por las operadoras móviles de Ecuador**
(Fuente: Operadoras Móviles)

²² ECUADORTELECOM S.A. es la representación jurídica de CLARO en Ecuador, antes conocida como ECUTEL.

4.6.3. Indicadores de operadoras móviles

Según la Superintendencia de Telecomunicaciones (SUPATEL), hasta enero de 2013 se registraron 17'237.823 líneas del Servicio Móvil Avanzado (SMA), lo que corresponde al índice de penetración de 111.63% . Uno de los más altos de Latinoamérica.

Las líneas del SMA por operadoras móviles a enero de 2013 se resumen en la Tabla 4-20. Estos resultados muestran que CLARO es la operadora con mayor penetración en el mercado ecuatoriano, seguido por la empresa MOVISTAR, y finalmente, por la empresa estatal CNT.

Operadora	Terminales de usuario	Uso público	Líneas activas de telefonía móvil	Porcentaje de mercado
CLARO	11'820.164	34.964	11'855.128	68,77%
MOVISTAR	4'984.899	48.745	5'033.644	29,20%
CNT EP	328.476	20.575	349.051	2,02%
Total	17'133.539	104.284	17'237.823	100%

Tabla 4-20 **Distribución de mercado por líneas activas Ecuador**
(Fuente: SUPATEL)

El gráfico histórico demuestra que el incremento de las líneas totales del SMA se ha dado de forma proporcional para las tres operadoras del país. CLARO lidera desde enero de 2009 y mantiene su posición de operador dominante con un porcentaje superior al 60%, casi invariable en los últimos años.

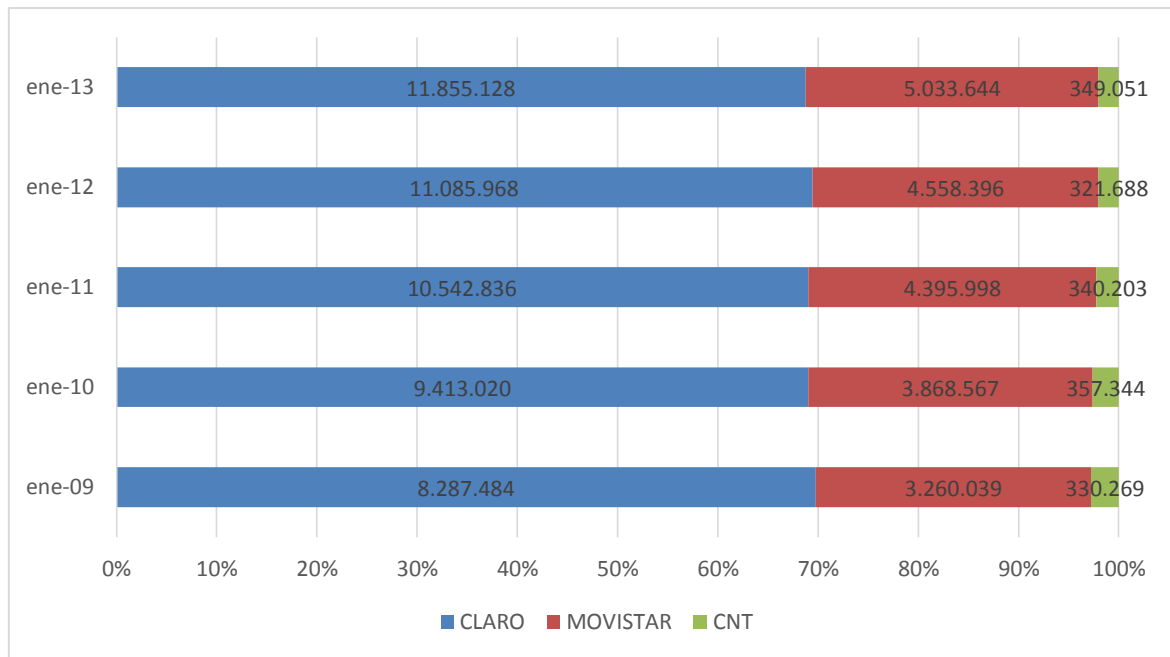


Figura 4-23 Distribución histórica de mercado por operadora móvil de Ecuador
(Fuente: SUPATEL)

4.6.3.1. Indicadores de Internet móvil

Por otra parte, los usuarios de Internet también han ido incrementando su número y se espera llegar a los 10 millones para finales de 2013. Hasta el momento, este servicio ha alcanzado el 53% de la población con 8'176.000 usuarios, de los cuales aproximadamente 2.5 millones corresponden a Internet móvil.

El acceso a banda ancha en el país se ha dado principalmente mediante accesos fijos a través de una red nacional de fibra óptica, más que con la utilización del espectro.

A continuación presentamos un gráfico correspondiente a los usuarios y densidad de Internet a nivel nacional con datos que exponen el crecimiento alcanzado desde el año 2001 hasta finales del primer trimestre de 2012.

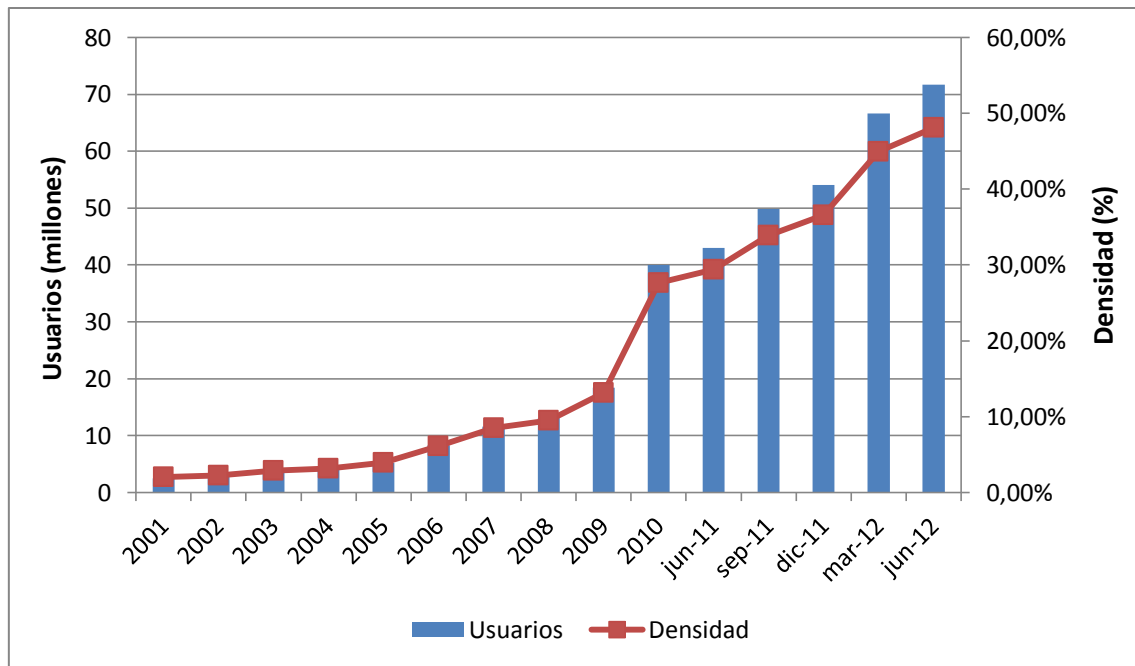


Figura 4-24 **Usuarios y densidad de internet en Ecuador**

(Fuente: SENATEL)

Se puede afirmar que el crecimiento en el segundo semestre de 2012 ha sido de casi un millón de abonados de internet fijo y móvil en el país.

El número de usuarios de internet móvil correspondiente a cada operadora del país en junio de 2012 se observa en el gráfico a continuación. Una vez más, CLARO es la operadora más significativa, seguida por MOVISTAR y, en último lugar, CNT EP.

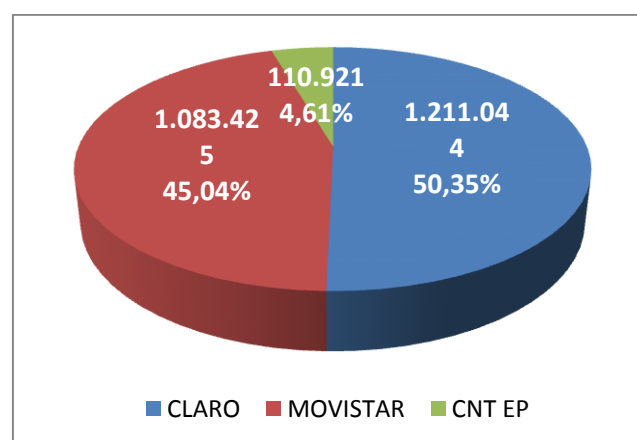


Figura 4-25 **Distribución de mercado entre operadoras de Ecuador**

(Fuente: SUPATEL)

4.6.4. Espectro radioeléctrico para LTE

En Ecuador la telefonía móvil se desarrolla principalmente en las bandas de los 800 MHz y 1900 MHz, repartidas entre las operadoras vigentes en el país de la siguiente manera: CLARO opera en la Banda A de 800 MHz y en la banda E de 1900 MHz, MOVISTAR opera en la banda B de 800 MHz y D de 1900 MHz, y finalmente, CNT da servicio en las Bandas F y C de 1900 MHz. (Figura 4-26).

El 15 de mayo se emitió la Resolución TEL-268-11 CONATEL-2012 en la que se resolvió que las bandas de 698 MHz – 806 MHz, 824 MHz – 849 MHz, 869 MHz – 894 MHz, 1710 MHz – 2025 MHz, 2110 MHz – 2200 MHz, 2500 MHz – 2690 MHz asignadas a servicios móvil y fijo en el Plan Nacional de Frecuencias vigente, deberán ser utilizadas para la implementación de tecnologías IMT.

Las tres bandas principales de espectro destinado a tecnologías LTE 4G quedaron designadas como se muestra en la figura 4-27.

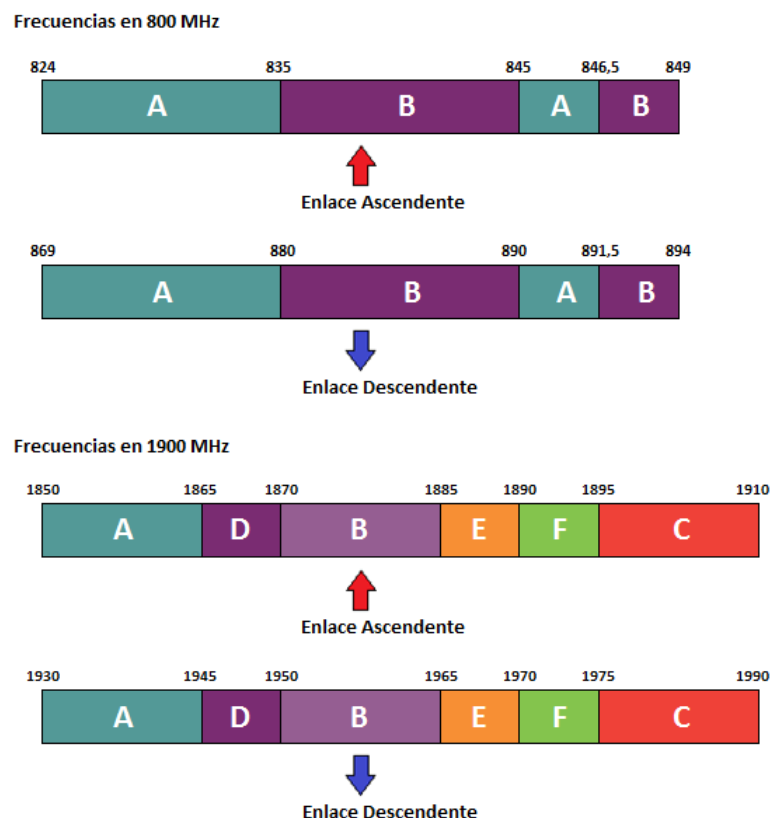
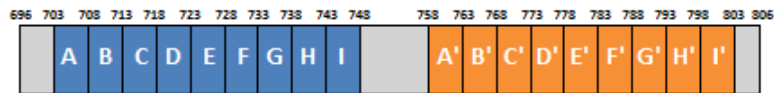


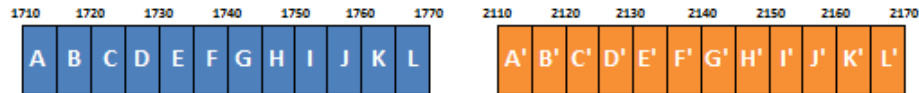
Figura 4-26 Distribución de las bandas de espectro en Ecuador

(Fuente: SENATEL)

Banda de 700 MHz



Banda AWS (1.7/2.1 GHz)



Banda de 2.5 GHz

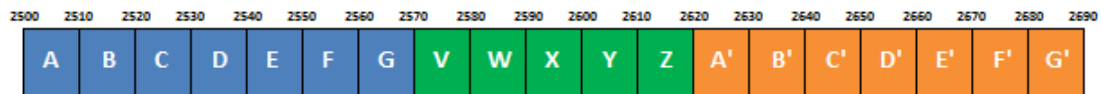


Figura 4-27 Distribución de espectro radioeléctrico para servicios LTE

(Fuente: SENATEL)

En el año 2011 las operadoras CONECEL y OTECEL solicitaron la adjudicación del espectro para la implementación de redes LTE. CONECEL optó por la tecnología LTE-FDD y solicitó las bandas en tres alternativas según las características establecidas en la tabla 4-21.

