

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA**



CARRERA: INGENIERÍA DE SISTEMAS

Tesis previa a la obtención del Título de:Ingeniero de Sistemas.

**“ANÁLISIS DE LA PROPUESTA DE EVOLUCIÓN DE REDES 3G Y SU
CONVERGENCIA A LA TECNOLOGÍA 4G PARA REDES DE
TELEFONÍA MÓVIL.”**

AUTORA:

CHIMBO RODRÍGUEZ MARITZA CECIBEL.

DIRECTOR:

ING. WILSON QUINTUÑA.

CUENCA – ECUADOR

2012

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Los conceptos desarrollados, análisis realizado y las conclusiones del presente trabajo, son de exclusiva responsabilidad de la autora.

Cuenca, 27 de abril de 2012

Maritza Chimbo Rodríguez.

Wilson Quintuña, Director de la Tesis,

CERTIFICA

Que la presente tesis ha sido desarrollada bajo todos los reglamentos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana y ha cumplido con todos los requerimientos para su aprobación.

Wilson Quintuña
DIRECTOR DE TESIS

DEDICATORIA

Con amor dedico este trabajo a mi mami Rosa Rodríguez, quien me ha enseñado a luchar por mis ideales, a levantarme y mirar al frente, a ser perseverante y sobre todo por su apoyo incondicional en todas las etapas de mi vida.

Maritza Cecibel Chimbo Rodríguez.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a ti mi Dios por permitirme culminar este trabajo, porque en mi camino pusiste personas que día a día ayudaron a construir mi vida y luchar por mis metas; aunque no pueda mencionar a todas, las llevo presentes en mi corazón. Agradezco a mi mami quien ha permanecido junto a mí, para enfrentar los momentos más amargos y felices en mi camino. A mi esposo y ñaña Betty por su amor, apoyo y motivación incansable.

Quiero agradecer a todos mis profesores quienes con su labor de enseñanza, han compartido conocimientos y experiencias profesionales que me han enriquecido y permitido crecer, de manera especial al profesor Ing. Wilson Quintuña, quién como Director me ha sabido guiar con ahínco en el desarrollo del tema. Así mismo al Ing. Rommel Carpio quién me ha apoyado con su gestión y conocimientos. A mis compañeros y amigos con quienes compartí esta etapa de mi vida.

Maritza Chimbo Rodríguez.

ÍNDICE

CONTENIDOS:	PÁG.
<i>CAPÍTULO I: TECNOLOGÍAS Y REGULACIONES</i>	<i>17</i>
1. INTRODUCCIÓN.....	18
1.1 Tecnologías y Normativas.....	18
1.2 Generaciones de Teléfonos Móviles.	19
1.2.1 Generación 1G.	19
1.2.2 Generación 2G.	21
1.2.3 Generación 3G.	22
1.2.4 Generación 4G.	23
1.3 IMT-2000.	24
1.3.1 3GPP.	27
1.3.2 Revisiones del 3GPP.....	28
1.4 Regulaciones.	30
1.4.1 Generalidades.....	30
1.4.2 Estructura de los Organismos de Regulación.	33
1.4.2.1 CONATEL.....	34
1.4.2.2 SENATEL.....	35
1.4.2.3 SUPERTEL.	35
1.4.3 Aspectos Regulatorios en el Espectro Radioeléctrico.....	36
1.4.3.1 Generalidades.	36
1.4.3.2 Servicios de Telecomunicaciones en el Ecuador.....	38
1.4.3.2.1 Servicios finales de telecomunicaciones.	38
1.4.3.2.2 Servicios portadores.....	39

<i>CAPÍTULO II: REDES DE TELEFONÍA MÓVIL</i>	<i>41</i>
2. REDES DE TELEFONÍA MOVIL.	42
2.1 Principios de Funcionamiento.	43
2.2 Estructura Básica de un Sistema Celular.....	44
2.2.1 Terminal Celular Móvil.	44
2.2.2 Estación Base.	45
2.2.3 Estación de Control y Conmutación.	46
2.2.4 Conexiones: Radio Canales.	47
2.3 Señalización.	48
2.4 Red de Telefonía Móvil con tecnologíaGSM.	51
2.4.1 Arquitectura de la Red GSM.....	51
2.4.2 Movilidad GSM.	55
2.5 Redes de Telefonía Móvil con tecnología CDMA2000.....	55
2.6 Comunicaciones móviles.....	56
2.7 Tecnología y Protocolo WAP.	57
2.7.1 Funcionamiento del Protocolo WAP.	58
2.7.2 Otras tecnologías.....	59
2.8 Análisis de la red de telefonía móvil de la CNT EP, Cuenca.....	60
2.8.1 SDH.....	65
2.8.1.1 Características de SDH.	66
2.8.1.2 JERARQUIA DE SEÑAL.....	67
2.8.1.3 Elementos de Red en SDH.	68
2.8.1.3.1 Regeneradores.....	68
2.8.1.3.2 Multiplexores Terminales.....	68
2.8.1.3.3 Crossconectores Digitales.....	69

2.8.1.3.4	Multiplexores <i>Add/Drop</i> (Inserción/Extracción).....	69
2.8.1.4	Arquitecturas de Red.	70
2.8.1.4.1	Punto a punto.	70
2.8.1.4.2	Lineales.....	70
2.8.1.4.3	Anillos.	71
2.8.1.5	Implementación de la red SDH.....	72
<i>CAPÍTULO III: EVOLUCIÓN DE LA TELEFONÍA MÓVIL VÍA GSM.....</i>		75
3.	INTRODUCCIÓN Y CAMINOS MIGRATORIOS.....	76
3.1	EDGE.	79
3.1.1	EDGE <i>EVOLUTION</i>	83
3.2	UMTS/WCDMA.....	84
3.2.1	Arquitectura de red UMTS.	86
3.2.2	Tipos de celdas UMTS.....	89
3.2.3	WCDMA.....	90
3.2.4	Evolución de la radio UMTS.	92
3.3	Tecnología HSPA+.	94
3.3.1	HSDPA (<i>Hight Speed Downlink Packet Access</i>).....	95
3.3.1.1	Canales Físicos HSDPA.	96
3.3.1.2	Arquitectura de la red HSDPA.	97
3.3.2	HSUPA.	99
3.3.2.1	Características de la red HSUPA.....	101
3.4	LTE (<i>Long Term Evolution</i>).....	102
3.4.1	Requisitos del Sistema.	103
3.4.2	Arquitectura LTE.	105
3.4.3	Métodos de transmisión.	108

3.4.4	Funciones evolución del núcleo de red.....	108
3.5	Tendencias de tecnología y mercado.....	110
<i>CAPÍTULO IV: CONVERGENCIA A 4G.....</i>		<i>114</i>
4.	CONVERGENCIA A 4G.....	115
4.1	Normativa IMT- <i>Advanced</i>	116
4.1.1	Características de IMT- <i>Advanced</i>	117
4.2	Consideraciones de Espectro.....	118
4.3	Elementos representativos de una red 4G.	119
4.4	Mercado y Servicios.....	121
4.5	Banda Ancha Móvil (BAM).....	123
4.5.1	Dispositivos Implicados en la Migración.	126
4.6	Comparativas de Migración.	127
4.7	Propuesta de Migración hacia LTE.....	133
4.7.1	Nodo B de nueva generación.	135
4.7.1.1	Ventajas del Nodo B.....	135
4.7.1.2	Aplicación Nodo B.	137
4.7.2	Solución HSDPA.	138
4.7.3	Solución HSPA, HSPA+ y LTE.	139
4.7.4	Propuesta de Topología General para Migración a 4G.....	142
4.8	Aproximaciones de Presupuesto.	143
4.9	Situación Futura 4G.	145
4.10	Ventajas y desventajas de la Evolución a 4G.....	148
<i>CONCLUSIONES.....</i>		<i>152</i>
<i>RECOMENDACIONES.....</i>		<i>156</i>
<i>BIBLIOGRAFÍA.....</i>		<i>158</i>

<i>ANEXOS</i>	<i>170</i>
<i>GLOSARIO</i>	<i>173</i>

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

CONTENIDO	PÁG.
<i>FIGURAS:</i>	
Figura 1.a Interfaces de radio de la familia IMT-2000.....	26
Figura 1.b. Técnicas de Acceso IMT-2000.....	27
Figura 1.c. Estructura MINTEL.....	34
Figura 2.a. Funcionamiento de la Telefonía Celular.....	43
Figura 2.b. Estructura Básica del Sistema de Telefonía Celular.....	48
Figura 2.c. Arquitectura de una red GSM.....	54
Figura 2.d. Usuarios y densidad de Internet en Ecuador.	57
Figura 2.e. Funcionamiento y Arquitectura WAP.	59
Figura 2.f. Esquema general de la red móvil de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones-Cuenca.	61
Figura 2.g. Regenerador SDH.....	68
Figura 2.h. Multiplexor Terminal SDH.	69
Figura 2.i. Crossconector Digital SDH.	69
Figura 2.i. Multiplexor Add/Drop SDH.....	70
Figura 2.j. Arquitectura punto a punto.....	70
Figura 2.k. Arquitectura Lineal SDH.....	71
Figura 2.l. Arquitectura en Anillo SDH.....	71
Figura 2.m. Multiplexor Huawei OSN 3500	73
Figura 2.n. Arquitectura en Anillo de la red móvil de la CNT EP, Cuenca..	74
Figura 3.a. Arquitectura de red GPRS	77
Figura 3.b. Diagrama GPRS y EDGE.....	78

Figura 3.c. Arquitectura EDGE.	80
Figura 3.d. Esquema de Codificación EDGE	82
Figura 3.e. Red Multiradio UMTS.....	85
Figura 3.f. Dominios y Puntos de Referencia UMTS.....	86
Figura 3.g. Arquitectura UMTS R'99.....	89
Figura 3.h. Jerarquía UMTS.	90
Figura 3.i. Actualización GSM a WCDMA.....	91
Figura 3.j. Evolución de las Tecnologías 3GPP.	92
Figura 3.k. Uso del Canal Dedicado y Compartido HSDPA.....	97
Figura 3.l. Arquitectura HSDPA.....	98
Figura 3.m. Canales HSUPA.	100
Figura 3.n. Arquitectura del Sistema LTE.	105
Figura 3.o. Evolución de la arquitectura del núcleo de red del 3GPP.	108
Figura 3.p. Previsión de crecimiento móvil en América Latina.	110
Figura 4.a. Futura red IMT.	116
Figura 4.b. Bandas de frecuencia móvil asignadas a IMT-A.....	118
Figura 4.c. Elementos representativos de una red 4G.....	119
Figura 4.d. Suscriptores Celulares Globales.	121
Figura 4.e. Crecimiento en América Latina UMTS-HSPA.	124
Figura 4.f. Arquitectura UMTS y LTE.	132
Figura 4.g. Nodo B Huawei.	134
Figura 4.h. Familia de Nueva Generación de Nodos B.	136
Figura 4.i. Solución HSDPA Huawei.	137
Figura 4.j. <i>Huawei SingleRAN</i>	138
Figura 4.k. Solución Huawei <i>SingleRan</i>	139

Figura 4.1. <i>Huawei SingleRAN</i>	140
Figura 4.m. Propuesta de topología general para la migración.....	141
Figura 4.n. Curva de adopción de tecnologías 2G a 4G.	144
Figura 4.o. LTE: La Plataforma del Futuro.	146

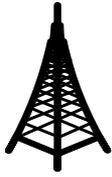
TABLA:

Tabla 1.1. Revisiones 3GPP.....	30
Tabla 1.2. Distribución del Espectro Radioeléctrico.	38
Tabla 3.1. Comparativa de capacidad y coste estimado por megabyte en redes 3G, HSPA y LTE modelados para un despliegue de 10000 estaciones base.	112
Tabla 4.1. Tráfico móvil total (EB por año a nivel Mundial).....	124
Tabla 4.10. Planes de funcionalidad a partir del 2011.....	145
Tabla 4.2. Tráfico promedio por dispositivo (MB/mes).....	126
Tabla 4.3. Comparativa entre generaciones móviles.	127
Tabla 4.4. Migración GPRS a UMTS.....	128
Tabla 4.5. Características de las versiones 3GPP.	129
Tabla 4.6. Comparación de los métodos de Acceso a Internet Móvil.	130
Tabla 4.7. Diferencias de Topología entre UMTS y LTE.	131
Tabla 4.8 Presupuesto de Mantenimiento CNT EP.	143
Tabla 4.9. Requerimientos de Velocidad.....	145

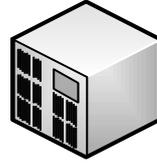
SIMBOLOGÍA:



Dispositivo Móvil



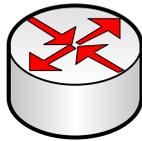
BTS



Oficina Central



Ciudad



Enrutador



PDA



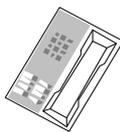
Equipo Portátil



Equipo Fijo



Enlace



Telefonía Fija



eNodeB



Servidor

Gateway

INTRODUCCIÓN

La Corporación Nacional de Telecomunicaciones, CNT S.A nace el 30 de octubre del 2008 habiendo sido fusionadas Andinatel S.A y Pacifictel S.A actualmente extintas. El 4 de febrero de 2010 se convierte en empresa pública pasando a ser la Corporación Nacional de Telecomunicaciones Empresa Pública, de telecomunicaciones del Ecuador. Con casi tres años entre las empresas ecuatorianas tiene la finalidad de brindar un mejor servicio a todos los ecuatorianos, y conectar a todo el país con redes de telecomunicaciones; por ello constantemente trabaja para satisfacer la demanda de los consumidores ávidos de las nuevas posibilidades de prestaciones de servicios de banda ancha y convertirse en una excelente alternativa en el mercado.

Consciente la CNT EP, de que se encuentra a la vista la tecnología 4G con nuevas características en las arquitecturas de red, la misma que despliega servicios basados en IP y pretende mejorar la experiencia de banda ancha móvil para los clientes, trabaja constantemente para optimizar la actual 3G y emprender el camino migratorio hacia 4G, con ello se proyecta a integrar los sistemas para ofrecer un servicio estable en cualquier parte del mundo con el mismo terminal móvil, aumentando considerablemente la velocidad, y así ofrecer una gama más amplia de servicios y facilidades.

Si bien la 3G ha permitido aumentar la velocidad de transferencia de datos y ha logrado solventar las deficiencias de la 2G, se ha tenido que rediseñar equipos del cliente y las arquitecturas de red para que sean compatibles a estas capacidades. Habiendo conseguido un considerable avance sigue habiendo un límite, la capacidad de la radio y las bandas de frecuencias para que tanto tráfico pueda ser abastecido a la población, es por esto que se requiere una evolución de la 3G, la misma que enfoca nuevos métodos de modulación y codificación para la transmisión.

En este caso se busca emprender el camino migratorio vía GSM. GSM es la tecnología inalámbrica más ampliamente utilizada en el mundo y nuestro país no es la excepción. Este trabajo provee una herramienta informativa, que refleja la propuesta de desarrollo de la tecnología inalámbrica GSM y su camino evolutivo a una Cuarta Generación, partiendo para ello del estado actual de la red de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones de la ciudad de Cuenca en la que se manifiesta el análisis, las ventajas y desventajas del proyecto.

CAPÍTULO I: TECNOLOGÍAS Y REGULACIONES

1. INTRODUCCIÓN.

1.1 Tecnologías y Normativas.

La UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) es el organismo de las tecnologías de información y comunicación comprometida a comunicar al mundo, continuamente elabora normas técnicas que garantizan la interconexión de redes y tecnologías. La IMT-2000 es una norma elaborada o conjunto de recomendaciones para los sistemas móviles de Tercera Generación (3G). Sirve de marco regulatorio para el acceso inalámbrico mundial, vinculando los sistemas diversos de redes terrenales o de satélite.

El futuro de las IMT-2000 se encuentra definido en el término 4G o Cuarta Generación para servicios móviles inalámbricos. Para ello la UIT ha desarrollado las Telecomunicaciones Móviles Internacionales-Avanzadas (IMT- Avanzadas) que son sistemas móviles dotados de nuevas capacidades superando a las IMT-2000.

En octubre del 2009 en la Asamblea de Radiocomunicaciones en Ginebra, mediante consenso se decide ampliar la familia de interfaces radioeléctricas 3G estableciendo las IMT-Avanzadas. Con la llegada de la 4G la UIT-R (la división de radiocomunicaciones de la UIT) elaboró un documento denominado 4G/IMT en el cual se encuentran redactadas las normas para brindar servicios de Cuarta Generación. Los sistemas de IMT-Avanzadas permitirán acceder a una amplia gama de servicios de telecomunicación, en especial los servicios móviles avanzados, admitidos por redes fijas y móviles, en los que se utilizan la transmisión por paquetes.

Se espera que las redes 4G estén en la capacidad de proveer servicios de velocidad de 100 Mbps para ambientes exteriores (ejemplo, trenes y automóviles) y de 1 Gbps en ambientes interiores (como peatones, usuarios

fijos)¹.4G deberá ser una red completamente nueva, una red de redes y un sistema de sistemas integrados totalmente basados en el protocolo IP.

Actualmente algunas compañías operadoras de celulares utilizan la terminología de “tecnología 4G” como estrategia de marketing en la comercialización al usuario final, minimizando las normas de la industria de las telecomunicaciones. No se puede hablar de tecnologías de 3.5 o 3.8 como tecnologías 4G, hasta ahora la UIT ha definido las generaciones con números enteros y se ha puesto en claro que mientras no cumplan los requerimientos establecidos no pueden llamarse verdaderamente 4G. En diciembre del 2010 la UIT comunicó que WiMax 4G, LTE-Avanzadas y HSPA+ se consideran tecnologías 4G.

1.2 Generaciones de Teléfonos Móviles.

A lo largo de los años las tecnologías inalámbricas han tenido un gran auge y desarrollo, muestra de esto es la telefonía celular que plasma sus esfuerzos por mejorar los servicios constantemente. Los teléfonos celulares se han convertido en una herramienta esencial para la gente común y de negocios.

Desde sus inicios en el año 1979 hasta la fecha, la telefonía celular ha revolucionado enormemente las actividades diarias, si bien en un principio fueron concebidas únicamente para la voz, hoy en día brindan varios servicios como datos, audio, video, televisión móvil, entre otras aplicaciones. A continuación se presenta la evolución de las tecnologías celulares.

1.2.1 Generación 1G.

Su aparición se produjo a finales de los años 70 y a principio de los 80. Los estándares de esta primera generación se caracterizaron por ser estrictamente analógicos y para voz. Podemos definir las siguientes características:

¹ VILCHES, José, “Everything you need to know about 4G Wireless, Technology”, *Techspot*, 29 de abril de 2010.

- La calidad de los enlaces de voz era muy baja (velocidad baja, 2400 baudios).
- La transferencia entre celdas era muy imprecisa.
- Estaban basadas en FDMA (*Frequency Division Multiple Access*).
- Utilizaban modulación FM (*Frecuencia Modulada*) lo que permitía robustez frente al ruido, interferencias y desvanecimientos.

Los estándares que se desarrollaron fueron:

- AMPS (*Advanced Mobile Phone System*): Sistema norteamericano que empezó operando en 1983.
- NMT (*Nordic Mobile Telephony*): Generado por los países nórdicos. Era un sistema analógico que perfiló algunas leyes básicas de la telefonía móvil celular:
 - Estructura celular de sistema (re uso de frecuencia).
 - Movilidad total de usuarios y *roaming* entre diferentes Sistemas NMT.
 - Conexión continua a pesar de los cambios de canales de comunicación y ambiente.
- E-TACS (*Extended Total Access Communications System*): Sistema de comunicaciones para telefonía móvil celular dúplex en la banda de los 900Hz.

1.2.2 Generación 2G.

La Segunda Generación nace hasta 1990 e introdujeron comunicaciones digitales. Estos sistemas se centraron en la mejora de la calidad de voz, la cobertura y la capacidad. Fueron diseñados para soportar voz y datos de baja velocidad. Los sistemas más representativos de la 2G son:

- GSM (*Global System for Mobile phone communications*): Surge en 1992 y fue el primer estándar disponible que permite *roaming*. Se basa en la transmisión de la información a través de la conmutación por circuitos, se utiliza para la transmisión de mensajes cortos (*Short Message Service - SMS*), se construyó la tarjeta SIM (Módulo de Identificación del Suscriptor) para el equipo móvil que habilitó su movilidad.
- IS-95: Utilizado en Corea del Sur y Norte América, emplea la tecnología de Acceso Múltiple por división de Código de banda estrecha.
- TDMA IS-136: este sistema proviene del IS-54 y ha sido el estándar digital utilizado en parte de Norte América, América Latina, la parte asiática del Pacífico y la Europa de Este.
- PDC (*Personal Digital Communications*): Es el principal estándar digital funcionando en Japón.

La tecnología inalámbrica de 2.5G es un paso intermedio que comunicó a la tecnología inalámbrica de 2G con la de 3G y a veces se utiliza para describir a las tecnologías evolucionadas que en un comienzo se consideraron de 2G,² pero no fue un estándar establecido por la UIT. Se desarrollan estándares como GPRS (*General Packet Radio System*), el EDGE (*Enhanced Data Rates for GSM Evolution*), también se introdujo otro tipo de tecnología como CDMA 2000 1x.

² Comprendiendo las diferencias entre 1G, 2G, 3G y 4G. 4G Américas, 2010, <http://www.4gamericas.org/index.cfm?fuseaction=page§ionid=406>

1.2.3 Generación 3G.

Esta generación se caracteriza por la convergencia de voz y datos con acceso inalámbrico a Internet, es decir ofrece aplicaciones multimedia y altas transmisiones de datos. En relación con las generaciones anteriores los servicios de la 3G proponen mayores ventajas, se combina el acceso móvil de alta velocidad con los servicios basados en el protocolo IP. Lo mencionado hace referencia a poseer una conexión rápida a Internet (mayor ancho de banda) que permite realizar transacciones bancarias a través de un teléfono móvil, hacer compras, consultar información, entre otros que se puede citar.

La familia de los sistemas de Tercera Generación se denominan a través de las Telecomunicaciones Móviles Internacionales (IMT-2000) que lo define la UIT. A partir de esta base se desarrollan 3 tipos de tecnologías de acuerdo a una zona geográfica, así:

- UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System*): Sistema europeo que surge para la transición suave de las redes 2G que generalmente eran GSM hasta las redes de Tercera Generación. Utiliza CDMA (Acceso Múltiple por División de Código), proporciona una transmisión de datos de velocidades altas tanto por conmutación de paquetes (384 Kbps) como conmutación de circuitos (2 Mbps).
- CDMA2000: Esta tecnología comprende los estándares CDMA2000 1x, CDMA2000 1xEV-DO(1x *Evolution Data-Optimized*), CDMA2000 1xEV-DV (1x *Evolution Voice/Data*), ofrece una capacidad de voz mejorada, mayor velocidad de datos (hasta 2 Mbps), mayor duración de baterías.
- TD-SCDMA (Tecnología CDMA Síncrona por División de Tiempo): Desarrollada por la academia China de Tecnologías de comunicaciones.

1.2.4 Generación 4G.

La UIT-R ha emitido los requerimientos para ser una tecnología 4G en la norma IMT-Adanzadas. Podemos decir que en esta generación por primera vez se habla de integrar la banda ancha móvil y fija esto debido a tres directrices como son: evolución hacia red basada completamente en tecnología IP, utilizando conmutación por paquetes, la integración de diferentes tipos de accesos (fijo - móvil) y una capa de servicios común para que los usuarios finales puedan hacer uso de servicios multimedia en la red móvil.

Los Sistemas 4G se enfocan en 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.³ Algunos puntos clave que la UIT- R ha establecido son:

- Alto grado de coincidencia de la funcionalidad en todo el mundo, para soportar una amplia gama de servicios y aplicaciones a un costo eficiente.
- Capacidad de interconexión con otros sistemas de radio.
- Alta calidad en los servicios móviles.
- Aplicaciones, servicios y equipos amigables al usuario.
- Capacidad de conexión mundial (*roaming*).

³MSc. SINCHÉ Soraya, Telefonía Celular, “*Folleto de Comunicaciones Inalámbricas*”, Quito, mayo 2007, p. 72.

- Los sistemas de radio deberán incluir OFDMA (*Orthogonal Frequency Division Multiple Access*) un esquema de modulación altamente eficiente.

1.3 IMT-2000.

El estándar mundial para redes inalámbricas de Tercera Generación (3G) desarrollado y aprobado por la UIT es IMT-2000 (*International Mobile Telecommunications-2000*). Definido como un conjunto de recomendaciones interdependientes que constituyen el marco para el acceso a nivel mundial y permite conectar diversos sistemas de redes terrenales o por satélite.

La UIT ha establecido las actividades normativas de las IMT-2000 en tres sectores:

- Normalización de las Telecomunicaciones UIT-T: Se encarga de los aspectos de las redes en las comunicaciones móviles, la red internet inalámbrica, convergencia de redes móviles y fijas, funciones de multimedia móviles, la interoperabilidad y la mejora constante de las UIT-T sobre las IMT-2000.
- Radiocomunicaciones UIT-R: Se encarga del espectro de radiofrecuencia en todo su conjunto y de los aspectos de radiocomunicaciones de las IMT-2000 y futuros.
- Desarrollo de las comunicaciones UIT-D: Difunde asistencia de los países en desarrollo para la implementación de IMT-2000.

Con el fin de justificar un cambio evolutivo considerable en relación con la anterior generación, la UIT exige una serie de requisitos para las redes IMT-2000; estos son: una mayor capacidad del sistema, una mayor eficiencia espectral, y una mayor velocidad de transmisión en entornos fijos y móviles. Así los grandes objetivos de la IMT-2000 son:

- Proporcionar cobertura mundial, permitiendo a las unidades cambiar de sistemas y de redes. Reservando una porción del espectro en todo el mundo.
- Alta capacidad de transmisión de datos, con capacidad de soportar tanto la conmutación de circuitos como la conmutación de paquetes, así como sistemas de multimedia.
- Permitir movilidad con alta velocidad de datos, ya sea en vehículos o con personas en movimiento.

En 1999 se aprobaron cinco especificaciones de interfaces de radio terrestres para las IMT-2000:

- IMT-DS (*Direct Spread*): Conocido como UTRA FDD (*Universal Mobile Telecommunications System-UMTS Terrestrial Radio Access FDD (Frequency Division Duplex)*) o WCDMA (*Wideband Code Division Multiple Access*).
- IMT-MC (*Multi Carrier*): Conocido como CDMA2000.
- IMT-TC (*Time-Code*): Este sistema es el UTRA TDD (*UMTS Terrestrial Radio Access TDD (Time Division Duplex)*).
- IMT-SC (*Single Carrier*): Tiene características comunes al modo de transmisión por paquetes GPRS (*General Packet Radio System*) de GSM y a EDGE.
- IMT-FT (*Frequency Time*): Conocido como DECT (*Digital Enhanced Cordless Telecommunications*).

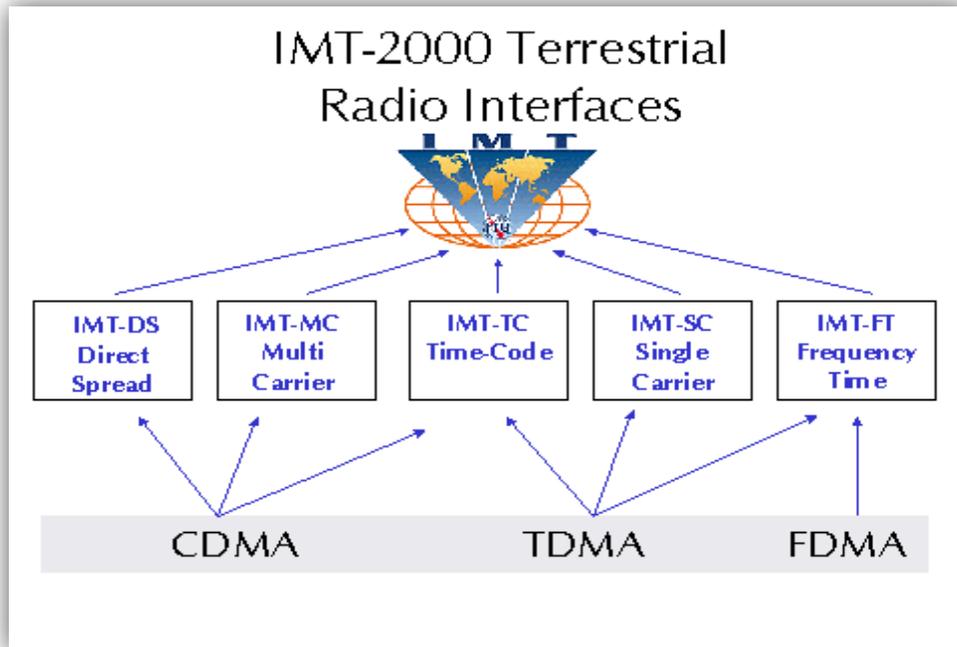


Figura 1.a Interfaces de radio de la familia IMT-2000.

Fuente: Fabio Leite, Francine Lambert, IMT-2000 Terrestrial Radio Interfaces, 2002.

La IMT-2000 contempla 3 técnicas de acceso al medio, como lo observamos en la figura anterior: CDMA (Acceso Múltiple por División de Código), TDMA (Acceso Múltiple por División de Tiempo) y FDMA (Acceso Múltiple por División de Frecuencia).

- FDMA.- A cada usuario se le asigna una frecuencia distinta.
- TDMA.- Varios usuarios utilizan el mismo canal de frecuencia secuencialmente. Las ranuras del tiempo se repiten.
- CDMA.- Esta es la técnica que ha dado mayores ventajas, ya que supera el desempeño y la eficiencia espectral de las anteriores. Cada canal se esparce sobre la banda de frecuencia disponible. Varios usuarios usan la misma banda al mismo tiempo. A cada usuario se le asigna un código único.

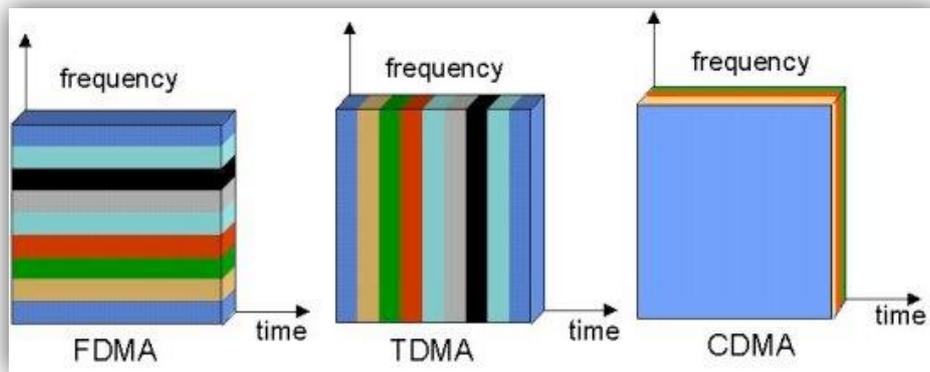


Figura 1.b. Técnicas de Acceso IMT-2000.

Fuente: Learn Telecom, Multiple Access Technique, 2011.

1.3.1 3GPP.

EL Foro *3rd Generation Partnership Project* conocido por sus siglas 3GPP se creó en diciembre de 1998, está constituido por organismos normativos de diferentes países, que conforman lo que se conoce como socios constituyentes. El objetivo principal es hacer extensivo al planeta las aplicaciones de Tercera Generación (teléfono móvil) con especificaciones de sistemas IMT-2000.

Su alcance inicial fue producir especificaciones e informes técnicos de un sistema móvil 3G basado en GSM, posteriormente este alcance fue modificado para incluir el mantenimiento y evolución de:

- El sistema global para comunicaciones móviles (GSM), ahora comúnmente conocidos como sistemas UMTS, incluyendo las tecnologías de acceso de radio evolucionadas (GPRS y EDGE).
- Una evolución de la Tercera Generación y más allá de los sistemas móviles basados en el desarrollo 3GPP de los núcleos de red y tecnologías de acceso de radio con el apoyo de los socios.

- Una evolución del Subsistema Multimedia IP o *IP Multimedia Subsystem* (IMS), que es un conjunto de especificaciones que describen la arquitectura de las redes de siguiente generación, para soportar telefonía y servicios multimedia a través de IP.

Uno de los socios es la *European Telecommunications Standards Institute* (ETSI), es una organización establecida con el fin de elaborar normas europeas de telecomunicaciones, que se encarga de traducir los documentos elaborados por el 3GPP a normas europeas. La versión europea de los sistemas de telefonía móvil de Tercera Generación se denominó UMTS.

Con el objetivo de no quedarse sin capacidad para cubrir las necesidades del mercado, el 3GPP evolucionó el sistema UMTS desde su primera versión, la *Release 99*, incluyendo importantes mejoras que llevaron a nuevas variantes del estándar, como HSDPA, *High Speed Uplink Packet Access* (HSUPA), HSPA y HSPA+, todas caracterizadas por el incremento sustancial de la capacidad de transmisión y la mejor adecuación a la conmutación de paquetes.

En el 2004 3GPP inició los estudios relacionados con la evolución de la red 3G hacia la Cuarta Generación Móvil (4G). Dentro del camino tecnológico el enlace entre las dos generaciones dado por el 3GPP lo marca la tecnología *Long Term Evolution* (LTE), que puede considerarse como precursora de las redes 4G o el sistema más potente dentro de las tecnologías de 3G.

3GPP no debe ser confundido con *3rd Generation Partnership Project 2* (3GPP2), el mismo que especifica estándares para otra tecnología 3G tomando como base de partida IS-95 (CDMA), comúnmente conocido como CDMA2000.

1.3.2 Revisiones del 3GPP.

La estandarización de una norma supone la definición de un extenso conjunto de especificaciones que garanticen el funcionamiento global del sistema. Al ser un proceso gradual con continuas evoluciones o revisiones, 3GPP

propuso la planificación anual de este conjunto de normas que se conocen con el nombre de “*Release*”. Esto permite mantener el sistema funcionando al mismo tiempo que se lo va mejorando y completando. Podemos mencionar los siguientes *Release*:

Versión	Lanzamiento	Información
Fase 1	1992	Características GSM.
Fase 2	1995	Características GSM. Codificador EFR (<i>Enhanced Full Rate</i>).
Release 96	1997 T1	Características GSM. 14,4 kbit/s velocidad del usuario.
Release 97	1998 T1	Características GSM. GPRS o Servicio General de Paquetes vía radio.
Release 98	1998	Características GSM. EDGE, GPRS para la norma PCS1900.
Release 99	2000 T1	Especifica la primera red 3G UMTS, incorpora una interfaz de aire CDMA.
Release 4	2001 T1	Originalmente conocido como <i>Release 2000</i> – agrega características incluyendo un <i>all-IP</i> , que se refiere a la evolución de la actual infraestructura de redes de telecomunicación y acceso telefónico.
Release 5	2002 T1	Introdujo aIMS (<i>IP Multimedia Subsystem</i>) y HSDPA (<i>High Speed Downlink Packet Access</i>).
Release 6	2004 T1	Funcionamiento integrado con redes inalámbricas LAN (<i>Local Area Network</i>), además incorpora HSUPA (<i>High-Speed Uplink Packet Access</i>), MBMS (<i>Multimedia Broadcast Multicast Services</i>), mejoras en IMS como PoC (<i>Push to Talk over Cellular</i>), GAN (<i>Generic Access Network</i>).
Release 7	2007 T1	Centrada en la disminución de la latencia, mejora

		de calidad de servicio y aplicaciones en tiempo real tales como voz sobre IP. Esta especificación también se centra en HSPA+ (HSPA Evolucionado), SIM. Se puede usar el teléfono móvil para el pago de una amplia gama de servicios, Evolución de EDGE.
Release 8	2008 T1	Primer <i>Release</i> LTE. Arquitectura de red <i>All-IP</i> . Nuevo OFDMA (<i>Orthogonal Frequency Division Multiple Access</i>), MIMO (<i>Multiple-input Multiple-output</i>) basado en interfaz de radio, no compatible con las interfaces anteriores CDMA. <i>Dual-Cell HSDPA</i> .
Release 9	2009 T1	Mejoras <i>Evolved Packet Core</i> (EPC). Interoperabilidad WiMax y LTE/UMTS. <i>Dual-Cell HSDPA</i> con MIMO, <i>Dual-Cell HSUPA</i> .
Release 10	2011 T1	Cumplimiento de los requerimientos para las LTE- Avanzadas o <i>IMT-Advanced 4G</i> . Compatible con el <i>Release 8</i> (LTE). Mejoras para el servicio IP Multimedia.
Release 11	Planeado hasta el 2012	Servicios de interconexión IP Avanzado. Capa de Servicios de interconexión entre operadores nacionales y proveedores de aplicaciones de otros fabricantes. Contenido sigue abierta (a partir de abril de 2011).

Tabla 1.1. Revisiones 3GPP.

Fuente: WIKIPEDIA, Standards, 2011.⁴

1.4 Regulaciones.

1.4.1 Generalidades.

⁴ Adaptación de la autora.

