



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

TEMA:

“Estudio de la tecnología VoLTE para el mejoramiento de las llamadas de voz”

AUTOR:

Cevallos Astudillo, Julio Enrique

Trabajo de Titulación previo a la obtención del grado de
INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

TUTOR:

Bohórquez Escobar, Celso Bayardo

Guayaquil, Ecuador

18 de septiembre del 2017



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr.
Cevallos Astudillo, Julio Enrique como requerimiento para la obtención del
título de **INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**.

TUTOR

Bohórquez Escobar, Celso Bayardo

DIRECTOR DE CARRERA

Heras Sánchez, Miguel Armando

Guayaquil, a los 18 del mes de septiembre del año 2017



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Cevallos Astudillo, Julio Enrique**

DECLARÓ QUE:

El trabajo de titulación **“Estudio de la tecnología VoLTE para el mejoramiento de las llamadas de voz”** previo a la obtención del Título de **Ingeniero en Telecomunicaciones**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 18 del mes de septiembre del año 2017

EL AUTOR

Cevallos Astudillo, Julio Enrique



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

AUTORIZACIÓN

Yo, **Cevallos Astudillo, Julio Enrique**

Autorizó a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: **“Estudio de la tecnología VoLTE para el mejoramiento de las llamadas de voz”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 18 del mes de septiembre del año 2017

EL AUTOR

Cevallos Astudillo, Julio Enrique

REPORTE DE URKUND

URKUND

Documento [tesis final.docx](#) (D30240832)

Presentado 2017-08-25 03:56 (-05:00)

Presentado por julioenrique2308@hotmail.com

Recibido edwin.palacios.ucsg@analysis.orkund.com

Mensaje Tesis [Mostrar el mensaje completo](#)

3% de estas 25 páginas, se componen de texto presente en 7 fuentes.

Lista de fuentes Bloques

<input type="checkbox"/>	TESIS MAESTRIA EN REDES DE COMUNICA...	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	http://tecno.americaeconomia.com/artic...	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	http://blogs.salleurl.edu/dtm-media-tech...	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	http://www.innovaspain.com/la-primera-...	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	http://blogthinkbig.com/voz-movil-de-alt...	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	TESIS Felipe Reinoso (Version 010317) VF...	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	http://corporativo.cnt.gob.ec/cnt-ep-pon...	<input checked="" type="checkbox"/>

Reiniciar Exportar Compartir

0 Advertencias

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

TEMA: “
Estudio
de la tecnología VoLTE para el mejoramiento de las
llamadas de voz”

AUTOR: Cevallos Astudillo, Julio Enrique

Trabajo de Titulación previo a la obtención del grado de
INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

TUTOR: Bohórquez Escobar, Celso Bayardo

Guayaquil, Ecuador

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación está dedicado principalmente a Dios por darme la vida y la sabiduría para poder culminar una etapa importante en mi vida.

También quiero dedicar este trabajo a mi padre quien ha sido el que día a día me ha impulsado a no darme por vencido y a pesar de las dificultades que se me han presentado seguir adelante y poder culminar con esta meta profesional.

A mi madre quien ha sido la que ha estado en todos los momentos de mi vida y que con sus consejos y su apoyo me ha sabido dirigir para poder llegar a mi meta profesional.

A mi hermano quien ha sido mi inspiración para no darme por vencido y demostrar que los obstáculos se hicieron para vencerlos.

A mis dos abuelitas que sé que desde el cielo siempre me están cuidando y que en este momento se sienten orgullosas de mí.

EL AUTOR

Cevallos Astudillo, Julio Enrique

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme guiado para poder culminar esta meta profesional.

A mis padres y hermano que siempre me apoyaron, a mi abuelito y a mis tíos que nunca dejaron de creer en mí y siempre me estuvieron apoyando para poder terminar con este trabajo de titulación.

A mi tutor Ing. Bayardo Bohórquez y mi profesor Msc Fernando Palacios que me supieron orientar para culminar con este trabajo de titulación.

EL AUTOR

Cevallos Astudillo, Julio Enrique



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

ING. MIGUEL ARMADO HERAS SÁNCHEZ, M. Sc
DIRECTOR DE CARRERA

f. _____

ING. NÉSTOR ARMADO ZAMORA CEDEÑO, M. Sc
DOCENTE DE CARRERA

f. _____

ING. EDWIN FERNANDO PALACIOS MELÉNDEZ, M. Sc
OPONENTE

Índice General

Índice de Figuras	XII
Índice de Tablas	XIV
Resumen.....	XV
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN.....	2
1.1. Introducción.	2
1.2. Antecedentes.....	3
1.3. Justificación del Problema.	3
1.4. Definición del Problema.....	3
1.5. Objetivos del Problema de Investigación.	4
1.5.1. Objetivo General.....	4
1.5.2. Objetivos Específicos.....	4
1.6. Hipótesis.....	4
1.7. Metodología de Investigación.	5
CAPÍTULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	6
2.1. Evolución de la tecnología móvil.	6
2.1.1. Primera Generación.....	6
2.1.2. Segunda Generación.....	7
2.1.3. Tercera Generación.....	8
2.2. Introducción a la tecnología LTE.	8
2.2.1. Componentes de la tecnología LTE.	9
2.2.2. Equipos de la tecnología LTE.....	11
2.2.3. Arquitectura de la red LTE.....	12
2.2.4. 3GPP.....	13
2.3. Inicio a la Tecnología Subsistema Multimedia IP.....	13
2.3.1. Aplicación de la tecnología Subsistema Multimedia IP	14
2.3.2. Arquitectura de la red Subsistema Multimedia IP	14
2.3.3. Componentes de la Arquitectura de Subsistema Multimedia IP.....	16
2.3.4. Protocolos del Subsistema Multimedia IP.....	17

2.3.4.1.	Protocolo SIP.....	17
2.3.4.2.	Protocolo Diameter.....	18
2.3.4.3.	Protocolo SDP.....	19
2.3.4.4.	Comunicación SIP.....	19
2.4.	Introducción a la tecnología voz sobre LTE (VoLTE).....	21
2.4.1.	Arquitectura de una red de voz sobre LTE (VoLTE).....	22
2.4.2.	Elementos relevantes en una Arquitectura VOLTE.....	23
2.4.3.	Beneficios de VOLTE.....	23
2.4.4.	Interfaces de VOLTE.....	24
2.4.5.	Parámetros de calidad de VOLTE.....	26
2.4.6.	Llamada Básica en VOLTE.....	27
2.4.7.	Verificación para una calidad óptima de la llamada.....	30
2.4.8.	Voz de alta definición.....	31
2.4.9.	Soluciones para el servicio de VOLTE.....	32
2.4.10.	Conmutación de Circuito.....	32
2.4.11.	Single Radio Voice Call Continuity.....	33
2.4.12.	Solución VOLTE sobre IMS.....	34
2.4.13.	Consideraciones al implementar VOLTE.....	35
2.4.14.	Inconvenientes de VOLTE.....	36
2.4.15.	VOLTE en Latinoamérica.....	36
CAPÍTULO 3: ESTUDIO PARA IMPLEMENTAR VOLTE.....		38
3.1.	Diagnóstico de la red actual 3G en Guayaquil.....	38
3.2.	Arquitectura de la red actual 3G en Guayaquil.....	48
3.3.	Ubicación geográfica de los e-Nodos B de la tecnología LTE en Guayaquil.....	50
3.2.1.	Interfaces de la red actual 3G.....	54
3.2.2.	Evolución al servicio de Voz sobre LTE.....	56
3.2.3.	Tecnología 4G LTE en Ecuador.....	57
3.2.4.	Datos técnicos en el Ecuador sobre 4G LTE.....	58
3.2.5.	Conexión en el Ecuador 4G LTE.....	58

3.2.6.	Diagrama actual de la tecnología 4G en Ecuador	60
3.3.	Implementación de CSFB para el servicio de voz en LTE	63
3.3.1.	VoLTE evoluciona en Latinoamérica.....	63
3.4.	Implementación de VoLTE en Ecuador.....	65
3.4.1.	Calidad de Voz en la llamada	65
3.4.2.	Eficiencia Espectral Mayor	65
3.4.3.	Simplificación	65
3.4.4.	Evolución a VoLTE en Ecuador	66
3.4.5.	Consideraciones para implementar VoLTE en Ecuador	66
3.4.6.	Nivel de Acceso	66
3.4.7.	Nivel de Core.....	66
3.4.8.	Ejemplo de llamada VoLTE	67
3.4.9.	VoLTE en teléfonos móvil	67
CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.		69
4.1.	Conclusiones.....	69
4.2.	Recomendaciones.....	70
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		71

Índice de Figuras

Capítulo 2

Figura 2. 1: Evolución de las tecnologías móviles.	6
Figura 2. 2: Arquitectura básica LTE.....	10
Figura 2. 3: Elemento de LTE.	12
Figura 2. 4: Partes fundamentales de la Arquitectura LTE.	13
Figura 2. 5: Arquitectura básica IMS.....	15
Figura 2. 6: Componentes principales de la Arquitectura IMS	16
Figura 2. 7: Protocolo SIP.....	18
Figura 2. 8: Comunicación SIP	20
Figura 2. 9: Arquitectura VoLTE y sus interconexiones.	22
Figura 2. 10: Elementos de VOLTE	23
Figura 2. 11: Parámetros de calidad VOLTE	27
Figura 2. 12: Flujo de Llamadas VOLTE	28
Figura 2. 13: Ancho de Banda Voz HD	31
Figura 2. 14: Arquitectura de CSFB	33
Figura 2. 15: Arquitectura de SRVCC	34

Capítulo 3

Figura 3. 1: Análisis de la eficiencia de voz 3G en la prosperina oeste.	38
Figura 3. 2: Análisis de la eficiencia de voz 3G en la Av. Francisco de Orellana.	40
Figura 3. 3: Análisis de la eficiencia de voz 3G en el sector de la Bahía.	42
Figura 3. 4: Análisis de la eficiencia de voz 3G en el sector de Samanes... ..	43
Figura 3. 5: Análisis de la eficiencia de voz 3G en el sector de La Puntilla.	45
Figura 3. 6: Análisis de la eficiencia de voz 3G en el sector del túnel de San Eduardo.	47
Figura 3. 7: Arquitectura general red 3G CNT	49
Figura 3. 8: Ubicación e-Nodo B Prosperina.....	50
Figura 3. 9: Ubicación del e-Nodo B en la Av. Francisco de Orellana	51
Figura 3. 10: Ubicación del e-Nodo B en la Bahía-Malecón.	52
Figura 3. 11: Ubicación del e-Nodo B en Samanes.	53

Figura 3. 12: Ubicación del e-Nodo B en sector La Puntilla.....	54
Figura 3. 13: Interfaces actuales de la red 3G Guayaquil	55
Figura 3. 14: Suscriptores LTE	57
Figura 3. 15: Conexiones de 4G LTE a nivel mundial.....	59
Figura 3. 16: Cobertura de red 4G LT a nivel Mundial	60
Figura 3. 17: 4G LTE en Ecuador	62
Figura 3. 18: 4G LTE en Latinoamérica	64
Figura 3. 19: Llamada entre usuarios LTE	67
Figura 3. 20: VoLTE en teléfonos Móviles	68

Índice de Tablas

Capítulo 3

Tabla 3. 1: Frecuencias y Bandas 4G LTE en Ecuador	58
Tabla 3. 2: Datos técnicos red 4G LTE en Ecuador	58

Resumen

En el proyecto se presenta todos los fundamentos teóricos para analizar la nueva tecnología que se pretenden implementar en el Ecuador ya que como todos sabemos la utilización de llamadas de voz mediante el uso de paquete de datos en las redes de comunicación, toma un papel muy importante en esta época ya que es un medio factible para la comunicación, cabe resaltar que la calidad de voz mediante la utilización de paquete de datos en la actualidad tiene muchos defectos y es ahí que se pretende introducir la tecnología VOLTE que es un servicio de voz sobre LTE con la utilización redes de nueva generación. Volte es una tecnología en evolución de servicio de voz y mi aporte consiste en determinar los beneficios que tiene y las ventajas que ofrece al introducirse como nueva tecnología para el mejoramiento y optimización de llamadas de voz mediante paquete de datos. El proyecto busca analizar el desenvolvimiento de la tecnología de voz ya existentes para su mejoramiento con introducción de nuevas tecnologías para que tengan un uso aceptable y una calidad óptima de llamadas de voz mediante paquete de datos ya que este medio de comunicación es uno de los más importantes y más utilizados por las personas que tienen como servicio un plan de datos contratado al proveedor de servicio de telecomunicaciones.

Palabras Claves: LTE, VoLTE, Paquete de Datos, redes de comunicación, generación.

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1. Introducción.

En los últimos años las telecomunicaciones han tenido un favorable cambio los cuales han permitido un gran desarrollo en las comunicaciones, el cambio evolutivo en las generaciones de telefonía móvil a la generación actual de 4G y 5G la misma que quiere ser tomada para mejorar el servicio de llamas de voz mediante paquete de datos con la nueva tecnología VoLTE (voz sobre LTE).

LTE (Long Term Evolution) es una tecnología que trae mejoras, introducida a partir del proyecto de asociación de tercera generación (*3rd Generation Partnership Project, 3GPP*), con principal objetivo del 3gpp es establecer las especificaciones de un sistema global de telecomunicaciones de tercera generación para teléfonos móviles. LTE es una tecnología que puede soportar 150 Mbps en bajadas y 50 Mbps de bajada como anchos de banda, con esto existe una amplia mejora en el servicio para los usuarios.

LTE tiene estándares globales los cuales son favorables para una reducción de costos tanto para proveedores de servicio como para los usuarios, una de las ventajas de LTE es la disminución de los nodos de red, operación y mantenimiento muchos más sencillo y automatizado. En las principales evoluciones que ha tenido LTE la voz se da mediante circuitos conmutados (*Circuit Switched FallBack, CSFB*).

1.2. Antecedentes.

Actualmente los proveedores de telecomunicaciones brindan a los usuarios un servicio de paquete de datos los cuales son utilizados para realizar llamadas de voz las cuales no son muy adecuadas o no tienen la suficiente eficacia es por ellos que estos proveedores buscan mejorarlas y es ahí que nuevas tecnologías toman un papel muy importante para que mediante esto puedan mejorar las llamadas de voz y así los usuarios puedan adquirir una mejora en su plan, esto conllevaría a una ganancia tanto económica para el proveedor como un óptimo y mejorado servicio para el usuario.

1.3. Justificación del Problema.

Las evoluciones constantes que tienen las telecomunicaciones han hecho que nuevas tecnologías sean implementadas para un mejor desarrollo de las comunicaciones, es ahí en donde la utilización de datos toma un papel fundamental para los usuarios ya que mediante esto realizan llamadas de voz, las cuales muchas de las veces tienen problemas de conexión por lo que es necesario el estudio de la implementación de nuevas tecnologías como es VoLTE para su uso óptimo y eficaz y así no tengan ningún problema al momento de realizar llamadas de voz mediante paquete de datos.

1.4. Definición del Problema.

En el campo de las telecomunicaciones existen planes de datos en 2G y 3G los cuales son usados para realizar llamadas de voz y estas tienen dificultad para conectarse y sufren caída de señal es por eso que se quiere

conocer que aspectos influyen en estas situaciones, por lo cual se plantea el siguiente problema, ¿Cómo un estudio del mejoramiento de llamadas de voz mediante paquete de datos con la utilización del servicio de voz sobre LTE en tecnologías de 4G, benefician a los usuarios?

1.5. Objetivos del Problema de Investigación.

1.5.1. Objetivo General.

Realizar un estudio para el mejoramiento y optimización de llamadas de voz con la utilización del servicio de voz sobre LTE.

1.5.2. Objetivos Específicos.

- Analizar los actuales procesos de llamadas de voz mediante las tecnologías existentes.
- Conseguir conocimientos técnicos de la tecnología de voz sobre LTE.
- Describir los beneficios y mejoras que trae la tecnología VOLTE.

1.6. Hipótesis.

El estudio a realizarse sobre el mejoramiento de llamadas de voz mediante paquete de datos analizando la introducción de VOLTE como nueva tecnología y la utilización de redes de 4G que comprime su paquete de datos al ser enviados en una frecuencia de audio de 50Hz y 7Khz , su sustitución de redes GSM y UTMS que sirve para transmitir voz entre terminales con una capacidad de transmisión limitada a una frecuencia de 300 Hz entre 3,4Khz que limita un uso óptimo al momento de realizar llamadas de voz, si benefician a los usuarios.

1.7. Metodología de Investigación.

La metodología a utilizar en la elaboración del presente proyecto tomará un enfoque: cualitativo, descriptivo, explicativo.

- Cualitativo, se valorará la calidad actual de la llamada de voz con las tecnologías que se está utilizando.
- Alcance Descriptivo, con la recolección de toda la información de la investigación vamos a llegar a nuestro objetivo principal que es “Realizar un estudio para el mejoramiento y optimización de llamadas de voz mediante paquete de datos con la utilización del servicio de voz sobre LTE”.
- Alcance Explicativo, en este estudio se analizará y se propondrá soluciones para poder optimizar las llamadas de voz con la utilización de datos mediante la nueva tecnología VOLTE.

CAPÍTULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. Evolución de la tecnología móvil.

Todos tenemos la necesidad de comunicarnos mediante varias tecnologías y es así como se va impulsando el desarrollo, el apareamiento y mejoramiento de estas. Los varios cambios que han sufrido las generaciones de telefonía móvil han traído servicios que cada una de las generaciones han podido brindar, cada generación se distingue por características propias y que representan a cada una de ellas.

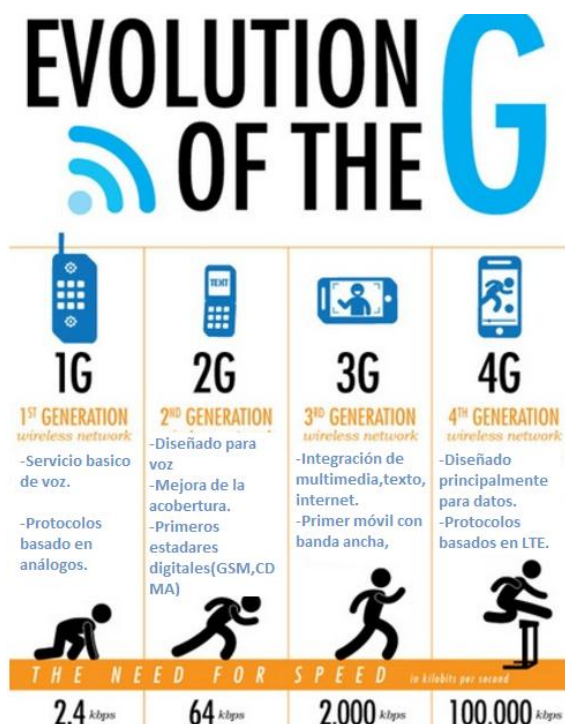


Figura 2. 1: Evolución de las tecnologías móviles.

Fuente: (Tecno Tics , 2013)

2.1.1. Primera Generación.

Esta primera generación se dio a partir de la época de 1980 en esta se introdujo los teléfonos celulares su principal característica fue la de ser una tecnología analógica su única función era la del servicio de voz, la desventaja de esta generación era que tenía una calidad baja y una inseguridad al

momento de la transmisión de información. Al momento de transmitir información lo hacía mediante el acceso múltiple por división de frecuencia (*Frequency Division Multiple Access, FDMA*), operaban en niveles de transmisión de 28 kbps y 56 kbps. Esta generación también contaba con otras tecnologías como: Telefonía Móvil Nórdica (*Nordic Mobile Telephone, NMT*), Sistema de Comunicación de Acceso Total (*Total Access Communication System, TACS*), y Sistema Telefónico Móvil Avanzado (*Advanced Mobile Phone System, AMPS*).

2.1.2. Segunda Generación.

La segunda generación fue una tecnología mucho más avanzada que la primera ya que era digital con enlaces simultáneos con un mismo ancho de banda, con esta generación se presentó los terminales móviles en costos económicos reduciendo el tamaño y consumo de potencia. Con la generación de telefonía móvil (2G) no solo era posible la transmisión de voz, también se desarrolló el servicio de SMS que es el envío de mensajes de texto, encriptación de mensajes, otros servicios secundarios que trajo esta generación fueron: desvío de llamadas, identificador de llamadas y las restricciones de llamadas.

2G implemento varios protocolos entre estos esta: Sistema Global para las Telecomunicaciones Móviles (*Global System for Mobile Communications, GSM*), Acceso Múltiple por División de Tiempo (*Time Division Multiple Access, TDMA*), Multiplexación por División de Código (*Code Division Multiple Access, CDMA*), dicha generación tiene un funcionamiento de técnicas de

multiplexación por división de tiempo, para mejorar la transición de datos con un aumento de velocidad se desarrolló el Servicio General de Paquetes Vía Radio (*General Packet Radio Service, GPRS*) y la Tasa de Datos Mejoradas para la Evolución del GSM (*Enhanced Data Rates for GSM Evolution, EDGE*). Los usuarios de tecnologías de segunda generación utilizan TDMA y FDMA en la cual comparten una frecuencia, impidiendo así una interferencia entre usuarios.