Alternativa	Banda de frecuencia	Número de portadoras	Ancho de banda por portadora	Separación duplex
1	1.7 GHz (AWS)	1	40 MHz	400 MHz
2	2.6 GHz	1	40 MHz	120 MHz
3	700 MHz	1	30 MHz	30 MHz

Tabla 4-21 Especificaciones solicitadas por CONECEL para bandas LTE

(Fuente: SENATEL)

OTECCEL, por su lado, solicitó dos bloques de 30 MHz (15 MHz + 15MHz) en cualquiera de las bandas disponibles, 700 MHz, 1700 MHz, 1900 MHz o 2100 MHz.

Asimismo, en julio de 2012, la CNT también solicitó la asignación de 20+20 MHz en la banda de 700 MHz y, posteriormente, solicitó otros 20+20 MHz en la banda AWS (1700 MHz).

A mediados de diciembre del mismo año, CONATEL adjudicó 70 MHz del espectro a la operadora estatal CNT EP en las bandas de 700 MHz y 1.7/2.1 GHz como se indica en la tabla 4-22. [31] Esta concesión está destinada a implementar la tecnología LTE en el país, la cual, según afirma la operadora, se llevará a cabo a finales del primer semestre del presente año.

Banda	Bloques asignados	Frecuencias correspondientes
700 MHz (Banda denominada Dividendo Digital)	G, H e I	733-748 (UL) 788-803 (DL)
1.7/2.1 GHz (Banda denominada AWS)	A, B, C y D	1710-1730 (UL) 2110-2130 (DL)

Tabla 4-22 **Espectro asignado a la operadora estatal CNT de Ecuador**
(Fuente: SENATEL)

Además, se ha formado una comisión integrada por el MINTEL, SENATEL y SENPLADES, que espera el resultado de una consultoría denominada: “Análisis, evaluación y propuesta desde la perspectiva económica de posibles escenarios para la asignación de frecuencias en el Ecuador atribuidas para IMT considerando de manera integral las bandas 700 MHz, 1900 MHz, AWS (1700/2100 MHz) y 2.5 GHz”, para determinar las condiciones de asignación del espectro, la agrupación de los bloques en las bandas establecidas, los métodos de asignación de las bandas, la cobertura y los plazos para el despliegue de las redes, destinados hacia las operadoras privadas existentes o entrantes, según sea el caso.

Esta comisión también se encargará de analizar las condiciones a las que el operador público CNT EP debe ajustarse para el uso de las frecuencias asignadas.

Una vez asignada la banda para el despliegue de redes LTE a CNT EP, el espectro total repartido entre las tres operadoras se presenta en la tabla 4-23.

Operadoras	Bandas				Total
	700 MHz	800 MHz	1.7 / 2.1 GHz	1.9 GHz	
CLARO	-	25	-	10	35
MOVISTAR	-	25	-	10	35
CNT EP	30	-	40	40	110
Total	30	50	40	60	180

Tabla 4-23 **Espectro total asignado a operadoras móviles Ecuador**

(Fuente: SENATEL)

- **Adopción del plan APT para la banda de 700 MHz**

En febrero de 2013, Ecuador se convirtió en el cuarto país de Latinoamérica (después de Colombia, Chile y México) en adoptar el plan de banda APT para la implementación de la tecnología LTE en la banda de los 700 MHz, conocida como Dividendo Digital. Esta banda del espectro aún se encuentra ocupada por sistemas de televisión terrestre, y será liberada con el paso de la televisión analógica a la digital²³.

El plan de la banda APT para el espectro de 700 MHz permitirá a los ecuatorianos acceder a dispositivos modernos con mayor desempeño y menor costo, aunque todavía se presenta una escasa disponibilidad de estos terminales en la región. Además, este rango de espectro es óptimo para el despliegue de LTE debido a su amplitud de propagación (mayor cobertura) y menor interferencia.

4.6.5. Cobertura

La empresa CLARO fue la primera en llegar a todas las provincias del país y actualmente es la operadora más expandida en el territorio ecuatoriano.

²³ El apagón analógico en el país inició en el 2010 y está prevista para finalizar en el 2017, aunque podría extenderse hasta el año 2021.

CNT cuenta con la menor cobertura entre las tres operadoras nacionales, sin embargo, la implementación de LTE le permitirá llegar a las zonas rurales mediante la banda de los 700 MHz y a las zonas urbanas mediante la de 1.7 GHz.

Además, para 2014, la CNT espera implementar 491 estaciones base de HSPA+, las cuales son escalables a LTE con la actualización de software. Con esto llegará a cubrir el 84% de la población ecuatoriana en la banda de 1900 MHz.

En el 2011, MOVISTAR lanzó su tecnología HSPA+ con una inversión de 20 millones de dólares con cobertura para la ciudad de Guayaquil.

Actualmente, las dos operadoras privadas cuentan con radio bases que soportan tecnología 3G y HSPA+, y para migrar al nuevo modelo deben actualizar su software. Esto significa que si CLARO y MOVISTAR llegaran a implementar LTE en el país podrían cubrir con esta tecnología el mismo número de usuarios HSPA+ con los que cuentan actualmente.

Se espera que para finales de 2013, HSPA+ cubra la totalidad del país, sin embargo no se tiene conocimiento de las zonas que cubrirá LTE de la CNT. Asumimos que las primeras localidades serán las ciudades principales del país.

4.6.6. Valores económicos referenciados

4.6.6.1. Inversiones de los operadores

En Ecuador la inversión en telecomunicaciones ha crecido de 15 millones de dólares en 2010 a 45 millones de dólares en 2012.

La inversiones que han impulsado el desarrollo del sector de telefonía móvil en el país, en su gran mayoría, han sido por parte de las operadoras privadas CLARO y MOVISTAR. El número de radio bases (BTSs) instaladas por cada operador justifican las inversiones que cada uno ha realizado durante varios años de operación. (Figura 4-28).

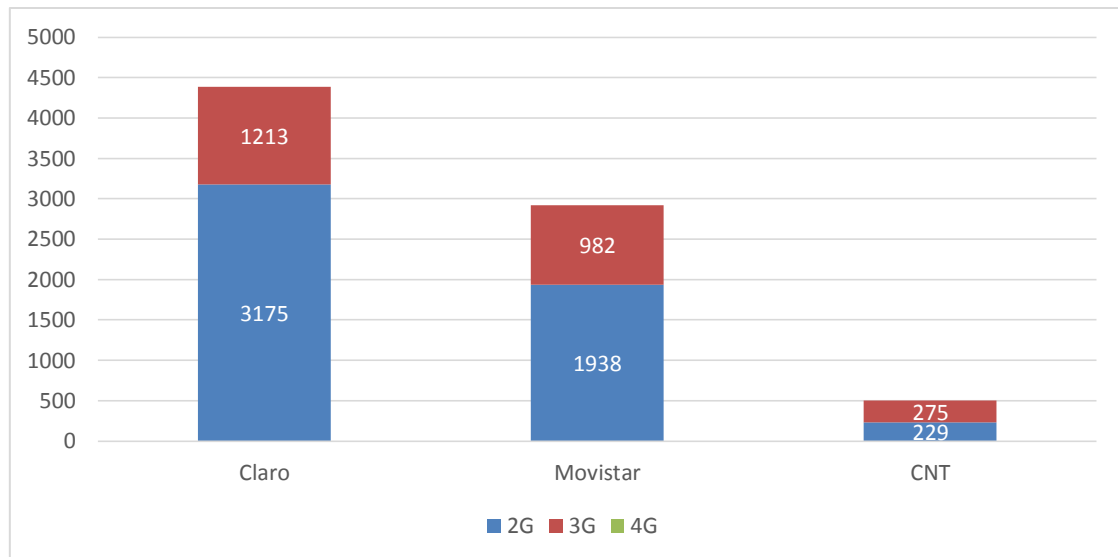


Figura 4-28 **Inversión Total para despliegue de servicios móviles Ecuador**
(Fuente: SUPATEL)

La inversión realizada por la CNT en la adjudicación, provisión e implementación de HSPA+ fue de 72 millones de dólares en 2011. Con la nueva concesión adquirida, la empresa invertirá 30 millones de dólares en la red LTE que iniciará su comercialización a mediados de este año y la convertirá en la primera operadora del país en desplegar dicha tecnología.

Según Huawei, un proyecto piloto de la implementación de LTE en las ciudades principales del país podría costar alrededor de 40 millones de dólares.

4.6.6.2. Tarifas

Al ser privadas las dos operadoras dominantes, los precios son susceptibles a alzas, a pesar de que se hallan, de alguna manera, sujetos a pliegos y techos tarifarios, y que en el caso de las tarifas por llamada y mensajes cortos han bajado en los últimos años (en un 56% y 76% respectivamente desde 2007, según SUPATEL) Figura 4-29 y 4-30.

