REPÚBLICA DEL ECUADOR
Escuela Politécnica Nacional
"E SCIENTIA HOMINIS SALUS"

La versión digital de esta tesis está protegida por la Ley de Derechos de Autor del Ecuador.

Los derechos de autor han sido entregados a la "ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL" bajo el libre consentimiento del (los) autor(es).

Al consultar esta tesis deberá acatar con las disposiciones de la Ley y las siguientes condiciones de uso:

- Cualquier uso que haga de estos documentos o imágenes deben ser sólo para efectos de investigación o estudio académico, y usted no puede ponerlos a disposición de otra persona.

- Usted deberá reconocer el derecho del autor a ser identificado y citado como el autor de esta tesis.

- No se podrá obtener ningún beneficio comercial y las obras derivadas tienen que estar bajo los mismos términos de licencia que el trabajo original.

El Libre Acceso a la información, promueve el reconocimiento de la originalidad de las ideas de los demás, respetando las normas de presentación y de citación de autores con el fin de no incurrir en actos ilegítimos de copiar y hacer pasar como propias las creaciones de terceras personas.

Respeto hacia sí mismo y hacia los demás.

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LTE (*LONG TERM EVOLUTION*) EN EL ECUADOR

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

CHRISTIAN GEOVANNY HURTADO ATI

DIRECTORA: MSc. SORAYA SINCHE

Quito, Abril 2011

DECLARACIÓN

Yo, Christian Geovanny Hurtado Ati, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Christian Geovanny Hurtado Ati

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el Señor Christian Geovanny Hurtado Ati, bajo mi supervisión.

MSc. Soraya Sinche
DIRECTORA DE PROYECTO

AGRADECIMIENTO

A Dios, María Auxiliadora y Don Bosco por iluminarme y permitirme culminar este sueño.

A la MSc. Soraya Sinche por su apoyo constante para culminar este proyecto y enseñarme que un trabajo se lo debe hacer bien hecho.

A mi Padre, Segundo Vidal Hurtado, por su apoyo constante en el transcurso de mi vida.

A mis hermanos por nunca dejarnos vencer en las adversidades y siempre extendernos la mano para salir adelante y demostrar a todos que si somos capaces de realizar lo que nos proponemos.

A Mercy por acompañarme y darme fuerzas para ser mejor.

A mi hijo David por ser la nueva razón de mi vida; que este trabajo sea una fuente de inspiración para que siempre sea mejor.

A mis compañeros y amigos con los que pasamos muchas dificultades y felicidades para llegar a nuestras metas.

Y a todos los que brindaron su ayuda desinteresada para la realización de este proyecto.

Christian

DEDICATORIA

A Dios, María Auxiliadora y San Juan Bosco por no dejarme caer en los momentos más difíciles de mi vida.

A mi Padre, Segundo Vidal Hurtado, ya que sin él este proyecto no sería una realidad.

A mis hermanos, Javier, Hugo y Daniel por confiar en mí.

A Mercy por siempre darme fuerza para ser mejor.

A mi hijo David, para que siempre luche por sus sueños y anhelos.

A mis maestros por brindar sus conocimientos y grabar en mi mente sus sabios consejos.

A todos los que querían y quieren verme derrotado…

Christian

CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN i
CERTIFICACIÓN ii
AGRADECIMIENTO iii
DEDICATORIA iv
CONTENIDO v
ÍNDICE DE CONTENIDOS v
ÍNDICE DE FIGURAS ixx
ÍNDICE DE ECUACIONES ix
ÍNDICE DE TABLAS xi
RESUMEN xii
PRESENTACIÓN xiv

1 CAPÍTULO 1: EVOLUCIÓN DE LA TECNOLOGÍA CELULAR EN EL ECUADOR

1.1 INTRODUCCIÓN 1
1.2 TELEFONÍA MÓVIL CELULAR 1
1.3 EVOLUCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS CELULARES 3
1.3.1 GENERACIÓN 1G 3
1.3.2 GENERACIÓN 2G 4
1.3.2.1 GSM (*Global System forMobile Communications*) 4
1.3.2.1.1 Bandas de frecuencia GSM 5
1.3.2.1.2 Estructura GSM 6
1.3.2.2 CDMA (*Code Division Multiple Access*) 7
1.3.3 GENERACIÓN 2.5G 8
1.3.3.1 GPRS (*General Packet Radio Service*) 8
1.3.3.2 EDGE (*Enhanced Data rates for GSM of Evolution*) 9
1.3.4 GENERACIÓN 3G 10
1.3.4.1 CDMA 2000-1X 10
1.3.4.2 CDMA 2000 1xEV-DO(1x *Evolution-Data Optimized*) 11
1.3.4.3 UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System*) 12
1.3.4.3.1 Ventajas de la tecnología UMTS 13
1.3.4.3.2 Componentes de la red UMTS 14
1.3.5 GENERACIÓN 3.5G 16
1.3.5.1 HSDPA (*High Speed Downlink Packet Access*) 16
1.3.5.2 HSUPA (*High Speed Uplink Packet Access*) 18
1.3.6 GENERACIÓN 4G 18
1.3.6.1 LTE (*Long Term Evolution)* 18

1.3.6.2 UMB (*Ultra Mobile Broadband*).....19
1.4 OPERADORAS CELULARES DEL ECUADOR.....19
1.4.1 OTECEL S.A.....19
1.4.1.1 ESTADÍSTICAS DE USUARIOS REGISTRADOS EN OTECEL S.A……...20
1.4.1.2 BANDAS DE FRECUENCIA (OTECEL S.A)……..20
1.4.2 CONECEL S.A…….....21
1.4.2.1 ESTADÍSTICAS DE USUARIOS REGISTRADOS EN CONECEL S.A…….…...22
1.4.2.2 BANDAS DE FRECUENCIA (CONECEL S.A.)…….….23
1.4.3 TELECSA S.A……23
1.4.3.1 ESTADÍSTICAS DE USUARIOS REGISTRADOS EN TELECSA S.A……24
1.4.3.2 BANDAS DE FRECUENCIA (TELECSA S.A.)……....….....24
1.5 SITUACIÓN ACTUAL DE LAS OPERADORAS EN EL ECUADOR……...25

2 CAPÍTULO 2: LTE (*LONG TERM EVOLUTION*)

2.1 INTRODUCCIÓN..... 27
2.1.1 ESTANDARIZACIÓN DE LTE..... 27
2.2 ARQUITECTURA LTE..... 30
2.2.1 EPS (*Evolved Packet System*)..... 31
2.2.1.1 EPC (*Evolved Packet Core*)..... 31
2.2.1.1.1 *SERVING GATEWAY Y PDN GATEWAYS*..... 31
2.2.1.1.2 *MOBILITY MANAGEMENT ENTITY* (ENTIDAD DE ASMINISTRACIÓN DE LA MOVILIDAD - MME)..... 33
2.2.1.1.3 HSS (*Home Subscriber Server*)..... 33
2.2.1.3.4 PCRF (Policy and Charging Rule Function)..... 34
2.2.1.2 E-UTRAN (Interfaz aire)..... 34
2.2.1.3 Equipo de usuario..... 36
2.3 INTERFACES USADAS EN LTE……37
2.4 ESQUEMAS DE ACCESO……..39
2.4.1. *OFDMA*..... 39
2.4.2. *SC-FDMA*..... 41
2.5. CANALES UTILIZADOS EN LTE..... 43
2.5.1. Canales físicos..... 43
2.5.2. Canales de transporte..... 44
2.5.3. Canales lógicos..... 45
2.5.3.1 Canales de control..... 45
2.5.3.2 Canales de tráfico..... 46
2.6. DUPLEXADO..... 46
2.6.1. FDD……..... 46
2.6.2. *TDD*……..... 48
2.7. SISTEMAS MULTIANTENA..... 49
2.8. MIGRACIÓN DE LAS OPERADORAS HACIA LTE DESDE EL PUNTO DE VISTA TECNOLÓGICO..... 51
2.8.1 CONECEL S.A..... 51
2.8.2 OTECEL S.A..... 52
2.8.3. TELECSA S.A..... 53
2.9. MIGRACIÓN A LTE…….....53
2.9.1 MIGRACIÓN DE REDES GSM A LTE ….....55
2.9.1.1. *Circuit Switched Fallback (CS Fallback)*..... 55
2.9.1.2. *Single Radio Voice Call Continuity (SR-VCC)*..... 57
2.9.1.3. VOLGA *Voice Over LTE Via Generic Access*..... 59
2.9.1.4 *ONE VOICE*……..62
2.9.2. CONEXIÓN ENTRE REDES CDMA Y LTE..... .69

2.10. QoS EN EL EPS ..... .73
2.10.1. QCI Identificador de clase QoS……74
2.10.2. PARÁMETROS QoS……74
2.10.2.1 *QoS Class Identifier* (QCI).....74
2.10.2.2 ARP (Allocation and Retention Priority).....75
2.10.2.3 Maximum Bit Rate (MBR).....75
2.10.2.4 Guaranteed Bit Rate (GBR).....75
2.10.2.5. Aggregate Maximum Bit Rate (AMBR).....75

3 CAPÍTULO 3: ESTUDIO DE MERCADO DE LOS SERVICIOS LTE

3.1 INTRODUCCIÓN 76
3.2 SITUACIÓN MUNDIAL DE LAS TECNOLOGÍAS Y SERVICIOS EXISTENTES 76
3.3 SERVICIOS DE LTE 80
3.4 VENTAJAS DE LTE 82
3.5 PROYECCIÓN DE LTE EN EL MERCADO BASADO EN LA EVOLUCIÓN DE GSM 84
3.6 POSICIÓN COMPETITIVA DE TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS 85
3.7 MERCADO DE LA TELEFONÍA CELULAR EN EL ECUADOR 86
3.8 ESTADO DEL SERVICIO CELULAR ECUATORIANO 89
3.8.1 ENCUESTA PARA DETERMINAR EL ESTADO DE LA TELEFONÍA CELULAR EN EL ECUADOR……..... 89
3.8.2 MERCADO DE BANDA ANCHA ECUATORIANO 98
3.9. PROYECCIÓN COMERCIAL DE LTE 99
3.9.1 PROYECCIÓN MOTOROLA 99
3.9.2 PROYECCIÓN NOKIA 100
3.9.3 PROYECCIÓN NORTEL - LG……..101
3.9.4 PROYECCIÓN TELIASONERA……...102

4 CAPÍTULO 4: FACTIBILIDAD LEGAL PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LTE EN EL ECUADOR

4.1 INTRODUCCIÓN 105
4.2 ESTRUCTURA DE LOS ORGANISMOS DE REGULACIÓN 107
4.2.1 EL CONSEJO NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (CONATEL) 108
4.2.2 SECRETARÍA NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES 110
4.2.3 SUPERINTENDENCIA DE TELECOMUNICACIONES 111
4.3 CONCESIONES 111
4.3.1 CONCESIÓN CONECEL S.A. 112
4.3.2 CONCESIÓN OTECEL S.A. 113
4.3.3 CONCESIÓN TELECSA S.A. 114
4.4 LTE EN EL ESPECTRO RADIOELECTRICO 114

5 CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES 119
5.2 RECOMENDACIONES 121

BIBLIOGRAFÍA 122

ANEXO A: ENCUESTA DE TELEFONÍA CELULAR Y LOS SERVICIOS QUE OFRECEN
ANEXO B: DISPOSITIVOS LTE
ANEXO C: ESTACIONES BASE RBS 6000

ANEXO D: ESTACIÓN BASE MULTICONTROLADOR FLEXI
ANEXO E: *SMARTi LU* (Chip 4G)
ANEXO F: *eNODEB LTE WIRELESS BROADBAND RADIO* (WBR 500r)
ANEXO G: ESTADÍSTICAS DEL ACCESO AL INTERNET
ANEXO H: LTE *Commitments*

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 1: EVOLUCIÓN DE LA TECNOLOGÍA CELULAR EN EL ECUADOR

Figura 1.1 Funcionamiento de la telefonía celular 2
Figura 1.2 Proceso de *handoff* 3
Figura 1.3 Estructura GSM 6
Figura 1.4 Evolución de las tecnologías CDMA 2000 11
Figura 1.5 Evolución de los sistemas celulares de origen GSM 12
Figura 1.6 Modos de operación de la interfaz radio em UMTS 14
Figura 1.7 Arquitectura de red UMTS 14
Figura 1.8 Red de acceso UTRAN 15
Figura 1.9 Países y operadores con tecnología UMTS/HSPA 16
Figura 1.10 Próximos pasos de HSPDA 17
Figura 1.11 Distribución de abonados en las diferentes operadoras 26

CAPÍTULO 2: LTE (LONG TERM EVOLUTION)

Figura 2.1 Evolución de las tecnologías celulares 28
Figura 2.2 Velocidad de datos de *uplink* y *downlink* de HSPA y LTE 29
Figura 2.3 Evolución de arquitecturas de tecnologias 3GPP 29
Figura 2.4 Arquitectura de red LTE 30
Figura 2.5 Arquitectura LTE con E-UTRAN 34
Figura 2.6 Transmisor y receptor OFDMA 39
Figura 2.7 Subportadoras ortogonales traslapadas 40
Figura 2.8 Intervalo de guarda en un símbolo OFDM 41
Figura 2.9 Símbolos SC FDMA 41
Figura 2.10 Etapas de transmisión 42
Figura 2.11 Estructura de la trama en FDD 42
Figura 2.12 FDD *Frecuency Division Duplex* 47
Figura 2.13 Técnicas de antenas 51
Figura 2.14 Evolución desde GSM hacia LTE 52
Figura 2.15 Opciones para la oferta de voz y SMS sobre LTE 54
Figura 2.16 Establecimiento de una llamada basado en el proceso de CS *Fallback* 56
Figura 2.17 Redes con soporte SR.VCC 57
Figura 2.18 Arquitecura de red LTE con accesos de red 3GPP 59
Figura 2.19 Arquitectura de red utilizando la solución VOLGA 60
Figura 2.20 Utilización de VANC en la solución VOLGA 61
Figura 2.21 Arquitectura GSM 64
Figura 2.22 Red GSM / GPRS 65
Figura 2.23 Diferencias entre la arquitectura LTE y UMTS *Release 99* 66
Figura 2.24 Simplificación en la red EPC 67
Figura 2.25 Cambios en la arquitectura en la migración de UMTS a LTE 68
Figura 2.26 Relación de las tecnologías LTE y HRPD/3GPP2 71
Figura 2.27 Migración de CDMA a LTE desde la perspectiva de MOTOROLA 73

CAPÍTULO 3: ESTUDIO DE MERCADO DE LOS SERVICIOS LTE

Figura 3.1 Servicios que LTE ofrecerá a mayor velocidad 77
Figura 3.2 Estadísticas mundiales de suscriptoresde telefonía celular a finales del 2008 77
Figura 3.3 Crecimiento global de tecnologías móviles 78
Figura 3.4 Crecimiento anual UMTS-HSPA 79

Figura 3.5 Crecimiento de tecnologías en America Latina..... 80
Figura 3.6 Representación de la descarga de un archivo de 350 MB 83
Figura 3.7 Previsiones tecnológicas 83
Figura 3.8 Tecnología adoptada por los usuarios 84
Figura 3.9 Distribución por operadoras de usuarios encuestados..... 90
Figura 3.10 Tiempo de utilización de un telefono celular en determinada operadora 91
Figura 3.11 Percepción de la calidad de la cobertura celular 92
Figura 3.12 Percepción del servicio de llamadas y mensajes 93
Figura 3.13 Dificultades en el servicio de llamadas telefónicas..... 94
Figura 3.14 percepción del costo del servicio celular..... 94
Figura 3.15 Servicios que se disponen en un celular..... 95
Figura 3.16 Importancia de implementar nuevos servicios 96
Figura 3.17 Interés de los usuarios por implementar nuevos servicios 97
Figura 3.18 Valores a pagar por un teléfono 4G..... 98
Figura 3.19 Tendencia induistrial de LTE..... 100
Figura 3.20 Módem LTE dongle GT-B3710 de Samsung……..102

CAPÍTULO 4: FACTIBILIDAD LEGAL PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LTE EN EL ECUADOR

Figura 4.1 Estructura del Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información 108
Figura 4.2 Retos que debe superar LTE para su lanzamiento comercial..... 115
Figura 4.3 Uso de bandas de frecuencia desde 600 MHz hasta 800 MHZ……117

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 3.1 Fórmula del tamaño de la muestra representativa..... 89

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO 1: EVOLUCIÓN DE LA TECNOLOGÍA CELULAR EN EL ECUADOR

Tabla 1.1 Bandas de frecuencia GSM 5
Tabla 1.2 Cantidad de abonados de OTECEL S.A 20
Tabla 1.3 Cantidad de abonados de CONECEL S.A 22
Tabla 1.4 Cantidad de abonados de TELECSA S.A 24

CAPÍTULO 2: LTE (*LONG TERM EVOLUTION*)

Tabla 2.1 Bandas de frecuencia FDD 48
Tabla 2.2 Bandas de frecuencia TDD 48
Tabla 2.3 Clases de QCI y valores característicos 74

CAPÍTULO 3: ESTUDIO DE MERCADO DE LOS SERVICIOS LTE

Tabla 3.1 Posición competitiva de las tecnologías inalambricas 85
Tabla 3.2 Estadísticas de telefonía móvil 86

CAPÍTULO 4: FACTIBILIDAD LEGAL PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LTE EN EL ECUADOR

Tabla 4.1 Bandas de frecuencia definidas por 3GPP 116

RESUMEN

El presente proyecto define la factibilidad de implementar la tecnología celular denominada LTE (*Long Term Evolution*) en el Ecuador. La implementación de nuevas tecnologías puede ser beneficiosa para los operadores siempre y cuando exista un ambiente regulatorio y de mercado favorable para aquello.

Los avances tecnológicos que se dan en las redes celulares no pueden ser ajenos a los proyectos de las operadoras de telefonía celular en el Ecuador, mas aún cuando LTE se muestra como una verdadera tecnología móvil de banda ancha que permitirá ofrecer a los usuarios servicios de calidad

En el Capítulo 1, se muestran los principios de funcionamiento de la telefonía celular, además se presentan varios datos estadísticos de las operadoras y una breve reseña de las tecnologías implementadas en el Ecuador.

El Capítulo 2, trata del estudio de la tecnología LTE, se abarcan temas como la infraestructura, aspectos fundamentales en los procesos de comunicación, rendimiento, sistemas multiantena y las opciones que se presentan para migrar desde cualquier tecnología hacia LTE.

El Capítulo 3, comprende el análisis de algunos aspectos del mercado de telefonía móvil ecuatoriano para verificar la posibilidad de implementar LTE. Se realiza un análisis, mediante encuestas, de la percepción que tienen los usuarios acerca de varios parámetros de la telefonía celular como lo es la calidad de los servicios, costos del servicio, capacidad de pago de equipos 4G, etc.

En el Capítulo 4, se analizan los aspectos regulatorios que implicaría la implementación de LTE debido a que se realiza la migración a una nueva tecnología,

no solo abarcan temas relacionados a la infraestructura sino también de control y regulación.

En el Capítulo 5, se presentan las conclusiones y recomendaciones que se obtuvieron de analizar los aspectos concernientes a la implementación de LTE en el Ecuador.

Como última parte del proyecto se muestran los anexos en los que se indican la encuesta realizada para el capitulo 3, soluciones LTE, países comprometidos con la implementación de LTE, etc.

PRESENTACIÓN

LTE (*Long Term Evolution*) se presenta como una de las mejores opciones de tecnologías de banda ancha móvil siendo parte de una evolución natural de UMTS y GSM, lo que lo posiciona en un mercado ampliamente cubierto por estas tecnologías brindándole cierta ventaja frente a otras que se puedan implementar como Wimax.

El Ecuador no puede estar alejado del avance tecnológico que se lleva a cabo a nivel mundial, sus tres operadoras deben realizar esfuerzos para realizar inversiones en tecnología, mas aun cuando en los últimos contratos de concesión de CONECEL S.A. y OTECEL S.A. se contemplan valores que se pueden realizar en infraestructura para ofrecer nuevos y mejores servicios.

El presente proyecto analiza la factibilidad técnica, de mercado y de regulación para implementar LTE en el Ecuador, además se muestran aspectos que se deben considerar para su implementación, aunque la mayoría de industrias de telefonía celular ya han manifestado el deseo de tener a LTE como la primera opción de migración hacia una amplia variedad de servicios de calidad.

CAPÍTULO 1: EVOLUCIÓN DE LA TECNOLOGÍA CELULAR EN EL ECUADOR.

1.1 INTRODUCCIÓN

El avance de las tecnologías de telecomunicaciones y los variados servicios que se ofrecen con ellas hacen que fabricantes, organismos de regulación, etc busquen alternativas eficientes para mejorar y optimizar recursos en beneficio de los usuarios y las empresas operadoras que brindan estos servicios.

Una de las tecnologías que reúne características especiales para llegar a ser la más opcionadas a posicionarse en el mercado es LTE (*Long Term Evolution*) por las varias ventajas que presenta como la velocidad de transmisión de datos, baja latencia, etc.

1.2 TELEFONÍA MÓVIL CELULAR

De acuerdo con la Superintendencia de Telecomunicaciones (SUPERTEL) se define a los sistemas de telefonía móvil celular a "*aquellos que permiten la comunicación entre usuarios que se desplazan libremente en lugares geográficos diferentes, estos sistemas incluyen grandes redes de comunicaciones que actualmente permiten cursar diferentes servicios entre ellos":*

- Telefonía móvil.
- Envío de mensajes cortos.
- Datos a baja velocidad.

La telefonía celular es un sistema inalámbrico de comunicaciones cuyo nombre proviene de la forma en que una operadora[1] cubre una zona geográfica con pequeñas áreas denominadas celdas, las cuales son las unidades básicas de cobertura.

[1] Operadora: Persona natural o jurídica que explota sistemas de radiocomunicaciones para abonados mediante contrato.

El tamaño de la celda es proporcional a la potencia del transmisor, banda de frecuencia usada, topografía del área, sensibilidad del radio receptor, altura, posición y ganancia de las antenas [2].

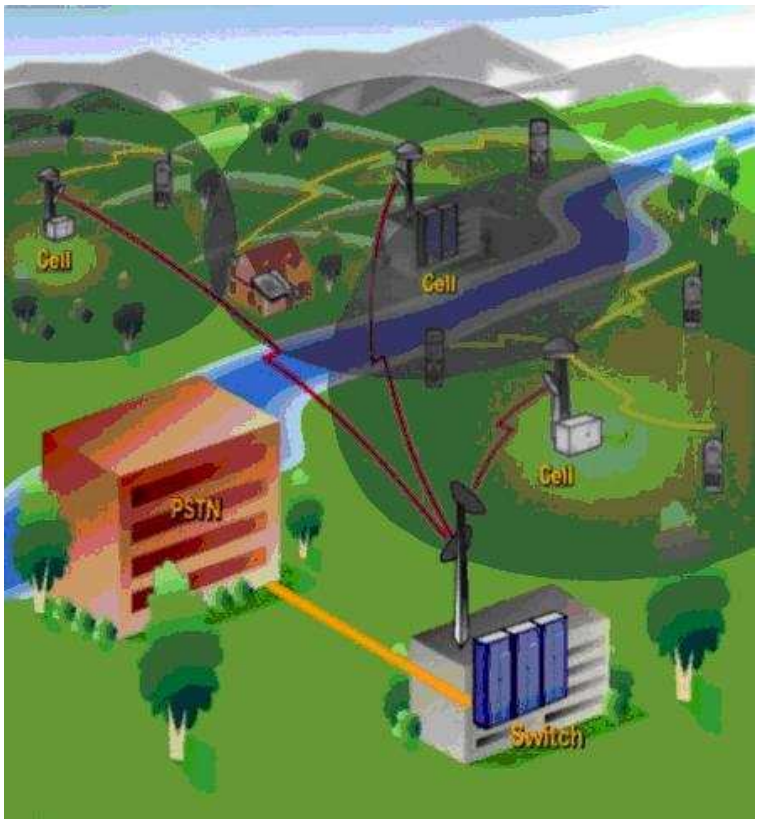

Figura 1.1 Funcionamiento de la telefonía celular [3]

Cada celda con sus canales de tráfico, señalización ó control tiene una estación base la cual recibe solicitudes de conexión por parte de un teléfono celular que toma un canal para su recepción y transmisión de información.

El movimiento del usuario en la celda define la potencia de la señal, puede disminuir en la que se encuentra mientras que la celda hacia la que se acerca aumenta con lo que el servicio se transfiere entre estaciones base, este proceso se lo conoce como *handover* o *handoff*. La figura1.2 muestra este proceso.

[2]http://www.eie.fceia.unr.edu.ar/ftp/Tecnologias%20de%20banda%20angosta/introduccion%20telefon%EDa%20celular%202003.pdf
[3] www.mailxmail.com

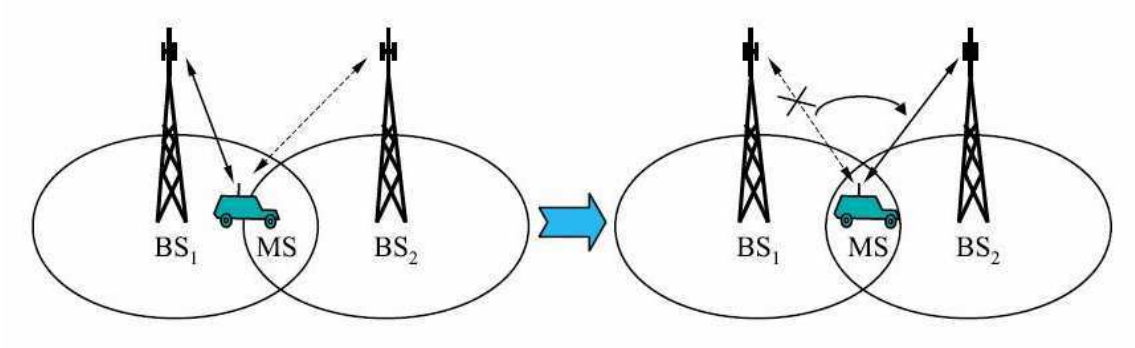

Figura 1.2 Proceso de *handoff*[4]

Para aumentar la capacidad de cobertura en los sistemas celulares se implementa el reuso de frecuencias, el cual consiste en utilizar el mismo grupo de frecuencias en celdas distintas separadas al menos una distancia para la interferencia no afecte las mismas.

1.3 EVOLUCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS CELULARES

A través del tiempo se han realizado varios esfuerzos por mejorar los servicios de la telefonía celular, mejorando la calidad de los servicios, seguridad en las comunicaciones, reducción de los tiempos de latencia, eficiencia del espectro, etc.

Todos los avances tecnológicos han permitido ofrecer a los usuarios mejores servicios como televisión móvil, videoconferencia, video llamada, acceso a diferentes redes, etc.

A continuación se presentan una descripción de la evolución de las tecnologías celulares

1.3.1. GENERACIÓN 1G

Sistemas con tecnología analógica cuyos servicios, únicamente de voz, fueron comercializados en los años 80, se caracterizaron por ser de baja calidad y velocidad (2400 baudios).

[4] http://rathishnair.com/techblog/cell-handoff-basics/

Entre las tecnologías de esta generación están:, NTM (*Nordic Mobile Telephone*), TACS (*Total Access Communications System*), AMPS (*Advanced Mobile Phone System*), etc, a pesar que la que predominó fue AMPS que es un estándar de Estados Unidos (1982) cuyo funcionamiento presentaba problemas de seguridad, interferencia y baja capacidad.

1.3.2. GENERACIÓN 2G

Fueron sistemas con tecnología digital que nacieron en 1990, utilizan codificadores de voz y trajeron consigo teléfonos celulares de menor tamaño a los de la primera generación.

Entre las tecnologías predominantes están: GSM (*Global System for Mobile Communications*); IS-136 (TIA/EIA136 O ANSI-136) y CDMA (*Code Division Multiple Access*) y PDC (*Personal Digital Communications*); este último utilizado en Japón[5]

1.3.2.1. GSM (Global System for Mobile Communications)

Estándar Europeo creado para que las redes digitales de teléfonos móviles soporten voz, datos, mensajes de texto y *roaming* en varios países.

Por su velocidad se lo considera como una tecnología 2G que brinda servicios en las bandas de 850, 900, 1800 y 1900 MHz, utiliza modulación GMSK[6] y técnica de acceso múltiple TDMA que divide el tiempo en 8 ó 16 ranuras.

Entre las ventajas que presenta GSM están su penetración ya que se estima que existen 4 mil millones de suscripciones lo cual representa el 78 % de cliente inalámbricos[7], los usuarios tienen comunicaciones con alta calidad de voz, bajo costo de terminales, flexibilidad debido a su tarjeta SIM[8] la cual permite cambiar de dispositivo GSM. Además permite migrar a tecnologías GPRS, EDGE y UMTS/HSDPA.

---

[5] MSc Soraya Sinche/Folleto de comunicaciones inalámbricas/ Generaciones de la Telefonía celular Pág. 21.
[6] *Gaussian Minimum Shift Keying*
[7] http://www.4gamericas.org/index.cfm?fuseaction=page&pageid=851
[8] SIM (*Subscriber Identy Module*) Tarjeta que almacena información del teléfono para identificarse en la red.

GSM presenta además las siguientes ventajas[9]:

- Transmisión de voz y datos a diferentes velocidades.
- Implantación de sistemas de encriptación para proporcionar confidencialidad en las comunicaciones.
- Autenticación del abonado.
- Mejora en la calidad de las comunicaciones, al incorporar potentes códigos de control de errores.
- Simplificación de los equipos de radiofrecuencia.
- Mayor flexibilidad a la hora de incorporar los avances y desarrollos tecnológicos.

GSM utiliza varios canales para establecer comunicaciones entre la estación base y el teléfono.

- Canales de tráfico TCH (*Traffic Channels*).
- Canales de control: BCH (*Broadcast Channels*), DCCH (*Dedicated Control Channels*), CCCH (*Common Control Channels*).

1.3.2.1.1. Bandas de frecuencia GSM

La tabla 1.1 presenta las diferentes bandas de frecuencia en las que se ha implementado GSM.

Banda	**Nombre**	**Canales**	***Uplink* (MHz)**	***Downlink* (MHz)**
GSM 850	GSM 850	128 – 251	824,0 - 849,0	869,0 - 894,0
GSM 900	P-GSM 900	1-124	890,0 - 915,0	935,0 - 960,0
	E-GSM 900	975 – 1023	880,0 - 890,0	925,0 - 935,0
	R-GSM 900	n/a	876,0 - 880,0	921,0 - 925,0
GSM1800	GSM 1800	512 – 885	1710,0 - 1785,0	1805,0 - 1880,0
GSM1900	GSM 1900	512 – 810	1850,0 - 1910,0	1930,0 - 1990,0

Tabla 1.1 Bandas de frecuencia de GSM[10]

[9] MSc Soraya Sinche/Folleto de comunicaciones inalámbricas/ GSM Pág. 3.

En GSM cada celda tiene un BSC (*Base Station Controller*) que reparte las frecuencias y la potencia entre la estación base y los terminales, además puede estar compuesta de 10 a 100 BTSs (*Base Transceiver Station*)[11].

Una BS (*Base Station*) puede dar cobertura a varios cientos de metros, que dependiendo de la potencia y el tipo de entorno; una estación base garantiza la cobertura radioeléctrica en una celda de la red, proporcionando el punto de entrada a la red a los terminales de usuario. Las estaciones base pueden ser controladas localmente o bien remotamente a través de su controlador de estación base[12].

1.3.2.1.2. Estructura GSM

En la figura 1.3 se muestra la arquitectura de la tecnología GSM y la descripción de sus elementos más importantes.

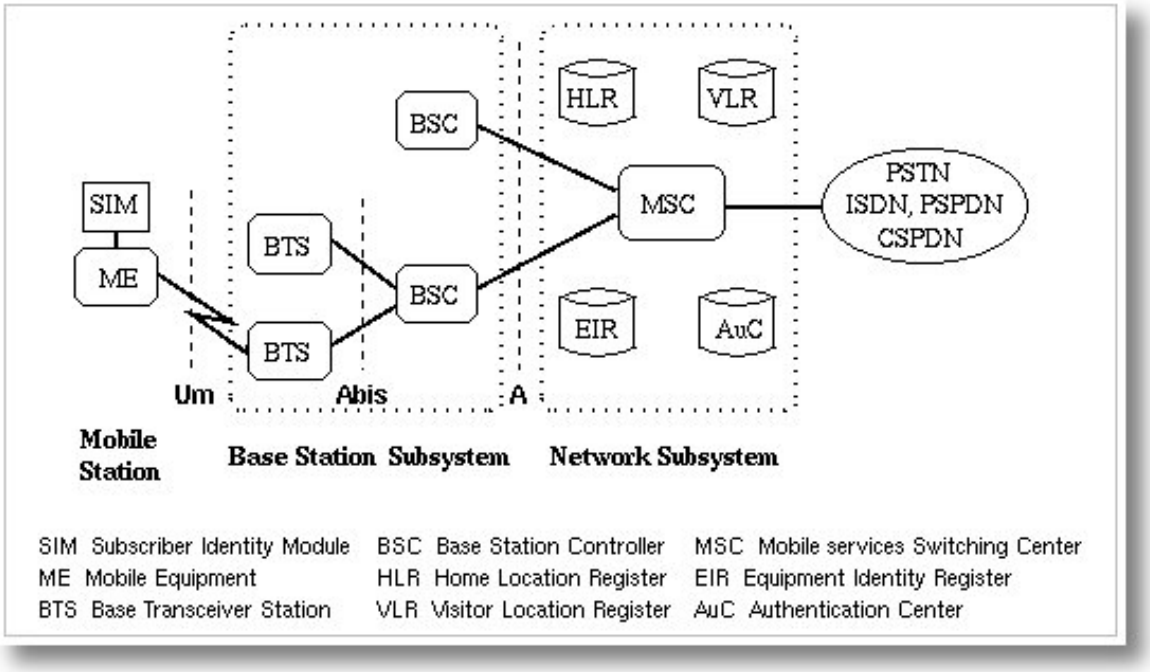

Figura 1.3 Estructura GSM[13]

En la arquitectura de la red GSM se puede definir diferentes componentes como:

---

[10] 3GPP TS 05.05
[11] MSc Soraya Sinche/Folleto de comunicaciones inalámbricas/ GSM Pág. 32.
[12] http://www.kriptopolis.org/geoposicionamiento-gsm-1
[13] http://www.kriptopolis.org/geoposicionamiento-gsm-1

- BSS (*Base Station Subsystem*) contiene las funciones de control de los recursos radio, está compuesto por una o más BTS (*Base Transceiver Station*) que realizan las funciones de nivel físico (radio) y el BSC que efectúa la gestión de los recursos de radio[14].

- NSS (*Network and Switching System*) se encarga de enrutar datos, permite la interconexión de redes y las conexiones para usar servicios de red.

- El proceso de inicio, establecimiento y terminación de una comunicación a través de la BS y BSS está a cargo de la MSC (*Mobile Switching Central*).

- AUC (*Authentication Centre*) almacena información confidencial de cada usuario creando una base de datos para realizar el proceso de autenticación.

- EIR (*Equipment Identification Register*) se encarga de los permisos de utilización de los terminales.

- HLR (*Home Location Register*) contiene el registro permanente de los abonados, la posición del usuario en la red y servicios que puede usar.

- VLR (*Visitor Location Register*) es una base de datos que contiene información sobre los usuarios que se encuentran en el área del MSC.

1.3.2.2. CDMA (Code Division Multiple Access)

Es considerada como una tecnología de segunda generación definida en el estándar IS-95 (Interim Standard 95); Qualcomm inició los estudios de CDMA

[14] MSc Soraya Sinche/Folleto de comunicaciones inalámbricas/ GSM Pág. 32.

además fue el segundo estándar digital adoptado en Estados Unidos, se estima que tiene una capacidad seis veces mayor que AMPS.

CDMA soluciona problemas de capacidad que mostraban sistemas FDMA y TDMA debido al uso de portadoras ortogonales.

Esta tecnología basada en conmutación de circuitos ofrece velocidades de 9.6 Kbps a 14.4Kbps[15] y el IS-95B soporta velocidades de hasta 64Kbps basado en conmutación de paquetes, estas tecnología presentan mayor seguridad frente a sus anteriores tecnologías (AMPS y TDMA) todo en un espectro de 1.25 MHz.

La tercera generación de esta tecnología se denomina CDMA 2000 que comprende los estándares CDMA2000 1x, CDMA2000 1x EV-DO y CDMA2000 1x EV-DV cuyo organismo encargado de su desarrollo es el 3GPP2.

1.3.3. GENERACIÓN 2.5 G

Es un paso intermedio para llegar a 3G, ofrece capacidades adicionales a los sistemas 2G.[16]

1.3.3.1. GPRS (General Packet Radio Service)

GPRS es una extensión de la tecnología GSM, cuyo primer estándar lo realizó la ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*) que permite tener mayor velocidad y ancho de banda sobre dicha red.

Permite acceder a varios servicios como mensajería multimedia MMS (*Multimedia Messaging System*), servicio de mensajes cortos SMS (*Short Message Service*), Internet y correo electrónico.