2.1.3. Tercera Generación.

La tercera generación de telefonía móvil 3G fue implementada a partir del año 2000 con esta se desarrolla la transmisión de datos con el uso del Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles (*Universal Mobile Telecommunication System, UMTS*) la cual opera en bandas de 850, 1800, 1900 y 2100 MHz, tienen una transmisión de 384kbps y de 2 Mbps en terminales de estado fijo, con esta generación la tecnología brinda un alto potencial espectral para datos, voz y una transmisión simultánea. Una de las tecnologías también desarrolladas en la tercera generación es la Baja Velocidad en el Acceso de Paquetes (*High Speed Downlink Packet Access, HSDPA*) que aumenta la velocidad de descarga para su transmisión es de 14,4 Mbps y la subida de 384Kbps.

2.2. Introducción a la tecnología LTE.

LTE es una tecnología de banda ancha inalámbrica desarrollada por Proyecto Asociación de Tercera Generación (*3rd Generation Partnership Project, 3GPP*), que se utiliza para enviar y recibir datos a una gran velocidad

con el objetivo de que los dispositivos móviles tengan internet, esta tecnología es el mejoramiento de la tercera generación de telefonía móvil, tiene menor latencia y uso y tiempo de procesamiento más rápido. Uno de los beneficios de esta tecnología es que permite a los usuarios descargar y subir datos al internet a gran velocidad esto se refiere a que la subida de datos puede ser entre 1 y 50 Mbps y para su descarga llega a 1 y 20 Mbps, LTE hace un uso eficiente del espectro esto equivale a más carriles en la autopista de banda ancha móvil y así es posible un ahorro económico tanto para el proveedor como para el usuario ya que sería una mayor y mejorar cobertura.

2.2.1. Componentes de la tecnología LTE.

LTE consta de componentes principales (véase la figura 2.2) que son el dominio del núcleo de paquetes evolucionados (*Evolved Packet Core, EPC*) y una red de acceso terrestre universal evolucionado (*Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network, E-UTRAN*), y por otro, la evolución del subsistema el Subsistema Multimedia IP (*IP Multimedia Subsystem, IMS*) se da origen en el entorno de los sistemas UMTS. Varios de los componentes de LTE fueron diseñados para trabajar con varios tipos de servicios de telecomunicación utilizando mecanismos de conmutación de paquetes, con esto no se da utilización a componentes adicionales para la provisión de servicios en modo circuito (en el sistema LTE los servicios con restricciones de tiempo real se soportan también mediante conmutación de paquetes). En este sentido, EPC constituye una versión evolucionada del sistema GPRS. (Ramon Agusti Comes, 2013).

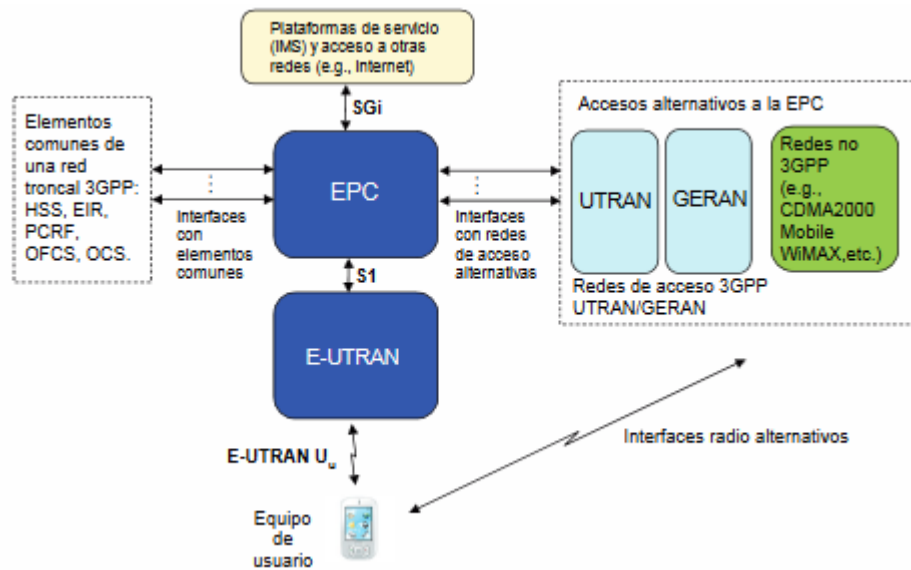


Figura 2. 2: Arquitectura básica LTE.
Fuente: (Ramon Agusti Comes, 2013)

Las redes E-UTRAN y EPC utilizan el traspaso de paquetes IP a través de varios equipos que utilizan los usuarios y redes de paquetes que se encuentran externas, así como plataformas de la red subsistema multimedia IP y diferentes redes como son el internet. Los servicios de transferencia de paquetes IP en varias ocasiones se configuran para dar soluciones a los servicios finales que lo utilicen, las señalizaciones que se realizan son enviadas a través de plataformas de servicios externas.

El servicio de transferencia de paquetes IP que brinda la red LTE entre el equipo de usuario y una red externa se la designa servicio portador del sistema de paquetes evolucionado (*Evolved Packet System, EPS*). Asimismo, la parte del servicio de transferencia de paquetes que proporciona la red de acceso E-UTRAN se denomina E-UTRAN Radio Access Bearer (ERAB). (Ramon Agusti Comes, 2013).

Según (Sanchez, 2017). LTE tiene una configuración de línea de base para un enlace descendente de Múltiple Entrada Múltiple Salida (*Multiple-Input Multiple-Output, MIMO*) de 2*2 la cual consta de dos antenas de transmisión en la estación base y dos antenas de recepción en la estación terminal.

MIMO es una técnica que se utiliza para que las velocidades de datos aumenten mediante la transmisión de múltiples flujos, dicha técnica utiliza varias antenas en el receptor y transmisor con el objetivo de aprovechar al máximo la propagación por trayectos múltiples, en varias ocasiones existen impedimentos de la transmisión de señal debido a presencia de edificios o árboles, es aquí en donde actúa MIMO (Multiple-Input Multiple-Output) por la utilización de varias antenas que le permiten distinguir distintas señales por diferentes caminos.

2.2.2. Equipos de la tecnología LTE.

En la figura 2.3 los equipos de red LTE se conectan mediante una red física conocida regularmente como red de transporte, es una red IP convencional. Los equipos que son utilizados por el estándar 3GPP, también incorporan otros elementos de las redes IP tales como routers, servidores de Protocolo de Configuración Dinámica de Host (*Dynamic Host Configuration Protocol, DHCP*) para la configuración automática de las direcciones IP de los equipos de la red LTE y servidores de Sistemas de Nombre de Dominio (*Domain Name Server, DNS*), direcciones de Control de

Acceso a Medios (*Media Access Control, MAC*), con sus direcciones IP, según (Erick ribera, 2013)

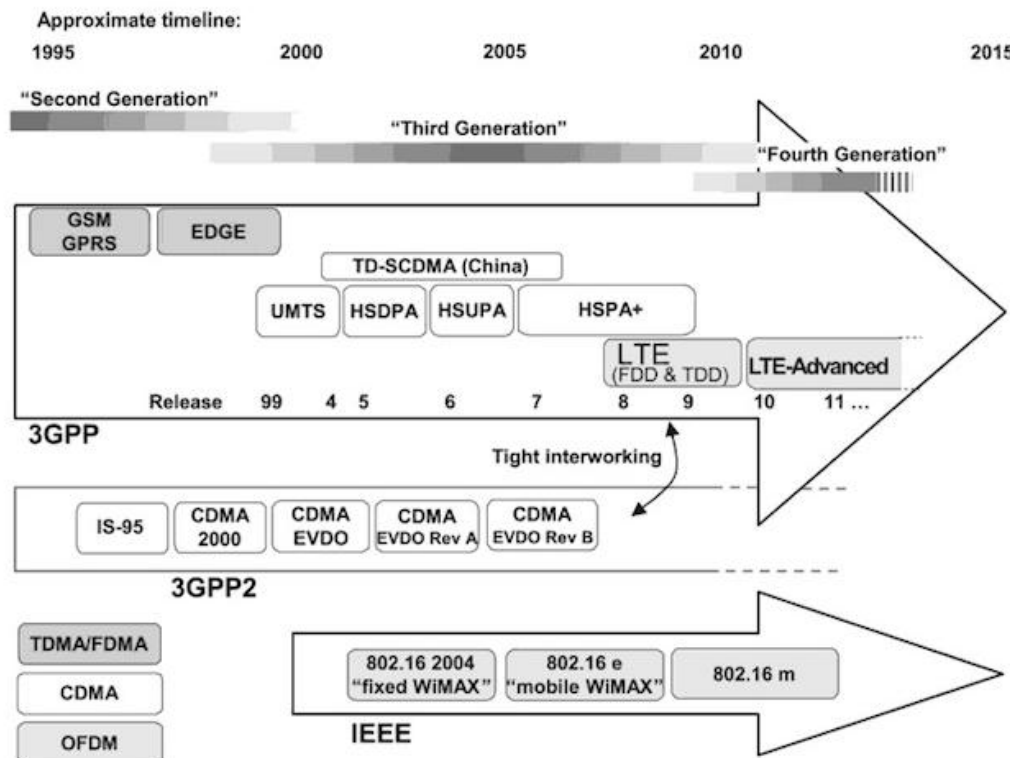


Figura 2. 3: Elemento de LTE.
Fuente: (Erick ribera, 2013)

2.2.3. Arquitectura de la red LTE.

En la figura 2.4 la arquitectura de la red LTE lo principal es la conmutación de paquetes, se da un ahorro económico en lo operacional y en el mantenimiento, esta arquitectura consta por dos partes, la primera es la red de acceso E-UTRAN y la segunda es la red EPC, la unión de estas redes se las denomina EPS (Evolved Packet System).

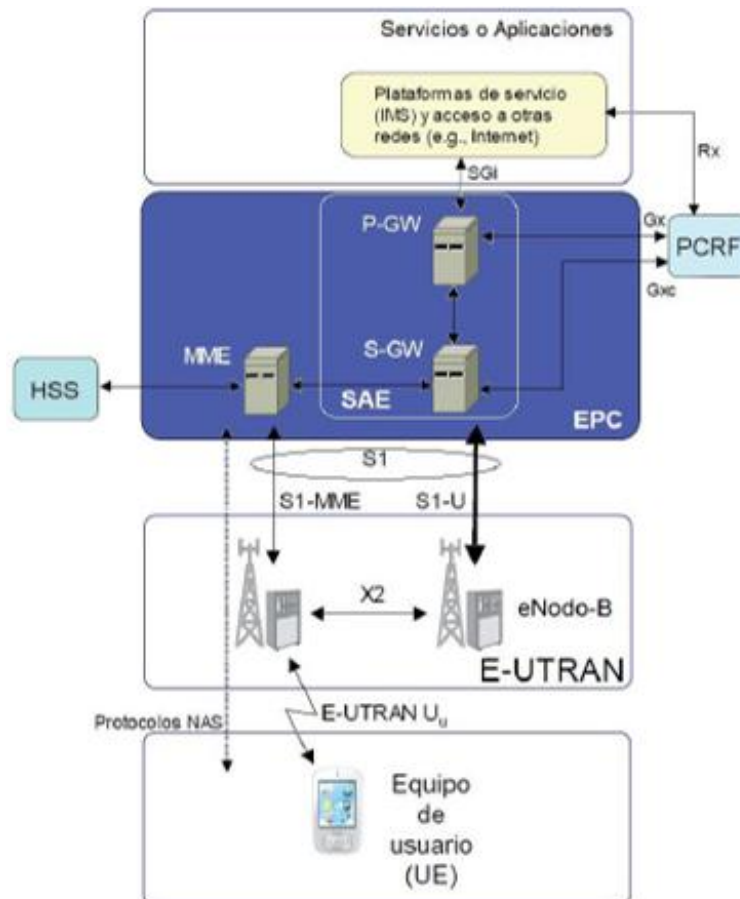


Figura 2. 4: Partes fundamentales de la Arquitectura LTE.
Fuente: (Juan Morales , 2015)

2.2.4. 3GPP.

3GPP es una asociación de proyectos que se da a partir de la tercera generación con estándares que distribuyen contenidos multimedia de forma inalámbrica, el objetivo principal es elaborar nuevas especificaciones y nuevos estándares, 3GPP comenzó con las comunicaciones móviles o GSM con lo cual desarrolló del sistema global. 3GPP se encarga del desarrollo y mantenimiento de GSM que es un sistema global para las telecomunicaciones, tecnologías UTRAN y IMS.

2.3. Inicio a la Tecnología Subsistema Multimedia IP

IMS es estandarizada por 3GPP y fue creada para la evolución de UMTS, esta describe una arquitectura de red central que se utiliza para el

tráfico de imágenes, video, voz conjuntamente por medio del ruteo de paquetes en direcciones IP. Una de las funciones de esta tecnología es almacenar y controlar los datos de los usuarios para dar funciones de gestión de roaming, control de la calidad de servicio, autenticación de red. IMS utiliza totalmente la arquitectura LTE y así un eficiente uso de la voz, esta tecnología puede incorporarse con el 2G y 3G lo que quiere decir que el usuario pueda recibir llamadas cuando este fuera de la cobertura de LTE. Las principales características de IMS pueden ser:

- Las llamadas se realizan el tiempo real
- IMS es una tecnología que permite al usuario trasladarse de un sistema a otro sin que pierda conexión.
- IMS es capaz de integrarse a otras tecnologías.
- IMS permite una reducción de costos.
- Su tecnología es basada en estándares de conectividad IP.

2.3.1. Aplicación de la tecnología Subsistema Multimedia IP

Existen varias aplicaciones que nos muestra la tecnología IMS como son las: (a) identificar las llamadas, (b) enrutar una llamada en tiempo real desde un teléfono móvil a un fijo, y (c) avisar un correo en algún dispositivo y el usuario pueda contestar desde un móvil, computador o laptop.

2.3.2. Arquitectura de la red Subsistema Multimedia IP

IMS ha desarrollado un cambio fundamental de tipo voz en las redes de telecomunicaciones, esta tecnología aporta una red IP de multi-acceso y multi-servicio eficaz, segura y confiable. Nos referimos Multi-acceso a toda red

acceso ya sea móvil, fija o banda ancha pueda unirse a IMS, por otro lado, Multi-servicio quiere decir que los usuarios alcanzan varios niveles de calidad en su servicio. La figura 2.5 muestra la arquitectura básica de IMS.

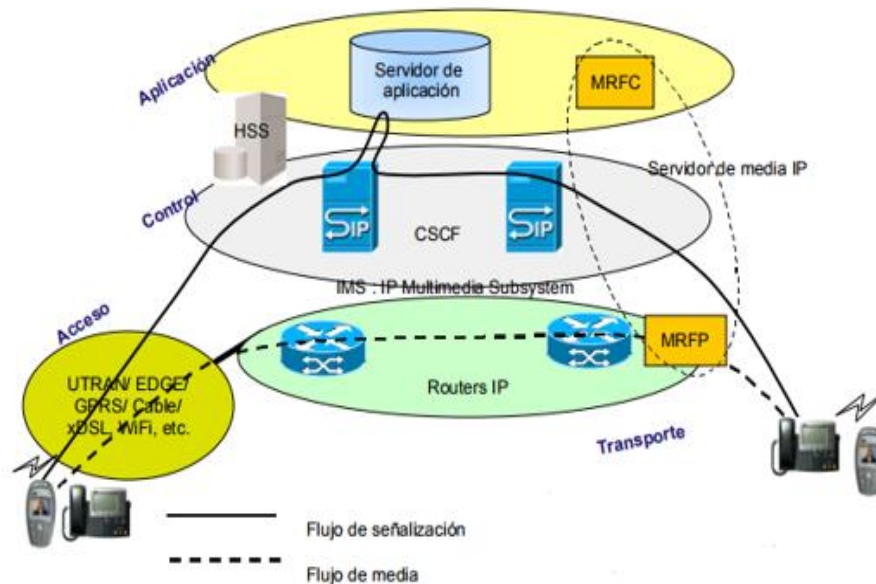


Figura 2. 5: Arquitectura básica IMS.
Fuente: (EFORT, 2017)

En la tecnología IMS existen varias redes que actúan entre sí, esto se da ya que los operadores desarrollan varios acuerdos de roaming, la arquitectura de esta tecnología consta de algunas capas importantes que son:

- **Transporte:** Esta capa consta de routers que son utilizados para el acceso y para el tránsito, dicha capa es conectada por la red de transmisión.
- **Aplicación:** esta capa tiene servidores de media IP.
- **Control:** esta capa se encarga de dirigir la señalización ente usuarios.
- **Acceso:** en esta capa están presentes los: UMTS, UTRAN o CDMA.

2.3.3. Componentes de la Arquitectura de Subsistema Multimedia IP

Para comprender cada uno de los componentes de la arquitectura de la tecnología IMS se presenta la figura 2.6 con cada uno de sus elementos en cada una de las capas que desarrollo 3GPP.

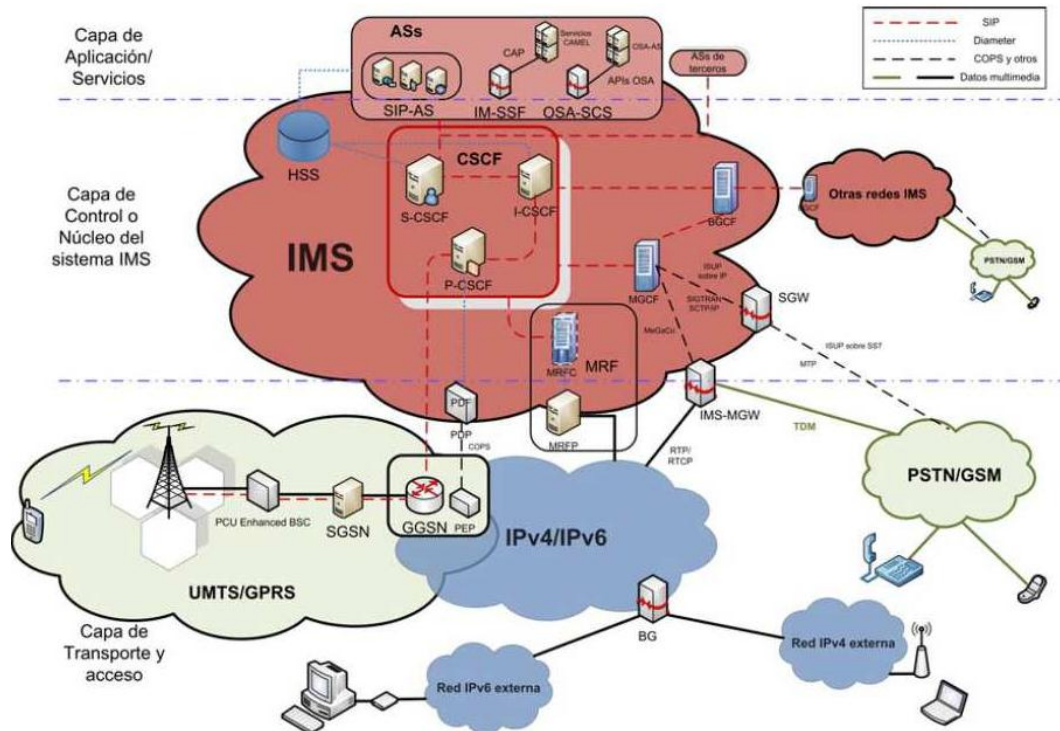


Figura 2. 6: Componentes principales de la Arquitectura IMS
Fuente: (Edadmovil, 2014)

- **BGCF** (*Breakout Gateway Control Function*): se encarga de reducir el recorrido de la llamada.
- **MGCF** (*Media Gateway Control Function*): permite que se comuniquen los usuarios IMS con el Cs, por otro lado, también es utilizado para descifrar la señalización de ISUP a SIP.
- **MRFC** (*Multimedia Resource Function Controller*): controla las funciones de multimedia que pueden ser los tonos, anuncios, etc.
- **SLF** (*Subscription Location Function*): determina donde se encuentra el usuario.

- **CSCF** (Call Session Control Function): parte fundamental de la red IMS, controla los registros de los usuarios, controla el inicio de sesión, controla las llamadas y brinda seguridad a la sesión iniciada, este elemento tiene tres partes fundamentales con son: P-CSCF, S-CSCF, I-CSCF.
- **P-CSCF**: control de calidad de la llamada y control de recursos (en este punto los usuarios tienen el primer contacto con la red IMS).
- **S-CSCF**: Establece, libera y da mantenimiento a la gestión de sesiones, se encarga de dar seguridad a la sesión, actualiza el HSS y permite que los usuarios utilicen el servicio de aplicaciones.
- **I-CSCF**: asigna un S-CSCF y da la dirección que se obtiene del HSS, envía los registros del SIP al S-CSCF.
- **HSS**: datos principales del usuario y de aquí pasan al S-CSCF.

2.3.4. Protocolos del Subsistema Multimedia IP.

Esta tecnología utiliza protocolos principales con es el de señalización dentro de este existe: SIP y SDP.

2.3.4.1. Protocolo SIP.

Este protocolo es señalado por el 3GPP como principal, en la figura 2.7 nos muestra que se encarga de la señalización cliente-servidor, funciona para el mantenimiento y establecimiento de las sesiones del IMS, identifica que usuario se encuentra realizando funciones, dentro de este protocolo podemos iniciar, modificar y terminar sesiones multimedia. Como finalidad principal es la que permita realizar un intercambio de videos, voz, texto, imágenes en tiempo real, para poder navegar por internet emplea HTTP o SMPT, como

ventaja primordial este protocolo trabaja de manera independiente del protocolo de transporte.