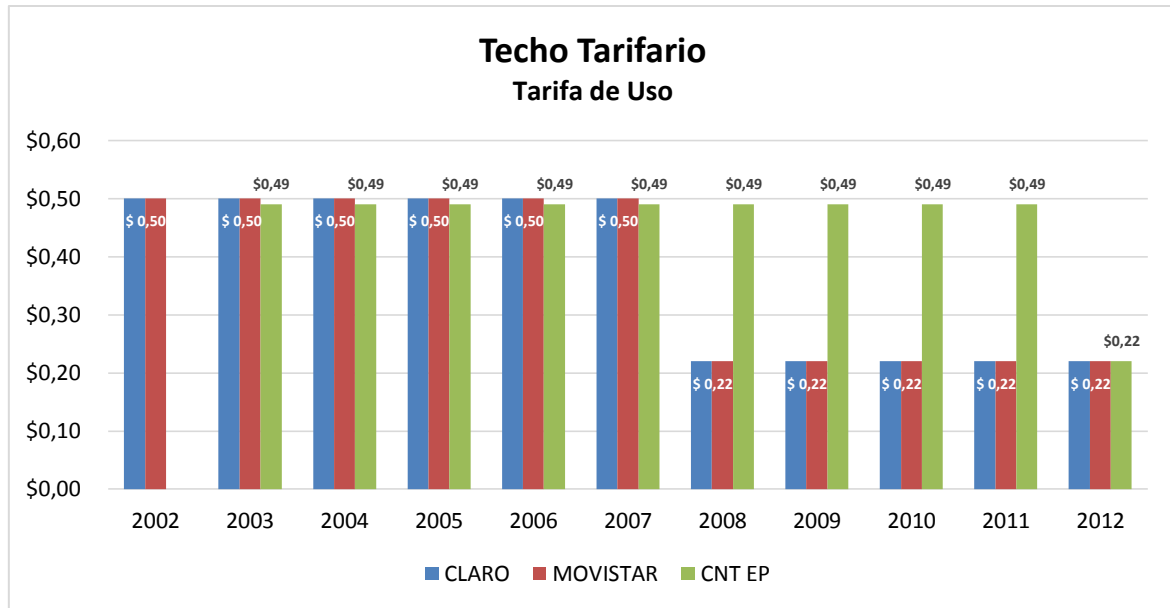


Figura 4-29 Tarifas históricas de uso de voz por minuto en Ecuador
(Fuente: SUPATEL)

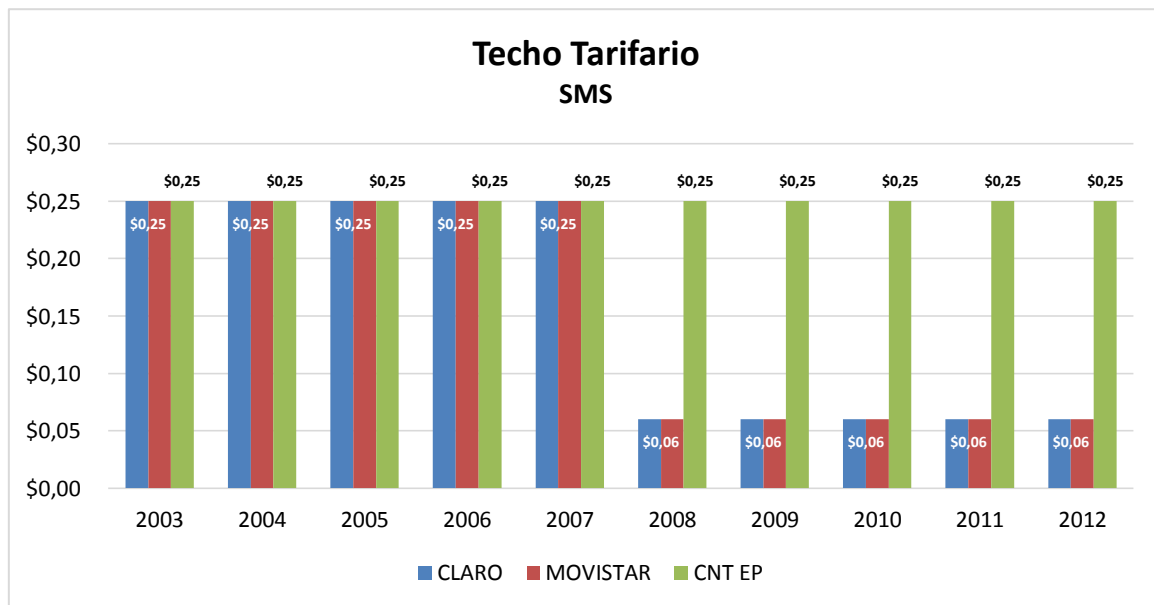


Figura 4-30 Tarifas históricas de uso por SMS en Ecuador
(Fuente: SUPATEL)

Cada operador establece sus tarifas dependiendo de sus planes y estrategias de negocio, pero, estas no pueden estar fuera del rango establecido en los contratos de concesión. En la siguiente tabla se resumen las tarifas máximas y mínimas permitidas según operador.

Tarifas prepago y postpago - máximas y mínimas (USD)				
Operadora	Tarifas máximas		Tarifas mínimas	
	Máxima prepago	Máxima postpago Off Net ²⁴	Mínima prepago	Mínima postpago On Net ²⁵
CLARO	\$ 0,22	\$ 0,22	\$ 0,05	\$ 0,02
MOVISTAR	\$ 0,18	\$ 0,19	\$ 0,08	\$ 0,04
CNT EP	\$ 0,22	\$ 0,15	\$ 0,05	\$ 0,04

Tabla 4-24 Máximos y mínimos de las tarifas prepago y postpago por operadora
(Fuente: SUPATEL)

Así, las tarifas prepago vigentes en el país para realizar llamadas se resumen en la tabla 4-25.

Tarifas prepago (USD)				
Operadora	On Net	Off Net - Fijo	Off Net - Otro móvil	Promedio simple
	Prepago en la misma red	Prepago - fijo	Prepago - otro móvil	
CLARO	\$ 0,05	\$ 0,16	\$ 0,18	\$ 0,13
MOVISTAR	\$ 0,08	\$ 0,18	\$ 0,18	\$ 0,15
CNT EP	\$ 0,05	\$ 0,12	\$ 0,16	\$ 0,11

Tabla 4-25 Tarifas prepago de consumo actual por operadora
(Fuente: SUPATEL)

La CNT es la operadora que ofrece el menor promedio de costo por minuto con relación a las otras operadoras del país.

Dado que el espectro para desplegar LTE fue concesionado recientemente, y aún no empieza la comercialización de la red, no se tienen datos de cuánto podría costar el servicio con esta tecnología. Las ofertas comerciales serán entregadas por la CNT poco antes de realizar la apertura pública de la red.

²⁴ Off Net hace referencia a llamadas realizadas a otras operadoras. Requiere interconexión.

²⁵ On Net hace referencia a llamadas realizadas a la misma operadora. No requiere interconexión porque sigue dentro de la misma red.

Se piensa que los valores de los servicios LTE podrían ser aproximados a los costos por el servicio postpago de banda ancha móvil en las redes HSPA+. De acuerdo a la operadora CNT, los precios de los planes individuales de banda ancha en HSPA+ son como se presentan a continuación.

Nombre del plan	Costo básico mensual	Megas incluidos	Costo mega adicional
Banda ancha HSPA+ ctrl 15	\$15	700	0,10 ctvs.
Banda ancha HSPA + ctrl 19	\$19	1000	0,10 ctvs.
Banda ancha HSPA + ctrl 25	\$25	1500	0,10 ctvs.
Banda ancha HSPA + ctrl 29	\$29	2000	0,10 ctvs.
Banda ancha HSPA + ctrl 39	\$39	3000	0,10 ctvs.

Tabla 4-26 Tarifas de los planes de banda ancha con HSPA+ de la operadora CNT
(Fuente: CNT)

4.6.7. Síntesis y observaciones

Las únicas bandas de telefonía móvil en las que operan CLARO y MOVISTAR se encuentran en los rangos de 800 y 1900 MHz. Esto es un punto negativo para el país debido a que los países vecinos, y en todo el mundo, están implementando esta tecnología en otras bandas de frecuencia.

Es de suma importancia que Ecuador defina sus rangos de frecuencia adheridos a los otros países de la región logrando la armonización del espectro. Esa es la única forma en la que Ecuador puede beneficiarse de la economía de escala en la evolución de las redes y dispositivos móviles.

Ningún fabricante estará dispuesto a desarrollar infraestructura de red o dispositivo que operen específicamente en Ecuador, y si acceden, los precios de los mismos serían considerablemente elevados.

Dado que la CNT es la única operadora con la posibilidad de operar en las bandas armonizadas, son las otras dos las que presentarán los problemas

mencionados y deberán buscar alternativas o maneras de reducir los elevados precios que los usuarios deberán pagar para obtener el servicio.

Según la información publicada en la Web de la SUPERTEL, las bandas de telefonía fija y móvil deben ser adjudicadas mediante una subasta, lo que se denomina Procedimiento Competitivo. La asignación del espectro para LTE no fue realizada mediante este criterio sino mediante una adjudicación directa, por lo que se piensa que el principal interés de CONATEL es fortalecer la posición competitiva de CNT frente a los dos operadores contendientes, CLARO y MOVISTAR, mas no impulsar el despliegue de nuevas tecnologías y servicios móviles mejorados. Aun así, ambas cosas van de la mano y se pueden lograr con un eficiente uso y manejo de los recursos.

Al ser CNT, la empresa más pequeña en telefonía móvil del país²⁶ y con menor área de cobertura, se han generado dudas acerca del crecimiento que se manifestará debido a las demoras e impedimentos que la empresa estatal ha experimentado con anterioridad. Además, no se conoce si CONATEL impuso o no obligaciones de despliegue y cobertura a CNT para el espectro adjudicado.

Ecuador se encuentra en un plan nacional de banda ancha, entre cuyas metas está alcanzar el acceso al servicio de al menos el 75% de la población para el 2017. Para cumplir los objetivos trazados en el plan, el Ministerio de Telecomunicaciones tendrá que aliarse a las operadoras móviles para cubrir las áreas remotas en las que es casi imposible la instalación de cableado.

Si CNT no tiene obligaciones, es posible que no se logren los objetivos de acceso a banda ancha en todo el territorio nacional debido a que las adjudicaciones son las que exigen al concesionario a llegar a las zonas sin servicio, consideradas no rentables por los operadores.

²⁶ Los operadores Claro y Movistar cuentan con 40 y 28 veces más líneas que el operador estatal, aunque tienen asignado 3 veces menos espectro que dicha operadora.

4.7. Análisis comparativo

4.7.1. De mercado

Luego de revisar la distribución de mercado en Colombia, Chile, Brasil y Ecuador. Se observa que tanto Colombia como Ecuador tienen operadores móviles dominantes que acaparan más del 60% del mercado. Al mismo tiempo estos países cuentan con operadoras móviles estatales, las mismas que ingresaron al mercado móvil tiempo después de las operadoras privadas y se encontraron con un mercado casi saturado en el cual sería difícil captar un porcentaje significativo de usuarios.

Una de las maneras de atraer nuevos suscriptores, tanto para UNE EP como para CNT EP, ha sido implementando servicios novedosos de última generación capaces de cubrir las expectativas futuras de los nuevos usuarios. Por eso, la mejor opción por parte de estas operadoras ha sido brindar servicios mediante la tecnología LTE.

En Colombia y Ecuador, los órganos reguladores juegan un papel importante ya que deben decidir por una estrategia que impida al operador dominante seguir acaparando el mercado y a su vez fortalecer a las empresas públicas que se encuentran rezagadas.

La concesión anticipada de bandas del espectro a las empresas públicas para redes 4G prevé dar ventaja a las mismas sobre sus competidoras esperando atraer el mayor número de usuarios y equilibrar el mercado. Sin embargo, el principal inconveniente de estas operadoras es que no cuentan con el capital necesario para la inversión que conlleva desplegar nuevas redes y lograr una mayor o similar cobertura a la de su competencia.

El caso de UNE EP que comercializa los servicios de 4G con tecnología LTE ha analizado su fusión con TIGO para juntos lograr una cobertura mayor y una inversión menor al reutilizar la infraestructura de TIGO.

El mercado móvil chileno tiene un panorama muy diferente pues se encuentra distribuido en las tres operadoras principales, todas privadas. Estas operadoras han desplegado sus servicios móviles con intervalos de tiempo no muy largos y

han acaparado el mercado en un 98% dificultando el ingreso de nuevas operadoras.

En este caso, el órgano regulador ha optado por concesionar las bandas del espectro para redes 4G a las tres operadoras móviles simultáneamente, estableciendo los mismos plazos para su despliegue e incentivando una competencia igualitaria. Esta resolución ha dejado a las nuevas operadoras sin oportunidades de acceder al mercado móvil.

A diferencia de Colombia y Ecuador, no existe una operadora móvil estatal en el territorio brasileño, por lo que las subastas del espectro hacen acreedores de las bandas a los operadores que han presentado una mejor oferta.

Los cuatro operadores móviles más representativos de Brasil han sido concesionados con bandas para la implementación de redes 4G. Sin embargo, ANATEL ha puesto plazos de despliegue y expansión distintos para cada operadora con el objetivo de fomentar la competencia igualitaria, ya que no todos los operadores tienen el mismo monto de ingresos. Por eso, el regulador ha permitido que las operadoras Oi y TIM se unan para brindar el servicio más eficientemente y juntos representen una mayor competencia para los otros dos operadores.