Para que una tecnología sea implementada en el Ecuador a más de tomar en cuenta los aspectos tecnológicos, es necesario considerar el marco regulatorio para poder ser implementada.

Mediante decreto Ejecutivo N° 8 firmado por el Presidente de la República, Eco. Rafael Correa Delgado, el 13 de agosto de 2009 se crea El Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información. El mismo responde a la necesidad de 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.

El Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información, conocido como MINTEL, 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.”

El MINTEL tiene como objetivos:

- *Establecer y coordinar la política del sector de las telecomunicaciones, orientada a satisfacer las necesidades de toda la población;*
- *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(Objetivos MINTEL).

1.4.2 Estructura de los Organismos de Regulación.

En el Ecuador las entidades regulatorias están organizadas desde la cabeza que lo conforma el MINTEL, de aquí parten los órganos de regulación y control: CONATEL(Consejo Nacional de Telecomunicaciones), SENATEL (Secretaría Nacional de Telecomunicaciones), se encuentran organizados como lo observamos en la figura a continuación;y además podemos mencionar al único ente autónomo encargado del control de las telecomunicaciones del país laSUPERTEL(Superintendencia de Telecomunicaciones).

Con la creación del Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información se fusiona el CONARTEL (Consejo Nacional de Radio y Televisión) al CONATEL, es decir las “competencias, funciones, atribuciones, representaciones y delegaciones constantes en leyes, reglamentos y demás instrumentos normativos y atribuidas al CORNATEL serán desarrolladas, cumplidas y ejercidas por el CONATEL, en los mismos términos constantes en la ley de Radiodifusión y Televisión y demás normas secundarias”.⁵

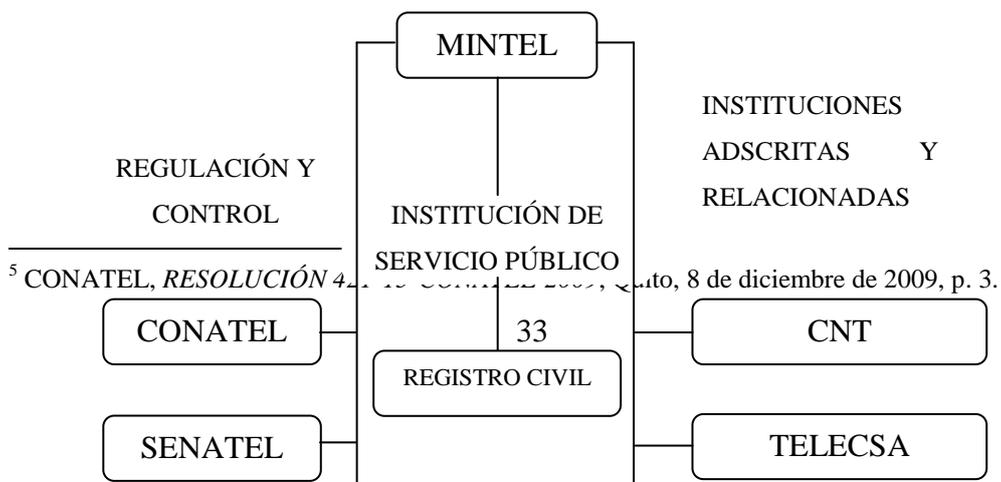


Figura 1.c.Estructura MINTEL.

Fuente: MINTEL, Instituciones Adscritas y Relacionadas, 2011.

1.4.2.1 CONATEL.

La reforma a la Ley especial de Telecomunicaciones dada el 30 de agosto de 1995 da independencia al Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL), se designó como el ente de administración y regulación de las telecomunicaciones en el Ecuador, incluyendo del espectro radioeléctrico, y como el Administrador de las Telecomunicaciones en el Ecuador ante la Unión Internacional de las Telecomunicaciones (UIT). Estimula a los actores del sector de telecomunicaciones a desarrollar las actividades en un marco de competencia leal y condiciones de calidad.

Con la promulgación, en el mes de marzo de 2000, de la Ley para la Transformación Económica, se reorienta la política para el sector de telecomunicaciones hacia el régimen de libre competencia de los servicios, plasmada en la reforma del artículo 38 de la Ley Especial de Telecomunicaciones, delegando así al CONATEL la elaboración y promulgación de un apropiado marco regulatorio para propiciar el mercado en condiciones de libre competencia.

Para afrontar el nuevo reto, desde el año 2000 hasta la presente fecha, tanto el CONATEL como la SENATEL, vienen trabajado conjuntamente por el fortalecimiento del sector de las telecomunicaciones, dirigiendo sus esfuerzos hacia la consolidación de un mercado en apertura, con alto nivel competitivo, dentro de un marco regulatorio con garantías y seguridad jurídica.

1.4.2.2 SENATEL.

La Secretaría Nacional de Telecomunicaciones (SENATEL), promueve el desarrollo armónico del sector de las telecomunicaciones, radio, televisión y las TIC, mediante la administración y regulación eficiente del espectro radioeléctrico y los servicios, así como ejecutará las políticas y decisiones dictadas por el CONATEL, con el fin de contribuir con el desarrollo de la sociedad.

1.4.2.3 SUPERTEL.

La Constitución de la República del Ecuador en el artículo 213 establece que: "Las superintendencias son organismos técnicos de vigilancia, auditoría, intervención y control de las actividades económicas, sociales y ambientales, y de los servicios que prestan las entidades públicas y privadas, con el propósito de que estas actividades y servicios se sujeten al ordenamiento jurídico y atiendan el interés general".

La Ley Especial de Telecomunicaciones publicada en el Registro Oficial N° 996 de 10 de agosto de 1992 creó la Superintendencia de Telecomunicaciones. Luego, en la Ley Reformatoria a la ley Especial de Telecomunicaciones publicada en el Registro Oficial N° 770 de 30 de agosto de 1995, establece que la Superintendencia es el único ente autónomo encargado del control de las telecomunicaciones del país, en defensa de los intereses del Estado y del pueblo, usuario de los servicios de telecomunicaciones. Tiene personería jurídica, régimen de contrataciones, administración financiera y contable y administración

de recursos humanos autónomos, para tales efectos se rige por los reglamentos que expida el Presidente de la República.

Así pues la SUPERTEL es el Organismo Técnico de Control que tiene como misión:

“Vigilar, auditar, intervenir y controlar técnicamente la prestación de los servicios de telecomunicaciones, radiodifusión, televisión y el uso del espectro radioeléctrico, para que se proporcionen con eficiencia, responsabilidad, continuidad, calidad, transparencia y equidad; fomentando los derechos de los usuarios a través de la participación ciudadana, de conformidad al ordenamiento jurídico e interés general”.

1.4.3 Aspectos Regulatorios en el Espectro Radioeléctrico.

1.4.3.1 Generalidades.

“El espectro radioeléctrico es un recurso natural de propiedad exclusiva del Estado y como tal constituye un bien de dominio público, inalienable e imprescriptible, cuya gestión, administración y control corresponde al Estado”.⁶

Según la Unión internacional de Telecomunicaciones (UIT), el espectro radioeléctrico es el conjunto de ondas electromagnéticas, cuya frecuencia se fija convencionalmente por debajo de 3000 GHz, que se propagan por el espacio sin guía artificial. Se subdivide en nueve bandas de frecuencias, que se designan por números enteros, en orden creciente como se indica en la tabla 2., y su unidad es el Hertzio (Hz).

El espectro radioeléctrico constituye un recurso clave para muchos servicios esenciales en la sociedad: comunicaciones móviles, inalámbricas y por satélite, radiodifusión televisiva y sonora, transporte, radiolocalización y muchas otras

⁶ FIEL Magister 7.1, *Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada*. Artículo 2, 2004, p.9.

aplicaciones: alarmas, controles remotos, micrófonos, equipos médicos, reproductores de video y música, etc.

DISTRIBUCIÓN CONVENCIONAL DEL ESPECTRO RADIOELECTRICO					
SIGLA	DENOMINACIÓN	LONGITUD DE ONDA	GAMA DE FRECUENCIA	CARACTERÍSTICAS	USO TÍPICO
VLF	VERY LOW FRECUENCIES Frecuencias muy Bajas	30.000 m a 10.000 m	10 KHz a 30 KHz	Propagación por ondate tierra, atenuación débil. Características estables.	ENLACES A GRAN DISTANCIA
LF	LOW FRECUENCIES Frecuencias bajas	10.000 m. a 1.000 m.	30 KHz a 300 KHz	Similar a la anterior, pero de característica menos estables.	ENLACES A GRAN DISTANCIA, AYUDA A LA NAVEGACIÓN AÉREA Y MARÍTIMA.
MF	MEDIUM FRECUENCIES Frecuencias medias	1.000 m. a 100 m.	300 KHz a 3 MHz	Similar a la precedente pero con una absorción elevada durante el día. Propagación prevalentemente Ionosférica durante la noche.	RADIODIFUSIÓN
HF	HIGH FRECUENCIES Frecuencias altas	100 m. a 10 m.	3 MHz a 30 MHz	Propagación prevalentemente Ionosférica con fuertes variaciones estacionales y en las diferentes horas del día y de la noche.	COMUNICACIONES DE TODO TIPO A MEDIA Y LARGA DISTANCIA.
VHF	VERY HIGH	10 m.	30 MHz	Prevalentemente	ENLACES

	FRECUENCIAS Frecuencias muy altas	a 1 m.	a 300 MHz	propagación directa, esporádicamente propagación Ionosférica o Troposférica.	DERADIO A CORTADISTANCIA, TELEVISIÓN, FRECUENCIA MODULADA.
UHF	ULTRA HIGH FRECUENCIAS Frecuencias ultra altas	1 m. a 10 cm.	300 MHz a 3 GHz	Exclusivamente propagación directa, posibilidad de enlaces por reflexión o a través de satélites artificiales.	ENLACES DERADIO, RADAR, AYUDA A LA NAVEGACIÓN AÉREA, TELEVISIÓN.
SHF	SUPER HIGH FRECUENCIAS Frecuencias super-altas.	10 cm. a 1 cm.	3 GHz a 30 GHz	COMO LA PRECEDENTE	RADAR, ENLACES DE RADIO
EHF	EXTRA HIGH FRECUENCIAS Frecuencias extra-altas.	1 cm. a 1 mm.	30 GHz a 300 GHz	COMO LA PRECEDENTE	COMO LA PRECEDENTE
EHF	EXTRA HIGH FRECUENCIAS Frecuencias extra-altas.	1 mm. a 0,1 mm.	300 GHz a 3.000 GHz	COMO LA PRECEDENTE	COMO LA PRECEDENTE

Tabla 1.2. Distribución del Espectro Radioeléctrico.

Fuente: Susana Cabrera, Distribución Convencional del Espectro Radioeléctrico, 2008.

1.4.3.2 Servicios de Telecomunicaciones en el Ecuador.

En el Ecuador estos servicios son establecidos por la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada, normando su instalación, operación y utilización. Por lo tanto la actual Ley indica que los servicios abiertos a la correspondencia pública se dividen en servicios finales y servicios portadores.

1.4.3.2.1 Servicios finales de telecomunicaciones.

Son aquellos que proporcionan la capacidad completa para la comunicación entre usuarios, incluidas las funciones del equipo Terminal, generalmente con el requerimiento de elementos de conmutación.

Forman parte de estos servicios inicialmente:

- Servicio de Telefonía Móvil Celular (STMC): Este servicio es prestado desde finales de 1993 por las Operadoras Celulares CONECEL Y OTECEL.
- *Servicio Móvil Avanzado (SMA)*: Con la finalidad de promover la competencia en el sector y permitir el ingreso de inversión extranjera, se realizó la suscripción del contrato de concesión el 3 de abril de 2003, a TELECSA S.A (Telecomunicaciones Móviles del Ecuador).
- Servicio de Telefonía Fija Local.
- Servicio Telefónico de Larga Distancia Internacional.
- Prestación de Servicios finales de telecomunicaciones a través de terminales de telecomunicaciones de uso público.
- Explotación de servicios de telecomunicaciones fijo y móvil por satélites no geoestacionarios que se prestan directamente a usuarios finales a través de sistemas globales.

1.4.3.2.2 Servicios portadores.

Aquellos que proporcionan a terceros la capacidad necesaria para la transmisión de signos, señales, datos, imágenes y sonidos entre puntos de terminación de una red definidos, usando uno o más segmentos de una red. El

suministro de estos servicios puede ser a través de redes públicas conmutadas o no conmutadas integradas por medios físicos, ópticos y electromagnéticos.

CAPÍTULO II: REDES DE TELEFONÍA MÓVIL

2. REDES DE TELEFONÍA MÓVIL.

En los últimos años el número de abonados del sistema de telefonía móvil ha superado a los de telefonía fija. Éstos han hecho que la red móvil se convierta en su principal forma de comunicación; las cifras a nivel mundial son altas y cada día transcurrido aumentan considerablemente los números de usuarios de telefonía celular.

Actualmente, un teléfono celular no sólo sirve para hablar con otra persona, sino que a través de él se puede enviar y recibir información de tipo texto (mensajes, noticias, el tiempo, etc.), se puede jugar, navegar por Internet, escuchar música, comprar, interconectarse con una red domótica, entre otros servicios.

La telefonía móvil, también llamada telefonía celular, está formada por dos grandes partes: una red de comunicaciones (o red de telefonía móvil) y los terminales (o teléfonos móviles) que permiten el acceso a dicha red.

Nos referimos a comunicaciones móviles como cualquier enlace de radiocomunicación entre dos terminales, de los cuales al menos uno está en movimiento, o parado, pero en localizaciones indeterminadas, pudiendo el otro ser un terminal fijo, tal como una estación base. Esta definición es de aplicación a todo tipo de enlace de comunicación, ya sea móvil a móvil o fijo a móvil. De hecho, el enlace móvil a móvil consiste muchas veces en un enlace móvil a fijo a móvil. El término móvil puede referirse a vehículos de todo tipo como pueden ser automóviles, aviones, trenes, etc., o sencillamente a personas paseando por las calles.

Esta movilidad entre los extremos de la comunicación excluye casi en su totalidad el uso de los cables, entonces para establecer comunicación es necesario realizarla vía radio, pues es la que ofrece mayores ventajas de movilidad.

Las redes inalámbricas a más de proveer movilidad al usuario proporcionan la ventaja del ancho de banda y su despliegue es más rápido debido a que no requieren de una estructura física.

2.1 Principios de Funcionamiento.

En la telefonía celular cada área geográfica se divide en celdas (células) hexagonales formando un patrón de panal. Se eligió la forma de hexágono porque proporciona la transmisión más efectiva aproximada a un patrón circular, mientras elimina espacios presentes entre los círculos adyacentes.

Una célula se define por su tamaño físico, por el tamaño de su población y patrones de tráfico. El número de células por sistema es definido por el proveedor, de acuerdo a patrones de tráfico anticipados. Cada área geográfica del servicio móvil se distribuye en canales de radio celular. Cada transmisor/receptor con un área envolvente tiene un subconjunto fijo de canales de radio disponibles, basados en el flujo de tráfico anticipado.

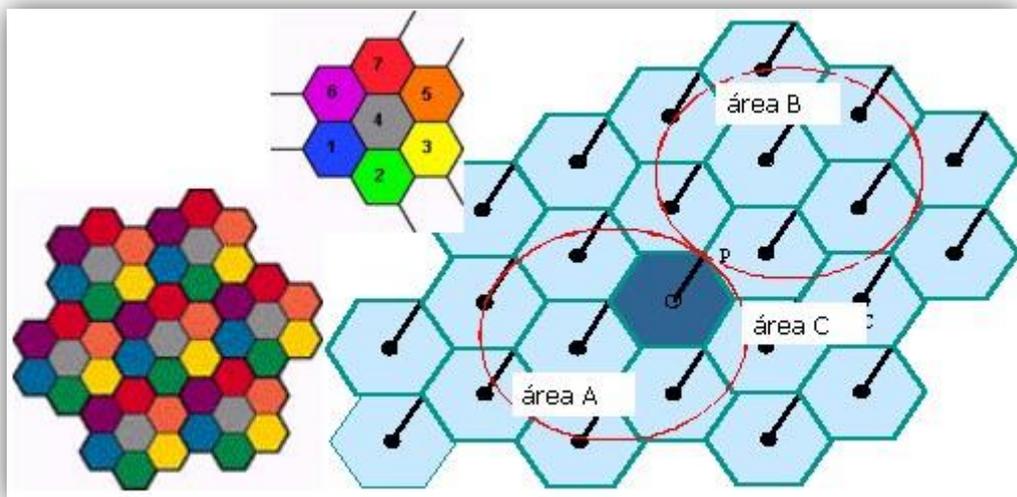


Figura 2.a. Funcionamiento de la Telefonía Celular.

Fuente: Martín Inzaurrealde, Jorge Isi, Javier Garderes, Funcionamiento de la Telefonía Celular, 2007.

Debido a que los teléfonos celulares y las estaciones de base utilizan transmisores de bajo poder, las mismas frecuencias pueden ser reutilizadas en células o celdas no adyacentes.

Cada celda en un sistema análogo utiliza un séptimo de los canales de voz disponibles. Eso es, una celda, más las seis celdas que la rodean en un arreglo hexagonal, cada una utilizando un séptimo de los canales disponibles para que cada celda tenga un grupo único de frecuencias y no haya colisiones entre células adyacentes.

2.2 Estructura Básica de un Sistema Celular.

En un sistema de telefonía celular se puede encontrar 4 elementos como son:

- Terminal celular móvil.
- Estación Base.
- MTSO (*Mobile Telephone Switching Office*), oficina de conmutación de telefonía móvil.
- Conexiones o Radio Canales.

2.2.1 Terminal Celular Móvil.

Un dispositivo móvil se puede definir como un aparato de pequeño tamaño, con algunas capacidades de procesamiento, con conexión permanente o intermitente a una red, con memoria limitada, que ha sido diseñado específicamente para una función, pero que puede llevar a cabo otras funciones más generales. De acuerdo con esta definición existen multitud de dispositivos móviles, desde los reproductores de audio portátiles hasta los navegadores GPS, pasando por los teléfonos móviles, los PDAs (Asistente Digital Personal) o los

Tablet PCs. En este trabajo nos centraremos fundamentalmente en los teléfonos móviles.

El teléfono móvil es un dispositivo inalámbrico electrónico basado en la tecnología de ondas de radio, que tiene la misma funcionalidad que cualquier teléfono de línea fija. Su principal característica es su portabilidad, ya que la realización de llamadas no es dependiente de ningún terminal fijo y no requiere ningún tipo de cableado para llevar a cabo la conexión a la red telefónica.

Aunque su principal función es la comunicación de voz, como el teléfono convencional, su rápido desarrollo ha incorporado funciones adicionales como mensajería instantánea (*Short Message Service, SMS*), agenda, juegos, cámara fotográfica, acceso WAP (acceso a Internet mediante páginas web especialmente diseñadas para móviles), reproducción de video e incluso GPS (*Global Positioning System*) y reproductor mp3.

Este equipo electrónico permite a un abonado hacer o recibir llamadas realizando una actualización periódica de la señal recibida de la estación base, a la vez envía información para registrarse en la estación base. Está compuesto por: la unidad de control, la fuente de alimentación, el transmisor/receptor y la antena.

2.2.2 Estación Base.

Es la estación central dentro de una celda, conocida como BTS (*Base Transceiver Station*), realiza el enlace de RF (radiofrecuencia) a los terminales celulares, transmite información entre la celda y la estación de control y conmutación, monitorea la comunicación de los abonados. Se encuentra formado por:

- Unidad de control.

- Unidad de energía.
- Antenas sectoriales (las mismas que usan métodos de diversidad para captar la mejor señal).
- TRAU (*Transcoder and Rate Adaptation Unit*)(unidad encargada de adaptar y hacer la conversión de código y velocidad de las señales).
- Terminal de datos.

2.2.3 Estación de Control y Conmutación.

Conocido comúnmente como MTX o MTSO (*Mobile Telephony Switching Office*), cuando aplica tecnología GSM se denomina MSC (*Mobile Switching Center*), y para redes *Wireless local loop* se denomina XBS. La función de MTSO es controlar el procesamiento y establecimiento de llamadas así como la realización de llamadas, lo cual incluye señalización, supervisión, conmutación y distribución de canales de RF. Este es el elemento central del sistema, sus funciones principales son:

- Coordinar y administrar todas las BTS.
- Coordinar las llamadas entre la oficina de telefonía fija y los abonados, así como las llamadas entre los terminales celulares y los abonados, a través de las BTS.
- Se encarga de la facturación (*billing*).
- Dirige el *Handoff* entre *cell site*.
- Tiene un software de gestión: *network management system*.

- Se interconecta a centrales TANDEM (central telefónica, que se utiliza como punto alternativo de conexión o que desvía el tráfico entre dos centrales telefónicas de la red) para comunicarse con otras redes telefónicas. Puede ser de 2 tipos (de acuerdo al área geográfica y cantidad de tráfico):
 - Centralizado: una única central para toda el área de concesión del operador, usa topología estrella.
 - Descentralizado: más de una central, distribuido en el área de concesión.

Un MTSO se conoce por diferentes nombres, dependiendo del fabricante y la configuración del sistema. MTSO o MSTO (Oficina de Conmutación de Telefonía Móvil) fue el nombre dado por Laboratorios Bell; EMX (Intercambio Móvil Electrónico), por Motorola, AEX (*Analog Exchange*) por Ericsson; NEAX por NEC, Centro de Conmutación de Servicios Móviles (*MSC*) por SIEMENS, MMC (*Master Mobile Center*) por Novatel.

2.2.4 Conexiones: Radio Canales.

El radio y los enlaces de datos de alta velocidad interconectan a los tres subsistemas (Móviles, Estacione Bases y MTX); además permiten conectar al MTX con la PSTN (*Public Switched Telephone Network*). Cada unidad móvil sólo puede usar un canal a la vez para su enlace de comunicación. Pero el canal no está fijo, puede ser cualquiera dentro de la banda completa asignada.

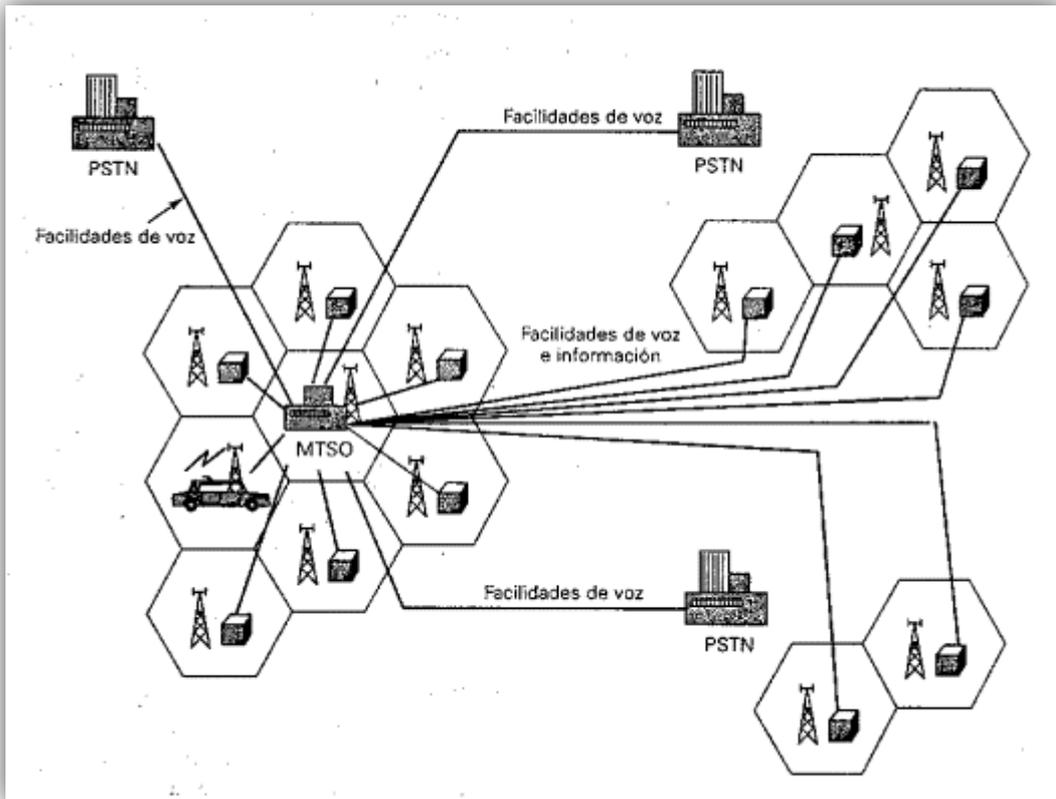


Figura 2.b. Estructura Básica del Sistema de Telefonía Celular.

Fuente: Gabriel Ordoñez, Telefonía Celular, 2009.

2.3 Señalización.

El objetivo fundamental de toda red telefónica es el establecimiento de conexiones fiables entre sus usuarios, de forma automática y con un elevado grado de calidad. Para ello debe intercambiarse entre los terminales de usuarios y las centrales de conmutación cierta información de control y servicio denominada señalización. Esta información permite:

- El establecimiento de las llamadas.
- Informar al usuario llamado de que tiene una comunicación entrante.

- Mantener la comunicación una vez establecida por el tiempo que los participantes lo deseen.
- Evitar interferencias en la comunicación en curso.
- Reponer los órganos que hayan intervenido en la conexión, cuando la llamada haya concluido.
- Registrar la llamada realizada.
- Realizar otros servicios suplementarios.

El estándar prevé que el terminal envíe y reciba datos para una serie de usos de señalización, como el registro inicial en la red al encender el terminal, la salida de la red al apagarlo, el canal en que va a establecerse la comunicación si entra o sale una llamada, la información del número de la llamada entrante, etc. Este uso del transmisor, conocido como ráfagas de señalización, ocupa muy poca capacidad de red y se utiliza también para enviar y recibir los mensajes cortos SMS sin necesidad de asignar un canal de radio.

En GSM se definen una serie de canales para establecer la comunicación, que agrupan la información a transmitir entre la estación base y el teléfono. Se definen los siguientes tipos de canales:⁷

- *Canales de tráfico (Traffic Channels, TCH): albergan las llamadas en proceso que soporta la estación base.*
- *Canales de control o señalización:*
 - *Canales de difusión (Broadcast Channels, BCH).*

⁷Wikipedia, Sistema Global para las comunicaciones móviles, 28 de diciembre de 2011, http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_global_para_las_comunicaciones_m%C3%B3viles

- *Canal de control broadcast (Broadcast Control Channel, BCCH): comunica desde la estación base al móvil la información básica y los parámetros del sistema.*
 - *Canal de control de frecuencia (Frequency Control Channel, FCCH): comunica al móvil (desde la BS) la frecuencia portadora de la BS.*
 - *Canal de control de sincronismo (Synchronization Control Channel, SCCH): informa al móvil sobre la secuencia de entrenamiento (training) vigente en la BS, para que el móvil la incorpore a sus ráfagas.*
- *Canales de control dedicado (Dedicated Control Channels, DCCH).*
 - *Canal de control asociado lento (Slow Associated Control Channel, SACCH).*
 - *Canal de control asociado rápido (Fast Associated Control Channel, FACCH).*
 - *Canal de control dedicado entre BS y móvil (Stand-Alone Dedicated Control Channel, SDCCH).*
- *Canales de control común (Common Control Channels, CCCH).*
 - *Canal de aviso de llamadas (Paging Channel, PCH): permite a la BS avisar al móvil de que hay una llamada entrante hacia el terminal.*

- *Canal de acceso aleatorio (Random Access Channel, RACH): alberga las peticiones de acceso a la red del móvil a la BS.*
 - *Canal de reconocimiento de acceso (Access-Grant Channel, AGCH): procesa la aceptación, o no, de la BS de la petición de acceso del móvil.*
- *Canales de Difusión Celular (Cell Broadcast Channels, CBC).*

2.4 Red de Telefonía Móvil con tecnología GSM.

El sistema global para las comunicaciones móviles (GSM, proviene del francés *groupe spécial mobile*)⁸ es una tecnología digital inalámbrica de segunda generación que presta servicios de voz y datos de alta calidad en una amplia gama de bandas de espectro. Es un sistema de comunicación basado en el uso de células digitales que se desarrolla para crear un sistema para móviles único que sirva de estándar para todo el mundo y que a la vez sea compatible con los servicios existentes y futuros sobre una red digital de servicios integrados.

Con el GSM no es el teléfono el que contiene los datos del abonado, sino “una tarjeta inteligente” denominada tarjeta SIM (acrónimo en inglés de *Subscriber Identity Module*), que se inserta en el aparato desde el que se desea llamar. La suscripción está en la tarjeta no en el teléfono celular.

2.4.1 Arquitectura de la Red GSM.

Dentro de una red GSM se puede identificar 3 subsistemas, entendiendo que un subsistema es una entidad formada por uno o varios equipos físicos encargados de ejecutar una tarea específica; así el subsistema de estaciones base (BSS: *Base Station Subsystem*), el subsistema de conmutación y gestión (SMSS:

⁸ Wikipedia, Sistema global para las comunicaciones móviles, 3 de noviembre de 2011, http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_global_para_las_comunicaciones_m%C3%B3viles.

Switching and Management Subsystem) y el subsistema de operación y mantenimiento (OMSS: *Operation and Maintenance Subsystem*) de la siguientes manera:

- La estación móvil (MS: *Mobile Station*). Es el punto de entrada a la red móvil inalámbrica. Es el equipo físico usado por el usuario GSM para acceder a los servicios proporcionados por la red.
- El módulo de identidad del abonado (SIM: *Subscriber Identity Module*). GSM distingue entre la identidad del abonado y la del equipo móvil. El SIM está asociado con el abonado, se trata de un chip que el usuario debe introducir en el terminal GSM.
- La estación transmisora-receptora de base o estación transceptora de base (BTS-*Base Transceiver Station*). Se encarga de proporcionar, vía radio, la conectividad entre la red y las estaciones móviles.
- El controlador de estaciones base (BSC-*Base Station Controller*). Se encarga de todas las funciones centrales y de control del subsistema de estaciones base, BSS (*Base Station Subsystem*) que está constituido por el BSC y las BTSs.
- La unidad de Transcodificación (TRAU-*Transcoding Rate and Adaptation Unit*). Se encarga de comprimir la información en la interfaz aérea cuando se hace necesario. La TRAU forma parte del subsistema BSS. Permite que las tasas de datos GSM (8,16,32 Kbps) puedan ser enviadas hacia la interfaz RDSI (Red Digital de Servicios Integrados) del MSC que sólo acepta tasas de 64 Kbps.
- El centro de conmutación de servicios móviles o centro de conmutación de móviles (MSC-*Mobile Services Switching Center*). Se encarga de enrutar

el tráfico de llamadas entrantes y salientes, y de la asignación de canales de usuario en la interfaz entre el MSC y las BSC.

- El registro general de abonados (HLR-*Home Location Register*). Es una base de datos que contiene y administra la información de los abonados, mantiene y actualiza la posición del móvil y la información de su perfil de servicio.
- El registro de abonados itinerantes (VLR-*Visitor Location Register*). Está diseñado para no sobrecargar el HLR. Guarda localmente la misma información que el HLR, cuando el abonado se encuentra en modo de itinerancia (*roaming*).
- El centro de autenticación, AuC (*Authentication Center*). Genera y almacena información relativa a la seguridad, genera las claves usadas para autenticación y encriptación.
- Registro de Identidad de Equipos (EIR-*Equipment Identity Register*). Los terminales móviles tienen un identificador único, el IMEI (*International Mobile Equipment Identity*), el EIR se utiliza para mantener una relación de las identidades de los equipos abonados; a través de él resulta posible identificar aquellos usuarios autorizados.
- El GMSC (*Gateway Mobile Switching Center*). Es el punto hacia el cual es encaminada una terminación de llamada cuando no se tiene conocimiento de la ubicación de la estación móvil. Este componente tiene la responsabilidad por el encaminamiento de la llamada al MSC correcto.
- SMS-G. Este término es usado para describir colectivamente a los *gateways* que soportan el servicio de mensajería corta (*Short Message*

Services Gateways). El SMS-GMSC (*Short Message Service Gateway Mobile Switching Service*) encargado de la terminación de los mensajes cortos y el IWMSC (*Short Message Service Inter-Working Mobile Switching Center*) encargado de originar los mensajes cortos.

- Las conexiones originadas o dirigidas hacia otras redes son manejadas por un gateway dedicado, el GMSC (*Gateway Mobile Switching Center*).⁹

A continuación se muestra una figura de la Arquitectura de Red GSM en la que se identifican las entidades funcionales y las interfaces que existen entre ellas:

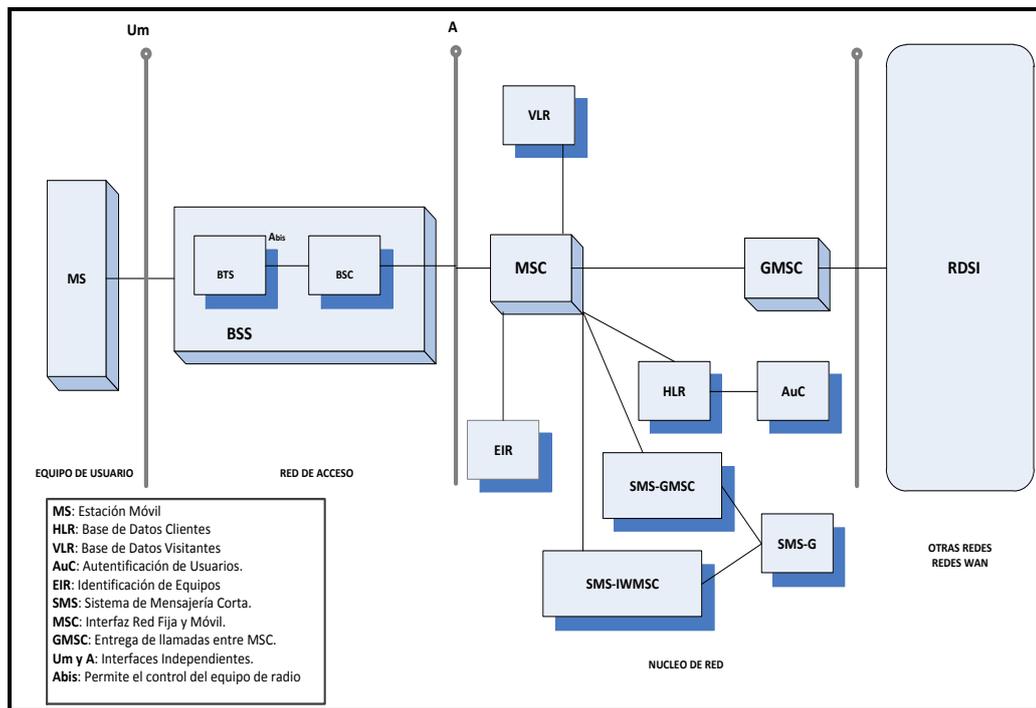


Figura 2.c. Arquitectura de una red GSM.

Fuente: Álvaro Pachón, *Arquitectura de una red GSM*, 2004.

⁹ PACHÓN DE LACRUZ, Álvaro, *Evolución de los sistemas móviles celulares GSM*, Universidad ICESI, Cali, 29 de octubre de 2004, p. 34.

2.4.2 Movilidad GSM.

Las redes GSM y satélite poseen como característica principal la capacidad de soportar el "roaming" entre los abonados; es decir la posibilidad de cambiarse entre un país y otro. Utilizando la red de señalización de control, los MSCs interactúan para localizar y conectar a los usuarios en toda la red.

Los registros de localización se encuentran incluidos en las Bases de Datos del MSC para ayudar a la función de determinar como y si las conexiones deben realizarse para los usuarios itinerantes (usuarios *roaming*). Así cada usuario de una estación móvil GSM tiene asignado un HLR (*Home Location Register*) que se utiliza para contener la localización del usuario y los servicios de ese abonado. Un registro separado, denominado VLR (*Visitor Location Register*) se utiliza para seguir la pista de localización exacta de un suscriptor. Cuando el usuario atraviesa el área cubierta por el HLR, la estación móvil notificara a una nueva VLR de su paradero actual. Por medio de esta información, las llamadas terminadas en el móvil se pueden encaminar al usuario gracias a los registros contenidos en el HLR de cada abonado.

2.5 Redes de Telefonía Móvil con tecnología CDMA2000.

El primer sistema de telefonía celular en usar tecnología CDMA fue IS-95, con una velocidad de transmisión de datos de 14.4kbps. Sin embargo ante la creciente necesidad de envío de datos el sistema evolucionó surgiendo la versión IS-95B también conocida como CdmaOne, permitiendo una transmisión mediante paquetes a 64kbps.

Los operadores del sistema CdmaOne han tratado de mejorar los sistemas de voz y aplicaciones para poder migrar a la tecnología de tercera generación 3G. Como resultado el estándar CDMA2000 ha sido desarrollado para cubrir los requerimientos 3G, además de ofrecer los servicios de transferencia de información a una velocidad de transmisión de 2Mbps.