GSM se la puede considerar como una tecnología orientada a servicios de voz lo cual no quiere decir que no pueda ser optimizado para realizar transmisiones

[15] http://www.eveliux.com
[16] MSc Soraya Sinche/Folleto de comunicaciones inalámbricas/ Generaciones de la Telefonía Celular. Pág. 21.

de datos, lo cual se consigue con tecnologías como GPRS cuyas siglas significan precisamente el fin de su implementación "servicio general de paquetes vía radio".

GPRS aprovecha la estructura de acceso en frecuencia y tiempo de GSM utiliza la misma técnica de modulación GMSK (*Gaussian Minimum Shift Keying*) lo cual lo hace viable en cuanto a su implementación.

GPRS añade nuevas entidades en la arquitectura GSM para manejar la conmutación y transferencia de datos:

- SGSN (*Serving GPRS Support Node*) y;
- GGSN (*Gateway GPRS Support Node*)

La ventaja de esta tecnología es el uso de la red solo en el envío y recepción de paquetes de información, con una descarga de datos de hasta 115 kbps, con velocidades promedio de 40-15 kbps.

1.3.3.2. EDGE (Enhanced Data rates for GSM of Evolution)

La tecnología denominada EDGE se conoce como EGPRS (*Enhanced GPRS*), ya que se la considera como una evolución de la tecnología GPRS. Es diseñada principalmente para mejorara el acceso radio, capaz de ofrecer servicios de paquetes de datos a alta velocidad por ejemplo acceso veloz a Internet y *streaming* multimedia[17], con una velocidad de datos máxima en la red de 473 Kbps y velocidades de transmisión de 100-130 Kbps[18].

EDGE tiene varios motivos por los cuales migrar a ella, se puede mencionar que es una actualización de redes GSM sin mayor costo y simple de realizarla, no requiere que el operador adquiera espectro adicional, permite migrar fácilmente a tecnologías 3G. A operadores UMTS permite ofrecer servicios de de banda ancha en zonas especialmente rurales, compatibilidad con sistemas

[17] *Streaming*: ver u oír un archivo directamente sin necesidades de descargarlo previamente.
[18] http://www.3gamericas.org

GSM y GPRS, envía datos hasta 150% mas eficientemente que GPRS, facilidad de despliegue.

Por lo general las operadoras con tecnología GSM en algunos casos deben actualizar su software y tarjetas de canales para las redes GSM/GPRS con capacidad EDGE lo que representa un ahorro en sus costos, proporcionando a las operadoras la capacidad de brindar a sus clientes servicios de tercera generación.

1.3.4. GENERACIÓN 3G

En estas tecnologías se tiene convergencia multimedia con acceso inalámbrico a Internet. Soporta aplicaciones multimedia y altas transmisiones de datos.

1.3.4.1. CDMA 2000-1X

CDMA 2000-1x es una tecnología 3G que utiliza CDMA como interfaz aire, compatible con IS-95A que ofrece una tasa de datos que varían entre 9.6 kbps y 2 Mbps[19].

CDMA 2000-1x es la primera tecnología de los estándares IMT 2000 desplegada en el mundo en Octubre del 2000[20].

Ventajas

- Capacidad de voz mejorada
- Flexibilidad en la ubicación de la banda de frecuencias
- Mayor velocidad de datos.
- Mayor duración de baterías.

Entre los servicios que ofrece esta tecnología están.

---

[19] MSc. Soraya Sinche/ Folleto de Comunicaciones Inalámbricas/ CDMA2000 1x Pagina 5.
[20] http://www.cdg.org/technology/3g_1X.asp

- Acceso a Internet.
- Email.
- Entretenimiento.
- Mensajería multimedia.
- Tonos de llamadas *(download)*
- Servicios de información.

1.3.4.2. CDMA 2000 1xEV-DO (1x Evolution-Data Optimized)

Calificada como de tercera generación, es una tecnología de conmutación de paquetes es una evolución de CDMA 1x la cual presenta una alta velocidad de datos compatible con sistemas CDMA ONE y CDMA2000 1xRTT.

La Rev. 0 de esta tecnología puede ser instalada en la banda de los 1900 Mhz, tiene como velocidad 2.4 Mbps en *downlink* y 153 Kbps en *uplink*[21].

En la revisión A, desarrollada en Japón, en el enlace de subida tiene una velocidad de hasta 1,8 Mbps y en el enlace de bajada de 3,1 Mbps.

En la Rev. B se considera una velocidad de *downlink* de 73.5 Mbps y de *uplink* de 27 Mbps.

Entre los servicios que puede ofrecer esta el acceso a Internet, audio y video *streaming* con una buena velocidad. La figura 1.4 presenta la evolución de las tecnologías CDMA 2000.

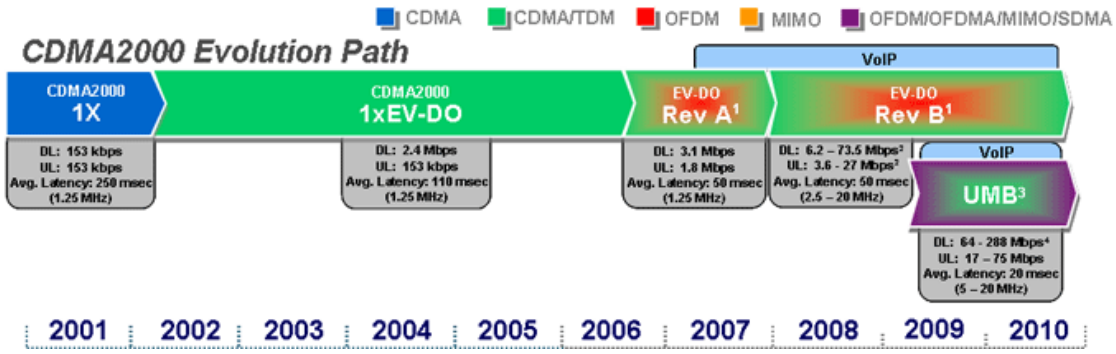

Fig. 1.4 Evolución de las tecnologías CDMA 2000[22]

[21] http://www.cdg.org/technology/3g_1xEV-DO.asp#rel0

1.3.4.3. UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System*)

UMTS se define como una tecnología de tercera generación de voz y datos de alta velocidad, apoyada en el protocolo de Internet IP con velocidades de 350 kbps en movimiento, velocidades de datos máximas teóricas de 2 Mbps, con velocidades promedio de 200-300 kbps compatible con redes EDGE y GPRS lo que permite acceder a ellas en las zonas que no existe cobertura UMTS.

UMTS se la considera como una evolución de las redes GSM tal como se muestra en la figura 1.5.

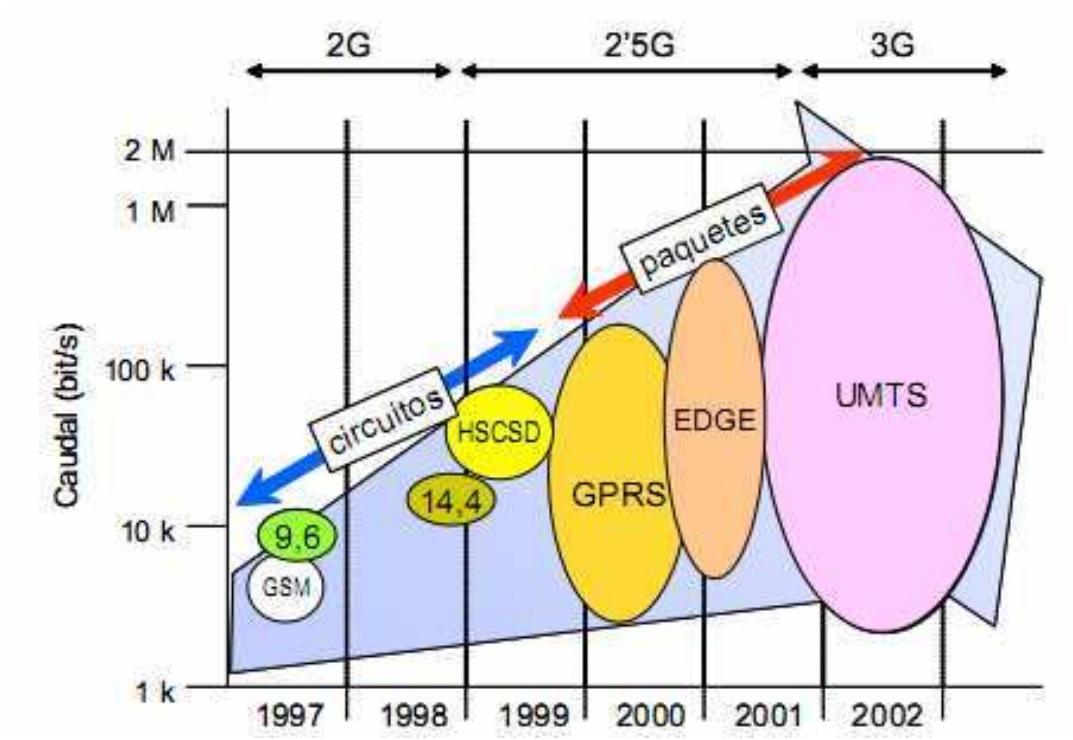

Figura 1.5. Evolución de los sistemas celulares de origen GSM[23]

Entre los servicios que permite acceder UMTS están la videoconferencia, *streaming* multimedia, acceso a canales de televisión en tiempo real, transferencia de archivos grandes, juegos en tiempo real además de ofrecer soporte para Redes Privadas Virtuales (VPNs).

---

[22] http://www.cdg.org/technology/3g/resource/3GWorldUpdate_9-06_SPAN.asp
[23] www.bandaancha.es

Mejora la eficiencia espectral para voz y datos, funciona en las bandas de 850, 900, 1700, 1800, 1900, 2100, y 2600 MHz.

1.3.4.3.1. Ventajas de la tecnología UMTS[24]

Ventajas para el usuario de la tecnología UMTS:

- Velocidades máximas teóricas de hasta 2 Mbps con velocidades promedio de 200 – 300 kbps.
- Conexión a Internet siempre activa.
- Capacidad multimedia.
- Tecnología basada en paquetes proporcionando un ahorro que es trasladado al usuario.
- Mecanismos sofisticados de calidad de servicio (QoS).

Ventajas para el operador de la tecnología UMTS:

- Facilidad de actualización.
- Eficiencia en el uso del espectro.
- Compatibilidad en sentido reverso con EDGE y GPRS.
- Diseño para soporte de futuras aplicaciones.
- Es un sistema para funcionar en todo el mundo.

Existen dos tipos de sistemas UMTS basados en TDD y FDD.

FDD/UMTS usa dos frecuencias para la transmisión y recepción mientras que TDD/UMTS utiliza una frecuencia para transmisión dúplex aunque la mayoría utiliza FDD.

Tanto TDD/UMTS como FDD/UMTS ofrecen velocidades de 2 Mbps.

[24] http://www.3gamericas.org

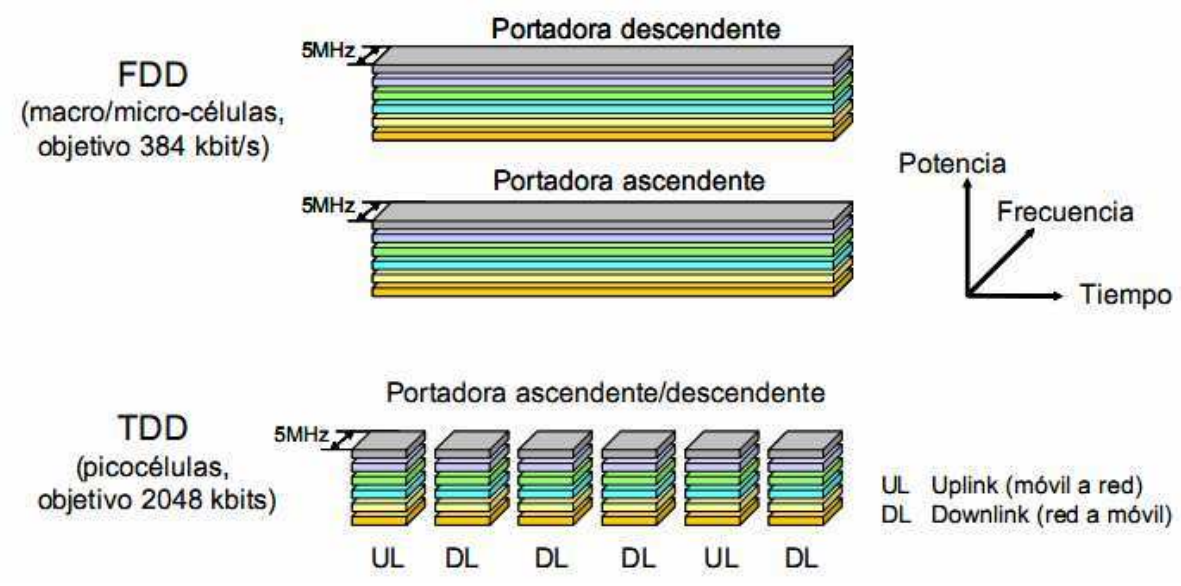

Figura 1.6. Modos de operación de la interfaz radio en UMTS[25]

La figura 1.7 presenta una estructura básica de la red UMTS en donde constan las principales partes de la red: equipos de usuario, red de acceso a radio UTRAN (*UMTS Terrestrial Radio Access Network*), y el núcleo de red.

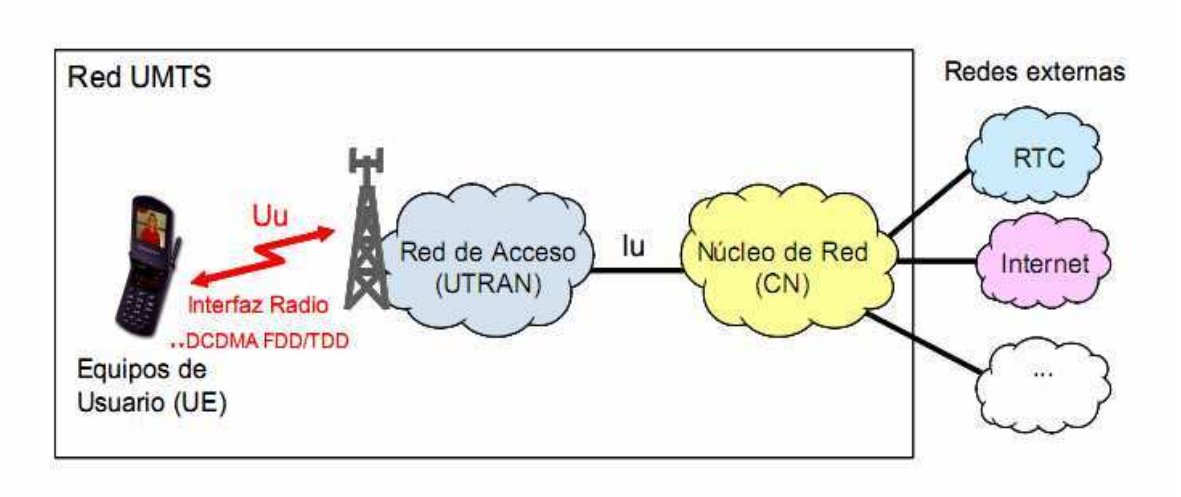

Figura 1.7 Arquitectura de red UMTS[26]

1.3.4.3.2. Componentes de red la red UMTS

- **Equipo de usuario**

  Esta compuesta por el terminal móvil y la tarjeta USIM (*Universal Subscriber Identity Module*) que es el módulo de identificación del abonado en las redes UMTS.

[25] http://www.bandaancha.es
[26] http://www.bandaancha.es

- **Núcleo de red**

  Permite a las redes UMTS conectarse a otras redes, además es el encargado de funciones de transporte, control y lógica de los diferentes servicios.

- **Red de acceso radio**

  Llamada UTRAN, se encarga de permitir conexión entre los equipos del usuario y el núcleo de red.

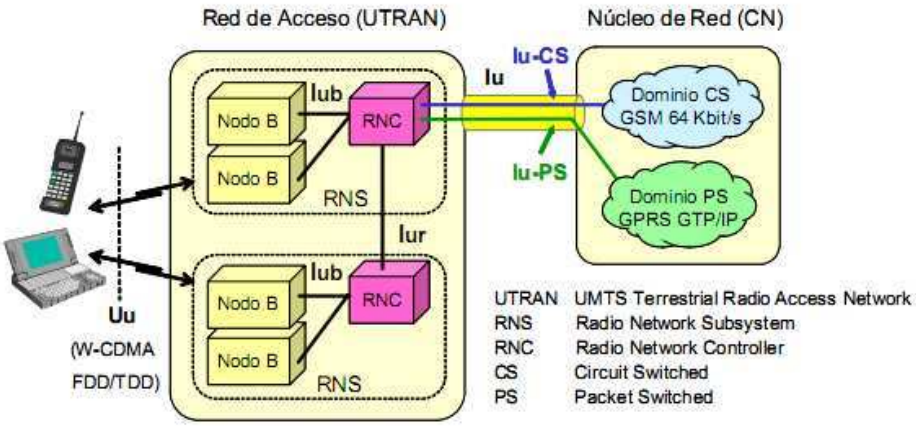

Figura 1.8 Red de acceso UTRAN[27].

UTRAN comprende los siguientes componentes[28]:

a. **Subsistemas de redes de radio (RNS)**

   Son bloques que se componen de RNC, elemento controlador de la red radio, que a su vez se interconecta a uno o varios Nodos B[29].

b. **Controladores de red de radio (RNC)**

   Realiza la función de controlar y gestionar las estaciones Nodo B, asignación de canal, cifrado, decisiones de handover y el uso de los servicios de la red.

---

[27] http://www.bandaancha.es
[28] Especificación Técnica 3GPP TS 23.002 v 4.8.0 (2003-06) Página 19.
[29] GORRICHO Juan, GORRICHO Mónica. Comunicaciones móviles, Barcelona España, 2002

c. Nodo B

Los nodos B de UMTS son similares a los BTS de GSM, los nodos B son controlados por un RNC, es la encargada de los canales de radio y gestiona la comunicación con el terminal del usuario.

1.3.5. GENERACIÓN 3.5 G

Es la optimización de UMTS/WCDMA, incluidas en las especificaciones de 3GPP *Release* 5, ideal para comunicación ubicua[30].

1.3.5.1. HSDPA (High Speed Downlink Packet Access)

Es una tecnología catalogada como 3.5 G, actualmente se encuentra en 200 países con mas de 1000 millones de usuarios que utilizan esta tecnología en sus comunicaciones móviles[31].

En América existen 64 redes UMTS – HSPA en servicio en 27 países[32] tal como se muestra en la figura 1.9.

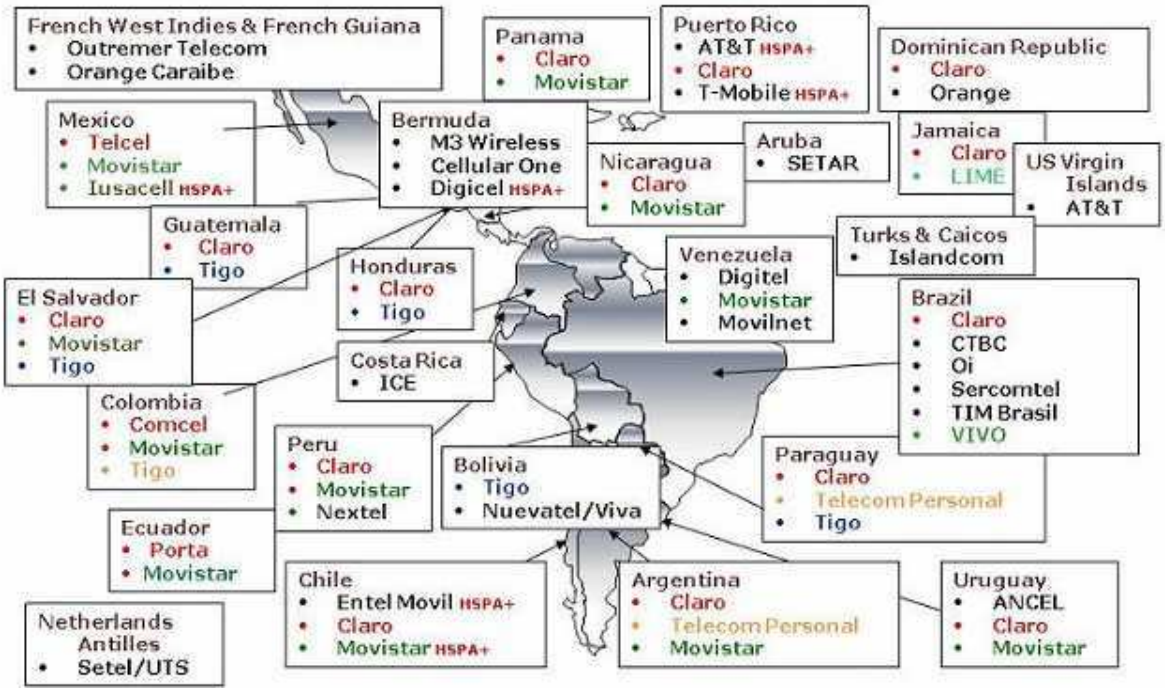

Figura. 1.9 Países y operadores con tecnología UMTS/HSPA[33].

[30] Comunicación ubicua.- Conexión que se puede efectuar en cualquier momento y desde cualquier lugar, sin necesidad de usar cables y a alta velocidad
[31] http://porta.net/porta_web/nuestra_empresa/porta_3_5g/tecnologia_3_5g_181-3468.html
[32] http://www.4gamericas.org

HSDPA presenta una mejora en el enlace de bajada con el objetivo de ofrecer servicios multimedia mediante una red de conmutación de paquetes.

Entre los servicios multimedia que HSDPA ofrece están:

- Flujo de video con grana calidad.
- Rápidas descargas de imágenes de alta resolución y archivos de gran tamaño.
- Correo electrónico y juegos interactivos.
- Excepcional claridad de voz.
- Comunicación inclonable e inviolable.
- *Roaming* internacional automático.

En la figura 1.10 se presenta un esquema de los próximos pasos de la evolución de HSDPA

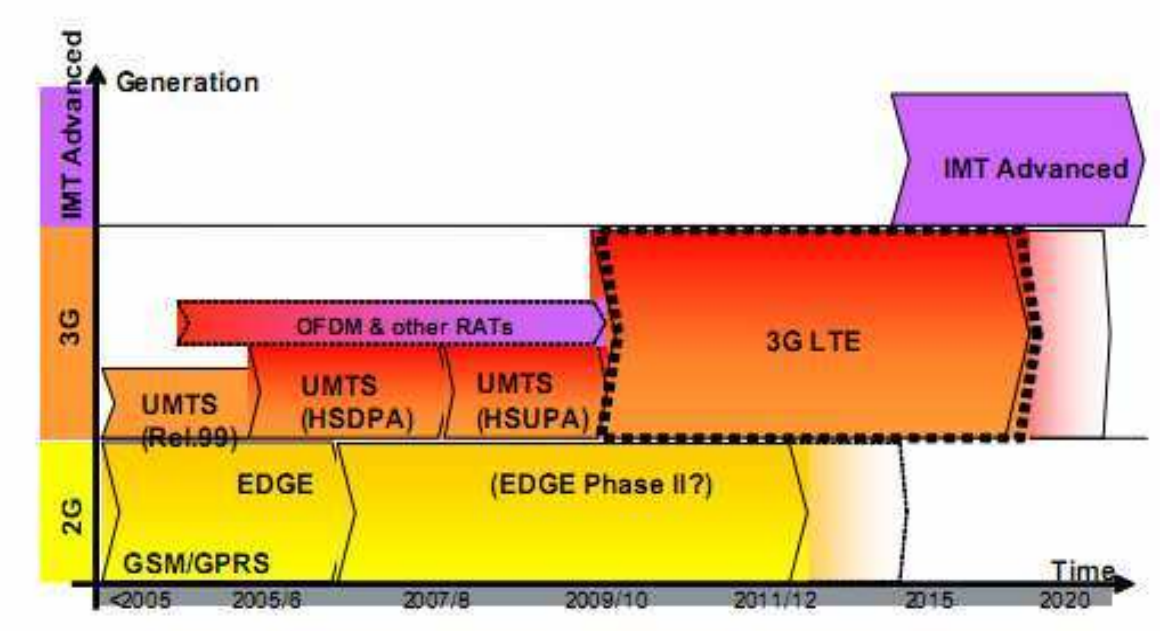

Figura 1.10 Próximos pasos de HSPDA[34]

[33] Public Announcements Regulatory Bodies and Informa telecoms & Media, Dec 2008.
[34] www.umts-forum.org

1.3.5.2. HSUPA (High Speed Uplink Packet Access)

Esta tecnología permite tener una mayor velocidad en el enlace de subida y se la considera como una evolución o actualización de HSDPA definido en el *Release* 6 del organismo de estandarización 3GPP (*3rd Generation Partnership Project*).

HSUPA aumenta su capacidad de transferir datos debido a que existe un canal dedicado denominado E-DCH (E*nhanced Dedicated Channel*) el cual tiene un funcionamiento similar a la tecnología HSDPA, por ejemplo mas cortos TTI (*Transmission Time Interval*), mejorando así el rendimiento del enlace de subida.

Con HSUPA se estima que la tasa de transferencia de datos en el enlace de subida puede alcanzar los 5.76 Mbps[35].

La combinación de las dos tecnologías, HSDPA y HSUPA se la denomina HSPA (*High Speed Packet Access*)

1.3.6. GENERACIÓN 4G

Son tecnologías totalmente IP, que brindan varios servicios como videoconferencia, televisión móvil, juegos interactivos, etc.

Los sistemas 4G se enfocan a servicios de video de alta calidad, con tasas de transferencia de datos de alrededor de 100 Mbps en una estación móvil y 1 Gbps en una estación fija[36].

1.3.6.1. LTE (*Long Term Evolution*)

Estandarizada por el 3GPP, se presenta como la evolución de la tecnología celular UMTS, como interfaz aire utiliza OFDMA (*Frequency Division Multiple Access*) en *downlink* y SC FDMA (*Single Carrier Frequency Division Multiple*

[35] http://es.wikitel.info/wiki/HSUPA
[36] MSc. Soraya Sinche/ Folleto de Comunicaciones Inalámbricas/ Telefonía Celular Pag 72

Access) para *uplink*, además presenta un *core* IP y flexibilidad para operar en una amplia variedad de anchos de banda.

Entre los servicios que LTE ofrece están: juegos on line, acceso a video de alta definición, video bajo demanda, videoconferencia, videotelefonía, etc.

1.3.6.2. UMB (*Ultra Mobile Broadband*)

Es el proyecto del 3GPP2 para mejorar el estándar CDMA 2000 y al igual que LTE se basa en el protocolo TCP/IP, sin embargo actualmente no tiene acogida entre fabricantes y operadores los cuales se han manifestado por optar por LTE o WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Acces*) como tecnologías 4G.

1.4. OPERADORAS CELULARES DEL ECUADOR

1.4.1. OTECEL S.A.

Sus inicios se remontan a 1993 cuyo nombre comercial fue *Cellular Power* basada en la tecnología de primera generación AMPS (*Advanced Mobile Phone System*) la cual solamente proporciona la capacidad de comunicaciones de voz.

En 1996, bajo el nombre comercial de *Bellsouth* migra a la red TDMA, actualmente esta red se encuentra desmontada y de acuerdo a los registros de la Superintendecia de Telecomunicaciones los últimos reportes de usuarios en esta red son en el mes de Octubre del 2008[37].

La migración a la red CDMA se dió a finales del año 2002 y en el año 2003 lanza su tecnología CDMA 2000 1x.

El 14 de Octubre del 2004 Telefónica Ecuador adquiere el 100% de las acciones de OTECEL S.A. con lo que su nombre comercial pasa a ser MOVISTAR mediante un periodo de transición que desembocó en la

[37] http://www.supertel.gov.ec/pdf/estadisticas/sma.pdf

presentación oficial de la marca el 6 de Abril del 2005 con los colores oficiales verde limón y azul[38], y es precisamente en este año que instala su red GSM en la banda de los 850 MHz.

En la actualidad MOVISTAR ofrece sus servicios de telefonía celular basados en redes GSM, CDMA y UMTS.

1.4.1.1. ESTADÍSTICAS DE USUARIOS REGISTRADOS EN OTECEL S.A.

A Noviembre del 2010 se tiene los siguientes reportes de cantidad de usuarios clasificada de acuerdo a la tecnología que OTECEL S.A. ofrece.

FECHA	OTECEL (CDMA)	OTECEL (GSM)	OTECEL (GPRS/EDGE/ UMTS)	TOTAL
NOV 2010	253.753	3.802.850	164.990	4.221.593

Tabla 1.2 Cantidad De abonados de OTECEL S.A.[39]

MOVISTAR es considerada la segunda operadora en cantidad de usuarios del Ecuador después de CONECEL S.A.

1.4.1.2. BANDAS DE FRECUENCIA (OTECEL S.A.)[40]

Las bandas de frecuencia asignadas a OTECEL S.A. son las denominadas B.

El grupo de frecuencias se encuentra comprendido en los siguientes rangos:

- 835 a 845 MHz
- 846.5 a 849 MHz
- 880 a 890 MHz

[38] RUANO. J, El Sector de las Telecomunicaciones en el Ecuador (Bajo supervisión de la Embajada de España), Junio 2005.
[39] www.conatel.gov.ec
[40] CARRIÓN Hugo, Entorno Regulatorio de Telecomunicaciones, Centro de investigación de la Sociedad de la Información, Octubre 2007

- 891.5 a 894 MHz.

Además posee un grupo de frecuencias denominado D-D' que comprende los siguientes rangos:

- 1865 – 1870 MHz.
- 1945 – 1950 MHz.

1.4.2. CONECEL S.A.

CONECEL S.A. (Consorcio Ecuatoriano de Telecomunicaciones) de nombre comercial PORTA es una empresa subsidiaria de la multinacional América Móvil (AMX) líder de servicios inalámbricos en América Latina con más de 113.9 millones de suscriptores celulares en la región[41].

Es la operadora de telefonía celular más antigua en el Ecuador la que suscribe con el Estado Ecuatoriano mediante la Superintendencia de Telecomunicaciones su contrato de concesión en 1993 por un periodo de 15 años.

La red que dispuso CONECEL S.A. para ofrecer sus servicios de telefonía celular en sus inicios fue la tecnología de primera generación denominada AMPS (*Advanced Mobile Phone System*) la cual solo permitía comunicaciones de voz.

En su desarrollo tecnológico en el año 1997 instala su red TDMA (*Time Division Multiple Access*) presentando mejoras frente a AMPS como por ejemplo mayor seguridad y calidad en las comunicaciones.

En la actualidad las redes AMPS y TDMA se hallan desmontadas debido a las disposiciones que la SUPTEL ha implementado por el avance tecnológico.

En Mayo del 2003 Porta instala su red GSM en la banda de los 850 MHz pero meses mas tarde también ofreció servicios mediante la tecnología GPRS.

---

[41] http://www.porta.net/

A Nokia se le otorgó 77 millones de dólares para expandir y modernizar la red GSM/EDGE de PORTA con el objetivo de incrementar y continuar prestando servicios de primera calidad a sus clientes[42]

La tecnología UMTS es el siguiente paso que PORTA da en busca de mejoras en sus servicios; los usuarios de esta red según la Superintendencia de Telecomunicaciones se registran desde Diciembre del 2008 con 495.643 usuarios en prepago y 161.346 usuarios en postpago.

El 26 de agosto del 2008 terminó el contrato de concesión que inicio en 1993, por lo que se dieron intensas negociaciones para ampliarlo en un periodo de 15 años más, lo cual se dio mediante la resolución 455 del Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL), tomada en la sesión del 14 de agosto del 2008.

Actualmente brinda sus servicios mediante las tecnologías GSM y UMTS además de ser la empresa de telefonía móvil líder del Ecuador con 10.349.269 usuarios, cubriendo más de 1.100 poblaciones, 48 centros de atención al cliente y 3500 puntos de venta a nivel nacional[43].

1.4.2.1. ESTADÍSTICAS DE USUARIOS REGISTRADOS EN CONECEL S.A.

A Noviembre del 2010 se tiene los siguientes reportes de cantidad de usuarios clasificada de acuerdo a la tecnología que CONECEL S.A. ofrece.

FECHA	CONECEL (GSM)	CONECEL (UMTS)	TOTAL
NOV 2010	9.411.356	937.913	10.349.269

Tabla 1.3 Cantidad De abonados de CONECEL S.A.[44]

[42] http://www.nokia-latinoamerica.com
[43] https://www.porta.net/182,3967.php
[44] www.conatel.gov.ec

1.4.2.2. BANDAS DE FRECUENCIA (CONECEL S.A.)[45]

Las bandas de frecuencia asignadas a CONECEL S.A. son las denominadas A y la Sub banda E-E'.

Las bandas de frecuencias A se hallan comprendidas en los siguientes rangos:

- 824 a 835 MHz.
- 845 a 846.5 MHz.
- 869 a 880 MHz.
- 890 a 891.5 MHz.

Mediante el contrato celebrado el 26 de Octubre del 2006 la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones autorizada por el Consejo Nacional de Telecomunicaciones concedió a Conecel 10 MHz en la sub banda E – E´ en la banda de 1900 MHz.

La Sub banda E están comprendidas en los siguientes rangos:

- 1885 – 1890 MHz.
- 1965- 1970 MHz.

1.4.3. TELECSA S.A.

Esta operadora estatal inició sus operaciones con el nombre comercial ALEGRO PCS (*Personal Communication System*) debido a su implementación en el espectro en la banda de los 1900 MHz con la tecnología CDMA 1xEV-DO, recibió la concesión para explotar servicios móviles avanzados de parte del Estado Ecuatoriano el 3 de Abril del 2003.

ALEGRO PCS se formó en marzo del 2003 de propiedad de Andinatel y Pacifictel en un 50%.

En Octubre del 2004 Andinatel se hizo cargo del paquete accionario de Pacifictel e ingreso al mercado de telecomunicaciones a finales del mismo año

[45] http://www.supertel.gov.ec

mejorando las competencias y ofreciendo a los usuarios mejores servicios de telefonía celular a mejores precios.

Debido al éxito que la tecnología GSM tiene en el mercado, ALEGRO PCS se vio en la necesidad de alquilar infraestructura a MOVISTAR para también prestar servicios bajo esta tecnología que es llamativa para el usuario debido en gran parte a su denominado chip, el mismo contiene el número de teléfono, los datos de cuenta y la lista de contactos.

Ahora se la considera como empresa filial de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT debido a la fusión de las empresas estatales Andinatel S.A. y Pacifictel S.A.

Opera los servicios de telefonía móvil celular, servicio de Internet, servicios portadores y de valor agregado bajo la administración de dos tecnologías GSM/ GPRS/ EDGE y CDMA 20001x EV-DO.

1.4.3.1. ESTADÍSTICAS DE USUARIOS REGISTRADOS EN TELECSA S.A.

A Noviembre del 2010 se tiene los siguientes reportes de cantidad de usuarios clasificada de acuerdo a la tecnología que TELECSA S.A. ofrece.

FECHA	TELECSA (CDMA)	TELECSA (GSM)	TOTAL
NOV 2010	156.845	163.474	320.319

Tabla 1.4 Cantidad De abonados de TELECSA S.A.[46]

1.4.3.2. BANDAS DE FRECUENCIA (TELECSA S.A.)[47]

La Norma Internacional con la cual operan los servicios móviles avanzados en el Ecuador (CDMA 2000) define una banda de frecuencias para la operación de los sistemas.

[46] www.conatel.gov.ec
[47] http://www.supertel.gov.ec

La banda de frecuencias C es el grupo comprendido en los siguientes rangos:

- 1895-1910 MHz.
- 1975-1990 MHz.

Además posee una parte adicional del espectro denominada banda F-F' que comprende los siguientes rangos de frecuencias[48]:

- 1890 – 1895 MHz.
- 1970 – 1975 MHz.

1.5. SITUACIÓN ACTUAL DE LAS OPERADORAS EN EL ECUADOR

CONECEL S.A. (Porta), OTECEL (Movistar), TELECSA (Alegro) son las tres operadoras que brindan los servicios de telefonía celular en el Ecuador y a Noviembre del 2010 se tiene la siguiente estadística de la tabla 1.5

OPERADORA		ABONADOS (datos actualizados a Agosto de 2010)	PORCENTAJE DE MERCADO (%)
CONECEL S.A. (Porta) www.porta.net Oficina Matriz Guayaquil	PORTA	10.349.269	70,00
OTECEL S.A. (Movistar) www.movistar.com.ec Oficina Matriz Quito	Telefónica movistar	4.221.593	28,00
TELECSA S.A. (Alegro PCS) www.alegropcs.com Oficina Matriz Quito	Alegro PCS	320.319	2,00
	Total:	**14.891.181**	**100,00**

Tabla 1.5 Estadística de la distribución de abonados en las diferentes operadoras[49]

[48] CARRIÓN Hugo, Entorno Regulatorio de Telecomunicaciones, Centro de investigación de la Sociedad de la Información, Octubre 2007
[49] http://www.supertel.gov.ec.

Los datos mostrados en la tabla 1.5 son representados en un diagrama estadístico con el porcentaje de participación de cada una de las operadoras en el mercado ecuatoriano.