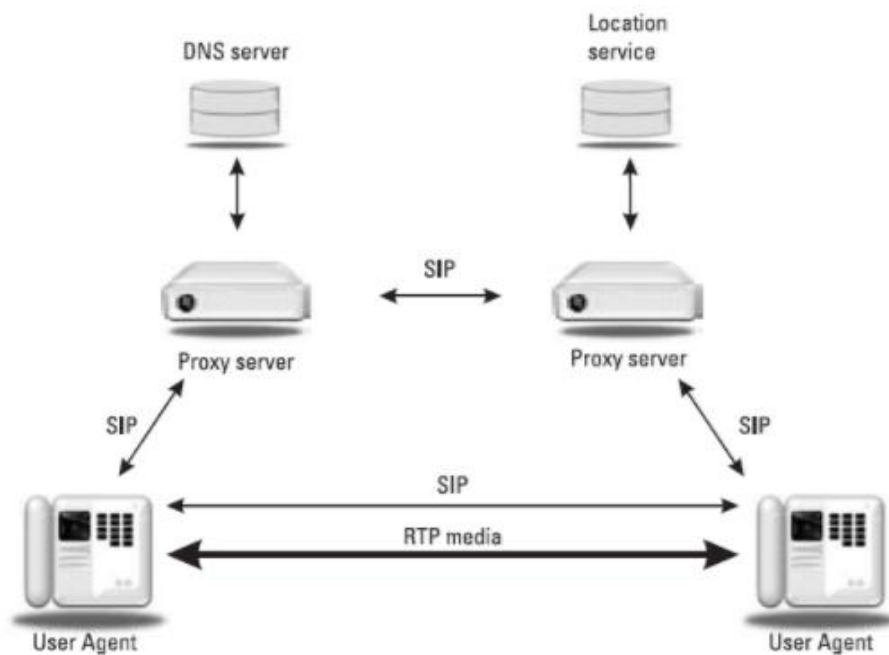


Figura 2. 7: Protocolo SIP.
Fuente: (Alejandro Díaz , 2017)

2.3.4.2. Protocolo Diameter.

Este protocolo también es tomado como principal en la red IMS ya que brinda un servicio: Autenticación, Autorización y Contabilidad (*Authentication, Authorization and Accounting, AAA*) en este protocolo el cliente y el servidor hacen un intercambio de comandos.

- **Autenticación:** En este podemos observar que usuario envía y que usuario recibe la información.
- **Autorización:** Permite acceder al tiempo de ejecución de instrucciones, archivos y a bases de datos.
- **Contabilidad:** Se permite unir toda la información obtenida con el objetivo de realizar otras funciones.

2.3.4.3. Protocolo SDP.

Este protocolo describe los parámetros necesarios para una notificación, para poder iniciar y establecer una sesión multimedia, Protocolo de Descripción de Sesión (*Session Description Protocol, SDP*) tiene utiliza una serie de datos que tienen que ir de forma ordenada que son:

- **Descriptores del nivel de sesión:** Da a conocer un conjunto detallado de la sesión y el traslado de datos.
- **Descriptores de tiempo:** Describe cuando la sesión inicio y cuando finaliza.
- **Descriptores de media:** Da a conocer principalmente el flujo de datos de media.

2.3.4.4. Comunicación SIP.

En una comunicación SIP se realiza el intercambio de mensajes entre cliente y servidor, este proceso se realiza mediante algunas peticiones y respuestas para que puedan agruparse en una misma transacción.

Existen algunos métodos para los mensajes SIP que pueden ser los siguientes:

- **INVITE:** Se inicia una llamada telefónica, este se utiliza para comenzar una sesión.
- **ACK:** Dentro de este mensaje esta la solicitud de INVITE.
- **CANCEL:** Este mensaje sirva para realizar una cancelación de sesión ya sea como INVITE o llamada.
- **BYE:** Se utiliza para culminar con una sesión establecida.

- **REGISTER:** Sirve para registrar o localizar la información de un usuario.
- **OPTIONS:** Se utiliza para que un cliente SIP pueda consultar a otro cliente SIP.
- **INFO:** Es utilizado para poder enviar dígitos DTMF en forma de notificación.
- **REFER:** Sirve para solicitar la transferencia de una llamada.
- **SUBSCRIBE:** Permite al usuario conocer si tiene algún correo de voz pendiente.
- **STATUS:** Da a conocer el estado de la sesión.

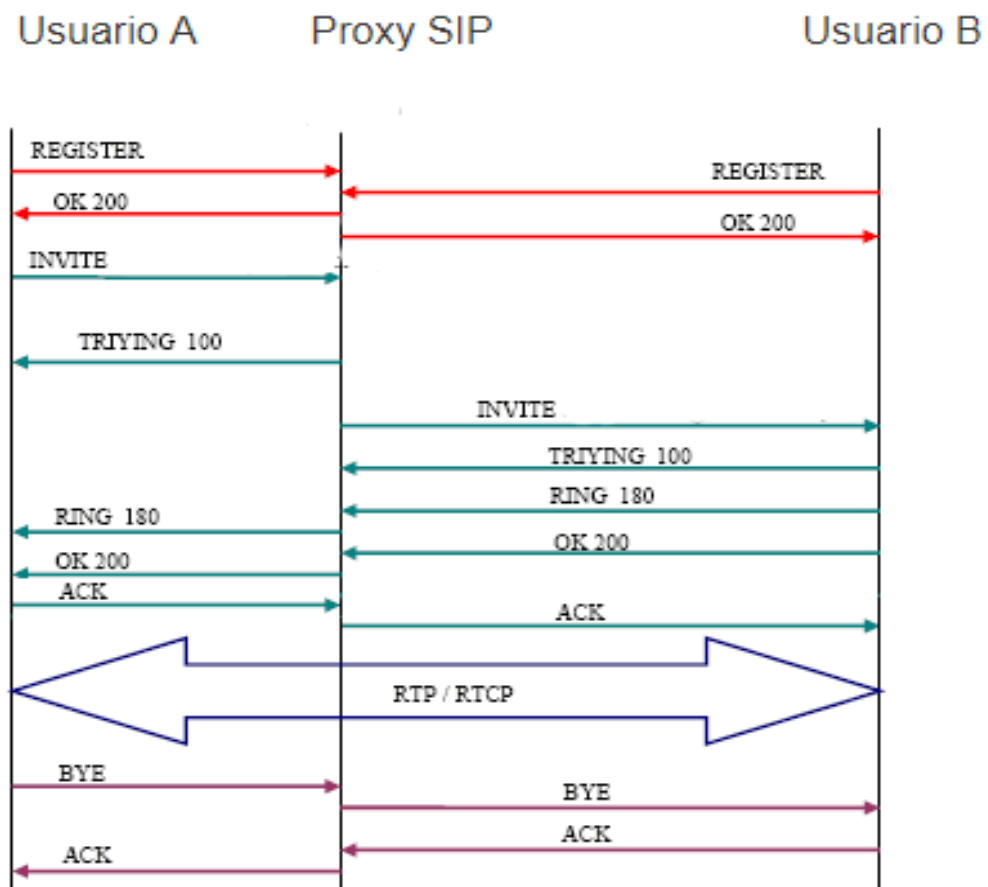


Figura 2. 8: Comunicación SIP
Fuente: (VoipForo, s.f.)

- En la sesión 1 y 2 los usuarios tienen que ser registrados para de esta manera poder localizar otro usuario.
- En la siguiente parte se establece un sesión en la cual se da una petición INVITE y se procese hacer la llamada del usuario A al B.
- En el siguiente paso pasa a funcionar el protocolo RTP de la llamada establecida.
- En la última parte se da el final de la sesión con el mensaje de BYE que es enviada al proxy para posteriormente enviar al usuario B.

2.4. Introducción a la tecnología voz sobre LTE (VoLTE).

VoLTE (Voz sobre LTE) este servicio pretende mejorar las llamadas de voz en alta definición a lo que podrías definir como llamadas HD, VoLTE maneja 4G la cual se encarga de enviar paquete de datos comprimidos que nos lleva a la comunicación que se basa en internet. IMS (Subsistema Multimedia IP) es una tecnología creada por 3GPP que se desarrolló para aprovechar al máximo las capacidades de los teléfonos móviles, en esta emplea totalmente la arquitectura de LTE lo que permite al servicio de voz se más adecuado y de mejor calidad. Como todos sabemos la calidad de voz en la actualidad es muy baja o en varias ocasiones pierde conexión, con este desarrollo de nuevas tecnologías las llamadas pasaran de un códec de 8kbps que puede alcanzar uno de 13kbps, también se tendrá un rango frecuencia, en la actualidad tenemos uno de 300 a 3000Hz y pasará a 50 a 7000Hz.

La tecnología VoLTE nos permitirá un ahorro de batería en nuestro teléfono móvil, con esta tecnología tendremos muchas ventajas ya que podremos descargar u subir archivos mientras tengamos establecida una llamada de voz, VoLTE también nos permitirá realizar llamadas mediante Wi-Fi.

2.4.1. Arquitectura de una red de voz sobre LTE (VoLTE)

La arquitectura de VoLTE se basa en otras de 3GPP y las principales son las arquitecturas de: IMS (IP Multimedia Subsystem), EPC (Evolved Packet Core), LTE (Long Term Evolution), que se muestran en la figura 2.9.

- La red de acceso de radio terrestre universal evolutiva (E-UTRAN), esto se lo conoce como evolución a largo plazo (LTE).
- EPC es un campo para proporcionar voz y datos convergentes en una red de 4G.
- IMS es una capa de servicio para proveer telefonía multimedia.

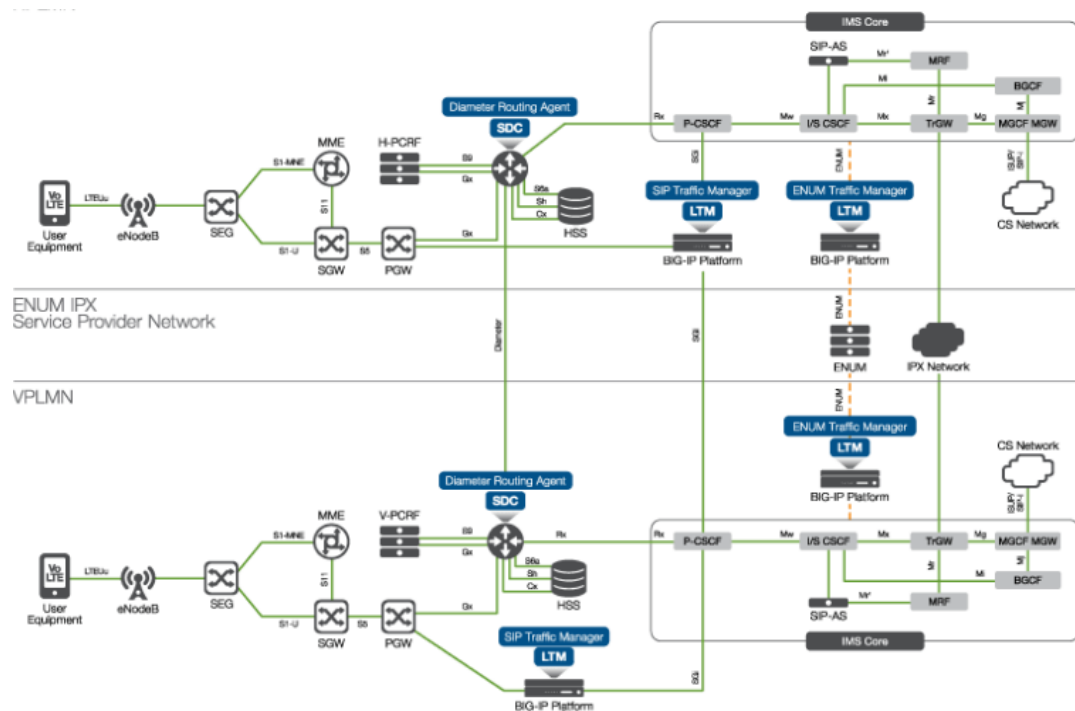


Figura 2. 9: Arquitectura VoLTE y sus interconexiones.

Fuente: (F5 Networks, 2017)

2.4.2. Elementos relevantes en una Arquitectura VOLTE

En la figura 2.10 que presentaremos a continuación podemos observar los elementos importantes de VOLTE, la red de Seguridad Pública (*Public Safety, PS*) se implementa por separada. La red IMS se superpone a la capa LTE y esta da origen a las llamadas básicas y la presencia de mensajes instantáneos. Para que el usuario se registre en la red IMS debe obtener una dirección IP en la red LTE, con esto los usuarios obtienen el servicio de voz.

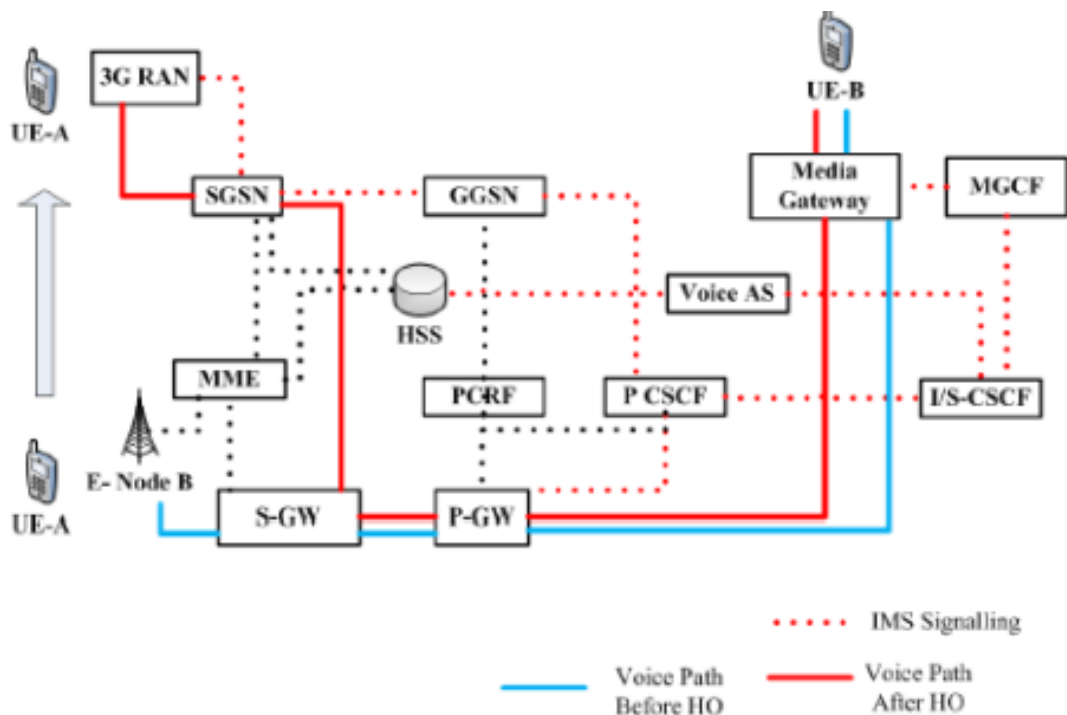


Figura 2. 10: Elementos de VOLTE

Fuente: (Ledesma, 2017)

2.4.3. Beneficios de VOLTE

Existen varios beneficios o ventajas de usar VOLTE ya que nos provee más velocidad y una mejora en las llamadas de voz, a continuación mencionaremos varias ventajas de su implementación:

- **Conexiones más rápidas:** Con la tecnología VOLTE el tiempo de establecer una llamada será reducido hasta veinte veces de lo que actualmente es.

- **Bajo consumo de batería:** VOLTE no exige tanto sus requisitos de red y es ahí en donde en donde la llamada de voz consume menos batería que una llamada en la actualidad con podría ser en WhatsApp.
- **Voz HD:** La voz en alta definición en VOLTE se trata en que el códec que de 8kbps que tienen una llamada de voz normal va a pasar a un códec que puede llegar a 13kbps, en este cambio de tecnología va a realizarse un mejoramiento ya que la frecuencia también va a aumentar notablemente de 300-3400Hz a 50-7000Hz lo que nos dará un voz en alta definición.
- **Conexión con Wi-Fi:** Nos permitirá conectarnos a una red wi-fi y así poder realizar llamadas, con esto tendríamos un ahorro notable en el consumo de nuestro paquete de datos.
- **Servicios Diversos:** Esta tecnología nos brinda un Servicio de Comunicaciones Enriquecida (*Rich Communications Services, RCS*) que se trata de un servicio diverso en el cual mientras se realiza una llamada de voz o video se puede transferir, datos, imágenes o adjuntar localización.

2.4.4. Interfaces de VOLTE

Existen varias interfaces en VOLTE las cuales son mencionadas por 3GPP y son:

- **LTE-Uu interface (UE-eNodeB):** Esta interfaz es de radio que se encuentra entre el equipo de usuario y el Nodo Evolucionado (*Evolved Node, eNodeB*).
- **S1-MME interface (UE-MME):** Esta interface de control se encuentra entre EUTRAN y la Entidad de Gestión de la Movilidad (*Mobility Management*

Entity, MME), en esta interfaz se utiliza el protocolo de Almacenamiento Conectado en Red (*Network Attached Storage, NAS*).

- **S1AP:** protocolo que utiliza el S1 y se encuentra entre EUTRAN y MME.
- **S1-U:** Se utiliza el protocolo GPRS, esta interfaz se encuentra entre EUTRAN y S-GW.
- **X2:** Utiliza el protocolo de señalización, está ubicado entre e-NodeB's
- **S5:** Se da una gestión de túneles entre puerta de enlace de servicio (*Serving Gateway, SGW*) y puerta de enlace de datos de paquetes (*Packet Data Network Gateway, PGW*), y estos pueden actuar como únicos elementos en la red.
- **S6a:** Esta interfaz se encarga de la autenticación y transferencia de datos.
- **S9:** Esta interfaz es la que se encarga de la información que se encuentra en la calidad de servicio (*Quality of Service, QoS*), con el fin de tener el roaming de política y control de carga (*Policy and Charging Control, PCC*) que se encuentra entre PMN de inicio y PMN visitado.
- **S10:** En esta interfaz se utiliza el protocolo de control, también se da la transferencia de información del MME.
- **S11:** Esta interfaz ocupa un protocolo GPRS que es un protocolo de control, esta interfaz se sitúa entre MME y SGW.
- **Gx:** El protocolo utilizado en esta interfaz es Diameter, GX se encuentra entre la función de control de políticas y reglas de carga (*Policy Control and Charging Rules Function, PCRF*) y PGW.
- **Rx:** Se encuentra dentro de la función de aplicación la cual solicita una función adecuado para dar comienzo a una sesión, el protocolo que se utiliza es Diameter.

- **SGi:** Se basa en Ip es básico para la red VOLTE y se encuentra dentro de la red IMS.
- **Cx:** esta interfaz se da al registro IMS, se encuentra dentro de CSCF y HSS.
- **Sh:** Esta dentro el servidor VOLTE y HSS para conocer la información del usuario en protocolo que se utiliza en esta interfaz es Diameter.
- **Gm:** Se encarga del registro y control de la sesión que se genera por la conexión del UE y de la red IMS.
- **Ut:** Permite la configuración del usuario que se da para el servicio que brinda VOLTE, esta interfaz se encuentra entre EU y el TAS.
- **Mx:** Los protocolos utilizados en esta interfaz son SDP y SIP, esta interfaz se utiliza para la comunicación con otra red IMS.
- **Mg:** Esta interfaz permite enviar mensajes SIP a la red CSCF que se encuentra conectada.
- **Mx:** Esta interfaz se encuentra dentro de la red principal IMS y se encuentra entre x-CSCF y otro igual.
- **ISC:** Permite que interactúe MMT con los servicios suplementarios del TAS, esta interfaz se encuentra dentro de CSCF Y Telephony Application Server.

2.4.5. Parámetros de calidad de VOLTE

El usuario recibe una calidad de voz la cual está determinada por varios parámetros, varios de estos parámetros se presenta en la figura 2.11 que son responsabilidad de los dispositivos adquiridos por el usuario y otro son las capacidades que tiene una red, entre conmutadores de paquetes y redes de

conmutación de circuitos no existe diferencia en la calidad de voz ya que estos reciben igual tipo de códec de voz.

El Delay es un parámetro que se vuelve difícil de manejar, la clave para lograr una eficiente utilización entre la calidad de voz y capacidad de voz es el manejo adecuado del parámetro de retardo en el servicio conmutado por paquetes. Para que el servicio de VOLTE sea de alta calidad tiene que existir un rendimiento del gestor de búfer de fluctuación de fase, y en la red se tiene que manejar una variación de tiempo de retardo de paquetes de hasta 80ms por enlace.