4.7.2. De la adopción de un mismo plan de canalización

Los cuatro países han decidido adoptar la canalización APT para la banda del Dividendo Digital. Esta corresponde a la banda de 698 MHz a 806 MHz, en el que se tienen 90 MHz para operación bajo el método FDD, 45 MHz corresponden al enlace de subida y los otros 45 MHz para el de bajada.

La adopción conjunta del plan de banda APT beneficia a todos los países latinoamericanos. Al operar en las mismas bandas, los operadores crean una economía de escala que permite abaratar los precios tanto de equipos para infraestructura como de terminales móviles usados para el acceso a la red. Los proveedores prefieren crear equipos especializados para trabajar en las bandas más utilizadas por los operadores, en lugar de producir equipos para bandas poco comunes, que serían exclusivos solo para un país.

Esta no es la única ventaja, si los países utilizan el mismo rango del espectro para una misma finalidad, están creando una armonización internacional del espectro que aventajaría a todos en términos de interferencia y roaming internacional. Si todas las naciones adoptan el plan APT, todas tendrán la misma cantidad de espectro, las mismas bandas de frecuencias para operar, los mismos fines para dichas bandas y sobre todo, evitarían la interferencia fronteriza y facilitarían los acuerdos entre países vecinos.

La interferencia puede llegar a ser un problema grave en las zonas fronterizas si no se adopta un mismo plan. El terminal experimentaría conflictos en la conexión a la red a la que está suscrito y los operadores se verían obligados a reducir los costos del servicio en esas zonas. Además, serían necesarias bandas de guarda adicionales para evitar dicha interferencia, lo que reduciría la eficiencia espectral.

Finalmente, al contar con la armonización del espectro, los dispositivos podrían soportar únicamente la frecuencia que se ocupa en ambos países y no tendrían problema en la comunicación. Pero si los países adoptan distintas frecuencias para un mismo servicio, el equipo del usuario debería ser capaz de soportar ambas frecuencias para poder contar con el servicio en los distintos países. Existen otras formas que facilitan el roaming cuando los países operan con distintas tecnologías y bandas de espectro, sin embargo, estas opciones están fuera de la temática de este estudio.

Como se mencionó anteriormente, la armonización del espectro agiliza los acuerdos de roaming entre países vecinos. Aunque cada operador tiene su propia posición, todos concuerdan en que el roaming es un servicio imprescindible, además especifican que se debe dar plena información a los clientes sobre tarifas y características del servicio.

4.7.3. De la asignación del espectro

4.7.3.1. Banda de 700 MHz o Dividendo Digital

Las operadoras han empezado a implementar las redes LTE con tan solo 20 MHz, pero conservan la esperanza de adquirir más espectro en las futuras

licitaciones de las bandas que aún no han sido liberadas y las que no han sido asignadas, como es el caso de la banda de 700 MHz en la mayoría de países.

La asignación del espectro para 4G en la banda de los 700 MHz estaba planeada, en un principio, para después del apagón analógico en cada país. Sin embargo, esto tomaría demasiado tiempo y el espectro sería liberado cuando probablemente ya exista una nueva tecnología, más avanzada y eficiente.

Por eso, los gobiernos y los reguladores han acordado no esperar al apagón analógico y han empezado a limpiar la banda de 470 MHz a 512 MHz necesaria para la televisión digital y a asignar el espectro a los operadores imponiéndoles algunas condiciones. Los operadores que ganen el espectro deben mover a los usuarios a otra banda disponible.

Uno de los mayores beneficios del uso de la banda de 700 MHz es el gran alcance de las celdas en la extensión territorial. Estas frecuencias, hoy ocupadas por TV analógica, son de gran importancia para la transmisión de datos en áreas de baja densidad poblacional ya que al tener un amplio alcance geográfico, se requiere desplegar menos estaciones base para cubrir un área. Las bandas de 2.5 GHz en cambio, tienen un alcance de casi 14 veces menor a la de 700 MHz, [32] y experimentan mayor atenuación y distorsión al paso de objetos o barreras físicas grandes, es decir, en lugares cerrados como casas y edificios. La banda de 700 MHz es la mejor opción para cubrir esas pequeñas sombras en las que no hay cobertura.

Esta es la banda más cotizada debido a su mayor propagación. Con esta banda los operadores tendrán una mayor rentabilidad por celda y así alcanzarán coberturas más amplias, pudiendo llegar a las zonas apartadas de cada país mediante una inversión menor a la que fuera necesaria en una banda de frecuencias altas.

Si bien Colombia, Brasil y Chile ya han establecido el destino de la banda, todavía no la han asignado a ningún operador. A diferencia de estos, Ecuador ya ha adjudicado la banda a la operadora CNT. Mientras que Ecuador planea

lanzar la tecnología LTE a mediados de este año, los tres países restantes recién realizarán la asignación en el segundo semestre de este año.

La asignación del espectro en Colombia y Brasil será mediante subasta, mientras que Chile realizará un concurso y se entregará el espectro al operador que la administración considere más idóneo por sus méritos, aunque el presupuesto de ejecución no sea el más alto de los presentados. Este también fue el método utilizado en Ecuador, en el que CONATEL decidió asignarle a CNT la concesión de las bandas para LTE.

Un tema importante es la concentración del espectro. En Colombia se aplicaron topes de espectro de 30 MHz para bandas bajas y de 85 MHz para bandas altas. Esto impide a los operadores COMCEL y MOVISTAR participar en la subasta de 700 MHz porque ya tienen espectro en las bandas bajas. Así se favorece a otros operadores que no han podido llegar a las zonas rurales y operadores entrantes, permitiéndoles participar con mayores posibilidades de adquirir el espectro.

Además de impulsar la competencia dando ventajas a los operadores entrantes, también se puede impulsar la compartición de infraestructura entre operadores establecidos, como es el caso de Brasil, en donde los operadores Oi y TIM se han unido para hacer frente a la competencia que representan las empresas CLARO y VIVO. A diferencia de este país, Ecuador y Colombia cuentan con solo un operador que brindará servicios LTE, y es posible que no sea necesaria la compartición de infraestructura, dado el caso de que logren ampliar su penetración en el mercado gracias a la nueva tecnología.

Las condiciones establecidas a los operadores ganadores de las bandas bajas, son principalmente las de dar cobertura a zonas remotas del país. La visión no es dar cobertura solo de voz, que en la mayoría de países se aproxima al 99%, sino también dar cobertura de banda ancha e incrementar el acceso a ella, especialmente a personas de bajos ingresos.

4.7.3.2. Banda de 2.5 GHz

Colombia, Brasil y Chile, a pesar de no haber asignado aún la banda de 700 MHz, son los países que han llevado la delantera en procesos de adjudicación 4G durante los últimos dos años. Todos ellos ya han asignado la banda de 2.5 GHz. En el caso de Brasil y Chile, los adjudicados fueron operadores ya establecidos (VIVO, CLARO, TIM, Oi, SKY, y Sunrise) que además, son de carácter privado. A diferencia de ellos, Colombia concesionó la banda a un operador de perfil público (UNE).

País	Operadores adjudicados		Fecha de adjudicación	Fecha de inicio de operaciones	Plazo para operación
	Establecidos	Entrantes			
Colombia		UNE	Junio 2010	Marzo 2012	21 meses
Brasil	MOVISTAR, TIM, CLARO, Oi		Junio 2012	Segundo trimestre de 2013	12 meses
Chile	MOVISTAR, ENTEL, CLARO		Mayo 2012	Segundo trimestre de 2013	12 meses

Tabla 4-27 **Adjudicaciones de la banda de 2.5 GHz llevadas a cabo en Colombia, Brasil y Chile**

El plazo estimado entre la adjudicación del espectro y la comercialización de las redes en Colombia es considerablemente mayor al que se le ha asignado a Brasil y Chile. Esto se debe principalmente a que la operadora UNE de Colombia cuenta con una cobertura muy baja en comparación con las operadoras de los otros países. Las operadoras de Brasil y Chile que adquirieron el espectro son justo las dominantes de cada país por lo que no les costará lo mismo expandir sus redes LTE como lo será para UNE, que debe implementar una red completamente nueva.

4.7.3.3. Banda de 450 MHz

Brasil es el único país que ha impulsado la adopción de LTE en la banda de 450 MHz. A pesar de que cuenta con el apoyo de Huawei y Qualcomm, que se comprometieron a desarrollar LTE en esta banda, se tienen dudas de cómo va a concluir la operación en esta banda. Desde el punto de vista técnico, los fabricantes no están seguros de cuanto espectro en esta banda vaya a estar disponible para LTE ni de cuál será el desempeño de la tecnología.

Con el riesgo a fracasar, Brasil se ha aventurado en el uso de esta frecuencia con la confianza en su liderazgo tecnológico y la seguridad de que logrará el consenso del estándar que está estableciendo al ocupar esta banda para tecnología LTE.

4.7.4. De las condiciones de asignación del espectro

Los entes reguladores de Brasil, Colombia y Chile han establecido, como obligación a los operadores móviles adjudicados, valores de calidad mínima en los servicios prestados y cobertura en zonas especificadas, generalmente en lugares en los que no hay acceso a banda ancha.

La tabla 4-28 resume las condiciones de Colombia, Brasil y Chile en la asignación del espectro para servicios LTE. Esta no incluye las condiciones que debe cumplir CNT de Ecuador debido a que aún no se han completado los análisis necesarios por parte del ministerio y el regulador.

	Colombia	Brasil	Chile
Topes de espectro	85 MHz en bandas altas (1710-2690 MHz) y 30 MHz en bandas bajas (698-960 MHz)	No establecidos	No establecidos
Roaming nacional	Temporal para operadores entrantes	Para los operadores menos significativos	No es una condición
Obligaciones en la banda de 2.5 GHz	Llegar a la población de bajos recursos económicos, cobertura para las ciudades	Cobertura en las ciudades sede de los próximos eventos deportivos	Servicios de Internet en 560 localidades rurales sin

	principales y, posteriormente, para las zonas rurales y conectividad en lugares prioritarios como: escuelas, hospitales, instituciones públicas, etc.		conectividad.
Obligaciones en la banda de 450 MHz	No aplica	Cobertura en áreas no servidas y de baja densidad poblacional.	No aplica
Obligaciones de calidad de servicio	Sí	Sí	Sí
Compartición de infraestructura pasiva	Los operadores están obligados a favorecer a las OMVs	Impulsado por el regulador. Se ha autorizado la compartición entre Oi y TIM	Los operadores están obligados a favorecer a las OMVs

Tabla 4-28 **Condiciones de asignación de bandas para LTE**
(Fuente: MinTIC)

Los reguladores de cada país han impuesto distintas maneras de promover la oferta del total de la canasta de productos: voz, Internet y televisión. Colombia por ejemplo, ha establecido topes de espectro para evitar la concentración de algún segmento de frecuencias por parte de un solo operador. Brasil, en cambio, ha determinado usos puntuales para frecuencias específicas.

4.7.5. De los topes y el impulso a la competencia

Los topes de espectro fueron creados para evitar la concentración de todo el espectro en pocos operadores e impulsar la competencia. El objetivo era generar las condiciones para el ingreso de nuevas empresas. Sin embargo, estos pueden bien ser beneficiosos o perjudiciales para el país que los imponga.

La instauración de límites del espectro muy bajos puede afectar el desempeño de las operadoras establecidas debido a que las nuevas tecnologías requieren anchos de banda mayores y al no contar con acceso al espectro, los operadores no podrán desplegar nuevas redes ni ofrecer servicios de última generación, que es lo que los usuarios demandan cada vez más.

El problema radica en la falta de espectro disponible que experimentan la mayoría de países latinoamericanos. Casi todos se encuentran liberando espectro, es decir, retirando las concesiones de otros servicios que no corresponden a telefonía, y asignándolos para el despliegue de IMT. Aun así, Latinoamérica continúa con un déficit de espectro que podría retardar mucho más el avance hacia la tecnología LTE.

La eficiencia de un operador está estrechamente relacionada con la cantidad y calidad de servicios móviles disponibles, pero también se relaciona con la cantidad de usuarios y los servicios que ellos adquieren.