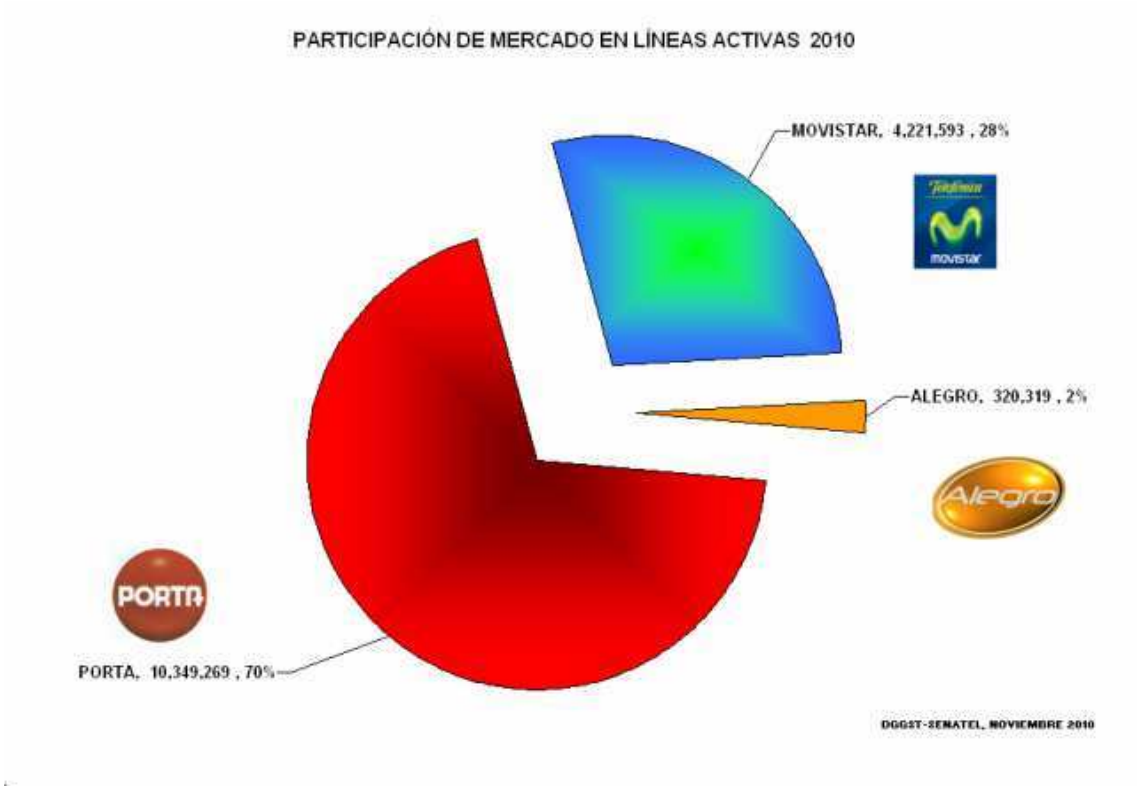

Figura 1.11 Distribución de abonados en las diferentes operadoras[50]

[50] http://www.conatel.gob.ec/site_conatel/index.php?option=com_phocagallery&view=category&id=66

CAPÍTULO 2: LTE (LONG TERM EVOLUTION*)*

2.1. INTRODUCCIÓN

El gran avance de las tecnologías inalámbricas buscan eficiencia en sus redes, reduciendo costos y mejorando calidad de servicio; por ello LTE presenta muchas mejoras frente a otras tecnologías en lo concerniente a velocidad de transmisión de datos, eficiencia del espectro, baja latencia, etc, con lo que se da apertura a una gran variedad de nuevos servicios como video *streaming.*

En el presente capítulo se analizará la estructura y funcionamiento de esta tecnología que promete ser un paso hacia tecnologías 4G.

2.1.1. ESTANDARIZACIÓN DE LTE

LTE es una tecnología estandarizada por el 3GPP (*Third Generation Partnership Project)* el cual define un nuevo acceso de radio de alta velocidad, LTE se encuentra especificado en el 3GPP *Release* 8.

Se presenta como la evolución de la tecnología celular UMTS conocida como E-UTRA (E*volved UMTS Terrestrial Radio Access*) y E-UTRAN (*Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network*).

LTE es parte de un camino de tecnologías de alta velocidad y baja latencia que comprende GSM, GPRS, EDGE, WCDMA y HSPA (*High Speed Packet Access*).

LTE en comparación a sus predecesores tiene mejoras en la interfaz aire, utiliza OFDMA (*Orthogonal Frecuency-Division Multiplexing*) basado en modulación y esquemas de acceso múltiple para el *downlink,* junto con SC-FDMA para el *uplink,* lo que permite obtener mayor velocidad de transmisión.

La eficiencia espectral es otro aspecto positivo de LTE debido a que utiliza modulación 64 QAM; entre otros aspectos está el mecanismo de corrección de

errores denominado FEC (*Forward Error Correction*)[51] y técnicas complementarias de radio como MIMO.

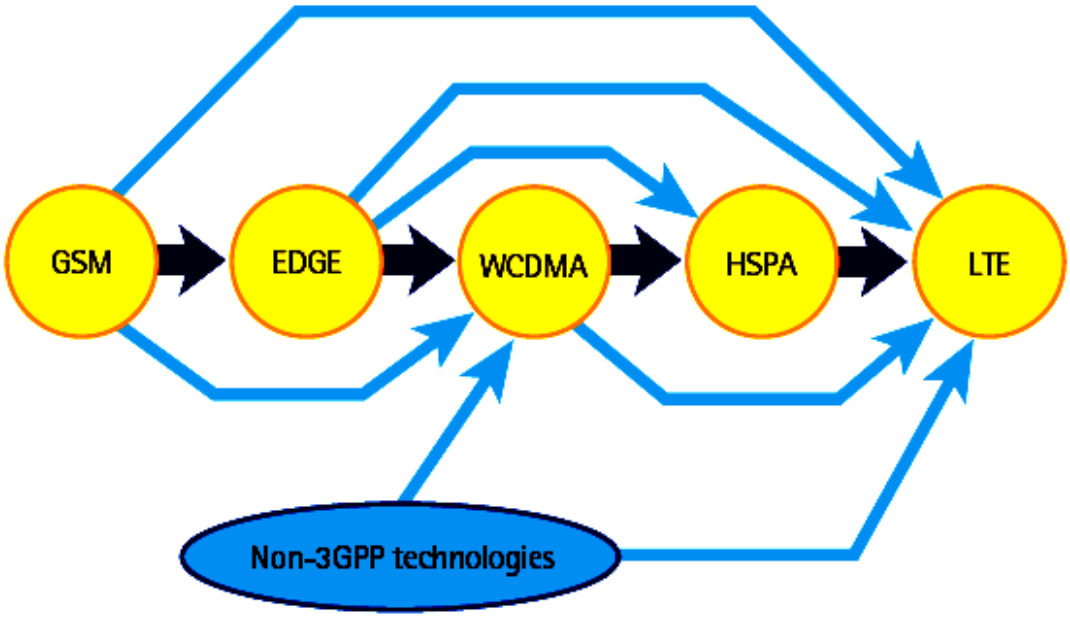

Figura 2.1 Evolución de las tecnologías celulares[52]

Las velocidades de transmisión para *downlink* y uplink son mayores a 100 Mbps y 50 Mbps respectivamente en un ancho de banda de 20 MHz, opera en modos FDD[53] y TDD[54].

LTE tiene una latencia reducida de 10 mseg entre el equipo del usuario y la estación base[55].

LTE se muestra como una tecnología basada en un *core* IP y presenta flexibilidad para operar en una amplia variedad de anchos de banda que van desde 1.4 MHz y 20 MHz.

---

[51] FEC: tipo de mecanismo de corrección de errores que permite su corrección en el receptor sin retransmisión de la información original
[52] Towards Global Mobile Broadband LTE White Paper / Febrero 2008 / UMTS Forum.
[53] FDD: (*Frequency-division duplexing*)
[54] TDD: (*Time division duplexing*)
[55] HAOHONG Wang, LISIMACHOS Kondi, AJAY Luthra, SONG Ci, 4G WIRELESS VIDEO COMUNICATION, Wiley, 2009

En la figura 2.2 se presenta un resumen de las velocidades de las tecnologías HSPA y LTE.

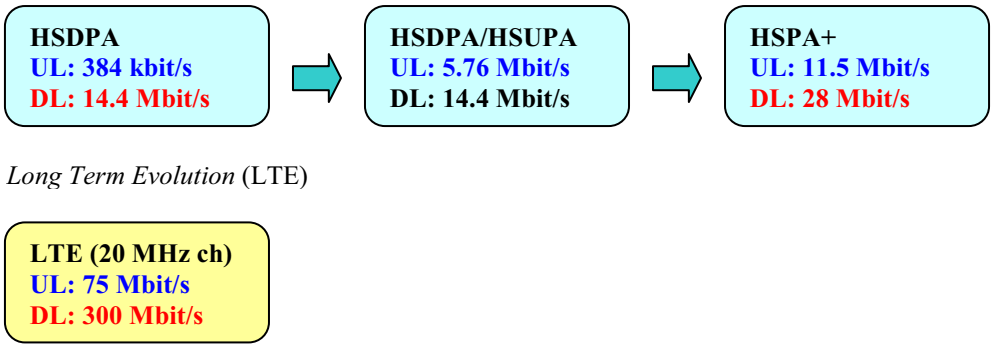

Figura 2.2 Velocidad de datos de *uplink* y *dowlink* de HSPA y LTE[56]

LTE *Release 8* es considerada una evolución de las redes 3GPP; en la figura 2.3 se muestran los cambios realizados, en la arquitectura, desde el *Release* 6

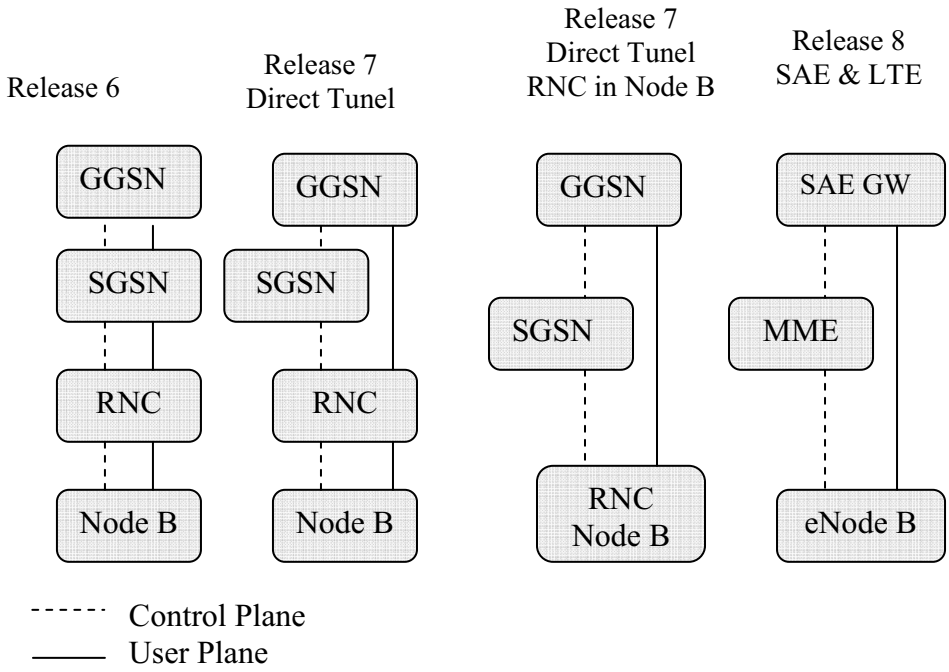

Figura 2.3 Evolución de arquitecturas de tecnologías 3GPP[57]

[56] Towards Global Mobile Broadband LTE White Paper / Febrero 2008 / UMTS Forum.
[57] LTE for UMTS OFDMA and SC-FDMA Based Radio Access. Harri Holma and Antti Toskala, pág 24

2.2. ARQUITECTURA LTE

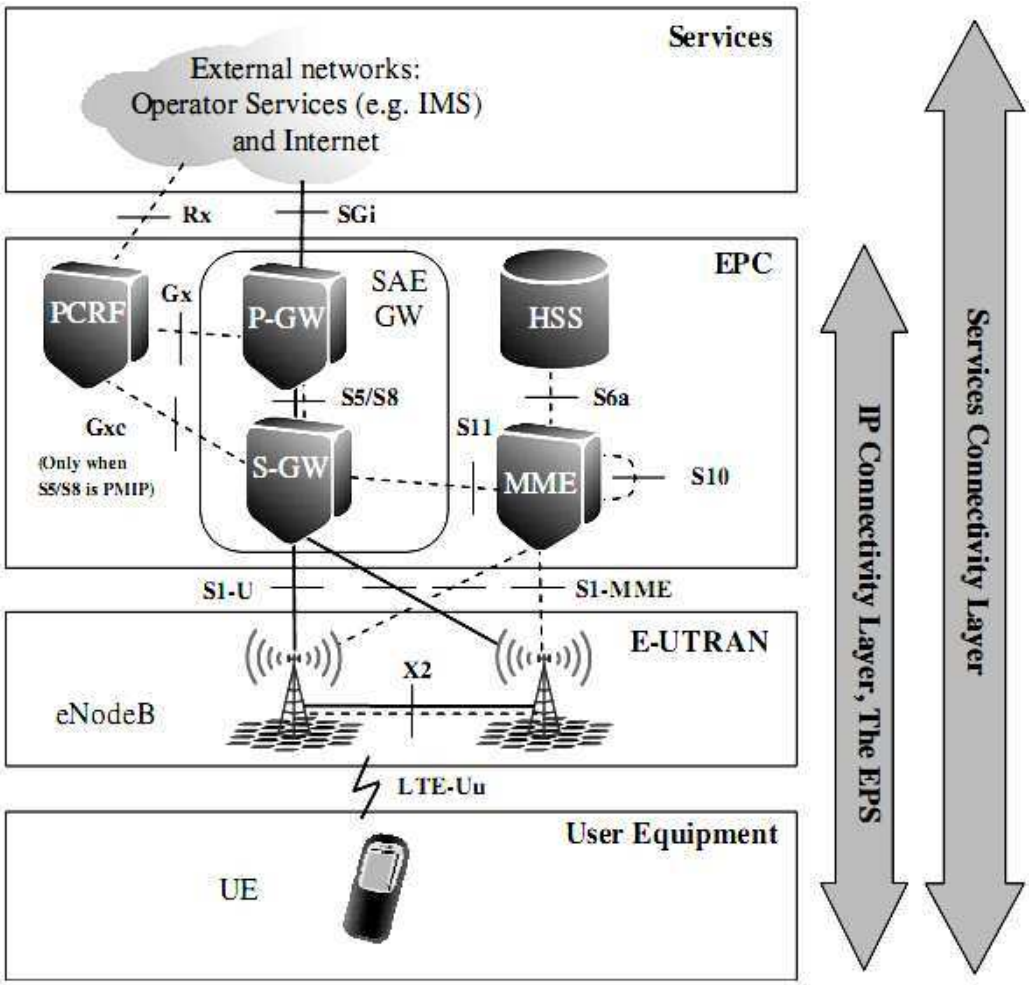

Figura 2.4 Arquitectura de red LTE[58]

La figura 2.4 muestra la arquitectura y los elementos de red LTE, distribuidos en cuatro niveles que son:

- Servicios proporcionados por redes externas

Los servicios que se pueden ofrecer a través de la red LTE incluye varios sub-sistemas los cuales pueden estar proporcionados por: servicios basados en redes IMS[59] en donde el operador brinda servicios basado en el protocolo SIP (*Session Initiation Protocol*), servicios basados en redes no IMS en donde el usuarios

[58] HARRI Holma TOSKALA Antti, LTE for UMTS OFDMA and SC-FDMA Based Radio Access, John Wiley & Sons Ltd., 2009
[59] IMS: *IP Multimedia Subsystem*

accede a servicios mediante un servidor que el operador coloca en su red, por ejemplo *video streaming* y servicios proporcionados a través de Internet en donde el usuario se conecta a un servidor de Internet para acceder a servicios como navegación *web* o a un servidor SIP para establecer una llamada de voz (VoIP).

2.1.1. EPS (Evolved Packet System)

EPC, E-UTRAN y el equipo de usuario, forman la capa de conectividad IP (*Internet Protocol*) llamada también EPS (*Evolved Packet System*).

SAE (*System Architecture Evolution*) es un sinónimo de EPS cuyo nombre fue cambiado por la organización 3GPP, el cual fue diseñado como un sistema de paquetes para obtener mayor velocidad de datos.

EPS presenta un cambio importante en la arquitectura de red, se elimina el nodo denominado RCN (*Radio Network Controller*) cuyas funciones son implementadas en el *eNodeB* reduciendo retrasos y optimizando la red.

2.2.1.1. EPC (Evolved Packet Core)

Para aprovechar todas las ventajas de las tecnologías y permitir la coexistencia de tecnologías con arquitecturas de paquetes se ha desarrollado un nuevo núcleo de red EPC (*Evolved Packet Core*).

EPC está basado en protocolos TCP / IP, lo cual permite la interconexión entre redes fijas e inalámbricas.

Los elementos que forman la EPC son:

2.2.1.1.1. SERVING GATEWAY Y PDN GATEWAYS

Son dos elementos de red que se conectan mediante la interfaz S5 y conforman el SAE GW que permite tener salida hacia las redes públicas de datos.

Conjuntamente con el MME, pueden o no ubicarse en un solo nodo, de acuerdo con los proveedores y los despliegues que se realicen.

- *SERVING GATEWAY*

Es el nodo que termina la interfaz del plano de usuario hacia la red de acceso radio. Para cada terminal de usuario asociado con el EPC hay un único S-GW asignado en cada momento, que actúa como punto de anclaje local para la movilidad entre redes 3GPP.

Entre las funciones están las siguientes:

- Envía el tráfico móvil a Internet y a otras redes IP.
- Punto de anclaje local de movilidad para el *handover inter-eNodeB*.
- Anclaje para movilidad inter-3GPP (reinstalación del tráfico entre sistema 2G/3G y el *Gateway* PDN). A ésto se lo suele llamar función de Anclaje 3GPP.
- Mediante el interfaz S4, es la entidad involucrada con el tráfico de usuario en el caso de movilidad entre LTE y otra tecnología 3GPP.
- Proporciona información del tráfico de usuario
- Ruteo y reenvío de paquetes.

- *PDN GATEWAYS*

Es el nodo que permite acceder a redes de datos públicas. Si un usuario está accediendo a múltiples redes PDN, puede haber más de un P-GW asignado a él, actuando como punto de anclaje para movilidad hacia redes no-3GPP y aplicando las políticas de utilización de red para el tráfico de usuario.

Entre las funciones están las siguientes:

- Brinda soporte para la interconexión entre tecnologías heterogéneas 3GPP (GSM, UMTS, HSPA) y no 3GPP (Wimax o WiFi).
- Interfaz entre la red de acceso y las diferentes redes de paquetes.
- Mediante la interfaz S7 transfiere políticas de calidad de servicio y tarificación que se aplica al tráfico de usuario.

2.2.1.1.2. *MOBILITY MANAGEMENT ENTITY* (ENTIDAD DE ADMINISTRACIÓN DE LA MOVILIDAD - MME)

Es el elemento de control de la EPC encargada únicamente de la señalización por lo que en ella no se transportan paquetes con tráfico de datos de los usuarios.

MME administra la movilidad, las identidades UE y los parámetros de seguridad, también realiza tareas como la autenticación, autorización y señalización no ligada al acceso lo que permite a los operadores dimensionar la señalización y el tráfico de manera independiente. Las funciones de MME incluyen:

- Señalización NAS[60] y seguridad asociada
- Señalización entre nodos de red central para movilidad entre redes de acceso 3GPP.
- Permite al operador manejar, de manera independiente, la señalización y el tráfico de usuario[61]

2.2.1.1.3. HSS (Home Subscriber Server)

Es el encargado de almacenar información de subscripción y datos de autorización necesarios para el acceso del usuario al sistema y se lo considera como una evolución del HLR (*Home Location Register*) de GSM.

Contiene toda la información de suscripción del usuario necesaria para gestionar sesiones. Esta información incluye, entre otras, información de localización, de seguridad (autenticación y autorización), perfil de usuario (indica los servicios a los que el usuario tiene acceso)

[60] NAS: *non-access stratum*
[61] http://www.3gamericas.org/Spanish/technology_center/qa/sae_qa_sp.cfm.

2.2.1.1.4. PCRF (Policy and Charging Rule Function)

Es el encargado de gestionar y provisionar en la "PDN SAE GW" las políticas de calidad de servicio y tarificación a aplicar al tráfico de usuario. El PCRF no es un nodo específico de la nueva arquitectura sino que se define en la Rel.7 del 3GPP.

2.2.1.2. E- UTRAN (Interfaz aire)

La interfaz aire de LTE se denomina E-UTRAN, está constituida por varios **eNB** (*Evolved* **Node *B***) conectados entre ellos mediante interfaces X2, se lo considera como la estación base de LTE que interconecta equipos de usuario y la red además cumple varias funciones de control.

La figura 2.5 muestra la estructura de la arquitectura LTE con E-UTRAN, en la que constan las conexiones de los ***eNB*** (*Evolved* **Node *B***) mediante interfaces X2, eliminando así el redireccionamiento de datos a la RNC que existe en la arquitectura de red del *Release 7.*

E-UTRA se enlaza al siguiente nivel, EPC, mediante la interfaz S1 que conecta los eNB con la (MME) *Mobility Management Entity* y (S-GW) *Serving Gateway*.

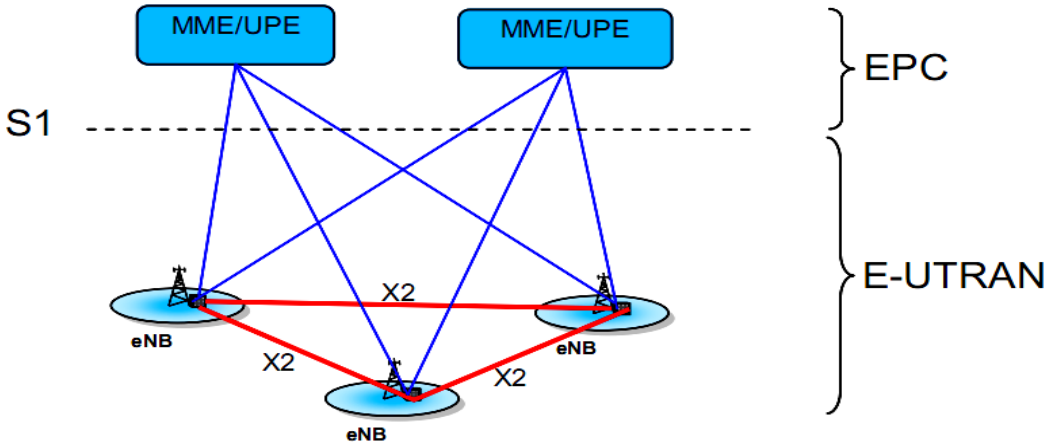

Figura 2.5 Arquitectura LTE con E-UTRAN[62]

[62] http://www.3gpp.org/LTE

El nodo que constituye E-UTRAN se denomina eNode B (*eNB* - *Evolved* Node *B*) el cual es una radio base que se ubica junto a las antenas de radio y es un elemento que enlaza al equipo de usuario con EPC, cumple la misma tarea que una BTS en una red GSM.

Las funciones son seleccionar el MME (*Mobility Management Entity*), enrutar datos hacia S-GW; además el *eNode B* revoluciona las arquitecturas actuales debido a que incorpora las características de la RCN[63], lo que hace que se reduzca considerablemente la latencia del sistema.

El *eNode B* es responsable de la compresión de cabecera, cifrado y entrega de paquetes. En el plano de control se encarga de funciones como la admisión, control y gestión de recursos de radio.

ESTRUCTURA DE CAPAS DE *e NODE B*

El *eNodeB* posee protocolos y capas distribuidos en la estructura los cuales se describen a continuación:

- **CAPA 1**

  Aquí se encuentra el soporte para la interfaz aire, permite que el resto de las capas accedan a la información.

- **CAPA 2**

  Se encuentran las siguientes subcapas:

  - **MAC (*Medium Access Control*)**

    Realiza el mapeo de los canales lógicos y canales de transporte, multiplexación / RLC demultiplexación de PDUs pertenecientes a uno o varios portadores dentro/desde los bloques de transporte entregados

[63] RCN.- *Radio Network Controller*

de/ desde la capa física en los canales de transporte; además reporta el volumen de tráfico, corrección de errores, prioridades entre el usuario y los canales lógicos, prioridades entre los usuarios basado en una programación dinámica y la selección del formato de transporte[64]

- **RLC (*Radio Link Control*)**

  Transfiere PDUs de la capa superior soportando (AM) *acknowledged mode* o (UM) *unacknowledged mode* en la transferencia de datos en modo transparente; también realiza la corrección de errores, segmentación de acuerdo al tamaño de TB, re-segmentacion de PDUs que necesitan ser retransmitidos

- **PDCP (*Packet Data Convergence Protocol*)**

  Realiza la compresión y descompresión de cabecera, en el plano de control realiza cifrado, transferencia de datos en este plano.

- **RRC (*Radio Resource Control*)**

  Establece, mantiene y libera la conexión RRC entre el equipo de usuario y E-UTRAN, maneja portadoras de señales de radio, asiste en el campo de la seguridad, movilidad, activa el modo *handover* y gestión de QoS.

2.2.1.3. Equipo de usuario

Proporciona al usuario la capacidad de comunicarse con la red LTE, pueden ser teléfonos, modems, etc.

Estos dispositivos contienen un módulo de identificación denominado USIM (*Universal Subscriber Identity Module*) que es una aplicación que se ejecuta en una tarjeta UICC (*Universal Integrated Circuit Card*).

---

[64] The Mobile Broadband Evolution: 3GPP Release 8 and Beyond HSPA + SAE/LTE and LTE-Advanced / Febrero 2009 / 3G Américas.

El módulo de identificación del abonado es usado para identificar y autenticar al usuario mediante claves de seguridad proporcionando protección a las comunicaciones.

2.3. INTERFACES USADOS EN LTE[65]

Los interfaces usados en la comunicación entre LTE y UTRAN / GERAN EPS tiene las siguientes interfaces:

- **X2**: Conecta las nodos *eNBs* y transmite datos de usuario entre nodos.

- **S1-MME**: Es el punto de referencia para el protocolo del plano de control entre E-UTRAN y MME

- **S1-U:** Es un punto de referencia entre E-UTRAN y GW para el portador y los *eNodeB*.

- **S3:** Permite al usuario el intercambio de información entre redes de acceso móviles 3GPP en inactividad y/o estado activo se basa en puntos de referencia Gn tal como se define entre SGSNs.

- **S4:** Proporciona control y soporte entre el núcleo GPRS y GW basado en puntos de referencia Gn definido entre SGSN y GGSN, además si el túnel no se encuentra establecido provee un túnel en el plano de usuario.

- **S5:** Usado por el servidor GW para la relocalizar el equipo del usuario.

- **S6a**: permite transferir datos para autenticar y subscribir para autorizar al usuario el acceso al interfaz aire entre MME y HSS

[65] UMTS Evolution from 3GPP Release 7 to Release 8 HSPA and SAE/LTE / Junio 2008 / 3G Américas.

- **S6d**: permite transferir datos para autenticar y autorizar al usuario el acceso al interfaz aire entre S4-SGSN y HSS

- **Gx**: Proporciona la transferencia de QoS y reglas de carga desde PCRF[66] y *Charging Enforcement Function* (PCEF) en el PDN GW

- **S8**: Es un punto de referencia inter – PLMN, suministrando los planos de usuario y de control entre el *Serving* Gateway de la red visitante y la red local. Esto basado en el punto de referencia Gp definido entre SGSN y GGSN.

- **S9**: Proporciona la transferencia de QoS e información de control de carga entre PCRF y PCRF

- **S10**: Sirve como punto de referencia entre MMEs para la relocalización y transferir información de MME a MME.

- **S11**: es un punto de referencia entre MME y GW

- **S12**: Es un punto de referencia entre UTRAN y GW para el túnel del plano de usuario, está basado en el punto de referencia Iu-u/Gn-u usando el protocolo GTP-U definido entre SGSN y UTRAN o entre SGSN y GGSN.

- **S13**: Permite comprobar la identidad del equipo del usuario entre MME y EIR

- **SGi**: Es un punto de referencia entre PDN GW y la red de paquetes de datos

[66] PCRF.- *Policy and Charging Rules Function*

2.4 ESQUEMAS DE ACCESO

LTE utiliza esquemas de acceso que le permiten reducir la interferencia y aumentar la capacidad de la red, los cuales son:

- OFDMA (*Frequency Division Multiple Access*) para el *downlink*.
- SC-FDMA (*Single Carrier Frequency Division Multiple Access*) para el *uplink*.

2.4.1. OFDMA

Es una versión multiusuario de OFDM, estandarizada en el *Release* 8 y *Release* 9 del 3GPP, en donde una señal se divide en sub-portadoras de varios usuarios de modo que ellos pueden recibir datos simultáneamente.

OFDMA es utilizado en *downlink* debido a que permite lograr altos picos de velocidad de datos, pero no es utilizado en *uplink* debido a que da lugar a un elevado PAR[67] de la señal que compromete la eficiencia en potencia y por consiguiente la vida útil de las baterías.

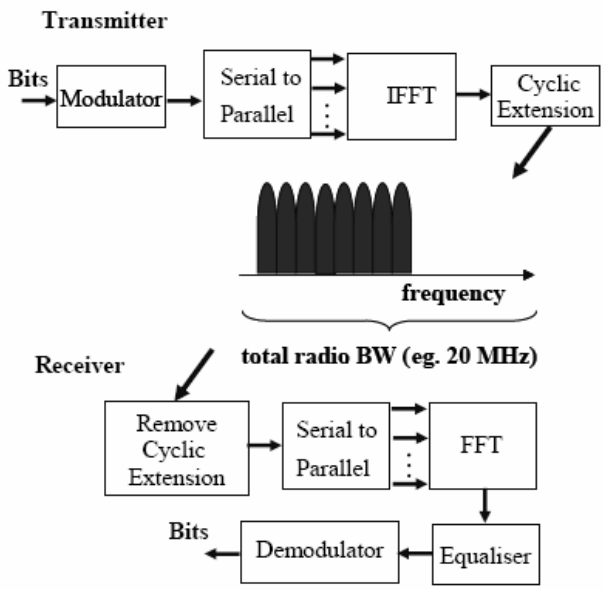

Figura 2.6 Transmisor y receptor OFDMA

[67] PAR.- (*Peak-to-Average Ratio*) Es un parámetro de particular importancia para el dimensionamiento de amplificadores de potencia

La aplicación práctica de OFDMA comprende el uso de de la Transformada Discreta de Fourier (DFT) y la operación inversa (IDFT) para moverse en los dominios del tiempo y la frecuencia.

En OFDMA se crean subportadoras ortogonales las que no se interfieren entre si tal y como lo muestra la figura 2.7.

Los espacios entre subportadoras, es de 15 KHz, independientemente del ancho de banda total de transmisión.

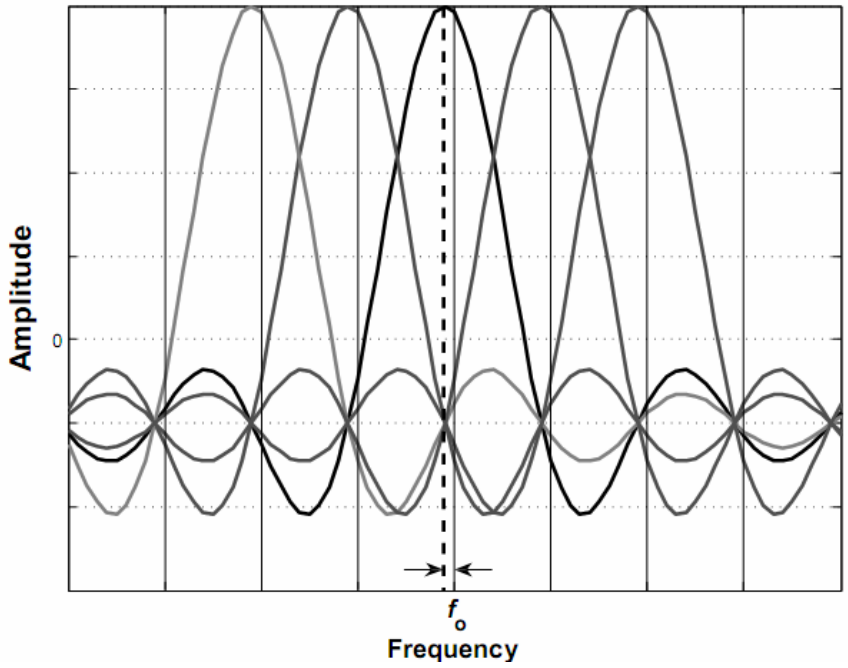

Figura 2.7 Subportadoras ortogonales traslapadas[68]

Para evitar la interferencia entre símbolos OFDMA se utilizan prefijos cíclicos, en los que el tamaño es muy importante, si es muy pequeño no contrarresta la distorsión multitrayecto y si es muy grande reduce la capacidad de procesamiento de datos, por lo que se lo selecciona tomando en cuenta el mayor tiempo de retardo del canal. La figura 2.8 muestra la estructura del símbolo con la inserción de un prefijo cíclico.

[68] LTE The UMTS Long Term Evolution From Theory to Practice. Stefania Sessia, Issam Toufik, Matthew Baker, Wiley, 2009

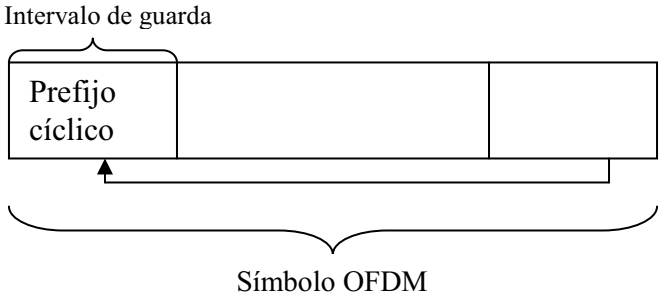

Figura 2.8 Intervalo de guarda en un símbolo OFDM[69]

2.4.2. SC-FDMA

Esta técnica de transmisión utilizada en el enlace ascendente, y se la considera como una versión de OFDMA y se la puede utilizar en los modos FDD y TDD.

SC-FDMA tiene como objetivo reducir el *Peak to Average Ratio* (PAR), de 2 a 3 dB, valor inferior a una señal OFDMA; además se la utiliza debido a que esta técnica ahorra el uso de amplificadores de potencia en el equipo del usuario.

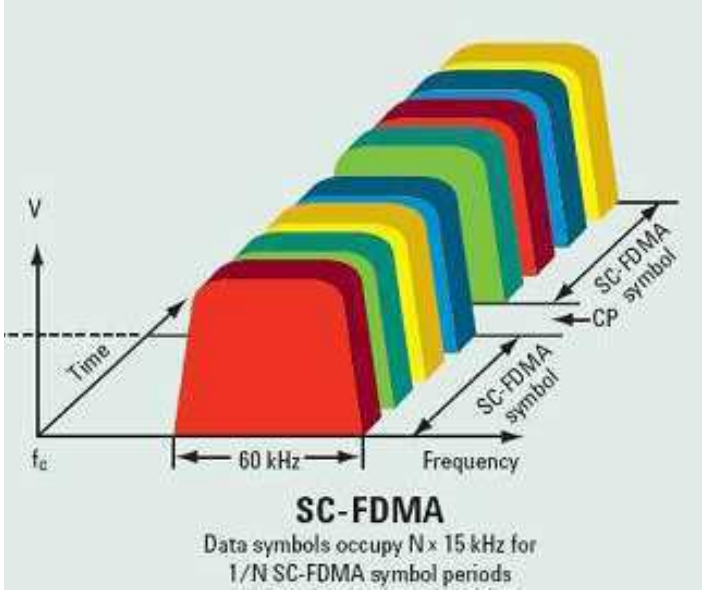

Figura 2.9 Símbolos SC FDMA[70]

[69] LTE for UMTS OFDMA and SC-FDMA Based Radio Access, Harri Holma and Antti Toskala, John Wiley, 450 p.p, 2009.
[70] http://ecee.colorado.edu/~ecen4242/LTE/radio.htm

SC FDMA transmite M símbolos secuencialmente cada uno ocupando todo el ancho de banda disponible y con una duración igual a una parte del tiempo de símbolo

En la figura 2.10 se muestra las etapas de estructura del transmisor SC FDMA

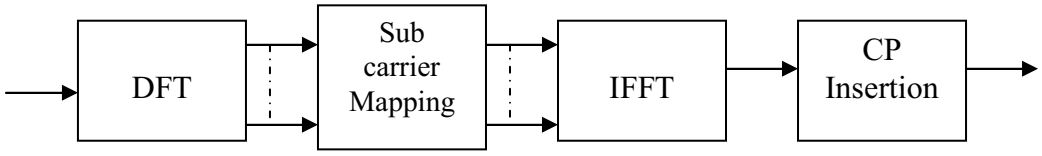

Figura 2.10. Etapas de transmisión [71]

Todos los anchos de banda de transmisión tienen el mismo intervalo de tiempo de transmisión (1 ms).

Para transmitir se utilizan dos tipos de estructuras y está establecida en tramas de 10 milisegundos.