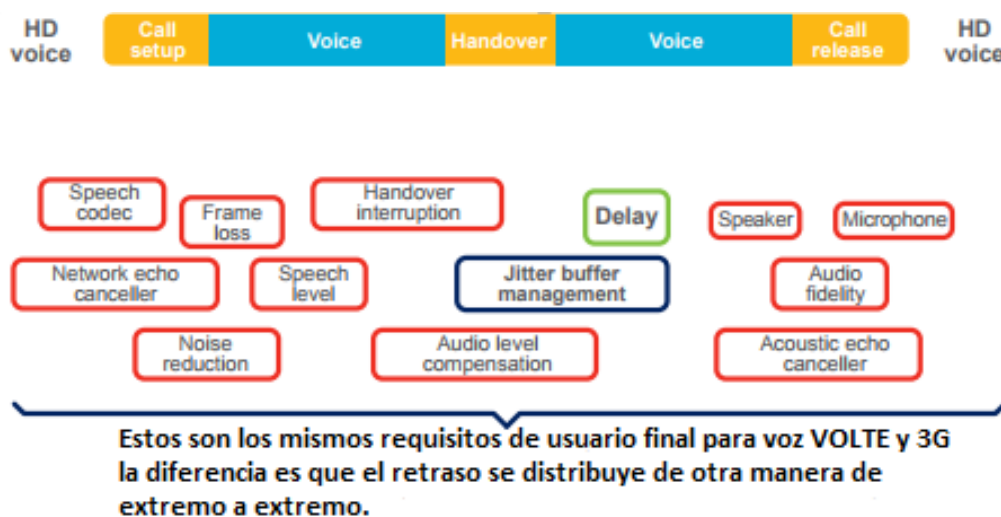


Figura 2. 11: Parámetros de calidad VOLTE
Fuente: (Ericcson, 2014)

2.4.6. Llamada Básica en VOLTE

La sesión que se establece en una llamada VOLTE tiene que ser enrutada a través de la red LTE, en la cual se le proporciona dos portadoras, la primera portadora asignada tiene relación con la señalización SIP en donde la información es marcada con un Identificador de clase de QoS, la segunda portadora asignada tiene relación con la red LTE. Con este uso de doble

portadora las comunicaciones de los Smartphone pueden ser mediante la red LTE o la red IMS, así como se muestra en la figura 2.12.

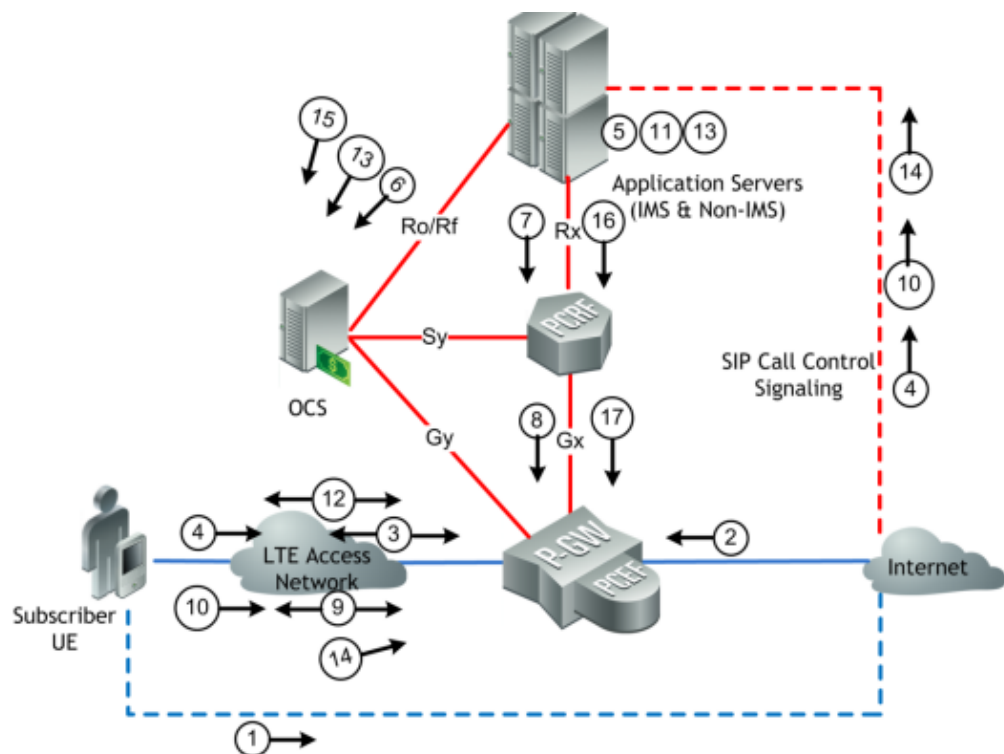


Figura 2. 12: Flujo de Llamadas VOLTE
Fuente: (Sandvine, 2015)

1.- Como punto uno se toma en cuenta que el móvil tenga acceso o se encuentre habilitado para funcionar en la red LTE.

2.- Se da la conexión a la red IMS, debido a que LTE identifica el P-GW.

3.- La red LTE se encarga de establecer una portadora SIP que está ubicado desde el suscriptor hasta P-GW. El valor del identificar de clases QoS (*QoS Class Identifier, QCI*) 5 se establece gracias a la portadora de LTE, este valor se necesita para la señalización del protocolo de inicio de sesiones (*Session Initiation Protocol, SIP*).

4.- Se envía un mensaje SIP "Invitar" desde el móvil hasta la red IMS, la red LTE transporta el mensaje y este no es conocido por la misma, existe un

protocolo que se encuentra dentro del mensaje y es protocolo de descripción de sesión (*Session Description Protocol, SDP*).

5.- Se extrae un ajuste de QoS la cual es requerida por el mensaje SIP, quien extrae este ajuste es la red IMS.

6.- El control de crédito (CCR) es solicitado a través de la red IMS

7.- En esta parte se utiliza el protocolo Diameter, en este punto el QoS requerido se va a enviar al función de políticas y reglas de cobro (*Policy and Charging Rules Function, PCRF*) que pasa a través de la interfaz RX.

8.- PCRF se encarga de desarrollar reglas que se aplican en una establecida sesión, estas reglas son enviadas al políticas y aplicación de función de carga (*Policy and Charging Enforcement Function, PCEF*) que va por una interfaz denominada Gx.

9.- El P-GW se encarga de establecer un “portador dedicado” esta solicitud llega al móvil y tiene un valor de QCI de 1.

10.- A la red IMS es enviado un mensaje SIP “UPDATE” (actualizar), esto se da después de que existe una confirmación por parte del móvil que establece que LTE puede brindar soporte al nuevo portador.

11.- IMS da dos procesos, primero brinda un proceso de configuración y el segundo establece la llamada.

12.- En la llamada VoIP existen paquetes bidireccionales los cuales transitan en la parte de adentro por la red LTE, a la P-GW y al móvil.

13.- En el transcurso de la llamada es solicitado un crédito al OCS esta solicitud la hace la red IMS, si no se da el crédito se procede a enviar un mensaje 402 (pago requerido) el cual llega al móvil y se procede a cancelar la llamada, este es el proceso de tarifar.

14.- Cuando la llamada culmina se procede a enviar un mensaje SIP “BYE” a la red de subsistema multimedia IP.

15.- Se envía una petición de CCR en el protocolo Diameter que llega al sistema de cobro en línea (*Charging System Online, OCS*), esta petición la hace la red IMS, se trata de terminar la medición de tarificación y procede activar las acciones para poder recoger los registros de facturación del SIV.

16.- La terminación de la llamada es notificada a la PCRF por la red IMS.

17.- La facturación de LTE se cierra debido a la indicación que hace el PCRF al PCEF, por consiguiente, se procede a instruir al P-GW a excluir al portador dedicado para la llamada VoIP.

2.4.7. Verificación para una calidad óptima de la llamada

Para garantizar una calidad positiva de la experiencia del suscriptor para llamadas VoLTE, los proveedores de servicio de comunicaciones (*Communications Service Providers, CSPs*) requieren un mecanismo de retroalimentación que mide la calidad real (es decir, la entregada). Con estas mediciones en efecto, los CSPs pueden comparar la calidad entregada con el valor QCI y la expectativa de calidad correspondiente al Retardo de paquetes. Si la calidad entregada no está a la altura, entonces este mecanismo de retroalimentación permite a los CSPs diagnosticar y corregir el problema. (Sandvine, 2015)

Más allá de simplemente tener en efecto la latencia y los puntajes medios de opinión (*Mean Opinion Score, MOS*) para la voz sobre protocolo IP (*Voice Over IP, VoIP*), los CSPs también pueden beneficiarse de una visión que se

extiende a la segmentación a nivel de dispositivo. De esta manera, los problemas relacionados con sistemas operativos, fabricantes o modelos en particular se pueden identificar y abordar rápidamente. (Sandvine, 2015)

2.4.8. Voz de alta definición

En la tecnología de voz de alta definición la codificación del audio es de banda ancha, en el cual el espectro vocal se considera el rango de frecuencia de 100 Hz a 7000Hz.

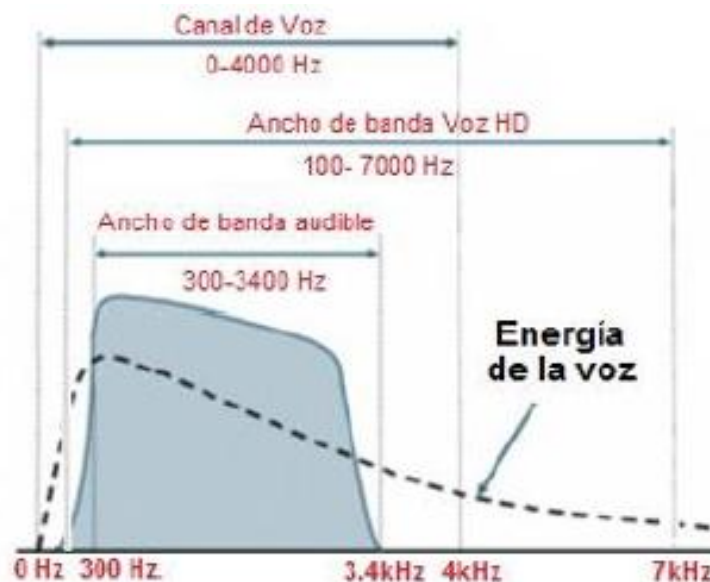


Figura 2. 13: Ancho de Banda Voz HD

Fuente: (Ruiz, 2013)

En esta tecnología se presenta que una llamada actual o tradicional tiene 8.000 muestras por cada segundo y en HD tiene 16.000 muestras por segundo, con esto podemos apreciar mejor la voz humana. En las redes móviles para obtener una voz HD debe dar un códec llamado banda ancha multitarea adaptativa (*Adaptative Multi - Rate Wideband, AMR-WB*) el cual 3GPP lo estandarizó.

Se encuentran códecs que pueden ofrecer una calidad aún mayor, lo que se conoce como voz Full HD. Entre ellos destaca codificación de audio avanzada (*Advanced Audio Coding, AAC*) y retarda bajo mejorado (*Enhanced Low Delay, ELD*), desarrollado por el Instituto Fraunhofer e incluido en los sistemas operativos iOS y Android a partir de sus respectivas versiones 4.0 y 4.1. Según (Ruiz, 2013)

Se lo llama full HD al doble de la voz de HD, esto quiere decir que se va a presentar 32.000 muestras por segundo como frecuencia de muestreo, y también hace uso de 20Hz para una transmisión de voz, lo que es todo el ancho de banda vocal.

2.4.9. Soluciones para el servicio de VOLTE

Existen varias soluciones para la red LTE que están basados en CS y necesitan soporte para la continuación de voz, algunas de las soluciones se van a dar a conocer a continuación:

- Circuit Switch Fallback
- Single Radio Voice Call Continuity
- VOLTE-IMS

2.4.10. Conmutación de Circuito

Conmutación de circuito (*Circuit Switch Fallback, CSFB*) es una tecnología de 3GPP, es importante en la red LTE ya que se basa en conmutación de paquetes y es usada en sus dispositivos para recibir o realizar llamadas de voz.

En la actualidad esta tecnología es utilizada provisionalmente por los operadores de la red LTE, ya que se lo toma como un método para que los servicios de voz lleguen a los dispositivos que cuenten con red LTE, también se lo utiliza cuando se da una irregularidad en la cobertura de LTE. Las llamadas que se enrutan en CSFB con ejecutadas por medio de la red de circuitos conmutados (*Circuit Switched, CS*) de un paquete conmutado (*Switched Packets, PS*), esto se lo realiza a través de una interfaz SGs entre el MME y el MSC.

CSFB brinda una gestión de movilidad que esta entre el dominio de CS y EPC para poder solicitar la terminación de una llamada.

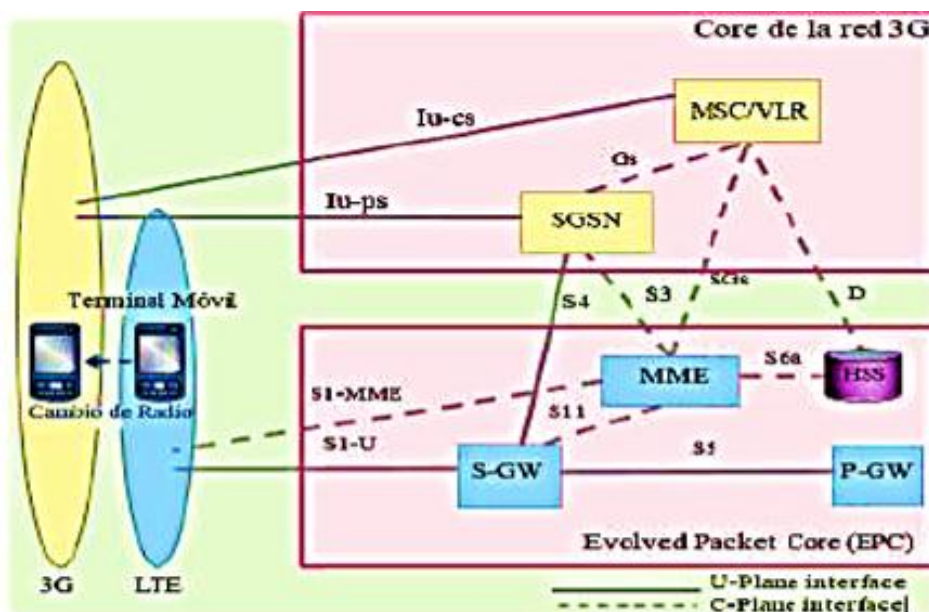


Figura 2. 14: Arquitectura de CSFB
Fuente: (Ledesma, 2017)

2.4.11. Single Radio Voice Call Continuity

Continuidad de llamadas de voz de radio única (*Single Radio Voice Call Continuity, SRVCC*) permite que los usuarios de LTE puedan trasladar sus

llamadas de una red de acceso E-UTRAN a una red UMTS o a una red de acceso de GSM. La duración de handover en la solución SRVCC casi siempre supera los 300ms y esto se debe al nuevo bearer que tiene que ser establecido en el core. Esto quiere decir que la llamada sufre un retardo al ser establecida y esto afecta al usuario.

En la figura 2.15 que se presenta a continuación se da a conocer todos los elementos necesarios para poder realizar una gestión en la señalización del tiempo crítico entre la red y el dispositivo del usuario.

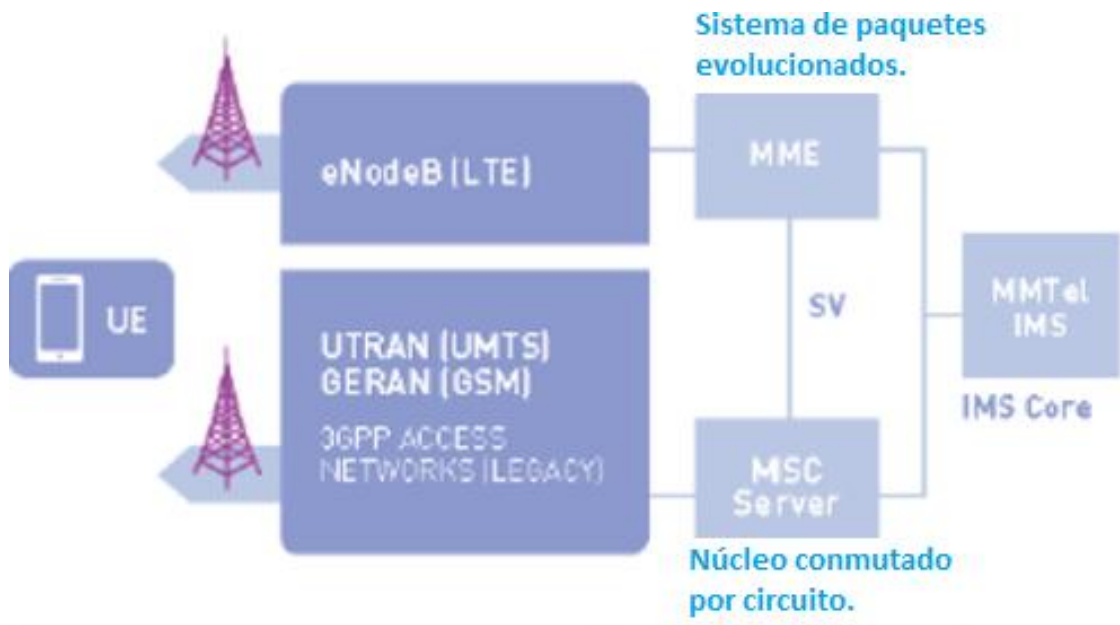


Figura 2. 15: Arquitectura de SRVCC

Fuente: (Ledesma, 2017)

2.4.12. Solución VOLTE sobre IMS

En esta solución la arquitectura de la red VOLTE tienen varias consideraciones:

- Al EPC y al core de CS se lo toma en cuenta como parte de la capa de acceso.

- Dentro de la capa de terminales se encuentran los dispositivos finales y los equipos de usuario.
- El core IMS asume las funciones que tiene el core como control de llamadas y de sesión.
- Los servicios de tarificación y el sistema de gestión son incluidos en el nivel de soporte de operación.

2.4.13. Consideraciones al implementar VOLTE

Para que el ambiente de VOLTE sea óptimo se necesitan servicios de mucha importancia, los cuales son claves y deben ser considerados al momento de realizar su implementación, y son:

- **Agregar mensajes SIP:** con esto se asegura un encaminamiento correcto desde el teléfono hasta el servidor SIP.
- **Equilibrio:** Tiene que determinarse una correcta conexión entre cliente-servidor, esto importante ya que se da una adecuada calidad en el servicio de QoS.
- **Compresión:** Mediante esto los servicios pueden disminuir notablemente la cantidad de datos que se van a transmitir y se da una mejora en el rendimiento hasta un 20%.
- **Bloqueo del flujo de las llamadas:** Se puede continuar con la comunicación sin tener que esperar una respuesta de la primera sesión iniciada, esto se da mediante la construcción multi-secuencia.
- **Localización del suscriptor:** Con el funcionamiento del Diameter el proveedor puede brindar un mejor enrutamiento con el objetivo de localizar al suscriptor.

- **Simplificación de redes:** Si se coloca un enrutamiento de agente centralizado se puede reducir la cantidad de enrutamiento entre redes.

2.4.14. Inconvenientes de VOLTE

Como tecnología nueva trae algunos inconvenientes que van a ser vistos por los usuarios y son:

- Los usuarios solo podrán realizar la llamada en tecnología VOLTE entre usuarios que utilicen el mismo operador.
- Los únicos usuarios que puedan realizar llamadas a través de VOLTE tendrán que tener dispositivos que soporte tecnología 4G.
- Otro de los inconvenientes sería la escasez de antenas 4G y esto no llevaría a la pérdida de conexión de las llamadas.

2.4.15. VOLTE en Latinoamérica

En Latinoamérica Telefónica Colombia y Ericsson son los que desarrollaron la primera red virtual de tecnología (VoLTE). Ericsson es proveedor único y aporta sus sistemas Ericsson Cloud Manager, Ericsson Cloud Execution Environment y el núcleo IMS de función de red virtual para Voz sobre LTE. También incluye servicios de implementación, integración y soporte para habilitar esta red virtual. (Garcinuño, 2016)

En Latinoamérica otro de los países que tiene esta tecnología es Perú y esto lo hace la operadora de Movistar, el objetivo de esto es brindar al usuario un servicio nuevo y rápido de comunicación. ZTE es una empresa china, anunció que cooperará con la multinacional Telefónica para la construcción

de una red IMS a gran escala en Latinoamérica. La red, que abarcará siete países de la región (Costa Rica, Guatemala, Nicaragua, Panamá, El Salvador, Ecuador y Uruguay), proveerá servicios de voz sobre LTE (VoLTE) y VoWiFi para clientes de Telefónica. LTE es un estándar para comunicación sin cables de alta velocidad para teléfonos móviles y terminales de datos. (Xinhua, 2016)

CAPÍTULO 3: ESTUDIO PARA IMPLEMENTAR VOLTE

3.1. Diagnóstico de la red actual 3G en Guayaquil.

En el presente capítulo se verá como en la ciudad de Guayaquil aun funcionan los equipos de la tecnología 3G los cuales brindan el servicio de voz, esta información la tomaremos como parte fundamental para poder observar la mejora del servicio de voz que partirá de la tecnología 4G LTE, en la actualidad la tecnología 4G solo se lo utiliza para el servicio de transmisión de datos.