CDMA2000 llamado IS-2000 es considerado UIT como un sistema de 3G pues cumple con las especificaciones establecidas en las IMT-2000. ANSI (*American National Standards Institute*) propuso la creación de 3GPP2 para desarrollar un estándar como evolución natural de IS-95, buscando crear un sistema de banda ancha que utilizara la tecnología CDMA.

Los sistemas CDMA2000 han sido desarrollados en fases evolutivas, la primera de ellas es CDMA2000 1x con una velocidad promedio de 144kbps, la segunda es CDMA2000 1xEV-DO (*1x Evolution-Data Only*) con una velocidad de 2.4 Mbps, y CDMA2000 1xEV-DV (*1x Evolution Data & Voice*) que soporta servicios de transmisión de voz y datos al mismo tiempo con una velocidad de 3.1Mbps.¹⁰

2.6 Comunicaciones móviles.

Los fenómenos que más éxito están teniendo dentro del campo de las telecomunicaciones avanzadas, son aquellos involucrados con la telefonía móvil e Internet. El número de usuarios de Internet, crece a un ritmo superior al que la telefonía móvil. Por otro lado, diversos estudios contrastan el crecimiento exponencial del tráfico de datos a nivel mundial, con el crecimiento lineal del tráfico de voz. El hombre del futuro podrá trabajar y planificar su tiempo libre en cualquier momento y desde cualquier lugar. En nuestro país el número de usuarios de internet a nivel nacional ha alcanzado los 5,403,833 con una densidad del 36,60% según las estadísticas presentadas por la SENATEL a diciembre del 2011.¹¹

¹⁰RADCOM Ltd. Network Test Solutions, Introduction to CDMA20001x/1x-EV-DO, Agosto 200, p. 52.

¹¹SENATEL-DGGST, Usuarios y densidad de internet a nivel nacional, diciembre de 2011, http://www.conatel.gob.ec/site_conatel/index.php?option=com_phocagallery&view=category&id=67

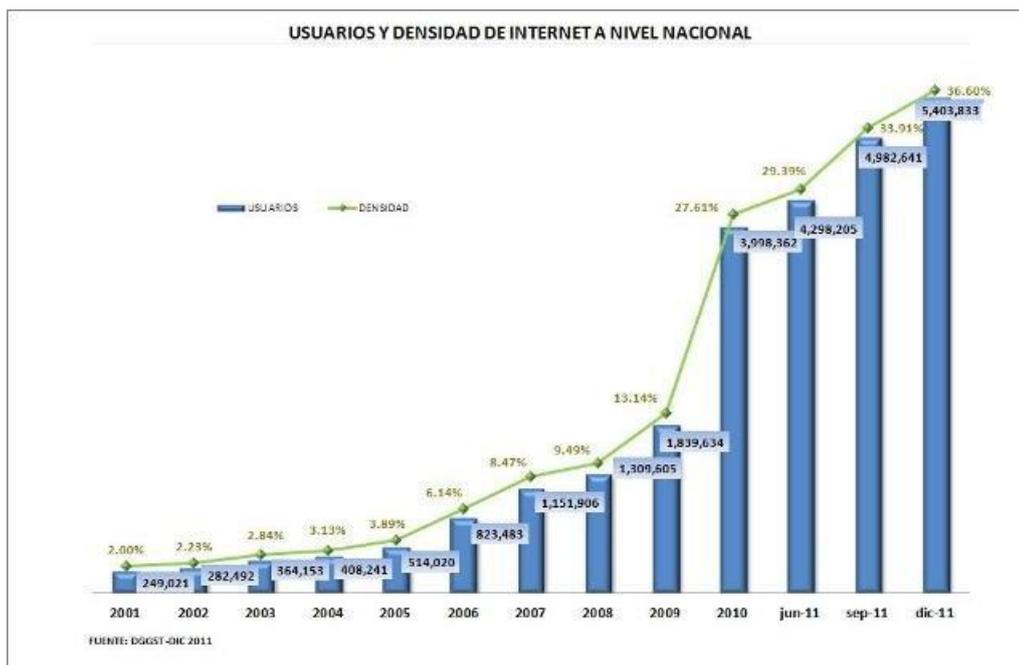


Figura 2.d. Usuarios y densidad de Internet en Ecuador.

Fuente: SENATEL-DGGST, Usuarios y densidad de internet a nivel nacional, diciembre de 2011.

Teniendo en cuenta lo mencionado, la convergencia entre la telefonía móvil e Internet se ha convertido en un gran objetivo del desarrollo de las telecomunicaciones. Las multinacionales más potentes e innovadoras ya toman posiciones para adelantarse a un mercado en plena expansión con la tecnología acorde a las necesidades e incluso superior.

2.7 Tecnología y Protocolo WAP.

El protocolo WAP (*Wireless Application Protocol* Protocolo de Aplicación inalámbrica) es una solución unificada para servicios de valor agregado existentes y futuros de la telefonía móvil. El protocolo incluye especificaciones para las capas de sesión y de transporte del modelo OSI, así como también funcionalidades de seguridad.

WAP define un entorno de aplicación y una pila de protocolos para desarrollo de aplicaciones y servicios accesibles desde terminales móviles,

típicamente teléfonos; como por ejemplo para: la gestión de llamadas, transmisión de mensajes y acceso a Internet, pudiendo acceder a información y servicios de forma sencilla, instantánea e interactiva. La oferta de información vía WAP es exclusiva para quienes deseen navegar desde su teléfono celular, son la versión especial de los sitios existentes o creados para este tipo de usuarios.

2.7.1 Funcionamiento del Protocolo WAP.

- El usuario solicita la página WAP que quiera ver.
- El micronavegador del móvil envía la petición con la dirección URL (localizador de recursos uniforme) de la página solicitada y la información sobre el abonado al Gateway WAP (software capaz de conectarse a la red de telefonía móvil y a Internet).
- El Gateway examina la petición y la envía al servidor donde se encuentra la información solicitada.
- El servidor añade la información HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*) o HTTPS (*Hypertext Transfer Protocol Secure*) pertinente y envía la información de vuelta al Gateway.
 - **HTTP y HTTPS.**- HTTP es un protocolo de transferencia de hipertexto usado en cada transacción de la *World Wide Web*. El protocolo HTTPS la versión segura del protocolo HTTP. Utiliza un cifrado basado en el protocolo *Secure Socket Layers* (SSL). Este es un protocolo que permite establecer una comunicación fiable entre un cliente y un servidor, por medio de mecanismos como: autenticación, uso de firmas digitales para validar integridad, certificados y uso de encriptación para privacidad.

- En el Gateway se examina la respuesta del servidor, se valida el código WML (*Wireless Markup Language*) en busca de errores y se genera la respuesta que se envía al móvil.
 - WML.- El lenguaje WML constituye la base para la creación de contenidos visuales desde un terminal. Está basado en el XML (*eXtensible Markup Language*). Utiliza un lenguaje de *script* para dotar de cierto dinamismo a sus documentos, dispone del WMLScript que es un lenguaje bastante similar al Javascript.
- El micronavegador examina la información recibida y si el código es correcto lo muestra en pantalla.¹²

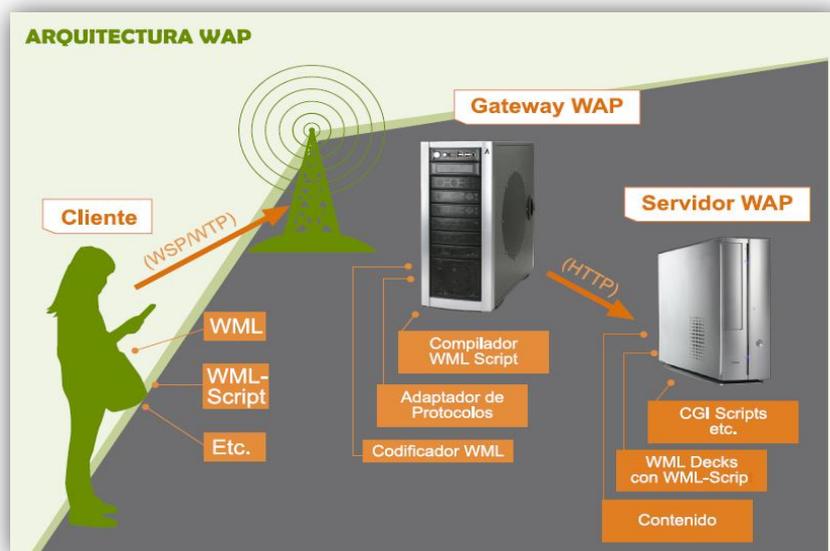


Figura 2.e. Funcionamiento y Arquitectura WAP.

Fuente: Inproes, Arquitectura WAP, 2008.

2.7.2 Otras tecnologías.

Un entorno de aplicaciones con objetivos similares es i-mode, con gran éxito en su país de origen Japón. Es un conjunto de tecnologías y protocolos diseñados

¹²Inproes, ¿Qué es WAP?, 2008, <http://www.paginas-wap.com/descargas/pdf-wap.pdf>.

para poder navegar a través de minipáginas diseñadas específicamente para dispositivos móviles como teléfonos o PDAs. También podemos mencionar la tecnología complementaria Java ME (*Java MicroEdition*) que es una plataforma JAVA orientada a dispositivos con capacidades más reducidas que las de un ordenador personal, al terminal móvil. Estos dispositivos presentan en común que no disponen de abundante memoria ni mucha potencia en el procesamiento.

2.8 Análisis de la red de telefonía móvil de la CNT EP, Cuenca.

Aún con las redes de Segunda Generación Móvil (2G) operantes, la industria se encuentra ante la expectativa de nuevas inversiones en infraestructura de red de acceso y de conmutación e incluso de un nuevo estándar de acceso celular, esto se debe al crecimiento del mercado potencial, siempre con constantes requerimientos y además con la saturación en la capacidad de los servicios de datos que ha provocado un aumento en el tráfico (minutos de voz y megabytes de datos) y la preocupación por parte de los operadores para mantenerse dentro de este mercado cambiante y competitivo, situación que también comparte la CNT Empresa Pública.

En la ciudad de Cuenca la infraestructura de red de telefonía móvil establecido por la CNT se encuentra distribuida a lo largo del territorio, cuenta con 32 radio bases enlazados a través de microondas. Para conectarse con las ciudades de Quito y Guayaquil utilizan enlaces de fibra óptica de 10Gbps. Desde sus inicios se implementó una red que utiliza CDMA, un esquema de acceso múltiple para redes digitales; actualmente se encuentra funcionando CDMA2000 que representa un estándar de telecomunicaciones móviles de tercera generación, para enviar voz, datos, y señalización (como un número telefónico marcado) entre teléfonos celulares y estaciones base.

Para el presente análisis se toma como punto de partida lo descrito anteriormente, los datos expresos en este ejemplo son generales y dados por defecto, los mismos permitirán mostrar los principales inconvenientes de la actual red móvil. En base a cálculos obtenidos se puede hacer una aproximación

a una solución viable; finalmente en el siguiente capítulo se puede observar y dar a conocer una solución planteada para soportar incrementos en el número de usuarios, en la capacidad en la red de acceso radio y servicios que garanticen satisfacción a través de la calidad; para ello no basta las redes actuales; es necesario el despliegue de una nueva tecnología.

A continuación se presenta un esquema general de la red de telefonía móvil de la CNT analizada en base al factor de tráfico, el mismo juega un papel muy importante en cuanto a costo y a eficiencia.

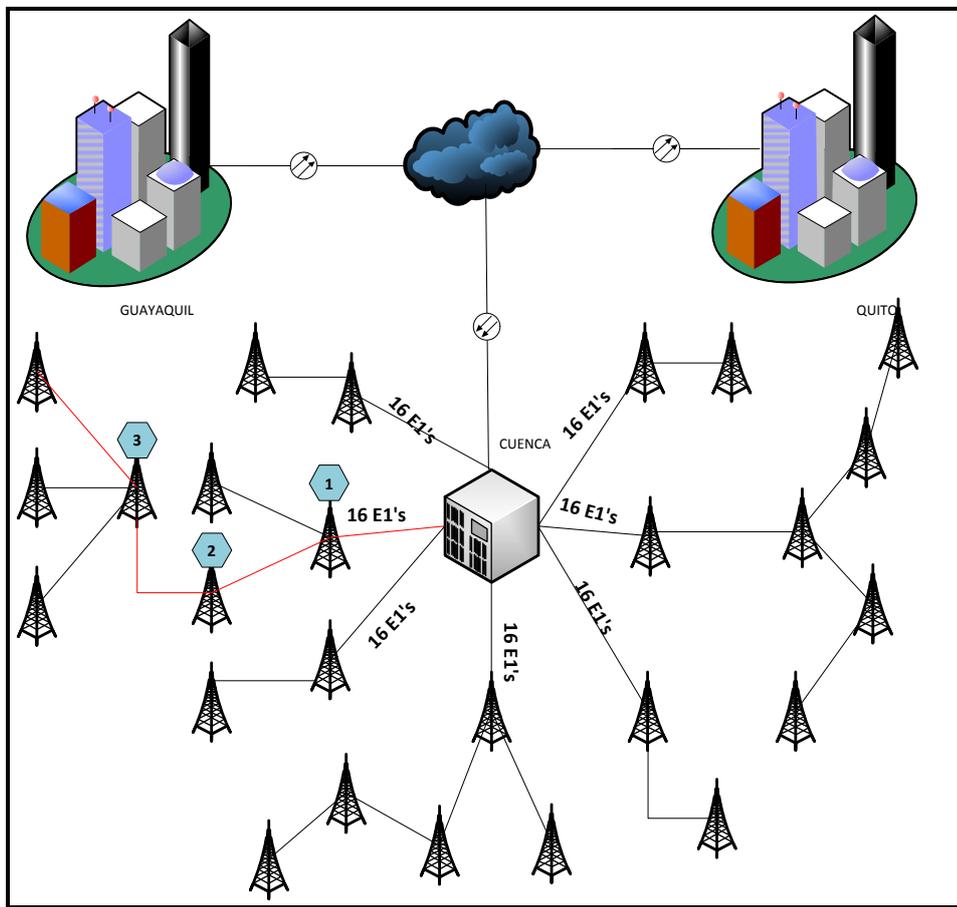


Figura2.f. Esquema general de la red móvil de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones-Cuenca.

Fuente: La autora.

Se realiza un breve análisis sobre los enlaces marcados con color rojo, además se indica que este sistema ofrece el transporte de un volumen de información equivalente a 16 E1 (cada E1 30 canales de información) de los cuales 8 E1 son asignados en la referencia 1 para la utilización de voz, datos, videoconferencia, servicios de banda ancha, así mismo en la referencia 2 son asignados 4 E1 para los mismos servicios, y en la referencia 3 se asignan 4 E1.

Para determinar el volumen de tráfico se toma en consideración la teoría del teletráfico que se define como: “la aplicación de la teoría de las probabilidades a la solución de problemas concernientes a la planificación, evaluación de la calidad de funcionamiento, operación y mantenimiento de sistemas de telecomunicación.”

En teoría de teletráfico se utiliza normalmente el término tráfico para indicar la intensidad de tráfico, es decir tráfico por unidad de tiempo. “La intensidad de tráfico instantánea en un conjunto de órganos es el número de órganos ocupados (ejemplo: líneas de enlace) en un instante dado.” La unidad generalmente utilizada para la intensidad de tráfico es el erlang (símbolo E). Para obtener el tráfico en Erlangs, es necesario establecer un periodo particular de tiempo, además se utiliza un parámetro importante como es el *Average Call Holding Time*(ACHT), que representa el promedio de duración de cada llamada que regularmente se encuentra entre los 120 o 180 segundos. El número de llamadas es otro parámetro, que hace referencia al total de llamadas que pueden ser procesadas para un tráfico determinado.

El tráfico cursado sobre el sistema actual de comunicaciones se debe a los servicios de telefonía en este caso centrándose en la banda ancha, internet, video-llamada, voz y datos que se brinda a los usuarios crecientes y con constantes expectativas de la ciudad de Cuenca.

El análisis será con datos provenientes de requerimiento y estudios generales de la empresa; es decir sobre un número de 200 llamadas promedio en una hora

(datos sobre un día específico de estudio), tomando en consideración un tiempo de duración de llamada de 120 y 180 segundos. Para calcular lo expuesto anteriormente tenemos:

$$1 \text{ Erlang} = 3600 \text{ seg.}$$

$$E = \frac{\text{Número_de_llamadas} \times \text{ACHT(seg)}}{3600} \quad (2.1)$$

$$E = \frac{200 \times 120}{3600} = 6,67 \quad (2.2)$$

$$E = \frac{200 \times 180}{3600} = 10 \quad (2.3)$$

El objetivo del mismo es lograr calcular el tráfico en unidades bien definidas mediante modelos matemáticos y determinar la relación existente entre calidad de servicio y capacidad del sistema, de tal manera que la teoría se convierta en una herramienta útil para la planificación de las inversiones y permita darnos una visión general del desempeño actual.

De esta forma se puede ver que existe un volumen alto de tráfico presente con un valor de 6,6 y 10 Erlangs respectivamente como se puede constatar en la ecuación (2.2) y (2.3).

Continuando con el análisis ahora es necesario aplicar la Fórmula de Erlang B o fórmula de pérdida de Erlang para el tráfico, la misma que se aplica cuando se necesita encontrar el número de circuitos necesarios para dimensionar una ruta.

Aquí la pérdida significa la probabilidad de bloqueo en el conmutador, debido a la congestión o totalidad de líneas troncales ocupadas. Su fórmula es:

$$Eb = \frac{\frac{A^n}{n!}}{1 + A + \frac{A^2}{2!} + \frac{A^n}{n!}} \quad (2.4)$$

Donde esta fórmula asume que: el tráfico se origina en un número infinito de fuentes; las llamadas perdidas son borradas, asumiendo un tiempo de retención cero; el número de troncales de canales de servicio es ilimitado.¹³ Esta fórmula indica el porcentaje del tiempo durante el cual la N líneas de salida están ocupadas simultáneamente, es decir la razón de congestión en el tiempo.

n = número de troncales de servicio.

A= promedio de tráfico ofrecido.

Al dimensionar de manera correcta el número de circuitos necesarios, dado el mayor número de tráfico, y con un valor típico de grado de servicio GS= 0,01 podemos obtener el siguiente resultando en base a la ecuación (2.4).

B = 1%.

A = 6,67 Erlangs y 10 Erlangs.

Obtenemos: N = 14 y N = 18 respectivamente.

Para soportar los 6,67 E1 de la hora pico se debe contar con por lo menos 14 circuitos, de manera similar para los 10 E1 se necesitan al menos 18 circuitos, esto nos permite deducir que al llegar al enlace de la referencia 3 se ha ocupado el volumen de información equivalente a 16 E1 que ofrece el sistema, y se requiere al menos de 1 E1 para ofrecer el servicio de comunicación entre las

¹³ROSERO, Victor, *Análisis de la Alternativa de Optimización del Sistema de Comunicaciones Petroproducción Enlace Distrito Quito- Distrito Amazónico*, enero 2007, <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/189/1/CD-0587.pdf>

centrales. Adicionalmente hay que tomar en cuenta que es necesario brindar otros servicios como el de datos, para lo cual se requiere ampliar aún más el número de circuitos, por ende de E1s.

Una solución viable aunque no se defina el tiempo de servicio ante estos inconvenientes, es la utilización de la Jerarquía Digital Síncrona (SDH) (*Synchronous Digital Hierarchy*), considerada como la revolución de los sistemas de transmisión, como consecuencia de la utilización de la fibra óptica como medio de transmisión, así como de la necesidad de sistemas más flexibles y que soporten anchos de banda elevados (16 Mbps).

2.8.1 SDH.

Es una tecnología de transporte que ofrece una gran disponibilidad con topología de autorecuperación. Es un multifabricante que permite conexiones multifabricante sin conversiones entre los sistemas de diferentes proveedores. Utiliza operaciones síncronas con potentes capacidades de multiplexión y desmultiplexión, para proveer una infraestructura más sencilla, económica y flexible a las redes de telecomunicaciones.

La jerarquía SDH se desarrolló en Estados Unidos bajo el nombre de SONETo ANSI T1X1 y posteriormente el CCITT (Hoy UIT-T) en 1989 publicó una serie de recomendaciones donde quedaba definida con el nombre de SDH. Uno de los objetivos de esta jerarquía estaba en el proceso de adaptación del sistema PDH (*Plesiochronous Digital Hierarchy*), ya que el nuevo sistema jerárquico se implantaría paulatinamente y debía convivir con la jerarquía plesiócrona instalada. Ésta es la razón por la que la UIT-T normalizó el proceso de transportar las antiguas tramas en la nueva. La trama básica de SDH es el STM-1 (*Synchronous Transport Module level 1*), con una velocidad de 155 Mbps.

SDH es una tecnología dominante en la capa física de transporte de las actuales redes de fibra óptica de banda ancha. Su misión es transportar y

gestionar gran cantidad de tipos de tráficos diferentes sobre la infraestructura física.

SDH permite el transporte de muchos tipos de tráfico tales como voz, video, multimedia, y paquetes de datos como los que genera IP. Para ello gestiona la utilización de la infraestructura de fibra. Esto significa gestionar el ancho de banda eficientemente mientras transporta varios tipos de tráfico, detectar fallos y recuperar de ellos la transmisión de forma transparente para las capas superiores.

Un enlace SDH puede ser visto como un canal o tubería en la cual pueden ser insertados paquetes de tráfico con una información asociada para su correcta entrega en el destino y que además permite conocer el comportamiento de dicho paquete en su recorrido.

2.8.1.1 Características de SDH.

Las principales características que encontramos en cualquier sistema de red de transporte SDH implementado son las siguientes:

- **Multiplexión digital:** Permite que las señales de comunicaciones analógicas sean portadas en formato digital sobre la red. El tráfico digital puede ser transportado eficientemente y admite monitorización de errores, para propósitos de calidad.
- **Fibra óptica:** Medio físico comúnmente desplegado en las redes de transporte actuales. Con mayor capacidad de portar tráfico que los coaxiales o los pares de cobre lo que conduce a una disminución de los costes asociados al transporte de tráfico.
- **Esquemas de protección:** Estandarizados para asegurar la disponibilidad del tráfico. Si ocurriera una falla o una rotura de fibra, el tráfico podría

ser conmutado a una ruta alternativa, de modo que el usuario final no sufriera interrupción alguna en el servicio.

- **Topologías en anillo:** Son desplegadas cada vez en mayor número, debido a que si un enlace se perdiera, hay un camino de tráfico alternativo por el otro lado del anillo. Los operadores pueden minimizar el número de enlaces y fibra óptica desplegada en la red. Esto es muy importante ya que el coste de colocar nuevos cables de fibra óptica sobre el terreno es muy caro.
- **Gestión de red:** La gestión de estas redes desde un único lugar remoto es una prestación importante para los operadores. Se ha desarrollado software que permite gestionar todos los nodos y caminos de tráfico desde un único computador. Un operador puede ahora gestionar una variedad grande de funciones tales como el aprovisionamiento de capacidad en respuesta a la demanda de clientes y la monitorización de la calidad de una red.
- **Sincronización:** Operadores de red deben proporcionar temporización sincronizada a todos los elementos de la red para asegurarse que la información que pasa de un nodo a otro no se pierda. La sincronización es de creciente acuerdo entre los operadores, con avances tecnológicos cada vez más sensibles al tiempo.

2.8.1.2 JERARQUIA DE SEÑAL.

La especificación SDH define una jerarquía de tasas de datos digitales estandarizadas. Dichas tasas de datos son denominadas STM-N. Un STM es la estructura de información utilizada para soportar conexiones de capa de sección en la SDH. Consta de campos de información de cabida útil y de cabeceras de sección, línea y trayectoria, organizados en una estructura de trama de bloque que se repite cada 125 μ s. La información está adaptada para su transmisión por el medio elegido a una velocidad que se sincroniza con la red. El

STM básico se define a 155.520 Kb/s. Se denomina STM-1. Los STM de mayor capacidad se constituyen a velocidades equivalentes a N veces la velocidad básica. Se han definido capacidades de STM para $N=1$, $N=4$ y $N=16$; están en estudio valores superiores.

2.8.1.3 Elementos de Red en SDH.

2.8.1.3.1 Regeneradores.

La tarea de un elemento regenerador es reconstruir las relaciones de potencia y sincronismo de una señal, que han sido distorsionadas por la dispersión asociada al medio. Los Regeneradores por lo general son elementos activos que derivan su señal de sincronismo de la trama de datos entrante.

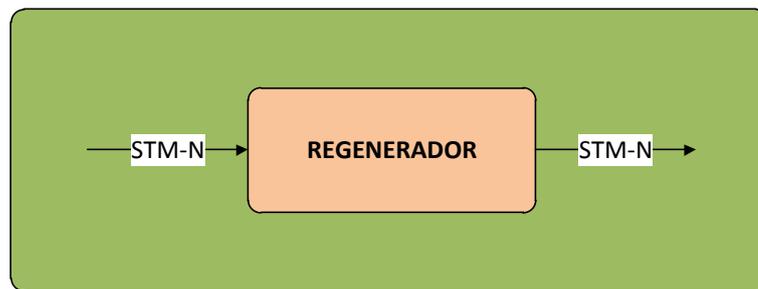


Figura 2.g. Regenerador SDH.

Fuente: Rafael González, Diagrama en bloque de un regenerador, 2006.

2.8.1.3.2 Multiplexores Terminales.

Los Multiplexores Terminales empaquetan y combinan una serie de señales plesiócronas de tributario en una sola señal síncrona de agregado STMN. Estos equipos se encargan de distribuir eficientemente el ancho de banda disponible en el enlace troncal para acomodar todas las señales que requieren ser transportadas.

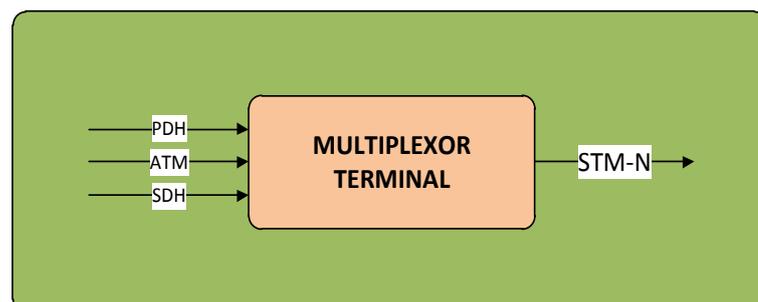


Figura 2.h. Multiplexor Terminal SDH.

Fuente: Rafael González, Diagrama en bloque de un Multiplexor Terminal, 2006.

2.8.1.3.3 Crossconectores Digitales.

Tienen la funcionalidad que le da mayor flexibilidad a la red. Estos equipos permiten crear conexiones virtuales entre cualquier tipo de tráfico, a nivel de contenedores y agregados STM. Básicamente están constituidos por una o varias matrices de conmutación estática con una granularidad definida.

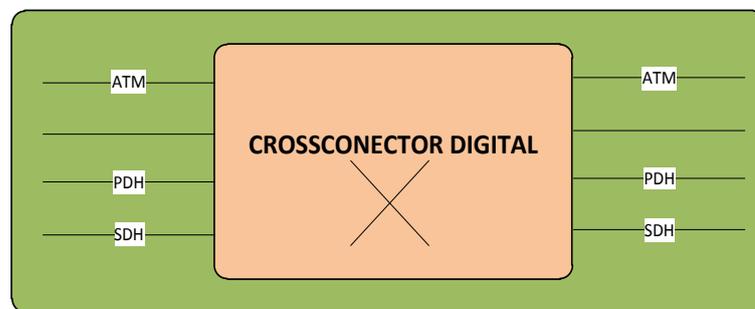


Figura 2.i. Crossconector Digital SDH.

Fuente: Rafael González, Diagrama en bloque de un Crossconector Digital, 2006.

2.8.1.3.4 Multiplexores Add/Drop (Inserción/Extracción).

Estos equipos se basan en la funcionalidad que dan el sincronismo y los punteros presentes en la trama STM, permitiendo ubicar cualquier tráfico dentro de la misma. Los Multiplexores Add/Drop poseen dos enlaces troncales STM que lo incorporan a una especie de anillo en el cual el tráfico puede pasar de largo o simplemente ser extraído o adicionado al agregado STM principal.

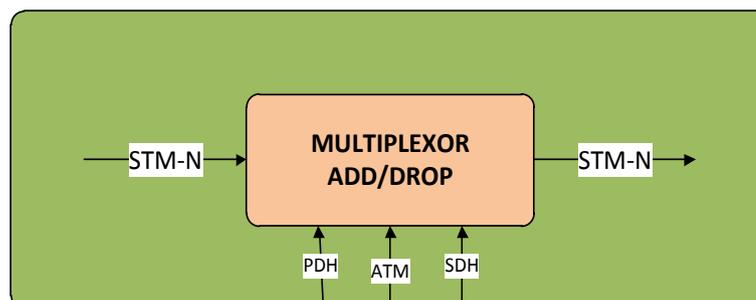


Figura 2.i. Multiplexor Add/Drop SDH.

Fuente: Rafael González, Diagrama en bloque de un Multiplexor Add/Drop, 2006.

2.8.1.4 Arquitecturas de Red.

La arquitectura de red se entiende como la organización topológica de los elementos de una red SDH y la interconexión entre los mismos. Es un concepto que lleva asociados los diferentes tipos de elementos y de enlaces. Algunos de los tipos de arquitectura se listan a continuación:

2.8.1.4.1 Punto a punto.

Ésta se compone de dos multiplexores terminales unidas por uno o dos enlaces (con protección implementada) STM-N. En cada uno de los multiplexores se arma y se desmonta la trama completa. En la figura se observa esta topología y cabe aclarar que los tributarios hacen referencia a un número N de señales numéricas.

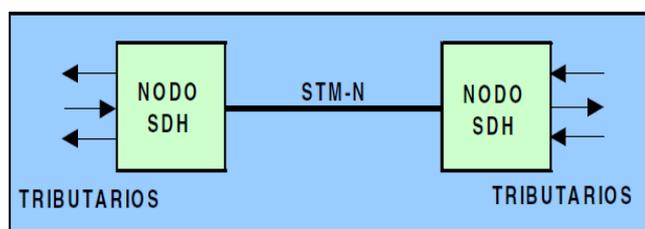


Figura 2.j.Arquitectura punto a punto

Fuente: Rafael González, Aplicación punto a punto, 2006.

2.8.1.4.2 Lineales.

Están compuestas por una sucesión de multiplexores *add/drop* y finalizados en cada extremo por un multiplexor terminal.

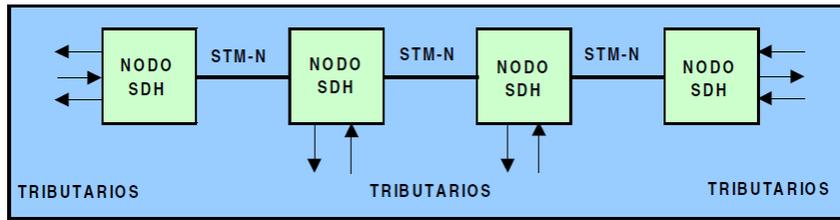


Figura 2.k.Arquitectura Lineal SDH.

Fuente: Rafael González, Aplicación Lineal, 2006.

2.8.1.4.3 Anillos.

Estas están compuestas por un conjunto de multiplexores *add/drop* con dos enlaces STM-N unidos entre sí en forma de un anillo físico.

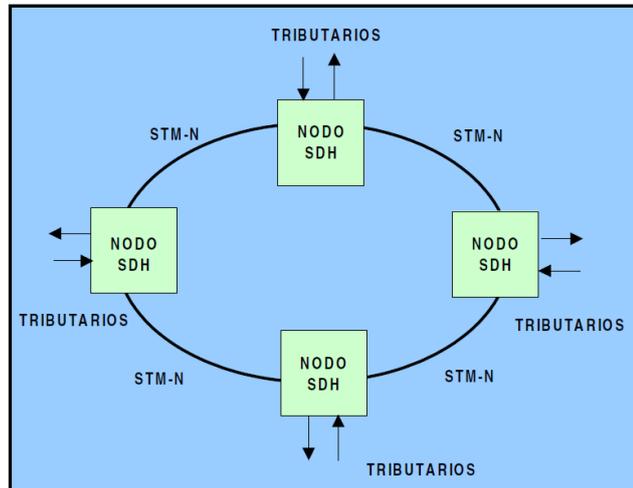


Figura 2.l.Arquitectura en Anillo SDH.

Fuente: Rafael González, Aplicación en Anillo, 2006.

A partir de las formas básicas listadas en los puntos anteriores es posible realizar un sin fin de combinaciones de ellas aprovechando las características de cada uno de los equipos en particular y de la red que se desea implementar. Se puede aprovechar lo mejor de cada una de las topologías con el fin de utilizar protecciones y redundancias en donde la red sea vulnerable y además con el fin de aislar flujos de tráfico que no son necesarios en toda la red y pueden ocupar y malgastar el ancho de banda disponible.

2.8.1.5 Implementación de la red SDH.

Como mencionamos anteriormente el sistema analizado presentaba algunos problemas que requerían una solución rápida, solvente y que permita continuar brindando los servicios exigidos por un mercado creciente en expectativas tecnológicas y de comunicación.

Los enlaces eran muy inestables lo que se manifestaba por las frecuentes desconexiones que presentaba ocasionando un seccionamiento del sistema que impedía que los usuarios pudieran comunicarse entre sí. Se implementó entonces un canal de comunicaciones a través de la red SDH para remplazar estos defectuosos enlaces y con ello se resolvió el problema.

La red consiste en multiplexores SDH de marca HUAWEI OSN 3500, ubicados en los principales nodos, los mismos proporcionan enlaces que van desde E1 (2,048 Mbps) para asignación directa a clientes pequeños o aplicaciones capacidades de STM-1 (155 Mbps) y STM-4 (622 Mbps).

A continuación se detalla el equipo utilizado para la red SDH:

- **HUAWEI OSN 3500.-** El multiplexor OSN 3500 es un ADM, permite la conexión de nodos de backbone de la red SDH y permite transportar tecnologías PDH(*Plesiochronous Digital Hierarchy*), Ethernet, ATM o Modo de Transferencia Asíncrona.



Figura 2.m.Multiplexor Huawei OSN3500

Fuente:Telecoast communications, Huawei OSN 3500, 2010.

Como se observa a continuación la topología de la red implementada es en anillo, los elementos de red son multiplexores del tipo *Add/Drop* STM1/STM4 los cuales transportan tráfico a nivel STM4 pero solo pueden manejar (adicionar o extraer) el tráfico de un solo STM1. Un multiplexor de inserción/extracción (*Add-Drop Multiplexer-ADM*), combina eficientemente el tráfico de diferentes localizaciones y lo integra en un solo enlace. Este multiplexa varios flujos STM-N por los canales de fibra. El término "inserción/extracción" significa que el dispositivo puede insertar carga o extraer carga de en uno de los dos canales de fibra, dejando pasar el tráfico directamente a través del multiplexor sin necesidad de procesos adicionales. Estos equipos además cuentan con 16 interfaces E1 para manejar tráfico que era el principal inconveniente en la red.

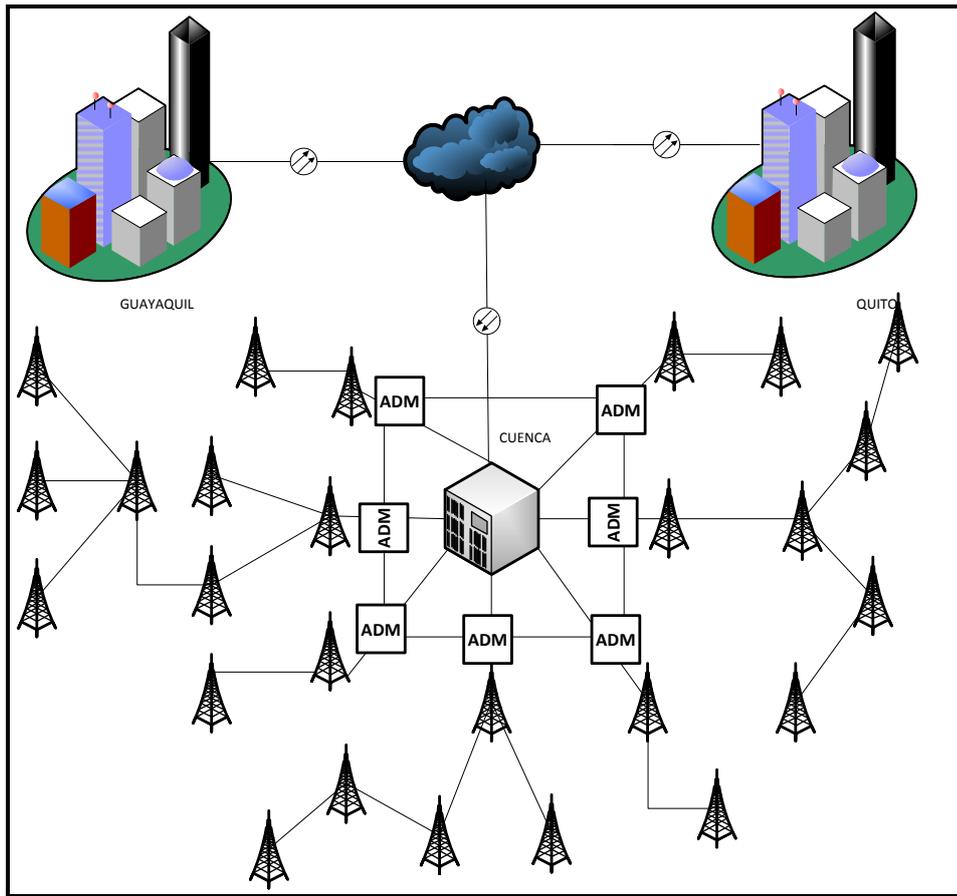


Figura 2.n.Arquitectura en Anillode la red móvil de la CNT EP, Cuenca.