La primera trama, tal como lo muestra la figura 2.11 consta de 20 *slots* de 0,5 mseg numerados del 0 al 19, una subtrama es considerada como dos *slots* consecutivos. Esta trama es aplicable para FDD y TDD.

En FDD son usadas 10 subtramas en *downlink* y 10 para *uplink* con intervalos de 10 milisegundos.

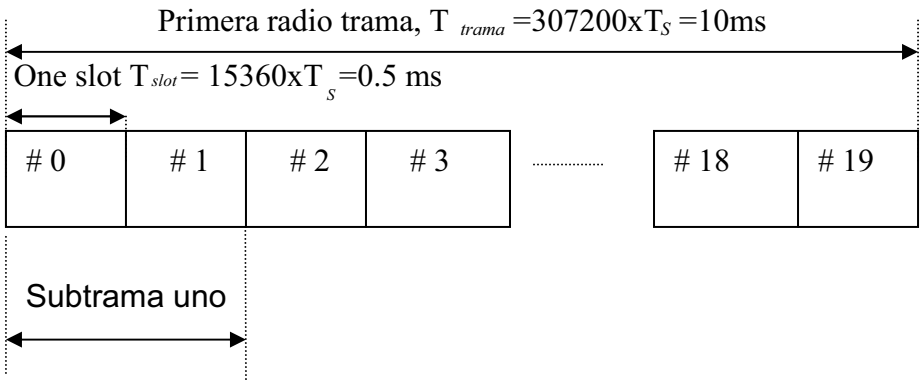

Figura 2.11 Estructura de la trama en FDD[72]

[71] UMTS Evolution from 3GPP Release 7 to Release 8 HSPA and SAE/LTE / Junio 2008 / 3G Américas.
[72] UMTS Evolution from 3GPP Release 7 to Release 8 HSPA and SAE/LTE / Junio 2008 / 3G Américas.

2.5. CANALES UTILIZADOS EN LTE

Se agrupan en tres categorías estos son:

- Canales físicos.
- Canales de transporte.
- Canales lógicos.

2.5.1. Canales físicos

Son canales de transmisión que transportan datos de usuario y control.

Los canales físicos utilizados en *downlink* son:

- *Physical Broadcast Channel* (PBCH)
  Es un canal que se utiliza para transmitir información de identificación y control (aproximadamente cada 40 ms) a todos los usuarios que se encuentran en el área de cobertura.

- *Physical Control Format Indicator Channel* (PCFICH)
  Es un canal que sirve para transferir información que describe el tipo de modulación del canal (número de símbolos OFDM)

- *Physical downlink control channel* (PDCCH)
  Es utilizado para transferir información de control a dispositivos móviles. La información que transmite es de control de acceso.

- *Physical HARQ Indicator Channel* (PHICH)
  Es utilizado para informar el estado de *Hybrid ARQ*.

- *Physical Downlink Shared Channel* (PDSCH)
  Es utilizado para transmisión *unicast* y funciones de *paging*.

- *Physical Multicast Channel* (PMCH)

Es utilizado para enviar información a varios usuarios (*multicast*) que se encuentran dentro del área de cobertura.

Los canales físicos utilizados en *uplink* son:

- *Physical Uplink Control Channel* (PUCCH)
  Es utilizado para enviar información de señalización de datos como ARQ, ACK, NAK.

- *Physical Uplink Shared Channels* (PUSCH)
  Cumple la misma función que el canal PDSCH en el proceso de *uplink.*

- *Physical Random Access Channel* (PRACH)
  Es utilizado para coordinar y transportar peticiones de servicio de los dispositivos móviles.

2.5.2. Canales de transporte

Son aquellos que definen como y con que características la información es transmitida por la interfaz radio.

Los canales de transporte en *downlink* son:

- *Broadcast Channel* (BCH)
  Transmite continuamente información del sistema además examina y mide intensidades de señal, controlando el acceso de los dispositivos móviles que funcionan dentro del área de cobertura.

- *Downlink Shared Channel* (DL-SCH)
  Es un canal de comunicación que transmite datos desde el sistema (estación base) a los dispositivos móviles. La estación base asigna los *slots* de tiempo y canales de radiofrecuencia para transmitir y recibir información de los usuarios.

- *Paging Channel* (PCH)
  Es un canal que se utiliza para enviar mensajes que alertan al dispositivo móvil de una llamada de voz entrante, solicitud para establecer una comunicación de voz o para solicitar servicio de mantenimiento por ejemplo actualización de posición.

- *Multicast Channel* (MCH)
  Es utilizado para enviar información desde uno a varios dispositivos permitiendo la transmisión de simultánea de los mismos medios de comunicación en la misma frecuencia por ejemplo un programa de TV.

Los canales de transporte utilizados en el *uplink* son:

- *Uplink Shared Channel* (UL-SCH)
  Es el principal canal de transporte que envía al sistema datos de control o de usuario en el enlace ascendente,

- *Random Access Channel* (RACH)
  Es utilizado para requerimientos de acceso aleatorio.

2.5.3. Canales lógicos

Son canales que proporcionan servicios para el control de acceso al medio, agrupan a los canales de control y de tráfico

2.5.3.1. Canales de control

- *Broadcast Control Channel* (BCCH)
  Es utilizado para proporcionar información del sistema a todos los terminales móviles conectados a un determinado *e Node B*.

- *Paging Control Channel* (PCCH)
  Este canal de control es utilizado para enviar mensajes a dispositivos móviles para alertar de una llamada telefónica entrante o para solicitar una sesión de comunicación de datos.

- *Common Control Channel* (CCCH)
  Se utiliza para establecer y mantener enlaces de comunicación entre los dispositivos móviles y las estaciones base.

- *Multicast Control Channel* (MCCH)
  Transmite parámetros necesarios de identificación y acceso de los servicios y canales *multicast.*

- *Dedicated Control Channel* (DCCH)
  Es utilizado para coordinar y controlar dispositivos móviles como por ejemplo control de energía, *handover*, etc

2.5.3.2. Canales de tráfico

- *Dedicated Traffic Channel* (DTCH)
  Es utilizado para la transmisión de datos de usuario.

- *Multicast Traffic Channel* (MTCH)
  Es utilizado para la transmisión *multicast.*

2.6. DUPLEXACIÓN

LTE soporta dos tipos de comunicación:

- FDD (*Frecuency Division Duplexing*)
- TDD (*Time Division Duplexing*).

2.6.1. FDD

En este modo el transmisor y el receptor funcionan a diferentes frecuencias por lo tanto permite la transmisión simultanea de información.

Un esquema gráfico de este modo de acceso se muestra en la figura 2.12

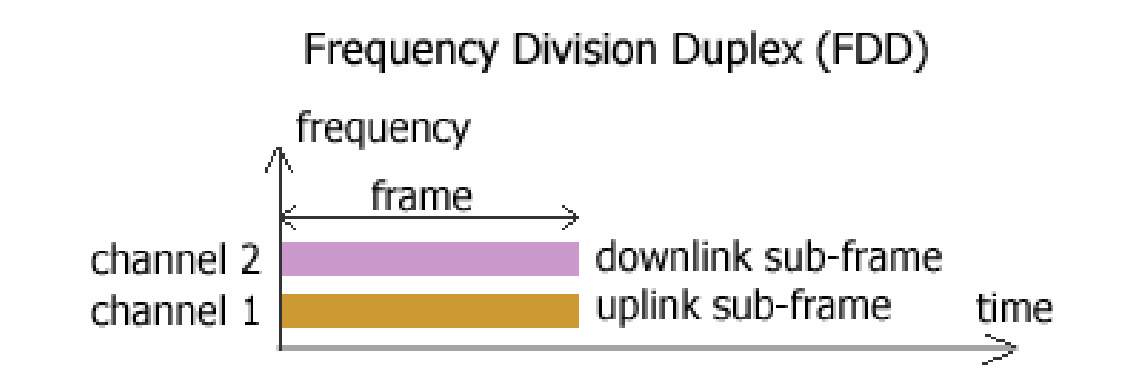

Figura 2.12 FDD *Frecuency Division Duplex*[73]

En la comunicación FDD se considera la presencia de una banda de guarda para evitar la interferencia entre la señal que se transmite y se recibe.

Las bandas son asignadas por los entes reguladores; en la tabla 2.1 se muestra tal distribución para LTE.

Banda de operación E-UTRA	**Banda de operación *uplink* BS → UE**	**Banda de operación *downlink* BS → UE**	**Canales Ancho de Banda (MHz)**
1	1920 MHz 1980 MHz	2110 MHz-2170MHz	5,10,15,20
2	1850MHZ-1910MHZ	1930MHZ-1990MHZ	1.4,3,5,10,15,20
3	1710MHz-1785MHz	1805MHz-1880MHz	1.4,3,5,10,15,20
4	1710MHz-1755MHz	2110MHz-2155MHz	1.4,3,5,10,15,20
5	824MHz-849MHz	869MHz-894MHz	1.4,3,5,10
6	830MHz-840MHz	875MHz-885MHz	5,10
7	2500MHz-2570MHz	2620MHz-2690MHz	5,10,15,20
8	880MHz-915MHz	925MHz-960MHz	1.4,3,5,10
9	1749.9-MHz-1784.9MHz	1844.9MHz-1879.9MHz	5,10,15,20
10	1710MHz-1770MHz	2110MHz-2170MHz	5,10,15,20

[73] http://www.conniq.com/WiMAX/tdd-fdd.htm

Banda de operación E-UTRA	Banda de operación *uplink* BS → UE	Banda de operación *downlink* BS → UE	Canales Ancho de Banda (MHz)
11	1427.9MHz-1452.9MHz	1475.9MHz-1500.9MHz	5,10,15,20
12	698MHz-716MHz	728MHz-746MHz	1.4,3,5,10,
13	777MHz-787MHz	746MHz-756MHz	1.4,3,5,10
14	788MHz-798MHz	758MHz-768MHz	1.4,3,5,10
17	704MHz-716MHz	734MHz-746MHz	1.4,3,5,10

Tabla 2.1 Bandas de frecuencia FDD[74]

2.6.2. TDD

En este modo los enlaces ascendentes y descendentes utilizan una sola frecuencia por lo tanto el transmisor y el receptor envían información en tiempos diferentes. TDD es muy utilizado para comunicaciones asimétricas. La tabla 2.2 muestra las bandas asignadas para TDD:

Banda de operación E-UTRA	Banda de operación	Canales Ancho de banda (MHz)
33	1900 MHz – 1920 MHz	5,10,15,20
37	1910 MHz – 1930 MHz	5,10,15,20
39	1880 MHz - 1920 MHz	5,10,15,20
34	2010 MHz - 2025 MHz	5,10,15
38	2570 MHz - 2620 MHz	5,10
40	2300 MHz - 2400 MHz	10,15,20
35	1850 MHz - 1910 MHz	1.4,3,5,10,15,20
36	1930 MHz - 1990 MHz	1.4,3,5,10,15,20

Tabla 2.2 Bandas de frecuencia TDD[75]

[74 , 25] 3GPP TS 36.101 Release 8.4.0

2.7. SISTEMAS MULTIANTENA[76]

Uno de los esquemas multiantena que LTE utiliza es MIMO (*Multiple Input Multiple Output*), con lo que aprovecha la propagación multitrayecto para aumentar la tasa de transmisión de datos, disminuir los errores y obtener un mejor alcance.

MIMO se ha definido de varias maneras: como dos o más señales de radio diferentes, en el mismo canal de radiotransmisión, donde cada señal lleva distinta información digital y/o como dos o más señales de radio que utilizan formación de un haz, combinación de recepción y multiplexación espacial.

MIMO se estandarizó en el 3GPP *Release* 6, y se desarrolló aún más en el *Release* 7 con multiplexado especial para HSPA+.

Con MIMO, el uso de múltiples antenas tanto en el transmisor como en el receptor permite:

- Un aumento sustancial de las tasas máximas de datos.
- Eficiencia espectral significativamente mayor, especialmente en entornos de baja interferencia.
- Mayor capacidad del sistema (número de usuarios).

Sobre la base de resultados de simulación presentados en el informe, *MIMO Transmission Schemes for LTE and HSPA Networks,* se demostró que el esquema de transmisión relativamente sencillo de MIMO basado en un circuito cerrado de 2x2, transmitiendo los equipos de usuario a bajas velocidades, puede incrementar la eficiencia espectral en *downlink* en un 20 % respecto de la transmisión con una sola antena.

[76] www.3gamericas.org

Configuraciones de antena más avanzadas pueden proveer beneficios significativos para los usuarios que recibirían una señal fuerte, incluyendo los que se encuentran el los bordes de la celda.

Los operadores de redes inalámbricas ven la necesidad de emplear MIMO debido a sus ventajas. Los sistemas inalámbricos que utilizan MIMO representan una forma económica de aumentar la capacidad, el rango y la velocidad de transmisión al usuario en una variedad de entornos, entre los cuales los más notables son los entornos cerrados y con baja interferencia de radio, como las celdas pequeñas y / o aisladas.

Entre las configuraciones que puede tener MIMO están:

- ***Single Input Single Output*** **(SISO)**

Es la tecnología de antenas más simple, en esta configuración tanto el transmisor como el receptor tienen solo una antena; en ciertos entornos es vulnerable a los problemas causados por los efectos multitrayectoria.

- ***Multiple Input Single Output (*** **MISO)**

En este tipo de configuración MIMO, el transmisor tiene varias antenas para transmisión y una para recepción.

- ***Single Input Multiple Output (*****SIMO)**

En este caso el transmisor tiene una antena en el transmisor y varias en el receptor.

- ***Multiple Input Multiple Output (*** **MIMO)**

MIMO emplea varias antenas en el transmisor y en el receptor, relacionando la capacidad de transmisión con el número de antenas instaladas.

MIMO se estandarizó en el 3GPP *Release* 6 (Rel-6), y se desarrolló aún más en el Rel-7.

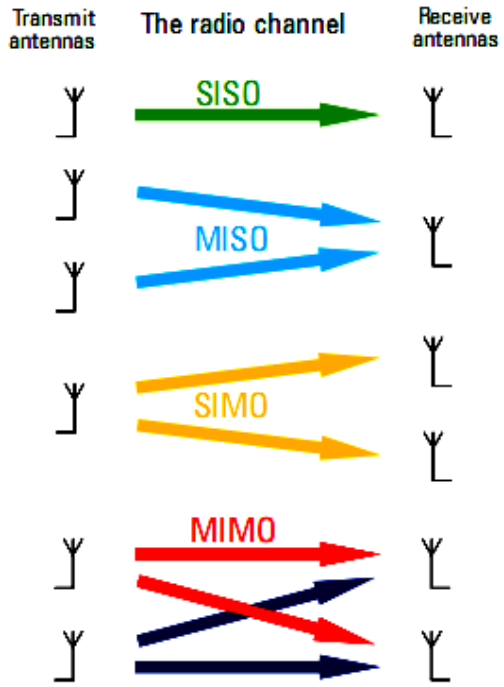

Figura 2.13 Técnicas de antenas[77]

2.8. MIGRACIÓN DE LAS OPERADORAS HACIA LTE DESDE EL PUNTO DE VISTA TECNOLÓGICO

2.8.1. CONECEL S.A.

Considerando los procesos migratorios que ha tenido CONECEL S.A. se puede deducir que su intención es continuar por el camino de evolución de las tecnologías GSM lo que implica una futura implementación de LTE, además de la tendencia migratoria que muestran las operadoras a nivel mundial.

Para pensar en una migración a LTE es importante analizar los aspectos regulatorios, tecnológicos y de mercado.

LTE tal y como se la muestra no puede ofrecer servicios de voz ni SMS, a pesar de no ser un problema a corto plazo, se debe tener en cuenta que el mayor ingreso económico que tienen los operadores se debe al servicio de voz.

[77] http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf

CONECEL S.A. como muchas otras operadoras a nivel mundial debe iniciar sus servicios con redes LTE basado en la oferta de servicios de datos de alta velocidad.

Desde el punto de vista tecnológico, una de las mejores posibilidades de migración se la puede realizar mediante la opción definida como *Circuit Swicth Fall Back* (CSFB), antes de pensar en implementar una red IMS debido a que el operador puede ofrecer servicios de voz con redes 2G / 3G mediante el uso de redes LTE, lo que significa el ahorro en la implementación de una red IMS.

Otra opción que tiene CONECEL S.A. es adoptar lo que presenta T-Mobile, denominada VOLGA[78] que también es un paso intermedio hacia el establecimiento de una red IMS.

La figura 2.14 muestra la opción de evolución desde GSM hacia LTE.

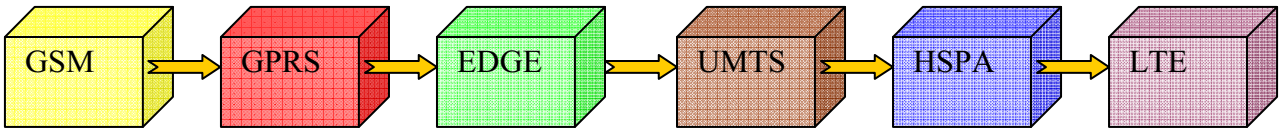

Figura 2.14 Evolución desde GSM hacia LTE[79]

2.8.2. OTECEL S.A.

MOVISTAR inició sus operaciones en abril del 2005 con la adquisición del 100 % de las acciones de OTECEL S.A. concesionaria del servicio de telefonía móvil desde 1993; inició en el Ecuador con tecnología AMPS, luego migró a TDMA y actualmente brinda sus servicios con redes CDMA 2000 1xRTT, GSM y UMTS.

---

[78] VOLGA.- *Voice Over LTE via Generis Access.*
[79] http://unite.nokiasiemensnetworks.com/efficiency

Al igual que CONECEL S.A. tiene la opción de migrar hacia UMTS mediante las opciones definidas como *Circuit Swicth Fall Back* (CSFB) y VoLGA, antes de pensar en implementar una red IMS.

Para una conexión entre redes CDMA y LTE, la operadora debe mejorar su núcleo de red con lo que se denomina e-HRPD, y así tener la factibilidad técnica de interactuar con LTE; procedimiento que se detalla en el literal 2.9.2.

2.8.3. TELECSA S.A.

TELECSA S.A. al igual que OTECEL S.A. brinda servicios de telefonía con dos tipos de tecnologías, CDMA y GSM, pero la migración de esta operadora a LTE se puede dificultar debido a que su red GSM no es propiedad de la operadora estatal.

La integración de redes CDMA a LTE es uno de los caminos que los operadores CDMA seguro elegirán para presentar servicios de cuarta generación y una de las razones por la cual se considera que las redes CDMA migrarán hacia LTE es la gran adherencia que los usuarios tienen hacia las redes GSM/UMTS.

Para la migración de su red CDMA la operadora debe mejorar la red CDMA con la implementación de un núcleo de red basado en e-HRPD, y así relacionar la red CDMA con LTE.

2.9. MIGRACIÓN A LTE

Para migrar hacia LTE los operadores tienen varias opciones a tener en cuenta y estas son:

- Implementar servicios de datos con tecnología LTE.
- Implementar redes de voz y datos con tecnología LTE.

Las probabilidades de implementar LTE en el orden establecido anteriormente son altas debido a la factibilidad técnica que ello representa. Además iniciar una

migración a LTE con servicios de datos hace que el operador adquiera la suficiente experiencia de mercado como para proceder a implementar un núcleo de red que brinde VoIP.

Una de las opciones para brindar VoIP, es la implementación de una red IMS que en actualmente no tiene un soporte económico que justifique tal inversión, sin embargo se debe considerar que en el futuro se debe implementar este tipo de red, debido a la amplia gama de servicios IP que se pueden ofrecer.

Existen dos formas de ofrecer servicios de voz mediante una red IMS; la primera se denomina *One Voice* en la que se agrupan varios operadores a nivel mundial como Telefónica, Orange o AT&T. La segunda opción se denomina VoSoIMS[80].

En la figura 2.15 es un diagrama circular con porcentajes, que muestra la tendencia tecnológica latinoamericana para implementar servicios de voz y SMS.

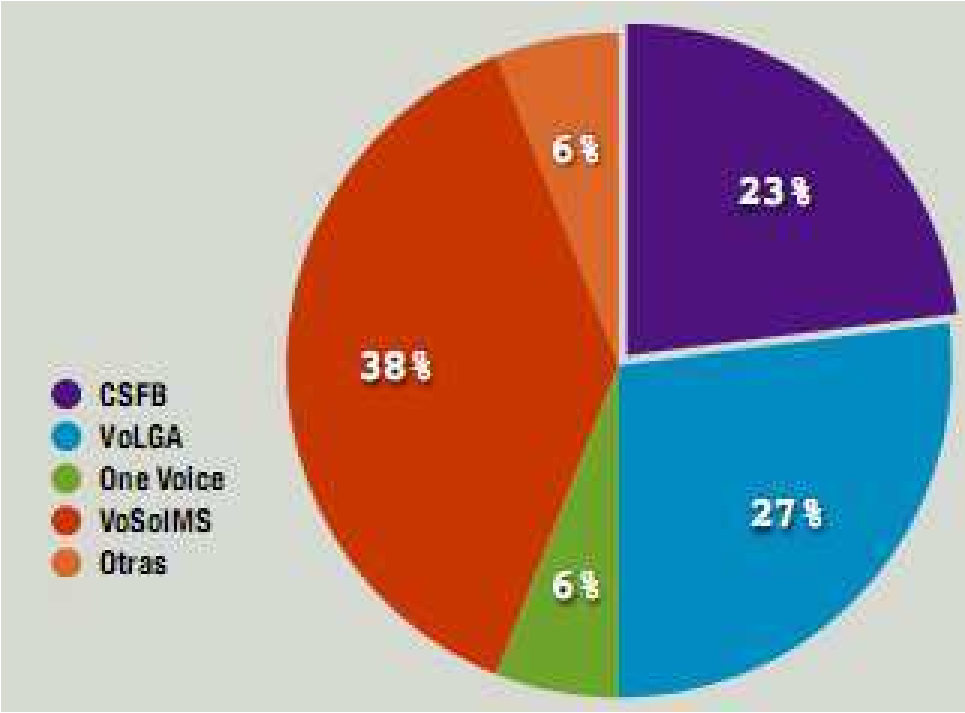

Figura. 2.15 Opciones para la oferta de voz y SMS sobre LTE[81].

[80] VoSoIMS.- *Voice and SMS over IMS*
[81] JUNQUERA Rafael. LTE en Latinoamérica, Marzo 2010,

Desde el punto de vista de terminales de usuario lo primero que se debe hacer, es ofrecer módems USB para acceder a redes de datos con tecnología LTE, ya que este tipo de dispositivos son más baratos y no requieren de una gran inversión en comparación a la producción de *smarthphones* o *laptops*.

2.9.1. MIGRACIÓN DE REDES GSM A LTE

Como se ha manifestado anteriormente es importante iniciar con servicios de datos con tecnología LTE pero paralelamente se presenta la inminente necesidad de acceder a servicios que ofrecen redes basadas en conmutación circuitos, por lo que se tienen dos opciones denominadas intermedias.

- *Circuit Switched Fall Back* (CSFB)

- *Single Radio Voice Call Continuity* (SR-VCC).

2.9.1.1. Circuit Switched Fallback (CS Fallback)

Se lo considera como una primera fase para brindar servicios de voz, en este proceso los terminales de usuario LTE accede a servicios de redes 2G/3G como por ejemplo GSM.

Para establecer este procedimiento es necesario que elementos de red como *Mobility Management Entity* (MME) y *Mobile Switching Center* (MSC) / *Visiting Location Register* (VLR), tengan capacidad de interconexión.

Cuando un usuario se comunica con la red LTE, la misma realiza una transferencia de la posición a la red de conmutación de circuitos, anunciando la presencia de un terminal en la red CS a través de la red LTE.

El usuario envía un indicador *CS Fallback* a MME el cual realiza una actualización de la posición a la MSC / VLR mediante la interfaz SGs

El usuario realiza una petición de acceso al servicio de voz al *eNode B*, el que realiza el proceso de traspaso a la red de destino y por lo tanto el usuario establece la llamada. Una vez que se termina la llamada el usuario puede acceder nuevamente a la red LTE. Tal proceso se muestra en la figura2.16

Figura. 2.16 Establecimiento de una llamada basado en el proceso CS *fallback*[82]

Si en una sesión de paquetes se presenta una llamada y el sistema CS tiene la capacidad de mantener sesiones de datos, es ésta la que soporta la transferencia de paquetes.

Si el sistema de destino no soporta datos y voz simultáneamente la sesión de datos se suspende durante la sesión de voz. Esto sucede cuando un usuario LTE se mueve a una GERAN que no soporta las dos sesiones denominado *Dual Transfer Mode* (DTM).

Ventajas de implementar un *fallback handover:*

- No es necesario implementar QoS en LTE debido a que este factor importante de las redes ya se encuentra establecido en las redes 2G/3G.

- No se requiere implementar una red IMS para brindar el servicio de voz debido a que este servicio es ofrecido por las redes 2G/3G.

[82] HARRI Holma TOSKALA Antti, LTE for UMTS OFDMA and SC-FDMA Based Radio Access, John Wiley & Sons Ltd., 2009

Para brindar servicios de voz utilizando *CS fallback* es necesario que:

- Los operadores comercialicen dispositivos móviles que soporten dicha técnica.

- Actualizar sus MSCs para que soporte la interfaz SGs que es utilizada para proporcionar una conexión lógica entre MSC y MME de LTE.

- Se requiere adicionar una nueva interfaz en SAE denominada SGs. Esta interfaz es el punto de referencia entre la MME y el servidor MSC. Dicha interfaz es utilizada para la gestión de la movilidad y los procedimientos de *paging* entre EPS y el dominio CS, y se basa en los procedimientos de interfaz Gs.

2.9.1.2. Single Radio Voice Call Continuity (SR-VCC)

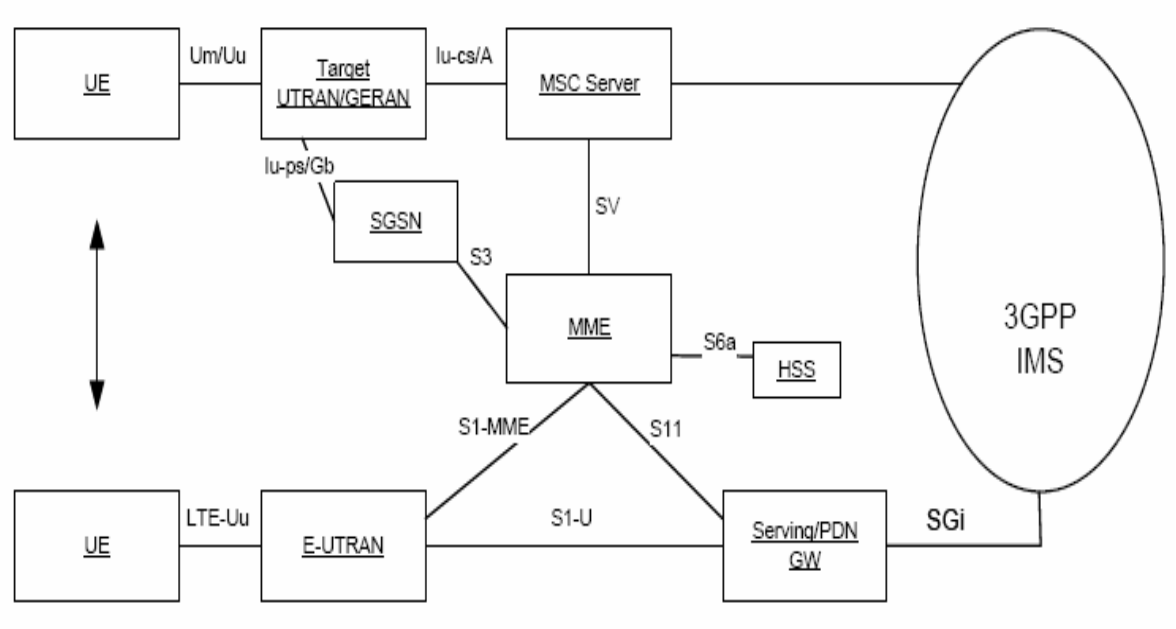

Figura 2.17. Redes con soporte SR-VCC[83].

[83] http://www.mbcom.cn/Feature/ShowArticle.aspx?ID=1352

La figura 2.17 muestra la estructura de las redes con soporte SR-VCC en la que se puede observar la interconexión entre elementos de redes 2G / 3G como UTRAN - GERAN y elementos de red 4G como E-UTRAN interconectados mediante SGSN y MME.

Permite realizar *handover* desde la red LTE hacia redes GSM, WCDMA o CDMA, y se la considera como la capacidad de transición que implementa servicios de voz usando redes IMS pero que carecen de una total cobertura LTE.

El objetivo principal de SR-VCC es proporcionar un servicio continuo lo cual significa que al pasar de una red 2G/3G a LTE o viceversa continúe la comunicación y el respectivo servicio de tal forma que este cambio o al menos la continuidad de la sesión sea transparente para el usuario.

Al proporcionar un servicio continuo se considera que todos los servicios sigan funcionando a pesar que alguno de ellos se encuentre comprometido en su continuidad.

Para realizar el *handover* entre las redes es necesario que MSC sea capaz de soportar el procedimiento SR-VCC que incluye el establecimiento de la interfaz Sv.

Esta solución es denominada *Single Ratio Solution* debido a que no requiere que el terminal de usuario sea capaz de acceder simultáneamente a dos señales de diferentes tecnologías.

La arquitectura de red LTE junto a redes 2 G y 3G se muestran en la figura 2.18 en la que se pueden apreciar la interfaces que se deben implementar para dar soporte a *handover* entre redes 2G/3G y LTE.

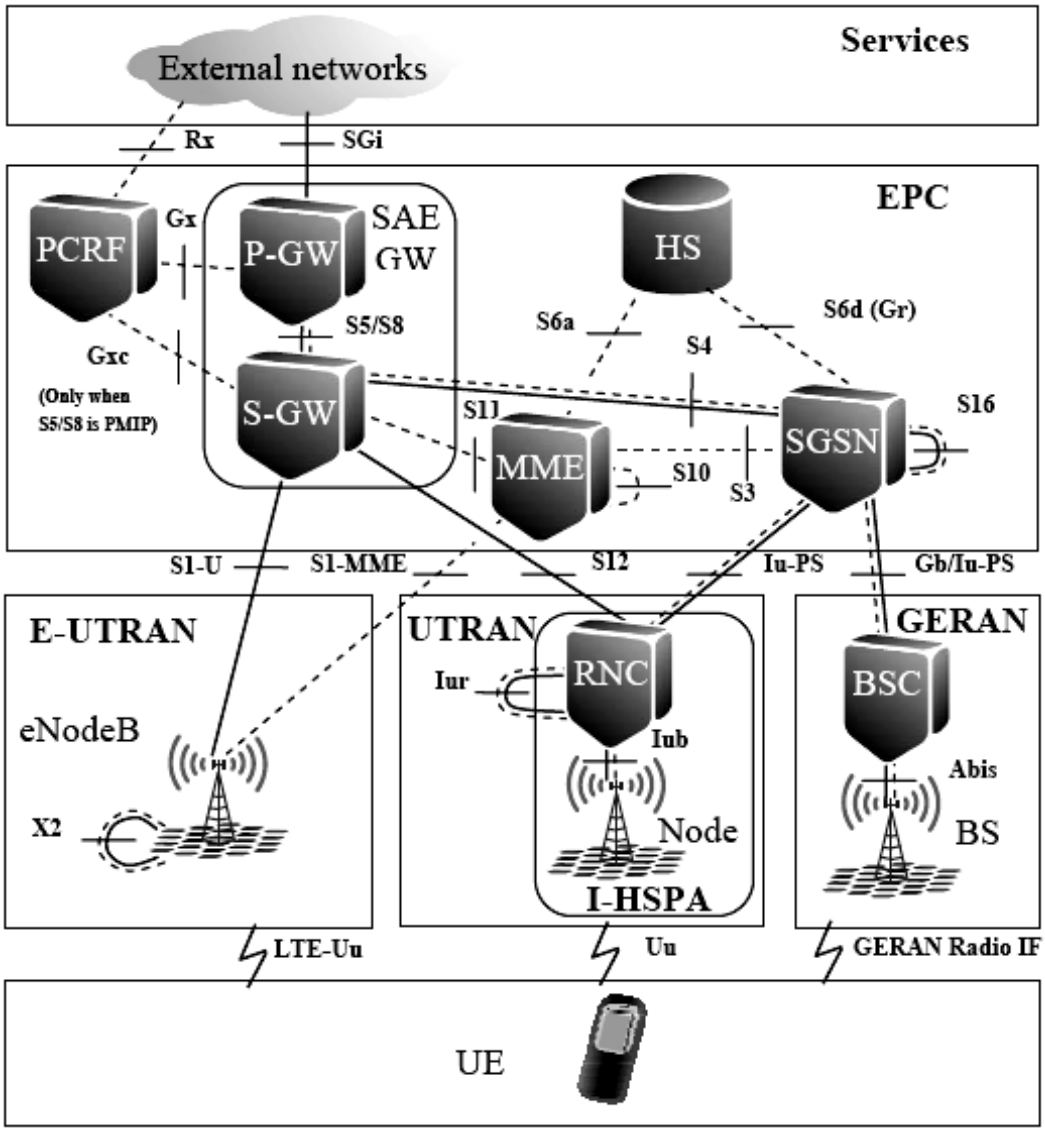

Figura 2.18 Arquitectura de red LTE con accesos de red 3GPP[84].

2.9.1.3. VOLGA Voice Over LTE via Generic Access.

Esta opción tiene como objetivo facilitar a los operadores brindar servicios de voz y servicios de mensajería.

La solución propuesta por el VoLGA *Forum*, *Voice over LTE Generic Access*, la cual permite voz y SMS sobre LTE sin necesidad de desplegar IMS considera que se debe realizar la instalación de un nuevo elemento de red denominado VANC,

[84] HARRI Holma TOSKALA Antti, LTE for UMTS OFDMA and SC-FDMA Based Radio Access, John Wiley & Sons Ltd., 2009

VoLGA Access Network Controller, que será el núcleo de red de GSM-UMTS y que VANC se comporte como una BTS (*A-mode*) o RNC (*Iu-mode*)

VANC es una modificación de 3GPP *Generic Access Network Controller* (GANC) que soporta servicios de conmutación de circuitos mediante LTE mediante la utilización de un túnel IP.

En la figura 2.19 se muestra la estructura de la red usando la solución VOLGA donde se muestra un nuevo elemento denominado VANC y la interconexión con los demás elementos que ya existen en las redes GSM y UMTS.

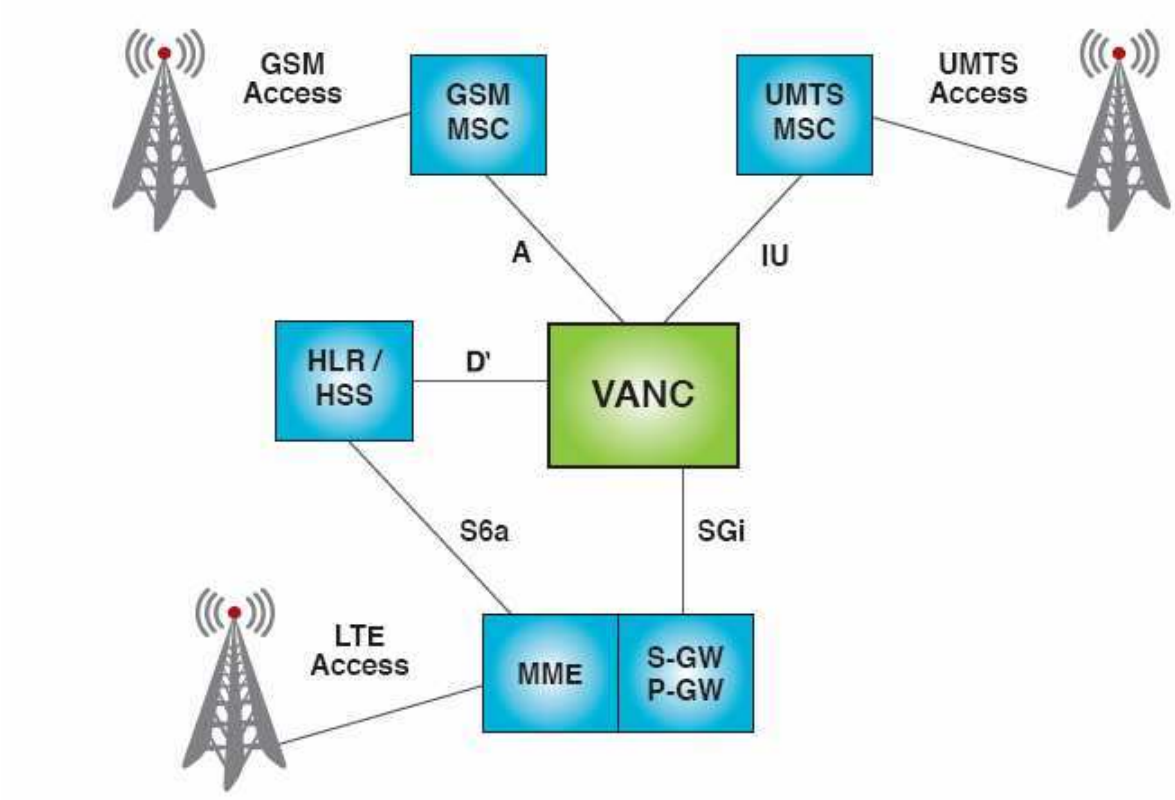

Fig. 2.19. Arquitectura de red utilizando la solución VOLGA[85]

Desde el lado de LTE, VANC se conecta a *Packet Data Network Gateway* (P-GW) mediante la interface SGi, en la que se envían los datos de usuario (paquetes de voz); VANC es un nodo que es transparente para el EPC de la red LTE.