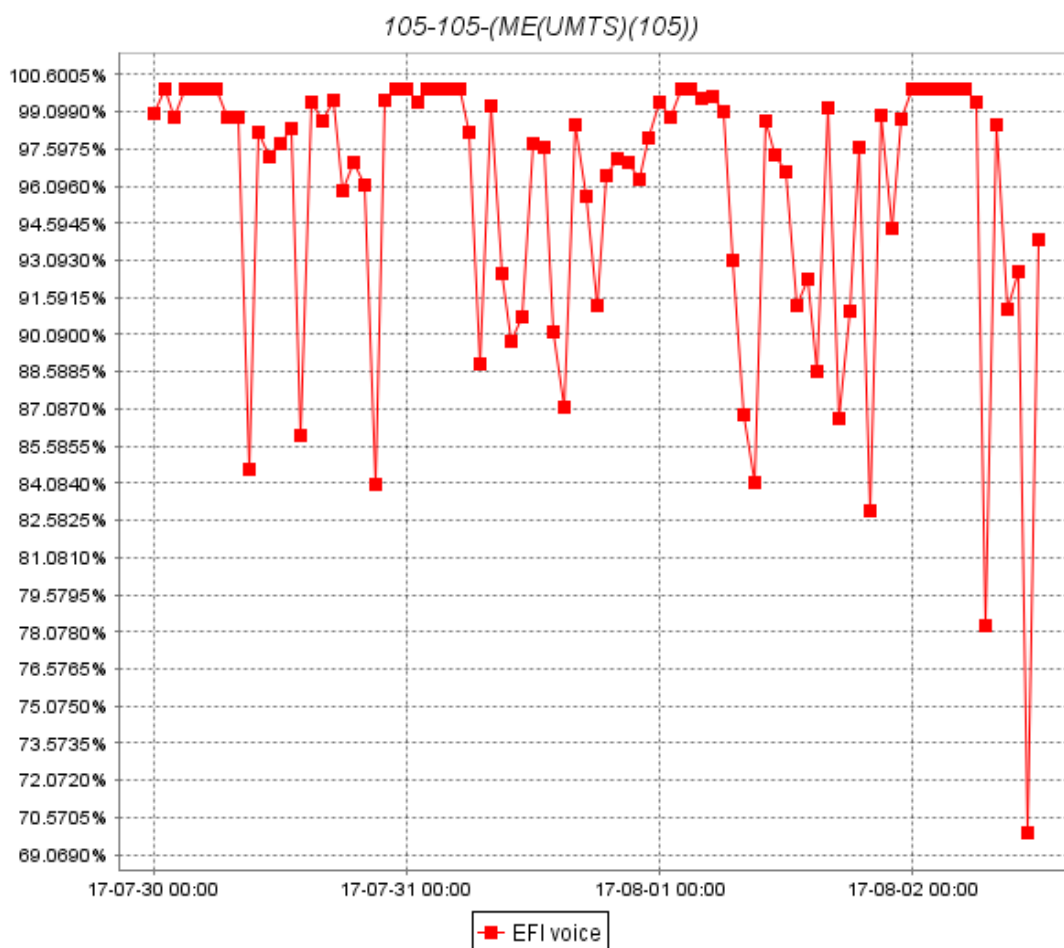


Figura 3. 1: Análisis de la eficiencia de voz 3G en la prosperina oeste.
Elaborado por: Autor

En la figura 3.1 podemos observar la eficiencia de voz 3G en el sector de la prosperina oeste durante 4 días, los cuales serán analizados entre el 30 de julio (00:00) hasta el 2 de agosto de 2017 (23:59). A continuación, se describe un análisis del comportamiento de la eficiencia en la calidad de voz en 3G:

- a. **Día 1:** 30 de julio se puede observar durante ese día que la mayor parte tiene un alto porcentaje en la eficiencia de voz, pero al medio día tiene problemas en la eficiencia del servicio de voz ya que su porcentaje muestra una caída en un 84% esto se puede dar por el tráfico o congestión en la red, también observados en la gráfica que en este sector se da un descenso a un 82% en el servicio de voz 3G en la noche, también puede ser por causa de la congestión de red.
- b. **Día 2:** 31 de julio a partir de las 00:00 hasta las 10:00 am se puede decir que se da un eficiente servicio de voz, pero a partir de las 11:00 existe problemas en el servicio ya que se presenta una variación constante en la eficiencia del servicio como lo podemos notar en la imagen ya que su porcentaje presenta variación.
- c. **Día 3:** 01 de agosto desde las 00:00 según la grafico podemos observar que a partir de la mañana el servicio de voz 3G tiene una caída en el servicio ya que presenta variación constante en su porcentaje de eficiencia, esto se da durante todo el día.
- d. **Día 4:** 02 de agosto desde las 00:00 hasta el mediodía según la imagen podemos observar que se da una caída notable en el servicio de la eficiencia de voz ya que existe un 70% en el sector de la prosperina.

En la figura 3.2 podemos observar la eficiencia de voz 3G en el sector de la Avenida Francisco de Orellana durante 4 días, los cuales serán analizados entre el 30 de julio (00:00) hasta el 2 de agosto de 2017 (23:59). A continuación, se describe un análisis del comportamiento de la eficiencia en la calidad de voz en 3G:

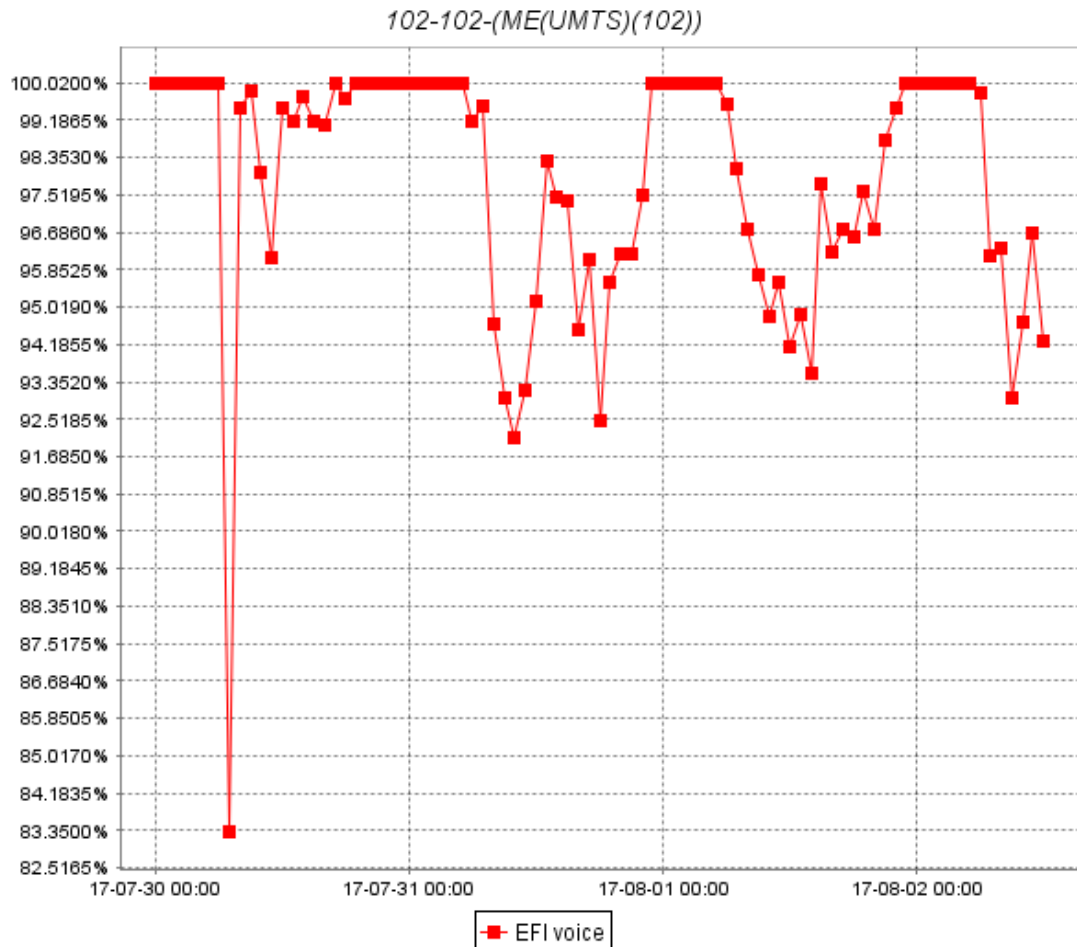


Figura 3. 2: Análisis de la eficiencia de voz 3G en la Av. Francisco de Orellana.
Elaborado por: Autor

- a. **Día 1:** 30 de julio podemos notar un excelente servicio de voz en la mañana, por otro lado, al mediodía observamos una caída en el servicio del 80% y sucesivamente existe una variación del servicio en la tarde.
- b. **Día 2:** 31 de julio a partir de las 00:00 se observa en la mañana una eficiencia regular en el servicio de voz, que va cambiando a partir del

medio día ya que presenta una variación y caída notable en el servicio puesto que el porcentaje varía notablemente durante toda la tarde.

- c. **Día 3:** 01 de agosto desde las 00:00 se puede observar que el servicio de voz va cayendo durante la mañana hasta llegar a un 90%, en la tarde va mejorando, pero tiene una variación y puede ser debido a la congestión de red.
- d. **Día 4:** 02 de agosto de 2017 desde las 00:00 notamos que en la mañana el servicio es bueno, pero mientras va transcurriendo el día el servicio de voz va cayendo en su eficiencia hasta llegar al 90% hasta la 13:00 que es una hora pico en la cual puede existir tráfico o congestión de red.

En la figura 3.3 podemos observar la eficiencia de voz 3G en el sector de la Bahía de Guayaquil durante 5 días, los cuales serán analizados entre el 10 de agosto (00:00) hasta el 14 de agosto de 2017 (23:59). A continuación, se describe un análisis del comportamiento de la eficiencia en la calidad de voz en 3G:

- a. **Día 1:** 10 de agosto podemos notar un óptimo servicio de voz en la mañana, al mediodía, en la tarde y en la noche con una variación de servicio del 92%.
- b. **Día 2:** 11 de agosto a partir de las 00:00 se observa una caída de señal en la madrugada de 83% en el servicio durante el día tiene una variación de señal sin llegar a ver una caída que afecte demasiado el servicio.
- c. **Día 3:** 12 de agosto desde las 00:00 se puede observar que el servicio de voz tiene dos pérdidas de su optimización que es al medio día y llega

a un 97% y en la noche también sufre una caída notable de señal de un 93%.

d. **Día 4:** 13 de agosto de 2017 desde las 00:00 notamos que en la mañana el servicio no es óptimo por lo que tiene una caída en su señal del 80%, en la tarde y noche varían, pero no existe una pérdida importante en el servicio.

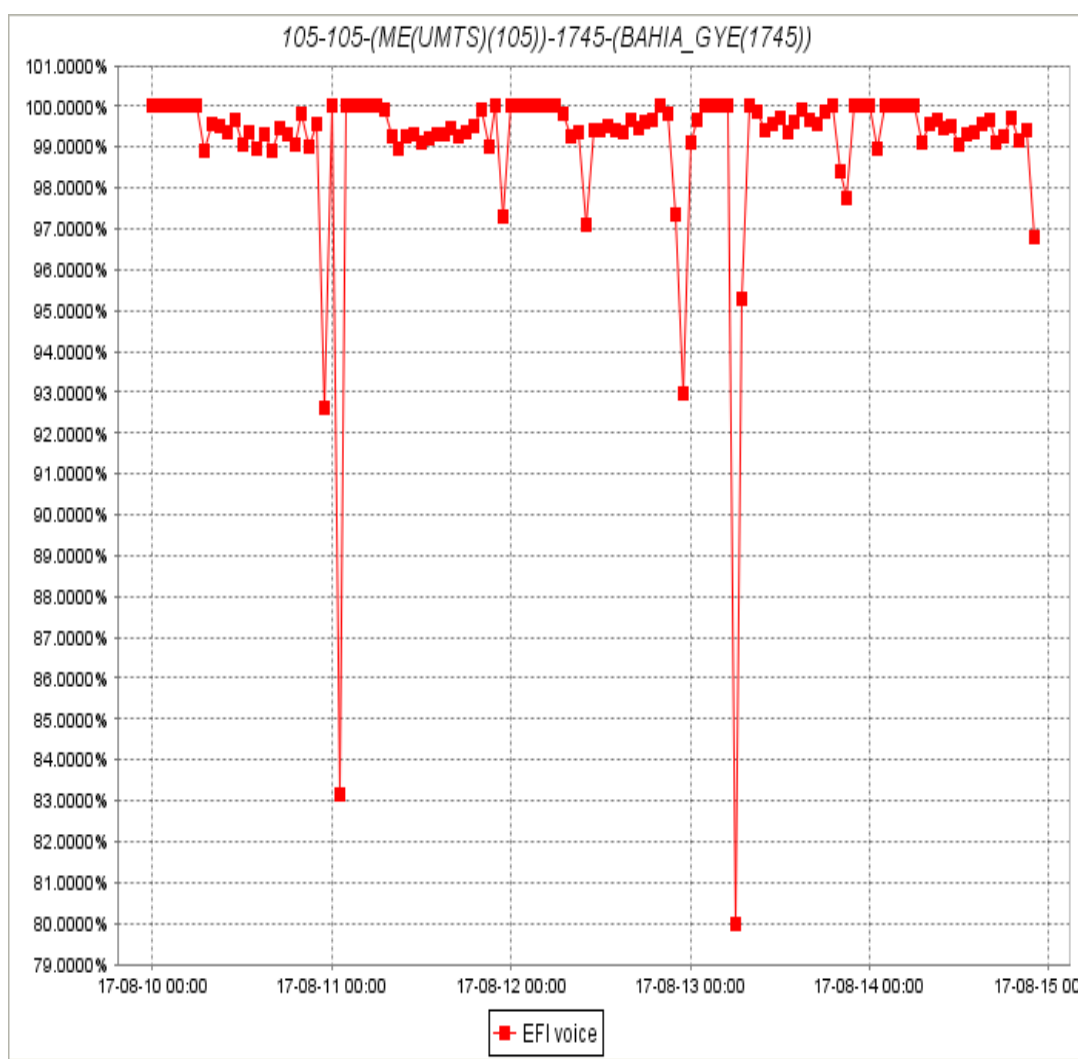


Figura 3. 3: Análisis de la eficiencia de voz 3G en el sector de la Bahía.
Elaborado por: Autor

e. **Día 5:** 14 de agosto de 2017 desde las 00:00 comienza a notarse una variación del servicio de voz durante todo el día.

En la figura 3.4 podemos observar la eficiencia de voz 3G en el sector de Samanes en Guayaquil durante 5 días, los cuales serán analizados entre el 10 de agosto (00:00) hasta el 14 de agosto de 2017 (23:59). A continuación, se describe un análisis del comportamiento de la eficiencia en la calidad de voz en 3G:

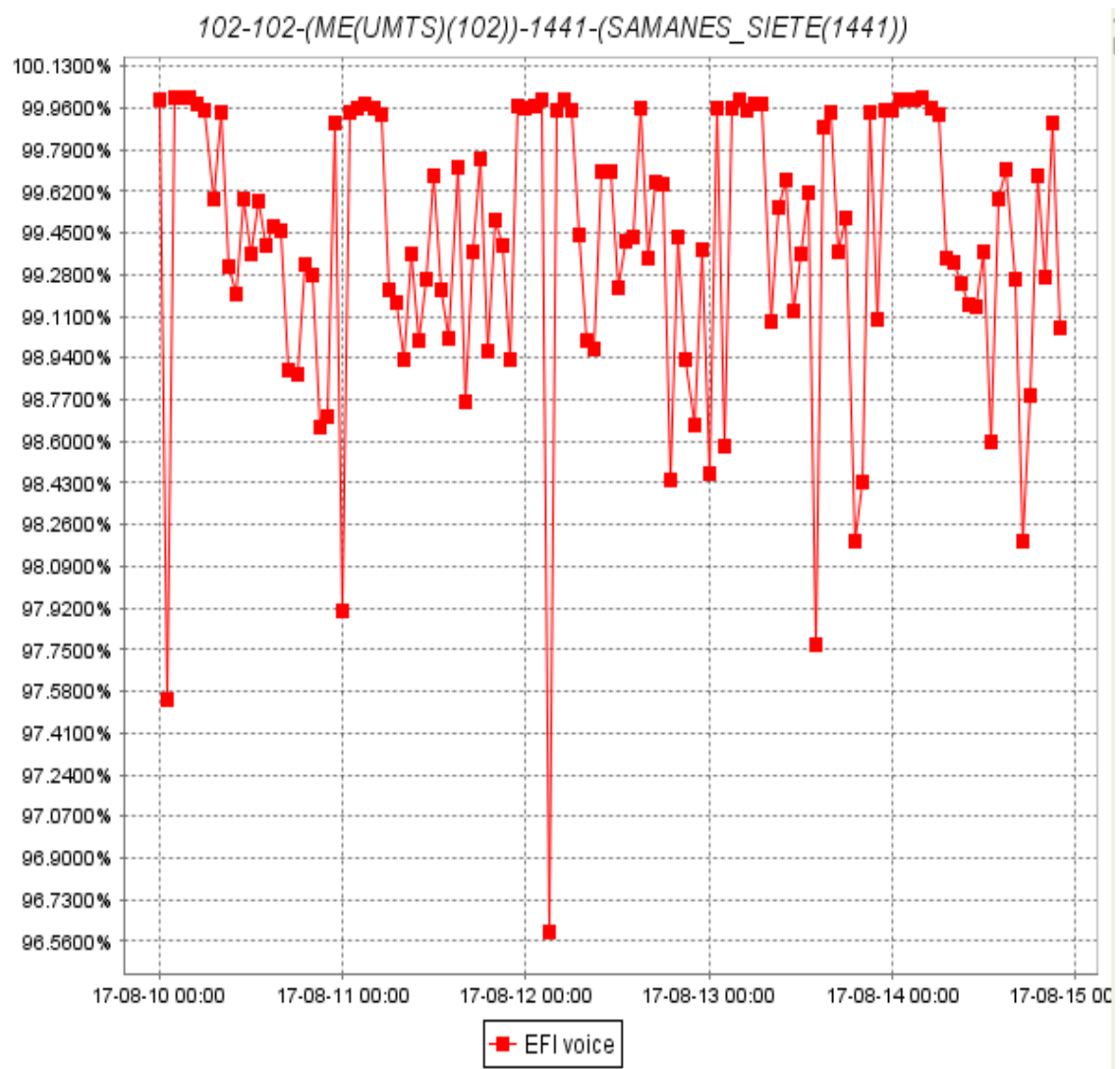


Figura 3. 4: Análisis de la eficiencia de voz 3G en el sector de Samanes.
Elaborado por: Autor

- a. **Día 1:** 10 de agosto podemos notar una caída en el servicio de voz desde las 00:00 ya que tiene un 97%, durante la mañana tienen una variación

notable la cual afecta al uso óptimo por parte de los usuarios, en la tarde y en la noche también se muestra demasiada variación en el servicio.

- b. **Día 2:** 11 de agosto a partir de las 00:00 se observa una caída de señal en la mañana de 98% en el servicio durante el día y a tarde tienen una variación la cual podemos decir que el servicio de voz en 3G es deficiente y muy poco óptimo para el uso de los usuarios.
- c. **Día 3:** 12 de agosto desde las 00:00 se observar que el servicio de voz tiene demasiada variación durante todo el día, en el punto de caída más notable se da en la mañana y es del 95%, por lo que podemos decir que los usuarios durante el día no pudieron tener un adecuado servicio de voz.
- d. **Día 4:** 13 de agosto de 2017 desde las 00:00 notamos que en la mañana el servicio no es óptimo, en la tarde la caída del servicio más notable podemos decir que fue de un 96%, en la noche el servicio no es muy adecuado porque también tiene variación de señal.
- e. **Día 5:** 14 de agosto del 2017 desde las 00:00 en servicio es el adecuado pero en la mañana va cayendo y en la tarde sufre una caída considerable del 98% mientras en la noche tiene mucha variación.

En la figura 3.5 podemos observar la eficiencia de voz 3G en el sector de La Puntilla en Guayaquil durante 5 días, los cuales serán analizados entre el 10 de agosto (00:00) hasta el 14 de agosto de 2017 (23:59). A continuación, se describe un análisis del comportamiento de la eficiencia en la calidad de voz en 3G:

a. **Día 1:** 10 de agosto podemos observar en la mañana el servicio es óptimo pero va cayendo al medio día hasta llegar al 94% lo que podemos deducir que en horas pico el servicio de voz sufre una variación hasta llegar la noche.