Fuente: La autora.

Es decir, por cada nodo puede transitar tráfico a nivel de agregados STM-4 (622 Mbps) pero solo puede manipular o adicionar/extraer tráfico a nivel de tributarios menores o iguales a un STM1(155Mbps).

Esta es una solución viable que cubre varias necesidades urgentes, sin embargo la CNT EP, analizó adquirir una infraestructura nueva con tecnología UMTS que es un sistema de 3G y sobre la cual se irá migrando hacia lo que será la 4G e incluso más allá. Las razones principales de la decisión son los altos costos que involucran los equipos, a la vez los análisis realizados para la adquisición de UMTS, presentaron resultados acertados en cuanto al factor costo-beneficio. En el siguiente capítulo se ilustrará la nueva red y su camino migratorio hacia la Cuarta Generación.

CAPÍTULO III: EVOLUCIÓN DE LA TELEFONÍA MÓVIL VÍA GSM

3. INTRODUCCIÓN Y CAMINOS MIGRATORIOS.

En 1982, la Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones (CEPT) estableció un grupo de trabajo para desarrollar un sistema paneuropeo al que se denominó GSM. El grupo propuso desarrollar un nuevo sistema inalámbrico móvil con las siguientes premisas: itinerancia (*roaming*) internacional, soporte para la introducción de nuevos servicios, eficiencia espectral y compatibilidad con la RDSI (Red Digital de Servicios Integrados). En 1988, la responsabilidad por el desarrollo de GSM fue transferida al ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*) que denominó al proyecto como *Global System for Mobile Communications*.

GSM es un sistema de conmutación de circuitos, diseñado originalmente para voz, al que posteriormente se le adicionaron algunos servicios de datos: servicio de mensajes cortos, un servicio de entrega de mensajes de texto de hasta 160 caracteres y un servicio de datos GSM con una alta tasa de transferencia.

La evolución de GSM ha estado marcada por tres fases de evolución, la fase 1, en la que se produjeron sus especificaciones; la fase 2, en la que se propuso la inclusión de servicios de datos y de fax; y finalmente, la Fase 2+, en la que se realizan mejoras sobre la codificación de voz y se implementan servicios de transmisión de datos avanzados, entre ellos GPRS y EDGE.

GSM comienza su evolución con la mejora de su red, nace GPRS (*Global Packet Radio Service*) y con esta tecnología se agrega la conmutación de paquetes a través de un núcleo basado en IP y se aumenta la velocidad de tráfico (de 9,6 kbps en GSM, a 40 kbps en recepción y 20 kbps de transmisión en GPRS). Estos primeros avances en GSM, no conllevan modificaciones significativas en la arquitectura de red, ni en la interfaz radio. En la figura, se puede apreciar los bloques de la arquitectura de red GPRS.

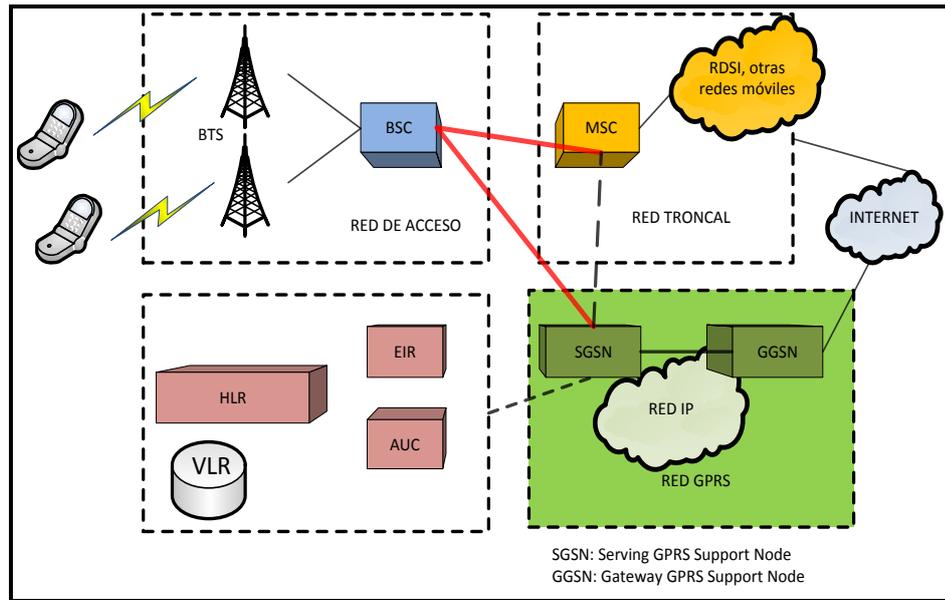


Figura3.a. Arquitectura de red GPRS

Fuente: La Autora.

EDGE (Tasas de Datos Mejoradas para la evolución de GSM) conocido también como EGPRS, puede funcionar en cualquier red GPRS solo implementando actualizaciones. Es una potente optimización a las redes GSM/GPRS e incrementa las velocidades en un factor de 3 sobre GPRS y duplica la capacidad de datos.

EDGE permite aumentar las velocidades de datos sobre el enlace de radio de GSM. Básicamente se introduce una nueva técnica de modulación y una nueva codificación de canal que puede usarse indistintamente para transmitir servicios de voz y de datos por conmutación de paquetes y de circuitos.

Los cambios de GPRS a EDGE consisten en una actualización de software en la radio base, en su controlador de la radio base y la adición de un elemento que se llama EDGE TRU (Unidad de transceptor) en el transceptor de la radio base.

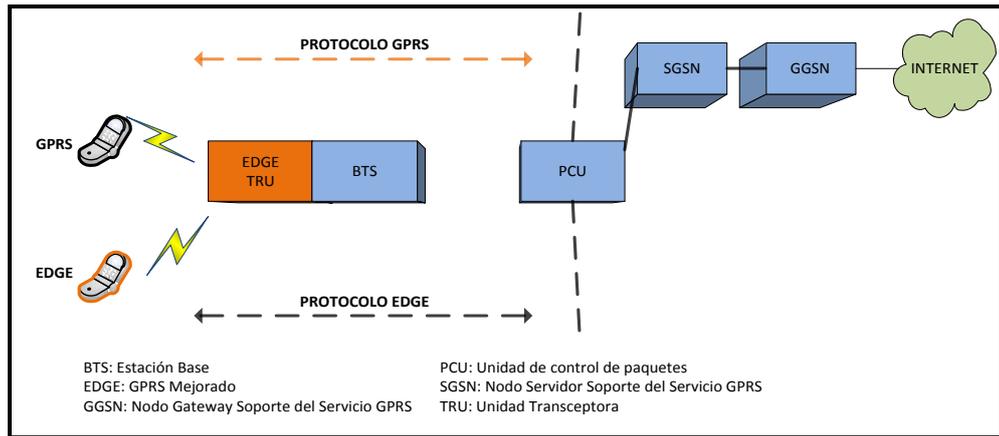


Figura 3.b. Diagrama GPRS y EDGE

Fuente: GSMspain, EGPRS introduce cambios en GPRS, solamente en la parte de la red correspondiente al sistema de estación base, 2009.¹⁴

Introducir EDGE a una red GSM/GPRS es el primer paso en la evolución hacia GSM/EDGE *Radio Access Network* (GERAN) según el estándar 3GPP, y con el tiempo a una arquitectura de red IP total.

Las fuertes demandas por mayores capacidades hacen que GSM se enfoque en una forma de optimizar la interfaz radio, debido a ello se orienta a la tecnología WCDMA (*Wideband CDMA*) para transmitir los datos al usuario en lugar de utilizar TDMA. Hasta ahora las características de esta interfaz radio UMTS, han supuesto un gran avance respecto a lo que proporcionaba GSM sobre todo en lo que respecta a la transferencia de datos, todavía resultan un poco limitadas cuando se utilizan aplicaciones de que requieren transferencia de información a muy alta velocidad o cuando coinciden muchos usuarios con aplicaciones 3G en área reducida.

Puesto que las aplicaciones de datos se descargan mayoritariamente desde la red hacia el terminal, la versión 5 del 3GPP introduce el HSDPA, como primer paso en la evolución de la interfaz radio, permitiendo utilizar velocidades de transmisiones muy superiores a las actuales en el enlace descendente. A continuación en la versión 6 del 3GPP aparece el HSUPA (*High Speed Uplink*

¹⁴ Adaptación de la autora.

Packet Access) que permite algo similar en el canal ascendente. Surgiendo además *HSPA Evolution* con características superiores. Actualmente se está trabajando la evolución de la radio en una nueva especificación técnica que se denomina LTE (*Long Term Evolution*) y LTE-Advanced que pretende garantizar la competitividad de la tecnología 3G y 4G respectivamente.

GSM tiene un camino migratorio directo y costo-efectivo a 3G a través de GPRS, EDGE y UMTS-HSPA, como así también más allá de la 3G mediante las iniciativas *HSPA Evolution* (HSPA+), LTE y *System Architecture Evolution* (SAE). Cada paso en el camino migratorio basado en GSM aprovecha la infraestructura de red desplegada para los pasos anteriores y es compatible en sentido regresivo. Por ejemplo, un teléfono UMTS puede brindar servicio de voz y datos cuando se lo conecta a una red GSM. La familia de tecnologías GSM también provee un camino migratorio a 3G viable y flexible para los operadores de Acceso Múltiple por División de Código (CDMA) y Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA). De hecho, la mayoría de los operadores TDMA ya migraron a GSM, al igual que muchos operadores CDMA que también migraron a la familia de tecnologías GSM.

3.1 EDGE.

EDGE constituye una tecnología de Tercera Generación, que provee servicios de datos en paquetes a velocidades altas, tales como velocidad a internet, acceso a una amplia gama de servicios de datos *ystreaming* multimedia. EDGE da soporte a velocidades máximas teóricas para redes de datos de 474 kbps, con una velocidad de transmisión promedio de 70 a 130 kbps tanto en el *downlink* como en el *uplink*.¹⁵

Esta tecnología es una actualización para redes relativamente simple y costo-efectiva para la mayoría de los operadores GSM. EDGE usualmente sólo requiere software y tarjetas de canales adicionales para la infraestructura de la

¹⁵4G Américas, EDGE, 2010, <http://www.4gamericas.org/index.cfm?fuseaction=page§ionid=267>.

red GSM/GPRS existente lo que permite reducir costos al mismo tiempo que ofrece a los operadores fijar un precio competitivo y rentable para sus servicios. Como se mencionó y mostró en una figura (Cfr. Supra.) EDGE no propone mayores cambios teniendo una arquitectura general similar a la siguiente:

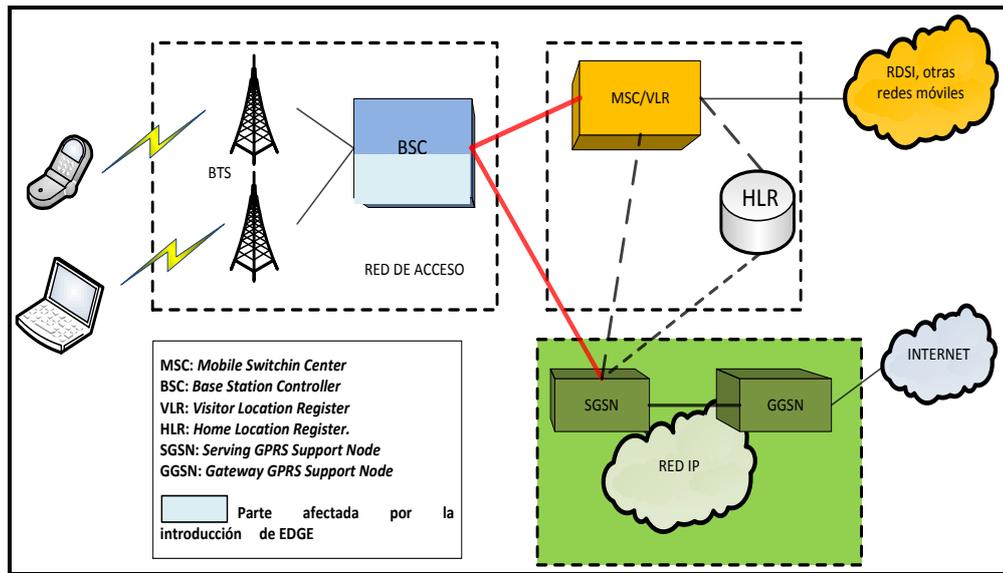


Figura 3.c.Arquitectura EDGE.

Fuente:Ericsson White Paper, GSM/GPRS network architecture, 2009.¹⁶

EDGE no requiere que los operadores adquieran espectro adicional, porque puede implantarse en las bandas más utilizadas en la actualidad, entre ellas las de 850, 900, 1800 y 1900 MHz. Todo ello muestra que es una tecnología que puede incorporarse de manera rápida en los mercados a un costo inferior al implicado por otras tecnologías.

EDGE no es lanzando como un servicio sino como un habilitante de nuevos servicios, esta es una norma aprobada por la UIT. Posee una nueva técnica de modulación y un método de transmisión tolerante de errores, combinados con los mecanismos mejorados de la adaptación del acoplamiento, que es lo que permite aumentar la velocidad, mantener una eficiencia creciente del espectro como

¹⁶ Adaptación de la autora.

pueden ser: acceso a internet, e-mail y transferencias de archivo vía inalámbrica. Podemos mencionar las características más sobresalientes de EDGE:

- Ofrece una velocidad promedio de 200kbps, en el *Release 4* se reduce considerablemente la latencia de EDGE (tiempo de recorrido ida y vuelta de la red) de los característicos 500 a 600 milisegundos (ms) a alrededor de 300 ms.¹⁷
- EDGE utiliza como modulación estándar 8-PSK (*8 Phase Shift Keying*), que hace posible la integración de canales EDGE sobre un plan de frecuencias existentes, permite además asignar nuevos canales EDGE de la misma manera en la que son asignados los canales GSM.
- EDGE usa un algoritmo de adaptación de tasas, que incorpora el esquema de modulación y codificación (MCS, *Modulation and Coding Scheme*) usado para la calidad del canal de radio. Así fueron diseñados nueve esquemas de codificación, del MCS1 al MCS9. Los cuatro primeros esquemas usan modulación GMSK (*Gaussian Minimum-Shift Keying*), también usados en GPRS, mientras que los demás usan la modulación 8-PSK.¹⁸
- Facilidad de actualización: EDGE no requiere una reingeniería fundamental de los planes de celdas. Si la infraestructura de radio de un operador tiene menos de cinco años de antigüedad la actualización a EDGE generalmente implica nuevo software y tarjetas de canales en las celdas.
- Eficiencia espectral y flexibilidad: EDGE puede desplegarse dentro del espectro existente sin necesidad de una nueva licencia 3G, lo que

¹⁷ 4G Américas, EDGE, 2010, <http://www.4gamericas.org/index.cfm?fuseaction=page§ionid=267>.

¹⁸ VEGA, María Gabriela, *Implementación De Un Sistema De Publicidad Visual Sobre Tecnología Celular Gprs/Edge*, Escuela Politécnica Nacional, Quito, enero de 2011.

significa que un operador puede lanzar servicios 3G rápidamente, en más mercados y a un costo inferior.

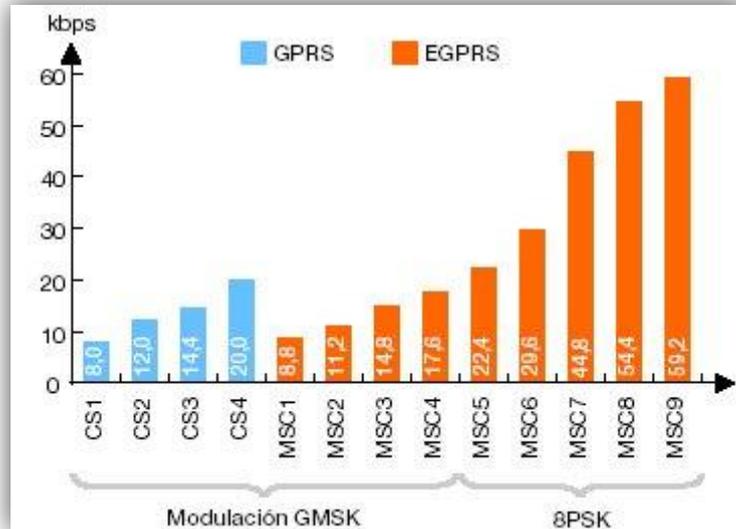


Figura 3.d. Esquema de Codificación EDGE

Fuente: Ericsson, Thomas kohler, Sistema de Codificación EDGE, 2003.

- Una conexión " activa": EDGE provee una conexión constante a Internet, eliminando la necesidad de conectarse cada vez que se desea acceder a Internet, además EDGE les permite a los clientes mantener una sesión de datos mientras responden una llamada telefónica.
- Tarificación: EDGE está basada en paquetes, solo se paga por los datos que envían y reciben, no por el tiempo de aire necesario para establecer una conexión y esperar la respuesta de un servidor.
- EDGE provee servicios de datos de alta-capacidad con el propósito de avanzar hacia UMTS, además el rendimiento de EDGE percibido por el usuario final es suficientemente bueno para hacer atractivo cualquier servicio disponible hoy en día.

3.1.1 EDGE EVOLUTION.

Es la versión mejorada del estándar de comunicaciones móviles EDGE también conocida como EDGE II o EDGE Evolucionado que fue ratificado por el 3GPP en el *Release 7*. Este aplica muchas de las técnicas empleadas en HSPA+ para reducir la latencia (por debajo de los 80ms), ya que se reduce a la mitad el intervalo de tiempo de transmisión (de 20ms a 10ms).¹⁹ El *bitrateo* tasa de bits es incrementado a 1 MBit/s y la latencia baja a 100 ms usando operadores duales, una modulación de órdenes más altos (36-16QAM (Modulación de Amplitud en Cuadratura) en lugar de la modulación 8PSK), y turbo *codes* para mejorar la corrección de errores.²⁰ Además, finalmente la calidad de la recepción es mejorada usando antenas duales. Lo que caracteriza a EDGE Evolución es:

- Una reducción en la latencia lo que permite mejorar la experiencia del usuario en los servicios interactivos, servicios de conversación como la telefonía multimedia.
- Un incremento en la tasa de bits para mejorar los servicios más requeridos como la navegación en páginas web o descarga de música.
- Una mejora en la eficiencia del espectro, lo que beneficia principalmente a los operadores en las zonas urbanas, que son áreas donde generalmente el espectro de frecuencia se usa en su máxima extensión-tráfico, volumen que puede incrementarse sin comprometer el normal rendimiento del servicio.

¹⁹ WHITE PAPER, Ericsson, The Evolution of EDGE, septiembre 2009, http://www.ericsson.com/res/docs/whitepapers/evolution_to_edge.pdf.

²⁰ Wikipedia, EDGE Evolution, 15 febrero de 2010, http://es.wikipedia.org/wiki/EDGE_Evolution.

- Una simple actualización de equipo existente de GSM que permite un uso más eficiente del espectro de radio existente.
- Compatibilidad con los planes de frecuencias existentes, facilitando un rápido despliegue de las redes existentes y una mejor experiencia para los usuarios en su recorrido hacia otras redes como HSPA.

3.2 UMTS/WCDMA.

El 3GPP empezó a denominar los sistemas móviles de tercera generación como Servicio Universal de Telecomunicaciones Móviles o conocido también por sus siglas en inglés UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*). Es una propuesta europea para promover la utilización de UTRA (*UMTS Terrestrial Radio Access*) en el IMT-2000. También se lo denomina W-CDMA (*Wideband Code Division Multiple Access*), por ser ésta la tecnología radio que utiliza.

La especificación de UMTS por parte del 3GPP, buscaba establecer los estándares para un sistema móvil de tercera generación, así UMTS especifica un sistema de red completa, que abarca la red de acceso radio (UTRAN), la red núcleo (Parte de Aplicaciones Móviles, o MAP), y la autenticación de usuarios a través de tarjetas SIM.

La red de acceso puede estar basada en las tecnologías de radio acceso FDD y TDD. La operación FDD hace uso de diferentes bandas de frecuencia, permitiendo grandes distancias entre el móvil y radio base. En una red pública con cobertura nacional, esto es necesario para lograr requerimientos aceptables de cobertura. La operación TDD puede ser usada solo para pequeñas distancias (varios cientos de metros), permitiendo una alta velocidad de transmisión y es más flexible para el tráfico asimétrico, como la comunicación de Internet.

UMTS en su red de acceso radio terrestre UTRAN utiliza el esquema de CDMA de espectro extendido en cada uno de los canales de frecuencia en su modo FDD. Para el caso del modo TDD utiliza una combinación entre CDMA, FDMA y TDMA porque cada *FRAME* es dividido en 15 ranuras de tiempo.

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 a 300 kbps compatible con redes EDGE y GPRS lo que permite acceder a ellas en las zonas que no existe cobertura UMTS.

Los operadores UMTS pueden usar una red central común que dé soporte a múltiples redes de radio acceso, entre ellas GSM, EDGE, W-CDMA, HSPA, y evoluciones de estas tecnologías. A esto se lo denomina la red Multi-Radio UMTS, y les da a los operadores un máximo de flexibilidad al brindar distintos servicios en sus áreas de cobertura.²¹

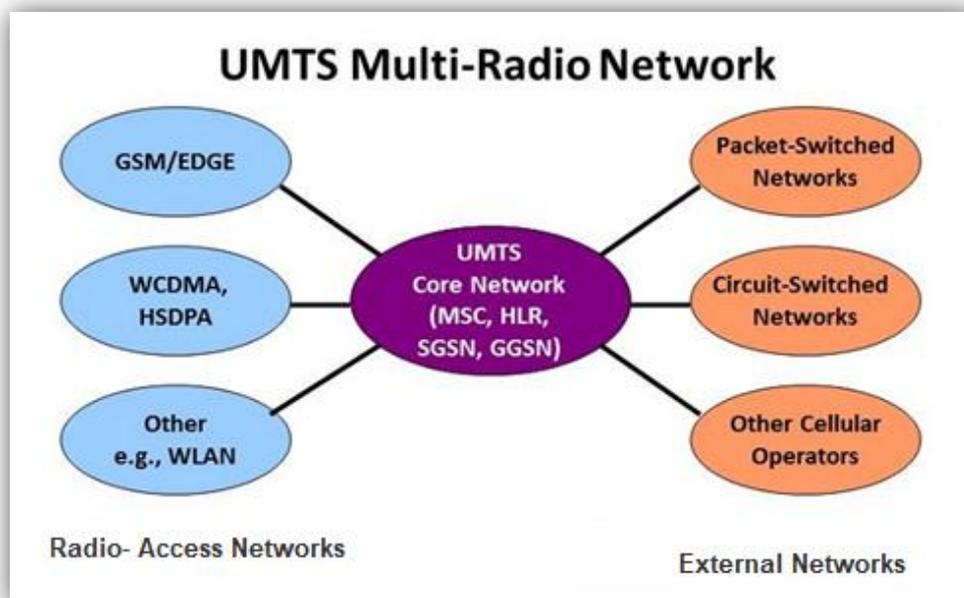


Figura 3.e. Red Multiradio UMTS

Fuente:Rysavy Research, UMTS Multi-radio Network, septiembre 2008.

²¹3G Americas, Rysavy Research, *EDGE, HSPA and LTE Broadband Innovation*, Septiembre 2008, p. 100.

UMTS busca basarse en las actuales tecnologías móviles y extenderlas, inalámbricas y satelitales proporcionando mayor capacidad, posibilidades de transmisión de datos y una gama de servicios mucho más extensa.

3.2.1 Arquitectura de red UMTS.

La arquitectura UMTS se divide en dos dominios: el dominio del Equipo de Usuario (UE, *User Equipment*) y el dominio de la Infraestructura. Dichos dominios están conectados a través del interfaz radio denominado Uu.

El UE puede incluir una tarjeta inteligente extraíble que puede usarse en diferentes tipos de terminales. El dominio de Equipo de Usuario se divide en: el dominio de Equipo Móvil (ME, *Mobile Equipment*) y el dominio del Módulo de Identidad de Servicios de Usuario (USIM, *User Services Identity Module*). El ME puede subdividirse en: la Terminación Móvil (MT, *Mobile Termination*) que realiza las funciones relacionadas con la transmisión radio, y el Equipo Terminal (TE, *Terminal Equipment*) que contiene las aplicaciones extremo a extremo. El USIM contiene datos y procedimientos que la identifican de forma segura y sin ambigüedad, y están normalmente incluidos en una tarjeta inteligente.

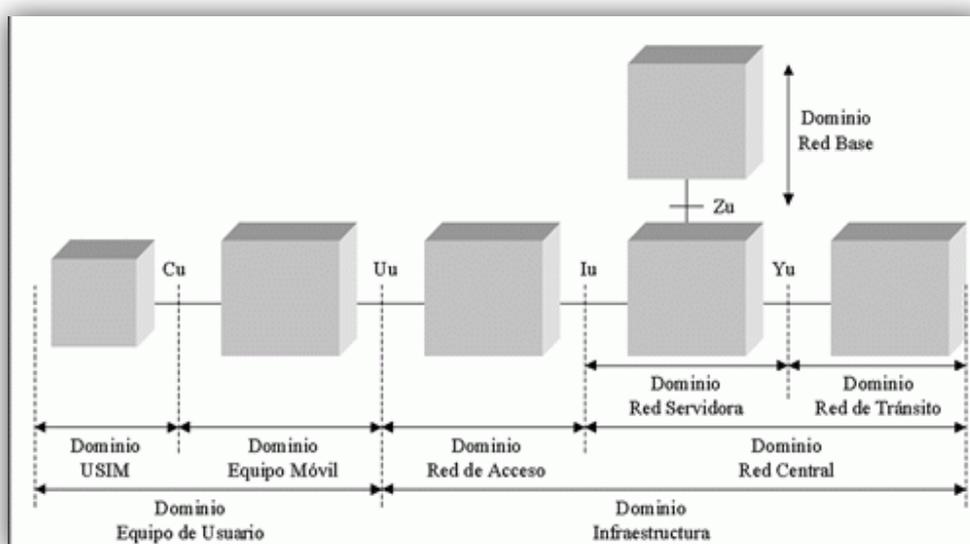


Figura 3.f. Dominios y Puntos de Referencia UMTS.

Fuente: Ramírez de Prado, Visión Arquitectural de la Tercera Generación de Móviles UMTS, octubre 2000.

La infraestructura se divide en: el dominio de Red de Acceso (AN, *Access Network*), y el dominio de Red Central (CN, *Core Network*). Ambos dominios están conectados a través del interfaz Iu. Esta partición permite que la CN pueda estar conectada con ANs basadas en diferentes tecnologías de acceso; y que la CN pueda estar también basada en diferentes tecnologías. La AN específica de UMTS se denomina Red de Acceso Radio Terrestre UMTS (UTRAN). La CN puede subdividirse en: el dominio de Red Servidora (SN, *Serving Network*), el dominio de Red Base (HN, *Home Network*), y el dominio de Red de Tránsito (TN, *Transit Network*). La SN es la parte de la CN conectada a la AN, y representa las funciones de la CN que son locales al punto de acceso del usuario y por tanto su ubicación cambia cuando el usuario se mueve. La HN representa las funciones de la CN que son conducidas a una ubicación permanente independiente de la posición del punto de acceso del usuario; y es responsable de la gestión de información de suscripciones y datos de usuario. El USIM está relacionado con la suscripción en la HN. La TN es la parte de la CN ubicada en el camino de comunicación entre la SN y la parte remota.

La descripción de la arquitectura UMTS '99 ha sido definida para facilitar el proceso de migración desde las redes GSM/GPRS hacia UMTS, se considera la red de acceso GSM (formada por BSSs) y la red UTRAN (formada por RNSs), y la red central (CN) está diseñada como una evolución de la red GSM/GPRS. La CN incluye un dominio con conmutación de circuitos (CS) y un dominio con conmutación de paquetes (PS). Hay algunos componentes de red compartidos por ambos dominios.

El núcleo de red (CN) de UMTS, se encuentra basada en la topología de la red GSM/GPRS, provee funciones de conmutación, enrutamiento, transporte y bases de datos para el tráfico de la red, posee elementos de conmutación de circuitos, tales como el MSC, el VLR y el GMSC, elementos de conmutación de paquetes, como el SGSN y el GGSN, y elementos que soportan ambos tipos de

conmutación, el EIR, el HLR y el AuC. Estos elementos ya fueron descritos (Cfr. Supra) por lo que se procede a continuación hacer una especificación de aquellos elementos que aparecen con UMTS. La separación de los dominios de circuitos y paquetes se concibe como necesaria debido a la evolución de las redes actuales, aunque la tendencia es hacia una única red troncal “Todo IP” que incluiría también a la red de acceso.

- **El Sistema de Red Radio (RNS, *Radio Network System*):** La Red de acceso UTRAN está compuesta de uno o varios RNSs que pueden estar interconectados entre sí a través del interfaz Iur. El RNS realiza la asignación y liberación de recursos radio para permitir la comunicación con MSs en una cierta área. Un RNS está compuesto de un RNC, y uno o varios nodos B.
- **Controlador de Red Radio (RNC, *Radio Network Controller*):** El RNC es la entidad controladora de un RNS y se encarga del control general de los recursos radio proporcionados por uno o varios nodos B. El RNC es responsable de las decisiones de *handover* que requieren señalización al MS.
- **Nodo B (*Node B*):** Es el componente responsable de la transmisión/recepción radio hacia/desde MSs en una o más celdas UMTS. Un nodo B puede soportar el modo FDD, el modo TDD, o una operación en modo dual. Los nodos B se conectan a los RNCs a través de los interfaces Iubis y al UE a través de los interfaces Uu.

Así la Red de Radio Acceso Terrestre UMTS-UTRAN considera la incorporación de dos nuevos elementos: El Controlador de Radio de la Red (*Radio Network Controller* o RNC) y el Nodo B.

Dentro de la red de acceso, lo más característico es la interfazradio (Uu) entre el nodo B y el terminal del cliente, puestoque ésta será el principal cuello de botella de velocidad y funcionalidadde todas las comunicaciones que se intentan realizar.

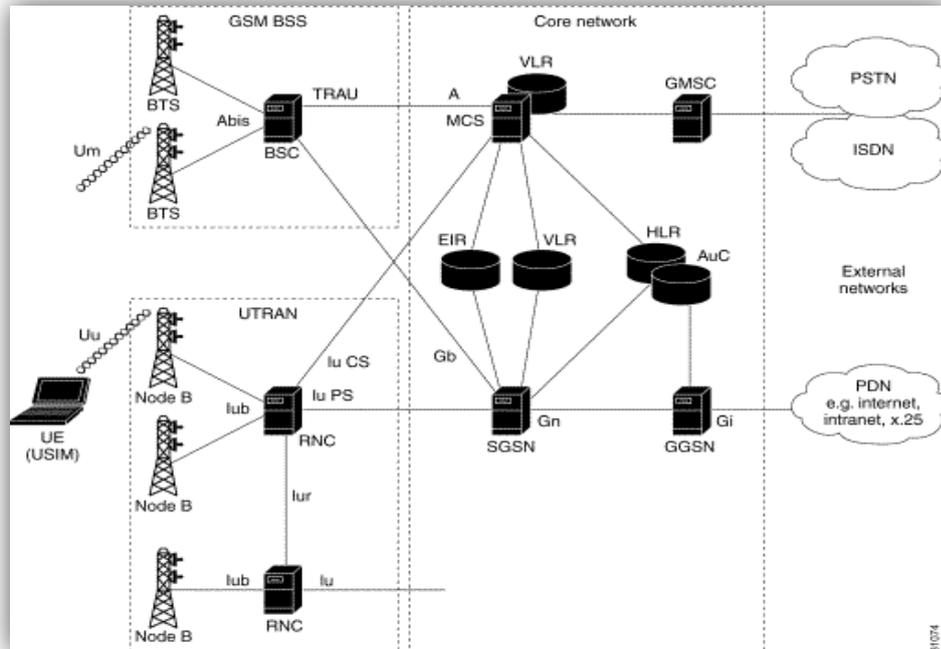


Figura 3.g.Arquitectura UMTS R'99.

Fuente:Borja Fernández, 3G/UMTS, 2006.

El RNC y el Nodo B en lared UMTS tienen funciones equivalentes a la función de la BSC y la BTS en las redes GSM/GPRS. Resulta entonces posible compartir la infraestructura (torres y demás) entre ambas arquitecturas, solo que en el caso de UMTS, para lograr la cobertura planeada se deben adicionar nuevas instalaciones, igualmente, la CN se puede compartir, según la versión de GSM que tenga el operador. De este modo, UMTS extiende las redes GSM/GPRS existentes, protegiendo la inversión de los operadores.

3.2.2 Tipos de celdas UMTS.

En su componente terrestre, tiene una estructura jerárquica, está compuesta por tres tipos de Celdas: Macrocelda, Microcelda y Picocelda con un mínimo de 5 MHz de ancho de banda por Celda.

La Macrocelda tiene radios desde 1km hasta 35km y se destinan para ofrecer cobertura rural y carreteras para vehículos u otros objetos que se mueven a alta velocidad (transmisión de datos de 144kbit/s.).

La Microcelda tiene radios desde 500m hasta 1km. Ofrece servicio a usuarios fijos o que se muevan lentamente con elevada densidad de tráfico (urbana) con velocidades de 384kbit/s, usando UTRA-FDD.

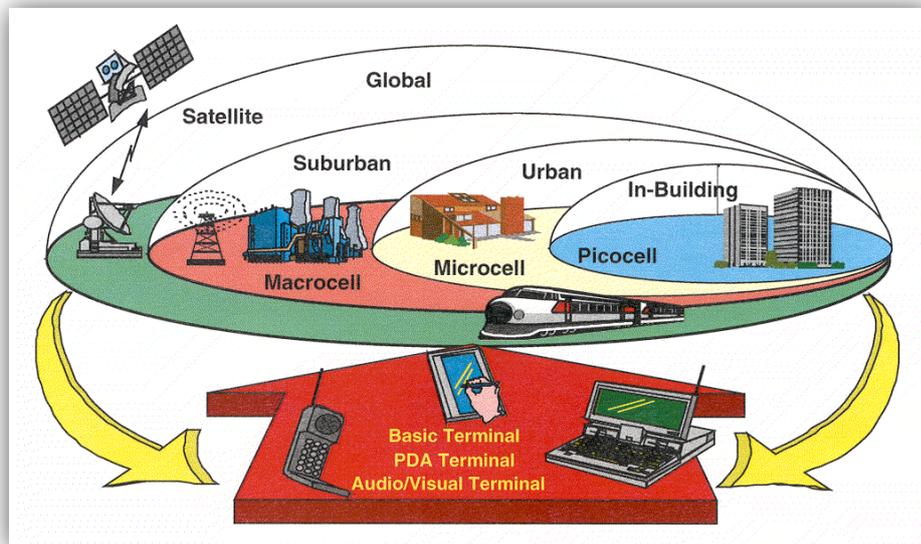


Figura 3.h. Jerarquía UMTS.

Fuente: Bardosa Diana, UMTS, 2010.

Las Picoceldas tienen radios hasta 50m. Ofrecen coberturas localizadas en interiores, usando ULTRA-TDD, con velocidades del orden de los 3Mbit/s.

3.2.3 WCDMA.

WCDMA (Acceso múltiple por división de código de banda ancha) es una tecnología móvil inalámbrica de tercera generación que aumenta las tasas de transmisión de datos de los sistemas GSM utilizando la interfaz aérea CDMA en lugar de TDMA, por ello ofrece velocidades de datos mucho más altas en

dispositivos inalámbricos móviles y portátiles que las ofrecidas hasta el momento.

WCDMA soporta de manera satisfactoria una tasa transferencia de datos que va de 144 hasta 512 Kbps para áreas de cobertura amplias y éstos pueden llegar hasta los 2Mbps para mayor cobertura en áreas locales. En sistemas de WCDMA la interfaz aérea de CDMA se combina con las redes basadas en GSM.

El estándar que ha surgido con este proyecto de 3GPP, es UTRA, cuyo esquema de acceso es DS-SS (Direct-Sequence Code Division Multiple Access) acceso múltiple por división de códigos por espectro expandido en secuencia directa. La información se extiende por una ventana de aproximadamente 5 MHz. Este ancho de banda amplia es el que ocupa un canal Wideband CDMA o WCDMA.