La falta de espectro no solo afectaría la provisión de servicios sino también la capacidad de la red, es decir, la cantidad de usuarios que la operadora está en la facultad de servir. Con el crecimiento de la demanda y de los suscriptores, más saturación se experimentará en las redes, por lo que es fundamental contar con suficiente capacidad espectral para satisfacer esas necesidades, además de expandir la cobertura.

Por otro lado, los topes de espectro pueden llegar a ser muy beneficiosos si se los aplica tomando en cuenta los aspectos mencionados. Los límites impulsan la competencia y si estos no existen en un país, la falta de presión competitiva puede llevar a que las empresas con mayor cantidad de espectro dejen de invertir en sus redes y en tecnología nueva e innovadora, ocasionando un deterioro del servicio a medida que aumenta la cantidad de suscriptores.

Durante los procesos de adjudicación, los encargados deben tener en cuenta la competencia en el país y los compromisos de cada operador aspirante para no comprometer las metas de cobertura geográfica y la calidad del servicio ofertado.

Parte III

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- La tecnología 4G LTE (Long Term Evolution) representa un elemento clave en la evolución de las redes móviles ya que su arquitectura de red plana la convierte en la solución para los problemas de capacidad y conectividad, ofreciendo altas velocidades de transmisión y permitiendo la interoperabilidad con otras redes de tecnologías 3GPP. Además, su estándar puede utilizar tanto direccionamiento IPV4 como su proyección a futuro, el IPV6. Igualmente, esta tecnología consolidará el uso de dispositivos avanzados y de aplicaciones en la nube.
- El acceso de banda ancha trae mayores beneficios socioeconómicos en sectores estratégicos como educación, energía, salud, transporte, seguridad ciudadana, etc. Con la implementación de LTE se podrá abastecer estos sectores no solo en las zonas urbanas sino también en las zonas rurales, incrementado el valor del PIB en la región.
- El principal problema para las operadoras móviles en el despliegue de LTE en Latinoamérica ha sido la asignación del espectro. Debido a la distribución del mercado en Colombia y Ecuador se ha dado prioridad a los operadores móviles estatales con la asignación temprana del mismo para el despliegue de LTE; para así dar una mayor ventaja y tratar de captar más usuarios de los operadores dominantes. Mientras que la distribución del mercado chileno y brasileño ha permitido que la asignación del espectro sea igualitario para todos los operadores estableciendo así condiciones similares para el despliegue de LTE en dichos países. De darse una adjudicación lo más indicado sería asignar el espectro a no menos de dos operadores, y a no más de cinco. Es

imposible crear una competencia si solo se le da la posibilidad de crecer a uno de los operadores.

- La armonización internacional de bandas de frecuencia ofrece beneficios como el aumento de capacidad de roaming internacional, la reducción de costos y de interferencias fronterizas. La mayoría de países latinoamericanos han optado por el plan de canalización APT para el despliegue de redes con tecnología LTE, y por el uso de la banda de 2.5 GHz, ya que esta presenta gran cantidad de espectro que podría satisfacer la demanda creciente de altas velocidades de transferencia de datos y ofrecer servicios de banda ancha móvil.
- Se ha establecido que las tarifas para el uso de LTE será similar al de los servicios establecidos por HSPA+ en los países próximos a su comercialización. Sin embargo, el valor de inversión para el despliegue es elevado, por lo tanto, las operadoras esperan masificar el uso de la banda ancha móvil con las redes LTE y así reducir los costos tanto en dispositivos finales (módems o smartphones) como en los servicios.
- Ecuador, Colombia, Brasil y Chile tienen un plan para el despliegue de banda ancha en sectores rurales. Con la concesión del espectro para redes LTE, dichos países establecerán que los operadores adjudicados brinden, obligatoriamente, cobertura a esos sectores.

Recomendaciones

- Entre las obligaciones que los asignatarios deberán imponer a los operadores móviles están el de generar y mantener el bienestar de los consumidores e invertir en el desarrollo tecnológico de futuras redes, al tiempo que maximicen las ganancias obtenidas por el espectro asignado. Análogamente, se deben establecer plazos de despliegue para evitar que las empresas se reúsen a utilizar su espectro al máximo o en ampliar sus redes por evitar gastos de infraestructura.
- Los topes establecidos en Latinoamérica son considerados muy bajos para las necesidades que presentan las tecnologías de 4G para un despliegue más flexible. Esto implica que los operadores que tengan que limitarse a bajas cantidades de espectro, se verán obligados a presentar costos más altos por los servicios prestados. Por eso, se debería aumentar el tope a un valor más flexible para los operadores o suprimir estos límites y apoyarse en otras técnicas para resolver los problemas competitivos. Estas técnicas pueden estar basadas en: reservas, créditos, planes de bandas, diseño de la subasta y aplicación de políticas en defensa de la competencia. Se podría aplicar la reserva de uno o más bloques de espectro exclusivamente para operadores entrantes o establecidos, y así evitar la concentración del espectro. Es posible que si el regulador ayuda al operador que se encuentra en desventaja, concediéndole una reducción en el precio por la banda, se consiga llegar más rápido a una competencia igualitaria.
- El plan de bandas es de suma importancia ya que si las bandas son muy pequeñas se podría ver afectado el desempeño de las redes implementadas, y si las bandas son muy grandes, una vez más se caería en el problema de la concentración del espectro. Por eso, sería adecuado que los reguladores se tomen el tiempo necesario para analizar los tamaños adecuados de las bandas a subastar. Esto constaría también en el diseño de la subasta, junto con las decisiones del método que se ocupará para la asignación de las bandas y las

políticas a seguir para promover la competencia durante todo el ciclo de asignación.

- Es recomendable que los operadores cuenten con la mayor cantidad de espectro continuo posible. Los organismos reguladores podrían autorizar el cambio de bandas entre operadores, siempre y cuando la cantidad de espectro sea la misma. Esto ayudaría a los operadores a obtener bandas continuas y contarían con mayor espectro para implementar la red, en este caso, LTE. Un mayor espectro permite un aumento de velocidad de transmisión y, sobre todo, aumenta la capacidad de la operadora para servir a una mayor cantidad de usuarios.
- Los tipos de mercado, el acceso a nuevas tecnologías y el grado de competencia hacen de cada país un caso de estudio independiente sobre el manejo del espectro. Cada uno debe tener su estrategia de acuerdo a sus necesidades y proyecciones. No se puede recomendar una estrategia definitiva aplicable a todos ellos. Pero, deben estar conscientes de que las disposiciones tienen que evitar enfáticamente la subutilización y la sobreexplotación del espectro.

Bibliografía

- [1] Management Solutions, "Retos de las operadoras ante la banda ancha móvil," Management Solutions Spain, Telecomunicaciones 2010.
- [2] GSA. (2013, Enero) GSACOM. [Online]. http://www.gsacom.com/news/gsa_369
- [3] Chetan Sharma, "US Mobile Data Market Update Q1 2012," Mobile Future Forward, Telecomunicaciones 2012.
- [4] Informa telecoms & media, "An analysis of data-usage patterns in the world's most advanced 4G LTE markets," London, 2012.
- [5] Ronny Isla Isuiza, "¿Por qué Perú y América Latina no podrán gozar de la tecnología LTE del iPhone 5?," *El Comercio*, no. Tecnología, Septiembre 2012.
- [6] Tellabs, "End of Profit_study executive summary," Tellabs, 2011.
- [7] Nokia Siemens Network, "Mobile broadband with HSPA and LTE - capacity and cost aspects," Nokia Siemens Network, White Paper 2010.
- [8] (2012, Diciembre) 4G-Portal. [Online]. <http://4g-portal.com/2013-telecoms-predictions-from-analysys-mason>
- [9] DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACION UNIDAD DE INFRAESTRUCTURA Y ENERGIA, "La Telefonía Móvil Celular en Colombia 1998 Documento Sectorial," Bogota, 1999.
- [10] El Tiempo. (2001, Marzo) El Tiempo. [Online]. <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-590614>
- [11] UNE EPM Telecomunicaciones S.A. une. [Online]. <http://www.une.com.co/compania>
- [12] Portafolio.co. (2012, Agosto) Grupo Bancolombia compró el 70% de Uff Móvil. [Online]. <http://www.portafolio.co/negocios/grupo-bancolombia-compro-el-70-uff-movil>
- [13] Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones República de Colombia, "Boletín trimestral de las TIC Cifras tercer trimestre de 2012," Bogota, 2012.
- [14] Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, "Boletín trimestral de las TIC Cifras cuarto trimestre de 2012," Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC), Bogotá, Boletín trimestral 2013.

- [15] ComunidadOLA. (2012, Junio) UNE EPM LANZA 4G LTE MAÑANA, 14 DE JUNIO. [Online]. <http://www.comunidad-ola.com/portal/index.php/4g-colombia/4g-lte-une/5814-une-epm-lanza-4g-lte-este-jueves-14-de-junio>
- [16] Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicación, Agencia Nacional del Espectro y Comisión de Regulación de Telecomunicaciones, "Análisis de alternativas de diseño para la subasta de espectro radioeléctrico para servicios 4G y posibles escenarios competitivos," Bogotá, 2012.
- [17] Dinero.com. UNE necesitará deuda para financiar inversiones de 2012. [Online]. <http://m.dinero.com/negocios/articulo/une-necesitara-deuda-para-financiar-inversiones-2012/145205>
- [18] ZonaCero.info. (2013, Enero) 480 mil millones de pesos invierte une en expansion de servicios. [Online]. <http://zonacero.info/index.php/barranquilla/29-barranquilla-2/33209-480-mil-millones-de-pesos-invierte-une-en-expansion-de-servicios>
- [19] José Eduviges Rivas. (2002, Marzo) NADIR. [Online]. <http://www.nadir.org/nadir/initiativ/agp/free/imf/privatizaciones.htm>
- [20] SKY - HDTV é isso. SKY. [Online]. <http://www.sky.com.br/institucional/Home/Default.aspx>
- [21] Nokia Siemens Networks. (2012, Diciembre) Nokia Siemens Networks, SKY first with 4G in Latin America. [Online]. <http://www.nokiasiemensnetworks.com/news-events/press-room/press-releases/nokia-siemens-networks-sky-first-with-4g-in-latin-america>
- [22] Vanda Ueda. (2004, Agosto) Estrella del Siglo XXI: La Telefonía Móvil y sus Múltiples Territorialidades. Revista Electrónica.
- [23] Paulo Bernardo Silva, Portarian Nro 14, 2013, Ordenanza.
- [24] Jose F. Otero. STNews Signals Telecom. [Online]. <http://www.signalstelecomnews.com/index.php/eventos/86-analisis/281-brasil-desplegar-4g-a-la-deportiva>
- [25] Revista Líderes. (2012, Octubre) Revista Líderes. [Online]. http://www.revistalideres.ec/tecnologia/Brasil-telecomunicacion-4G-telefonía_0_793720624.html
- [26] Teleco. (2013, Enero) Teleco. [Online]. <http://www.teleco.com.br/>
- [27] Patrick Nixon. (2012, Julio) BN Americas. [Online]. <http://www.bnamericas.com/news/telecomunicaciones/entel-claro-y-movistar-compran-espectro-4g-con-ofertas-de-us12mn1>
- [28] (2013, Marzo) CIO América Latina. [Online]. <http://www.cioal.com/2013/03/08/claro-chile-inicia-marcha-blanca-de-su-red-4g-lte-en-santiago-con-primera-llamada-de->