[85] http://www.kineto.com/pdf/downloads/2009_MartinSauter_VOLGA.pdf

Desde el punto de vista de las redes de conmutación de circuitos la interfaz A es utilizada para conectar el VANC a la MSC *Mobile Switching Center* de GSM. La inteface Iu es usada para conectar al nodo VANC con la RNC de UMTS .

Las interfaces A e Iu al ser conectadas directamente al nodo VANC, es una conexión transparente para los elementos de las redes GSM y UMTS por lo que estos nodos no necesitan ser modificados.

El método VOLGA dentro de 3G fue detenido en marzo del 2009 por lo que no se presenta como una alternativa de migración hacia LTE.

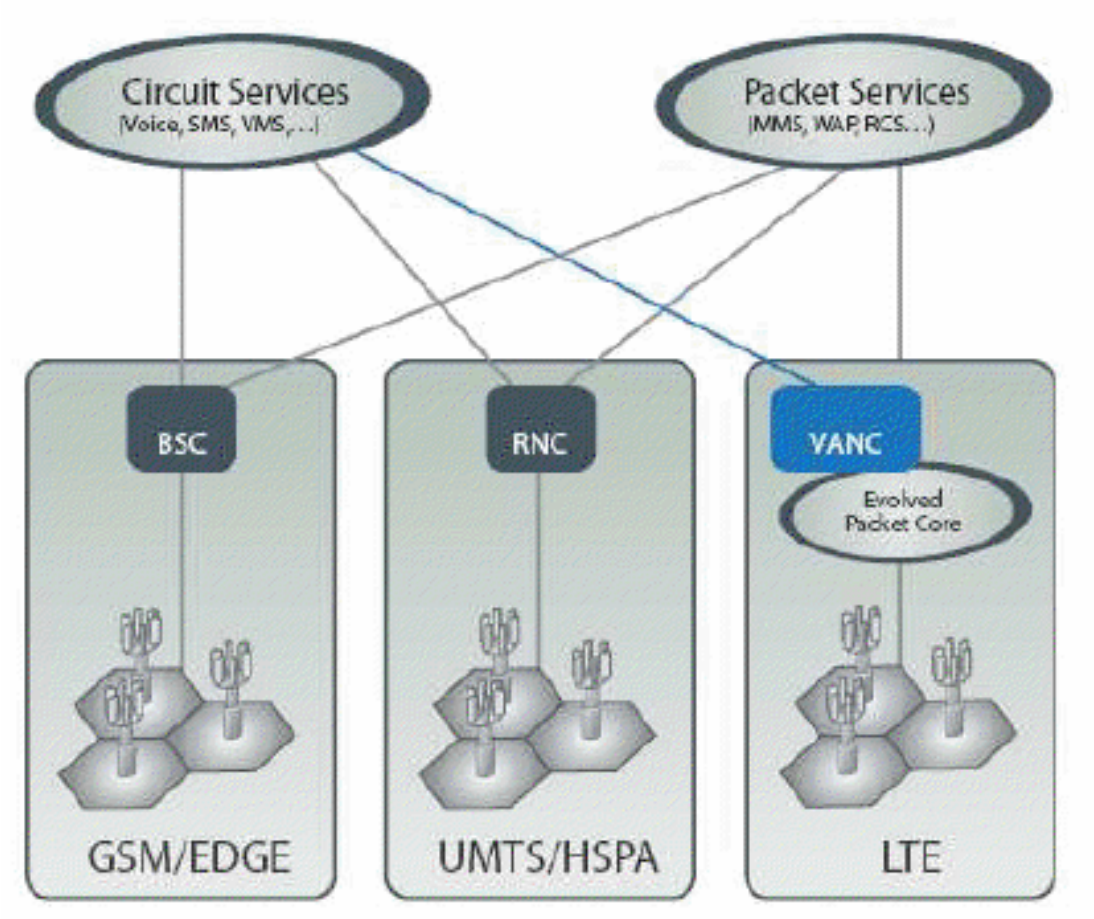

Figura 2.20 Utilización de VANC en la solución VOLGA [86]

[86] http://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:5U0fQP4PZgoJ:www.conecta2009.cl/presentaciones/jesus-garcialoire.pdf+CS+FALLBACK+VOZ+EN+LTE&hl=es&gl=ec&pid=bl&srcid=ADGEESgez3uOYOCkzvnRWv2Lno5M4ouHqOmEI3aCnlTJUoSfo0_2VmkMX4HGRzvCagixB14y30sUZi5QHoNHxpjMYdeP558aPZ5U7W0nsNNU4MH87gb0S_GvkwnE_0isLpGvWsr8Ne&sig=AHIEtbS4bWr9uNWsfWg0GfHgd_FcFNF0Dg

Ventajas

- Los operadores no deben realizar cambios en sus arquitecturas de red, ya sean GSM o UMTS, lo cual agilita una rápida implementación de VOLGA debido a que todo se centra en el *VOLGA Access Network Controller* (VANC)

- El usuario puede acceder a otros servicios de conmutación de circuitos entre ellos SMS.

Desventajas

- Esta solución no esta estandarizada totalmente y el organismo 3GPP no trabaja actualmente en el desarrollo de esta solución.

2.9.1.4.ONE VOICE

Se denomina así al grupo de operadores (AT&T, Verizon, TeliaSonera, Telefónica, Vodafone y Orange) que han decidido que la mejor opción para brindar servicios de voz y SMS con LTE se la puede hacer mediante una red IMS.

IMS es una solución más compleja pero más segura debido a que esta arquitectura de red es patrocinada por el 3GPP/3GPP2 con el apoyo de los principales organismos de estandarización entre ellos ITU y ANSI.

- ***IP Multimedia System* IMS**

Son redes capaces de brindar servicios multimedia fijos y móviles además se muestran como una arquitectura independiente de la red de acceso por lo que puede ser usada por otras redes de acceso radio o redes inalámbricas.

IMS es utilizado para brindar varios servicios (voz, datos, video, etc) mediante la utilización del protocolo IP (*Protocol internet*) para el transporte de la información y el protocolo de inicio de sesión SIP para la señalización.

Para implementar IMS y brindar servicios como VoIP y SMS con LTE deben optar por lo que se llama *One Voice Initiative* lo cual fue aprobado como VoLTE pero debido a su grado de avance es una de las opciones que lejanamente estará al servicio de los operadores como una alternativa de solución.

IMS actualmente no es suficiente robusta como para pensar en un despliegue por parte de las operadoras de telefonía celular.

Para ofrecer los servicios en IMS los operadores deberán actualizar sus UICC *Universal Identity Cryptographic Computer*, algunos operadores lo hacen mediante la actualización de la tarjeta USIM y ISIM en el proceso conocido como *Over-the-Air activation* (OTA).

- **Elementos de red que se modifican en la migración GSM a LTE**

Para realiza un análisis de los elementos de red que cambian en un eventual proceso de migración es necesario mostrar los dos tipos de infraestructura que las dos tecnologías poseen, a pesar que LTE es una evolución de las redes GSM sus arquitecturas son totalmente diferentes. La figura 2.21 muestra la arquitectura GSM.

Para llegar a una migración hacia redes LTE desde redes GSM, se debe implementar una infraestructura total de LTE, lo que concierne un alto costo, que no es recomendable. Es una mejor opción primero evolucionar hacia redes GPRS, EDGE, UMTS, HSDPA, HSUPA, HSPA+ y LTE a través de los diferentes *Releases* en los cuales las arquitecturas de red se modifican y llegan progresivamente hacia el *Release* 8 (LTE) de una manera menos compleja.

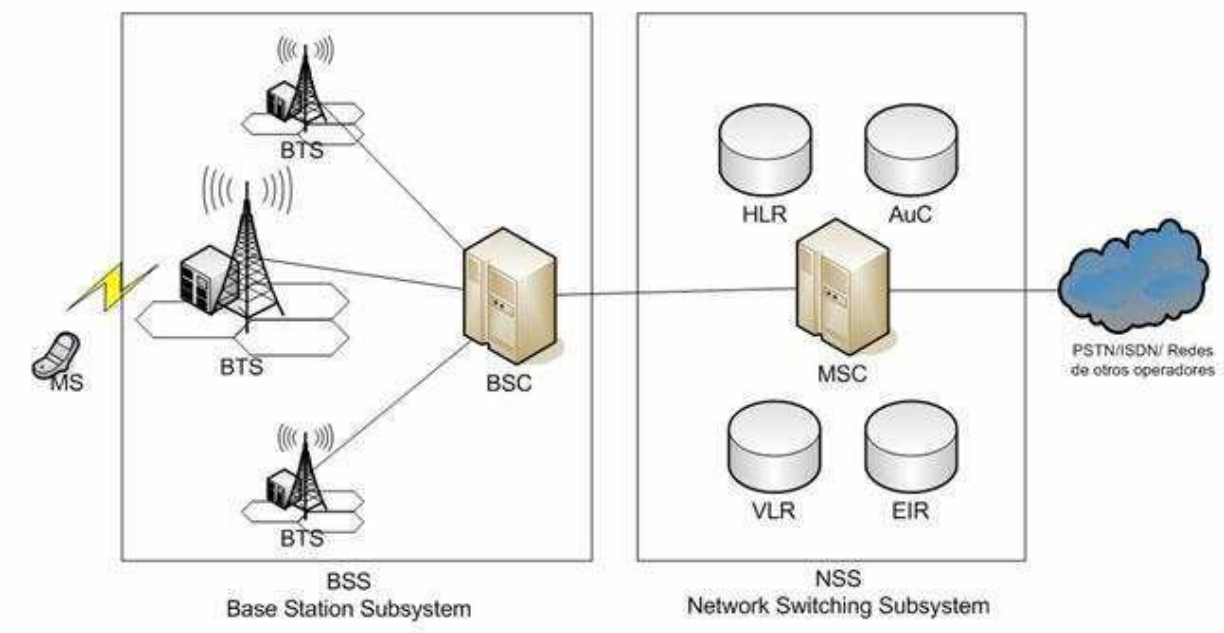

Fig.2.21 Arquitectura GSM[87]

Uno de los primeros pasos para la migración hacia redes LTE es actualizar las red GSM hacia GPRS para lo cual se presenta la arquitectura de una red GSM / GPRS

La arquitectura consiste en 2 nuevos nodos:

- GGSN (*Gateway GPRS Support Node*): interfaz con redes de datos externas

- SGSN (*Service GPRS Support Node*): la comunicación con las estaciones móviles

En esta arquitectura el MS (*Mobile station*) se conecta con la BTS y después con el BSC de la arquitectura GSM. El BSC se conecta con la SGSN y el SGSN está conectado con el GGSN.

[87] http://toip.uchile.cl/mediawiki/index.php/GSM

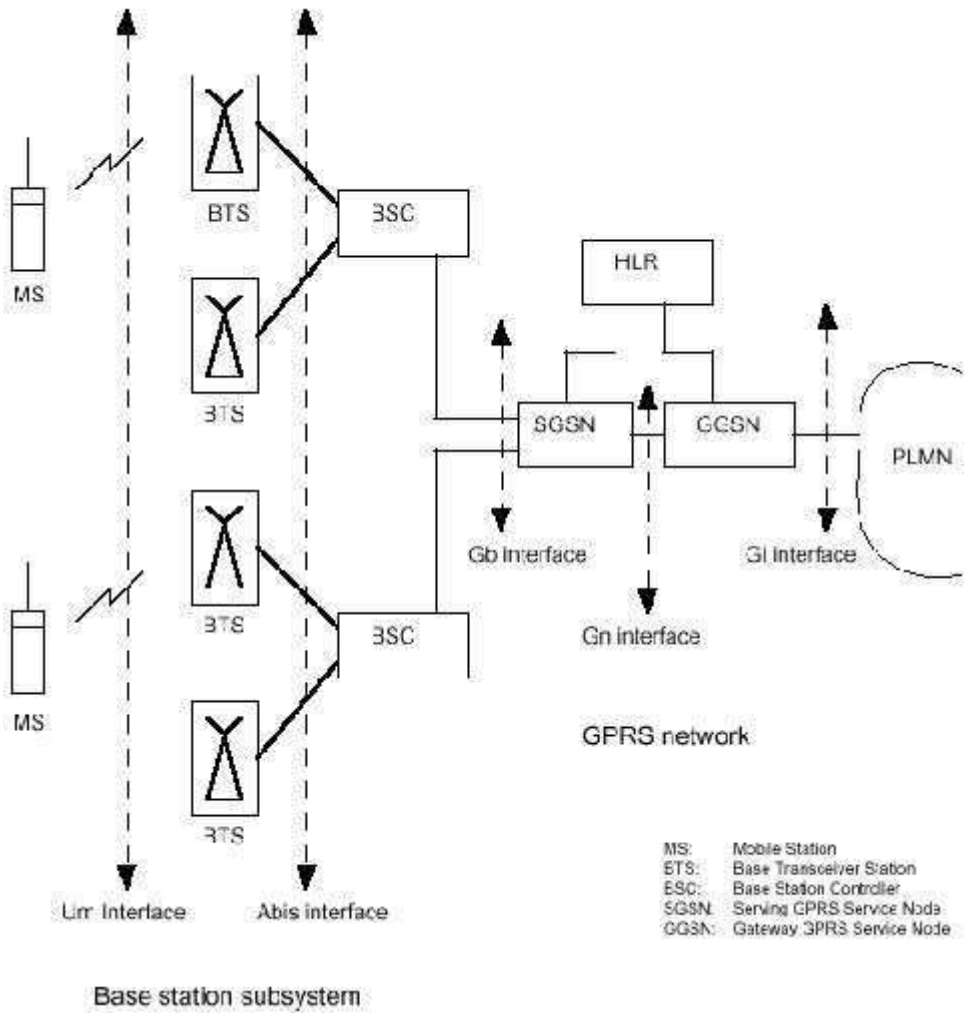

Fig. 2.22 Red GSM / GPRS.

En el proceso de mejora de la red GSM se puede implementar EDGE para así obtener mejores velocidades en la transmisión de información ya que utiliza mejores métodos de modulación.

La red UMTS es el siguiente paso en esta evolución y se la considera como una tecnología 3G y por lo tanto requiere una nueva arquitectura en la que se tienen los siguientes elementos de red: GGSN, SGSN, RNC, Node B.

En una eventual migración desde UMTS directamente hacia LTE se pueden mencionar algunas diferencias que se deben considerar en este proceso. La figura 2.23 muestra las dos tecnologías.

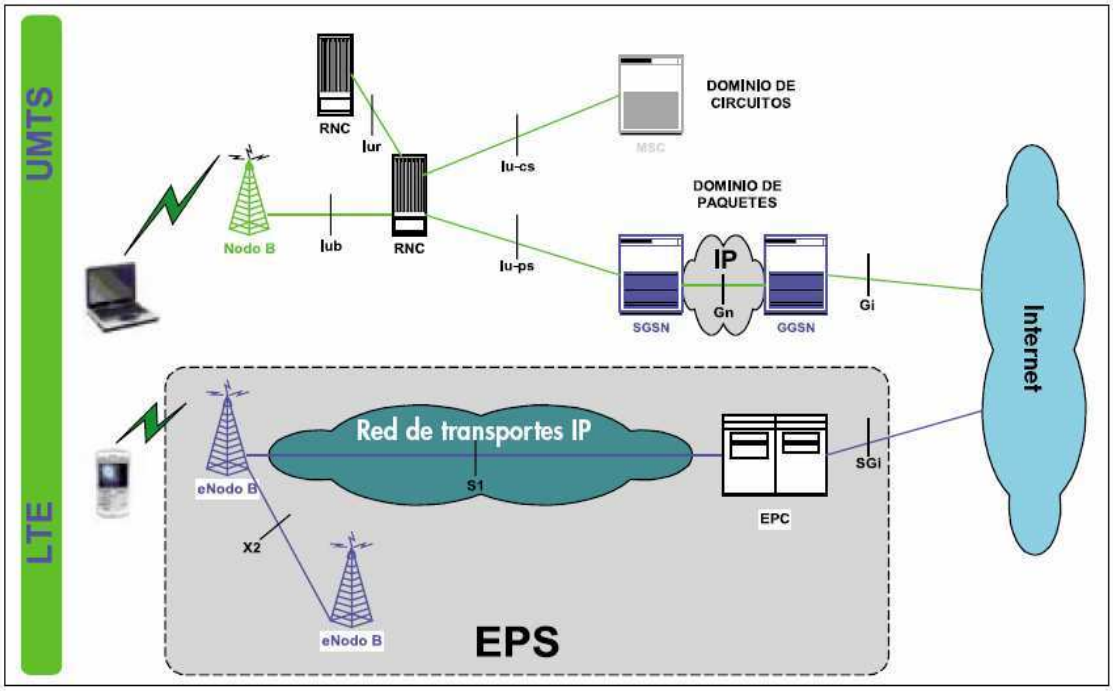

Fig.2.23 Diferencias entre la arquitectura LTE y UMTS *Release* 99[88]

LTE es una red con menor complejidad y mas optimizada para el funcionamiento debido que existen menos elementos de red en su arquitectura.

En UMTS la arquitectura de acceso radio o UTRAN (*UMTS Terrestrial Radio Access Network*) básicamente está compuesta por las Estaciones Base o nodos B, conectadas mediante el interface Iub al RNC (*Radio Network Controller*). Por su parte el RNC se conecta al Núcleo de Red mediante los interfaces Iu-CS e Iu-PS a los dominios de circuitos y paquetes respectivamente.

En LTE se propone la introducción de EUTRAN, cuya arquitectura se describe en las especificaciones técnicas 3GPP TS 36.300 y TS 36.401 y donde la diferencia más significativa con UTRAN es la eliminación de los RNCs al incorporar nodos B evolucionados a los que se les añaden las funcionalidades que hasta ahora realizaban estos.

[88] LTE/SAE, una apuesta segura en la evolución de las redes móviles, Alfonso Miñarro López. Ingeniero Técnico de Telecomunicación. Soporte Técnico de Núcleo de Red – Negocio Móvil – Telefónica España

LTE en comparación con la red UMTS, la red de radio es menos compleja ya que las funcionalidades del RNC son trasladadas a la estación base y otras hacia el *Core Network*. En LTE las estaciones base son denominadas *Enhanced NodeB* (eNodeB) que se conectarán a través del interface S1 al Núcleo de Paquetes evolucionado o EPC, mientras que mediante el interface X2 se interconectan con otros eNBs adyacentes para permitir el proceso denominado Inter-handover.

Desde el punto de vista del Núcleo de Red, si bien las redes precedentes al desarrollo de LTE son híbridas al disponer de los dominios de Conmutación de Circuitos y Paquetes, una de las novedades que presenta LTE consiste en que la convergencia de servicios de voz y datos mediante el transporte de todo tipo de tráfico mediante una arquitectura basada en IP, lo que supone la eliminación del dominio de Circuitos e incorpora el concepto de red plana.[89]

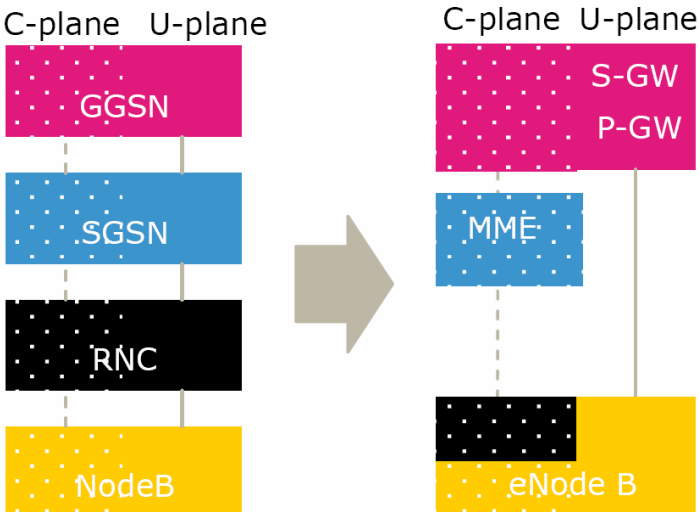

Fig. 2.24. Simplificación en la red -EPC[90]

Otro de los cambios que el operador debe hacer en el proceso de migración esta en el núcleo de red denominado EPC ya que el *Mobility Management Entity* (MME) asume el papel de la SGSN en el plano de control y el *Serving y PDN Gateways* en el plano de usuario eliminan a GGSN.

[89] LTE/SAE, una apuesta segura en la evolución de las redes móviles, Alfonso Miñarro López. Ingeniero Técnico de Telecomunicación. Soporte Técnico de Núcleo de Red – Negocio Móvil – Telefónica España
[90] Long Term Evolution Overview, Alcatel Lucent, Octubre 2008

El siguiente paso de migración que están realizando las operadoras a nivel mundial y las operadoras en nuestro país es la evolución de UMTS a HSDPA.

En redes UMTS / HSDPA, los cambios que se presentarían en la infraestructura de red en el proceso de migración hacia LTE se presentan en forma de bloques y se detallan en la figura 2.25.

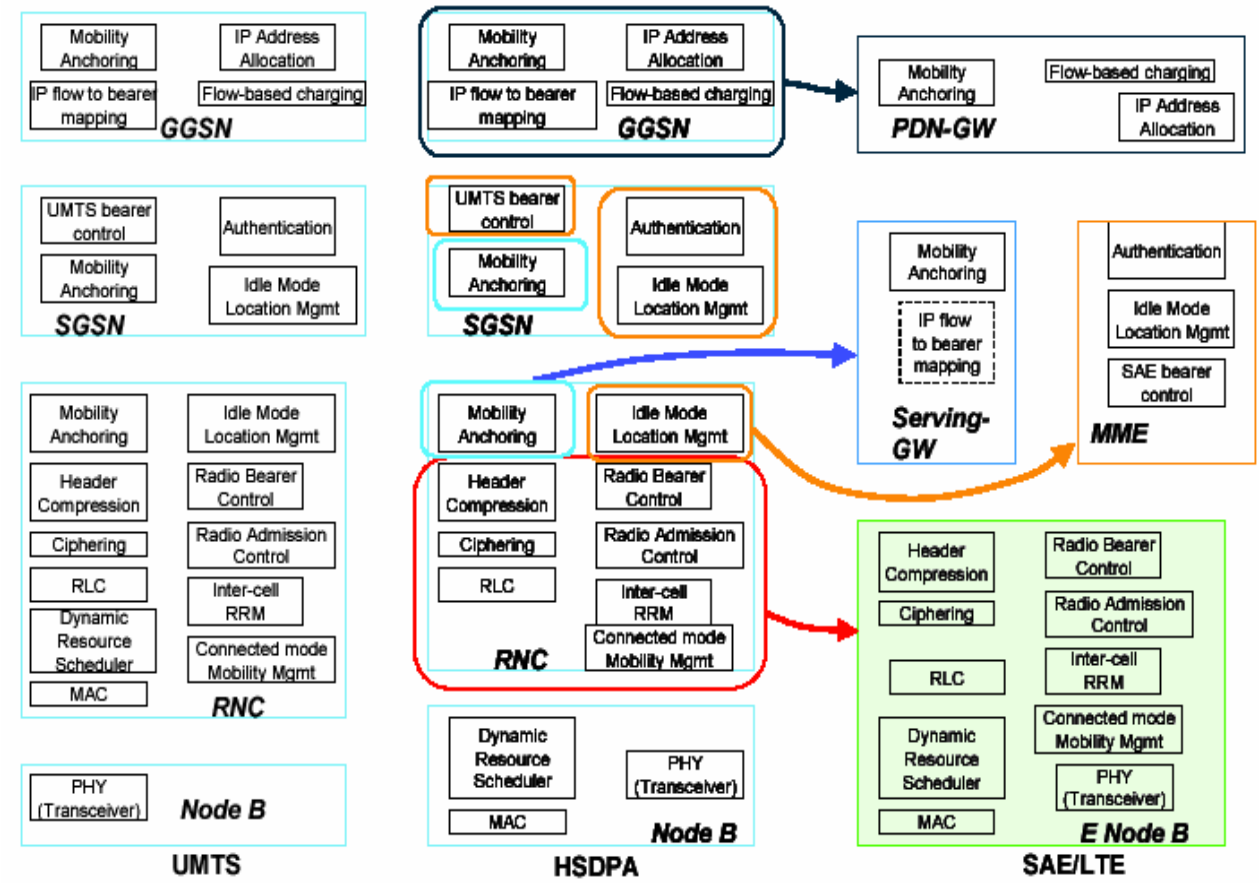

Figura. 2.25 Cambios en la arquitectura en la migración de UMTS a LTE[91]

Y desde esta estructura de red hacia LTE se tienen los siguientes cambios.

- **Núcleo de red.**

Las nuevas entidades denominadas *Serving GW* y MME agrupan funciones: *Mobility Anchoring* e *Idle Mode Location Mgmt* de la RNC de una red HSDPA

[91] http://business.motorola.com/experiencelte/pdf/UMTS_to_LTE_Migration.pdf

respectivamente. Además el *Serving Gateway* adquiere la funcion IP *Flow to Bearer Mapping* del GGSN y el MME las funciones de *Authentication* y el *UMTS Bearer Control* que ahora se denomina *SAE Bearer Control*.

PDN Gateway desarrolla las funciones: *Mobility Anchoring, Flor-based Charging e IP Address Location* ubicadas en la red HSDPA en el GGSN.

- **E Node B**

Este elemento importante de la red debe ser actualizado debido a que gran parte de las funcionalidades de RNC ahora son pasadas a este elemento.

- **Terminal de usuario**

El terminal de acceso o equipo de usuario debe ser capaz de soportar las interfaces aire de las tecnologías que el operador dispone

2.9.2. CONEXIÓN ENTRE REDES CDMA Y LTE

Las operadoras con tecnología CDMA 2000 1x RTT con servicios de voz también pueden tener inter funcionamiento con redes LTE mediante el procedimiento denominado *Virtual Call Continuity* (VCC)

La operadora OTECEL S.A. con tecnología CDMA 1xRTT para interactuar con redes LTE debe migrar primero a CDMA 1xEV DO y tomar las alternativas que se presentan a continuación.

La operadora TELECSA S.A. con tecnología CDMA 1xEV-DO tienen otras dos opciones para interactuar con redes LTE a pesar que ellas requieren una alta inversión en infraestructura.

- **SUPERPOSICIÓN**

Los operadores pueden implementar una red LTE completa como una segunda red a la red existente. Sin embargo, esto será muy costoso y sin embargo los dispositivos sufren una pérdida de continuidad en sesiones.

- **UMTS**

Debido a la red UMTS que poseen los operadores esta es una de las principales opciones que tiene a disposición y desde allí migrar hacia LTE; sin embargo el problema se presenta en la continuidad en la sesión que deben tener los terminales.

- **e- HRPD**

Para evolucionar desde CDMA a LTE un primer paso es migrar desde HRPD a e-HRPD

Una de la soluciones técnicas es la implementación de e-HRPD (*Evolved High Rate Packet Data*) pero se presenta el problema de asignación del espectro si se implementa LTE en las frecuencias de 700 MHz o 2.6 GHz y CDMA en 800 MHz o 1900 MHz las cuales lamentablemente no se encuentran libres en el Ecuador.

La transición que deben realizar redes CDMA HRPD a LTE se la debe hacer en base a la actualización HRPD, lo cual representa la introducción de HRPD *Serving Gateway* (HSGW) que es un elemento que proporciona acceso entre el nodo de acceso HRPD y EPC de LTE

HRPD (*Evolved High Rate Packet Data*) es comúnmente conocido como 1xEV-DO. Es una tecnología inalámbrica de alta velocidad basadas en CDMA de datos desarrollada por Qualcomm. También es conocido como HDR (High Data Rate) o estándar IS-856.

En este proceso la operadora mejora su red CDMA al tener un núcleo de red basado en e-HRPD y así acceder y brindar servicios LTE.

La figura 2.26 muestra un esquema que relaciona las tecnologías LTE y HRPD/3GPP2

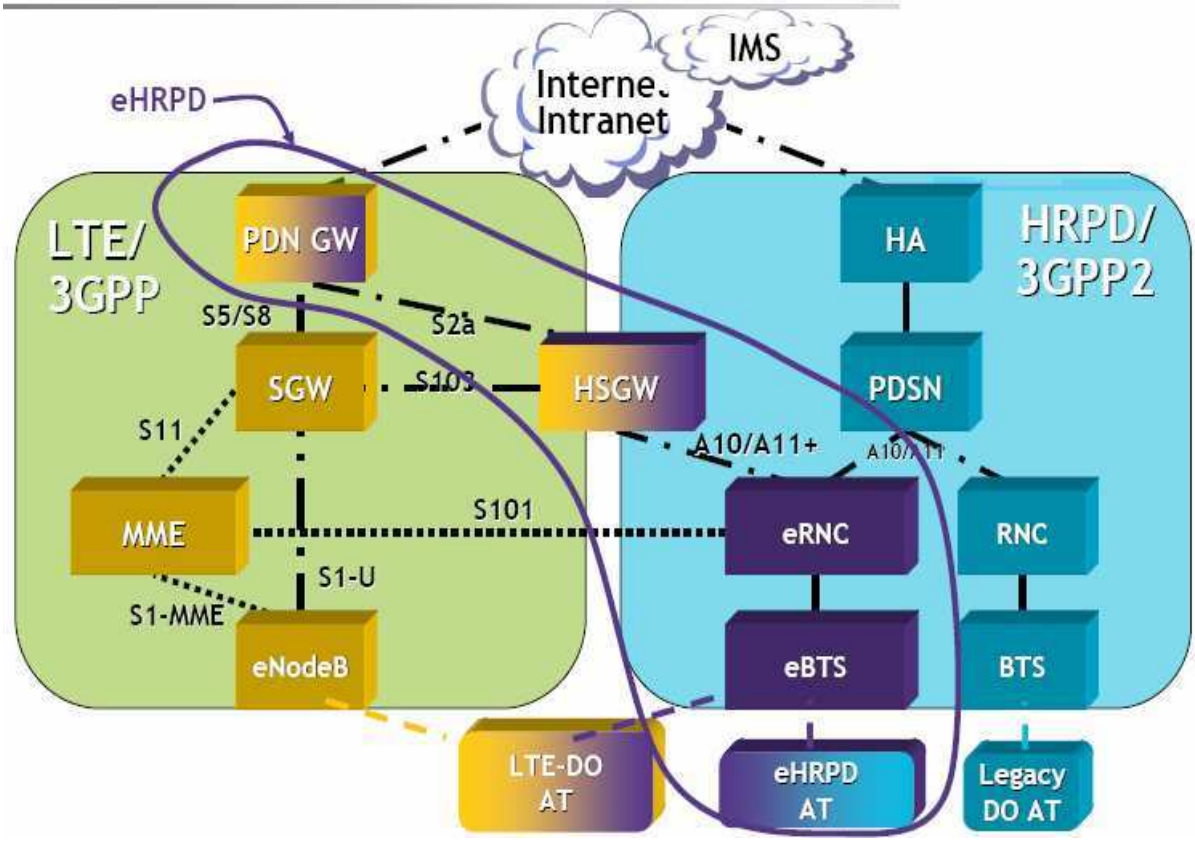

Figura. 2.26 Relación de las tecnologías LTE y HRPD/3GPP2[92]

Donde:

- AT: *Access Terminal*
- eRNC: *Enhanced RNC*
- HA: *Home Agent*
- HRPD: *High Rate Packet Data*
- HSGW: *HRPD Serving Gateway*
- PDSN: *Packet Data Serving Node*
- RNC: *Radio Network Controller*

- **Elementos de red a modificar en la conexión entre redes CDMA 1x EV-DO y LTE**

Como primer paso es la migración de la red HRPD a e-HRPD lo que significa.

[92] http://www.atis.org/lte/documents/Challenges%20of%20LTE%20Migration.pdf

- Introducir un *Seving Gateway HRPD (HSGW)* que proporcione interoperabilidad entre los nodos HRPD y PGW. Toma el papel de S-GW para E-HRPD.

- El nuevo e NodeB debe tener la capacidad de brindar soporte para la movilidad hacia e-HRPD.

- MME debe incorporar una interfaz nueva S101 para conectarse con en RAN HRPD.

- S-GW debe soportar una nueva interfaz aire S103.

- El terminal de acceso o equipo de usuario debe ser capaz de soportar dos interfaces aire

Luego de la evolución a e-HRPD se debe instalar RAN LTE (E-UTRAN) y el resto de elementos de EPC.

Uno de los fabricantes que se encuentra a la vanguardia del avance en infraestructura LTE es Motorota por lo que este fabricante presenta varios equipos para una óptima migración tecnológica hacia LTE.

Los operadores CDMA pueden realizar una migración hacia LTE, pero se debe considerar la instalación en su infraestructura de los elementos fundamentales de la red como por ejemplo EPC (MME, SGW y PDN-GW), lo que implica cambios en la configuración de las redes 1x /DO[93]a pesar que existen varias industrias de desarrollo tecnológico como Motorola que muestra facilidades para este cambio al producir y ofertar infraestructura.

[93] http://www.motorola.com

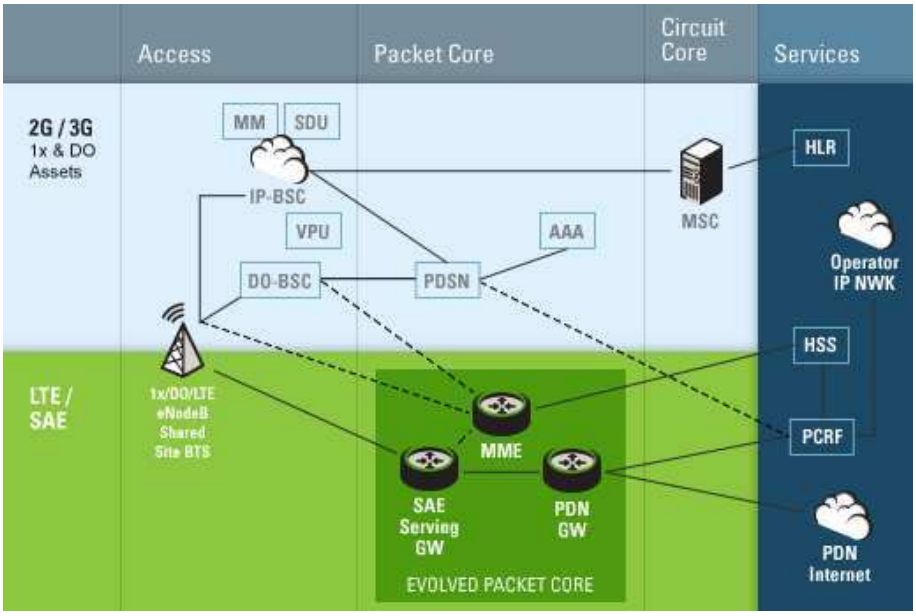

Figura 2.27 Migración de CDMA a LTE desde la perspectiva de MOTOROLA[94]

2.10. QoS EN EL EPS

Los diferentes servicios para el usuario, como la telefonía, requieren diferente tipo de QoS por lo que se requiere un servicio que lo diferencie en la red; por ejemplo se puede tener una llamada VoIP, navegación web y descargas de archivos simultáneamente, la llamada VoIP requiere mejor calidad de servicio, en términos de retardo, que la navegación web y la transferencia de archivos requiere una tasa de perdida de datos mucho más bajo.

Por lo tanto este nuevo sistema simplifica el manejo y caracterización de los parámetros que definen la QoS asociada a cada portadora.

En EPS los flujos QoS son llamados portadores EPS que se transmiten entre el plano de usuario y P-GW, por lo tanto cada IP QoS tiene una diferente portadora EPS lo cual permite priorizar los diferentes paquetes.

Un parámetro que define QoS es la velocidad de transmisión requerida. En base a esto se definen dos tipos de portadora GBR (*Minimum Guaranteed Bit Rate*) y

[94] http://business.motorola.com/experiencelte/lte-depth-cdma.html

Non GBR dependiendo que requieran o no una velocidad de transmisión garantizada.

Algunos parámetros que definen la calidad de servicio son:

2.10.1. QCI Identificador de clase QoS

Es un índice que identifica un conjunto de valores relacionados con la configuración estos son: prioridad, retardo y tasa de pérdida. Diez clases pre-configuradas son especificadas en dos categorías:

- *Guaranteed Bit Rate (GBR)*
- *Non-Guaranteed Bit-Rate (Non-GBR)*

Además los operadores pueden crear sus propias clases. La tabla 2.3 muestra las clases QCI conjuntamente con sus parámetros.

QCI	Resource type	Priority	Delay budget	Loss rate	Example application
1	GBR	2	100 ms	0,01	VoIP
2	GBR	4	150 ms	0,001	Video call
3	GBR	5	300 ms	0,000001	Streaming
4	GBR	3	50 ms	0,001	Real time gaming
5	Non-GBR	1	100 ms	0,000001	IMS signaling
6	Non-GBR	7	100 ms	0,001	Interactive gaming
7	Non-GBR	6	300 ms	0,000001	Aplication with TCP:
8	Non-GBR	8			browsing, email, file
9	Non-GBR	9			download, etc

Tabla 2.3. Clases de QCI y valores característicos[95].