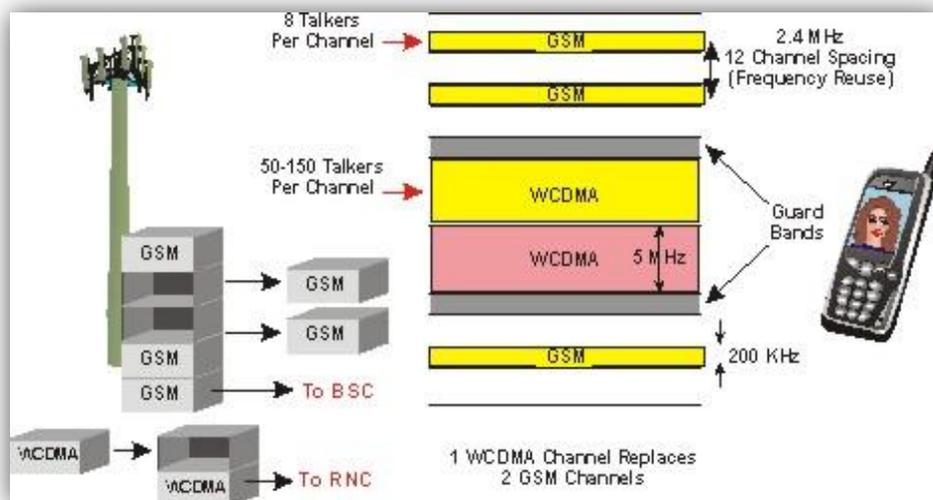


Figura 3.i. Actualización GSM a WCDMA.

Fuente: Lawrence Harte, Introduction to WCDMA, 2006.

En WCDMA, existen dos modos de operación y la capacidad de funcionar en modo de FDD o TDD permite la utilización eficiente del espectro disponible:

- Modo TDD: En este método bidireccional, las transmisiones del enlace ascendente y del descendente son transportadas en la misma banda de frecuencia usando intervalos de tiempo de forma síncrona. Así las

ranuras de tiempo en un canal físico se asignan para los flujos de datos de transmisión y de recepción.

- Modo FDD: Los enlaces de las transmisiones de subida (*uplink*) y de bajada (*downlink*) emplean dos bandas de frecuencia separadas para este método a dos caras. Un par de bandas de frecuencia con una separación especificada se asigna para cada enlace. Puesto que diversas regiones tienen diversos esquemas de asignación de la frecuencia.

3.2.4 Evolución de la radio UMTS.

El elevado ritmo de crecimiento en el sector de la telefonía móvil ha generado como consecuencia que los sistemas móviles vayan alcanzando de manera continua sus límites en términos de capacidad. Por otro lado, el conjunto de tipos de servicio ofrecido por los sistemas han ido evolucionando conforme a las necesidades del mercado y las mejoras ofrecidas por los sistemas cableados análogos. UMTS ha sido un gran avance en relación a GSM en lo que respecta a la transferencia de datos, sin embargo, todavía resulta un tanto limitada las aplicaciones cuando se requiere de transferencias de muy alta velocidad o hay muchos usuarios de aplicaciones 3G en un área reducida.

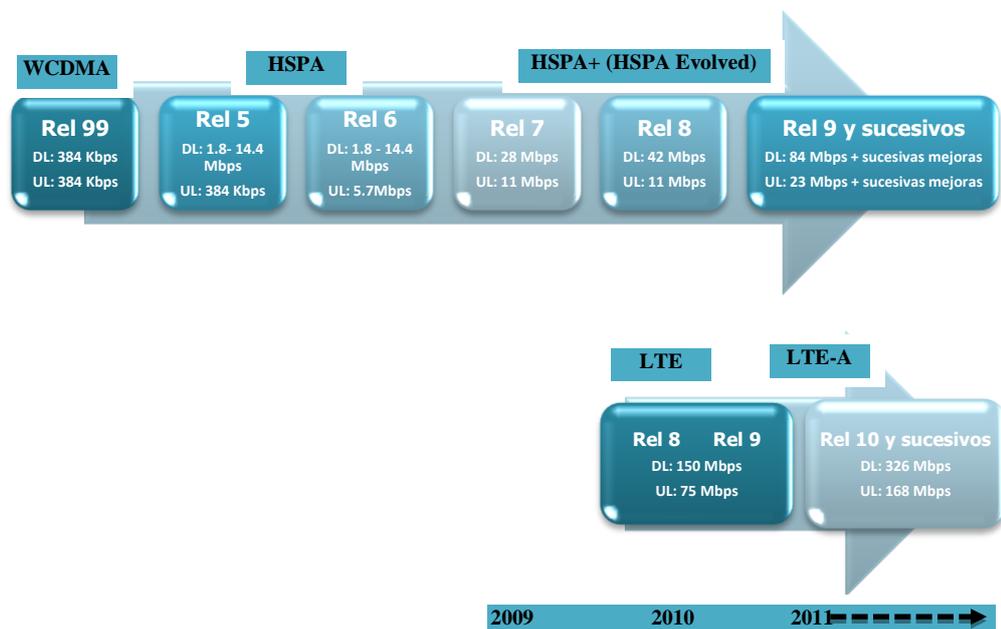


Figura 3.j. Evolución de las Tecnologías 3GPP.

Fuente: Narcís Cardona, Juan José Olmos, Mario García, José Monserrat,
Evolución de las Tecnologías 3GPP, abril 2011.

Dado que los datos se descargan mayoritariamente de la red al terminal, el estándar 3GPP en su versión 5 de WCDMA, introduce HSDPA (*High Speed Downlink Packet Access*) en la interfaz de radio. Con la introducción del HSDPA, se pasó de velocidades de descarga de 171 Kbit/s teóricos (que en la realidad eran unos 40 u 80 Kbit/s) del GPRS y 473 Kbit/s teóricos (que en práctica eran de unos 100/130 Kbit/s) en EDGE, a velocidades de 14 Mbit/s teóricos (que en la práctica corresponden a 3 o 4 Mbit/s), pudiéndose hablar de velocidades de muy alta velocidad. Con respecto al enlace ascendente, el 3GPP en la versión 6, introduce el HSUPA (*High Speed Uplink Packet Access*) que permite un avance similar en el canal ascendente. Y así mismo surge HSPA y HSPA+, todas estas caracterizadas por el incremento sustancial de la capacidad y la mejor adecuación a la conmutación de paquetes.

Además el 3GPP inició en el 2004 los estudios relacionados con la evolución de la red 3G hacia la Cuarta Generación Móvil (4G). El enlace entre ambas generaciones lo marca así la tecnología *Long Term Evolution*, puede considerarse como una tecnología precursora de las redes 4G o el sistema más potente dentro de las tecnologías 3G. A veces también se la considera 4G por sus características acordes a las definiciones establecidas para la próxima generación.

Para la tecnología LTE el 3GPP marcó unos exigentes requisitos de transmisión. Se fijaron 100 Mbps en el enlace descendente, y 50 Mbps en el enlace ascendente, en un ancho de banda de 20 MHz. Así se puede considerar que LTE es una tecnología plenamente operativa desde diciembre de 2009; y que formar parte de las familias IMT, lo que supone además de prestigio tecnológico, la aceptación a nivel mundial, la posibilidad de ocupar ciertas bandas del espectro reservadas a aquellas tecnologías más potentes.

3.3 Tecnología HSPA+.

HSPA+ (*High Speed Packet Access Plus*) es también conocida como HSPA *Evolution* y HSPA *Evolved*. HSPA+ se estandarizó por primera vez en la versión Release 7 del 3GPP y su estandarización continuó hasta la versión del Release 10. HSPA+ aplicará algunas de las técnicas desarrolladas para *Long Term Evolution* (LTE) y esto permitirá a los operadores prolongar la vida de sus redes HSPA.

HSPA+ aporta soporte y desempeño mejorados para servicios de conversación e interactivos en tiempo real tales como: *Push-to-Talk* por Celular (PoC), imágenes, videos compartidos, video y voz por protocolo de Internet (VoIP) mediante la introducción de funcionalidades como antenas *Multiple-Input Multiple-Output* (MIMO), Conectividad de Paquetes Continua (CPC) y Modulaciones de Mayor Orden.

Algunas de las características más sobresalientes de HSPA+ son:

- HSPA+ es una actualización sencilla a las redes HSPA actuales, lo que protege la inversión realizada por el operador en la red. Las optimizaciones a HSPA+ son compatibles en sentido reverso con UMTS *Release 99, Release 5, Release 6*.
- HSPA+ provee una hoja de ruta de performance estratégica para los operadores GSM-HSPA. HSPA+ podría igualar, y posiblemente superar, las capacidades potenciales de IEEE 802.16e-2005 (WiMAX móvil) en la misma cantidad de espectro, y podría igualar la performance de LTE cuando se emplean 5 MHz de espectro.
- HSPA+ aumentará significativamente la capacidad de HSPA, y reducirá la latencia por debajo de los 50 milisegundos (ms).

- La primera fase de HSPA+ utiliza la técnica de modulación de 64 QAM y está brindando tasas de transmisión (*throughput*) máximas teóricas de 21 Mbps en el *Downlink*.
- HSPA+ con 64 QAM y técnicas de antena avanzadas tales como MIMO puede entregar 42 Mbps de capacidad teórica y 11.5 Mbps en el *Uplink*.
- Habrá compatibilidad entre HSPA+ y LTE para facilitar la operación de ambas tecnologías.
- HSPA+ da soporte a servicios de voz y de datos en la misma portadora y a lo ancho de todo el espectro de radio disponible, y ofrece estos servicios de manera simultánea a los usuarios.

HSPA+ es una actualización accesible e incremental de las redes HSPA existentes, la cual contempla un trabajo en conjunto de HSDPA y HSUPA.

3.3.1 HSDPA (*Hight Speed Downlink Packet Access*).

La tecnología HSDPA es una evolución de la telefonía móvil de tercera generación WCDMA. Permite básicamente una mejora en las tasas de transmisión de descarga, llegando teóricamente hasta los 14 Mbps mientras que en subida se sigue manteniendo el mismo esquema que en UMTS, con tasas máximas de 384Kbps. También se introducen mejoras en cuanto a la arquitectura de la red, como el acceso al subsistema multimedia IP o *IP Multimedia Subsystem* (IMS), con lo cual se pretende unificar el núcleo de la red móvil con los otros tipos de redes como la de datos y la de telefonía fija, evolucionando a una red de siguiente generación o *Next Generation Network* (NGN). Además, se mejora el uso de la modulación y se derivan funciones al nodo B, con lo que el control ya no se realiza íntegramente por el RNC. Esto genera una reducción en los tiempos de transmisión mejorando de esta forma el rendimiento de la red.

Los valores de transmisión de descarga se logran no solo por la introducción de los canales compartidos sino también por el uso de un nuevo método de modulación QAM, por la reducción del intervalo de tiempo de transmisión o *transmission interval* TTI, por el uso de turbo códigos como método de corrección de errores.

HSDPA posee capacidad de combinar modulaciones y codificaciones a lo que se denomina AMC (*Adaptive Modulation and Coding*). Esta técnica permite disponer de una modulación QAM y QPSK (*Quadrature Phase-Shift Keying*), la cual se asigna dependiendo de la calidad de recepción de la señal por parte del usuario y puede implementarse utilizando la infraestructura ya desarrollada para UMTS.

En el *release 99* se definieron tres técnicas para la bajada o *Downlink* de paquetes (DL): La primera es usando el canal dedicado o *dedicated channel* (DCH); la segunda es usando el canal de acceso directo o *forward access channel* (FACH); y la última, el canal compartido de bajada o *downlink shared channel* (DSCH). Los canales DCH y el FACH permiten las tasas máximas teóricas y con ello el surgimiento de HSDPA que trabaja con canales compartidos de *Spreading Factor* (SF) o factor de dispersión 16.

3.3.1.1 Canales Físicos HSDPA.

- **HS-DSCH (*High Speed Downlink Shared Channel*):** En HSDPA se introduce el canal rápido de bajada compartido, el cual está definido para un SF de 16 constante. La característica de este canal es que se pueden asignar hasta 15 canales a un solo usuario, consiguiendo de esta forma el máximo de velocidad que ofrece HSDPA, 14.4 Mbps.
- **HS-SCCH (*High Speed Shared Control Channel*):** algunas veces referido como el canal compartido de control, es un canal físico de bajada

que se encarga de la llevar la información de control, la cual se necesita para que el UE o equipo móvil demodule y decodifique el HS-DSCH. Por cada usuario que esté usando múltiples HS-DSCH se deberá enviar un HS-SCCH. Cada uno de estos usa un SF de 128 y tiene una estructura basada en un TTI de 2ms, la misma que el HS-DSCH.

- **HS-DPCCH (*High-Speed Dedicated Physical Control Channel*):** Canal de control físico dedicado de alta velocidad que sirve para enviar información de control como el CQI (*Channel Quality Indicator*) y el HARQ (*Hybrid Automatic Repeat Request*) y opera con un SF de 256. Dicho canal es solo de subida.
- **DCH:** Definido en el *release 99* como un canal de transporte dedicado, se utiliza en HSDPA para el canal de subida. Es mapeado en el canal físico DPDCH, el cual puede tener factores de SF entre 4 y 256, definiendo así siete posibles tramas con un valor máximo de 384 Kbps. En el caso que se desee realizar una llamada de voz o una videollamada, se siguen utilizando los canales y protocolos de control definidos en el *release 99*.

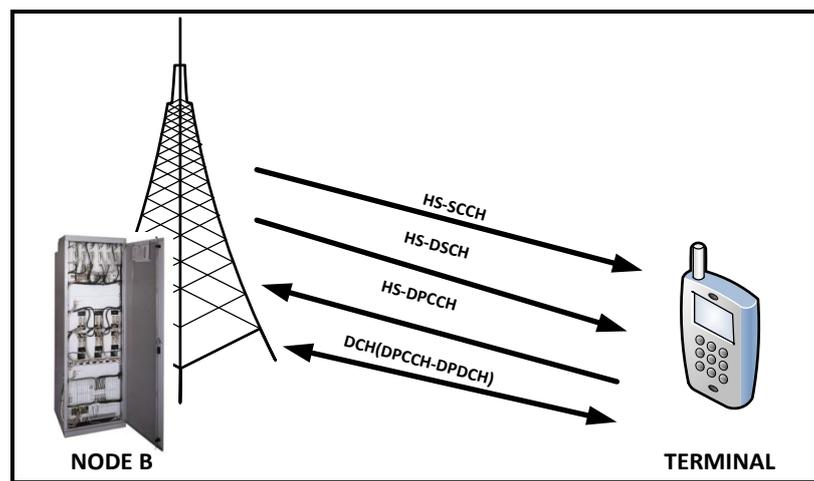


Figura 3.k. Uso del Canal Dedicado y Compartido HSDPA.

Fuente: Harri Holma, HSDPA/HSUPA for UMTS, 2006.

3.3.1.2 Arquitectura de la red HSDPA.

La arquitectura de red para la tecnología HSDPA, es la misma en donde conviven las redes de acceso de radio EDGE/GPRS (GERAN) con UMTS (UTRAN), conectados al núcleo de red. La implantación del HSDPA en la red de acceso (UTRAN) sería hecha a través del *upgrade* de software/hardware en las estaciones base (BS) y controladores de red radio (RNC). La estación base (BS) es también conocida como nodo B en la terminología 3GPP.

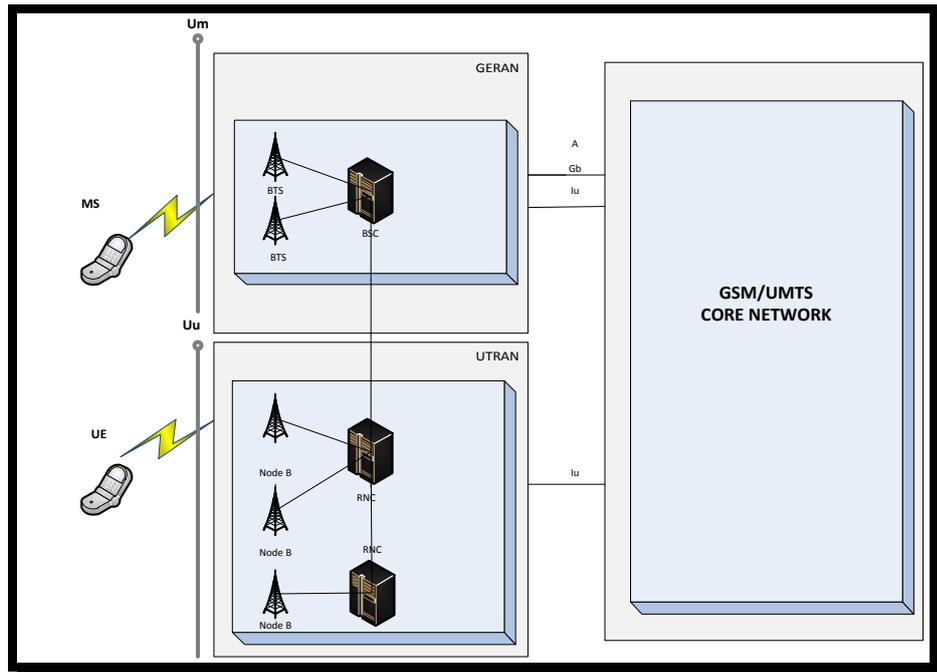


Figura 3.1.Arquitectura HSDPA.

Fuente: Eduardo Tude, HSDPA la banda ancha del UMTS, 2006.

Por lo tanto, es necesario conocer las características de HSDPA que surgieron para su implantación:

- **Utiliza un nuevo canal de transporte denominado *High-Speed Down link Shared Channel (HS-DSCH)*.**- O canal compartido de enlace descendente de alta velocidad. Este canal es semejante al canal DSCH del WCDMA y permite que los recursos puedan ser compartidos por todos los usuarios de un mismo sector.

- ***Adaptive Modulation and Coding (AMC)***. -Mecanismo que permite una adaptación de velocidad de transmisión a las condiciones del canal, de acuerdo a esto, será la modulación y codificación que se utilice. HSDPA trabaja con modulación QPSK y 16QAM.
- ***Fast Scheduling (Planificador rápido)***.-En HSDPA el bloque que tiene control sobre los recursos de radio, la asignación de los códigos, la tasa de codificación y el manejo de las retransmisiones es el nodo B, lo que permite, además de reducir los tiempos de latencia en la red, aumentar efectivamente la tasa de transmisión final, al saltarse los retrasos que introduce el interfaz entre el nodo B y el RNC (Iub). Este enfoque basado en traspasar todas estas funcionalidades desde el RNC al Nodo B, se le llama planificación rápida (*Fast Scheduling*).
- ***H-ARQ (Hybrid automatic repeat request)***. -Método de corrección de errores, se caracteriza por tener una rápida respuesta ante los errores. En caso de presentarse uno, solicitará una retransmisión, la cual se combinará con las anteriores transmisiones antes de decodificar el mensaje. Si toda la información es correcta se enviará un ACK (Acuse de recibo) por el canal HS-DPCCH.

HSDPA generalmente requiere solo nuevo software y tarjetas de canales de estación base, en lugar del reemplazo de partes importantes de la infraestructura de UMTS, y no exige espectro adicional para su despliegue. Como resultado de ello, los operadores de UMTS pueden implantar HSDPA de manera rápida y costo-efectiva. De hecho, la mayoría de los operadores que implantan UMTS están implantando una red con capacidad HSDPA.

3.3.2 HSUPA.

Acceso a paquetes a alta velocidad en el *Uplink*, o *High Speed Uplink Packet Access* (HSUPA) es una actualización de UMTS-HSDPA que utiliza el Canal Dedicado Optimizado (*Enhanced Dedicated Channel* o E-DCH) para

introducir una serie de mejoras que optimizan la performance en el *Uplink*. Estas mejoras incluyen mayor *throughput*, latencia reducida y eficiencia espectral incrementada. Además son necesarios otros canales físicos de control y datos como: E-AGCH(*Enhanced Absolute Grant Channel*), E-RGCH(*Enhanced Relative Grant Channel*), E-HICH (*Enhanced Hybrid ARQ Indicator Channel*), E-DPCCH (*Enhanced Dedicated Physical Control Channel*), E-DPDCH (*Enhanced Dedicated Physical Data Channel*).

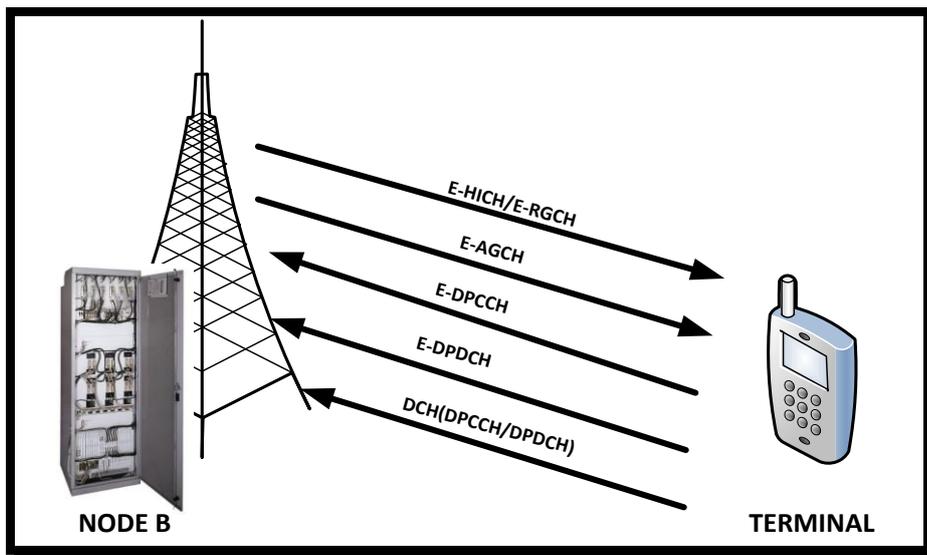


Figura 3.m. Canales HSUPA.

Fuente:Harri Holma, HSDPA/HSUPA for UMTS, 2006.

HSUPA fue estandarizada en el *Release 6* del 3GPP y en combinación con HSDPA, se denomina comúnmente Acceso a paquetes a alta velocidad o *High Speed Packet Access* (HSPA). Es decir, el *Release 5* de HSDPA actualizado al *Release 6* de HSUPA es lo que se considera HSPA para banda ancha móvil.

HSUPA incrementa considerablemente las tasas de transmisión en un 85 por ciento. Mejora las velocidades de HSDPA en el *Uplink* de 384 kbps a una tasa de red teórica máxima de 5,8 Mbps, y en el *Downlink* brinda tasas de red máximas teóricas de 14,4 Mbps. Así hoy en día, las tasas HSPA alcanzables por el usuario típicamente en el *Downlink* son de 1 a 4 Mbps y en el *Uplink* de 500 kbps a 2 Mbps.

3.3.2.1 Características de la red HSUPA.

HSUPA es una actualización a redes UMTS requiere nuevo software y tarjetas de canal para la estación base. Como resultado de ello, los operadores pueden implantar HSPA de manera rápida y costo-efectiva. Para ello se requiere del protocolo EUL (*Enhanced UpLoad*) que va a permitir disponer de una red en la que está optimizado el uso de recursos tanto para enviar como para recibir información. HSUPA introduce nuevas características como son:

- Un canal físico dedicado optimizado (E-DCH).
- Un Intervalo de Tiempo de Transmisión (TTI) de 2 milisegundos, lo que permite respuestas más veloces.
- Programación veloz del Nodo B, lo que permite a la estación base asignar eficientemente los recursos de radio.
- Utiliza *Fast Hybrid Automatic Repeat Request* (ARQ), permitiendo que la estación base en la red móvil pueda hacer una petición inmediata para retransmitir los datos, en caso de que contenga errores.
- HSUPA puede operar con o sin HSDPA en el *Downlink*, aunque es probable que la mayoría de las redes combinen ambos enfoques para obtener mejores resultados.
- HSUPA no hace uso de la modulación adaptativa, debido a que al aumentar la complejidad del procesamiento de señales repercute negativamente en la duración de las baterías de los equipos.

- En el momento de la conexión el terminal móvil solicita la asignación de un servicio portador de acceso radio (RAB, *Radio Access Bearer*) de una velocidad determinada. El algoritmo de asignación de capacidad asigna al principio una capacidad mínima, para incrementarla después poco a poco, hasta llegar al valor solicitado siempre que sea posible. Cada 10 ms se chequea si es posible aumentar la velocidad. Al realizarse el incremento no se lo hace de golpe para evitar afectar a usuarios de R99 (UMTS) que podrían quedar sin servicio, también tiene en cuenta a los usuarios R99, para asegurar que los dispositivos UMTS son atendidos adecuadamente.²²

En HSUPA básicamente se cambia la forma en que el terminal entrega la información al Nodo B y se considera la diversidad, permitiendo que el móvil pueda comunicarse con más nodos B, para la subida de datos a la red.

3.4 LTE (*Long Term Evolution*).

LTE o Evolución para el Largo Plazo es una tecnología de plataforma de radio que les permitirá a los operadores alcanzar *throughputs* máximos aún más elevados que HSPA+ en ancho de banda espectral más alto.

Para LTE se marcaron exigentes requisitos por parte de 3GPP, se fijaron 100 Mbps en el enlace descendente y 50 Mbps en el enlace ascendente, en un ancho de banda de 20 MHz. Las especificaciones de la interfaz radio LTE fueron aprobadas en septiembre y diciembre de 2007. En marzo de 2008 se cerró el trabajo de la capa física y se puede considerar a LTE una tecnología operante desde diciembre de 2009.²³

²² GRAÚ, José Luis, *HSUPA: Evolución de las redes de datos hacia la banda ancha móvil*, Telefónica Móviles España, S.A., Madrid, 7 de marzo de 2007, p.10.

²³ CARDONA, Narcís, OLMOS, Juan José, GARCÍA, Mario, MONSERRAT José, *3GPP LTE: Hacia la 4G móvil*, primera edición, MARCOMBO, S.A., Barcelona-España, 2011, p.6.

LTE es parte del camino evolutivo GSM para banda ancha móvil, posterior a EDGE, UMTS, HSPA (HSDPA y HSUPA combinadas) y HSPA *Evolution* (HSPA+). LTE está basada en un nuevo esquema de acceso múltiple en la interfaz de aire: OFDMA (*Orthogonal Frequency Division Multiple Access*) en el enlace descendente y *Single Carrier- Frequency Division Multiple Access* (SC- FDMA) para el enlace ascendente. Además incorpora esquemas MIMO (*Multiple Input- Multiple Output*) como parte esencial de LTE.

En la Arquitectura LTE incorpora algunos cambios importantes a los conceptos de protocolos existentes en UMTS, con la finalidad de simplificar la arquitectura general de la red de acceso radio y el núcleo de red. LTE incluye los modos de operación FDD y TDD.

3.4.1 Requisitos del Sistema.

Al inicio de la normalización de LTE se establecieron los requisitos de diseño del sistema, los mismos que se listan a continuación:

- **Velocidad de datos:** El objetivo de 100 Mbps en el enlace descendente y 50 Mbps en el enlace ascendente en 20 MHz de ancho de banda.
- **Eficiencia Espectral:** Se trabaja con un ancho de banda que teóricamente varía de 1MHz a 20 MHz. La eficiencia espectral requerida es de 5 bits/s/Hz y 2,5 bits/s/Hz en el *uplink*, siendo 3 o 4 veces que HSUPA.
- **Rendimiento:** *Throughput* medio por usuario y MHz para el *downlink*, debe ser 3 o 4 veces superior y 2 o 3 veces mejor para el *uplink* del *Release 6*.
- **Latencia:** Será inferior a 5ms en el plano de usuario comprendido al tiempo de tránsito unidireccional de un paquete disponible en la capa IP en el terminal y capa IP de un nodo de la red de acceso radio y viceversa.

- **Ancho de Banda:** Soporta anchos de banda escalables de 5, 10, 15 y 20 MHz. Aunque también menores a 5 MHz como son 1,4 y 3 MHz.
- **Asignación de espectro:** Puede operar en modo FDD y modo TDD.
- **Interconexión:** Debe garantizar interconexión entre los diferentes sistemas existentes 3GPP y no-3GPP.
- **Servicios *Multimedia Broadcast y Multicast* (MBMS):** Se espera la mejora que da lugar a E-MBMS (*Evolved Multimedia Broadcast Multicast Services*).
- **Coste:** Debe lograrse coste reducido de migración de la arquitectura y acceso radio partiendo del *Release 6*. Coste de energía razonable tanto para el sistema como el terminal.
- **Movilidad:** Óptima para baja velocidad del terminal (0-15 Km/h), pero debe soportar velocidades mayores (trenes) y mantener la conexión en velocidades de hasta 135 Km/h.
- **Cobertura:** Con prestaciones máximas de hasta 5 Km, con una leve degradación de cobertura entre 5 y 30 Km y con posibilidad de alcanzar rangos de 100 Km.
- **Coexistencia:** Para la misma zona geográfica, entre operadores en bandas adyacentes y coexistencia de redes en zonas fronterizas.
- **Calidad de Servicio:** Se debe garantizar la calidad de servicio extremo a extremo (*end to end*).

- LTE debe soportar al menos 200 terminales en estado activo operando en un ancho de banda de 5 MHz.

3.4.2 Arquitectura LTE.

La arquitectura del sistema es el conjunto de nodos e interfaces que hacen posible la comunicación entre una estación base y un terminal móvil. Ésta nos permite conocer la red en su conjunto.

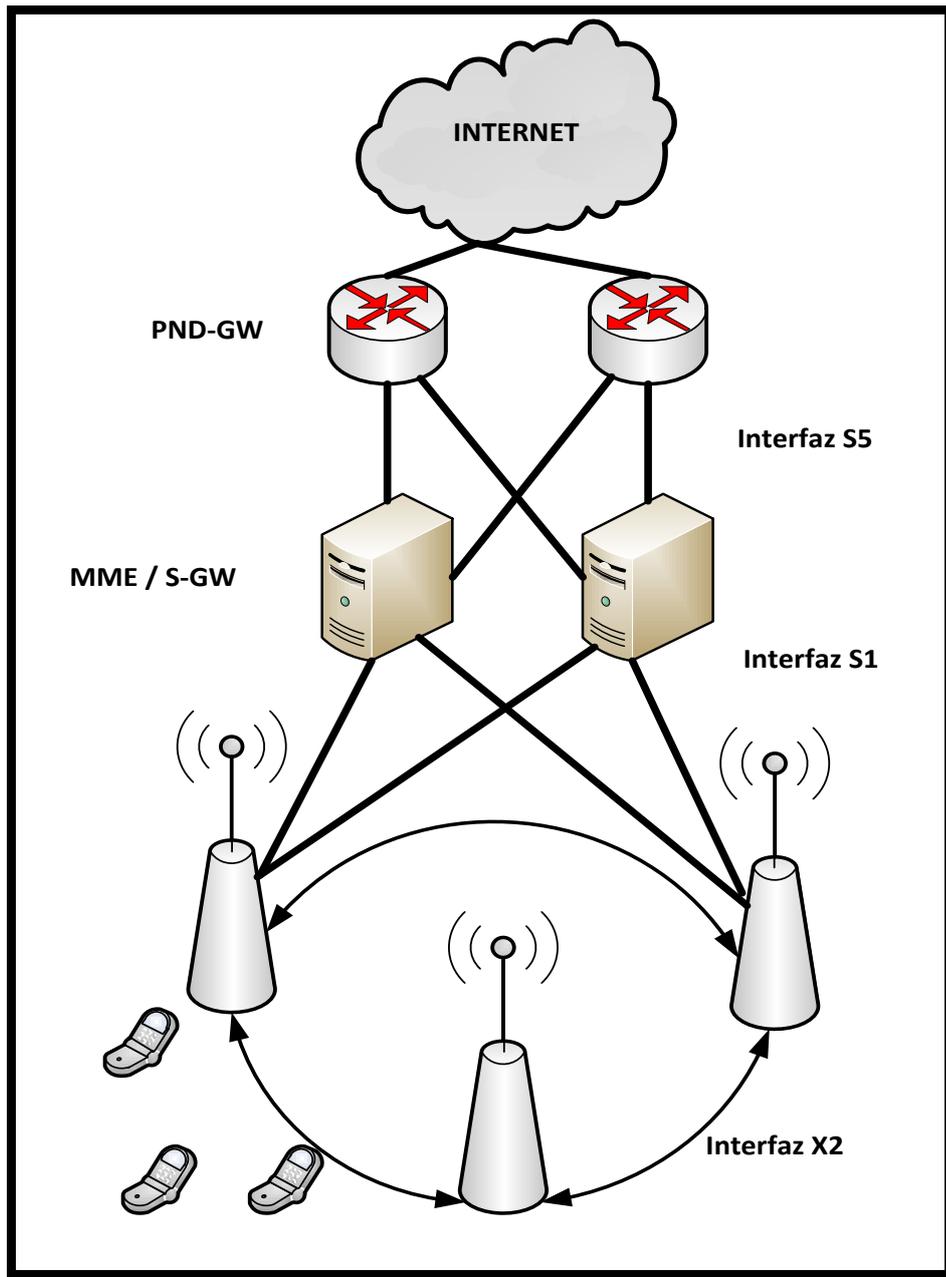


Figura 3.n.Arquitectura del Sistema LTE.

Fuente: Narcís Cardona, Juan José Olmos, Mario García, José Monserrat, Arquitectura del Sistema LTE, 2011.

LTE está dividida en dos partes: la red de acceso radio o *Radio Access Network* (RAN) y el núcleo de red o *Core Network*(CN). A la RAN de LTE se la conoce como *Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network* (E-UTRAN), y al núcleo de red como *Evolved Packet Core* (EPC).

La arquitectura del sistema está orientada a minimizar el número de nodos en la E-UTRAN, lo que condujo hacia la implantación de un único nodo mucho más complicado que el NodoB de UMTS, llamado *evolved Node B* (eNodeB). La función principal es la gestión de recursos radio y la conexión de los terminales móviles de una celda a otra. En su arquitectura existen dos tipos de interfaces la S1 que conecta la E-UTRAN con el EPC y la interfaz X2 que conecta un eNodeB con otro. La interfaz X2 es utilizada principalmente para la movilidad y para las funciones de gestión de recursos de radio multicelular.

Las funciones principales de la E-UTRAN son:

- Codificación, entrelazado, modulación, etc.
- Función ARQ, comprensión de cabecera, etc.
- Función de seguridad (cifrado, protección de integridad, etc).
- Gestión de recursos radio, cambio de celda o *handover*, etc.

El núcleo de red o EPC está basado al igual que el de UMTS, en el núcleo de red del sistema de GSM/GPRS, es decir es una evolución de éste. A sí mismo con la finalidad de minimizar el número de nodos, el núcleo de red posee un único nodo que engloba dos entidades funcionales: la entidad de control de la movilidad o *Mobility Management Entity* (MME) que es la entidad encargada del plano de control y el *Serving Gateway* (S-GW) responsable del plano de usuario o del encaminamiento de los datos, más un nodo de enrutamiento a redes externas llamado *Packet Data Network Gateway* (PDN-GW).

Las funciones principales del núcleo de red son:

- Gestión de coste mensual de cada usuario.

- Gestión de suscriptores.
- Gestión de movilidad
- Gestión de calidad de servicio.
- Gestión de datos de usuario e interconexión a redes externas.

3.4.3 Métodos de transmisión.

LTE especifica una interfaz de radio en modo paquete extremadamente flexible y eficiente, con un *Transmission Time Interval* (TTI) de tan sólo 1ms y baja latencia. Las modulaciones multiportadora, *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM) en el enlace descendente y *Single Carrier-Frequency Division Multiple Access* (SC-FDMA) en el enlace ascendente juegan un papel muy importante al aportar ortogonalidad tanto en *downlink* como en *uplink*, soporte de técnicas *Multiple-Input Multiple-Output* (MIMO), que da robustez frente a la propagación multicamino y una asignación de recursos (*scheduling*) optimizada en función del estado del canal de cada usuario. Las técnicas MIMO permiten aumentar las tasas de pico y combatir los desvanecimientos, mientras que el *Hybrid ARQ* (HARQ) permite usar los recursos mínimos cuando el canal es bueno y retransmitir rápidamente cuando el canal presenta errores, evitando así que se active la retransmisión en capas superiores.²⁴

3.4.4 Funciones evolución del núcleo de red.

El primer núcleo de red desarrollado por el 3GPP, es el de GSM, se caracterizaba por estar basado en la conmutación de circuito o *Circuit Switched* (CS). La funcionalidad de las redes móviles inicialmente era la comunicación por voz, por lo que este tipo de redes basadas en la conmutación de circuitos y la

24

interconexión con la Red Telefónica Pública Conmutada (RTPC) eran las más adecuadas.

En el año 2000, el mercado planteaba nuevos requisitos de transmisión de paquetes y navegación web, lo que propuso una evolución del núcleo y así la Conmutación de Paquetes o *Packet Switched* (PS) surgió como una red paralela a la CS, añadiendo nuevas entidades funcionales que permitieran la gestión de paquetes y la interconexión con redes externas basadas en protocolo de internet o *Internet Protocol* (IP), a esta tecnología se denominó GPRS.