voz-y-friendly-users/

- [29] Javier Neira R. (2013, Febrero) Emol. [Online].
<http://www.emol.com/noticias/tecnologia/2013/02/26/585828/movistar-revela-algunos-detalles-de-su-plan-de-lanzamiento-de-lte-en-chile.html>
- [30] Fayer Wayer. (2013, Marzo) ¿Qué veremos de la 4G en Chile? [Online].
<http://www.mediatelecom.com.mx/index.php/telecomunicaciones/banda-ancha/item/38263-que-veremos-de-la-4g-en-chile>
- [31] Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL), Resolución TEL-804-29-CONATEL-2012, 2012.
- [32] Juan Benavides, Felipe Castro, Laura Tamayo, "Promoción de la competencia en la telefonía móvil de Colombia," Fedesarrollo, Regulatorio 2012.
- [33] Ericsson, "Ericsson Mobility Report November 2012," 2012.
- [34] Prado-Wagner, Miguel Alcaine, "Estudio Sobre el Estímulo de la Armonización de Servicios de Roaming en Telefonía Móvil para Centro América," Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU, UIT), Buenos Aires, Argentina, Estudio 2010.
- [35] Ramón Agusti, Francisco Bernardo, Fernando Casadevall, Ramon Ferrús, Jordi Pérez-Romero, Oriol Sallent, *LTE: Nuevas Tendencias en Comunicaciones Móviles*. Catalunya: Fundación Vodafone España, 2010.
- [36] UBM Tech Web. 4G Trends. [Online]. <http://www.4gtrends.com>
- [37] Amit Kumar, Jyotsna Sengupta, Yun-fei Liu, "3GPP LTE: The Future of Mobile Broadband," *Springer Science+Business Media*, 2010.
- [38] Chris Pearson, Erasmo Rojas. 4G Americas. [Online]. www.4gamericas.org
- [39] L.S. Ashiho, "Mobile Technology: Evolution from 1G to 4G," *Electronics for you*, p. 5, 2003.
- [40] 3GPP TS 36.423 version 10.1.0 Release 10, "ETSI TS 136 423," 2011.
- [41] Moray Rummey, *LTE and the Evolution to 4G Wireless*. Padstow, Cornwall: Agilent Technologies, 2009.
- [42] Harri Holma and Antti Toskala, *LTE for UMTS OFDMA and SC-FDMA Based Radio Access*.: John Wiley & Sons, Ltd, 2009.
- [43] Ericsson, "Long Term Evolution (LTE) offers a superior user experience and simplified technology for next-generation mobile broadband.," 2009.

- [44] Camilo Bolaños Guerrero, "Evolución de la Arquitectura UMTS," 2002.
- [45] Carlos A Alfonso, "Spectrum use in Latin America Case studies of Argentina, Brazil, Colombia, Ecuador, Peru and Venezuela," 2011.
- [46] CITEL ITU, "Libro Azul Políticas de Telecomunicaciones para las Américas," 2005.
- [47] Motorola, "Spectrum Analysis for Future LTE Deployments," 2007.
- [48] BP Tiwari, "LTE spectrum and Deployment Choices for Operators,".
- [49] David Astély, Erik Dahlman, Anders Furuskär, Ylva Jading, Magnus Lindström, and Stefan Parkvall, "LTE: The Evolution of Mobile Broadband," 2009.
- [50] Karina A Muñoz Vera, "Análisis de la Tecnología Long Term Evolution (LTE) para su posible implementación en el Ecuador," Quito, 2011.
- [51] 3GPP TR 23.830, "Architecture aspects of Home NodeB and Home eNodeB," 2009,.
- [52] Farooq Khan, "LTE for 4G Mobile Broadband," New York, 2009.
- [53] IDATE, "LTE 2012," 2012,.
- [54] 4G Americas, "Mobile Broadband Explosion," 2012.
- [55] 4G Americas, "New Wireless Broadband Applications and Devices: Understanding the impact Networks," 2012.
- [56] 3G Americas, "EDGE, HSPA and LTE Broadband Innovation," 2008.
- [57] 4G Americas, "Global 3G and 4G Deployment Status HSPA / HSPA+ / LTE /10 Sept 2012," 2012.
- [58] 4G Americas, "HSPA+LTE Carrier Aggregation," 4G Americas, 2012.
- [59] Subsecretaria de Telecomunicaciones, Gobierno de Chile Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, "El Desafío Económico, Impulso a la "Banda Ancha", Beneficios e Impacto Social," Barcelona, 2012.
- [60] GSA confirms LTE is mainstream, 145 networks in commercial service. [Online]. http://www.gsacom.com/news/gsa_369
- [61] Global mobile Suppliers Association, "GSA Evolution to LTE report: 145 commercial networks launches; 381operators investing inLTE," 2013.
- [62] Renesse Ronan de, "Smartphone markets: worldwide trends, forecasts and strategies 2012–2017," London, 2012.

- [63] Movilion. (2012, Septiembre) Cifras del mercado móvil en América Latina. [Online]. <http://www.movilion.com/cifras-del-mercado-movil-en-america-latina/>
- [64] Nokia Siemens Networks, "Mobile Broadband with HSPA and LTE – Capacity and Cost Aspects," 2010.
- [65] analysys mason. (2012, Diciembre) 2013 Telecoms Predictions from Analysys Mason. [Online]. <http://4g-portal.com/2013-telecoms-predictions-from-analysys-mason>
- [66] Tarcisio Ribeiro, "Focused on our customers' success," *Tellabs Insight*, vol. I, pp. 4-5, 2012.
- [67] Techneconomyblog. [Online]. <http://techneconomyblog.com/>
- [68] MICHAEL KENDE. (2007, Junio) TELEDENSITY IN 2050: AN UNNECESSARY INDICATOR? [Online]. <http://www.analysysmason.com/About-Us/News/Newsletter/Newsletter-article-archive/Teledensity-in-2050-an-unnecessary-indicator/#.UVZciBx63NI>
- [69] Montserrat Termes, Javier Romaní Jordi Suriñach, "El Impacto Económico y Social de la Banda Ancha," Barcelona, 2009.
- [70] Canada.gc.ca. (2012, Octubre) Consultation on a Policy and Technical Framework for the 700 MHz Band and Aspects Related to Commercial Mobile Spectrum. [Online]. <http://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/eng/sf09960.html>
- [71] Radio-Electronics.com. LTE Frequency Bands & Spectrum Allocations. [Online]. <http://www.radio-electronics.com/info/cellulartelecomms/lte-long-term-evolution/lte-frequency-spectrum.php>
- [72] EL TIEMPO. (2001, Marzo) CELUMÓVIL Y COCELCO PASARON A LA HISTORIA. [Online]. <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-590614>
- [73] Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones; Decreto Numero 002980. (2011, Agosto) Presidencia de la Republica de Colombia. [Online]. <http://wsp.presidencia.gov.co/Normativa/Decretos/2011/Documents/Agosto/19/dec298019082011.pdf>
- [74] José María Romeo López and Rafael Romeo Frías, "Veinticinco Años de Historia de las Telecomunicaciones," Madrid, 2003.
- [75] Hugo Morales. (2012, Julio) Chile: Se entregaron resultados de la licitación 4G en 2.6 GHz. [Online]. <http://www.wayerless.com/2012/07/chile-hoy-habra-resultados-de-la-licitacion-4g-en-2-6-ghz/>
- [76] Patrick Nixon. (2012, Julio) Entel, Claro y Movistar compran espectro 4G con ofertas de US\$12mn. [Online]. <http://www.bnamericas.com/news/telecomunicaciones/entel-claro-y-movistar->

compran-espectro-4g-con-ofertas-de-us12mn1

- [77] Francisco Carrasco. (2013, Marzo) CLARO CHILE INICIA MARCHA BLANCA DE SU RED 4G LTE EN SANTIAGO CON PRIMERA LLAMADA DE VOZ. [Online]. <http://www.cioal.com/2013/03/08/claro-chile-inicia-marcha-blanca-de-su-red-4g-lte-en-santiago-con-primera-llamada-de-voz-y-friendly-users/>
- [78] Javier Neira. (2013, Febrero) Movistar revela detalles de su plan de lanzamiento de LTE en Chile. [Online]. <http://www.emol.com/noticias/tecnologia/2013/02/26/585828/movistar-revela-algunos-detalles-de-su-plan-de-lanzamiento-de-lte-en-chile.html>
- [79] Fabián Montealegre Alfaro, Marcelo Salas Cascante, Pablo Acuña Quirós, José Pablo Salazar Jara, Propuesta de requerimientos técnicos para la implementación de redes móviles con la tecnología “long term evolution (LTE)” en Costa Rica, 2009.
- [80] Damiano Scanferla. (2010, Junio) 3GPP LTE - Long Term Evolution. [Online]. www.3gpplte-longtermevolution.blogspot.com
- [81] Difference Between. (2011, Febrero) Difference Between. [Online]. www.differencebetween.com
- [82] Global mobile Suppliers Association (GSA), "GSA Evolution to LTE report: 145 commercial networks," Global mobile Suppliers Association (GSA), Telecomunicaciones 2013.
- [83] Analysys Mason, "Smartphone markets: worldwide trends, forecasts and strategies 2012-2017," Analysys Mason, Market Research 2012.
- [84] Juan Paul Inga Ortega, Andrés Ortega, *Análisis técnico de los servicios adicionales de la tecnología Long Term Evolution sobre sistemas móviles de 4G*. Cuenca, Ecuador: UPS, 2010.
- [85] 4G Americas, "Mobile Broadband Explosion - The 3GPP Wireless Evolution," Organización 4G Americas, 2012.
- [86] Tecnología y Telecomunicaciones (MICITT) Ministerio de Ciencias, "Estrategia Nacional de Banda Ancha Libro 3.- Metas estratégicas, impacto económico y social," Ministerio de Ciencias, Tecnología y Telecomunicaciones (MICITT), Plan nacional 2012.
- [87] Industry Canada. (2012, Octubre) Industry Canada. [Online]. <http://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/eng/sf09960.html>
- [88] Country Meters. (2012, Diciembre) Country Meters. [Online]. <http://countrymeters.info/es/Colombia>

- [89] Fernando Xavier Ferreira, "Presencia de Telefónica en Brasil," ICE Brasil, 2003.
- [90] Emilio Tissato Nakamura, Jadir Antonio da Silva, José Manuel Martin Rios, Luciano Maia Lemos, Ricardo Tavares (GSMA), Sérgio Luís Ribeiro, "Mobile Telecommunications Networks for the 2014 World Cup," CPqD, 2012.
- [91] TyN Mobile. (2012, Junio) TyN Mobile. [Online]. <http://www.tynmobile.com/362985-Brasil-Claro-y-Vivo-se-quedaron-con-40-MHz-en-la-subasta-de-25-GHz.note.aspx>
- [92] Vivo. (2013, Marzo) 4G Plus da Vivo. [Online]. <http://vivo4gplus.clientes.ananke.com.br/#>
- [93] Raúl Katz and Ernesto Flores-Roux, "Análisis Económicos del Dividendo para América Latina," Bogotá, 2012.
- [94] Diana Ramirez. (2012, July) Proyecto Telecomunicaciones. [Online]. <http://proytelecomunicacionespoli.blogspot.com/>
- [95] Hugo Morales. (2012, Julio) Wayerless. [Online]. <http://www.wayerless.com/2012/07/chile-hoy-habra-resultados-de-la-licitacion-4g-en-2-6-ghz/>
- [96] (2013, Marzo) TeleGeography. [Online]. <http://www.telegeography.com/products/commsupdate/lists/country/brazil/>
- [97] Ministerio de Tecnología de la Información y las Comunicaciones (MinTIC). (2013, Enero) MinTIC. [Online]. <http://www.mintic.gov.co/index.php/cifras>
- [98] Davide Strusani, Gabriel Solomon, "La telefonía móvil y el sistema tributario en América Latina," Deloitte LLP y Asociación GSM (GSMA), Estudio 2012.

Glosario

3GPP: Third Generation Partnership Project; Proyectos de Asociación de Tercera Generación

3GPP2: Third Generation Partnership Project 2; Proyectos de Asociación de Tercera Generación 2

AAA: Authentication, Authorization, Accounting; Autenticación, Autorización, Contabilización

Abonados: Usuarios que hayan recibido o realizado al menos una llamada en un período de tiempo.

ADSL: Asymmetric Digital Subscriber Line; Línea de abonado digital asimétrica

AKA: Authentication and Key Agreement, Autenticación y Acuerdo de Clave

Algoritmo: Número de operaciones secuenciales que buscan solución a un problema.