2.10.2. PARÁMETROS QoS

2.10.2.1. QoS Class Identifier (QCI)

Es un índice que indica un conjunto de valores QoS los cuales comprende: prioridad, retardo, pérdida de datos.

[95] SESIA Stefania, TOUFIK Issam, BAKER Matthew, LTE The UMTS Long Term Evolution From Theory to Practice, Wiley, 2009.

2.10.2.2. ARP (Allocation and Retention Priority)

Indica la prioridad del portador en comparación a otros, proporciona la base para el control de admisión en situaciones de congestión.

2.10.2.3. Maximum Bit Rate (MBR)

Es un identificador de tasa máxima de bits del portador.

2.10.2.4. Guaranteed Bit Rate (GBR)

Identifica la tasa de bits que se garantizará al portador.

2.10.2.5. Aggregate Maximum Bit Rate (AMBR)

Es un parámetro que indica la tasa máxima de datos que el usuario puede tener en una conexión PDN; ya que un solo portador puede tener muchos flujos IP.

CAPÍTULO 3: ESTUDIO DE MERCADO DE LOS SERVICIOS LTE

3.1 INTRODUCCIÓN

La creciente demanda de servicios y los requerimientos técnicos para ofrecerlos son factores que los operadores deben tomar en cuenta, para lo cual sus esfuerzos deben estar centrados en satisfacer tales necesidades, se deben diseñar estrategias para implementar nuevas tecnologías con lo que se ofrecerá calidad en los diferentes servicios.

En el presente capítulo se analizarán varios aspectos, entre ellos las directrices de las tecnologías que tiene la telefonía celular mundial y en el Ecuador mediante estadísticas basadas en el organismo 3G Américas y en el Ecuador con los entes relacionados con la telefonía celular.

3.2 SITUACIÓN MUNDIAL DE LAS TECNOLOGÍAS Y SERVICIOS EXISTENTES

LTE se presenta como una tecnología que ofrecerá mayor velocidad de transferencia de datos y el soporte de servicios como Internet móvil, televisión, etc,

Varios de los servicios que requieren un ancho de banda considerable como por ejemplo video bajo demanda se verán beneficiados con la implementación de LTE.

La figura 3.1 muestra las diferentes aplicaciones que LTE ofrecerá a una mayor velocidad dando al usuario la capacidad de acceder a servicios eficientes.

Figura 3.1 Servicios que LTE ofrecerá a una mayor velocidad[96]

A continuación se presenta una visión general del mercado de la telefonía celular en el mundo y la tendencia para migrar hacia nuevas tecnologías.

En la figura 3.2 se muestra un alto porcentaje de penetración a nivel mundial que tienen las redes GSM y su evolución frente a CDMA y otras tecnologías implantadas en el sector de telecomunicaciones, lo que permite a LTE proyectarse como una de las mejores opciones para migrar en el futuro debido a su amplia cantidad de usuarios en redes GSM-UMTS.

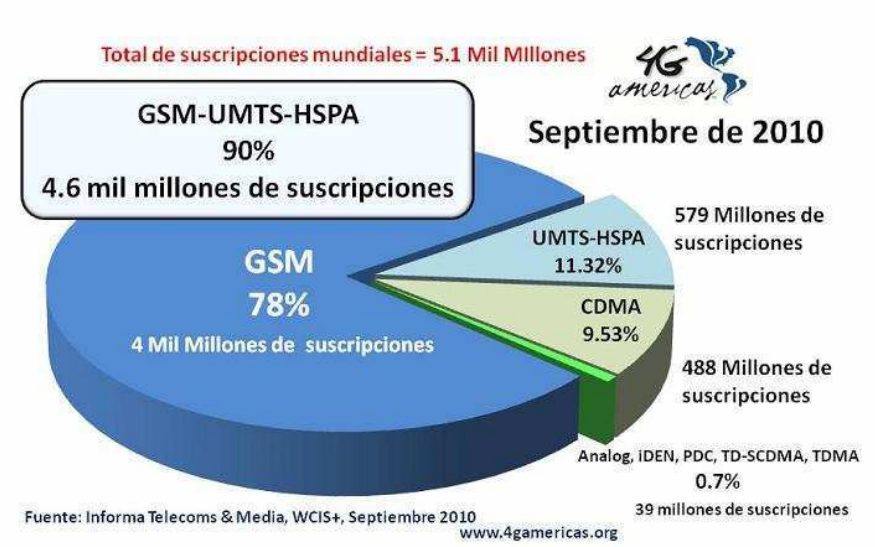

Figura 3.2 Estadísticas mundiales de suscriptores de telefonía celular a finales del 2010[97]

[96] www.unite.nokiasiemensnetworks.com/efficiency

En la última década a nivel mundial se puede apreciar un crecimiento exponencial de los usuarios de telefonía celular lo que influye directamente en la penetración de la telefonía celular en cada uno de los países tal como se muestra la figura 3.3.

Se considera que diariamente aumenta más de un millón de usuarios, lo que indica la fuerza que está tomando la telefonía celular y los servicios que ella ofrece[98]

LTE tiene la ventaja de ser una evolución natural de GSM cuyas redes abarcan la mayoría del mercado mundial que registra un crecimiento muy importante. (Figura 3.3)

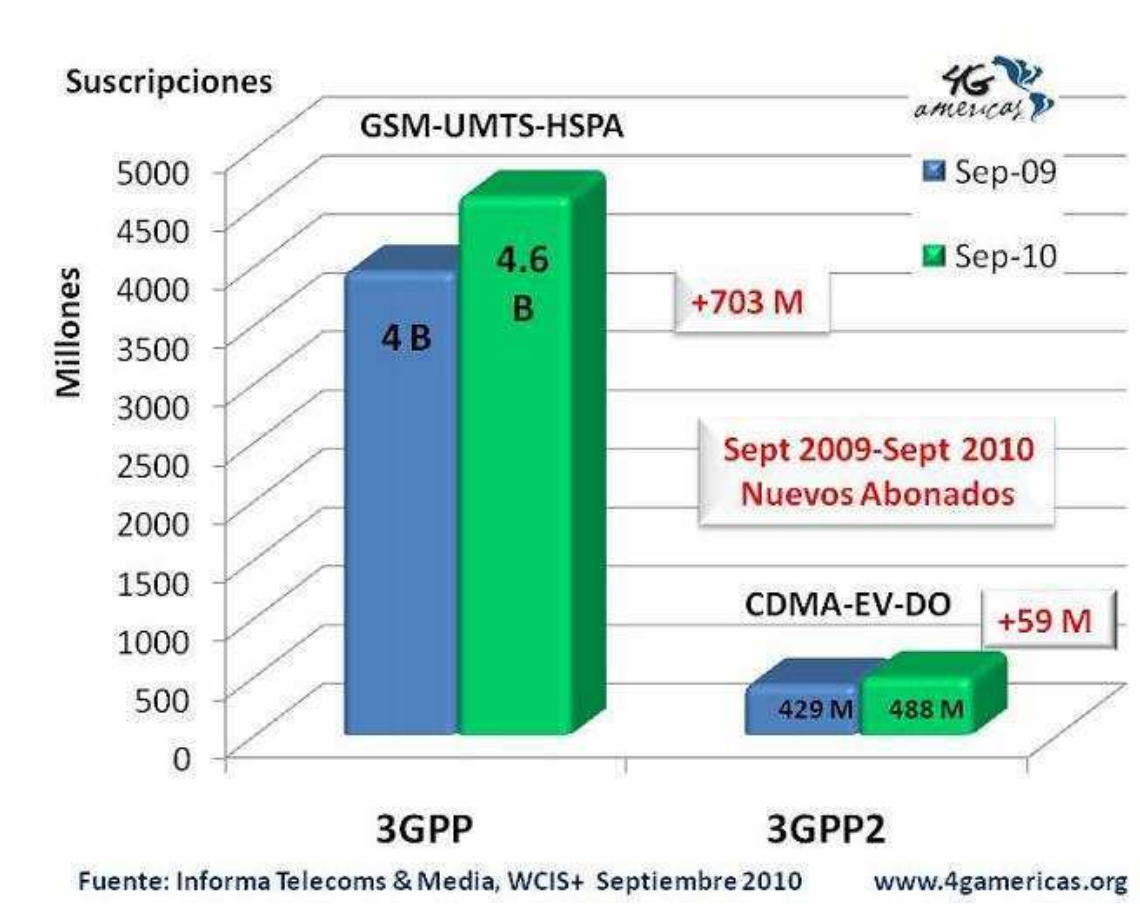

Figura 3.3 Crecimiento global de tecnologías móviles[99]

[97,4] www.4gamericas.org
[98] HOLMA, H., y Antti Toskala, LTE for UMTS: OFDMA and SC-FDMA Based Radio Access, Wiley, 2009

La figura 3.4 muestra que en el hemisferio occidental también existe una fuerte penetración de la tecnología GSM y su evolución a UMTS.

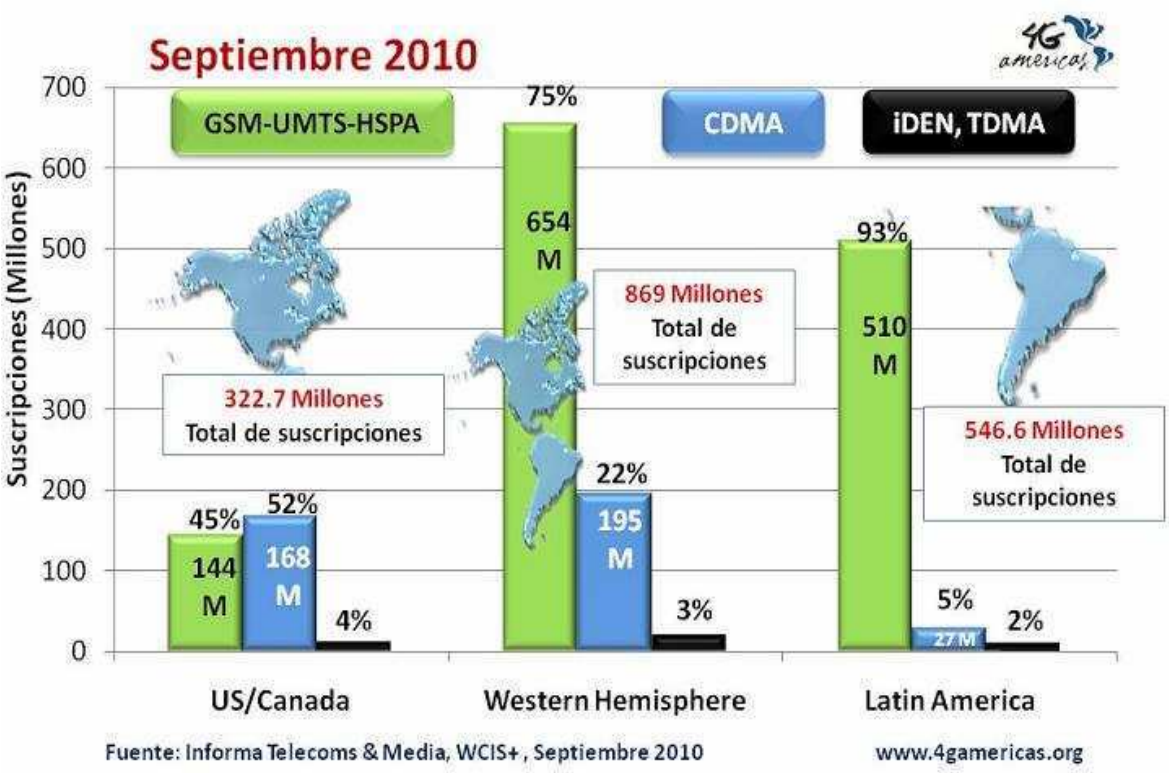

Figura 3.4 Crecimiento Anual UMTS-HSPA[100]

A medida que avanza la tecnología se presentan nuevos y mejores servicios multimedia.

En Latinoamérica también existe un crecimiento de líneas telefónicas móviles que muestra una apertura hacia el campo de las telecomunicaciones lo que hace que toda la región pueda acceder a nuevos servicios, no solo 3G, sino también hacia nuevas tecnologías 4G.

Cabe señalar que las redes GSM son las que tienen un predominio en América Latina tal como lo muestra la figura 3.5.

[100] www.4gamericas.org

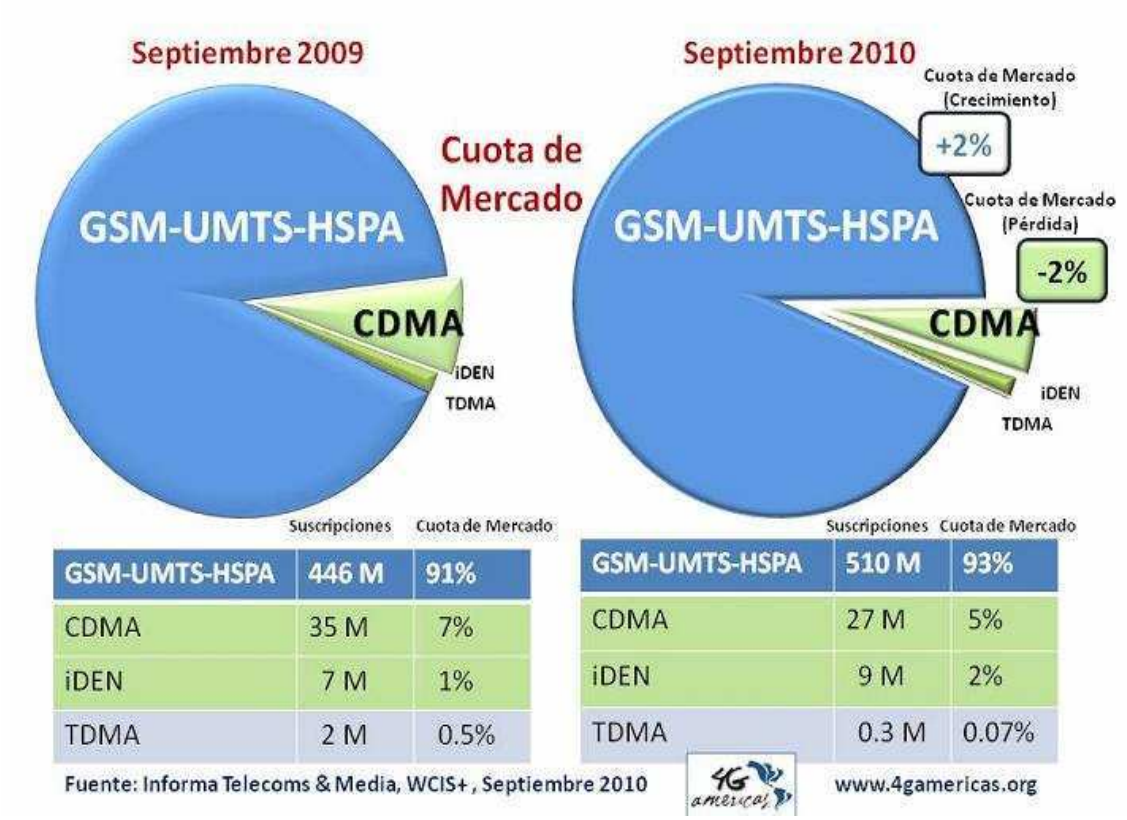

Figura 3.5 Crecimiento de tecnologías en América Latina[101]

3.3 SERVICIOS DE LTE

- Juegos *online* a través de una red móvil

  Son aquellos videojuegos que se ejecutan vía Internet móvil, puede tratarse de videojuegos multijugador o videojuegos de navegador.

- Juegos remotos interactivos

  Denominados así por la manera de animar a los usuarios a involucrarse más activamente en el juego que se ejecuta en el terminal de usuario.

- Acceso a vídeo en alta definición

  Sistema que proporciona video a una mayor resolución que la definición estándar, alcanzando resoluciones de 1280 × 720 y 1920 × 1080 píxeles.

[101] www.4gamericas.org

Por ejemplo para los negocios el usuario puede utilizar la transmisión de video en directo para comunicarse con personas de su grupo y concretar algún negocio importante.

- VoD (vídeo bajo demanda)

  LTE permitirá al usuario el acceso a contenidos multimedia de forma personalizada ofreciéndole, de este modo, la posibilidad de solicitar y visualizar una película o programa concreto en el momento exacto que el usuario lo desee y desde el lugar en el que se encuentre bajo cobertura LTE.

- Videoconferencia

  Es posible gracias a la baja latencia de LTE ya que se la considera como un servicio de comunicación simultánea bidireccional de audio y vídeo, permitiendo mantener reuniones con grupos de personas situadas en lugares alejados entre sí. Adicionalmente, pueden ofrecerse facilidades telemáticas o de otro tipo como el intercambio de informaciones gráficas, imágenes fijas, transmisión de ficheros, etc.

- Videotelefonía

  LTE permitirá enviar y recibir la imagen de los interlocutores a través del terminal móvil al tiempo que se desarrolla la comunicación telefónica de voz.

- Oficina móvil

  Comprende el servicio que permite ocuparse de la gestión de la empresa e incluso hacer buenos negocios desde cualquier lugar, a través de un móvil.

- Redes sociales

  Son sitios basados en la *web* que permiten a los usuarios compartir contenido, interactuar y crear comunidades sobre intereses similares.

Ejemplos de estos sitios son *Facebook y LinkedIn*[102] y LTE permite a los usuarios acceder y modificar perfiles desde el lugar que se encuentren con su teléfono móvil además la posibilidad de cargar videos a sus redes sociales.

- Mundos virtuales

Es un campo relacionado con la inteligencia artificial. Se trata de la simulación de mundos o entornos, denominados virtuales, en los que el hombre interacciona con la máquina en entornos artificiales semejantes a la vida real.

3.4 VENTAJAS DE LTE

- Prestación de servicios mediante conmutación de paquetes (incluyendo las comunicaciones de voz, VoIP).

- Aumento significativo de la velocidad de acceso.

- Mejora del uso del espectro para hacer una gestión más eficiente del mismo, lo que incluiría la posibilidad de ofrecer servicios de *unicast* y *broadcast.*

- Reducción del coste de despliegue de la red radio y de migración desde versiones anteriores del estándar.

- Mejora de la eficiencia espectral..

- Mejor integración con los estándares abiertos.

- Permite actualizar redes ya existentes como WCDMA y HSDPA.

- Capacidad para ofrecer nuevos y mejores servicios.

[102] www.blogueros101.com/glosario-blog/

En la figura 3.6, Motorola presenta en barras de tiempo la descarga de un archivo AVI de 350MB en 2 minutos, tamaño de un episodio típico de televisión.

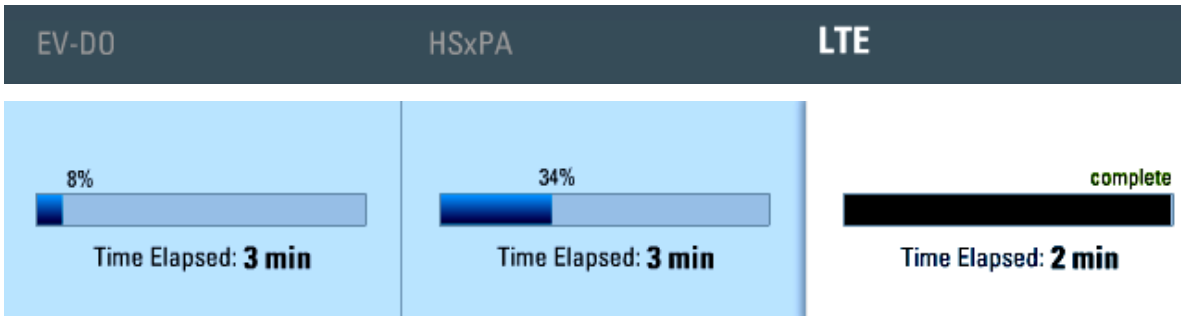

Figura 3.6 Representación de la descarga de un archivo de 350 MB[103]

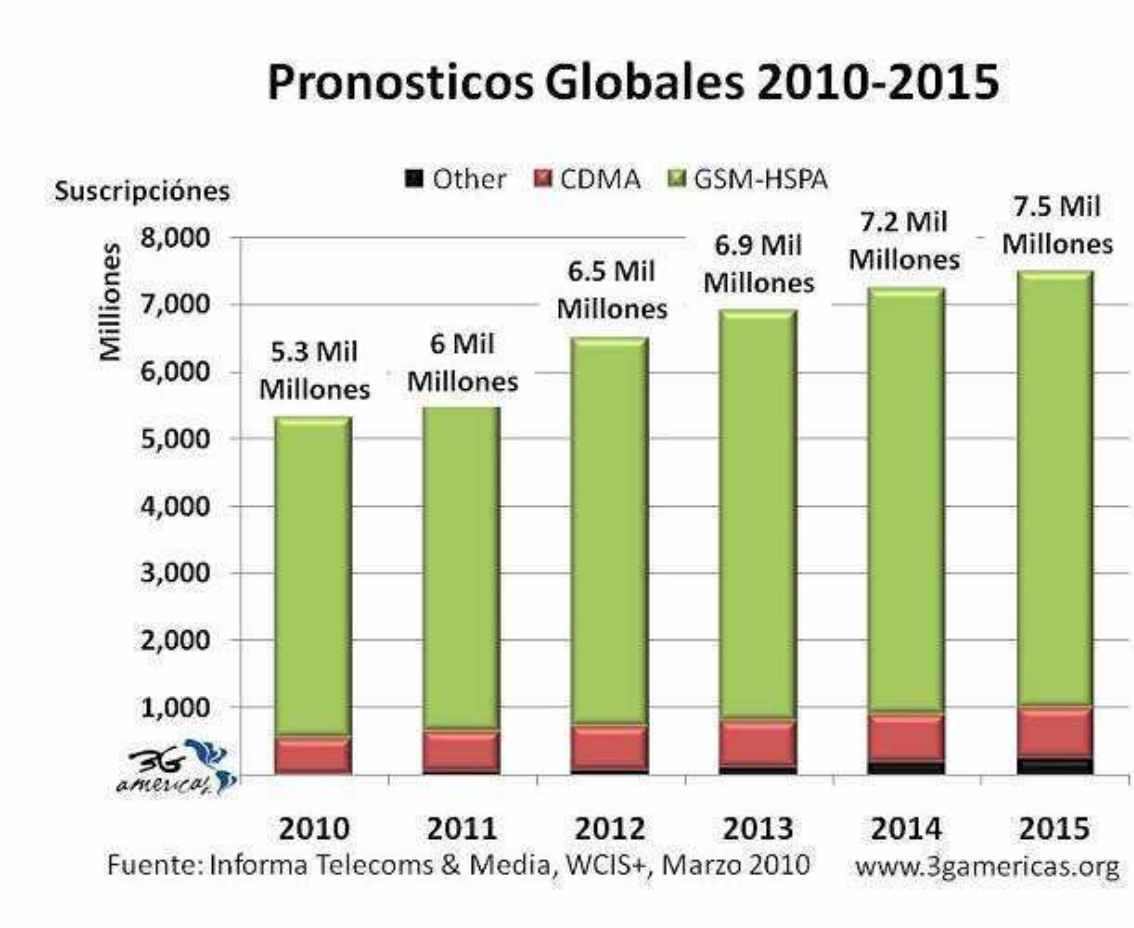

Figura 3.7 Previsiones tecnológicas[104]

[103] www.motorola.com
[104] www.3gamericas.org

3.5 PROYECCIÓN DE LTE EN EL MERCADO BASADO EN LA EVOLUCIÓN DE GSM

La tecnología de las redes GSM registra un crecimiento sostenido de los usuarios hacia tecnologías como UMTS/HSPA con el 80% del mercado mundial que ayudará con la implementación de LTE ofreciéndole una importante cantidad de usuarios potenciales.

En la figura 3.7 presenta una proyección mundial del crecimiento de las tecnologías hasta el año 2014.

La figura 3.8 muestra un pronóstico mundial de tecnologías para el 2014 por lo que, de acuerdo al organismo 3GPP, las tecnologías GSM/EDGE, UMTS/HSPA tiene una considerable participación en el mercado mundial, esto hace que LTE sea considerada como una de las tecnologías con grandes opciones de posicionamiento en el mercado.

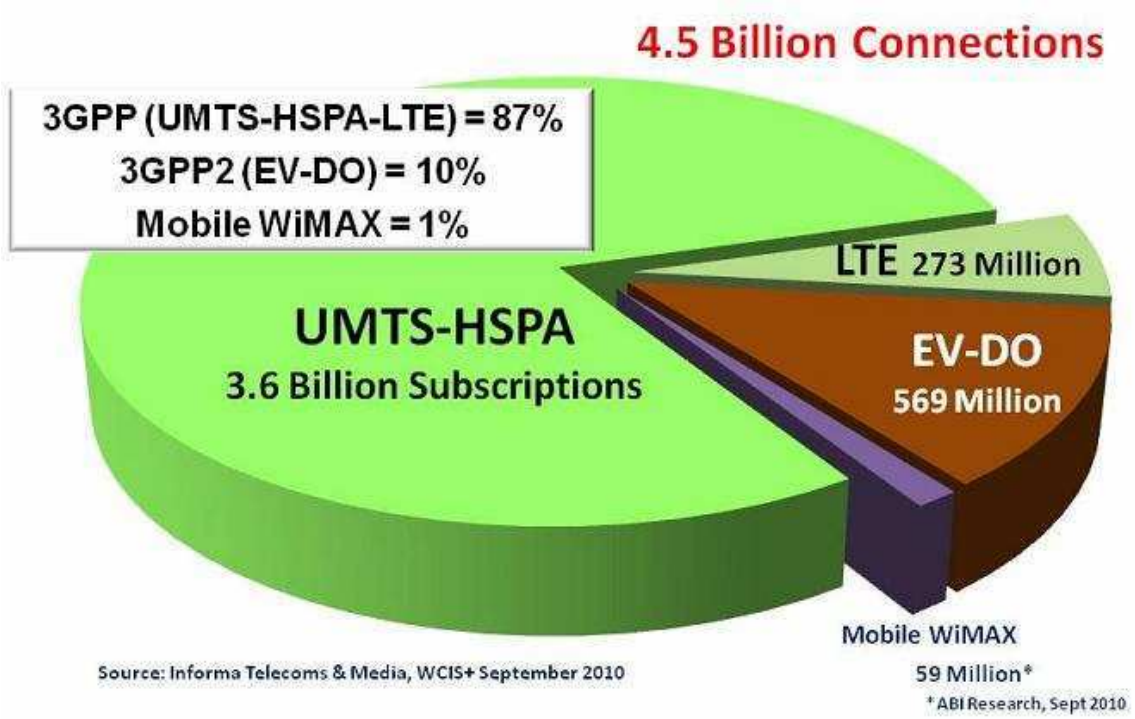

Figura 3.8 Tecnología adoptada por los usuarios[105]

[105] http://www.4gamericas.org

LTE muestra no solo ventajas tecnológicas, también lo hace desde el punto de vista de mercado, debido a la cantidad de usuarios que poseen sus tecnologías predecesoras como UMTS-HSPA.

El Dr. Peter Meissner, Funcionario Operativo de NGMN (*Next Generation Mobile Networks*) menciona que "Evaluaciones tecnológicas intensivas y detalladas señalan a la LTE/SAE[106] del 3GPP como la primera tecnología que cumple ampliamente con sus recomendaciones y cuenta con la aprobación de su Directorio[107]"

La NGMN asegura un lanzamiento comercial exitoso de redes móviles de banda ancha del futuro, como LTE, debido a los nuevos servicios que ofrecerán.

Operadores globales líderes como AT&T, China Telecom, China Mobile, NTT DoCoMo, Telecom Italia, T-Mobile Alemania, Verizon y Vodafone realizaron anuncios sobre los planes de implementación de LTE, como muestra de tal interés están los diferentes esfuerzos que se muestran en los ensayos y pruebas con tecnología LTE. En diciembre del 2009, la operadora Telia Sonera, es la primera a nivel mundial que ofrece al mercado una red con tecnología LTE.

3.6 POSICIÓN COMPETITIVA DE TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS

TECNOLOGÍA	EDGE/HSPA/LTE	CDMA/UMB	IEEE 802.16e WIMAX
Suscriptores	Sobre 4.7 billones a diciembre del 2009.	3.51 millones con un crecimiento lento	Menos de 100 millones en el 2012
Cobertura	Mundial	Mundial con excepción en Europa Occidental.	Mundial

[106]SAE: *System Architecture Evolution*
[107] http://www.one-digital.com.mx

TECNOLOGÍA	EDGE/HSPA/LTE	CDMA/UMB	IEEE 802.16e WIMAX
Dispositivos	Amplia selección de dispositivos GSM/EDGE/UMTS/HSPA	Amplia selección de dispositivos 1xRTT/EV-DO	Ninguno aún
Tecnología de radio	TDMA altamente optimizado para EDGE, CDMA altamente optimizado para HSPA, OFDMA altamente optimizado para LTE	CDMA altamente optimizado para Rev 0/A/B, OFDMA altamente optimizado para Rev C	OFDMA optimizado 1 y OFDMA altamente optimizado.

Tabla 3.1 Posición competitiva de las tecnologías inalámbricas[108].

3.7 MERCADO DE LA TELEFONÍA CELULAR EN EL ECUADOR

El sector de la telefonía móvil en el Ecuador es fundamental para el crecimiento del país y según Roberto Aspiazu, director ejecutivo de Empresas de Telecomunicaciones, la telefonía móvil representa entre un 5% y 6% del producto interno bruto (PIB).

AÑOS	TOTAL LÍNEAS ACTIVAS CONECEL S.A.	TOTAL LÍNEAS ACTIVAS OTECEL S.A.	TOTAL LÍNEAS ACTIVAS TELECSA	TOTAL LÍNEAS ACTIVAS NACIONAL	POBLACIÓN NACIONAL*	DENSIDAD NACIONAL LÍNEAS ACTIVAS
Año 2008	8.156.359	3.211.922	323.967	**11.692.248**	13.805.095	**85%**
ene-09	8.287.484	3.173.204	330.269	**11.790.957**	13.821.681	**85%**
feb-09	8.388.534	3.176.502	334.341	**11.899.377**	13.838.287	**86%**
mar-09	8.463.534	3.257.699	334.341	**12.055.574**	13.854.913	**87%**
abr-09	8.541.054	3.262.702	331.256	**12.135.012**	13.871.559	**87%**
may-09	8.631.581	3.307.629	335.725	**12.274.935**	13.888.225	**88%**
jun-09	8.692.970	3.329.956	347.752	**12.370.678**	13.904.911	**89%**
jul-09	8.757.321	3.385.733	353.557	**12.496.611**	13.921.617	**90%**
ago-09	8.815.709	3.466.213	356.327	**12.638.249**	13.938.343	**91%**
sep-09	8.889.565	3.532.685	356.327	**12.778.577**	13.955.090	**92%**
oct-09	8.979.559	3.594.896	356.327	**12.930.782**	13.971.856	**93%**

[108] http://3gamericas.org/documents/2007_Rysavy_091007.pdf

AÑOS	TOTAL LÍNEAS ACTIVAS CONECEL S.A.	TOTAL LÍNEAS ACTIVAS OTECEL S.A.	TOTAL LÍNEAS ACTIVAS TELECSA	TOTAL LÍNEAS ACTIVAS NACIONAL	POBLACIÓN NACIONAL*	DENSIDAD NACIONAL LÍNEAS ACTIVAS
nov-09	9.085.049	3.645.994	356.900	**13.087.943**	13.988.642	**94%**
dic-09	9.291.268	3.806.432	356.900	**13.454.600**	14.005.449	**96%**
ene-10	9.413.020	3.868.567	356.900	**13.638.487**	14.021.963	**97%**
feb-10	9.514.599	3.904.390	353.181	**13.772.170**	14.038.497	**98%**
mar-10	9.628.485	3.935.607	357.344	**13.921.436**	14.055.051	**99%**
abr-10	9.719.643	3.984.045	355.675	**14.059.363**	14.071.624	**100%**
may-10	9.814.475	4.039.162	355.675	**14.209.312**	14.088.216	**101%**
Ago-10	10.100.770	4.108.651	339.718	**14.549.139**	14.138.111	**103%**
Nov-10	10.349.269	4.221.593	320.319	**14.891.181**	14.188.182	**105%**

Tabla 3.2 Estadísticas de la telefonía móvil[109]

Con 10.349.269 de usuarios, Porta cubre el 70% del mercado de telefonía móvil en el Ecuador, por tanto el resultado de la entrevista, que se muestra a continuación, es de suma importancia debido a que es el operador con mayor participación en el mercado.

Se realizó una entrevista a Alfredo Escobar, Director Comercial de Porta, concesionaria de América Móvil en la que se muestran ciertas pautas de su participación en el mercado de telefonía móvil en el Ecuador.

1. **¿Qué hecho marcó el inicio del éxito de Porta?**

Desde sus inicios la excelente cobertura, servicio y tecnología de Porta marcaron la diferencia y la convirtieron en la empresa celular de la mayoría de los ecuatorianos. Ese liderazgo se ha mantenido a través de los años.

[109] SENATEL, Datos a Noviembre de 2010.
* Fuente de Datos anuales: Proyecciones de Población por Provincias, Cantones, Áreas, Sexo y Grupos de Edad. Período: 2001- 2010. INEC, Datos mensuales tomados de la Superintendencia de Telecomunicaciones.
**Los valores presentados por las empresas, a partir del mes de Julio 2008 se encuentran conforme a la definición de Línea Activa aprobada mediante Resolución 304-10-CONATEL-2008, por tanto, dentro del número de Abonados se incluye el número de líneas activas de Datos - Banda Ancha.

Hoy en día continúa teniendo la mejor cobertura del país y es la empresa con mayor innovación tecnológica, al ser la primera en operar con la red 3G. Nuestro objetivo es ofrecer el mejor servicio a nuestros clientes

2. **¿Cuáles son las ventajas de operar en el Ecuador?**

El mercado ecuatoriano está lleno de oportunidades. Como líderes en el país gozamos de la confianza de más de 9 millones de usuarios y continuamos creciendo. Esto, unido a la alta inversión que realizamos año a año en tecnología.

3. **¿Por qué Porta decidió quedarse otros 15 años en el país a pesar del precio de la concesión?**

Ecuador es un país muy importante para Porta y para America Móvil dentro de la región. Somos líderes en el Ecuador y seguiremos invirtiendo e innovando en productos y atención a nuestros clientes los siguientes 15 años.

4. **¿Qué está haciendo Porta para tener mayor participación en el mercado de datos?**

Porta es el principal innovador en transmisión de datos, servicios de valor agregados y la nueva tecnología de tercera generación (3G). Para tener cada vez una mayor participación en el mercado nos preocupamos de continuar innovando.

Somos, por ejemplo, los primeros en traer la tecnología GSM 3G, lo que permite a nuestros usuarios realizar video llamadas, navegar en la Internet banda ancha móvil tanto desde sus equipos celulares como desde sus laptops y desktops, a las más altas velocidades[110].

Porta, es la operadora que tiene mayor participación en el mercado, por lo que los retos de la innovación tecnológica deben estar presentes en todos quienes componen esta gran empresa, así lo confirma Alfredo Escobar, Director Comercial

[110] http://www.hoy.com.ec. 22/Septiembre/2008

de Conecel S.A. que manifiesta que el liderazgo es un compromiso que implica realizar inversiones en nuevas tecnologías.

Es muy importante que se considere al Ecuador como un mercado lleno de oportunidades y que sea prioritario mantener satisfechos a los usuarios con los servicios que se ofrecen.

3.8 ESTADO DEL SERVICIO CELULAR ECUATORIANO

Los servicios de telefonía celular en el Ecuador son brindados por tres operadoras, en un mercado que en los últimos años ha demostrado un crecimiento importante y por tanto es fundamental que se analice la apreciación de ellos frente a varios servicios. A continuación se detallarán los resultados que permitirán tener un panorama general de aspectos como la calidad de los servicios además crearán la visión para implantar nuevas tecnologías.

3.8.1. ENCUESTA PARA DETERMINAR EL ESTADO DE LA TELEFONÍA CELULAR EN EL ECUADOR

Para determinar el Estado de la telefonía del Estado Ecuatoriano y verificar la factibilidad de implementar nuevos servicios, además de mantener o mejorar los ya existentes, se aplicó la encuesta que se encuentra el Anexo 1.

La encuesta fue realizada a una muestra de 100 personas bajo la aplicación de la siguiente formula:

$$n = Z_{\alpha}^{2} \frac{p.q}{i^{2}} \qquad (3.1)$$

En donde[111]:

n= tamaño de la muestra representativa.

[111]http://www.cesdonbosco.com/cii/documentos/IT%20METODOLOG%C3%8DA%20DE%20MUESTREO.pdf

Z_α = valor correspondiente a la distribución de Gauss (siendo α el nivel de confianza elegido). Habitualmente los valores elegidos son Z_α =1,96 para α = 0,05 y Z_α = 2,57 para α = 0,01.

Si se considera que a un riesgo α = 0,05 le corresponde un valor Z_α = 1,96 $\approx$2 además p=q=0,5 la formula anterior es igual a:

$$n = \frac{1}{i^2}$$

En donde

i = error de estimación (10%)

Por lo tanto n= 100

El análisis de la encuesta se detalla a continuación.