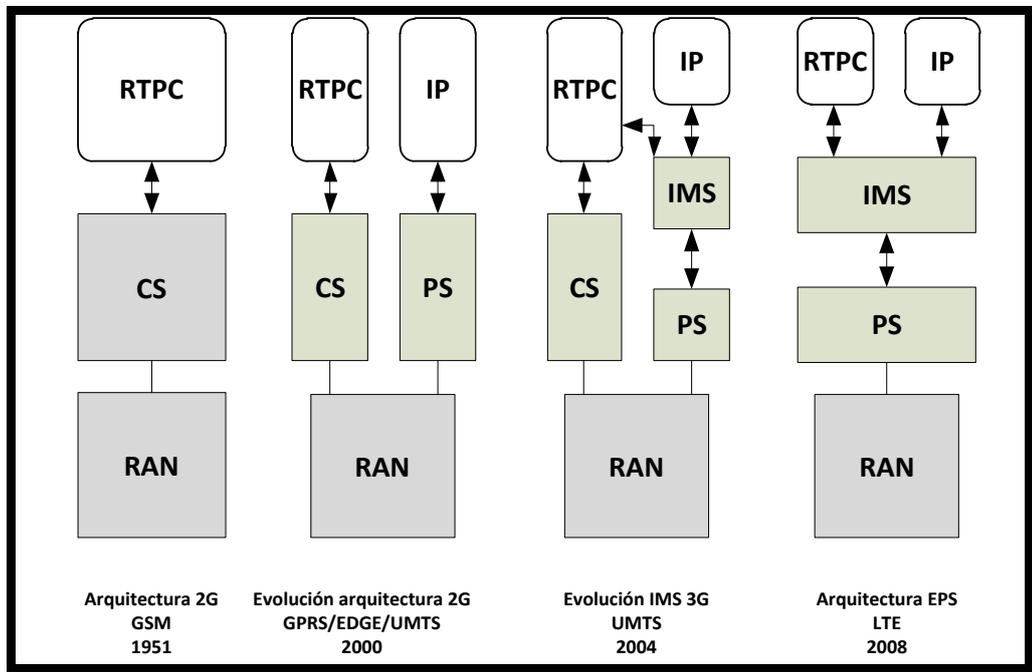


Figura 3.o. Evolución de la arquitectura del núcleo de red del 3GPP.

Fuente: Narcís Cardona, Juan José Olmos, Mario García, José Monserrat, Evolución de la arquitectura del núcleo de red del 3GPP, 2011.

UMTS la siguiente generación, se diseñó para trabajar con el mismo núcleo de red de GPRS, lo que supuso mantener inalterable el mismo. Fue en el 2004 y dentro del *Release 5* cuando se introdujo un gran cambio, surge el subsistema IMS (*IP Multimedia Subsystem*), éste permite el establecimiento, control y tarificación de servicios de extremo a extremo a partir de un identificador único

del usuario, independiente de su localización. Para ello requiere que el servicio sea IP.

LTE supone una revolución completa ya que su principal objetivo es integrar todas las aplicaciones sobre una única arquitectura más simple. Así LTE presenta un núcleo de red simplificado, compuesto por un único dominio, el de paquetes, soporta todos los dominios basados en IMS y las capacidades de interconexión hacia las otras redes públicas.

3.5 Tendencias de tecnología y mercado.

La aparición de terminales tipo *Smartphone* junto con la propagación de dispositivos portátiles con conectividad de datos de Tercera Generación Móvil (3G) continúa disparando la demanda de capacidad de transmisión de datos en movilidad. Según investigaciones y estudios recientes, el progresivo consumo demandado por el usuario no podrá ser cubierto con calidad por las redes actuales ni por las evoluciones de 3G como HSPA+.

Al observar se puede constatar el incremento significativo en el número de abonados de banda ancha móvil y en la demanda de tráfico de servicios de banda ancha repartidos entre tecnologías 3G y *Long Term Evolution*.

Estas tendencias de crecimiento han surgido debido a factores como:

- Incremento de abonados 3G, estimando que para el 2014 la totalidad de usuarios 2G hayan migrado a la Tercera Generación Móvil.
- Penetración de módems y *Smartphone*, con previsiones de que en 2014 una cuarta parte de terminales móviles correspondan a este tipo.
- Difusión de los contratos de tarifa plana y la reducción de precios de datos.

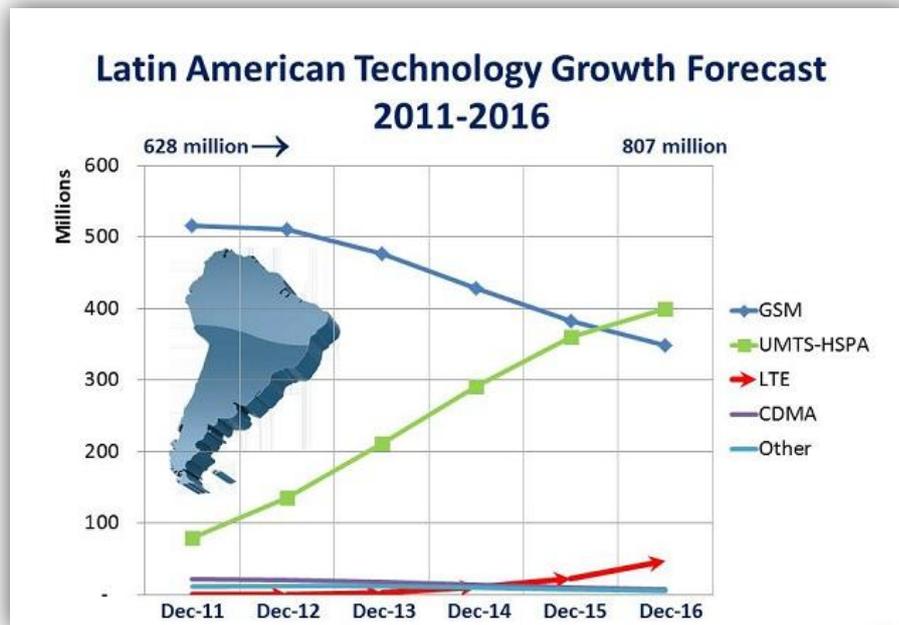


Figura 3.p.Previsión de crecimiento móvil en América Latina.

Fuente: 4G Américas, Mobile Growth Forecast Latin America, 2011.

- Implantación de servicios esperados en el terminal, orientados al uso de altas tasas de transmisión (audio de alta calidad, video, etc.).
- Mejora de la calidad ofrecida en las redes 3G con la generalización de HSPA+.
- Sustitución en los hogares de los teléfonos fijos por móviles.

Con los requerimientos de capacidad en la red de acceso radio y el constante incremento en el número de usuarios no se podrá continuar trabajando con calidad en las redes actuales. La estimación de carga por usuario de servicios de banda ancha nos indica que el consumo típico es de 500 MB (*megabytes*) y 1 GB (*gigabyte*) mensualmente; la calidad de servicio que esperan recibir de la red implica garantizar un *throughput* de 200Kbps con picos por encima de los 2 Mbps. Estas condiciones se pueden ofrecer para un número limitado de usuarios

en celdas de poco tráfico. Es decir que el crecimiento de usuarios HSPA, sin otros cambios en la infraestructura de la red de acceso, trae como consecuencia la pérdida en la calidad que el operador pueda garantizar.

Para poder satisfacer estas demandas se ha planteado como solución el despliegue de la tecnología LTE, en nuevas bandas de frecuencia o en parte de las ocupadas por 2G, demostrando que ella es viable, eficiente y rentable a medio y largo plazo.

Es importante destacar que el incremento del tráfico no es paralelo al incremento de los ingresos. Debido a que la gran difusión del consumo de datos en la telefonía móvil, promueve la constante competencia entre operadores y la exigencia de los usuarios de recibir mayor ancho de banda a menores precios.

“LTE aparece como una oportunidad de cubrir la fuerte demanda de tráfico de datos con inversiones que se pueden rentabilizar a partir de poblaciones de usuarios con menor *Average Revenue Per User (ARPU)* respecto al requerido en las redes 3Go con menor coste por Mbytes que aquellas.”

	WCDMA	HSPA(2 x 5 MHz)	LTE(10 MHz)
<i>Throughput</i> teórico promedio en área abierta.	128 - 384 Kbps	1 Mbps	4Mbps
<i>Throughput</i> teórico máximo.	2 Mbps	14 Mbps	20 Mbps
Tráfico mensual cruzado en el enlace descendente.	2 TBytes	500 TBytes	1.800 TBytes
Coste estimado por Mbyte.	0,08 USD	0,04 USD	0,02 USD

Tabla 3.1. Comparativa de capacidad y coste estimado por megabyte en redes 3G, HSPA y LTE modelados para un despliegue de 10000 estaciones base.

Fuente: Narcís Cardona, Juan José Olmos, Mario García, José Monserrat,
3GPP LTE: Hacia la 4G móvil, abril 2011.

CAPÍTULO IV: CONVERGENCIA A 4G

4. CONVERGENCIA A 4G.

La importancia de la telefonía móvil en la sociedad de hoy es clara. La historia empezó 50 años atrás, con la aparición de los primeros aparatos, y continuó pasando por la Primera y Segunda generación, donde apareció la estrella (GSM), que fue la que consiguió que su uso se generalizara. Hoy la llamada 3G es una realidad gracias al WDCMA/HSPA, que es el estándar más ampliamente extendido en el mundo y, a la vez, se está comenzado a crear el futuro de los sistemas de telefonía móvil de Cuarta Generación, que permitirán al usuario una experiencia que promete ser asombrosa.

Actualmente se menciona que la convergencia es inevitable para ser competitivo, que la 4G es el futuro de la telefonía móvil. La adopción de tecnologías IP en distintos sectores de la economía como las telecomunicaciones, los medios de difusión y los sistemas de información fortalecen la convergencia de estos medios. Se espera que en el futuro, las actuales fronteras entre las distintas infraestructuras de servicios vayan desapareciendo. Como en el caso de las redes de telecomunicaciones, donde la convergencia entre fijos y móviles se empieza a constatar, siendo IMS el catalizador para dicha integración.

4G deberá multiplicar la velocidad de transferencia, tener gran movilidad, dar conectividad a otras redes y tecnologías, y posibilitar servicios avanzados.²⁵ Hay dos conceptos fundamentales en los que se sustenta el éxito de las redes de telefonía de 4G: el modelo de banda ancha móvil y la convergencia de redes. La primera se basa en el éxito de su homóloga en las redes fijas. La convergencia de redes tiene tres directrices: convergencia hacia la tecnología IP, integración de diferentes redes y convergencia de capa de servicios.

²⁵PASTOR BALBÁS José, “Directrices, Modelos de Negocio y Evolución”, bit, 162, Madrid, abril-mayo 2007, p. 42-46.

4.1 Normativa IMT- *Advanced*.

Apenas se terminaron de completar las especificaciones de LTE por parte de la 3GPP, se empezó a trabajar sobre LTE-*Advanced*(LTE-A), estandarizándose en el *Release 10* y *Release 11*; en noviembre de 2010, la UIT ratificó a LTE-*Advanced* como IMT-*Advanced*. LTE-A es una evolución posterior a LTE, una tecnología basada en OFDMA, especificada en el *Release 8* y el *9*, soportada por un ecosistema impresionante de fabricantes y operadores de todo el mundo, y ya ha probado ser la tecnología de próxima generación global.

La globalización y la liberación del mercado han provocado una gran competencia entre fabricantes y operadores, que ha repercutido en la apuesta por nuevas tecnologías. Además los usuarios cada vez son más exigentes y demandan nuevos y mejores servicios, por ejemplo, video en tiempo real, compartir archivos en medios *Peer to Peer* (P2P) o acceso a redes sociales. Todos estos requisitos y nuevos servicios han provocado la asignación de nuevos canales en frecuencia para los sistemas de comunicación móviles.

En octubre del 2005, el grupo de trabajo 8F de la UIT-R empezó la definición de la futura 4G, también conocida como IMT-A, siguiendo los modelos de estandarización. En abril de 2008, el 3GPP formó un grupo llamado LTE-A para trabajar los requisitos y las tecnologías de la evolución de LTE, estableciendo las siguientes condiciones:

- LTE-A sería evolución de LTE. Es decir debe ser compatible con LTE *Release 8*.
- Los requisitos de LTE-A cumplirán e incluso superarán los requisitos IMT-A.

- LTE-A soportaría mayores tasas de datos pico de forma instantánea, con el objetivo de alcanzar los requisitos de la UIT-R, centrándose en los usuarios de baja movilidad.

4.1.1 Características de IMT-Advanced.

Los sistemas IMT- A son sistemas que incluyen nuevas capacidades respecto a las de los sistemas IMT-2000, es decir, los sistemas 3G. Estos sistemas incluyen nuevos servicios tanto en redes fijas como en móviles, migrando de manera creciente hacia un tipo de red todo IP.

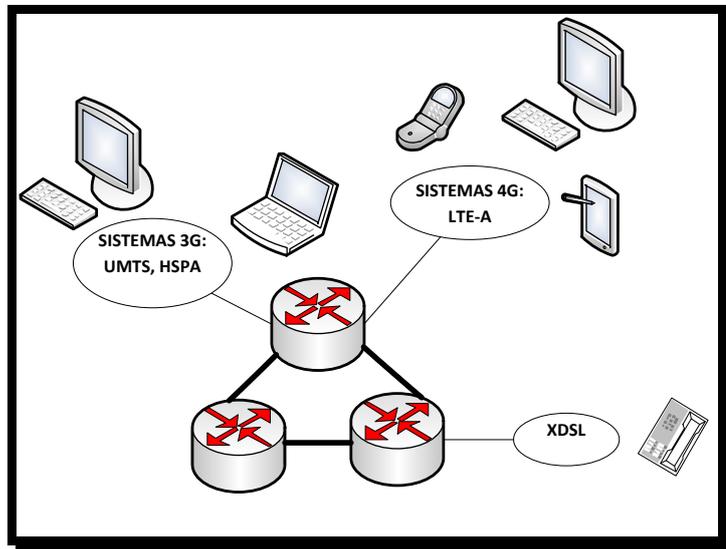


Figura4.a.Futura red IMT.

Fuente:Narcís Cardona, Juan José Olmos, Mario García, José Monserrat, Futura red IMT, abril 2011.

Al igual que los sistemas anteriores se espera que IMT-A se establezca a través de una continua evolución, como tecnología dominante diseñada para soportar nuevas aplicaciones, productos y servicios. Además deben sobrellevar aplicaciones tanto para baja como para alta movilidad, para diferentes tasas de datos; capacidad para proveer servicio a aplicaciones multimedia de alta calidad.Podemos decir que sus características son:

- Facilidad en el uso de las aplicaciones, mientras se mantiene una amplia gama de servicios a un coste razonable.
- Compatibilidad con los estándares IMT y con redes fijas.
- Capacidad de interconexión con otros sistemas de acceso radio.
- Alta calidad en los servicios móviles.
- Capacidad de *roaming* de manera global.
- Tasas de datos de pico de 100 Mbps para usuarios de alta movilidad y 1 Gbps para usuarios de baja movilidad.

4.2 Consideraciones de Espectro.

La atribución de las bandas de frecuencia, se ha dividido en el mundo en tres regiones: la región 1 corresponde a Europa Occidental, Europa del Este, África y Rusia, la región 2 a América y la región 3 a Asia y Oceanía.

El requisito de espectro se centra en la posibilidad de utilizar, por parte de las tecnologías propuestas, al menos una de las bandas identificadas para IMT. En 1992, las Naciones Unidas alcanzaron acuerdos para designar las bandas defrecuencia de IMT, incluidos IMT-2000 e IMT-A. Estas reuniones se las conoce como *World Radiocommunication Conferences* (WRC) y se realizan cada 3 o 4 años.

A continuación en la figura se muestra las bandas de frecuencia para IMT, se distinguen cinco: banda de 450 MHz, banda del dividendo digital alrededor de 700 MHz, banda de servicios inalámbricos avanzados entre 1,7 y 2,1 GHz y la banda C alrededor de 3.5 GHz. Las bandas de frecuencia identificadas aparte de

las ya fijadas en LTE *release* 8 son las siguientes: Banda 450-470 MHz, Banda 698-862 MHz, Banda 790-862 MHz, Banda 2,3-2,4 GHz, Banda 3,4-4,2 GHz, Banda 4,4-4,99 GHz.

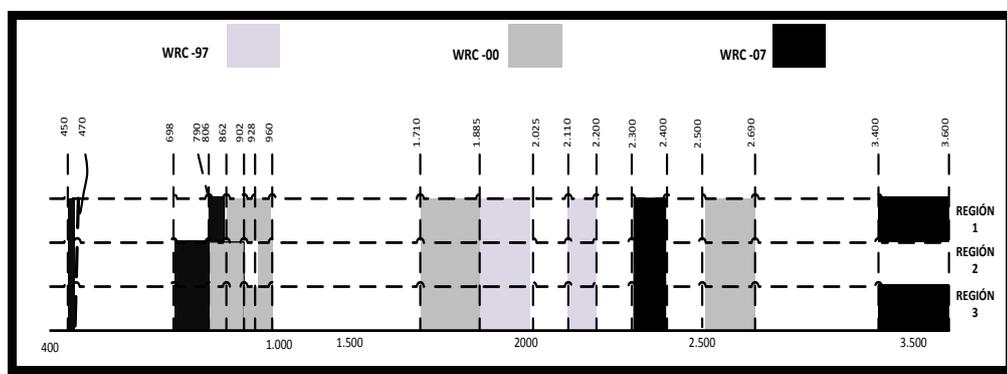


Figura 4.b.Bandas de frecuencia móvil asignadas a IMT-A.

Fuente:Narcís Cardona, Juan José Olmos, Mario García, José Monserrat, Bandas de frecuencia móvil asignadas a IMT-A, abril 2011.

La evolución de la banda ancha móvil en las Américas está en un estado “delicado”. Por un lado, el crecimiento de la cantidad de suscriptores ha sido fenomenal, según la UIT. Por otro lado, la industria carece de suficiente oferta incremental de una de sus materias primas esenciales es decir el espectro. Por ello las atribuciones de espectro incremental para banda ancha móvil son vitales.

4.3 Elementos representativos de una red 4G.

Las principales características de las propuestas de redes móviles 4G es la utilización de tecnologías IP en el núcleo y en las redes de acceso, la universalidad y servicios. Para ello nuevos conceptos deben ser implementados como QoS(Calidad de servicio), AAA (Autorización, Autenticación, Accountingo Contabilización) y el acceso heterogéneo a través de cualquier medio, ya sea fijo o móvil, con unúnico terminal ofrecerá una mayor conectividad al usuario.

- **QoS:** La tecnología IP tal como fue concebida, no ofrece ningún tipo de garantías de Calidad de Servicio. Sin embargo, existen servicios, como

el telefónico, que posee requisitos de retardo, haciendo necesario añadir funcionalidad a IP para que las redes basadas en este protocolo sean capaces de soportar este tipo de servicios.

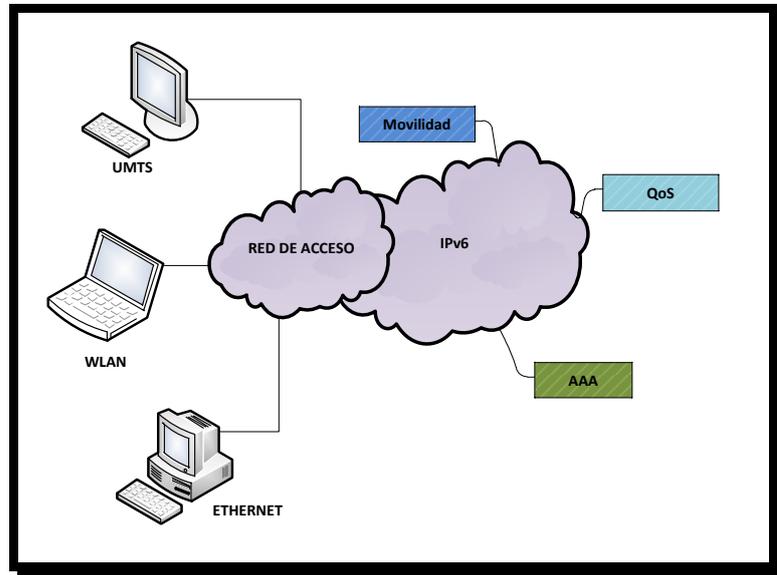


Figura 4.c.Elementos representativos de una red 4G.

Fuente:Antonio Cuevas, Carlos García, José Ignacio Moreno, Ignacio Soto, Los pilares de las redes 4G:QoS, AAA y Movilidad, 2002.

- **AAA:** Los sistemas AAA son encargados de comprobar la identidad de los usuarios, de controlar los servicios que usan y de tarificarles por ello. Estos sistemas utilizan las redes IP para transportar la información de señalización necesaria.
- **Movilidad:** Las redes de 4G deberán soportar mecanismos eficientes que permitan la movilidad de usuarios, que utilizando el mismo o distinto terminal, se conecten a la red mediante distintas redes de acceso (WCDMA, WLAN, Ethernet, etc.) operadas por distintas entidades. La base del soporte de movilidad en redes IP son los protocolos *Mobile IP*. Esta movilidad requiere interaccionar con los procesos de soporte de QoS en el caso de traspasos entre áreas con distintos recursos de

reddisponibles y con los mecanismos de AAA para el caso de traspasos entre redespertenecientes a distintos dominios administrativos.

4.4 Mercado y Servicios.

La situación actual en la que se encuentra la telefonía móvil nos ofrece un conjunto de servicios que permitencubrir necesidades de ocio, trabajo, conciliación de vida laboral y personal, comunicación, etc. Estos servicios varían según el lugar en el mundo donde se encuentre el abonado. Las tendencias, tanto sociales como tecnológicas, prometen un futuro esperanzador a la 4G.

Entre las tendencias sociales hay que considerar: los aspectos demográficos en constante cambio; las tendencias laborales referidas al aumento de población activa, la mujer en la vida laboral; las tendencias culturales y educativas con acceso a todo tipo de información a través del internet.

Mientras que entre las tendencias tecnológicas podemos mencionar: el desarrollo de la tecnología que permite procesadores más potentes y pequeños; la expansión de las redes de telefonía móvil; la evolución de la tecnología de radio que permite aumentar la velocidad en la transmisión de datos.

A nivel mundial la telefonía móvil tiene una gran penetración, alcanza los 6 billones de usuarios en 2011, mostrándonos que GSM es la tecnología móvil por excelencia con 4,5 billones de usuarios, es decir representando el 75% de abonados a esta tecnología.

Se espera que la tecnología 4G pueda surgir rápidamente en aquellos países donde la 3G se ha acomodado, esto como consecuencia de las necesidades de ancho de banda y de conectividad global.

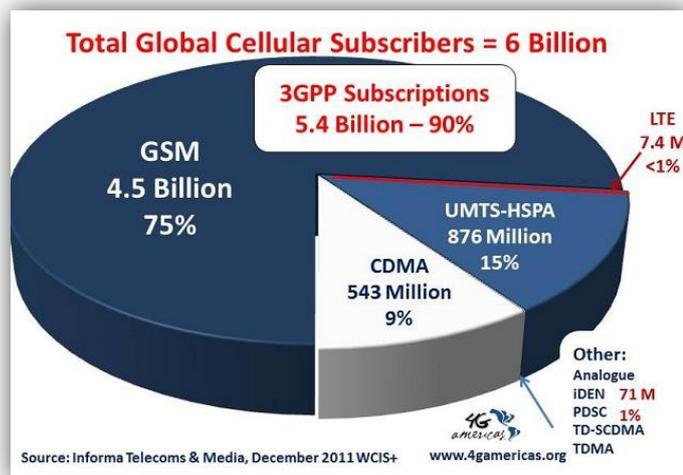


Figura 4.d.Suscriptores Celulares Globales.

Fuente: 4G Américas, Total Global Cellular Subscribers, 2011.

Los servicios que se pueden prestar a través de la telefonía móvil son muchos y variados, algunos se los está viendo nacer actualmente y otros surgirán y/o mejorarán enormemente su calidad a través de la 4G así se puede mencionar algunos:

- **Servicios de movilidad:**A cualquier sitio en cualquier momento. Se moviliza el acceso a recursos corporativos como: *email*, contactos, agenda, etc. Acceso seguro a recursos de intranet.
- **Navegación Web:** Se mejora, con el aumento de velocidad en la transmisión de datos y en las capacidades de los teléfonos móviles para navegar al igual que actualmente con terminales más pesados. Ejemplo de ello,es la acogida a tecnología de certificados electrónicosde usuario en los teléfonos móviles(certificados electrónicosalmacenados en SIM, lectores de tarjetascriptográficas que permitan utilizar elDocumento Nacional de Identidad o DNI electrónico, etc.); así, se podrárealizar autenticación fuerte e inclusofirma electrónica reconocida a travésde los teléfonos móviles para gestionar trámites administrativos.

- **Servicios de correo electrónico:** ofrece la posibilidad de información comercial basada en posicionamiento actual del usuario e intereses personales, colocando sensores en una multitud de sitios. El suscriptor, al especificar palabras clave acordes a sus intereses; y en función de su posición, recibirá, por ejemplo, alarmas en su móvil indicándole que cerca de donde está se encuentra una tienda de fotos, si esto corresponde a su especificación. El móvil también será utilizado como medio de pago. Para poder realizar un pago en comercio electrónico se necesita cubrir dos aspectos: la autenticación fidedigna del usuario (a través de un *token bluetooth* o información suministrada del abonado móvil por llamada de voz o certificados electrónicos), y el pago propiamente dicho (a través del operador de telefonía móvil pasando el gasto a la factura del móvil).
- **Ocio en el móvil:** Las capacidades de los teléfonos móviles permitirán utilizar estos dispositivos para disfrutar de aficiones y tiempo libre. Los juegos de Internet pasarán a juegos en el móvil, interactivos, con participantes simultáneos cada uno desde su móvil. El servicio de televisión en el móvil mejorará frente a 3G. La televisión será vista a la carta, y con la antelación que el usuario quiera.
- **Voz sobre IP:** Es el que mejores prestaciones requiere de la red de telefonía móvil: principalmente poca latencia, tiempo real, comunicación síncrona y máxima eficiencia espectral. Aunque es posible con 3G (calidad baja), con 4G se mejorará sobre todo la estrategia de tasación, beneficiando a operadores y usuarios.

4.5 Banda Ancha Móvil (BAM).

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD), formula que los beneficios de la banda ancha para el desarrollo

social y económico son “bien reconocidos”.²⁶ Hace referencia a los descubrimientos del Banco Mundial de que en los países de ingresos bajos y medios, cada aumento de diez puntos porcentuales en la penetración de la banda ancha corresponde a un incremento del crecimiento económico de 1.38 puntos porcentuales; el doble que en los países de ingresos altos.

La mayoría de los países de América Latina y el Caribe enfrentan la necesidad urgente de reducir la brecha digital mediante el incremento de la penetración de la banda ancha. Siendo la banda ancha móvil el habilitador óptimo e incluso el único de la conectividad por Internet para los residentes de la región.

La banda ancha móvil ya está realizando un aporte significativo a los PBI (Producto Interno Bruto) de los países emergentes. En América Latina, las cifras comparativas son de 50 a 70 mil millones de dólares y 1.1 a 17 millones de empleos adicionales.²⁷

El mercado para la banda ancha móvil en las Américas se encuentra en auge rápido. Según datos de Informa, UMTS-HSPA es la tecnología móvil de mayor crecimiento en las Américas con 74.1 millones de suscriptores al finalizar el 2011. Los operadores continúan desplegando HSPA considerada como la tecnología más popular del mundo, con 77 redes comerciales en servicio, en 29 países a lo largo y ancho de la región²⁸.

²⁶4G Américas, *Sosteniendo el milagro móvil: Una guía de 4G Américas para asegurar espectro para banda ancha móvil en esta década*, marzo de 2011, p. 52.

²⁷CRANDALL Robert, SINGER Hal, *The Economic Impact of Broadband Investment*, Navigant Economics, 23 de febrero de 2010, p. 58.

²⁸4G Américas, 3GPP Mobile Broadband Technologies Lead the Way in the Americas, 14 de marzo 2011, <http://www.4gamericas.org/index.cfm?fuseaction=pressreleasedisplay&pressreleaseid=3076>.

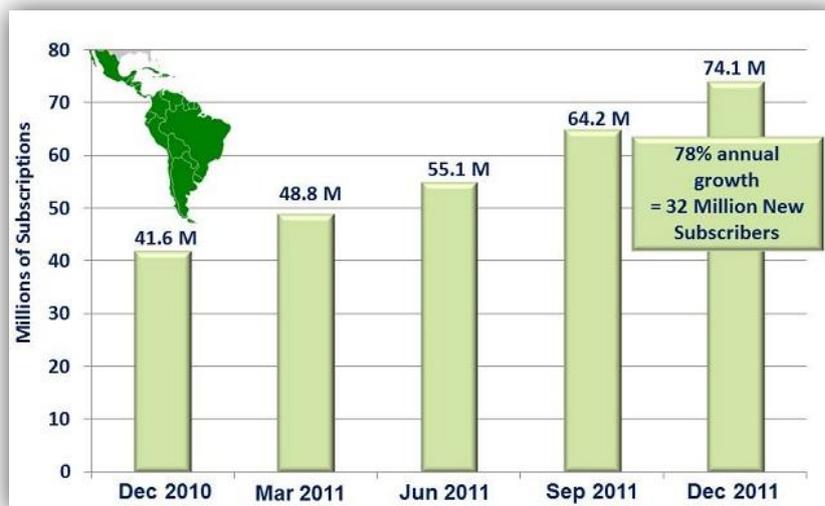


Figura 4.e. Crecimiento en América Latina UMTS-HSPA.

Fuente: 4G Américas, UMTS-HSPA Growth in Latin America, 2011.

Al mirar hacia el futuro, IDATE (*DigiWorld Institute*) estima que el tráfico móvil total superará los 127 exabytes²⁹ (EB) a escala global en 2020, incrementándose en un factor de 33 por sobre los niveles de 2010.

Tráfico Móvil	2010 (EB)	2015 (EB)	2020 (EB)
Europa	1.03	10.88	28.15
Américas	0.78	9.84	27.33
Asia	1.65	16.31	43.85
Resto del Mundo	0.41	8.22	28.48
Mundo	3.86	45.25	127.82

Tabla 4.1. Tráfico móvil total (EB por año a nivel Mundial)

Fuente: IDATE, Tráfico móvil total, 2011.

A través de otras fuentes también se ha dado a conocer las diferentes estimaciones de tráfico, unas acordes a la anterior y otras superiores. Detrás de

²⁹Wikipedia, Exabyte, 3 de abril de 2012, <http://es.wikipedia.org/wiki/Exabyte>.

estas tendencias existen factores que motivan a una gran cantidad de usuarios a intensificar y diversificar el uso de la banda ancha móvil.

El incremento en términos de cantidad como así también de capacidad de las redes de banda ancha móvil de los últimos años es un factor de su rol como motor. Otro factor son los potentes dispositivos nuevos y la mayor riqueza de contenidos y aplicaciones. Por último, frente a dispositivos conectados que presentan una penetración cada vez mayor en la base de suscriptores, la cantidad de dispositivos por cabeza también se sumará al tráfico total de la red.

4.5.1 Dispositivos Implicados en la Migración.

Consideraciones como la de los dispositivos, la movilidad, las aplicaciones sofisticadas, no son simplemente elementos individuales, sino que funcionan en sinergia de tal manera que multiplica el impacto de las redes de banda ancha móvil.

Los dispositivos de alta gama continúan teniendo impactos singulares y multiplicadores, así se puede mencionar como referente el pronóstico de tráfico de datos móviles mundiales (2010-2015) de Cisco, realizado en febrero de 2011, documenta que respecto de los teléfonos no inteligentes, los factores multiplicadores del uso de dispositivos de alta gama en 2010 son: teléfonos inteligentes (24x); consolas de juegos de mano (60x); tabletas (122x); proyector de teléfono móvil(300x); y laptops (515x).³⁰ Según Cisco, se indica que estos efectos multiplicadores continuarán durante el 2015 para todas las categorías de dispositivos, el mismo que se ilustra en el siguiente cuadro que indica el tráfico promedio por dispositivo (MB/mes).

³⁰ Cisco, *Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2010-2015*, 1 de febrero de 2011, p. 27.

Tipo de dispositivo	2009 (MB/mes)	2010 (MB/mes)	2015 (MB/mes)
Teléfono no inteligente	1.5	3.3	54
E-book	5	11	245
Teléfono inteligente (Smartphone)	35	79	1,272
Consola de Juegos portátil	No disponible	250	879
Tableta	28	405	2,311
Laptop y notebook	1,145	1,708	6,522
Módulo M2M (Máquina a Máquina)	3	35	166

Tabla 4.2. Tráfico promedio por dispositivo (MB/mes)

Fuente: Cisco VNI Mobile, Tráfico promedio por dispositivo, 2011.

Las dos categorías de aplicaciones móviles más importantes de América del Norte y América Latina durante períodos pico son: entretenimiento en tiempo real y navegación web. Todos los estudios realizados nos presentan un escenario final que exhibe la ascendencia de internet. Incluso para el 2015, según Morgan Stanley de Ericsson, el crecimiento del uso de los datos móviles alcanzarán niveles tan elevados que igualará los niveles de uso característicos de las PC.

4.6 Comparativas de Migración.

Generación	Requerimientos	Comentarios
1G	Tecnología Analógica. No hay requerimientos oficiales.	Desplegado en los años 1980.
2G	Tecnología Digital. No hay requerimientos oficiales.	Desplegado en los 1990. Primeros sistemas digitales. Nuevos servicios como SMS y datos a baja velocidad.

		Principales tecnologías de interfaz de aire: TDMA, CDMA y GSM.
3G	UIT acuerda que IMT-2000 requiere 144 kbpsen movilidad, 384 kbps caminandoy 2 Mbps en interiores.	Principales tecnologías: CDMA2000 1X/EVDO y UMTS-HSPA, WiMAX aprobado como tecnología 3G.
4G (Designación técnica inicial)	UIT acuerda que los requerimientos para IMT- <i>Advanced</i> incluyen posibilidad de operar en canales de radio de hasta 40 MHz y con una muy alta eficiencia espectral	La tecnología desplegada comercialmente hoy no cumple con los requerimientos de la UIT para IMT- <i>Advanced</i> . IEEE 802.16m y LTE <i>Advanced</i> están siendo diseñados para cumplir con los requerimientos.
4G (Designación de Mercadeo Actual)	Son sistemas que exceden significativamente las capacidades iniciales de redes 3G. No hay requerimientos cuantitativos.	HSPA+, LTE, y WiMAX satisfacen esterequerimiento.

Tabla 4.3. Comparativa entre generaciones móviles.

Fuente:4G Américas, Desde 1G hasta 4G, 2011.

Migración desde GPRS a UMTS		
Elementos reusados de la red GPRS	Elementos no Reusados de GSM	Elementos de Red introducidos por UMTS
<ul style="list-style-type: none"> • Home Location Register (HLR). 	<ul style="list-style-type: none"> • Base Station Controller (BSC) 	<ul style="list-style-type: none"> • Node B (Base Transceiver Station).

<ul style="list-style-type: none"> • Visitor Location Register (VLR). • Equipment Identity Register (EIR). • Mobile Switching Center (MSC). • Authentication Center (AUC). • Serving GPRS Support Node (SGSN). • Gateway GPRS Support Node (GGSN). 	<ul style="list-style-type: none"> • Base Transceiver Station (BTS). 	<ul style="list-style-type: none"> • Radio Network Controller (RNC). • Media Gateway (MGW).
--	---	---

Tabla 4.4. Migración GPRS a UMTS

Fuente: La autora.

Características de las Versiones 3GPP			
<i>Release99</i>	<i>Release4</i>	<i>Release5</i>	<i>Release6</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Servicios portado-res. • Conmutación por circuitos 64Kbps. • Conmutación por paquetes 384Kbps. • Servicios basados en localización. • Servicio de 	<ul style="list-style-type: none"> • Radio EDGE • Mensajes multimedia. • MExE (<i>Mobile Execution Enviroment</i>) • IMS (IP <i>Multimedia Service</i>) 	<ul style="list-style-type: none"> • IMS • IPv6, transporte IP en UTRAN. • Mejoras en MExE, GERAN • HSDPA 	<ul style="list-style-type: none"> • Integración con WLAN • Servicios multimedia <i>broadcast</i> y <i>multicast</i> • Mejoras en IMS. • HSUPA • Fraccional DPCH

llamadas: compatible con GSM, basado en USIM. • Introducción de WCDMA		
<i>Release7</i>	<i>Release8</i>	<i>Release9/ Release10</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Técnicas 64 QAM • MIMO múltiples antenas en los receptores. • VoIP sobre HSPA. • CPC (<i>Continuous packet connectivity</i>) • Fusión del Nodo B y RNC en la RAN. 	<ul style="list-style-type: none"> • DC-HSPA • HSUPA 16 QAM. • Introducción de EPS. • OFDMA como interfaz de aire • Prioridad de servicio en multimedia • Beamforming: antenas inteligentes 	<ul style="list-style-type: none"> • Despliegue de la <i>Advanced E-UTRA</i> y nuevas bandas de frecuencia. • Compatible con las versiones anteriores. • Desarrollo de servicios de femtoceldas como, por ejemplo, servicios de acceso a la seguridad de una vivienda de forma remota. • Deben coexistir la <i>Advanced E-UTRA</i> y la <i>E-UTRA Release 8</i>, en la misma banda del espectro. • CoMP (<i>Coordinated Multipoint transmission/reception</i>) se propone para reducir la interferencia entre celdas.