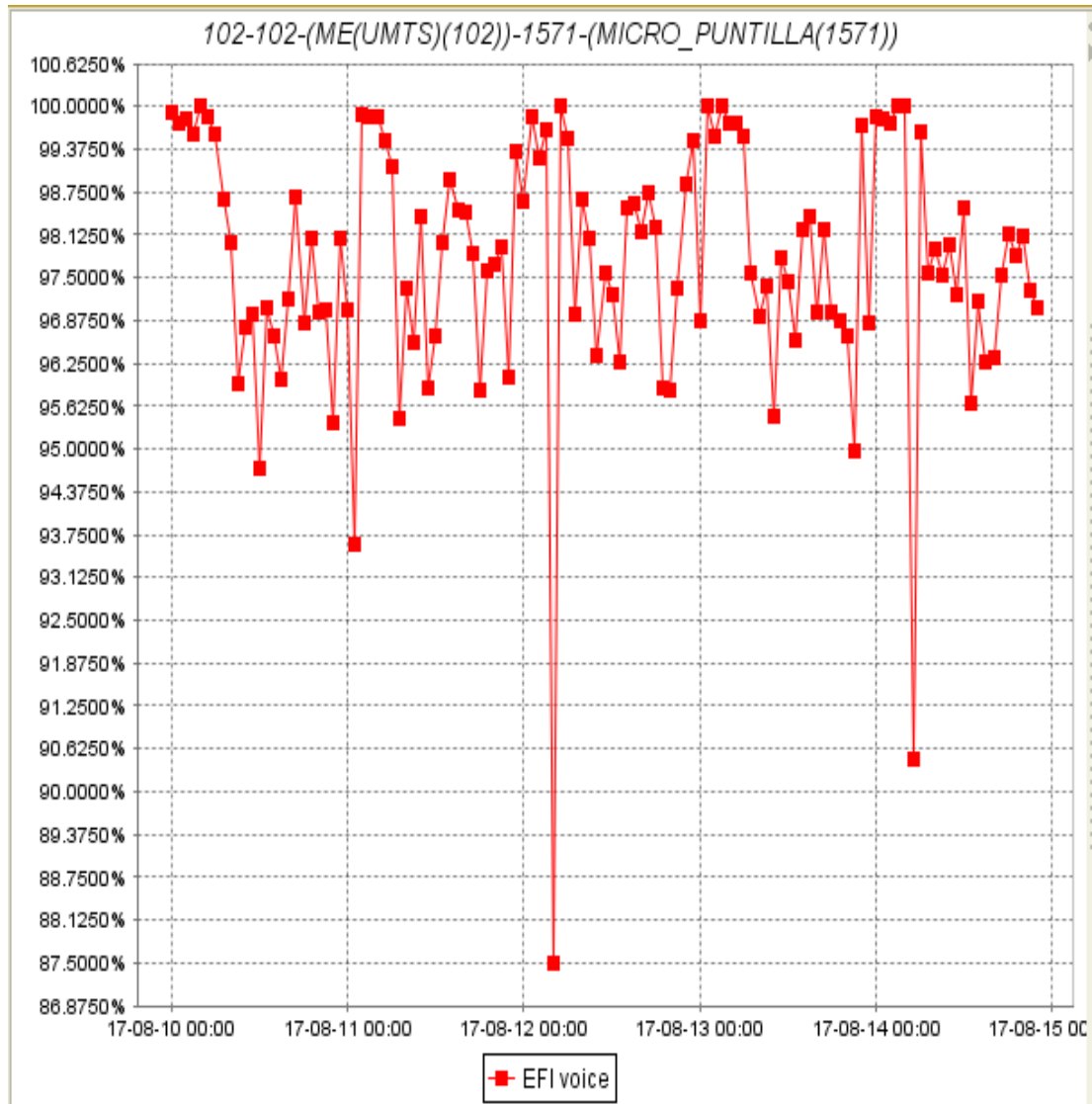


Figura 3. 5: Análisis de la eficiencia de voz 3G en el sector de La Puntilla.
Elaborado por: Autor

b. **Día 2:** 11 de agosto a partir de las 00:00 se observa una caída de señal en la mañana de 93%, durante el resto del día el servicio de voz en la

red 3G mantiene una variación en su optimización, la cual puede darse por varios factores.

- c. **Día 3:** 12 de agosto podemos notar que sufre una caída del servicio durante la mañana que llega al 87%, en la tarde y en la noche mejora, pero no quiere decir que es un servicio adecuado ya que es un servicio que tiene variaciones.
- d. **Día 4:** 13 de agosto de 2017 se observa que durante la mañana se da un adecuado servicio, pero mientras avanza el día debido al congestionamiento, el servicio de voz en la red 3G va perdiendo su normal funcionamiento.
- e. **Día 5:** 14 de agosto del 2017 la caída más representativa del servicio se da en un 90% y esto es en la mañana.

En la figura 3.6 podemos observar la eficiencia de voz 3G en el sector del Túnel San Eduardo en Guayaquil durante 5 días, los cuales serán analizados entre el 10 de agosto (00:00) hasta el 14 de agosto de 2017 (23:59). A continuación, se describe un análisis del comportamiento de la eficiencia en la calidad de voz en 3G:

- a. **Día 1:** 10 de agosto podemos observar en la mañana el servicio presenta una caída del 94%, en la tarde y en la noche su calidad varía.
- b. **Día 2:** 11 de agosto, se observa una caída de señal en la mañana del 87%, y en la tarde se presenta otra que llega al 85%, se deduce que en el día la señal ha sufrido problemas.
- c. **Día 3:** 12 de agosto podemos notar que durante la mañana del servicio de voz es el adecuado, los problemas de la calidad se presentan a partir del medio día ya que se va dando una variación.

- d. **Día 4:** 13 de agosto de 2017 se observa que solo existe una caída de señal al medía día, pero en la tarde la calidad del servicio de voz es normal.
- e. **Día 5:** 14 de agosto del 2017 la caída más representativa del servicio se da en un 97% y esto es en la mañana.

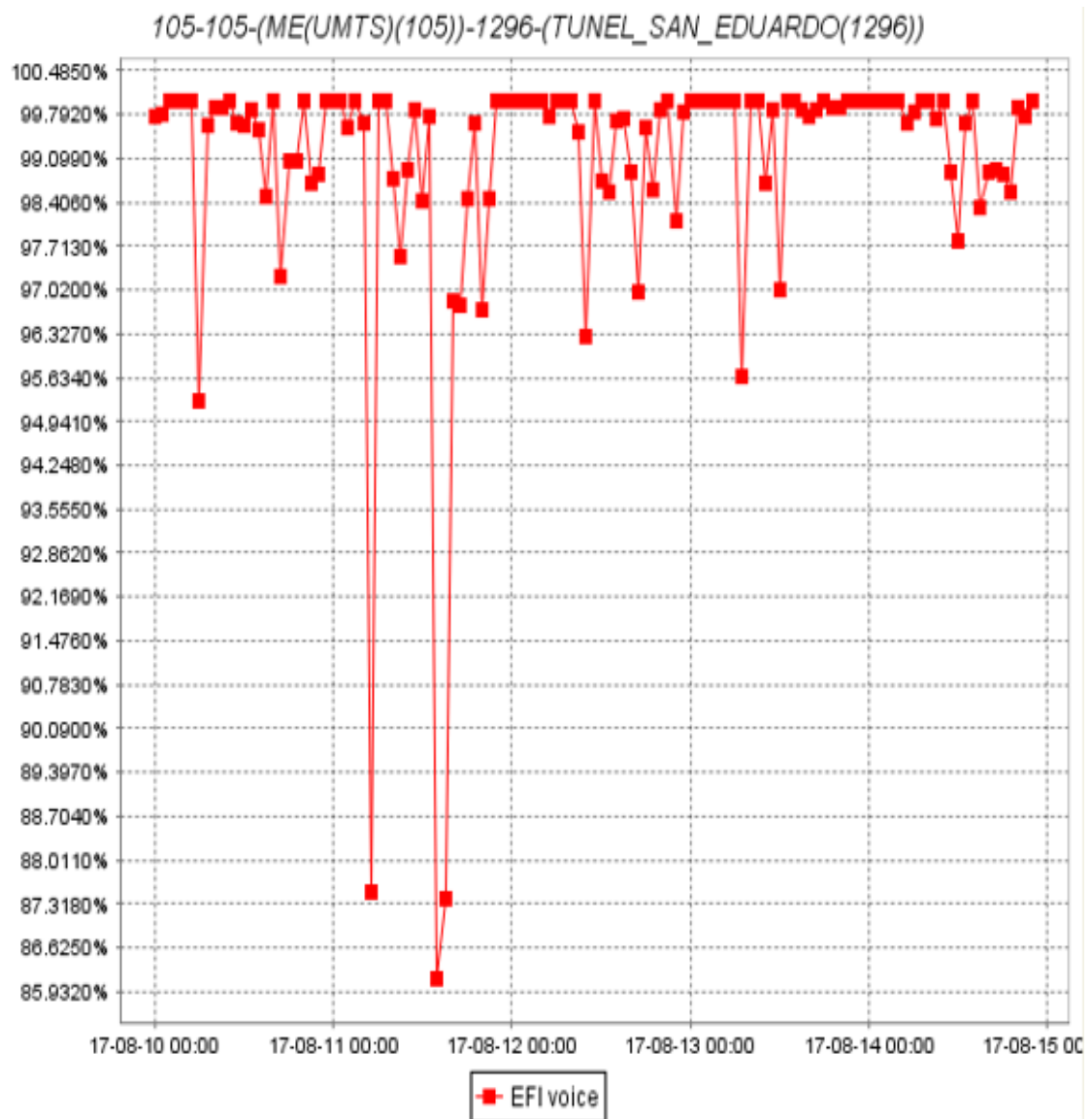


Figura 3. 6: Análisis de la eficiencia de voz 3G en el sector del túnel de San Eduardo.

Elaborado por: Autor

3.2. Arquitectura de la red actual 3G en Guayaquil.

En figura 3.7 se mostrará la arquitectura detallada de 3G de un proveedor de servicio de voz en la ciudad de Guayaquil, la cual cuenta con dos controladores de red de radio (*Radio Network Controller, RNC*) y estos son conectados a los nodos B, para posteriormente llegar a los usuarios. A nivel de core podemos ubicar dos los cuales son: core de voz de dominio de Core Switch que es un conmutador de núcleo y el core datos de Packet Switch como dominio que se utiliza para unir los datos que son transmitidos.

El nodo B es la estación transceptora de base (*Base Transceiver Station, BTS*) que se encarga de la transmisión y recepción de radio el cual se utiliza para la comunicación directa con los dispositivos móviles.

PSNT es la red de telefonía pública conmutada (*Public Switched Telephone Network, PSNT*) es una red que mejora el servicio de comunicación de voz, también se encarga de garantizar un óptimo servicio del QoS.

PLMN la red pública terrestre móvil (*Public Land Mobile Network, PLMN*)

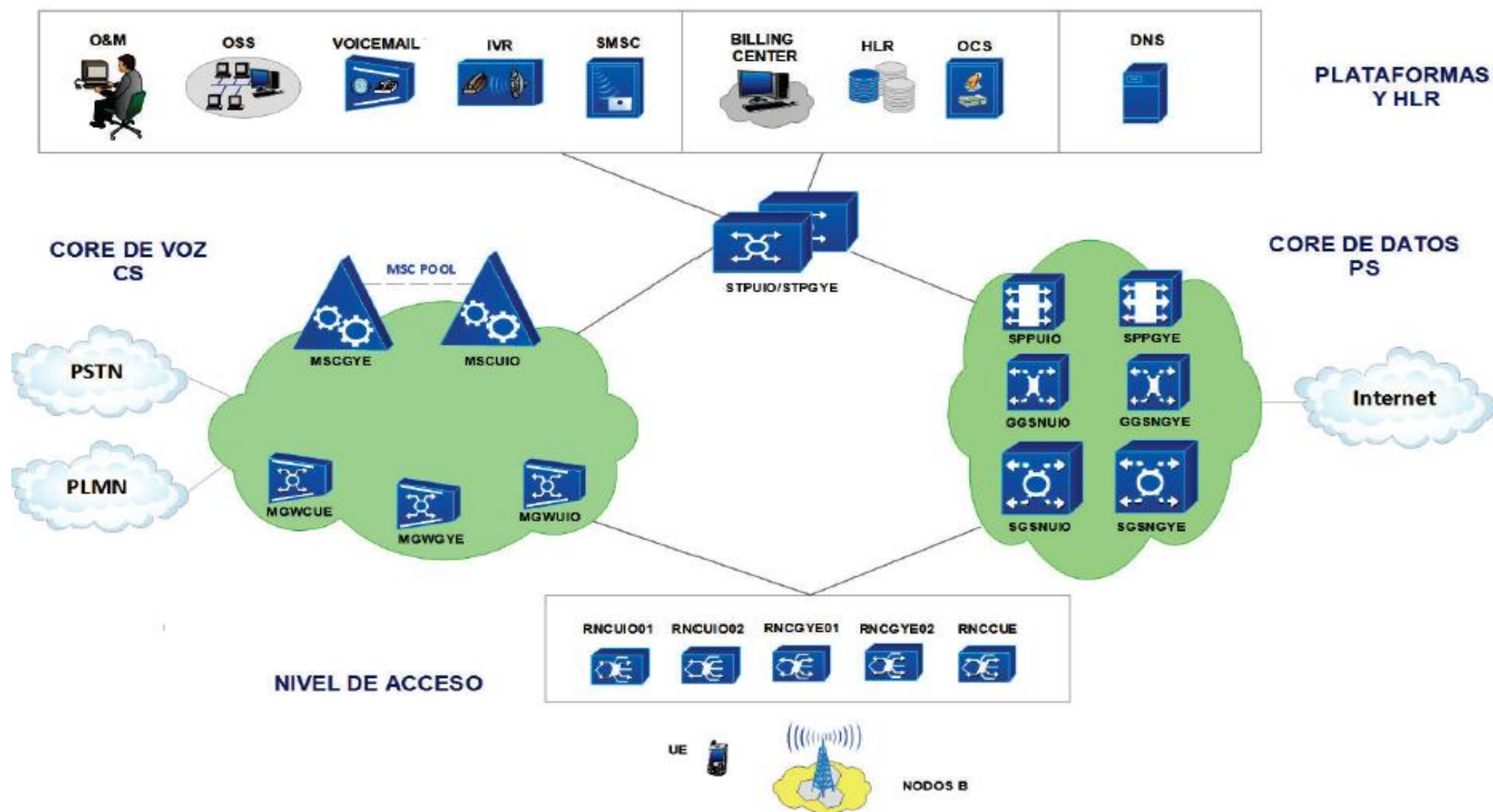


Figura 3. 7: Arquitectura general red 3G CNT
 Elaborado por: (Corporación Nacional de Telecomunicaciones , 2015)

3.3. Ubicación geográfica de los e-Nodos B de la tecnología LTE en Guayaquil.

En la imagen 3.8 se mostrará la ubicación del e-Nodo B en la Prosperina por parte de un proveedor del servicio de LTE la cual se utilizará para implementar la nueva tecnología VoLTE con la que se mejorará el servicio de voz que recibe el usuario.

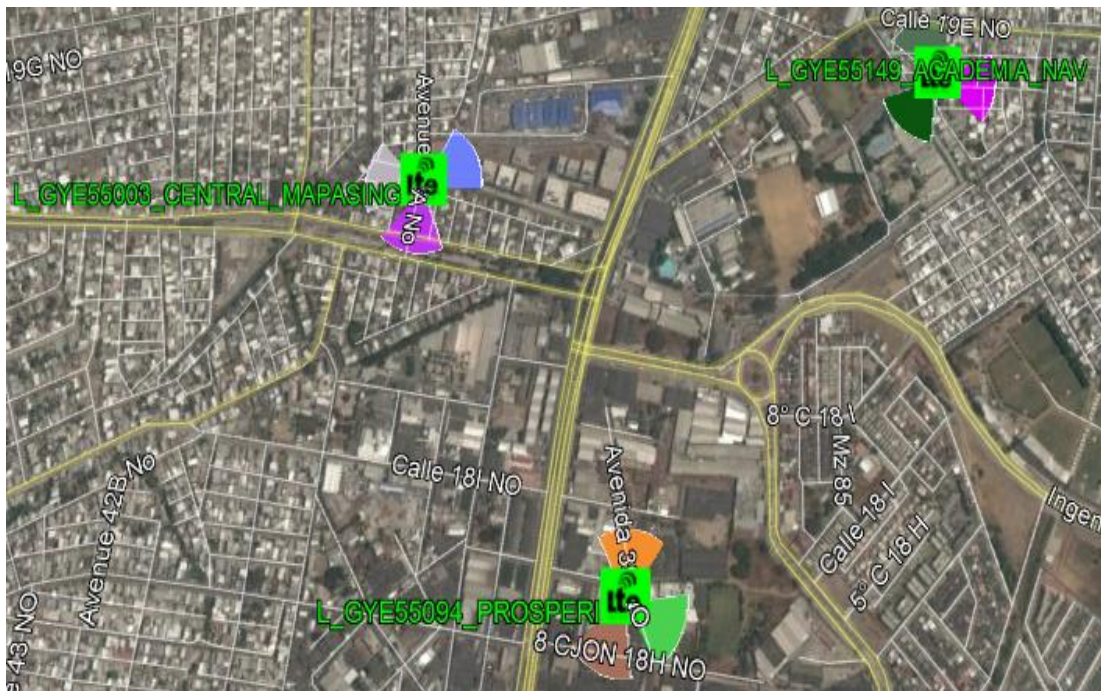


Figura 3. 8: Ubicación e-Nodo B Prosperina
Elaborado por: Autor

En la imagen 3.9 se mostrará la ubicación del e-Nodo B en el sector en la Av. Francisco de Orellana en la ciudad de Guayaquil por parte de un proveedor del servicio de LTE la cual mediante el estudio realizado se podrá utilizar para implementar la nueva tecnología VoLTE con la que se mejorará el servicio de voz que recibe el usuario.

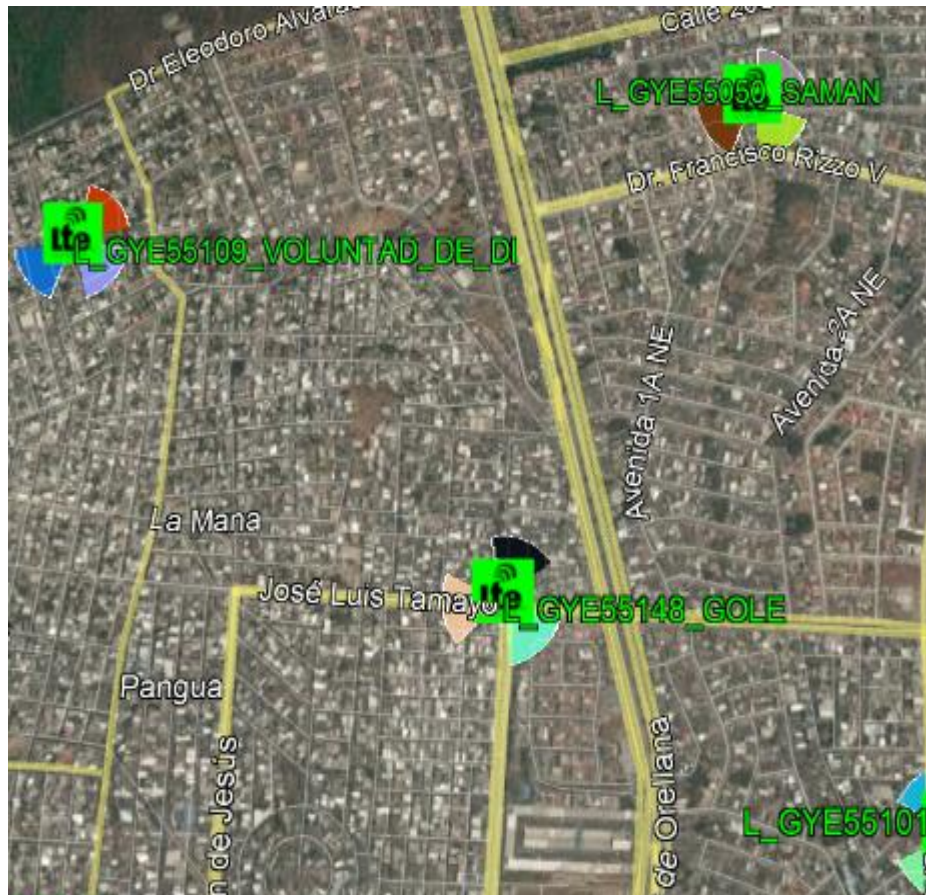


Figura 3. 9: Ubicación del e-Nodo B en la Av. Francisco de Orellana
Elaborado por: Autor

En la imagen 3.10 se mostrará la ubicación del e-Nodo B en el sector de la Bahía - Malecón en la ciudad de Guayaquil por parte de un proveedor del servicio de LTE la cual mediante el estudio realizado se podrá utilizar para implementar la nueva tecnología VoLTE con la que se mejorará el servicio de voz que recibe el usuario.



Figura 3. 10: Ubicación del e-Nodo B en la Bahía-Malecón.
Elaborado por: Autor

En la imagen 3.11 se mostrará la ubicación del e-Nodo B en el sector de Samanes en la ciudad de Guayaquil por parte de un proveedor del servicio de LTE la cual mediante el estudio realizado se podrá utilizar para implementar la nueva tecnología VoLTE con la que se mejorará el servicio de voz que recibe el usuario.