- Pregunta 1

  ¿Qué empresa brinda su servicio celular?

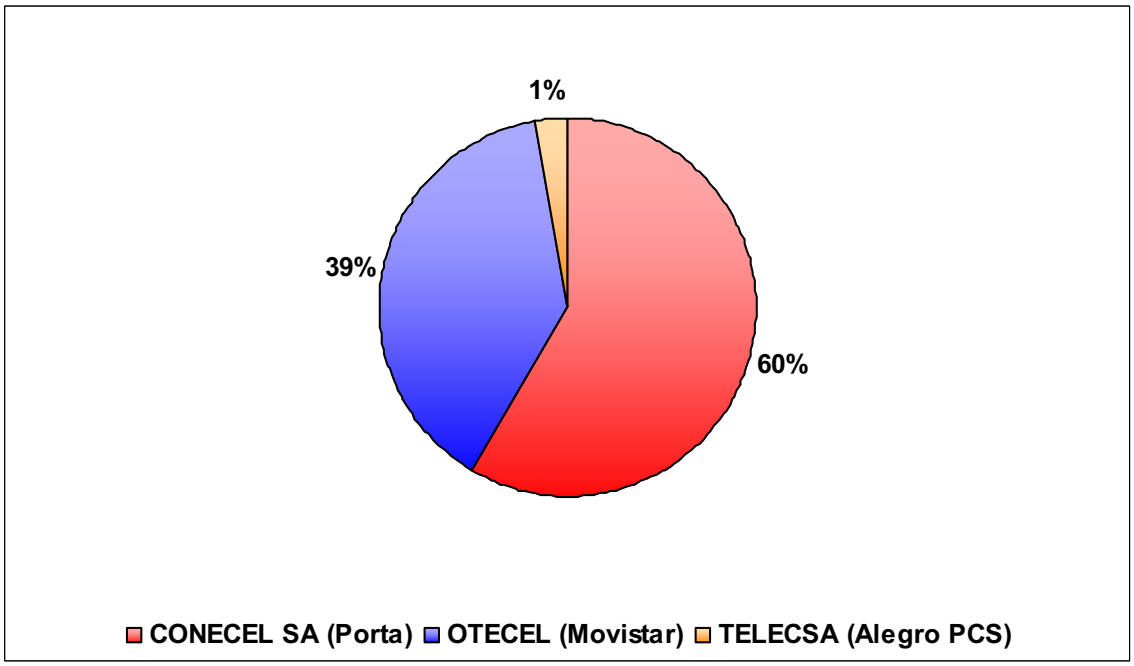

Figura 3.9 Distribución por operadoras de usuarios encuestados.

Tal como presentan las estadísticas por parte de las operadoras, Porta tiene la mayor cantidad de usuarios, seguido por Movistar y la empresa estatal Alegro PCS que tiene muy poca cantidad de usuarios. Cabe señalar que Porta, de acuerdo a estadísticas, los últimos años ha mantenido su predominio en el mercado de la telefonía celular, además Alegro PCS es la operadora que menos tiempo tiene en el mercado ecuatoriano debido a su ingreso en el año 2003.

Según el Conatel, Porta tiene una participación de mercado ecuatoriano en un 70%, Movistar el 28% y Alegro el 2%[112]

Existe cierta diferencia debido a que las encuestas fueron realizadas en la Ciudad de Quito.

- Pregunta 2
  ¿Qué tiempo lleva con su actual operadora?

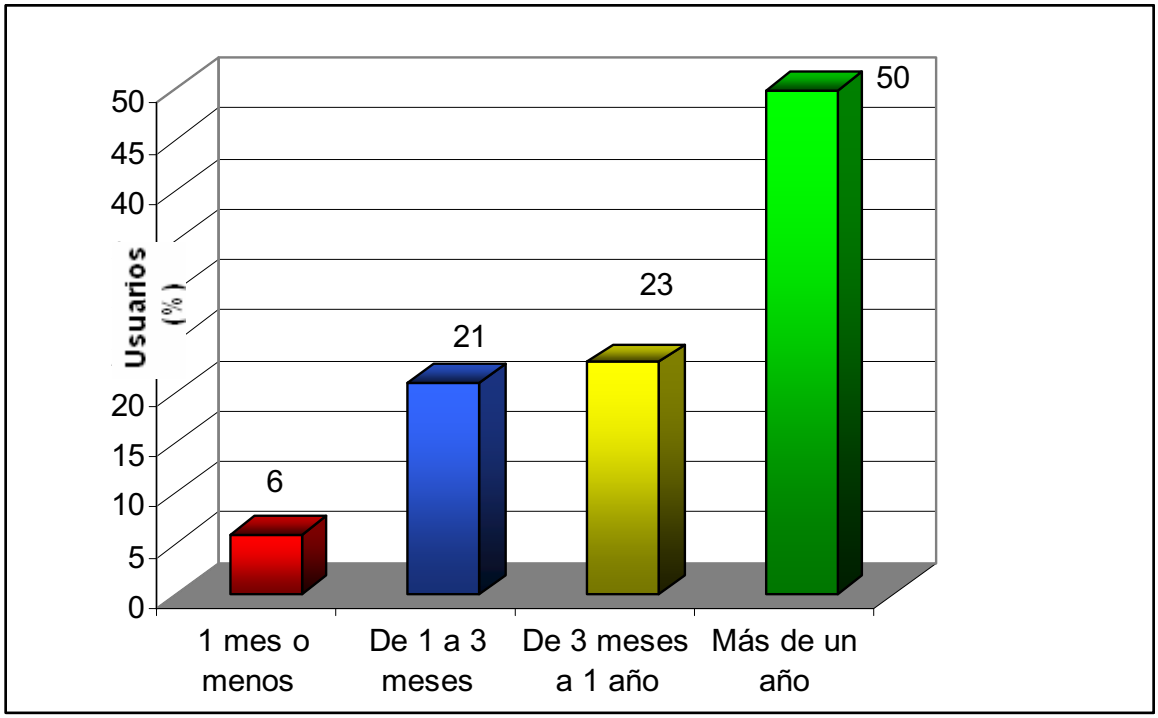

Figura 3.10 Tiempo de utilización de un teléfono celular en determinada operadora

[112] www.conatel.gob.ec

Gran parte del mercado mantiene la aceptación hacia la operadora que actualmente brinda sus servicios de telefonía móvil, pero también se puede apreciar que existe un pequeño porcentaje que tiene menos de 1 mes con su operadora, dicho porcentaje responde a un cambio de operadora debido a aspectos técnicos o económicos o por un aumento en la cantidad de abonados.

Los índices de líneas activas de telefonía móvil, indican que el mercado está en crecimiento, lo que influye directamente en los índices de penetración de este tipo de telefonía, obligando a las operadoras a implementar nuevas tecnologías y nuevos servicios.

- Pregunta 3

  ¿Cómo cataloga la cobertura que le brinda su operadora?

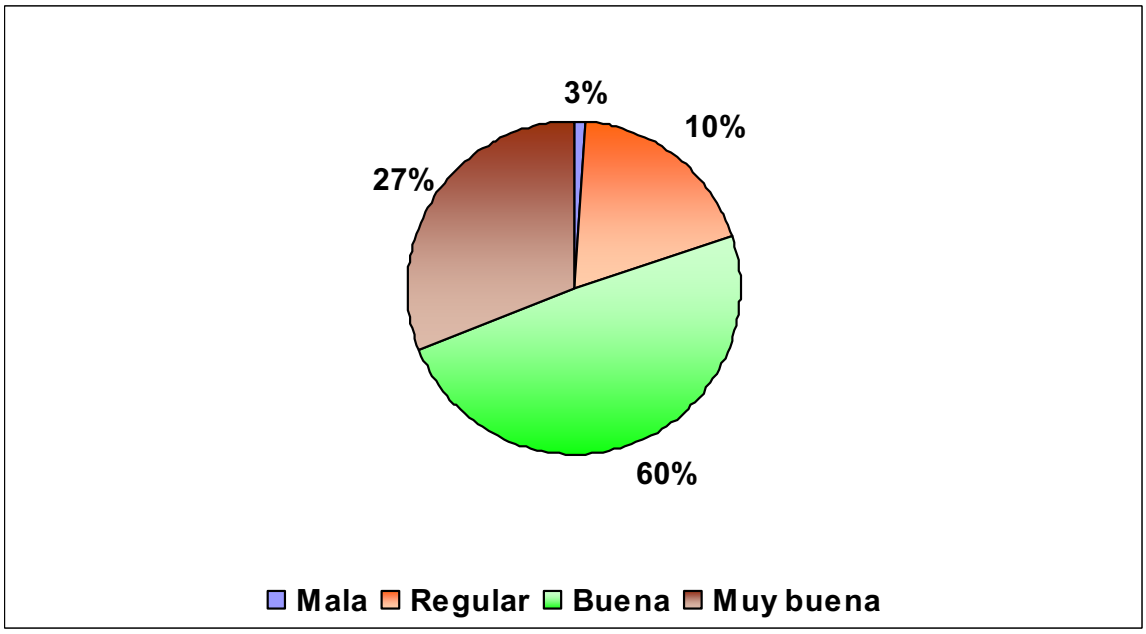

Figura 3.11 Percepción de la calidad de la cobertura celular

De acuerdo al tamaño de la muestra, la percepción que tienen las personas encuestadas de la Ciudad de Quito, esto se puede deber a que las operadoras de telefonía celular han realizado muchas mejoras en cuanto a su cobertura para brindar un mejor servicio, lo que indica, al parecer de los usuarios, la calidad en lo que respecta a cobertura es buena.

- Pregunta 4

  La calidad de los diferentes servicios como mensajes y llamadas que le brinda su operadora le parece:

La figura 3.12 detalla de manera general la calidad del servicios básicos que el usuario tiene en un teléfono móvil como lo son llamadas y mensajes (SMS).

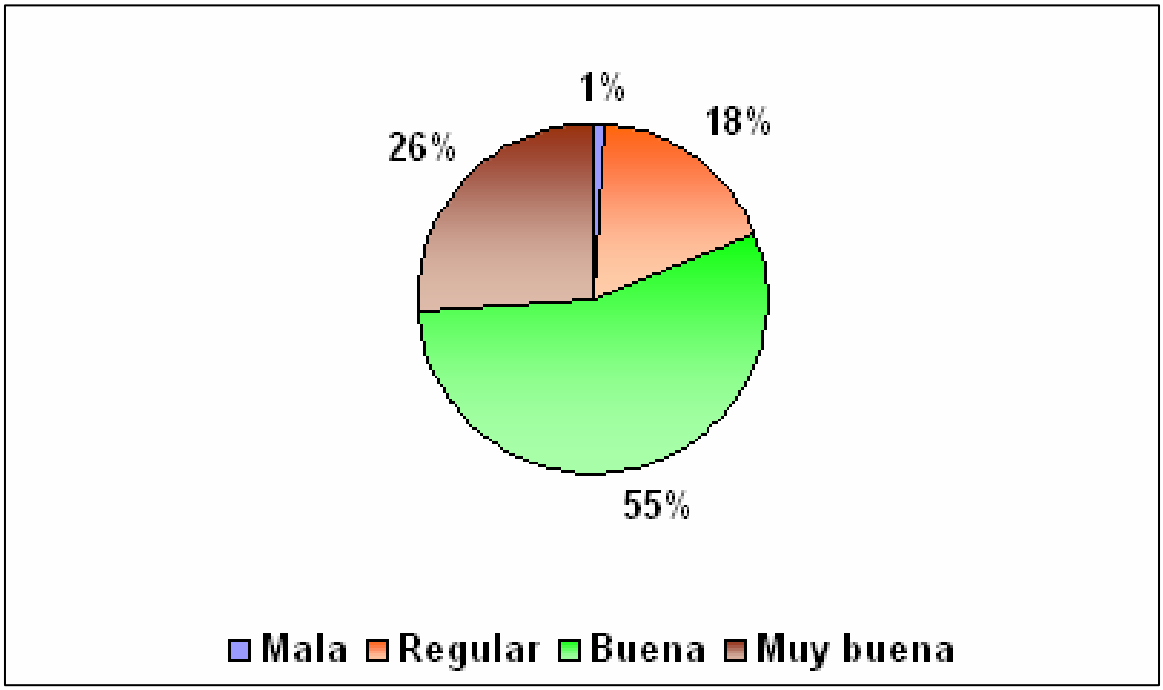

Figura 3.12 Percepción del servicio de llamadas y mensajes

El servicio de voz y mensajes que brindan los operadores se mantiene en una categoría designada por los encuestados como bueno, lo que indica que se deben mejorar varios aspectos como mejorar la cobertura, evitar cortes frecuentes de funcionamiento en las redes, etc.

- Pregunta 5

  ¿Cuál es el mayor problema que ha tenido en sus llamadas telefónicas?

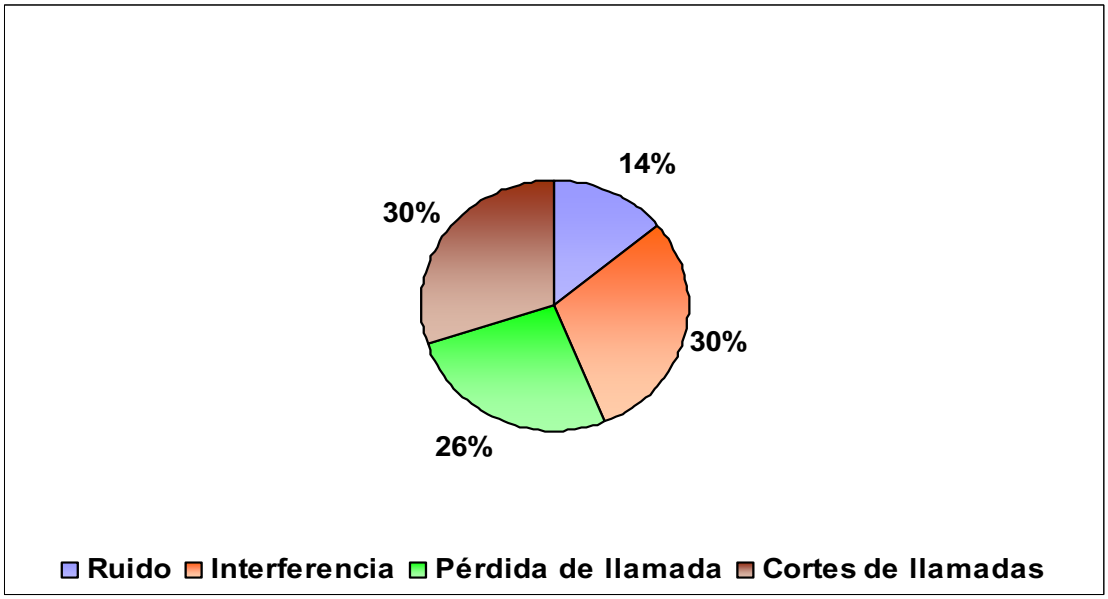

Figura 3.13 Dificultades en el servicio de llamadas telefónicas

La implementación de nuevas tecnologías permitirá a las operadoras ofrecer nuevos servicios, a la vez que tienen la opción de proporcionar una mejor calidad de servicio en los ya existentes, lo que influirá en la reducción de los porcentajes de ruido, interferencia, pérdida y cortes de llamada, que se muestran en la figura 3.15.

- Pregunta 6.
  El servicio celular le parece:

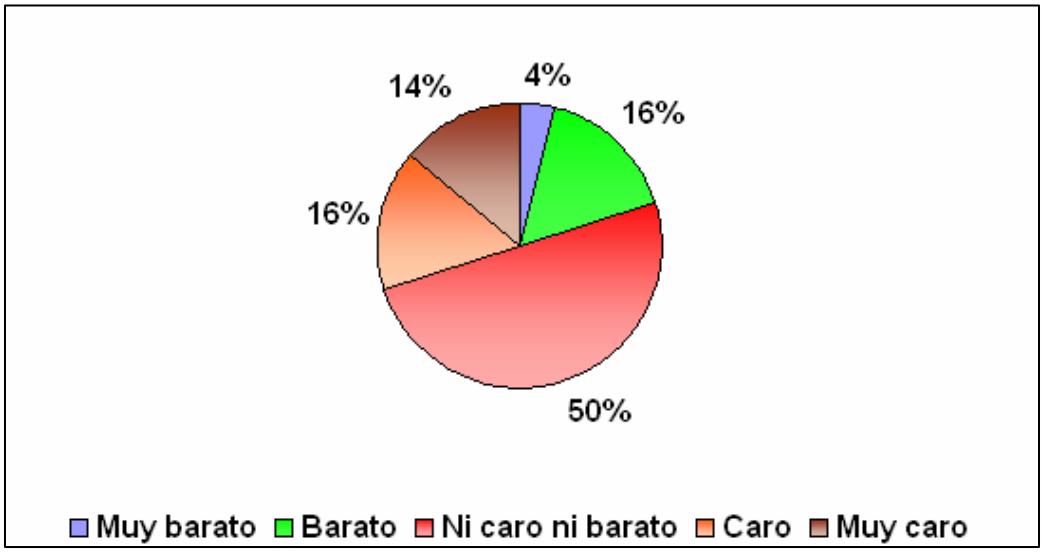

Figura 3.14 Percepción del costo del servicio celular

En general se lo considera como un servicio que es “ni caro ni barato”, pero las operadoras deben proyectarse en ofrecer servicios con precios accesibles para el usuario.

- Pregunta 7
  ¿Qué tipo de servicios tiene su celular?

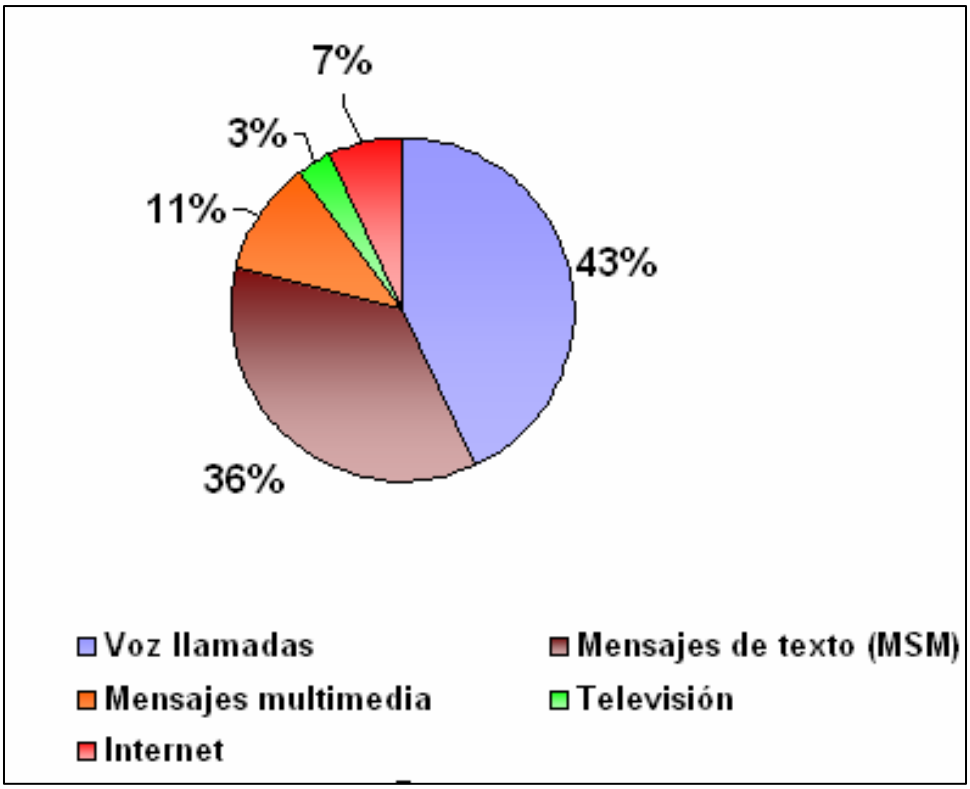

Figura 3.15 Servicios que se disponen en un celular

Los terminales de usuario son utilizados en su mayoría para realizar llamadas, además de un importante uso para enviar mensajes de texto, razón por la cual es muy importante dar prioridad a estos servicios. La percepción de la calidad de servicio estará fuertemente influenciada por estos dos aspectos.

- Pregunta 8

  Considera que implementar nuevos servicios de telefonía celular es:

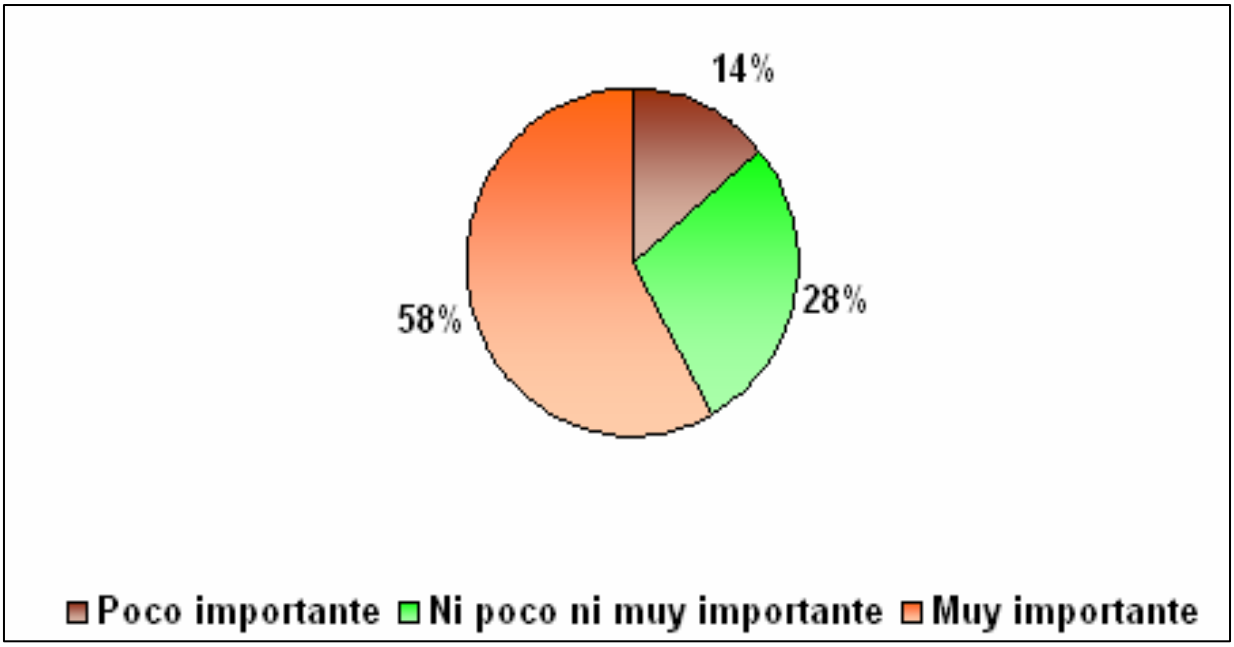

Figura 3.16 Importancia de implementar nuevos servicios.

Los usuarios de telefonía móvil consideran en un 58% que es muy importante implementar nuevos servicios, que permitan que los terminales brinden una amplia gama de opciones como la video llamada, oficina móvil, etc para así satisfacer las diversas necesidades del mercado.

- Pregunta 9

  ¿A qué servicios 3G de buena calidad y nuevos servicios 4G le gustaría acceder?

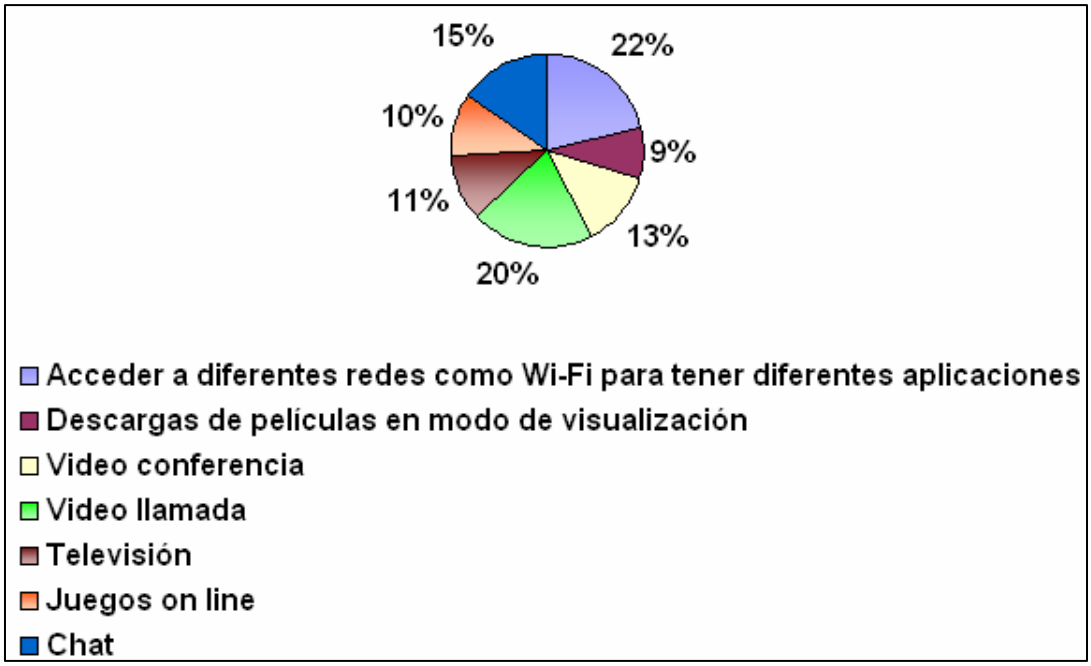

Figura. 3.17 Interés de los usuarios por implementar nuevos servicios.

El interés por obtener nuevos servicios es un aspecto que se debe aprovechar para que las operadoras se mantengan y afiancen en el mercado ecuatoriano. Servicios como la televisión móvil son atractivos para el usuario, pero se debe considerar que no todos los terminales tienen esa capacidad.

El ofrecimiento de nuevos servicios debe ir de acompañado con la oferta de terminales a bajo costo, calidad de servicio, mayor cobertura, para que el usuario tenga la capacidad de adquirir uno de esas características y así poder ofertar una gama de nuevos servicios que hacen que la telefonía móvil sea atractiva.

- Pregunta 10

  ¿Cuánto pagaría usted por un celular de cuarta generación el cual le brindaría los servicios de la pregunta anterior?

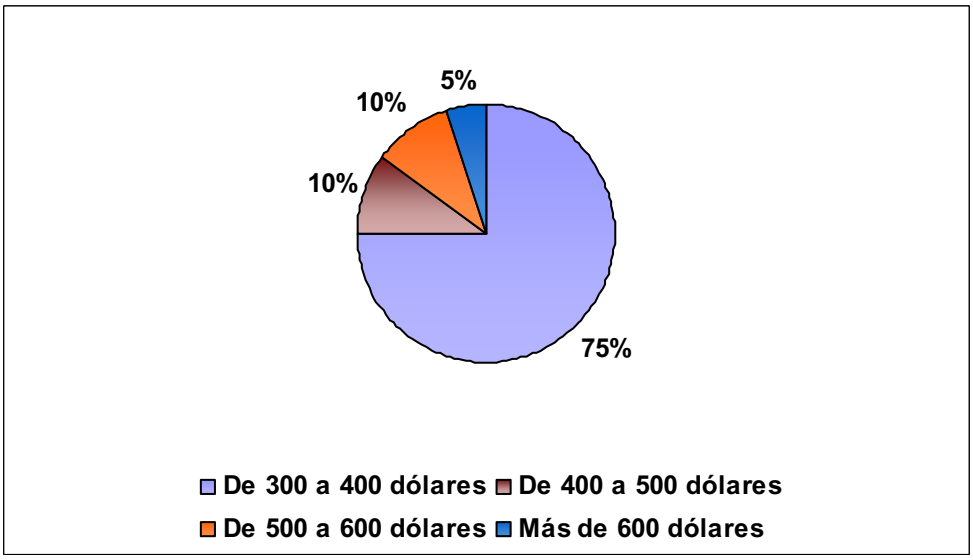

Figura 3.18 Valores a pagar por un teléfono 4G.

A medida que los precios, por adquirir un teléfono de cuarta generación, sean bajos existirá un amplio mercado que demande de este tipo de terminales. Los resultados a esta pregunta reflejan que los usuarios prefieren adquirir terminales a bajos precios lo que es un factor muy importante para el lanzamiento de nuevas tecnologías.

El aspecto económico es muy importante frente a la implementación de nuevos servicios, no solo deben ser novedosos sino que también deben ser asequibles y mejor aún si las tarifas son bajas en comparación a las que se tienen actualmente, así se podrá tener una amplia demanda de servicios, lo que beneficiaría a operadoras y usuarios.

3.8.2. MERCADO DE BANDA ANCHA ECUATORIANO

Los servicios de banda ancha presentan un crecimiento importante en toda la región de Latinoamérica siendo la que registró el más alto crecimiento mundial en el cuarto trimestre del 2008. Presentó una tasa de crecimiento secuencial trimestral de 7.55% es decir 26 millones de suscriptores de banda ancha[113].

[113] http://www.hoy.com.ec

El mercado de banda ancha esta siendo explotado principalmente por empresas con tecnologías alámbricas como ADSL y Cable Módem, más aun cuando se observa publicidad por parte del CNT[114] para acceder al servicio de Internet denominado *Fast Boy* y el ingreso de la empresa TELMEX con paquetes 3 y 2 Play; por lo tanto las operadoras de telefonía celular deben implementar nuevas tecnologías a bajos costos y posicionarse en el mercado.

Porta también está realiza una campaña para ofertar servicios 3.5 G con las siguientes características: excepcional claridad de voz, comunicación con mejores niveles de seguridad, alta velocidad de transmisión de datos y *roaming* internacional automático.

Se debe tomar en cuenta que, de acuerdo a la página *web* de Porta, la cobertura 3.5 G en Quito se encuentra disponible en Conocoto Cumbayá, San Antonio de Pichincha, Sangolquí y Tumbaco[115].

Por su parte el FODETEL incrementará los proyectos de acceso a conectividad, se espera para el 2010 que el 100% de establecimientos educativos fiscales urbanos y el 55% de los rurales cuenten con servicio de Internet. En ese lapso, las prestaciones de la telefonía fija crecerán del 13,3 al 19% y de la telefonía móvil del 73 al 90%, a nivel nacional[116].

En el anexo H se presentan las estadísticas de las empresas que brindan acceso a Internet.

3.9 PROYECCIÓN COMERCIAL DE LTE

3.9.1. PROYECCIÓN MOTOROLA

El primer lanzamiento comercial de las soluciones LTE de Motorola se considera que se comercializarán a finales del 2009, lo que incluirá productos para espectros en las bandas de 700MHz y 2.6GHZ para permitir a los operadores

[114] Corporación Nacional de Telecomunicaciones.
[115] www.porta.net/162,5359.php
[116] http://www.conatel.gob.ec/site_conatel/

extender la cobertura y la capacidad de sus redes en sus esfuerzos por satisfacer la creciente demanda de servicios de banda ancha móvil.

Motorola está asociado con diversos operadores en América del Norte, Europa y la Región de Asia para el desarrollo de pruebas de campo de la tecnología LTE.

Desde el punto de vista de los dispositivos, la incorporación masiva de LTE a los mismos no se producirá hasta 2010 y lo primero que se podrá ver, según el estudio de ABI es dispositivos USB con LTE que podrán conectarse a *notebooks* para pasar después a telefonía móvil y otros equipos.

Otra de las predicciones de ABI Research, anunciada a mediados de enero del 2009, es que para 2013 habrá 32 millones de usuarios LTE en todo el mundo.

3.9.2. PROYECCIÓN NOKIA

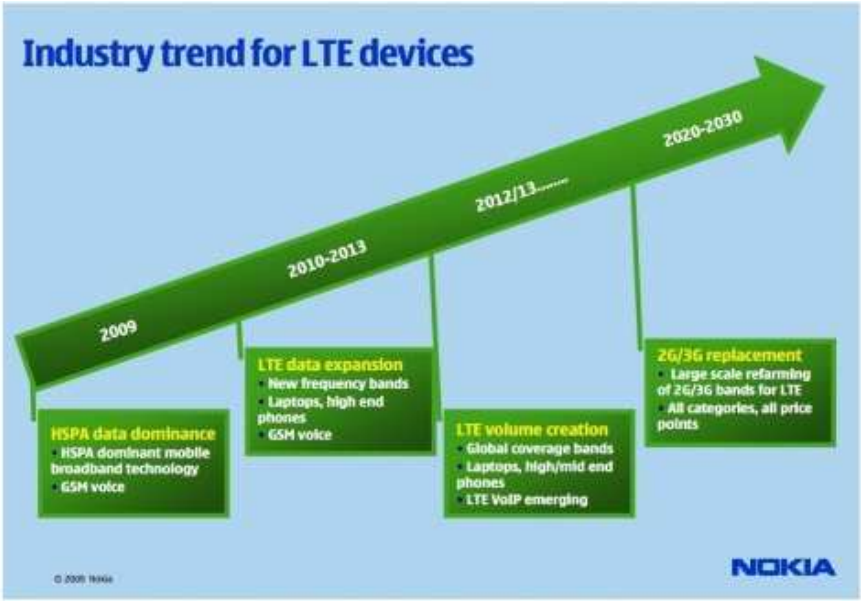

Figura 3.19 Tendencia industrial de LTE[117]

Este fabricante ha manifestado su interés en la tecnología LTE, y se proyecta que para el año 2010 se comercializará teléfonos móviles con esta tecnología la que se la considera como una mejor opción respecto a WiMax.

[117] http://www.buzzmovil.es/nokia-planea-lanzar-dispositivos-lte-en-2010/

En el *Mobile World Congress* 2010 celebrado en España Barcelona (España) Nokia Siemens Networks realizó exposiciones de la futura banda ancha que ofrecerá LTE conjuntamente con el fabricante de terminales Qualcomm, esta interoperabilidad hace que el despliegue comercial se realice lo mas pronto posible.

Matthias Reiss, Director de LTE *Radio de Nokia Siemens Networks* comenta que "La interoperabilidad entre la infraestructura y los terminales es un elemento fundamental de toda tecnología, especialmente en el caso de tecnología nueva como LTE. A medida que se acerquen las implementaciones comerciales, Nokia Siemens Networks llevará a cabo campañas de interoperabilidad con todas las plataformas de terminales que se lancen en productos comerciales. Creemos que la temprana cooperación con los fabricantes de plataformas como Qualcomm nos ayudará a ofrecer una solución más estable, integral y de mayor calidad a nuestros clientes, y a hacerlo con más rapidez"[118]

3.9.3. PROYECCIÓN NORTEL – LG

Las demostraciones del funcionamiento de LTE han sido todo un éxito en diferentes servicios en lo que respecta a mejorar la calidad de se4rvicio en: el acceso web, acceso a video, llamadas VoIP.

La red que se la utilizó como demostración tuvo varios emplazamientos y múltiples áreas de cobertura en base al eNodeB todo esto basado en el estándar 3GPP *Release 8*.

Estos son logros para acelerar la comercialización de LTE; se considera, según estas compañías, que la homologación y la adquisición de esta tecnología se la realizarán el año 2010.

---

[118] www.nokiasiemensnetworks.com.

3.9.4. PROYECCIÓN TELIASONERA

La primera red comercial de LTE fue puesta en funcionamiento el 14 de diciembre del 2009, por la compañía Sueco-Finlandesa Telia Sonera, con la marca NetCom, en dos capitales escandinavas Estocolmo y Oslo, a pesar que su cobertura se limita a los centros de estas dos ciudades se considera que tendrá una capacidad para 450.000 potenciales usuarios.

TELIA SONERA se adelanta a los despliegues de su competencia, NTT DoCoMo y *Verizon Wireless*, con sus anunciados lanzamientos en 2009 e inicios del 2010 respectivamente.

La primera red comercial LTE funciona en base a *modems* fabricados por Samsung (Dongle GT-B3710), figura 3.22, infraestructura de red de Huawei, en Oslo y Ericsson, en Estocolmo, a una frecuencia de 2,6 GHz.

Uno de los problemas que se presentan en el despliegue, es la compatibilidad de los *módems* con tecnologías 3G.

En el 2010, Telia Sonera, continuará con la expansión de la red en otras ciudades de Suecia y Noruega, además de la implementación de una red LTE en Finlandia para lo cual ya adquirió la licencia de la banda 2,6 GHz.

Fig. 3.20 Modem LTE dongle GT-B3710 de Samsung[119]

[119] http://www.samsunghub.com/2009/12/14/samsung-gt-b3710-lte-usb-dongle-now-available/

Las compañías de varios países también muestran su interés por implementar redes LTE, tal como lo muestra el anexo H; 130 operadoras de varios países a nivel mundial, mediante publicaciones muestran su compromiso con las redes LTE, estos compromisos van desde ensayos, despliegues, migración, etc[120].

Se estima que LTE tendrá un crecimiento importante al ofrecer comercialmente su red, debido a todas las ventajas y servicios que ofrece a pesar de tener a Wimax (*Worldwide Interoperability for Microwave Access),* como su más fuerte competencia.