AMC: Modulación y Codificación Adaptativa.

ANATEL: Agencia Nacional de Telecomunicaciones (Brasil).

Ancho de Banda: Cantidad de datos que se pueden transmitir en un periodo de tiempo

ANE: Agencia Nacional del Espectro (Colombia).

APAC: Región Asia Pacífico.

APT: Asia-Pacific Telecommunity; Telecomunidad Asia-Pacífico.

Área de Cobertura: Considerado como el espacio geográfico a la cual se dispone un servicio.

ARPU: Average Revenue Per User, ingresos medios por usuario.

ARQ: Automatic Repeat ReQuest, Peticiones de Retransmisión Automáticas.

Autenticar: Confirmar la validez de una identidad.

AUTN: Authentication Token, Parámetro de Autenticación.

AWS: Advanced Wireless Services, banda de Servicios Inalámbricos Avanzada

Banda ancha: Capacidad para transmitir datos un canal compartido.

BD: Base de Datos

Broadcast: Difusión.

BTS: Estación Base Transceptora

Canal de Radio: Un par de frecuencias portadoras, utilizadas como canales de tráfico en una transmisión.

CDMA: Code Division Multiple Access; Acceso múltiple por División de Códigos.

CEE: Región de Europa

Celda: Área geográfica manejada por un elemento de red (BTS en una red GSM).

Cifrado: Método para asegurar la información de un mensaje

CNT: Corporación de Telecomunicaciones

COMCEL: Comunicaciones Celulares

CONATEL: Consejo Nacional de Telecomunicaciones (Ecuador).

Conmutación de circuitos: Establecimiento de un camino de comunicación único (dedicado) entre dos elementos de una red

Conmutación de paquetes: Transmisión de información mediante paquetes entre dos elementos de red, de forma independiente.

COP: Pesos Colombianos

CPqD: Centro de Investigación y Desarrollo de TELEBRAS (Brasil).

CRT: Companhia Riograndense de Telecomunicaciones; Compañía de Telecomunicaciones de Rio Grande do Sul

CS: Circuit Switching, Conmutación de Circuitos

CSP: Código de Selección de Prestadora (Brasil).

CT: Core Network & Terminals, Red de Núcleo y Terminales.

Cuádruple play: Servicios de televisión por cable, Internet, telefonía fija y móvil ofrecidos por un operador

DD: Dividendo Digital

DDD: Códigos por área (Brasil)

DHCP: Dinamice Host Configuración Protocol, Protocolo de Configuración Dinámica de Host

DL: Down Link; Enlace Descendente

Duplexado: Forma de comunicación bidireccional simultánea.

EEPPM: Empresa Pública de Medellín.

EMBMS: evolved Multimedia Broadcast Multicast Services, plataforma de Servicio de Multidifusión Multimedia evolucionado.

EMETEL: Empresa Estatal de Telecomunicaciones.

Enlace ascendente: Dirección en la que viajan los datos de una comunicación; de móvil a estación base.

Enlace descendente: Dirección en la que viajan los datos de una comunicación; estación base a móvil.

ENodeB: evolved NodeB; Nodo B evolucionado.

ENTEL: Empresa Nacional de Telecomunicaciones (Chile). **

EPC: Evolved Packet Core; Núcleo de Paquetes Evolucionado.

EPM: Empresas Públicas de Medellín.

EPS: Evolved Packet System; Sistema de Paquetes Evolucionado.

ETB: Empresa de Teléfonos de Santafé de Bogotá

ETSI: Europea Telecomunicaciones Stand Ards Institute; Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicaciones.

E-UTRAN: Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network, Red de Acceso de Radio Terrestre Universal Evolucionado.

Exabyte: Unidad de medida informática simbolizada como EB

F.O.: Fibra Óptica.

FDD: Frequency Division Dúplex; Duplexación por División de Frecuencia

FDMA: Frequency Division Multiple Access; Acceso múltiple por División de Frecuencias

FEC: Forwarding Error Correction; Corrección de Errores hacia adelante.

Femtocélulas o Femtoceldas: Similar a una celda pero con un área menor de cobertura de servicios.

GERAN: GSM EDGE Radio Access Networks, Redes de Acceso por Radio GSM y EDGE.

GPON: Gigabit Passive Optical Network; Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit.

GSA: Global mobile Suppliers Association; Asociación Mundial de Proveedores.

GSM: Global System for Mobile communications; Sistema Global para las comunicaciones Móviles.

HD: High Definition; Alta Definición.

HeNB: Home evolved NodeB; NodoB Local evolucionado.

HSDPA: High Speed Downlink Packet Access; Enlace descendente de alta velocidad de paquetes.

HSS: Home Subscriber Server; Servidor de Suscripción local.

IETEL: Instituto Ecuatoriano de Telecomunicaciones.

IETF: Internet Engineering Task Force; Fuerza de Tareas de Ingeniería de Internet.

IMS: IP Multimedia Subsystem; Servicios del Subsistema Multimedia IP.

IMSI: International Mobile Subscriber Identity; Identidad Internacional del Abonado a un Móvil)

IMT-2000: International Mobile Telecommunications-2000, Telecomunicaciones Móviles Internacionales-2000

Interconexión: Conexiones tanto lógicas como físicas entre diferentes operadores.

Interferencia de multitrayectoria: Superposición de las ondas que viajan en el espacio por diferentes caminos.

Interferencia intersimbólica: Alteración de una señal transmitida debido al ensanchamiento de los pulsos en las señales digitales.

IP: Protocol Internet; Protocolo de Internet.

ISP: Internet Service Provider; Proveedor de Servicios de Internet.

Kbps: Kilobit por segundo.

Latencia: El total de retardos de tiempo en la transmisión de información de una red.

Licitación: También denominada concurso público o contrato del Sector Público y Privado. Es el procedimiento administrativo para la adquisición de suministros, realización de servicios o ejecución de obras que celebren los entes, organismos y entidades que forman parte del Sector Público.

LTE: Long Term Evolution, Evolución a Largo Plazo

M2M: Machine to Machine, Máquina a Máquina

MAC: Media Access Control; Control de Acceso al Medio.

MEA: Región de África

MIMO: Multiple Input-Multiple Output, Múltiple Entrada-Múltiple Salida.

MinTIC: Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (Colombia).

MMDS: Microwave Multipoint Distribution Service; Servicio de distribución multipunto multicanal

MME: Mobility Management Entity, Entidad de Gestión de Movilidad.

Modo Idle: Se encuentran en modo idle los UE que no se encuentran en conexión de control con la red de acceso E-UTRAN.

MSC: Mobile Switching Center; Central de Conmutación Móvil.

MTS: Mobile Telephone Service; Servicio de Telefonía Móvil.

Multicast: Multidifusión, designada a la transmisión de información de un emisor a varios receptores.

Multihoming: Método utilizado para generar mayor confiabilidad en una red IP.

Multimedia: Denominado a todo dispositivo o sistema que presentan todo tipo de información.

Multiplexación: La multiplexión es una forma de transmisión de información en la cual un canal de comunicación lleva varias transmisiones al mismo tiempo.

El termino Multiplexación hace referencia al proceso de repartir una gran cantidad de datos en varios canales lógicos de comunicación.

NAS: El estrato de no acceso (NAS) es el más alto estrato del plano de control entre el UE y la MME en la interfaz de radio. Principales funciones de los protocolos que son parte de la NAS son el soporte de la movilidad del equipo de usuario (UE) y el apoyo de los procedimientos de gestión de sesión para establecer y mantener la conectividad IP entre el UE y una puerta de enlace de red de datos por paquetes (PDN GW).

OFDMA: Acceso Múltiple por división de Frecuencias Ortogonales

OMV: Operador Móvil Virtual.

Onda Portadora: Onda electromagnética que transporta información, según la modificación de uno de sus parámetros.

OPEX: Operational Expenditure; Gastos Operativos

PCRF: Policy and Charging Rules Function; Función de políticas y reglas de carga.

PCS: Personal Communications Service; Servicio de Comunicaciones Personales.

PDCP: Packet Data Convergence Protocol, Protocolo de Convergencia de Paquetes de Datos.

P-GW: Puerta de red de paquetes de datos

PIB: Producto Interno Bruto.

Privatización de las telecomunicaciones: Las empresas privadas pasan a ser las que se encargan de las telecomunicaciones

PS: Packet Switching; Conmutación de paquetes.

PSTN: Public switched telephone network; Red Pública de Telefonía.

QoE: Quality of experience, Calidad de experiencia.

QoS: Quality of service, Calidad de servicio.

RADIUS: Remote Authentication Dial-In User Server; Servidor de autenticación remota de usuarios de acceso telefónico.

RAN: Radio Access Networks, Redes de Acceso por Radio.

RLC: Radio Link Control, Control del Enlace Radio.

RNL: Radio Network Layer, Capa de Red de Radio o acceso

RRC: Radio Resource Control, Control de Recursos Radio

RRM: Radio Resource Management; Manejo de los recursos de radio.

SA: Service & Systems Aspects, Aspectos de Servicios y Sistemas.

SaaS: Software as a service; Software como Servicio.

SC-FDMA: Single-carrier FDMA, Acceso Múltiple por División de Frecuencia de Portadora Simple.

SCTP: Stream Control Transmission Protocol, Protocolo de Transmisión del Control de la Corriente.

SENATEL: Secretaria Nacional de Telecomunicaciones.

Señales analógicas: Señal que transporta información en una onda representada por una función matemática continua.

Señales digitales: Señal que transporta información codificada en valores discretos.

Señalización: Conjunto de normas y reglas que se utilizan para intercambiar información entre los elementos de una red.

S-GW: Puerta de enlace de servicio.

SIM: Subscriber Identity Module, Módulo de Identificación del Suscriptor

SIP: Session Initiation Protocol; Protocolo de Inicio de Sesión.

SMA: Servicio Móvil Avanzado.

SMS: Short Message Service; Servicio de Mensajes Cortos.

SUBTEL: Subsecretaría de Telecomunicaciones de Chile

SUPERTEL: Superintendencia de Telecomunicaciones (Ecuador).

TA: Traking area, Área de seguimiento.

TDD: Time-division duplexing; Duplexado por División de Tiempo

TDMA: Acceso múltiple por División de Tiempo

TDT: Televisión digital terrestre

Telefonía IP: Intercambio de información de voz en una red de conmutación de paquetes.

TNL: Transport Network Layer, Capa de Transporte de Red.

Tramas: Conjunto de bits ordenados que transmiten de información

Transceptor: Dispositivo de Telecomunicaciones utilizado para transmitir y recibir información.

Triple Play: Servicios de televisión por cable, Internet, telefonía fija ofrecidos por un operador.

TSG-A: Access Network Interfaces, Interfaces de Acceso a la Red.

TSG-C: Cdma2000, Tecnología CDMA2000.

TSG-S: Services and Systems Aspects, Aspectos de Servicios y Sistemas.

TSG-X; Core Networks, Redes de Núcleo.

UE: User Equipment

UICC: Universal Integrated Circuit Card, Tarjeta Universal de Circuito Integrado.

UIT: Unión Internacional de Telecomunicaciones.

UL: Uplink Link; Enlace Ascendente



UMB: Ultra-Mobile Broadband o Banda ancha ultra móvil

UMTS: Universal Mobile Telecommunications System, Sistema universal de telecomunicaciones móviles.

Universalidad: Bien o servicio destinado para todas las personas de forma mundial.

USD: United States Dollar, Dólar de los Estados Unidos.

USIM: Universal Subscriber Identity Module, Módulo de Identificación Universal del Suscriptor

VoIP: Voz sobre IP.

WE: Región del Medio Oriente

Wi-Fi: Wireless Fidelity, Fidelidad inalámbrica.

WIMAX: Worldwide Interoperability for Microwave Access, Interoperabilidad Mundial para Acceso por Microondas.

WRC07: World Radiocommunication Conference 2007, Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones 2007.

Anexos

ANEXO 1

Características de los sistemas sobresalientes

La tabla que se expone a continuación presenta un resumen de los sistemas celulares según la generación a la que corresponden.