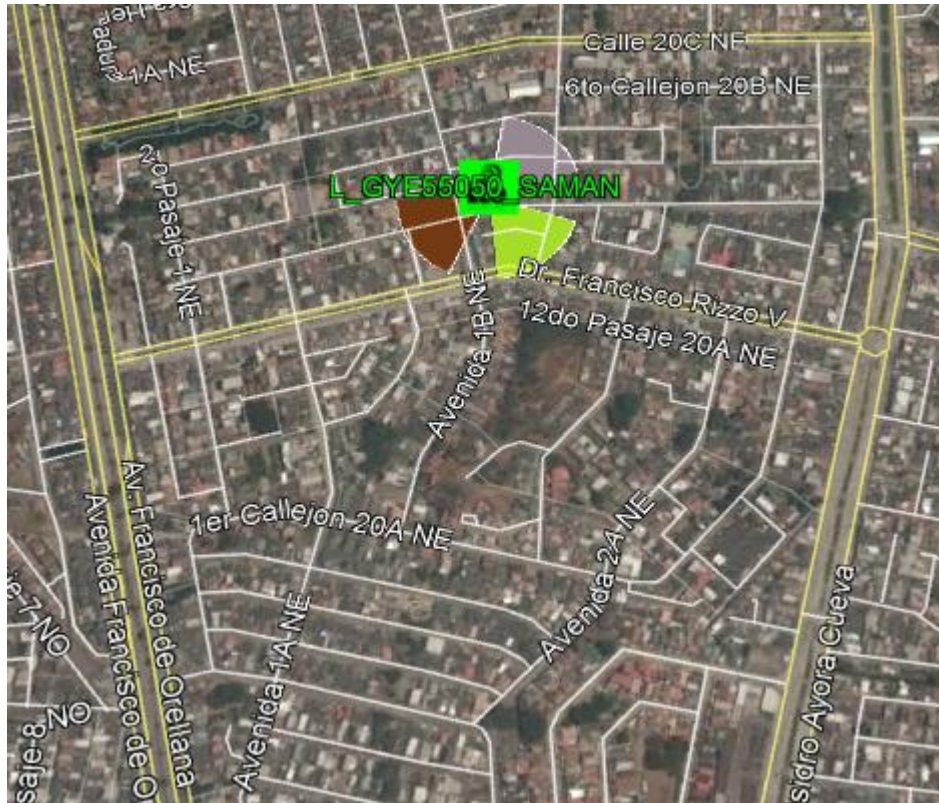


Figura 3. 11: Ubicación del e-Nodo B en Samanes.
Elaborado por: Autor

En la imagen 3.12 se mostrará la ubicación del e-Nodo B en el sector de La Puntilla en la ciudad de Guayaquil por parte de un proveedor del servicio de LTE la cual mediante el estudio realizado se podrá utilizar para implementar la nueva tecnología VoLTE con la que se mejorará el servicio de voz que recibe el usuario.

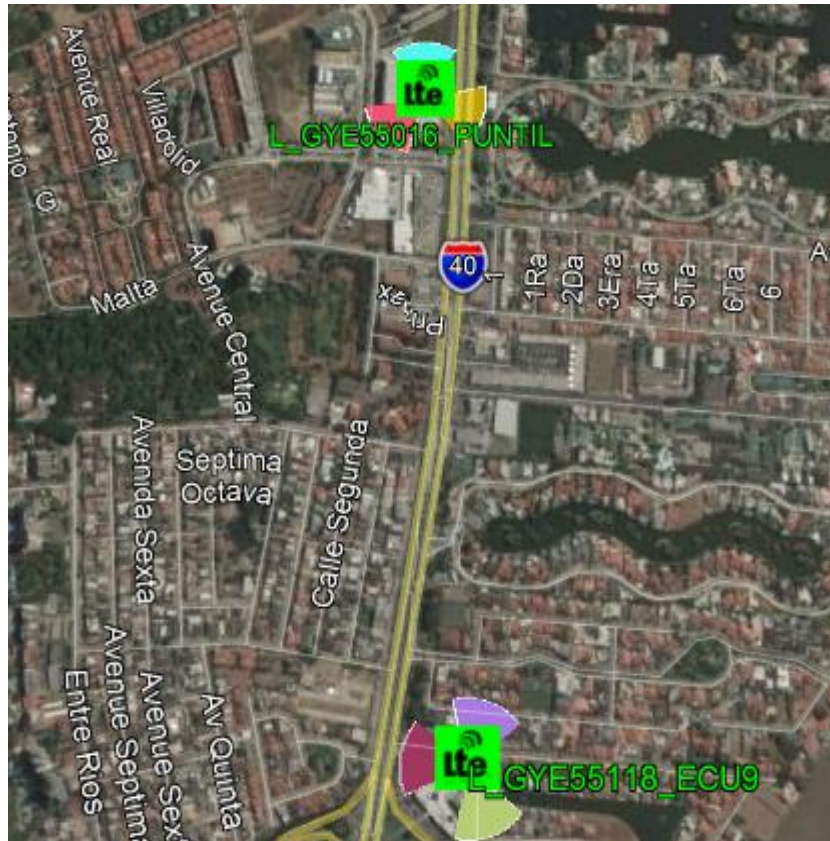


Figura 3. 12: Ubicación del e-Nodo B en sector La Puntilla.
Elaborado por: Autor

3.2.1. Interfaces de la red actual 3G

En la figura 3.10 se mostrara las diferentes interfaces de red 3G que existen en Guayaquil.

La interfaz Uu utiliza el protocolo RCC de radio, recurso y control, está interfaz permite que los usuarios se comuniquen simultáneamente utilizando diferentes códigos.

La interfaz Lb se encarga de señalar a la red móvil, en esta interfaz se produce en transporte de voz, datos hacia el usuario.

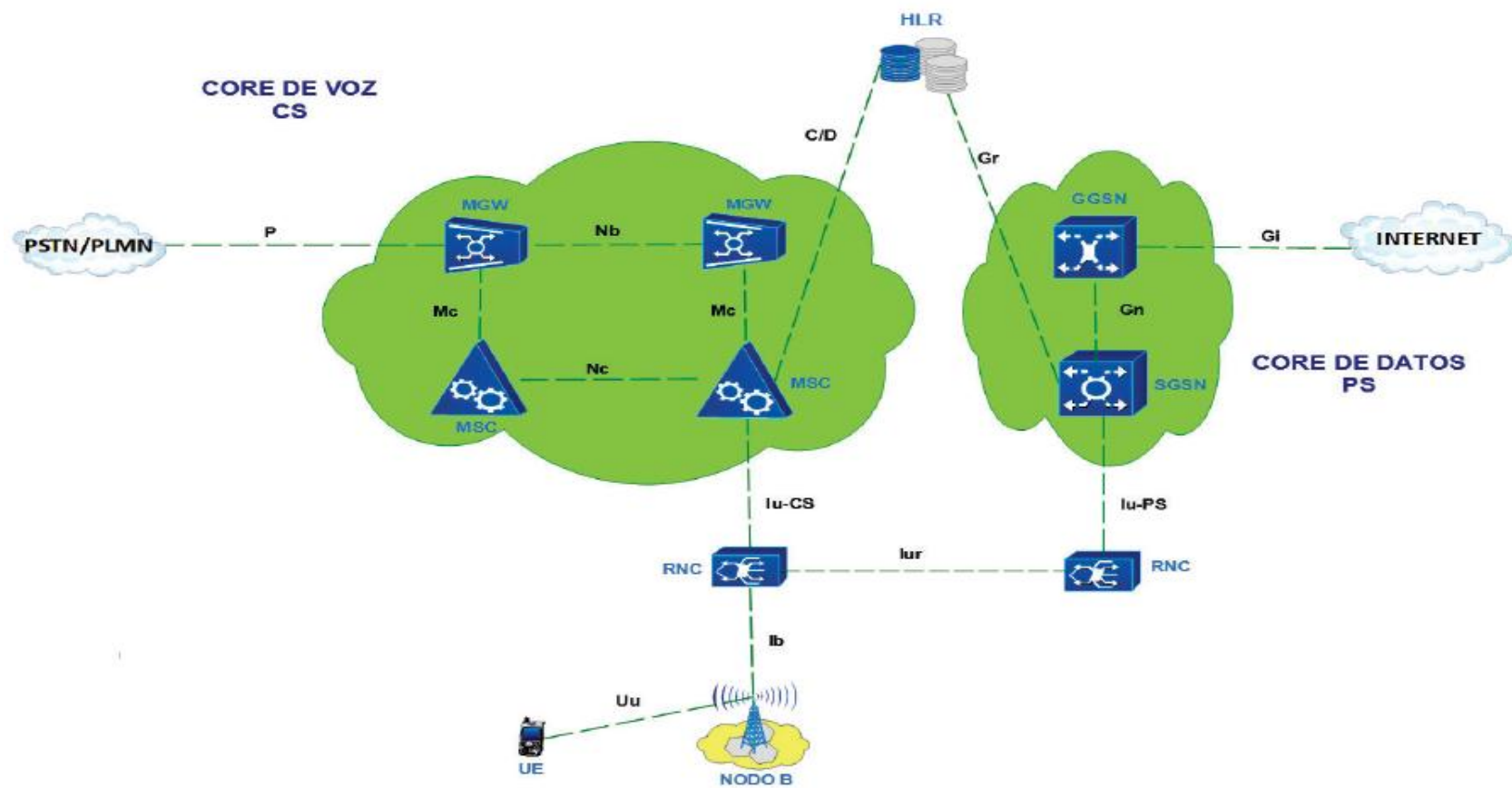


Figura 3. 13: Interfaces actuales de la red 3G Guayaquil
 Elaborado por: (Corporación Nacional de Telecomunicaciones , 2015)

La interfaz Iur está conectada entre el RNC que es el control de red de radio, esta interfaz soporta el soft-handover que se caracteriza ya que un teléfono móvil puede conectarse simultáneamente a 2 llamadas.

La interfaz Iu-Cs permite que se conecte el core de voz con los componentes de acceso.

La interfaz Iu-PS permite que el core de datos sea conectado a los componentes de acceso.

La interfaz Mc tiene como función la ubicación y detención al centro de conmutación móvil (*Mobile Switching Center, MSC*).

La interfaz Nb permite controlar y transportar. La interfaz Nc permite controlar en la red las llamadas.

La interfaz Gn se encarga que los datos sean señalizados entre el nodo de soporte de servicio GPRS (*Serving GPRS Support Node, SGSN*).

La interfaz Gr permite ver el perfil que tiene un usuario. La interfaz Gi nos permite tener acceso al internet.

3.2.2. Evolución al servicio de Voz sobre LTE

En la actualidad los usuarios cuentan con equipos de telefonía móvil con tecnología avanzada, los cuales tendrán la necesidad de un servicio de voz avanzado, el cual dará paso a la tecnología VoLTE. Los proveedores del servicio de telecomunicaciones han visto que la tecnología LTE puede ser útil para dar mayor ancho de banda a un costo económico, primero comenzaron con la entrega de un óptimo servicio de datos pero se dieron cuenta que las aplicaciones OTT dan importancia al servicio de voz y es ahí

que los proveedores quieren retomar el servicio de voz, dando apertura a la tecnología VoLTE.

VoLTE es una tecnología que brindará al usuario una capacidad alta de ancho de banda móvil, también permitirá que los datos móviles no sean interrumpidos mientras el usuario recibe una llamada.

A nivel mundial los usuarios que adoptan la tecnología LTE han ido en aumento como se muestra en la figura 3.11 y seguirá así al transcurso de los meses y años ya que se implementará el servicio de voz sobre LTE.

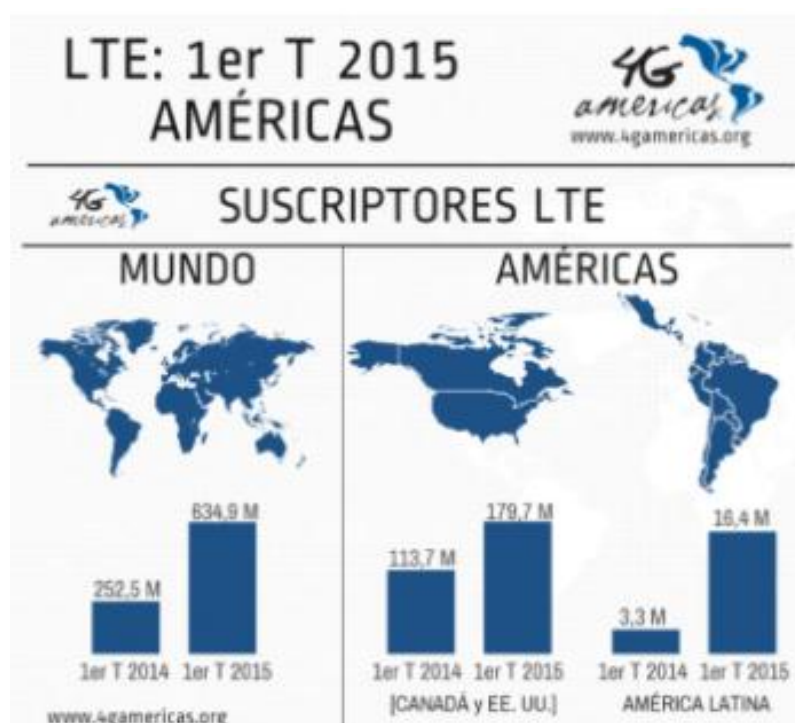


Figura 3. 14: Suscriptores LTE
Elaborado por: (Americas, 2017)

3.2.3. Tecnología 4G LTE en Ecuador

En el Ecuador ya se ha implementado la tecnología 4G hace un año por tanto aún no se cuenta con una cobertura total a nivel del país, las telefónicas existentes en el país ya cuentan con esta tecnología, cada una de ellas tiene su propia banda.

Tabla 3. 1: Frecuencias y Bandas 4G LTE en Ecuador

EMPRESA	FRECUENCIA	BANDA
CNT	1700/2100 Mhz	Banda 2
MOVISTAR	1900 Mhz	AWS o Banda 4
CLARO	1700/2100 Mhz	AWS o Banda 4
TUENTI	1900 Mhz	Banda 2

Elaborado por: Autor

3.2.4. Datos técnicos en el Ecuador sobre 4G LTE

Si bien es cierto los proveedores del servicio de telecomunicaciones en el Ecuador como son CNT, Movistar, Claro y Tuenti tienen en funcionamiento la tecnología 4G la cual se detallará en la siguiente tabla con sus datos técnicos correspondientes.

Tabla 3. 2: Datos técnicos red 4G LTE en Ecuador

EMPRESA	CNT	MOVISTAR	CLARO
Velocidad de Descarga	9.3 Mbps	19.7 Mbps	18.7 Mbps
Velocidad de Subida	3.2 Mbps	10.9 Mbps	11.6 Mbps
Latencia	215 ms	138 ms	154 ms
Confiabilidad	98%	97%	100%

Elaborado por: Autor

3.2.5. Conexión en el Ecuador 4G LTE

OpenSignal siendo una empresa que labora para brindar información sobre la calidad de redes móviles a nivel mundial como se muestra en la figura 3.12, da a conocer que Ecuador es uno de los países que posee una rápida

conexión de 4G LTE, pero tiene mala cobertura, dicha empresa ha realizado 17mil millones mediciones en la cual constan 78 países. (S, 2016)

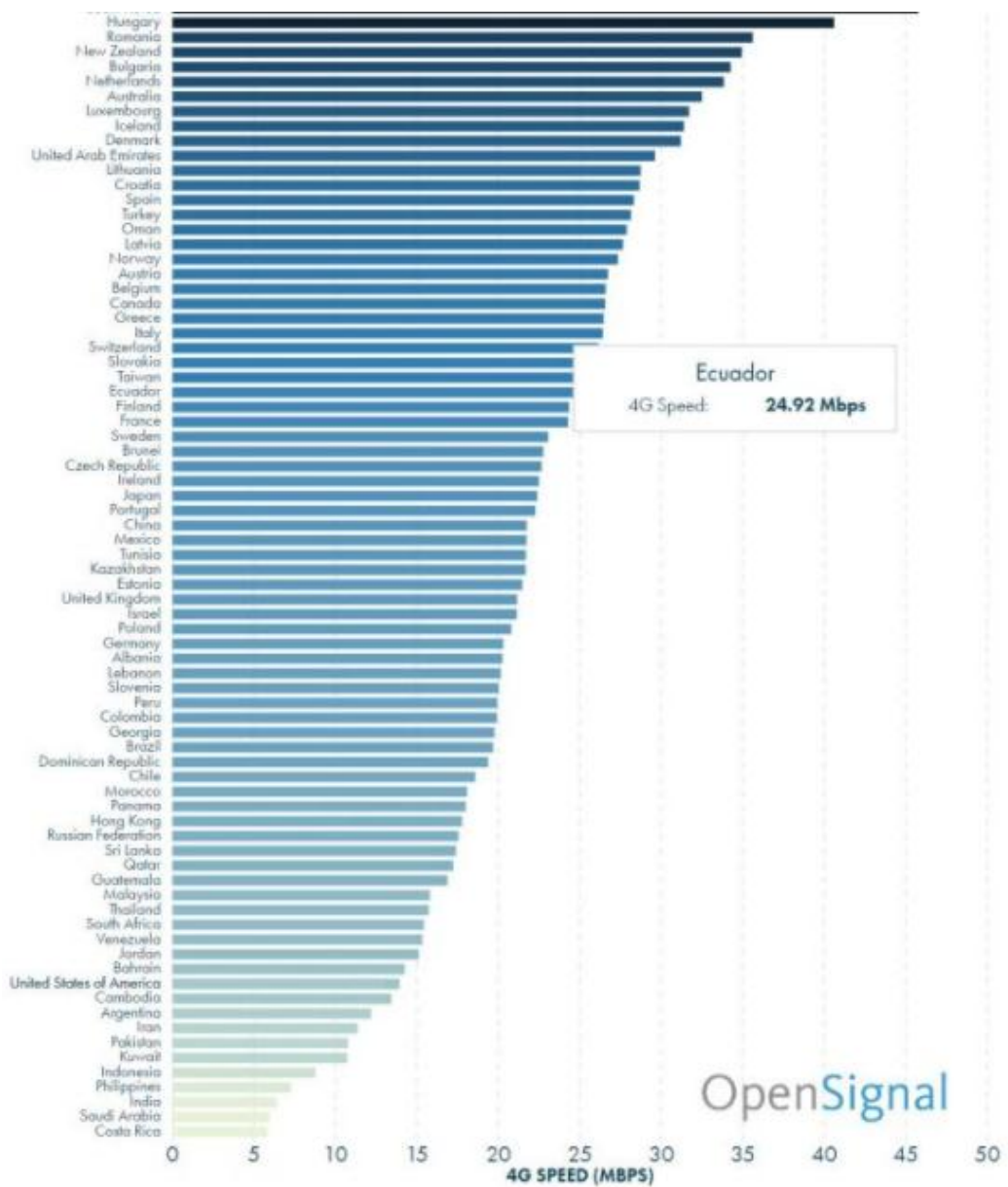


Figura 3. 15: Conexiones de 4G LTE a nivel mundial
Elaborado por: (S, 2016)

Ecuador tiene una conexión rápida de descarga que es de 24.92 Mbps que supera a otros países de Latinoamérica como, por ejemplo: Argentina que tiene de 12.19 Mbps, México de 21.73 Mbps y Brasil de 19.68 Mbps, el factor que probablemente sea para que Ecuador tenga una conexión de descarga

rápida podría ser debido a que la tecnología 4G LTE aún no está en su total expansión. Ecuador presenta una de las peores coberturas como se ve en la figura 3.13, ya que esta tecnología aún se está posicionando y está siendo acogida por los proveedores del servicio de telecomunicaciones ya sea CNT, Movistar, Claro y Tuenti.

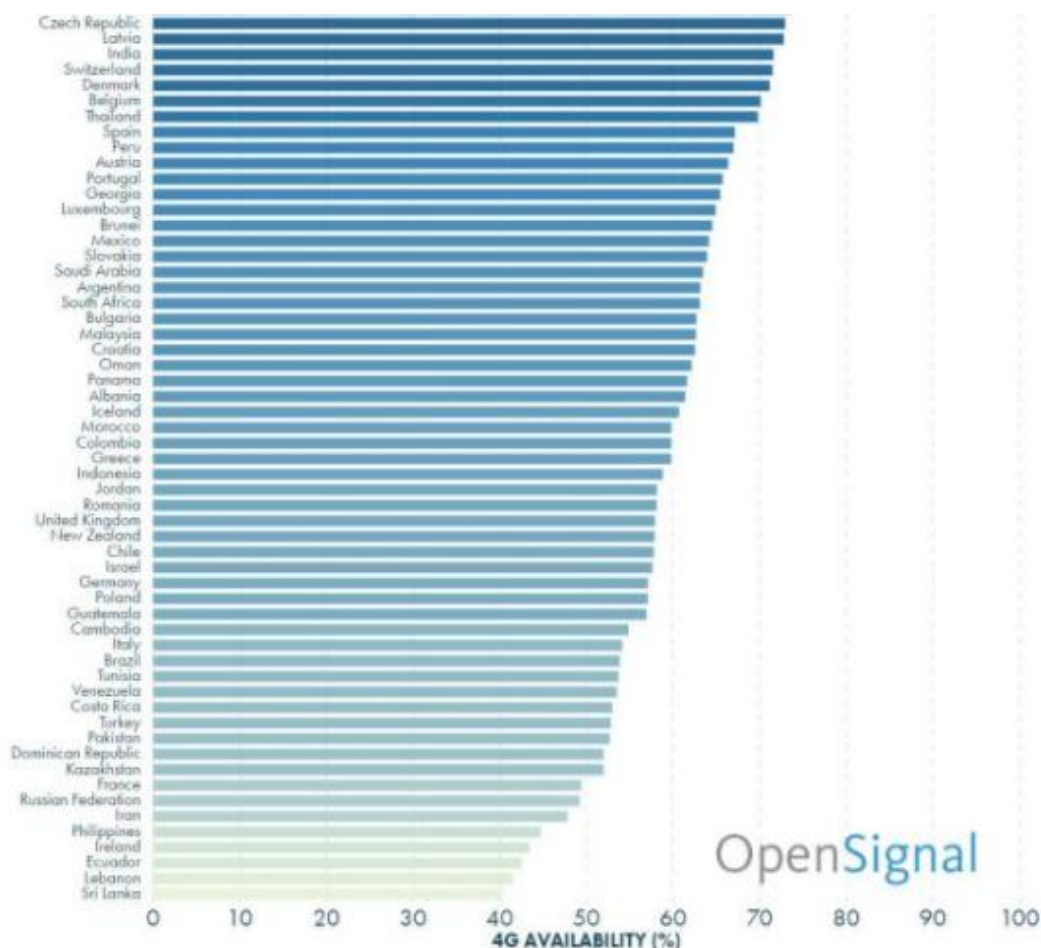


Figura 3. 16: Cobertura de red 4G LT a nivel Mundial
Elaborado por: (S, 2016)

3.2.6. Diagrama actual de la tecnología 4G en Ecuador

En figura 3.17 se mostrará el diagrama actual de la tecnología 4G LTE de un proveedor de servicio de voz en la ciudad de Guayaquil, la cual cuenta con un acceso de universal de radio terrestre (*Evolved Universal Terrestrial Radio Access, E-UTRAN*), que esta conectados a las e- nodos B.