Tabla 4.5. Características de las versiones 3GPP.

Fuente: La autora.

Comparación de los Métodos de Acceso a Internet Móvil						
Estándar	Familia	Uso Primario	Técnica de radio	DL (Mbits/s)	UL (Mbits/s)	Notas
EDGE <i>Evolution</i>	GSM	Internet móvil	TDMA/ TDD	1,6	0,5	<i>Release 7</i> del 3GPP

UMTS W- CDMA HSDPA+HS UPA HSPA+	UMTS/ 3GSM	General 3G	CDMA/TDD CDMA/ TDD/MIMO	0,384 14,4 56	0,384 5,76 22	HSDPA ampliamente desplegado. Velocidades típicas en el enlace descendente de 2Mbps/s,- 200 kbits/s en el ascendente. HSPA+ con un enlace descendente de hasta 56 Mbps/s.
UMTS- TDD	UMTS/ 3GSM	Internet móvil	CDMA/TDD	16		Reporta velocidades de acuerdo a IPWireless ³¹ usando una modulación 16 QAM similar a HSDPA+HSUP A.
LTE	UMTS/ 4GSM	General 4G	OFDMA/ MIMO/ SC-FDMA	100(en 20 MHz de ancho de banda)	50(en 20 MHz de ancho de banda)	LTE- <i>Advanced</i> ofre cerá velocidades máximas de 1Gbps y velocidades fijas de 100 Mbps.

Tabla 4.6. Comparación de los métodos de Acceso a Internet Móvil.

Fuente: La autora.

³¹ IPWireless, IPWireless Announces Solution for 700MHz Public Safety Band, 2010, <http://www.ipwireless.com/news/2008/10/ipwireless-announces-solution-700mhz-public-safety-band>.

DIFERENCIAS DE TOPOLOGÍA ENTRE UMTS Y LTE	
En UMTS	En LTE
La arquitectura de acceso radio o UTRAN básicamente está compuesta por las Estaciones Base o nodos B, conectadas mediante el interface Iub al RNC. 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.	Se propone la introducción de EUTRAN, 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. Dichos eNBs 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 los traspasos intercelulares o Inter-handover.
El Núcleo de Red dispone de los dominios de Conmutación de Circuitos y de Conmutación de Paquetes.	La convergencia de los servicios de voz y datos proporciona el transporte de todo tipo de tráfico mediante una arquitectura basada en IP e incorpora el concepto de “red plana”.

Tabla 4.7. Diferencias de Topología entre UMTS y LTE.

Fuente: La autora.

Partiendo de ello a continuación se observa la Arquitectura de UMTS y LTE propuesta para alcanzar en el proceso migratorio; las mismas que deben coexistir en la Cuarta Generación móvil:

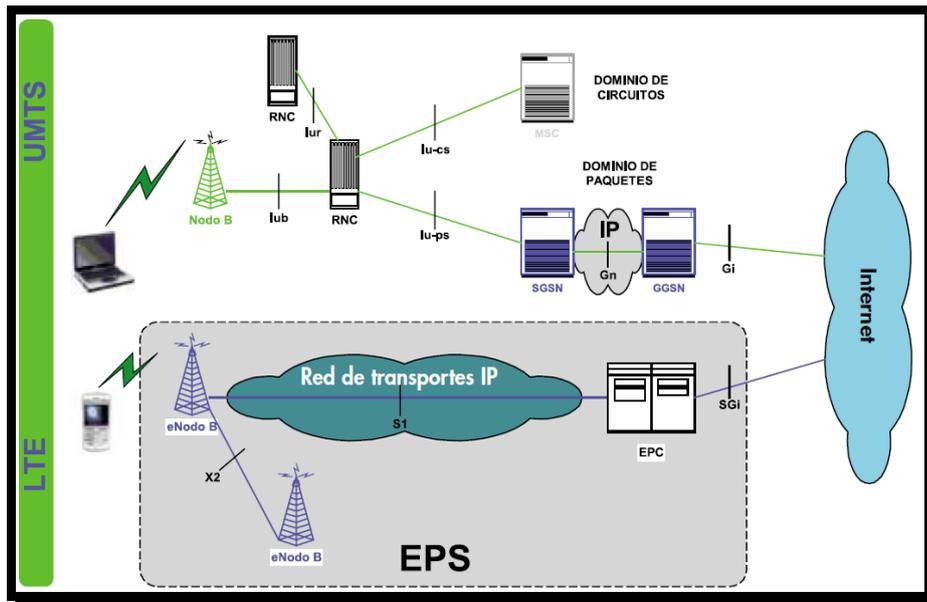


Figura4.f. Arquitectura UMTS y LTE.

Fuente: Miñarro López Alfonso, Diferencias entre la arquitectura de LTE y UMTS Release 99, 2009.

4.7 Propuesta de Migración hacia LTE

Alegro es el nombre comercial de Telecomunicaciones Móviles del Ecuador, TELECSA, concesionaria del Estado Ecuatoriano para la prestación del Servicio de Telefonía Móvil Avanzado. Esta operadora brinda los servicios de telefonía con dos tipos de tecnología, CDMA en la banda de 1900 MHz y GSM. Sin embargo, en el medio la penetración de la primera tecnología no ha sido la suficiente. Por ello una migración a la familia GSM/UMTS/HSPA/LTE se ve como la opción más adecuada para competir en el mercado.

Se presentan varios escenarios para que TELECSA inicie su camino migratorio directo hacia la 4G. Uno de ellos es ser un MVNO (*Mobile Virtual Network Operator*), es decir, no necesita de infraestructura de red propia de radio; para dar servicio debe recurrir a la cobertura de red de otra empresa con la que debe suscribir un acuerdo. La dificultad de esto es la dependencia con la otra operadora que implemente la tecnología, que provea adecuado soporte, tarifas razonables, etc. Sin embargo, el ahorro en CAPEX (*CAPital EXpenditures* o

gastos de capital) al no invertir en infraestructura de red es significativo y representa una clara ventaja competitiva.

Otra opción es implementar una red GSM para competir y luego iniciar su camino migratorio hacia la Cuarta Generación. Para ello se debe tomar en cuenta que el costo de proveer cobertura GSM es muy alto ya que se invertiría en dos redes de acceso una GERAN y otra UTRAN.

Un escenario adicional sería implementar solo la red 3G sin la cobertura para GSM, la inversión es mayor que con la MVNO pero menor que el segundo escenario. La ventaja es la independencia que se logra de la otra operadora y la justificación razonable de los costos de inversión.

Partiendo de lo anterior, a partir del primer trimestre del 2008, Alegro ha implementado servicios de GSM a través del modelo MVNO, utilizando la red de MOVISTAR. También se ha propuesto implementar una red 3G propia con capacidad de datos UMTS/HSDPA. Esta solución combinada le permite captar clientes GSM mientras madura el mercado de 3G.

La red CDMA2000 continuará funcionando, especialmente para proveer servicios de banda ancha a través de EV-DO. Pero para poder competir Alegro está desplegando la red 3G basada en UMTS, desde la misma iniciará la propuesta migratoria hacia la nueva generación, la 4G.

La red UMTS de la cual se parte esta formada por infraestructura, equipos de medida, terminales suministrados por Huawei. Esta solución UMTS de HUAWEI está orientada especialmente para redes inalámbricas. Permite ofrecer no solo servicios inalámbricos de alta calidad, sino también servicios adicionales de valor agregado, al comprimir series NodeB basados en HSDPA, redes centrales compatibles para GSM, GPRS, R99 y R4, redes inteligentes abiertas y plataformas de datos móviles, soluciones de transportación y señalización hechas para redes móviles y sistemas de soporte administrativos y de operación para

redes uniformes. Basado en un chip de Circuito Integrado para Aplicaciones Específicas o *ASIC* por sus siglas en inglés, de diseño propio. HUAWEI ofrece una solución HSDPA de operación integral, con un índice de datos que puede alcanzar los 14.4 Mbps en descarga.



Figura 4.g. Nodo B Huawei.

Fuente: Huawei, Nodo B de última generación, 2008.

4.7.1 Nodo B de nueva generación.

El Nodo B resulta crucial en el despliegue de redes UTRAN. Se extiende de modo generalizado en diversos escenarios de red. El coste de los Nodos B constituye una parte importante de la inversión total de la red, que afecta directamente a la calidad de la red y al coste operativo. Por lo tanto, la selección de Nodos B de alto rendimiento, la reducción de los gastos de capital, los gastos operativos, la calidad y fiabilidad de la red se han convertido en las principales preocupaciones de los operadores.

4.7.1.1 Ventajas del Nodo B.

- **Tecnología de amplificador de potencia alta eficiencia:** Con el rápido crecimiento de la tecnología de amplificador de potencia digital de alta eficiencia, se ha empezado a sustituir la tecnología existente

deamplificador de potencia analógico. Gracias a su amplia experiencia en latecnología de radio, Huawei puede integrar el transceptor de banda ancha y elamplificador de potencia digital en un solo módulo, adoptando tecnologías deradiofrecuencia avanzadas comoDPD (*Dead Peer Detection*), lo que aumenta notablemente la eficacia del amplificador depotencia.

El módulo de radiofrecuencia del Nodo B de nueva generación ofrece un bajo consumo de energía, con técnicas de producción optimizadas y una alta eficacia del amplificador de potencia. Además, reduce las necesidades de disipación del calor de la fuente de alimentación y de los equipos, con lo que se mejora la estabilidad de los equipos y se reducen los costes operativos.

- **El transceptor multiportador permite ampliar la capacidad sin problemas:** El crecimiento de los servicios 3G comporta unas mayores necesidades decapacidad de la red. El Nodo B de nueva generación de Huawei adoptatecnología multiportador que permite una ampliación sin problemas de unportador único a un portador múltiple. Para ampliar la capacidad, sólo esnecesario configurar el software; no es necesario añadir ni modificarconexiones de hardware. Esto ahorra una gran cantidad de personal y tiempo ypermite a los operadores adaptarse más rápidamente a la ampliación de lacapacidad de la red.

- **El HSDPA de rendimiento completo garantiza un caudal de datos superior:** El Nodo B de nueva generación de Huawei utiliza el ASIC de diseñopropio y puede admitir el HSDPA de alto rendimiento, con una velocidadmáxima de 14,4 Mbps. La adopción del HSDPA de rendimientocompleto tiene dos ventajas para los operadores: En primer lugar, facilita unaevolución fluida y admite varios terminales. En segundo lugar, la aplicación agran escala de terminales HSDPA, que utilizan el transceptor de altorendimiento, ayuda a aumentar el caudal de datos de enlace descendente y asatisfacer la necesidad de servicios de datos de alta velocidad.

- **La arquitectura abierta permite un despliegue flexible de la red:** Al adoptar el diseño modular, el Nodo B de nueva generación de Huawei admite una arquitectura abierta. El Nodo B distribuido es de una de las formastípicas. La solución de Nodo B distribuido permite un despliegue de red deradio rápido y rentable cuando no hay ninguna sala de equipos adecuadadisponible. El Nodo B distribuido utiliza la tecnología de módulo deradiofrecuencia remoto, que se caracteriza por su tamaño reducido, grancapacidad, fácil instalación y magnífica capacidad de adaptación al entorno.

4.7.1.2 Aplicación Nodo B.

Los productos de Nodo B de nueva generación de Huawei incluyen diversosNodos B como, por ejemplo el macro Nodo B interior y exterior, el Nodo Bdistribuido, y el Pico Nodo B. Huawei proporciona soluciones de Nodo Bhechas a medida para el despliegue de redes en ciudades, áreas suburbanas,puntos de acceso público a Internet (*hotspots*) y puntos ciegos (blind spots),que satisfacen totalmente las necesidades de despliegue de la red en distintassituaciones.

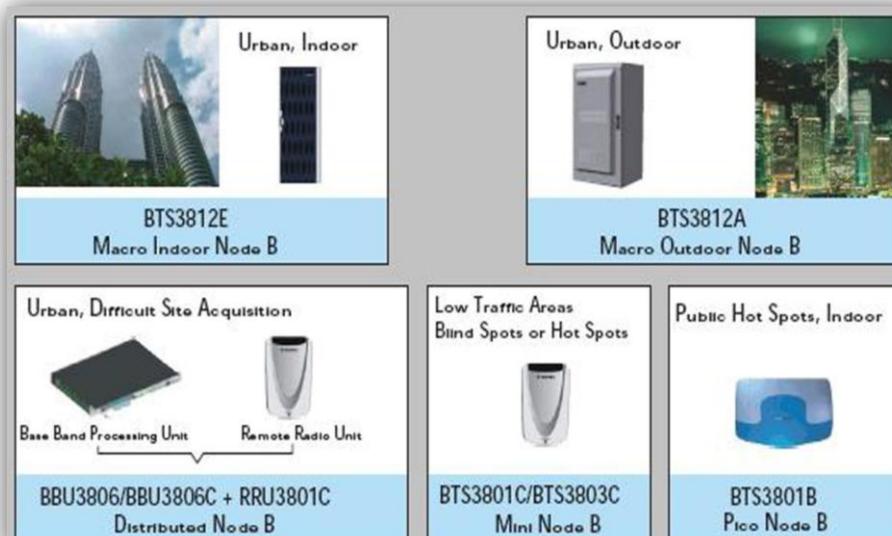


Figura4.h. Familia de Nueva Generación de Nodos B.

Fuente: Huawei, *New Generación Node B*, 2010.

4.7.2 Solución HSDPA.

Con HSDPA, los suscriptores pueden disfrutar de servicios de comunicaciones ricos y diversos como, por ejemplo, la descarga alta velocidad, TV móvil, TV música, correo electrónico y juegos en cualquier momento y en cualquier lugar. HSDPA de rendimiento completo Huawei es el primer proveedor que ha proporcionado el sistema comercial.

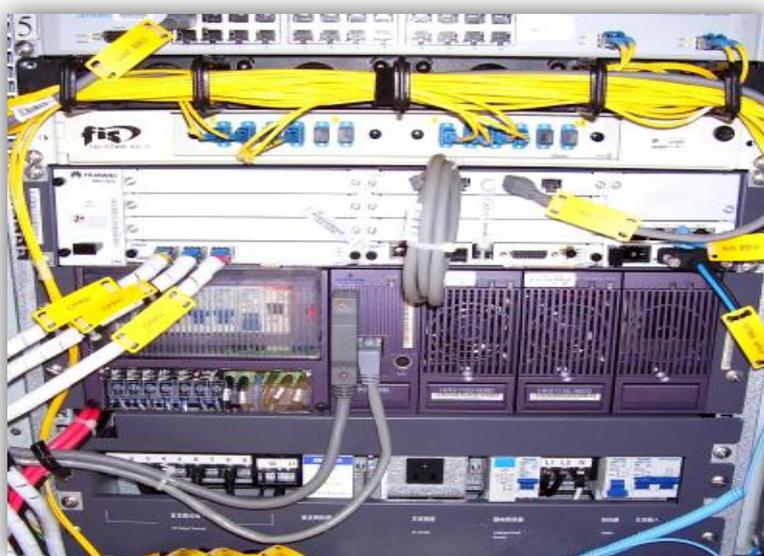


Figura 4.i. Solución HSDPA Huawei.

Fuente: Huawei, Solución HSDPA, 2008.

- **HSDPA de rendimiento completo:** La solución HSDPA de Huawei, basada en tecnologías ASIC de diseño propio, consigue un rendimiento de red de radio excepcional, que admite el código/CELDA 15 HS-DSCH, con una velocidad máxima de 14,4 Mbps. Admite los 12 tipos de terminales HSDPA, con lo que la inversión del operador queda protegida.
- **Red de núcleo móvil avanzada:** La adopción de HSDPA garantizará que la red de núcleo pueda asumir el intenso tráfico de los servicios multimedia.

La red de núcleo de Huawei puede satisfacer las necesidades de servicio de HSDPA.

- **Terminal comercial HSDPA completamente desarrollado:** La madurez de los terminales HSDPA es un requisito previo clave para las aplicaciones comerciales a gran escala de las redes 3G. Huawei proporciona tipos de tarjetas de datos HSDPA: las tarjetas de 1,8 Mbps y de 3,6 Mbps. Mediante la inserción de la tarjeta de datos en la ranura PCMCIA del ordenador portátil, el suscriptor puede disfrutar de diversos servicios 3G como, por ejemplo, la transmisión de datos inalámbrica a alta velocidad, la recepción y envío de correo electrónico y la navegación por Internet.

4.7.3 Solución HSPA, HSPA+ y LTE.

Huawei ayuda a los operadores a construir redes móviles de banda ancha eficientes y rentables. Para ello introduce una nueva solución en la industria a través de los productos *SingleRAN* que permiten a los operadores UMTS, aprovechar de mejor manera las tecnologías 3G y prepararse para la era de la banda ancha móvil de futura generación.



Figura 4.j. Huawei *SingleRAN*.

Fuente: Huawei, Huawei's 4th Generation BTS, 2009.

En los próximos 10 años, el tráfico de Banda Ancha Móvil (BAM) se espera que aumente 500 veces, lo que exige una solución rentable que pueda soportar el

auge de HSPA y HSPA+, aprovechar las oportunidades principales que se encuentran en M2M y computación en la nube.

SingleRAN es tecnología UMTS, que permitirá a los operadores globales implementar redes UMTS, HSPA, HSPA+ y LTE. Huawei ha presentado su red heterogénea, la misma que consiste en una serie de estaciones base, incluyendo las unidades macro, micro, pico, y Femto. Despliega una red precisa basada en la distribución real del tráfico, para realizar una cobertura perfecta dentro del espacio marcado. Estas soluciones innovadoras de banda ancha móvil no sólo permiten adaptarse a un rápido aumento de la capacidad y la mejora de la experiencia del usuario, sino que también mejoran aún más el éxito del operador en la era de la banda ancha móvil.

Los operadores se enfrentan a cambios inevitables, en los que tienen que anticipar y responder a la creciente demanda de BAM, sabiendo que LTE se está convirtiendo rápidamente en lo esperado; mientras que GSM y UMTS continúan satisfaciendo las necesidades de la inmensa mayoría de los suscriptores de telefonía móvil del mundo. Para apoyar a los tres modos coexistentes, GSM, UMTS, LTE y, los modelos tradicionales exigen tres grupos de tres equipos y redes, poniendo mayor presión sobre los operadores en cuanto al despliegue, operación y mantenimiento; todo esto se soluciona con *SingleRAN*.

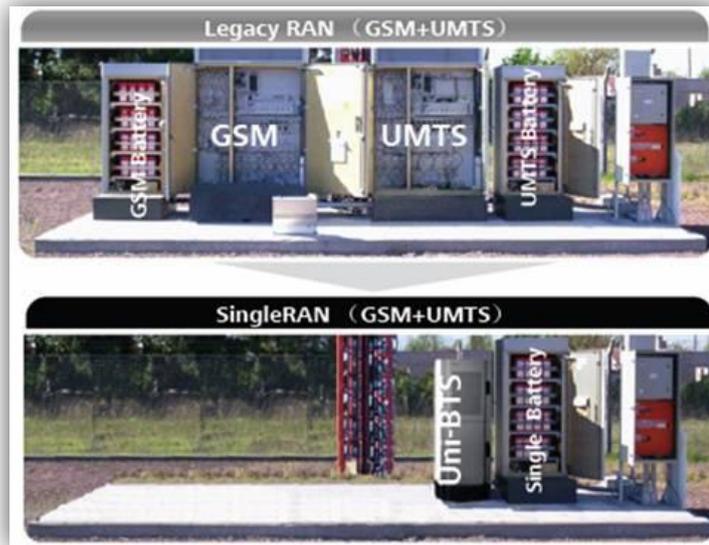


Figura 4.k.Solución Huawei *SingleRan*.

Fuente:ADNAN QUADRI, Huawei's SingleRan Solution, 2011.

Con *SingleRAN* una misma estación base puede operar con distintas tecnologías: 2G, 3G, y con el futuro LTE. Single RAN permite a las operadoras móviles cambiar automáticamente en una misma estación base de tecnología 2G a 3G o incluso utilizar ambas de forma simultánea logrando ahorros significativos. Este proyecto facilita además la evolución hacia redes de banda ancha móvil de cuarta generación (LTE), pues posibilita una migración sencilla y de bajo coste. Al mismo tiempo *SingleRAN* facilita una simplificación de la red a gran escala y por defecto permite una modernización eficaz de la red de acceso más antigua (2G).



Figura4.1. Huawei SingleRAN.

Fuente: Huawei, Huawei's 4th Generation BTS, 2009.

SingleRAN simplifica la elección de tecnologías y la evolución de las redes móviles, al permitir que la misma estación base opere en distintas modalidades. Los bajos costes de mantenimiento y operación, la eficiencia energética, el ahorro de espacio y la facilidad de gestión son las características esenciales de esta solución.

4.7.4 Propuesta de Topología General para Migración a 4G.

La topología es la cadena de comunicación usada por los nodos que conforman una red para comunicarse. El esquema propuesto conserva la topología de red en anillo, en la que cada estación está conectada a la siguiente y la última está conectada a la primera. Cada estación tiene un receptor y un transmisor que hace la función de repetidor, pasando la señal a la siguiente estación.

Como se conoce, en este tipo de red la comunicación se da por el paso de un *token* o testigo, que se puede conceptualizar como un cartero que pasa recogiendo y entregando paquetes de información, de esta manera se evitan eventuales pérdidas de información debidas a colisiones.

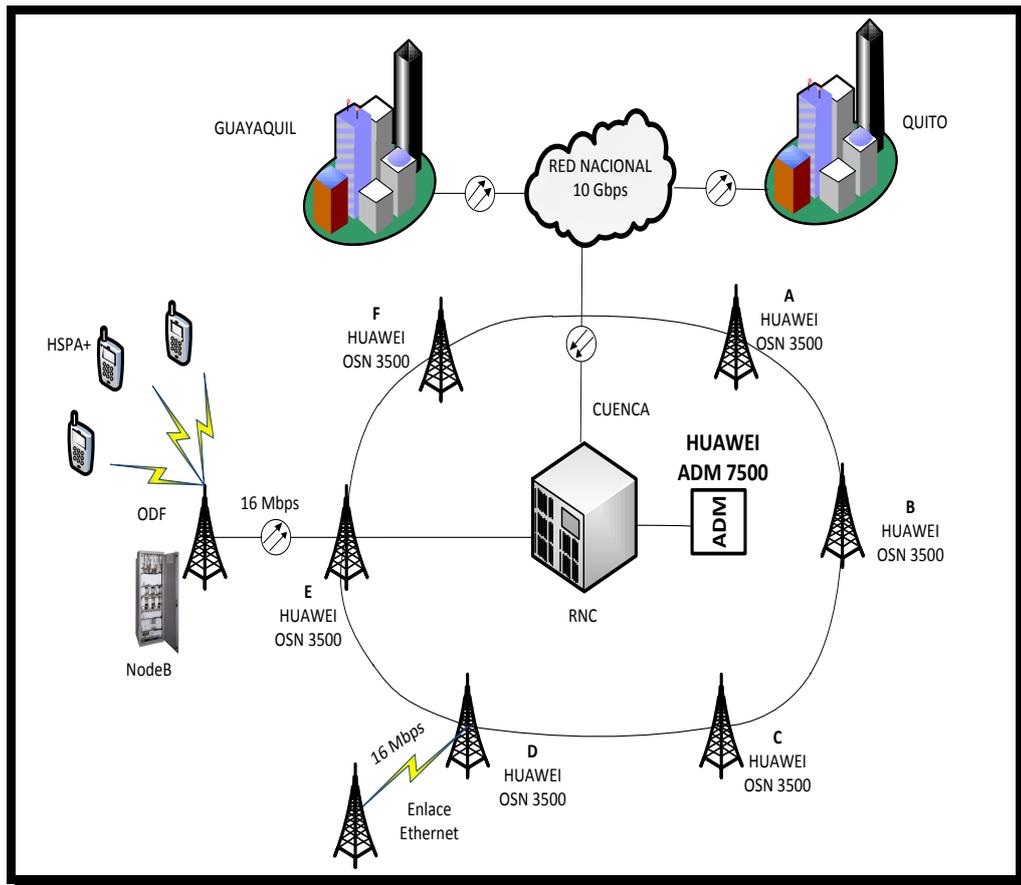


Figura 4.m. Propuesta de topología general para la migración.

Fuente:La autora

La propuesta presenta equipos Huawei con tecnología SDH y Nodos B de nueva generación (Cfr. Supra.), cuyo desempeño y características funcionan perfectamente con la red de la CNT EP. Los equipos Optix OSN (sistema inteligente de transmisión óptica) desarrollados por Huawei son la próxima generación de equipos de transmisión óptica inteligente.

4.8 Aproximaciones de Presupuesto.

Claro, Movistar y Alegro operadores presentes en el Ecuador se disputan un mercado orientado a ofrecer mayor velocidad de navegación a sus clientes. Nicolás Guillén, gerente de Servicios de Valor Agregado de Claro, explica que el objetivo no solo es el de disponer de esta nueva tecnología, sino que esté

desplegada en más ciudades. Esta operadora cuenta con el 70% de abonados en el país. Instauró la red HSPA+ en abril del 2011 en cuatro ciudades. Esta firma no otorgó datos de inversión en esta tecnología.

Tres meses después, Movistar, que tiene el 28% del mercado, lanzó la tecnología HSPA+ en Guayaquil. Actualmente, seis ciudades más tienen el servicio. Esto significó una inversión de USD 60 millones, dentro de los 100 millones de dólares anuales destinados para mejorar tecnología.

En cambio, Alegro, tiene el 2% de abonados, intenta ganar más usuarios con la red que comenzó operativa en su fase 1 en diciembre de 2011 y progresivamente brindará una convergencia con la telefonía fija, auspiciada por la Corporación Nacional de Telecomunicaciones Empresa Pública (CNT EP).

César Regalado, gerente de CNT, afirmó que la idea es tener más clientes. Por ello se apuesta a esta tecnología, la misma se implementará en el país en tres etapas. En la primera etapa, la inversión será de USD 72 millones. De ellos afirma que generalmente el 50% se destina en mantenimiento desglosado en:

Presupuestos	Descripción
Mantenimiento 50%	Capacitación.
	Adquisición de mejoras para el equipo.
	Obra civil.
	Eléctricos.
	Transmisiones.
	Centrales.
	Otros.

Tabla 4.8 Presupuesto de Mantenimiento CNT EP.

Fuente: La autora.

Las empresas que implementarán la red HSPA+ en Alegro son Huawei y Alcatel, ésta última explicó que los tiempos de descarga de archivos se reducirán en más de la mitad respecto al tiempo actual. Además, se potenciará la

interacción con juegos en tres dimensiones y el uso de redes sociales para chat instantáneo.

Por otra parte cada una de estas empresas está consiente y considera que con esta súper red se accederá a los servicios de la computación en la nube. A través de ella, los clientes almacenarán música, videos, fotos y correos electrónicos en servidores de Internet remotos y podrán acceder a ellos a través de sus teléfonos. Los servicios que los abonados tenían con la red 3,5G son los mismos que los contemplados en esta nueva plataforma, pero con aumento en la velocidad.

4.9 Situación Futura 4G.

A continuación se observa el tiempo que toman las tecnologías en ser adoptadas, comenzando con tecnologías de Segunda Generación (2G), el tiempo que han estado presente hasta que llegan a un pico y comienzan a caer en su adopción, además se visualiza la convivencia de tecnologías 2G, 3G y 4G; y finalmente se muestra el tiempo que le toma a una tecnología en ser predominante en el mercado.

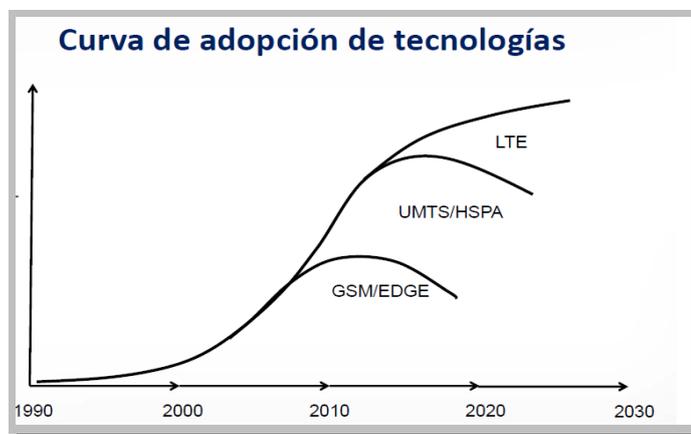


Figura 4.n. Curva de adopción de tecnologías 2G a 4G.

Fuente:4G Américas, Curva de adopción de tecnologías, 2011.

Con el surgimiento de 3G, 4G y la explosión de la banda ancha móvil, existen requerimientos de velocidad muy diferentes, comenzando por aplicaciones muy pequeñas como micro-navegación en 8 Kbps, hasta observar las bondades de blu-ray que requiere 16 Mbps; esto representa lo que el usuario

espera, es decir, redes que soporten aplicaciones con velocidades pequeñas hasta velocidades muy altas.



REQUERIMIENTOS DE VELOCIDAD	
Micro-navegación (Ejemplo: WAP).	8 a 128 kbps 
Mensajes Multimedia:	8 a 64 kbps
Videotelefonía:	64 a 384 kbps
Navegación por Internet de pronóstico general:	32 kbps a más de 1 Mbps
Aplicaciones generales: incluyendo e-mail, acceso a base de datos y VPNs (Red privada virtual).	32 kbps a más de 1 Mbps
Streaming de audio y video	32 kbps a más de 2 Mbps
Video de alta definición:	4 Mbps o mayor 
Blu-ray:	16 Mbps

Tabla 4.9. Requerimientos de Velocidad.

Fuente: 4G Américas, Requerimientos de velocidad, 2011.

Con respecto a la funcionalidad se presentan los planes en los años más cercanos así:

Planes de funcionalidad	
Año	Funcionalidad
2011	Disponibilidad de EDGE Evolucionado que aumenta significativamente las velocidades de EDGE. Rápido despliegue de tecnología LTE globalmente: 34 redes en 22 países; 3.5 millones de suscripciones

	Disponibilidad de desarrollos en LTE como 4X2 MIMO. Especificaciones técnicas de <i>LTE-Advanced</i> finalizadas. Disponibilidad de HSPA+ con MIMO y doble portadora.
2012	Despliegue inicial de <i>LTE-Advanced</i> . Disponibilidad de funcionalidad de <i>HetNet</i> (Redes Heterogéneas) según definido en <i>Release 10</i> .
2013 y posterior	Uso extendido de voz en LTE usando VoLTE (<i>Voice over LTE</i>). <i>Release 11</i> de <i>LTE-Advanced</i> adiciona capacidad a través de CoMP.

Tabla4.10.Planes de funcionalidad a partir del 2011.

Fuente:4G Américas, Planes de funcionalidad, 2011.

En cuanto a la plataforma LTE, a continuación se muestra lo que se espera en los próximos años.



Figura 4.o. LTE:La Plataforma del Futuro.

Fuente:4G Américas, LTE: La Plataforma del Futuro, 2011.

4.10 Ventajas y desventajas de la Evolución a 4G.

Ventajas:

- En los años siguientes será habitual realizar llamadas a través Internet, permitiendo que los teléfonos con tecnología 4G funcionen en la red. Igualmente se consentirá las videoconferencias, debido a las capacidades de banda ancha y alta calidad con la que se podrán establecer videollamadas. Celebrar reuniones, conferencias de prensa, o incluso juntas, serán más fáciles y habituales.
- La 4G favorecerá sin duda el teletrabajo, pues un teletrabajador podrá tener una comunicación bastante directa con el resto del personal, con el subsiguiente ahorro en espacio y oficinas. El hecho que el teletrabajador pueda descargarse desde casa datos y vídeos a mayor velocidad, también supondrá un ahorro económico, además de una optimización significativa del trabajo.
- El tener que acudir físicamente a lugares remotos se reducirá notablemente, salvo para casos de enorme necesidad. La ventaja es doble, pues además de ahorrar dinero, no se perdería tiempo al desplazarse.
- La mayor calidad de la comunicación, representa un gran avance para evitar la distorsión de datos. El ponerse de acuerdo con cada interlocutor es mucho más sencillo si mejora la calidad del sonido. Las imágenes serán también de una gran nitidez.

- El contar con mayor ancho de banda y de acceso generalizado permitirá a las tecnologías móviles tener mayor fuerza en la sustitución de la banda ancha fija, como también acceso a más servicios para los usuarios.
- El desarrollo de las nuevas comunicaciones es todo IP, la arquitectura se enfoca en la baja latencia de las redes planas que comprimen menos nodos de redes, en comparación con las redes jerárquicas tradicionales.
- El desarrollo y servicio de la aplicación 4G se caracterizará por un modelo de arquitectura abierta, derivado del estilo de desarrollo de internet.
- El manejo de los servicios móviles no estará bloqueado por redes específicas. Así cualquier servicio será capaz de acceder a cualquier red, lo que estará sujeto solamente a limitaciones de plataformas tecnológicas.
- Los usuarios tienen más control sobre el acceso, recepción, creación y compartimiento de contenidos. El desarrollo del mañana será mucho más orientado a los deseos del usuario.
- Rápido desarrollo en el tiempo, basado en conceptos de mejor colaboración y soluciones efectivas. Parte de la adaptación de los modelos de internet, envuelve un acercamiento más colaborativo y ofrecimiento de nuevos servicios.
- Modelos de retorno flexibles. Los proveedores no se estancan en un único modelo, pues con la dinámica de precios, los servicios se basan en suscripciones, de acuerdo al contenido. “*pay per view*”.

Desventajas:

- Tardará mucho en implantarse. En algunos países podría generalizarse en 2020 o incluso más tarde.
- Se requerirá que las operadoras realicen inversiones en infraestructuras. Mientras haya pocos usuarios, los precios pueden ser demasiado altos, lo que hace prescindible este tipo de tecnología, si no se necesita utilizar los servicios de datos en el móvil.
- En cada mercado, los reguladores deben ejercer determinados procedimientos de contraloría para localizar o relocalizar bandas de frecuencias, además de los procesos inherentes a la subasta o licitación de espectro. América Latina carece de un órgano supranacional con capacidades certeras de ordenamiento del espectro.
- La evolución de la banda ancha móvil en las Américas es continua y enfrentará serios riesgos dado que la industria móvil carece o tiene acceso en forma limitada a una de sus materias primas esenciales: espectro radioeléctrico.
- Los límites de espectro pudieron resultar una herramienta útil para estimular la competencia en los inicios de la industria móvil en servicios básicos de voz, pero hoy en día son obsoletos debido a que el mercado móvil ha madurado, con una penetración móvil en la región superior al 100% a finales del 2011.
- La eliminación definitiva de “*spectrum caps*” o topes de espectro, lo cual daría mayor “aire” a varios operadores con congestión en sus redes como resultado del crecimiento del número de usuarios y la demanda cada vez más en aumento de datos, impidiendo servicios de calidad o la implementación de servicios que requieren mayor ancho de banda, como acceso a Internet móvil de alta velocidad.