El mercado mundial de las comunicaciones móviles están marcadas por dos rumbos: el acceso al Internet y el aumento de redes inalámbricas por lo que se presentan una amplia gama de servicios de telefonía móvil, razón por la cual es importante conocer el estado del mercado de telefonía móvil ecuatoriano para realizar las correspondientes inversiones en tecnología.

Al mercado ecuatoriano se lo considera como uno de los mas importantes de la región, lo que demanda la mejora de varios servicios ya existentes y la demanda de otros, es por esa razón que las operadoras, de acuerdo a lo que se manifiesto en las ultimas concesiones de telefonía celular, deben realizar inversiones en infraestructura para dar cabida a nuevas tecnologías como LTE; solo así podrán presentar al usuario nuevos servicios de banda ancha como la videoconferencia, juegos *on line*, etc.

Las operadoras tienen en sus manos el reto de no quedarse fuera del avance mundial en cuanto a implementación de nuevas tecnologías, es así que Telia Sonera es pionera en implementar LTE a nivel mundial haciendo que los países nórdicos cuenten ya con este tipo de red.

Muchos son los avances que se están dando en esta tecnología y mucho es lo que se confía que LTE llegue a ser, una verdadera tecnología 4G.

---

[120] http://www.3gamericas.org

Las soluciones que varios fabricantes dan para implementar LTE son muy importantes y presentan al operador alternativas en infraestructura para migrar hacia redes de cuarta generación. Entre estas empresas se encuentran Motorota y Nokia que ofertan productos que operan con varias tecnologías permitiendo un viable acceso a nuevas tecnologías.

A pesar de las ventajas que brindan los operadores; y considerando la opinión de varios analistas de Telesemana.com y la empresa de planeación y optimización de redes celulares *Aircom International*, implementar una red LTE aun no es conveniente, debido a que es mejor implementar redes HSPA+ ya que los costos se difieren mucho al implementar LTE y HSPA+. Por ejemplo si un operador del Reino Unido quisiera implementar una red LTE, el costo sería unos 750 millones de dólares, según estimaciones de *Aircom*. A su vez, la misma implementación con HSPA+ sería de 250 millones de dólares en un periodo de 12 meses de implementación este estimado no parece incluir el precio adicional del espectro para LTE, estamos esperando confirmación por parte de *Aircom*.

La misma situación para un operador de Estados Unidos durante los 12 primeros meses de implementación supondría un ahorro en el CAPEX[121] entre LTE y HSPA+ de 1.190 millones de dólares a favor de la segunda tecnología.[122]

Por lo que la inversión en una red HSPA+ es la solución más viable y el operador puede recuperar la inversión en tres años, plazo en el cual se podría pensar en implementar LTE.

[121] CAPEX: *CApital EXpenditures*
[122] http://www.telesemana.com

CAPITULO 4: FACTIBILIDAD LEGAL PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LTE EN EL ECUADOR

4.1. INTRODUCCIÓN

Para que una tecnología sea implementada en el Ecuador, además de tomar en cuenta aspectos tecnológicos, se debe considerar los aspectos regulatorios como la licitación de bandas en las que LTE puede ser implementada.

El 13 de agosto de 2009, el Presidente de la República, Economista Rafael Correa Delgado, mediante Decreto Ejecutivo Nº 8, creó el Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información; se lo creó para coordinar acciones de apoyo y asesoría para garantizar el acceso igualitario a los servicios que tienen que ver con el área de telecomunicación, para de esta forma asegurar el avance hacia la Sociedad de la Información y así el buen vivir de la población ecuatoriana.

Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información tiene como misión *"Ser el órgano rector del desarrollo de las Tecnologías de la Información y Comunicación en el Ecuador, que emite políticas, planes generales y realiza el seguimiento y evaluación de su implementación, coordinando acciones de asesoría y apoyo para garantizar el acceso igualitario a los servicios y promover su uso efectivo, eficiente y eficaz, que asegure el desarrollo armónico de la sociedad de la información para el buen vivir de toda la población."*[123]

Entre sus objetivos están:

- Establecer y coordinar la política del sector de las telecomunicaciones, orientada a satisfacer las necesidades de toda la población;

[123] http://www.mintel.gov.ec/mision.html

- Desarrollar los planes de manera concertada con la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones y con la ciudadanía;
- Garantizar la masificación de las Tecnologías de la Información y Comunicación en la población del Ecuador, incrementando y mejorando la Infraestructura de Telecomunicaciones;
- Apoyar y facilitar la gestión de la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones para el cumplimiento del Plan Nacional de Desarrollo;
- Funcionar como enlace entre la gestión del sector y las decisiones presidenciales;
- Diseñar y ejecutar programas y proyectos específicos de corto y mediano plazo, que respondan a las políticas de desarrollo del sector;
- Liderar los procesos de diseño, creación, implantación, desarrollo y actualización de un Sistema de Información de las Telecomunicaciones;
- Realizar investigaciones aplicadas, informes y estudios específicos del sector de las telecomunicaciones y de las condiciones socio-económicas que determinan su desarrollo, que permitan el diseño, la formulación, implementación y evaluación de las políticas sectoriales y el desarrollo institucional;
- Identificar, coordinar y obtener recursos de cooperación, nacionales o internacionales, alineándolos con las políticas de desarrollo de las telecomunicaciones; y,
- Realizar el monitoreo, seguimiento y evaluación a las políticas, planes, programas y proyectos del sector de las telecomunicaciones.

En el registro oficial N.º 010 del lunes 24 de agosto de 2009, se publica el decreto de la creación del Ministerio de telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información, además se decreta la fusión del Consejo Nacional de Radio y Televisión -CONARTEL- al Consejo Nacional de Telecomunicaciones-CONATEL.

Las competencias, atribuciones, funciones, representaciones y delegaciones constantes en leyes, reglamentos y demás instrumentos normativos y atribuidas al CONARTEL serán desarrolladas, cumplidas y ejercidas por el CONATEL, en los

mismos términos constantes en la Ley de Radiodifusión y Televisión y demás normas secundarias.[124]

En el presente capítulo se presentan aspectos generales de los entes de regulación y control, así como también se presentan los aspectos más importantes de las concesiones que tienen las diferentes operadoras de telefonía celular en el Ecuador.

4.2. ESTRUCTURA DE LOS ORGANISMOS DE REGULACIÓN

Las entidades regulatorias del Ecuador se encuentran organizadas de acuerdo a la figura 4.1 con cada ente encargado de varias funciones en el ámbito de las telecomunicaciones.

El 10 de agosto de 1992 se aprueba la Ley Especial de Telecomunicaciones en la que se creó la Superintendencia de Telecomunicaciones (SUPTEL) creado como ente de regulación, control y monitoreo del espectro radioeléctrico así como de supervisión y control de operadores y concesionarios [125].

Pero la Ley especial de Telecomunicaciones tuvo reformas y el 30 de agosto de 1995 se da independencia al Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL) como ente de administración y regulación de las telecomunicaciones en el Ecuador; la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones (SNT), como ente encargado de la ejecución e implementación de las políticas y regulación de telecomunicaciones emanadas del CONATEL, incluyendo el Plan Nacional de Frecuencias.

Con la creación del Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información se fusionan en CONARTEL y el CONATEL con lo que *"las competencias, atribuciones funciones, representaciones y delegaciones constantes en leyes, reglamentos y demás instrumentos normativos y atribuidas al*

[124] www.derechoecuador.com
[125] http://www.conatel.gov.ec/site_conatel/index.php

CONARTEL serán desarrolladas , cumplidas y ejercidas por el CONATEL, en ls mismos términos constantes en la Ley de Radiodifusión y Televisión y demás normas secundarias"[126]

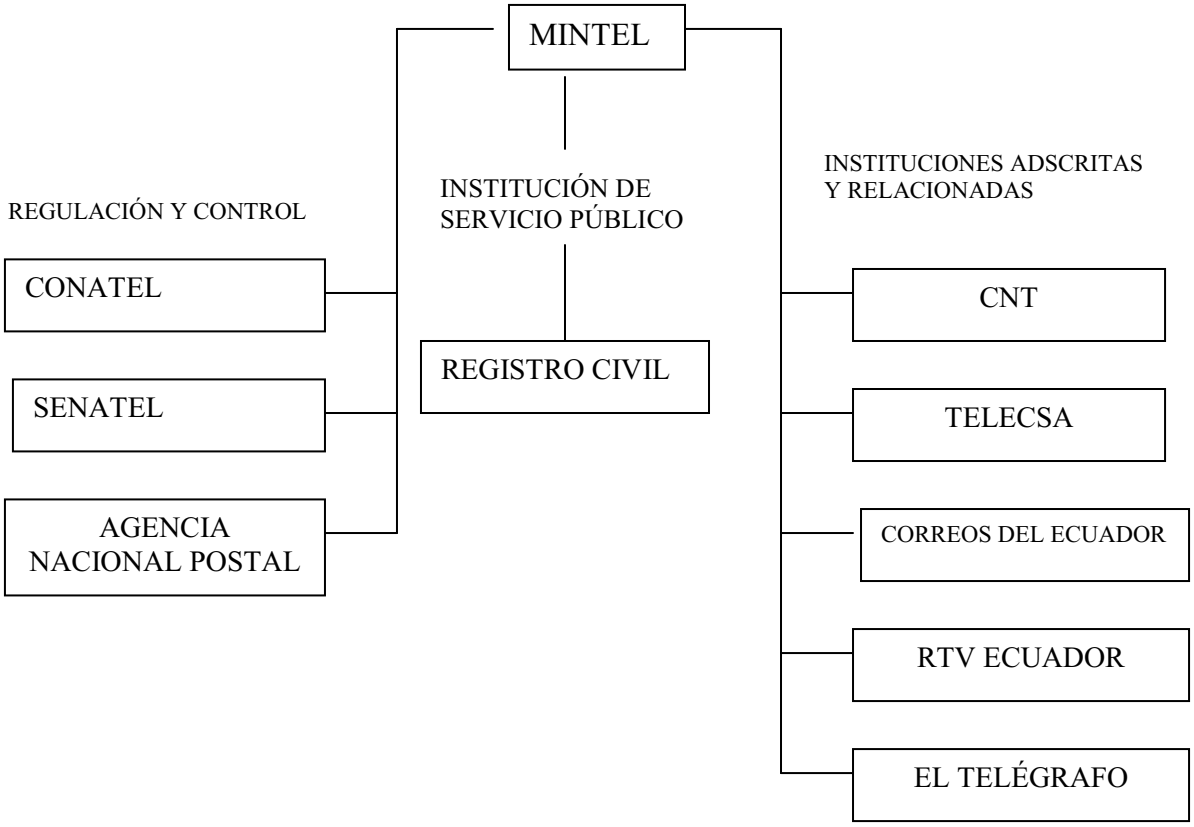

Figura. 4.1 Estructura del Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información[127]

4.2.1. EL CONSEJO NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (CONATEL)[128]

El CONATEL es el ente de administración y regulación de las telecomunicaciones en el país, con domicilio en la ciudad de Quito, a éste le compete:

a. Dictar las políticas del Estado con relación a las Telecomunicaciones;
b. Aprobar el Plan Nacional de Desarrollo de las Telecomunicaciones;
c. Aprobar el Plan de Frecuencias y de uso del espectro radioeléctrico;

[126] Resolución 421-15-CONATEL-2009
[127] http://www.mintel.gov.ec/instituciones.html
[128] Ley Especial de Telecomunicaciones reformada.

d. Aprobar las normas de homologación, regulación y control de equipos y servicios de telecomunicaciones;
e. Aprobar los pliegos tarifarios de los servicios de telecomunicaciones abiertos a la correspondencia pública, así como los cargos de interconexión que deban pagar obligatoriamente los concesionarios de servicios portadores, incluyendo los alquileres de circuitos;
f. Establecer términos, condiciones y plazos para otorgar las concesiones y autorizaciones del uso de frecuencias así como la autorización de la explotación de los servicios finales y portadores de telecomunicaciones;
g. Designar al Secretario del CONATEL;
h. Autorizar a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones la suscripción de contratos de concesión para la explotación de servicios de telecomunicaciones;
i. Autorizar a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones la suscripción de contratos de concesión para el uso del espectro radioeléctrico;
j. Expedir los reglamentos necesarios para la interconexión de las redes;
k. Aprobar el plan de trabajo de la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones;
l. Aprobar los presupuestos de la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones y de la Superintendencia de Telecomunicaciones;
m. Conocer y aprobar el informe de labores de la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones así como de sus estados financieros auditados;
n. Promover la investigación científica y tecnológica en el área de las telecomunicaciones;
o. Aprobar los porcentajes provenientes de la aplicación de las tarifas por el uso de frecuencias radioeléctricas que se destinarán a los presupuestos del CONATEL, de la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones y de la Superintendencia de Telecomunicaciones;
p. Expedir los reglamentos operativos necesarios para el cumplimiento de sus funciones;
q. Declarar de utilidad pública con fines de expropiación, los bienes indispensables para el normal funcionamiento del sector de las telecomunicaciones;

r. En general, realizar todo acto que sea necesario para el mejor cumplimiento de sus funciones y de los fines de esta Ley y su Reglamentación; y,
s. Las demás previstas en esta ley y sus reglamentos.

4.2.2. SECRETARIA NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES[129]

Compete a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones:

a. Ejercer la representación legal de la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones;
b. Cumplir y hacer cumplir las resoluciones del CONATEL;
c. Ejercer la gestión y administración del espectro radioeléctrico;
d. Elaborar el Plan Nacional de Desarrollo de las Telecomunicaciones y someterlo a consideración y aprobación del CONATEL;
e. Elaborar el Plan de Frecuencias y de uso del espectro Radioeléctrico y ponerlo a consideración y aprobación del CONATEL;
f. Elaborar las normas de homologación, regulación y control de equipos y servicios de telecomunicaciones, que serán conocidas y aprobadas por el CONATEL;
g. Conocer los pliegos tarifarios de los servicios de telecomunicaciones abiertos a la correspondencia pública propuestos por los operadores y presentar el correspondiente informe al CONATEL;
h. Suscribir los contratos de concesión para la explotación de servicios de telecomunicaciones autorizados por el CONATEL;
i. Suscribir los contratos de autorización y/o concesión para el uso del espectro radioeléctrico autorizados por el CONATEL;
j. Otorgar la autorización necesaria para la interconexión de las redes;
k. Presentar para aprobación del CONATEL, el plan de trabajo y la proforma presupuestaria de la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones;
l. Presentar para aprobación del CONATEL, el informe de Labores de la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, así como sus estados financieros auditados;

[129] Ley especial de telecomunicaciones reformada.

m. Resolver los asuntos relativos a la administración general de la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones;
n. Promover la investigación científica y tecnológica en el campo de las telecomunicaciones;
o. Delegar una o más atribuciones específicas a los funcionarios de la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones; y,
p. Las demás que le asignen esta Ley y su Reglamento.

4.2.3. SUPERINTENDENCIA DE TELECOMUNICACIONES[130]

Las funciones de la Superintendencia de Telecomunicaciones, son:

a. Cumplir y hacer cumplir las resoluciones del CONATEL;
b. El control y monitoreo del espectro radioeléctrico;
c. El control de los operadores que exploten servicios de telecomunicaciones;
d. Supervisar el cumplimiento de los contratos de concesión para la explotación de los servicios de telecomunicaciones;
e. Supervisar el cumplimiento de las normas de homologación y regulación que apruebe el CONATEL;
f. Controlar la correcta aplicación de los pliegos tarifarios aprobados por el CONATEL;
g. Controlar que el mercado de las telecomunicaciones se desarrolle en un marco de libre competencia, con las excepciones señaladas en esta Ley,
h. Juzgar a las personas naturales y jurídicas que incurran en las infracciones señaladas en esta Ley y aplicar las sanciones en los casos que correspondan; e,
i. Las demás que le asigne la Ley y el Reglamento.

4.3. CONCESIONES

La concesión es la delegación del Estado para la instalación, prestación y explotación de los servicios finales y portadores de telecomunicaciones y la asignación de uso de frecuencias del espectro radioeléctrico correspondiente,

[130] Ley especial de Telecomunicaciones reformada.

mediante la suscripción de un contrato autorizado por el CONATEL y celebrado por la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, con una persona natural o jurídica domiciliada en el Ecuador y que tenga capacidad legal, técnica y financiera[131].

Concesión se entiende al Contrato mediante el cual se otorga a una persona natural o jurídica el derecho a explotar servicios de Telecomunicaciones[132].

El proceso de adjudicación de cierto grupo de frecuencias se lo realiza mediante el proceso de subastas públicas, con una duración de la concesión de 15 años, con lo que se le otorga al operador el título habilitante para el uso del espectro radioeléctrico.

Existen tres operadoras de telefonía celular en el Ecuador CONECEL S.A. (PORTA), OTECEL S.A (MOVISTAR), TELECSA S.A. (ALEGRO PCS), los cuales para ofrecer servicios móviles avanzados deben tener su respectiva concesión.

4.3.1. CONCESIÓN CONECEL S.A.

CONECEL S.A. inicio su nuevo proceso de concesión el 26 de Agosto del 2008. La concesión se la valoró en 480 millones de dólares, de los cuales a la firma del contrato se realizó el pago inicial de 289 millones. Esta cifra se calculó en función de un Modelo Matemático, que toma en cuenta alrededor de 40 distintas variables para modelar el negocio y determinar el antes mencionado valor referencial de la concesión, y que incluía el pago inicial de 289 millones así como el pago del 2.93% de los ingresos facturados y percibidos durante los 15 años de concesión.

En esta concesión se acordó la entrega de 35 MHz del espectro, 25 MHz en la banda de los 850 MHz y 10 MHz en la banda de 1900 MHz, además de un régimen sancionatorio disuasivo que permitirá garantizar la calidad de los servicios así como obligaciones respecto a los derechos de los usuarios y un plan

[131] http://www.conatel.gov.ec. reglamento para otorgar concesiones de los servicios de telecomunicaciones, capitulo II
[132] www.supertel.gov.ec/index.php/glosario

mínimo de expansión en los ejes viales de todo el territorio ecuatoriano que obligan al operador a ampliar su cobertura en 650Km[133].

Con la resolución 455 del Consejo Nacional de Telecomunicaciones, CONATEL, tomada en la sesión del 14 de agosto del 2008, sus Miembros aprobaron el contenido definitivo del contrato de concesión entre el Estado Ecuatoriano y la Operadora Móvil CONECEL S.A.[134].

Cabe señalar que contempla también en esta concesión protección hacia el abonado representado en los servicios, su calidad, tarifas y cobertura.

Representa para LTE una puerta abierta a su implementación debido a que existe apertura para el establecimiento de nuevas tecnologías y sus respectivos servicios, además del uso de dispositivos convergentes.

4.3.2. CONCESIÓN OTECEL S.A.

Por su parte OTECEL S.A. negocio su concesión por un monto aproximado de 206 millones de dólares con ventajas hacia el usuario, pues se establece un techo tarifario de 0.22 centavos de dólar (sin incluir interconexión) además de ofrecer servicios de calidad al igual que se lo estableció con CONECEL S.A.

La concesión estará vigente hasta el año 2023, y comprende el uso de 25 MHz en la banda de 850 MHz y 10 MHz en la banda de 1900 MHz.

El contrato también contempla la obligatoriedad de la portabilidad numérica.

Cabe señalar que los contratos aportan a la ejecución de proyectos sociales de telecomunicaciones mediante el 1 % de la facturación anual al fondo de desarrollo de las telecomunicaciones, lo que garantiza la inclusión de mayor población en los servicios de telecomunicaciones.

---

[133] http://www.conatel.gov.ec/site_conatel/index.php
[134] http://www.conatel.gov.ec/site_conatel/index.php

El valor de la concesión será cancelada con un pago inicial de 60 millones, y un pago adicional de 30 millones a ser pagados en el plazo en el lapso de un año y pagos indexados a los ingresos anuales de la operadora durante los 15 años.

OTECEL S.A. está en la obligación de cumplir con un mínimo de inversión en tecnología mejorando y creando nuevos servicios de telecomunicaciones.

4.3.3. CONCESIÓN TELECSA S.A.

TELECSA recibió su concesión el 3 de abril de 2003, para la prestación del Servicio Móvil Avanzado de Telecomunicaciones (SMA), por un lapso de 15 años y entró a operar en diciembre del mismo año, creada por las empresas de telefonía fija del estado ecuatoriano ANDINATEL Y PACIFICTEL.

La concesión comprende el uso de las frecuencias esenciales en la banda C-C` además de 10 MHz en la banda F-F`.

La concesión otorgada deberá por tanto ser revisada al culminar los 15 años de vigencia del contrato de concesión.

4.4. LTE EN EL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO

El espectro radio eléctrico de acuerdo a la Ley Especial de Telecomunicaciones es un recurso natural propiedad exclusiva del Estado y como tal constituye un bien de dominio público, inalienable e imprescriptible cuya, gestión, administración y control corresponde al Estado[135].

Lo fundamental en este aspecto es encontrar espectro para el despliegue de LTE, los últimos contratos firmados entre el Estado Ecuatoriano y los operadores OTECEL S.A. y CONECEL S.A. muestran el apoyo frente a las innovaciones que se puedan dar a nuevas tecnologías.

[135] Articulo 2 Ley Especial de Telecomunicaciones.

El reto más importante al que se enfrenta LTE es justamente el aspecto regulatorio, así lo muestra la figura 4.2 que publica el grupo Telesemana en una encuesta realizada en Marzo del 2010.

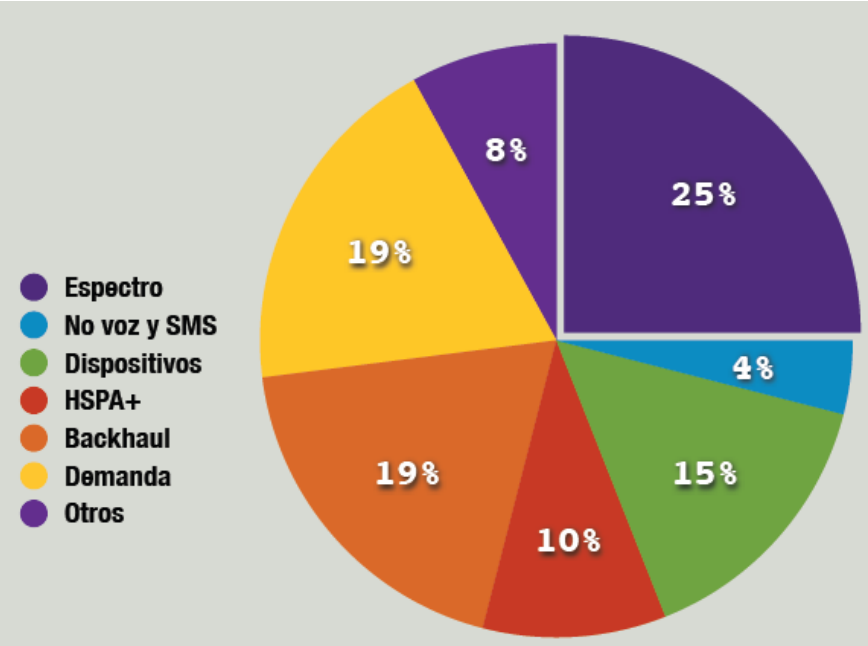

Figura 4.2. Retos que debe superara LTE para su lanzamiento comercial[136]

LTE tiene como ventaja que puede ser implementada en varias frecuencias, pero es importante señalar que se deben tener en cuenta aspectos como: terminales de usuario, elementos de red, disponibilidad de espectro, etc.

De acuerdo a varios gestores de la implementación de LTE se menciona que existen dos bandas para implementar LTE esto es: 2.5 GHz (propuesta por el mercado europeo) y 700 MHz (operadores de Estados Unidos). El problema que presenta la segunda banda es que se debería migrar hacia la televisión digital para liberar esa banda.

Varias pruebas de LTE, como las de Motorota, se las han realizado en la banda de 700MHz y 2.6 GHz, bajo este escenario en el Ecuador, una de las opciones para la implementación está en que se deberían modificar esas bandas para dar

[136] www.tele-medios.com

apertura a una licitación y un posterior establecimiento de la tecnología LTE en dichas frecuencias.

Otra de las opciones y la más acertada, es la migración de las redes celulares hacia LTE en las bandas ya adjudicadas, como la de 850 y 1900 MHz.

Cabe señalar que las bandas de frecuencias mas bajas ofrecen una mejor cobertura y mejor propagación; Motorola con su eNode B flexible permitirá a los operadores desplegar tecnología LTE en varias frecuencias, con la modificación de ciertos elementos de radio, lo que permitirá soportar muchas bandas de espectro.

A continuación se presentan las bandas designadas por 3GPP para el despliegue de LTE. Para llegar a implementar LTE se debería realizar la liberación y licitación de cualquiera de las bandas de frecuencias además de considerar la banda de frecuencia en la que funcionarían los terminales. Dichas frecuencias se muestran en la figura 4.3.

Nombre3GPP	**Espectro total**	***Uplink* [MHz]**	***Downlink* [MHz]**
2100	2 x 60 MHz	1920-1980	2110-2170
1900	2 x 60 MHz	1850-1910	1930-1990
1800	2 x 75 MHz	1710-1785	1805-1880
1700/2100	2 x 45 MHz	1710-1755	2110-2155
850	2 x 25 MHZ	824-849	869-894
800	2 x 10 MHz	830-840	875-885
2600	2 x 70 MHz	2500-2570	2620-2690
900	2 x 35 MHz	880-915	925-960
1700	2 x 35 MHZ	1750-1785	1845-1880
1500	2 x 25 MHz	1427.9-1452.9	1475.9-1500.9

Tabla 4.1 Bandas de frecuencia definidas por 3GPP[137].

[137] Harri Holma, Antti Toskala. Lte for Umts: Ofdma and Sc-fdma Based Radio Access, Jhon Willey and sons, 2009

Pero en la WRC-07 (*World Radiocommunication Conference*), se determinó otra banda que puede ofrecer mejoras en la cobertura como lo es la banda de los 700 MHz (698-806)

La UIT (*Unión Internacional de Telecomunicaciones*) (WRC '07) presentó la decisión de utilizar la banda de 700 MHz (698-862 MHz) para el despliegue de LTE.

Pero en el Ecuador lo mas factible es implementar LTE en la banda de 2.5 GHz debido a que la banda de 700 MHz se encuentra actualmente usada por servicios de radiodifusión tal como lo muestra la figura 4.3.

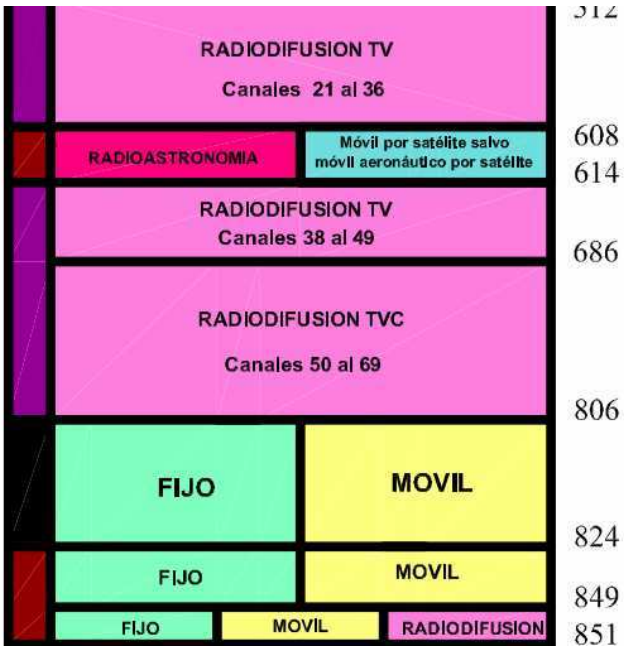

Figura 4.3. Uso de bandas de frecuencia desde 600 MHz hasta 800 MHZ[138].

Todas las inversiones que los operadores realicen en tecnología, dependen de las bandas de frecuencias disponibles, es aquí en donde los entes reguladores juegan un papel importante para el acceso a nuevas tecnologías.

[138]http://www.conatel.gov.ec/site_conatel/index.php?option=com_content&view=article&id=152:espectro&catid=39:frecuencias&Itemid=164

Para la implementación de tecnologías como LTE se deben licitar bandas de espectro a las operadoras de telefonía celular y no colocarles los llamados "*topes de espectro*" que hacen que los beneficiados de la licitación de bandas no sean precisamente las operadoras sino empresas que compiten con la telefonía celular; por ejemplo Chile licitó la banda de los 700MHz/2100MHz y el ente regulador coloco un tope de espectro a los operadores con lo que ellos quedaron fuera en una posible adjudicación de estas bandas y mas bien el beneficiado fue NEXTEL, CRT (operador de TV cable), otro ejemplo es México con la misma situación de topes de espectro en la licitación de las bandas 1900MHz, 1,7 GHz y 2,1 GHz.

Uno de los retos del ente regulador ecuatoriano es licitar las bandas que se necesitan para implementar LTE; si bien las bandas de 700 MHZ y 2.5 GHz están siendo usadas se podrían realizar cambios para dar apertura a la liberación de estas bandas así por ejemplo con la migración de la televisión analógica a la digital se pueden liberar la banda de 2,1 GHz y así ofertarla a los operadores para implementar LTE, si bien es bueno dar tiempo a que las tecnologías 4G se consoliden no podemos quedar fuera de la evolución tecnológica que se da a nivel mundial

CAPITULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

LTE es una gran opción para los operadores al permitir ofrecer a sus usuarios una amplia gama de servicios multimedia, más aún considerando que la tendencia presente en la región de Latinoamérica y Ecuador es la tecnología GSM/UMTS/HSPA por lo tanto se tiene un gran mercado que trabaja con esta tendencia, lo que facilita acceder a una futura migración hacia LTE.

Los fabricantes presentan al mercado soluciones tecnologías para una migración relativamente fácil; en los anexos se muestra estaciones base que soportan varias gamas de frecuencia además de ser multiestándar lo que permite tener una reducción considerable en antenas móviles y así un ahorro en la migración hacia LTE.

LTE podrá ser implementada en el Ecuador después de varios años debido a que en el 2011 se espera su despliegue comercial masivo en ciertos países desarrollados como Estados Unidos en el que existe un verdadero compromiso por parte de sus proveedores de tecnología celular para ofrecer facilidades y ponerla en funcionamiento lo más pronto posible, es así que fabricantes toman como una realidad muy próxima la implementación de LTE, dejando de lado en muchos casos la implementación de Wimax.

LTE responde de manera eficiente frente a los requerimientos de nuevos servicios como el intenet móvil, videoconferencia, juegos *on line,* debido a que presenta baja latencia, velocidades altas de conexión y eficiencia espectral.

Las proyecciones que se realizan de LTE, en la página *web* 4G Américas, presentan una ambiente favorable, razón por la cual se la puede considerar como una buena opción para implementarla en el futuro; una muestra son los compromisos de varios países y operadoras, en un número de más de 120, que muestran su interés por implementar LTE.

LTE seguramente heredará muchos usuarios de tecnologías GSM/UMTS/HSPA, lo que le da una ventaja frente a otras tecnologías, ya que la posicionan en un mercado ya existente y fuerte cuyas redes tienen un crecimiento anual de 105 millones de usuarios.

Desde el punto de vista de mercado es factible para los operadores realizar una inversión en la tecnología LTE, ya que existe un crecimiento vertiginoso de usuarios de telefonía móvil, por lo tanto existe un aumento de tráfico, además de una expectativa hacia la aparición de nuevos servicios y aplicaciones como videoconferencia, internet móvil, video llamada, descarga de archivos multimedia, video llamada, televisión móvil, juegos el línea a un precio asequible. Sin embargo es recomendable migrar a redes HSPA para explotar debidamente las redes predecesoras a LTE.

El espectro radioeléctrico definido para LTE descrito en el capítulo 4, en su mayoría se encuentra ocupado por otros sistemas, por lo tanto para utilizarlo es necesario se realice una liberación de esas porciones de espectro y seguir un proceso de concesión para la implementación de LTE en beneficio del usuario que podrá acceder a nuevos servicios.

Los últimos contratos de concesión por parte de las operadoras Movistar y Porta ofrecen facilidades para que los usuarios puedan disfrutar de nuevos y novedosos servicios como video-llamada; además existe el compromiso de las operadoras de realizar inversiones lo que permitirá mejora servicios a través de la implementación de nuevas tecnologías.

Antes de implementar LTE es importante explotar debidamente las redes actuales para recuperar las inversiones ya realizadas, además se debe tener en cuenta que existen redes intermedias como HSPA las cuales son menos costosas que LTE, razón por la cual el operador debe considerar una evolución paulatina y así aprovechar los beneficios de redes predecesoras.

5.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda a los entes reguladores dar apertura a la licitación de varias bandas de frecuencia mostradas en este proyecto de titulación, para la implementación de LTE en el Ecuador, lo que implica implementar planes de migración de tecnologías que se encuentran actualmente brindando servicios en estas bandas de frecuencias aprovechando aspectos como la migración de televisión analógica a televisión digital.

Los operadores de telefonía celular deben ser protagonistas en el incremento del acceso a Internet, presentando planes con tarifas asequibles y servicios con calidad para apoyar al crecimiento de suscriptores de Internet a nivel nacional.

Se recomienda que las operadoras de telefonía celular realicen inversiones tecnológicas, lo que consta en los nuevos contratos de concesión, para brindar mejor cobertura del las redes de tercera generación así como también de las 3.5 para crear brindar a un mayor sector de la población nuevos servicios para luego pensar en una evolución hacia tecnologías como LTE.

Se recomienda que en próximos proyectos de titulación se realice una comparación de LTE con su principal competidora, Wimax, debido a que existen similitudes y diferencias en aspectos como lo político, tecnológico y de costos.

Se recomienda a todos los actores del sector de las telecomunicaciones como centros de educación, entidades regulatorias, etc, capacitarse en el avance de las tecnologías inalámbricas hacia la cuarta generación como LTE que se proyecta como la gran tecnología del futuro

En función de los resultados obtenidos en las encuestas acerca de estado de la telefonía celular en el Ecuador, se recomienda a las operadoras mejorar los servicios ya existentes e implementar nuevos servicios con tarifas reducidas. para lograr que exista una mayor penetración de la telefonía celular y mayor satisfacción a nivel de usuarios.

- **BIBLIOGRAFÍA:**

LIBROS:

1. HOLMA, H., y Antti Toskala, WCDMA for UMTS, Cuarta edición, Wiley, 2007
2. Sinche, Soraya, MSc, Folleto de Comunicaciones Inalámbricas, 2007
3. HOLMA, H., y Antti Toskala, LTE for UMTS: OFDMA and SC-FDMA Based Radio Access, Wiley, 2009
4. GORRICHO Juan, GORRICHO Mónica. Comunicaciones móviles, Barcelona España, 2002

PAPERS:

5. 3GPP TS 36.300. RP-070136. RAN#35
6. 3GPP TS 36.300. RP-070136. RAN#35
7. 3GPP TS 36.211
8. 3GPP R1-062990 Nokia et.al. RAN1#46-bis. Seoul, S. Korea. October 2006
9. 3GPP TS 36.300 V8.0.0 (2007-03).
10. 3GPP TS 36.211 V1.1.0 (2007-05)
11. 3GPP TS 05.05
12. Towards Global Mobile Broadband LTE White Paper / Febrero 2008 / UMTS Forum
13. UMTS Evolution from 3GPP Release 7 to Release 8 HSPA and SAE/LTE / Junio 2008 / 3G Américas.
14. The Mobile Broadband Evolution: 3GPP Release 8 and Beyond HSPA + SAE/LTE and LTE-Advanced / Febrero 2009 / 3G Américas.

PÁGINAS WEB:

15. http://www.eie.fceia.unr.edu.ar/ftp/Tecnologias%20de%20banda%20angosta/introduccion%20telefon%EDa%20celular%202003.pdf

16. www.mailxmail.com

17. http://www.eie.fceia.unr.edu.ar/ftp/Tecnologias%20de%20banda%20angosta/introduccion%20telefon%EDa%20celular%202003.pdf.

18. http://www.supertel.gob.ec/telecomunicaciones/sma/informacion.htm

19. http://www.porta.net/

20. http://www.kriptopolis.org/geoposicionamiento-gsm-1

21. http://www.3gamericas.org

22. http://www.4gamericas.org

23. http://www.nokia-latinoamerica.com

24. http://www.nokia-latinoamerica.com

25. www.bandaancha.es

26. www.umts-forum.org

27. http://www.eveliux.com

28. http://www.cdg.org/technology/3g_1X.asp

29. http://www.cdg.org/worldwide/index.asp?h_area=0&h_technology=999

30. http://www.cdg.org/technology/3g_1xEV-DO.asp#rel0

31. http://www.cdg.org/technology/3g/resource/3GWorldUpdate_9-06_SPAN.asp

32. http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf

33. www.motorola.com

34. http://www.one-digital.com.mx

35. http://www.conatel.gob.ec/site_conatel/index.php

36. http://www.conatel.gob.ec / reglamento para otorgar concesiones de los servicios de telecomunicaciones, capitulo II

37. www.hoy.com.ec

38. www.buzzmovil.es

39. www.ahciet.net

40. www.supertel.gob.ec

41. http://rathishnair.com/techblog/cell-handoff-basics/

42. http://www.atis.org/lte/documents/Challenges%20of%20LTE%20Migration.pdf

43. http://www.mbcom.cn/Feature/ShowArticle.aspx?ID=1352