Tecnología/ Características	1G	2G	2.5G	3G	3.5G	4G
Despliegue	1970/1984	1980/1991	1985/1999	1990/2002		2000/2006
Tasas de transmisión	1.9Kbps	14.4Kbps	14.4Kbps	2Mbps	14Mbps	100Mbps
Conmutación	Circuitos	Circuitos	Circuitos para la red de acceso e interface aire; paquetes para red de núcleo y datos	Paquetes excepto para interfaz aire que usa circuitos	Paquetes	Paquetes
Estándares	AMPS, TACS, JTACS, NMT, MCS y CNET	GSM, IS-136 TDMA y CDMA	GPRS, EDGE, y CDMA2000™ 1xRTT, 1xEVDO, 1xEVDV	WCDMA, TD-SCDMA y CDMA2000	HSPA, Mobile WiMax y LTE	LTE Advanced y WiMax
Tecnología	Analógica	Digital	Digital	IP	IP	IP
Servicios	Telefonía Móvil (Voz)	Voz digital y mensajes cortos	Datos en paquetes y señal de voz en un mismo canal,	Datos a alta velocidad, Servicios basados en IP, roaming global, multimedia	Alta calidad de audio, video y datos	Acceso a información de forma dinámica

Tabla A-1 Características y sistemas móviles según las generaciones celulares.

ANEXO II

Crecimiento de Mercado en las distintas regiones del mundo

Aunque el crecimiento del número de suscripciones móviles es continuo hasta el 2018, según las regiones del mundo, este valor varía notablemente. En las regiones de Asia-Pacífico (APAC), Europa (CEE y WE), Medio Oriente y África (MEA), el crecimiento es básicamente por nuevos suscriptores, mientras que en la región de América, el crecimiento es mayormente por múltiples suscripciones de cada usuario. Esto es más notorio en Norteamérica ya que en Latinoamérica también se tiene un crecimiento por nuevos suscriptores. Algunos valores de estos datos se muestran en el gráfico a continuación.

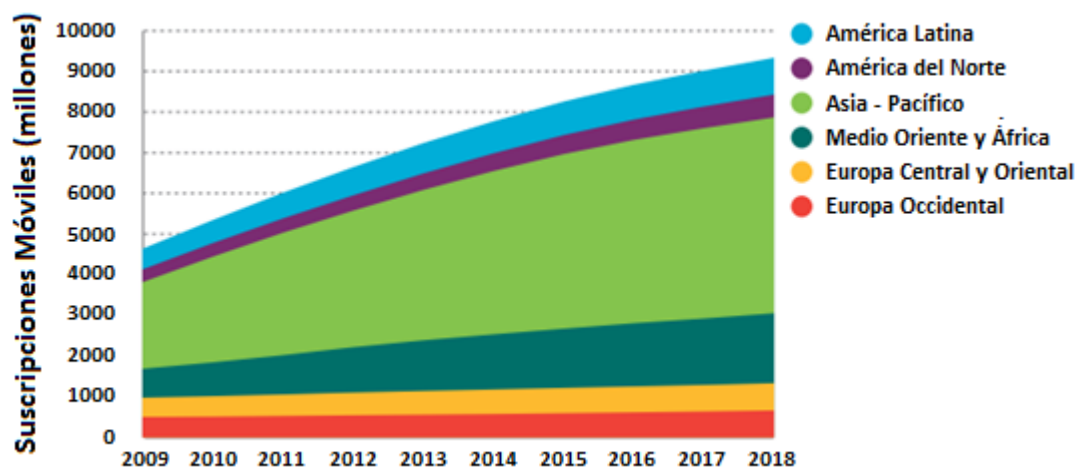


Figura A-1 Suscripciones móviles por región 2009 – 2018

(Fuente: Ericsson 2012)

ANEXO III

Características del despliegue de LTE

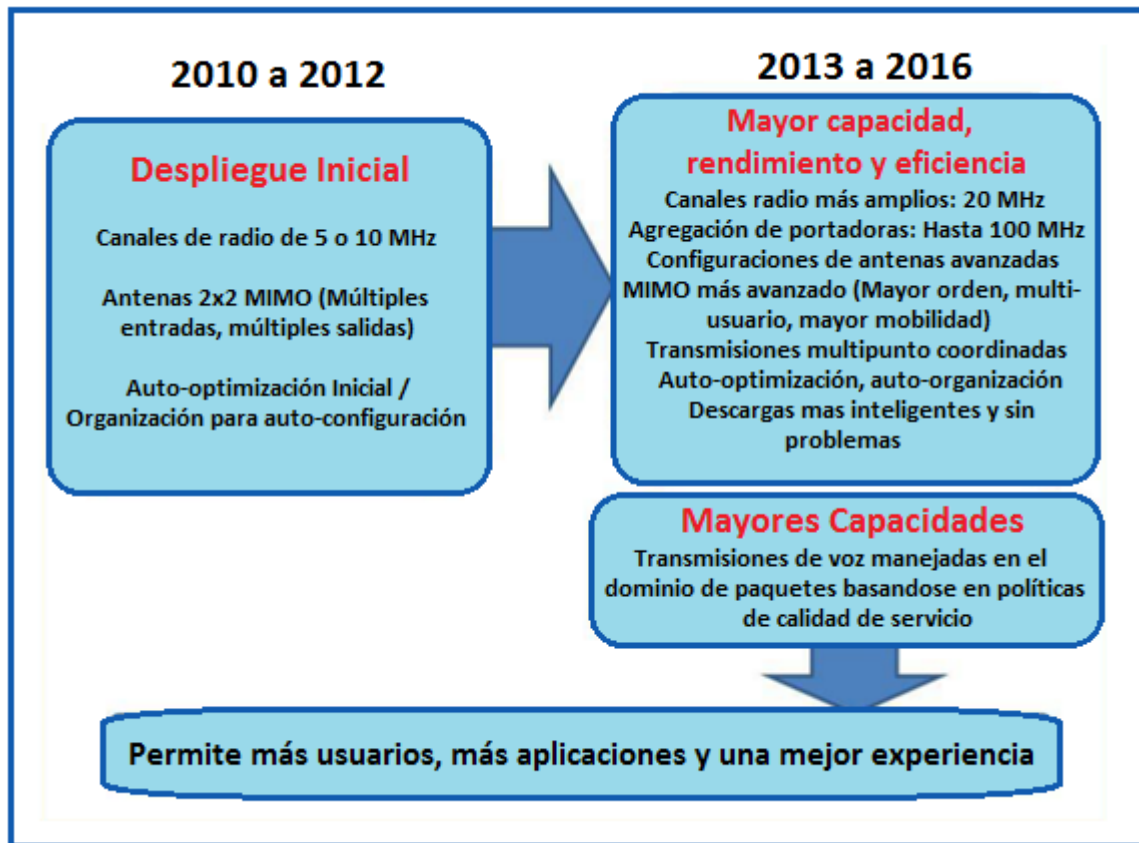


Figura A-2 LTE como una plataforma de tecnología inalámbrica para el futuro

(Fuente: Mobile Broadband Explosion)

ANEXO IV

El cuadro presentado a continuación recopila algunos datos informativos acerca de las suscripciones móviles, el tráfico por dispositivo y el crecimiento que se prevé desde el año 2012 al 2018. [33]

Suscripciones móviles	2011	2012	2018	CAGR ²⁷ 2012- 2018	Unidad
Suscripciones móviles mundiales	6.000	6.600	9.300	6 %	Millones
- Suscripciones con smartphones	750	1.100	3.300	20 %	Millones
- Suscripciones de PCs portátiles, tablets, routers móviles	200	250	850	25 %	Millones
- Suscripciones de banda ancha móvil	1.000	1.500	6.500	30 %	Millones
- Suscripciones móviles GSM / EDGE	4.400	4.600	2.400	-10 %	Millones
- Suscripciones móviles WCDMA / HSPA	900	1.200	4.400	25 %	Millones
- Suscripciones móviles LTE	9	55	1.600	75 %	Millones

Tráfico móvil					
Total de tráfico de datos móviles mensual	600	1.100	13.000	50 %	Petabyte/Mes
- Tráfico de datos mensual por smartphones	300	450	1.900	30 %	MB / Mes
- Tráfico de datos mensual por PC	2.300	3.000	1.1000	25 %	MB / Mes
- Tráfico de datos mensual por tablet	450	600	2.700	30 %	MB / Mes

Crecimiento de tráfico	Multiplicador 2012 – 2018	CAGR 2012 - 2018
Total de datos móviles	12	50 %
- Smartphones	14	55 %
- PCs	7	40 %
- Tablets	40	85 %

Tabla A-2 **Resumen de suscripciones móviles**
(Fuente: Ericsson)

ANEXO V

²⁷ CAGR son las siglas correspondientes a Compound Annual Growth rate, Tasa de Crecimiento Anual Compuesto.

La revolución del HSPA

A pesar de que LTE tiene mucha llegada al mercado y de que es la siguiente generación de tecnología basada en OFDMA escogida por los operadores para ganar nuevo espectro, el HSPA (High Speed Packet Access, Acceso a Paquetes de Alta Velocidad) continuará siendo el líder en las suscripciones de banda ancha móvil por los siguientes cinco a diez años. Se predice que para finales del año 2016, se tendrán más de 3.5 billones de suscriptores de HSPA, superando por cinco veces el número de suscriptores para LTE. Esto muestra que en un punto futuro ambas redes funcionarán en una misma área.

Actualmente, los operadores en Latinoamérica buscan obtener los máximos beneficios del HSPA que evoluciona a HSPA+. Esta región es un buen ejemplo del éxito que se puede conseguir con tecnologías 3G, las cuales se han beneficiado de las técnicas desarrolladas para LTE asegurando el soporte de los dispositivos de usuario como teléfonos inteligentes, tablets y PCs.

Se piensa que el HSPA, con su crecimiento y evolución continua, está cubriendo las principales ciudades de Latinoamérica y está sentando las bases para futuros despliegues de LTE mientras los operadores ganan acceso al nuevo espectro.

Los operadores están a favor de la mejora de las redes 3G porque permite llegar a valores similares a los de LTE, especialmente en velocidad, con un precio menor ya que implica únicamente la actualización de software. A corto plazo, HSPA+ se desarrollará mejor que LTE, principalmente en dispositivos, lo que significa que sus costos se reducirán favoreciendo al mercado sensible a los precios.

ANEXO VI

• Códigos DDD

Como se explicó anteriormente, a cada área local le corresponde un número DDD. El mapa presentado a continuación especifica dichos números para cada área.



Figura A-3 Códigos DDD por área de Brasil

(Fuente: Teleco)

• Códigos CSP

Asimismo, se presentan los códigos de las prestadoras más importantes en la tabla a continuación.

Operadora	Código
VIVO	15
CLARO	21
TIM	41
Oi	31
CTBC	12
SERCOMTEL	43

Tabla A-3 Códigos CSP por operadora

(Fuente: Teleco)

ANEXO VII

Roaming

“El roaming de servicios móviles de telefonía, mensajes cortos y banda ancha, que en español equivale a abonado visitante o itinerante, se define como la capacidad del cliente del servicio móvil en un país de poder acceder con su mismo número y equipo a los servicios de llamadas, mensajes y datos y otros productos de banda ancha con su terminal –tanto de comunicaciones salientes como entrantes cuando deja el área de cobertura de su operador (red propietaria o Home Public Mobile Network, HPMN) para ingresar y utilizar los recursos de una red visitada(Visited Public Mobile Network, VPMN). Si esa transposición del área de cobertura se hace al atravesar las fronteras del país de origen, nos encontramos con el servicio de roaming internacional.” [34]

“El servicio de roaming internacional ofrece al abonado celular tener las mismas facilidades de su servicio local de telefonía móvil cuando traspone las fronteras de su país, conservando su número y su terminal o dispositivo de usuario. Para quienes lo llaman o se comunican con él, su lugar de residencia virtual sigue siendo el área de cobertura de su operador propietario en su país de origen.” [34]