- Es necesario la implementación de un plan de gobierno que habilite algún tipo de subsidio o incentivo que justifique la inversión para llevar infraestructura a zonas que de otra manera no serían rentables.
- Muchos operadores tecnológicamente están listos para la implementación de HSPA+ y LTE pero no tienen un paquete comercial para el usuario. Esto es de vital importancia porque al usuario no se puede vender HSPA+ o LTE, se le debe ofrecer servicios que el entienda, por lo tanto los operadores deben trabajar para distinguir los servicios entre una tecnología y otra, ya sea dependiendo de la velocidad requerida, hablando más del tipo de servicio que la velocidad en Mbps que tampoco el usuario entiende, se debe buscar la manera de comercializar esto.
- La liberación de espectro debe tomar en cuenta que el mismo se pueda utilizar, es decir que las bandas no estén ocupadas; esto retrasaría el despliegue de las redes. Esta liberación siempre va acompañada de un estudio entre los usuarios que están allí y el proceso de moverse de una banda a otra.
- El aumento continuo de los requerimientos de bandas para dispositivos móviles, y frente a la fragmentación de bandas, los fabricantes de dispositivos tienen desafíos mayores asociados con encontrar las propiedades adicionales dentro del dispositivo para incluir más componentes y antenas frontales lo que implica costos de ingeniería no recurrente y de producción.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES:

- El análisis de la propuesta de evolución de la red 3G y su convergencia a la tecnología 4G, para la CNT EP de la ciudad de Cuenca; permitió obtener una visión general del estado actual de la red, está basado en la implementación de una red SDH y una nueva red basada en UMTS. En cuanto a la capacidad de la red para transportar información, se determinó la necesidad de colocar equipos ADM 3500 Huawei formando un anillo, que brinde redundancia y mejore su rendimiento. De la red principal de fibra óptica puede desplegarse nuevos nodos; se ha planteado implementar los NodeB de nueva generación de Huawei, los mismos que permitirán una migración costo-efectiva directa hacia la 4G; además se puede utilizar los productos SingleRAN con una gama de características, para permitir la convivencia entre tecnologías y ofrecer servicios “Todo IP”.
- El análisis de la tecnología móvil celular de Tercera Generación (3G), nos permitió conocer que el rápido crecimiento del tráfico de datos IP y la aparición de nuevas tecnologías radio, permiten aumentar considerablemente las velocidades de transmisión de datos en las redes móviles, a la vez esto ha motivado una reingeniería del núcleo de las redes móviles de paquetes existentes. LTE es la respuesta de los suministradores y operadores participantes en 3GPP a esta necesidad.
- GSM tiene un camino migratorio directo y costo-efectivo a 3G a través de GPRS, EDGE y UMTS-HSPA, como así también más allá de la 3G mediante las iniciativas HSPA *Evolution* (HSPA+), LTE y *System Architecture Evolution* (SAE) con LTE- *Advanced*. Cada paso en el camino migratorio basado en GSM aprovecha la infraestructura de red desplegada para los pasos anteriores y es compatible en sentido regresivo.
- La familia de tecnologías 3GPP comienza básicamente a ofrecer una innovación continua tanto para LTE como para HSPA+.

- EDGE/HSPA/LTE representa uno de los portafolios más robustos debido a que estas tecnologías llegarán a coexistir, y de acuerdo a las proyecciones dentro de los próximos 5 años, la mayoría de suscripciones de datos a nivel mundial será para redes HSPA+ con un 75% y LTE va a tener un nicho de 10 o 15 % aproximadamente.
- HSPA y/o LTE ofrecen un camino excelente de migración a operadores GSM que iniciaron hace 10 o 15 años, al mismo tiempo que representan una solución efectiva de tecnología para operadores que empiezan sus operaciones por primera vez.
- HSPA suministra servicios de banda ancha que entrega ingresos mayores en datos y proveerá el camino para las arquitecturas todo-IP.
- LTE es la tecnología OFDMA apropiada para redes de mayor velocidad y funcionalidad.
- La Banda Ancha Móvil (BAM) es la tecnología líder en innovación y desarrollo para: computación, redes y aplicaciones, es decir de las TIC en general; esto demanda aumento de capacidad a lo cual la industria ha respondido con el uso de tecnologías más eficientes, diferentes tipos de aplicaciones de celdas, buscando celdas más pequeñas, planeando redes heterogéneas, buscando métodos de descarga para que no se congestione tanto la red.
- La característica más sobresaliente de 4G es la integración de las redes, con lo que desaparecería la frontera entre una red y otra, esto beneficia a los usuarios brindándoles una conexión *always on*, sin notar que su movilidad cambia constantemente de tecnologías de acceso, adoptando la que le brinda mayor QoS en el momento. Con esto, el usuario tendrá servicios en cualquier

sitio a cualquier hora y se espera que a un costo accesible que permita un camino progresivo a estas tecnologías.

- Los sistemas de comunicaciones móviles 4G deben estar completamente basados en IP siendo capaces de soportar velocidades de 100 Mbps en movimiento y 1 Gbps en reposo, debentolerar anchos de banda escalables de 5, 10, 15y 20 MHz; garantizar interconexión con sistemas 3GPP y no-3GPP.
- Se analizaron las ventajas y desventajas de la convergencia a la tecnología 4G, considerando positivo los servicios de datos de gran ancho de banda, que multiplicarán por más de 10 las tasas binarias ofrecidas en 3G y contarán con infraestructuras de redes más eficientes. Además la flexibilidad en el uso del espectro y la coexistencia e interconexión con otros estándares.En cuanto a los aspectos negativos se mencionó el tiempo de implementación e inversiones en infraestructura por parte de los operadores, así como también la eliminación de los topes de espectro, la elaboración de paquetes comerciales para el usuario y los costos de ingeniería en los dispositivos 4G.

RECOMENDACIONES

RECOMENDACIONES.

Se recomienda a la CNT EP a cargo de la operadora TELECSA, que utilice la misma infraestructura de estaciones base, como construcciones civiles, sistemas eléctricos, permisos de funcionamiento, con el fin de ahorrar OPEX y CAPEX e inclusive tiempo de despliegue; pues como se mencionó las tecnologías llegarán a coexistir, es decir todas se encontrarán en un mismo punto.

Ante el surgimiento de nuevas y futuras necesidades, el sector de telecomunicaciones atraviesa cambios acelerados, por ello se propone a los operadores móviles en el país analizar las prioridades en la convergencia, en función del mercado actual y el nivel de desarrollo de las redes, para optimizar los despliegues de servicios y ahorros de costos de operación.

Se propone también potenciar los servicios de BAM mediante un plan especial que permita el desarrollo e introducción de nuevos servicios a la vez que mantenga la rentabilidad de las inversiones y cubra la demanda de los usuarios y desarrollo de la sociedad.

Se recomienda que en los próximos proyectos de titulación se realice un estudio de la convergencia a 4G estableciendo como punto de partida el estándar CDMA2000 desarrollado por 3GPP2, esto debido a que implica otro camino evolutivo hacia la 4G móvil; y se puede analizar la coexistencia e interconexión entre los estándares 3GPP, 3GPP2 y otros estándares.

Dentro del marco educativo se recomienda a la institución que incluya en la malla curricular de las Ingenierías, materias, seminarios o talleres orientados a las comunicaciones móviles, los estándares y su desarrollo, ya que representan los nuevos actores en el estado tecnológico actual.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA:

GRAÚ, José Luis, *HSUPA: Evolución de las redes de datos hacia la banda ancha móvil*, Telefónica Móviles España, S.A., Madrid, 7 de marzo de 2007, p.10.

HOLMA, Harri, TOSKALA, Antti, *HSDPA/HSUPA for UMTS*, 1ª Edición, WILEY, Estados Unidos, junio 2006.

HARTE, Lawrence, *Introduction to Wideband Code Division Multiple Access (WCDMA)*, 1ª Edición, ALTHOS Publishing Inc, United States of America, 2004.

FORD, Merilee, LEW, H. Kim, SPANIER, Steve, STEVENSON, Tim, *Tecnologías de Interconectividad de Redes*, Primera Edición, Prentice Hall, 1998.

SANABRIA, Lenny, CÉSPEDES, Alexander, *Empleo de la tecnología GPRS/EDGE para incrementar la relación financiera con los clientes en la Empresa AeroSur*, Fundación Universitaria Iberoamericana, Cochabamba-Bolivia, febrero de 2004.

LARA, Hector, VILLALPANDO, Mónica, Muñoz, José, *Comunicaciones móviles y sus aplicaciones*, Universidad Autónoma de Baja California, Baja California, febrero de 2007.

VEGA, María Gabriela, *Implementación de un Sistema de Publicidad Visual sobre Tecnología Celular Gprs/Edge*, Escuela Politécnica Nacional, Quito, enero de 2011.

CONATEL, *Plan Nacional de Frecuencias*, RESOLUCIÓN TEL-165-04-CONATEL-2008, Quito, 5 marzo de 2008, p.56.

CONATEL, RESOLUCIÓN TEL-634-21-CONATEL-2010, Quito, 22 de octubre de 2010, p.2.

CONATEL, RESOLUCIÓN 421-15-CONATEL-2009, Quito, 8 de diciembre de 2009, p.3.

INGA Juan, ORTEGA Andrés, *Análisis técnico de tecnología LTE sobre Sistemas Móviles de 4G*, Tesis UPS. Facultad de Ingenierías. Ingeniería Electrónica, Quito, 15 de octubre de 2010.

CABRERA Susana, *Propuesta de optimización del uso del espectro radioeléctrico en el Ecuador*, Tesis Escuela Politécnica de Ejército. Facultad de Ingeniería Electrónica, Sangolquí, 2008.

CHACÓN Melinca, PEREZ Jhoana, *Telefonía Móvil*, Proyecto de Sistemas de Información. Universidad de Concepción, Facultad de Ingeniería, Chile 2 de septiembre de 2002.

PASTOR BALBÁS José, *“Directrices, Modelos de Negocio y Evolución”*, bit, 162, Madrid, abril-mayo 2007, p. 52-55.

MSc. SINCHE Soraya, *Telefonía Celular*, “*Folleto de Comunicaciones Inalámbricas*”, Quito, mayo 2007, p. 72.

BELLAMY John, *“DIGITAL TELEPHONY”*, Wiley, 1ª Edición, New York, 1996.

MELCHOR Otto, *Comunicaciones Móviles GSM*, Tesis Universidad Francisco Marroquín. Facultad de Ingeniería de Sistemas, Informática y Ciencias de la Computación, Guatemala, 2002.

ROSERO, Víctor, *Análisis de la Alternativa de Optimización del Sistema de Comunicaciones Petroproducción Enlace Distrito Quito- Distrito Amazónico*, Escuela Politécnica Nacional, Quito, enero 2007.

PACHÓN DE LACRUZ, Álvaro, *Evolución de los sistemas móviles celulares GSM*, Universidad ICESI, Cali, 29 de octubre de 2004, p. 34.

GONZÁLEZ, Rafael, *Ampliación de la red de fibra óptica y el sistema SDH de transporte de información del metro de Medellín*, Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, 2006.

CARDONA, Narcís, OLMOS, Juan José, GARCÍA, Mario, MONSERRAT José, *3GPP LTE: Hacia la 4G móvil*, primera edición, MARCOMBO, S.A., Barcelona-España, 2011.

UIT 2008, Acerca de la UIT, 26 de agosto de 2011, <http://www.itu.int/es/about/Pages/default.aspx>.

Fabio Leite, Francine Lambert, IMT-2000 Radio Interface Specifications Approved in ITU Meeting in Helsinki, 19 de diciembre de 2002, http://www.itu.int/newsroom/press_releases/1999/22.html#1.

UIT 2011, norma mundial de la UIT para comunicaciones celulares –IMT- Avanzadas, 7 de octubre de 2010, <http://www.itu.int/ITU-R/index.asp?category=information&rlink=imt-advanced&lang=es>.

Alan F.,ITU says LTE, WiMax and HSPA+ are now officially 4G, 18 de diciembre de 2010,http://www.phonearena.com/news/ITU-says-LTE-WiMax-and-HSPA--are-now-officially-4G_id15435.

CDMA2000, 15 de abril de 2011, <http://es.wikipedia.org/wiki/CDMA2000>.

Universidad de Roma La Sabiduría, TDMA, FDMA AND CDMA, 2007-2008,http://acts.ing.uniroma1.it/courses/comelet/Slides/20071217_TEL_lecture_2.pdf.

IMT-2000, 2011, <http://es.wikitel.info/wiki/IMT-2000>

SUPERTEL,Misión y Visión, 2010,
http://www.supertel.gob.ec/index.php?option=com_content&view=article&catid=49%3Aorganizacion-interna&id=94%3Amision-y-vision&Itemid=37.

SUPERTEL, Funciones, 2010,
http://www.supertel.gob.ec/index.php?option=com_content&view=article&catid=49%3Aorganizacion-interna&id=118%3Afunciones&Itemid=37.

MINTEL, Instituciones Adscritas y relacionadas, 2011,
http://www.mintel.gob.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=117&Itemid=14.

MINTEL, El Ministerio, 2011,
http://www.mintel.gob.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=101&Itemid=69.

MINTEL, Objetivos Institucionales, 2011,
http://www.mintel.gob.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=103&Itemid=71.

CONATEL-SENATEL, Misión, 2008,
http://www.conatel.gob.ec/site_conatel/index.php?option=com_content&view=article&catid=25%3Ainformacion-corporativa&id=50%3Amision&Itemid=339.

CONATEL-SENATEL, Políticas, 2008,
http://www.conatel.gob.ec/site_conatel/index.php?option=com_content&view=article&id=5&Itemid=342.

CNT EP, Antecedentes Históricos, 2010,
http://www.cnt.gob.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=177:antehistporq&catid=50:porqacernoso?Itemid=23.

CNT EP, Misión, Visión y Valores, 2010,
http://www.cnt.gob.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=174:misiporq&catid=50:porqacernoso?Itemid=23.

3GPP, About 3GPP, 2011, <http://www.3gpp.org/>

Wikipedia, 3GPP, 31 de agosto de 2011, <http://es.wikipedia.org/wiki/3GPP>.

Wikipedia, 3GPP, 29 de agosto de 2011, <http://en.wikipedia.org/wiki/3GPP>.

Wikitel, Regulación del espectro radioeléctrico, junio de 2009,
http://wikitel.info/wiki/Regulaci%C3%B3n_del_espectro_radioel%C3%A9ctrico#cite_note-4

Wikipedia, 3GPP, 11 de noviembre de 2011,
http://es.wikipedia.org/wiki/Bucle_local_inal%C3%A1mbrico.

Scribd Inc., 2011, Definiciones de telecomunicaciones,
<http://es.scribd.com/doc/3286024/Definiciones-de-telecomunicaciones>.

MiTecnologico, 2010, Pstn, <http://www.mitecnologico.com/Main/Pstn>.

González Carolina, La Telefonía Celular, 24 de agosto de 2011,
<http://celularcelularcelularxd.blogspot.com/2011/08/estructura-basica-de-un-sistema-celular.html>.

Ordoñez Gabriel, Telefonía Celular, octubre 2009,
http://www.oocities.org/gabrielordonez_ve/TELEFONIA_CELULAR.htm.

Guerrero Luis, Telefonía Celular, 3 de agosto de 2009,
<http://hosting.udlap.mx/profesores/luisg.guerrero/Cursos/IE445/Apuntesie445/capitulo4home.htm>.

Pérez Córdoba José Luis, Estudio y Simulación con Matlab de la Interfaz de Radio de Gsm, 2005,
http://ceres.ugr.es/~alumnos/c_avila/gsm2.htm#pto2.

Telecom ABC, VLR, 2005, <http://www.telecomabc.com/v/vlr.html>.

Wikipedia, Network switching subsystem, 16 de diciembre de 2011,
http://en.wikipedia.org/wiki/Network_switching_subsystem.

ToDo-CeL.Com.Ar, Tecnología GSM, 2005,
<http://www.todo-cel.com.ar/info/gsm.html>.

SENATEL-DGGST, Usuarios y densidad de internet a nivel nacional, diciembre de 2011,

http://www.conatel.gob.ec/site_conatel/index.php?option=com_phocagallery&view=category&id=67.

Inproes, ¿Qué es WAP?, 2008, <http://www.paginas-wap.com/descargas/pdf-wap.pdf>.

4G Américas, EDGE, 2010,

<http://www.4gamericas.org/index.cfm?fuseaction=page§ionid=267>.

Wikipedia, Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones, 12 de enero2012,

http://es.wikipedia.org/wiki/Conferencia_Europea_de_Administraciones_de_Correos_y_Telecomunicaciones.

Wikipedia, EDGE, 13 de enero2012,

http://en.wikipedia.org/wiki/Enhanced_Data_Rates_for_GSM_Evolution.

WHITE PAPER, Ericsson, The Evolution of EDGE, septiembre 2009, http://www.ericsson.com/res/docs/whitepapers/evolution_to_edge.pdf.

PCCA meeting Indianapolis, Ericsson, EDGE a Technical Review, Agosto 2003, <http://www.pcca.org/standards/architecture/edge.pdf>.

Instituto de Tecnología de Illinois, EDGE: Enhanced Data Rates for GSM Evolution, 2009,

<http://www.transanatolia.eu/Analyses/Wireless%20Networks/edge1.pdf>.

Instituto Tecnológico de Ciudad de Victoria, Red de Área Amplia, 2010, <http://es.scribd.com/doc/56594029/15/Arquitectura-en-anillo>.

Wikipedia, Línea Troncal, 13 de septiembre 2009, http://es.wikipedia.org/wiki/L%C3%ADnea_troncal.

Wikipedia, Unidad Erlang, 22 de septiembre 2011, http://es.wikipedia.org/wiki/Unidad_Erlang#F.C3.B3rmula_Erlang_B.

Wikipedia, Wideband Code Division Multiple Access, 23 de diciembre 2011, http://es.wikipedia.org/wiki/Wideband_Code_Division_Multiple_Access

Westbay Engineers Limited, Elang B Calculator, 22 de octubre 2009, <http://www.erlang.com/calculator/erlb/>.

s/a, Introducción a DWDM, 21 de junio 2006, <http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=multiplexor%20add%2Fdrop%20%28adm%29m%20implementacion&source=web&cd=2&ved=0CDwQFjAB&url=http%3A%2F%2Fcomunicaciones.eie.fceia.unr.edu.ar%2FTBAAPub%2FDWDM.doc&ei=0-g-T8nyMcaltwehnJS7BQ&usg=AFQjCNHapRGNsurem4Pahj88M-zow2Srow>.

UMTSforum.net, Tecnología UMTS/3G, 2008, http://www.umtsforum.net/mostrar_tecnologia.asp?u_action=display&u_log=4.

Conceptos de Programación, HTTP vs HTTPS, 2008, <http://sites.google.com/site/conceptoprogramacion/Home/http-vs-https>.

Wikipedia, Wireless Markup Language, 22 de enero 2012,
http://es.wikipedia.org/wiki/Wireless_Markup_Language.

Wikipedia, i-mode, 22 de enero 2012,<http://es.wikipedia.org/wiki/I-mode>.

Wikipedia, Java Micro Edition, 30 de diciembre 2012,
http://es.wikipedia.org/wiki/Java_Micro_Edition.

Wikipedia, Jerarquía digital síncrona, 21 de noviembre 2011,http://es.wikipedia.org/wiki/Jerarqu%C3%ADa_digital_s%C3%ADncrona.

Wikipedia, Euro, 13 de marzo de 2012,<http://es.wikipedia.org/wiki/Euro>.

Área de Ingeniería Telemática, Topologías en redes SDH, 9 de septiembre 2007,
https://www.tlm.unavarra.es/~daniel/docencia/rba/rba06_07/slides/16-TopologiasSDH.pdf.

José María Domínguez, Jerarquía Digital Síncrona (SDH), 7 de mayo 2004,
<http://www.mailxmail.com/curso-jerarquia-digital-sincrona-sdh/introduccion-sdh>.

Documento 3GPP, Service Principles Release 99, marzo 2000,
http://www.umtsforum.net/mostrar_articulos.asp?u_action=display&u_log=15.

4G Américas, HSPA: Acceso a paquetes a alta velocidad (High Speed Packet Access), 2011,
<http://www.4gamericas.org/index.cfm?fuseaction=page§ionid=248>.

4G Américas, LTE: Long Term Evolution, 2009,
<http://www.4gamericas.org/index.cfm?fuseaction=page§ionid=249>.

Miel Vander Sande, Red de acceso para internet de banda ancha, 29 de marzo 2010, <http://mielvdsiba.wordpress.com>.

Ramírez de Prado, Visión Arquitectural de la Tercera Generación de Móviles UMTS, octubre de 2000, http://www.umtsforum.net/mostrar_articulos.asp?u_action=display&u_log=15.

Multenet Technologies, Broadband Router – Beat Internet downtime, 2010, <http://www.multenet.com/news/?p=33>.

HansoT, Comunicación y Tecnología, 12 de noviembre de 2010, <http://kunaytec.blogspot.com/2010/11/adsl-movil-hsdpa-high-speed-dowlink.html>.

TUDE, Eduardo, Teleco, HSDPA Arquitectura y Características, mayo 2006, http://www.teleco.com.br/es/tutoriais/es_tutorialhsdpa/default.asp.

Pernyer, Kenneth, Las redes móviles: 3G con GUE/HSUPA en el servicio, octubre 2008, <http://blog.qrodo.com/2008/10/02/mobile-networks-3g-with-eulhsupa-in-service/>.

Lund, HSUPA/EUL, 6 de octubre 2011, <http://twinrattester.blogspot.com/2011/10/hsupaeul-basics-enhanced-uplinkeul-is.html>.

Zahid Ghadialy, HSUPA is here, 17 de Julio 2008, <http://3g4g.blogspot.com/2008/07/hsupa-is-here.html>.

SENATEL, Radiobase tecnología y operador, 2011, http://www.conatel.gob.ec/site_conatel/index.php?option=com_phocagallery&view=category&id=40.

4G Américas, HSPA-LTE Time-Line 2009-2014, 2011,
<http://www.4gamericas.org/index.cfm?fuseaction=page&pageid=1286>.

4G Américas, UMTS-HSPA Growth in Latin America, septiembre 2011,
<http://www.4gamericas.org/index.cfm?fuseaction=page&pageid=1902>.

4G Américas, Mobile Growth Forecast in Latin America, junio 2011,
<http://www.4gamericas.org/index.cfm?fuseaction=page&pageid=1780>.

UMTS, UMTS RAN, 2006,
http://www.umtsworld.com/technology/ran/Lucent_nodeb.htm.

Osmar de Leon Boccia, Oscar González Soto, Las telecomunicaciones de Banda Ancha en la Región Américas, febrero 2008, http://www.itu.int/ITU-D/finance/Work%20on%20Financing/Telecom_Banda_Ancha_Latinoamerica-sp.pdf.

ANEXOS

ANEXOS.

- **EQUIPO UTILIZADO EN LA RED CNT EP.**

HUAWEI OSN 3500

Características

- Funcionalidad multiplexor ADM. Compatibilidad con STM-64/16/4/1.
- Provee cross-conexión de alto orden de 80G para VC-4 (Contenedor virtual de nivel 4) y conexión de bajo orden de 20G para VC-12, equivalencias de VC-3.
- Provisión multi-servicio en interfaces: STM-1 (Óptico/Eléctrico); STM-4/16/64 estándar o concatenados; E1/T1/E3/T3/E4; ATM y otros.
- Provisto de protocolo GMPLS (*Generalized Multi-Protocol Label Switching*) para servicios *end to end*.
- Tecnología WDM (*Wavelength Division Multiplexing*) incorporada.
- Provee dos canales ópticos para tarjetas ADM.
- Completos mecanismos de protección de red: Protección SDH.
- Soporta Protección en anillo RPR (*Resilient Packet Ring*) y STP (*Spanning Tree Protocol*).



Figura: Multiplexor Huawei OSN 3500

Fuente:Telecoast communications, Huawei OSN 3500, 2010.

Equipos OptiX OSN

Características	Beneficios
Capacidad mejorada de interconectividad del OptiX OSN 7500	Fortalece la capacidad de red del OptiX OSN 7500.
Interfaces añadidas en los equipos OptiX OSN 7500/3500	Fortalece la capacidad de red en la serie de equipos OSN.
Adición de un rack extendido en el equipo OptiX OSN 3500.	Fortalece la capacidad de red del OptiX OSN 3500.
Actualización del software del equipo OptiX OSN 7500/3500.	Fortalece la inteligencia de la serie de productos OSN.

Tabla 12. Características y beneficios de equipos OptiX OSN.

Fuente: Huawei, Catálogo de productos NG-SDH, 2010.

Especificaciones	Descripción
Interfaces.	E, GE, DS3, STM-1, STM-4, STM-16, STM-64.
Servicio.	SDH, PDH, Ethernet, RPR (Anillo de paquetes residentes), ATM, SAN (Área de almacenamiento de red), WDM, DDN (Red de datos digitales), ASON (Red óptica de conmutación automática), microondas.
Protección de equipo.	Protección TPS. 1+1 Protección para tableros Ethernet, ATM, microondas. Protección para la unidad de conversión de longitud de onda, ventiladores inteligentes. Esquemas de protección de tableros bajo condiciones anormales.

Tabla 13. Especificaciones técnicas de equipos OptiX OSN.

Fuente: Huawei, Manual técnico de productos NG-SDH, 2010.

GLOSARIO

GLOSARIO:

1G	Primera Generación Móvil.
1xEV-DO	<i>cdma2000 1x Evolution-Data Optimized</i> . Variante del estándar cdma2000 1x (ver 1xRTT) optimizada para la transmisión de datos a alta velocidad.
1xEV-DV	<i>cdma2000 1x Evolution - Data and Voice optimized</i> . Variante del estándar cdma2000 1x (ver 1xRTT), mejora sobre 1xEV-DO, optimizada conjuntamente para voz y datos a alta velocidad.
1xRTT	<i>One Time Radio Transmission Technology</i> . Variante del estándar de comunicaciones móviles celulares cdma2000.
2G	2G Segunda generación de comunicaciones móviles. La principal diferencia respecto de la primera generación fue la digitalización completa de la red.
3G	Tercera generación de comunicaciones móviles.
3GPP	<i>Third Generation Partnership Project</i> . Iniciativa para el desarrollo del estándar UMTS de sistema de comunicaciones móviles de tercera generación.
3GPP2	<i>Third Generation Partnership Project 2</i> . Proyecto colaborativo dedicado a la estandarización de la tercera generación de comunicaciones móviles, siguiendo el estándar cdma2000, de forma paralela al 3GPP.
4G	Cuarta generación de comunicaciones móviles. Se usa de forma genérica para referirse a los conjuntos de conceptos e

ideas que avanzan más allá de los definidos en los estándares de la 3G.

A

AAA	<i>Authentication, Authorization and Accounting.</i> Autenticación, autorización y contabilidad.
ACK	<i>Acknowledgement.</i> Asentimiento o confirmación.
ADSL	<i>Asymmetric Digital Subscriber Line.</i> Bucle de abonado digital asimétrico.
All-IP	Todo IP. Modelo de red basado exclusivamente en el uso del protocolo IP.
AMPS	<i>Advanced Mobile Phone System.</i> Sistema de comunicaciones móviles analógicas.
AMR	<i>Adaptive Multi Rate.</i> Codificación de voz adaptativa en tasa binaria.
ARPU	<i>Average Revenue Per User.</i> Ingresos medios por usuario.
ASIC	<i>Application Specific Integrated Circuit.</i> Circuito integrado para aplicaciones específicas.
ATM	<i>Asynchronous Transfer Mode.</i> Modo de transferencia asíncrono. Tecnología de transferencia de datos a alta velocidad, basada en el empleo de paquetes (células) de tamaño fijo y pequeño, lo que supuestamente lo hace muy adecuado para manejar tipos de tráfico muy heterogéneo (voz, vídeo, datos genéricos, etc.).

AuC *Authentication Center.* Centro de autenticación en una red GSM.

B

Bluetooth Tecnología de comunicaciones personales de corto alcance.

BSC *Base Station Controller.* Controlador de estaciones base.

BSS *Base Station Subsystem.* Subsistema de estación base.

BTS *Base Transceiver Station.* Estación base para comunicaciones celulares.

C

CDMA *Code Division Multiple Access.* Acceso múltiple por división encódigo.

cdma2000 1x Ver 1xRTT.

cdma2000 3x Ver 3xRTT.

cdmaOne Conjunto de especificaciones de un sistema de comunicaciones móviles 2G basadas en los estándares TIA/EIA IS-95 CDMA.

CoMP *Coordinated Multipoint Transmission/Reception.*

CS *Circuit Switched.* Conmutación de circuitos, como oposición a la conmutación de paquetes.

DSL *Digital Subscriber Line.* Bucle de usuario digital. Término genérico para referirse a las distintas técnicas que utilizan el

bucle telefónico de usuario para la transmisión de datos a alta velocidad (por ejemplo, ADSL).

E

EDGE	<i>Enhanced Data rates for GSM Evolution.</i> Tecnología que mejora el estándar GSM mediante el uso de codificaciones más avanzadas para el incremento de las tasas binarias. Se considera un punto intermedio entre las tecnologías GSM/GPRS y UMTS.
EIR	<i>Equipment Identity Register.</i> Registro de identidades de equipos (IMEIs) en una red GSM.
E-MBMS	<i>Enhanced MBMS.</i>
eNodeB	<i>evolved Node B.</i>
EPC	<i>Evolved Packet Core.</i>
EPS	<i>Evolved Packet System.</i>
Ethernet	Tecnología de red de nivel 2 originaria del mundo de la LAN que actualmente se está extendiendo a otros entornos de red como MAN y WAN.
ETSI	<i>European Telecommunication Standards Institute.</i> Instituto Europeo de Estandarización de Telecomunicaciones.
E-UTRA	<i>Evolved UMTS Terrestrial Radio Access.</i>
E-UTRAN	<i>Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network.</i>
FDD	Frequency Division Duplex. Técnica de duplexado por

división en frecuencia.

F

FDMA *Frequency Division Multiple Access.* Acceso múltiple por división en frecuencia.

FM *Frequency Modulation.* Modulación en frecuencia.

G

GERAN *GSM-EDGE Radio Access Network.* Red de acceso radio de segunda generación definida por ETSI.

GFSK *Gaussian Frequency Shift Keying.* Modulación FSK con filtrado gaussiano. Se utiliza como modulación en la tecnología Bluetooth.

GGSN *Gateway GPRS Support Node.* Nodo pasarela de soporte GPRS. Pasarela GPRS hacia las redes externas de paquetes.

GPRS *General Packet Radio Service.* Servicio radio genérico de datos por paquetes. Evolución del estándar GSM para la provisión de datos en modo paquete en la interfaz radio.

GSM *Global System for Mobile communications.* Sistema global de comunicaciones móviles.

H

HSDPA *High Speed Downlink Packet Access.* Variante de UMTS, introduce un nuevo canal descendente de datos, compartido y de alta velocidad, para mejorar las prestaciones de los servicios de datos.

HSPA	<i>High Speed Packet Access.</i>
HSPA+	<i>High Speed Packet Access Evolution.</i>
HSUPA	<i>High Speed Uplink Packet Access.</i>
HTML	<i>Hypertext Markup Language.</i> Lenguaje de hipertexto mediante marcas.
HTTP	<i>Hypertext Transfer Protocol.</i> Protocolo de transferencia de hipertexto.
Hybrid-ARQ	ARQ híbrido. Esquema para retransmisiones selectivas implementado en UMTS HSDPA.

I

IMEI	<i>International Mobile Equipment Identity.</i> Identificador único de un equipo terminal en el estándar GSM/UMTS.
i-mode	Nombre comercial del servicio de información móvil desarrollado por NTT DoCoMo de forma propietaria. Permite enviar y recibir información diversa entre terminales.
IMS	<i>IP Multimedia Subsystem.</i> Subsistema IP multimedia. Según 3GPP, a partir de la Release 5 de los estándares de UMTS, IMS es el plano de control de los servicios IP multimedia.
IMT	International Mobile Telecommunications. Nombre dado por ITU a un conjunto de estándares de telecomunicaciones móviles de tercera generación. También conocido como IMT-2000.
IMT-A	IMT- <i>Advanced.</i>

IP	Internet Protocol.
ITU	<i>International Telecommunication Union.</i> Unión Internacional de Telecomunicaciones.
ITU-T	<i>International Telecommunication Union – Telecommunication Standardization Sector.</i> Sector de estandarización de telecomunicaciones de la ITU.

L

LTE	<i>Long Term Evolution.</i>
LTE-A	<i>LTE- Advanced.</i>

M

M2M	<i>Machine to Machine, Mobile to Machine, Machine to Mobile.</i> Comunicaciones máquina a máquina.
MBMS	<i>Multimedia Broadcast/Multicast Service.</i> Servicio de difusión omultidifusión multimedia.
MBS	<i>Mobile Broadcast Service.</i> Servicio de difusión móvil.
MIMO	<i>Multiple Input Multiple Output.</i> Sistema de múltiples entradas y múltiples salidas. Se refiere comúnmente a los sistemas de antenas con gestión inteligente de trayectos múltiples.
MME	Mobility Management Entity.
MS	<i>Mobile Station.</i> Estación móvil.

MSC *Mobile Switching Center.* Central de conmutación móvil.

MT *Mobile Termination.* Terminación móvil.

NGN *Next Generation Network.* Redes de nueva generación.

O

OFDM *Orthogonal Frequency Division Multiplexing.* Multiplexado por división ortogonal en frecuencia.

P

P2P *Peer to peer.* Comunicación entre pares. Se refiere a aplicaciones muy extendidas en Internet en las que la comunicación o el intercambio de contenidos se realiza directamente entre dos extremos de usuarios.

PDA *Personal Digital Assistant.* Asistente personal digital.

PDC *Personal Digital Cellular.* Estándar de comunicaciones móviles digitales desarrollado en Japón por NTT en la década de los noventa. Está implantado únicamente en los países asiáticos.

PDG *Packet Data Gateway.* Pasarela de datos por paquetes.

PDN *Packet Data Network.* Red de datos por paquetes.

PDP *Packet Data Protocol.* Protocolo de datos por paquetes.

PS *Packet Switched.* Conmutación de paquetes, como oposición a la conmutación de circuitos (CS).

PTP *Point to Point. Punto a punto.* Comunicación uno a uno entre dos extremos remotos.

PTT *Push to Talk.* Modo de funcionamiento de comunicaciones de voz en las redes semidúplex, mediante el cual en cada momento habla únicamente uno de los intervinientes, que debe presionar un pulsador para hablar.

Q

QoS *Quality of Service. Calidad de Servicio.* Término genérico para definir el conjunto de parámetros que definen el tipo y la calidad del servicio proporcionado.

R

RAN *Radio Access Network.*

RF *Radio Frequency.* Radiofrecuencia.

RNC *Radio Network Controller.* Controlador de red radio. Nodo de la red de acceso UMTS encargado de controlar las estaciones base (Nodos B).

RNS *Radio Network System.* Equivalente en UMTS al BSS de las redes GSM. Comprende un controlador radio (RNS) y todos los Nodos B que dependen de él.

S

SC-FDMA *Single Carrier-Frequency Division Multiple Access.*

SDH *Synchronous Digital Hierarchy.* Jerarquía digital síncrona. Técnica de transmisión síncrona usada en las redes ATM.

SGSN	<i>Serving GPRS Support Node.</i> Nodo servidor de soporte GPRS. Nodo para el control de la red GPRS.
SGW	<i>Serving Gateway.</i>
SIM	<i>Subscriber Identity Module.</i> Módulo de identificación de usuario. Generalmente adopta la forma de una tarjeta inteligente.
SMS	<i>Short Message Service.</i> Servicio de mensajes cortos. Servicio de intercambio de mensajes cortos en las redes móviles.
SMSC	<i>Short Message Service Center.</i> Centro servidor del servicio SMS.
SMS-GMSC	<i>Short Messages Services Gateway MSC.</i> Central de conmutación móvil en una red GSM, actuando de pasarela con otras redes para el servicio de mensajes cortos (SMS).

T

TD-CDMA	<i>Time Division Code Division Multiple Access.</i> Tecnología de acceso radio para comunicaciones móviles de tercera generación que ha sido desarrollada por diversos proveedores europeos, y aceptada dentro del 3GPP.
TDD	<i>Time Division Duplex.</i> Técnica de duplexado por división en el tiempo. Es la empleada en el estándar TD-CDMA.
TTI	<i>Transmission Time Interval.</i> Intervalo de tiempo de transmisión. Es el intervalo de tiempo existente en la recepción de los TBS (Transport Block Set), que es equivalente a la periodicidad con la que un TBS se transfiere por parte de la capa física en la interfaz radio.

U

UE	<i>User Equipment.</i> Equipo de usuario.
UIT	<i>Unión Internacional de Telecomunicaciones.</i> Acrónimo en castellano de la ITU.
UMTS	<i>Universal Mobile Telecommunications System.</i> Sistema de telecomunicaciones móviles universales. Término utilizado en el marco europeo para las comunicaciones móviles de tercera generación.
USIM	<i>UMTS Subscriber Identity Module.</i> SIM para UMTS. Se diferencia con la SIM para redes GSM/GPRS en el conjunto de datos que se almacenan.
UTRA	<i>UMTS Terrestrial Radio Access.</i>
UTRA FDD	<i>UMTS Terrestrial Radio Access FDD.</i> Red de acceso en la variante FDD del UMTS.
UTRA TDD	<i>UMTS Terrestrial Radio Access TDD.</i> Red de acceso en la variante TDD del UMTS.
UTRAN	<i>UMTS Terrestrial Radio Access Network.</i> Red de acceso radio terrestre UMTS.

V

VLR	<i>Visitor Location Register.</i> Nodo encargado del registro de los usuarios visitantes en una red GSM.
VoIP	<i>Voz sobre IP.</i> Tecnología de transmisión de voz a través de

redes IP.

VPN *Virtual Private Network*. Red privada virtual.

W

WCDMA *Wideband CDMA*. CDMA de banda ancha. Es la tecnología utilizada en el estándar UMTS.

WiMAX Tecnología para el bucle de usuario inalámbrico de banda ancha basada en el estándar IEEE 802.16.

WRC *World Radio Conferences*. Conferencias mundiales sobre aspectos radio auspiciadas por la ITU.