Las redes E-UTRAN y EPC utilizan el traspaso de paquetes IP a través de varios equipos que utilizan los usuarios y redes de paquetes que se encuentran externas

A nivel de core podemos ubicar un core de voz de dominio de Core Switch que es un conmutador de núcleo.

El e-nodos B es la estación transceptora de base (*Base Transceiver Statio, BTS*) que se encarga de la transmisión y recepción de radio el cual se utiliza para la comunicación directa con los dispositivos móviles.

PSNT es la red de telefonía pública conmutada (*Public Switched Telephone Network, PSNT*) es una red que mejora el servicio de comunicación de voz, también se encarga de garantizar un óptimo servicio del QoS.

PLMN la red pública terrestre móvil (*Public Land Mobile Network, PLMN*)

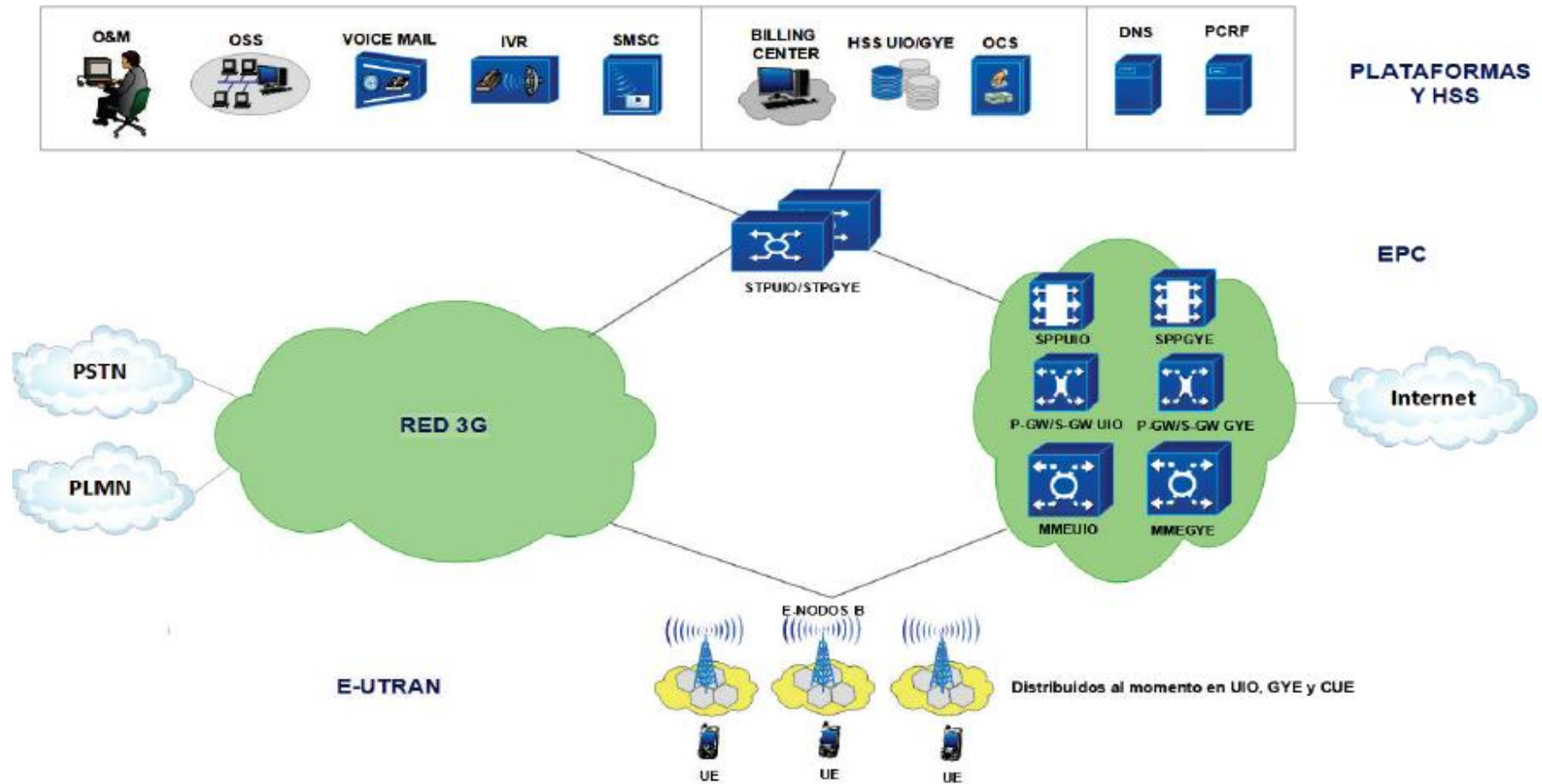


Figura 3. 17: 4G LTE en Ecuador
Elaborado por: Autor

Cabe recalcar que en Quito se implementó 3 estaciones repetidoras móviles que son células sobre ruedas (*Cells on Wheels, COW*), dos en el barrio Bicentenario y uno en el Quinche, adicionalmente se implementa la capacidad de los nodos aledaños a la ruta, con 14 segundas portadoras, mientras que en Guayaquil se ubican dos COW en Samanes y la capacidad crece a 8 segundas portadoras. (CNT, 2017)

3.3. Implementación de CSFB para el servicio de voz en LTE

El circuito conmutado FallBack (*Circuit Switched FallBack, CSFB*), esta es una respuesta para las empresas de telecomunicaciones ya que mejoraría el servicio de voz en LTE tendría un costo económico.

Para la implementación de CSFB y que puedan beneficiarse los usuarios deben actualizar el software de la central de conmutación móvil (Mobile Switching Central, MSC) y así puedan soportar esta funcionalidad.

3.3.1. VoLTE evoluciona en Latinoamérica

El costo económico es uno de los factores que benefician al lanzamiento de VoLTE como tecnología nueva, se estima que a nivel de Latinoamérica los usuarios en el 2020 generen ganancias 120.000 millones de dólares.

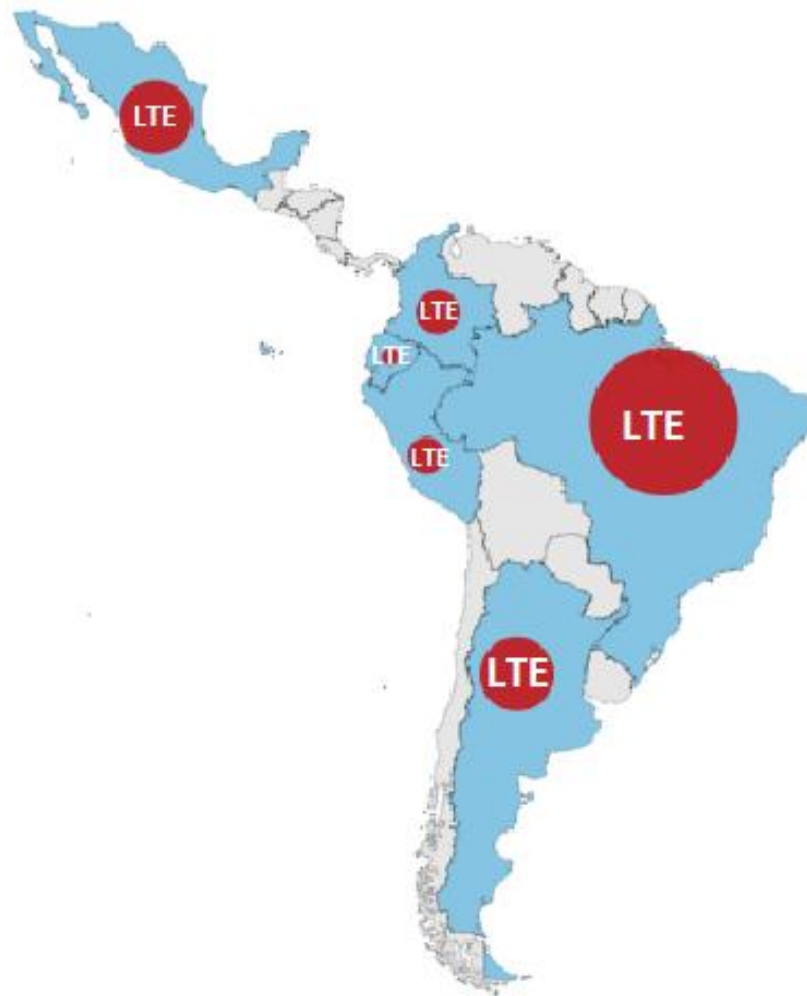


Figura 3. 18: 4G LTE en Latinoamérica
Elaborado por: (Comercio, 2017)

A pesar de que en Latinoamérica aun no tenga una cobertura en su totalidad de 4G LTE como se ve en la figura 3.15, las operadoras que funcionan en cada país ya anuncian el despliegue del servicio de voz sobre LTE ya que trabaja en la misma arquitectura de IMS.

En Ecuador aún no se implementa esta tecnología ya que se sigue implementado 4G LTE para alcanzar una cobertura total a nivel del país, se sabe que la telefónica CNT tiene el 43.8% de usuarios en 4G, por su parte Movistar tiene el 27.04% y Claro el 29.07%.

3.4. Implementación de VoLTE en Ecuador

Existen varias ventajas para implementar VoLTE en el Ecuador, entre ellas las más destacadas serían: Aumento en la calidad de voz, Más eficiencia espectral, simplificación, etc.

3.4.1. Calidad de Voz en la llamada

Al implementarse VoLTE en el Ecuador sería beneficioso ya que LTE cuenta con una baja latencia y es ahí en donde el usuario podrá notar al momento de realizar una llamada la conexión de esta sería mucho más rápida a comparación de establecer una llamada en 2G y 3G, también permitiría tener una video llamada en HD, esta tecnología sería mucho más económica ya que no utilizarían tantos recursos de red como las de OTT.

3.4.2. Eficiencia Espectral Mayor

Con VoLTE se optimizaría los recursos de radio, esta tecnología aportaría con un uso de hasta dos veces más del rendimiento espectral de 3G de acceso de paquetes de alta velocidad (*High Speed Packet Access, HSPA*), y poder aprovechar hasta 6 veces más que la anterior tecnología GSM.

3.4.3. Simplificación

Con VoLTE el espectro sería reutilizado lo cual nos daría un notable ahorro ya que en las operaciones tendríamos un 60% menos, en mantenimiento de soporte nos daría un 75% menos y en energía ahorraríamos 65% menos de lo que utilizamos en la actual tecnología.

3.4.4. Evolución a VoLTE en Ecuador

Para que Ecuador pueda dar una evolución a VoLTE tendríamos tres factores:

- Se tendría que implementar IMS VoLTE para poder tener una arquitectura netamente IP.
- Implementar IMS para tener multimedia
- Implementar CSFB.

3.4.5. Consideraciones para implementar VoLTE en Ecuador

Para poder implementar VoLTE en el Ecuador deberíamos considerar y analizar varias cosas importantes a Nivel de Acceso, Nivel de Core y a Nivel de Base de Datos.

3.4.6. Nivel de Acceso

Los equipos que funcionan actualmente en el Ecuador tienen que estar compuestos por Nodos B y RNC.

3.4.7. Nivel de Core

Ecuador actualmente utiliza centro de conmutación móvil (*Mobile Switching Center, MSC*), pasarela de medios (*Media Gateway, MGW*), una entidad de gestión de la movilidad (*Mobility Management Entity, MME*), (*Serving Gateway, S-GW*), puerta de enlace de paquete de datos (*Packet Data Network Gateway, P-GW*), servicio del nodo de soporte de GPRS (*Serving GPRS Support Node, SGSN*), los cuales tienen que ser actualizados para poder soportar IMS, SRVCC Y VoLTE.

3.4.8. Ejemplo de llamada VoLTE

En la figura 3.6 se podrá observar lo que sería una llamada utilizando el servicio de voz sobre LTE, las llamadas se la realizara en dos usuarios que tengan tecnología LTE.

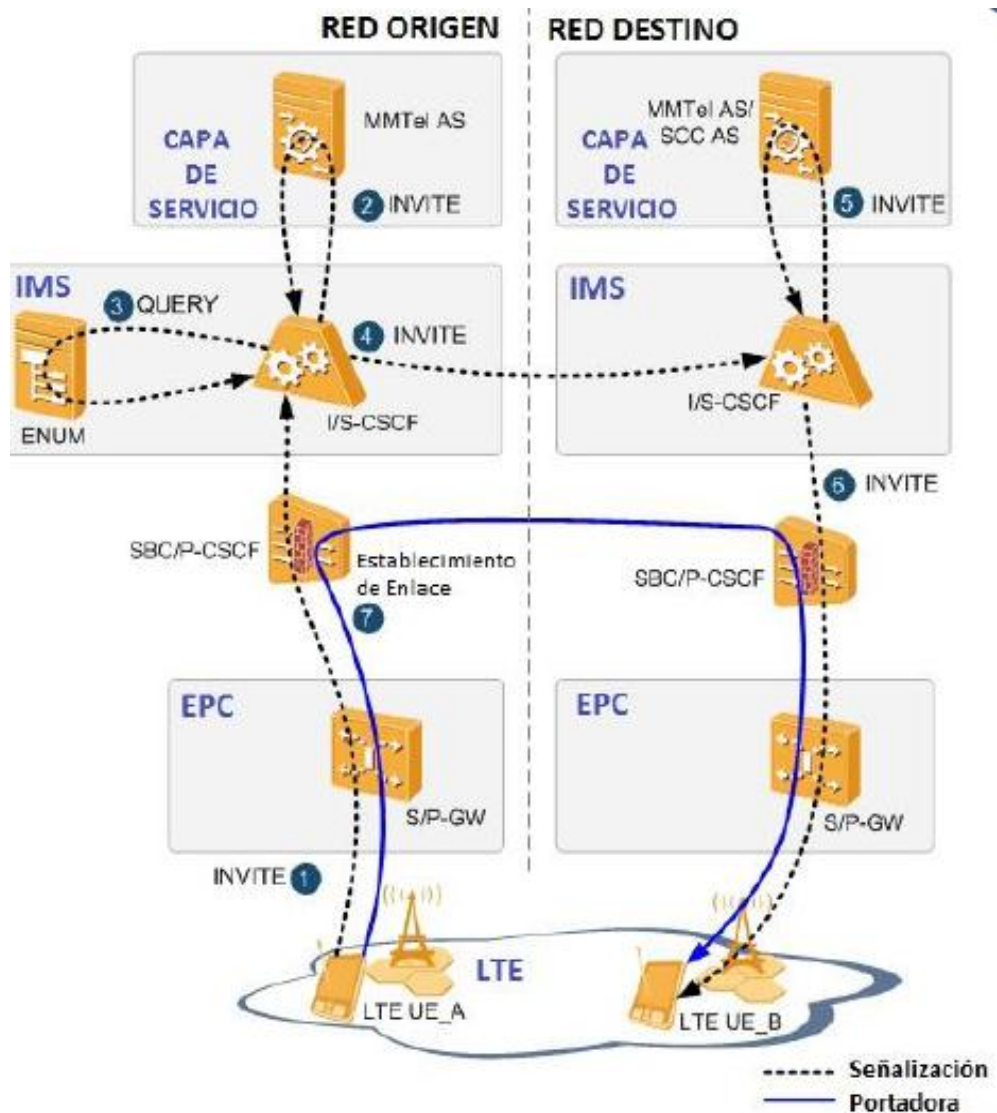


Figura 3. 19: Llamada entre usuarios LTE
Elaborado por: (Juan Morales , 2015)

3.4.9. VoLTE en teléfonos móvil

Cuando ya sea implementada la tecnología VoLTE en el Ecuador cabe recalcar que el servicio de voz sobre LTE no se presentará como aplicación

en los teléfonos móvil, esta nueva tecnología se actualizará automáticamente siempre y cuando el móvil adquirido por el usuario soporte la tecnología LTE.

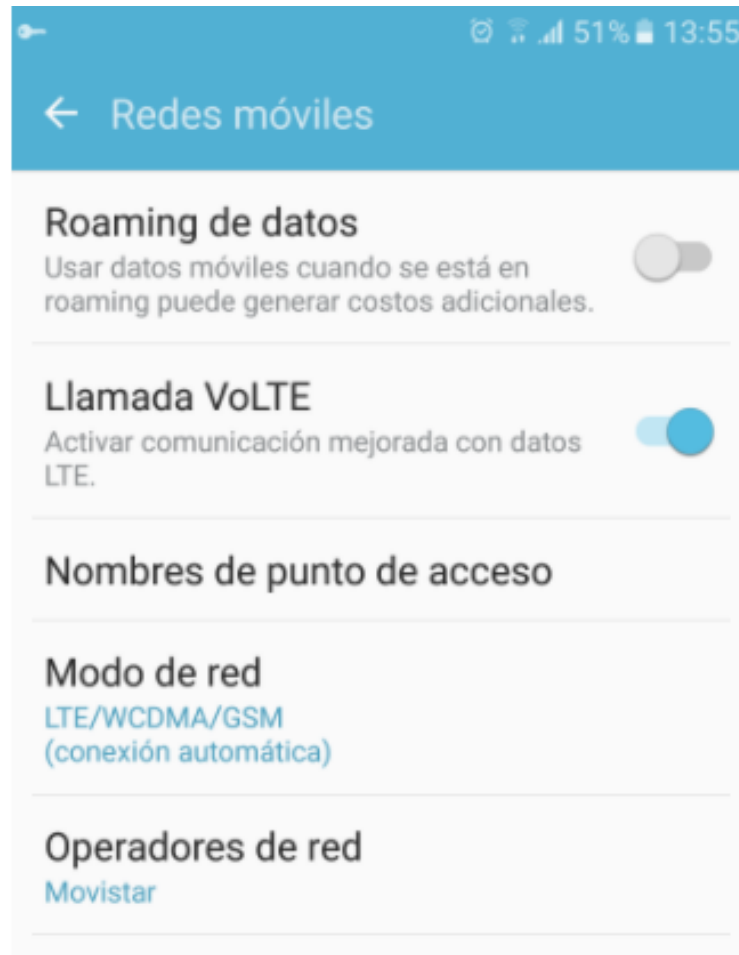


Figura 3. 20: VoLTE en teléfonos Móviles
Elaborado por: (Movistar, 2016)

CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

4.1. Conclusiones.

- En la actualidad las telecomunicaciones han tomado un papel importante en el Ecuador y es por esto que se está implementando la tecnología 4G LTE pero aun no para utilizarlo en el servicio de voz, tras el estudio se ha investigado que para la utilización de VoLTE se requiere un core basado en IMS ya que esta arquitectura une varias redes como son la telefonía fija, móvil y el internet y así permite al usuario tener múltiples servicios sin que este pierda la conexión.
- Mediante el estudio se dice que VoLTE es una tecnología la cual se encarga de realizar llamadas de alta definición, esta tecnología se basa en varias arquitecturas como son: arquitectura IMS, arquitectura EPC, arquitectura LTE.
- Al terminar con el estudio de la tecnología VoLTE para el mejoramiento de llamadas de voz en el Ecuador se observa que es factible implementar esta tecnología ya que las actuales redes de 3G que se utilizan pueden ser compatibles con las arquitecturas de IMS y VoLTE, mediante esto se podría economizar su implementación.
- Con la evolución de las telecomunicaciones en el Ecuador la implementación de VoLTE traería como beneficios una conexión más rápida ya que el tiempo de establecimiento de una llamada VoLTE se reduce considerablemente a comparación de lo que nos brinda la red 2G y 3G.

- Si bien es cierto VoLTE es una tecnología en desarrollo que se ha ido reafirmando poco a poco en ciertos países, dicha tecnología se considera como la primordial al momento de brindar un servicio de voz de alta calidad, por tal motivo el Ecuador debería dar paso a la implementación y despliegue de VoLTE.

4.2. Recomendaciones.

- Maximizar la implementación de las redes de tecnología 4GLTE para poder tener una cobertura total en el país y así poder implementar y disfrutar de nuevas tecnologías como sería el caso de VoLTE.
- Los operadores de telecomunicaciones que se encuentran en nuestro país tiene la necesidad de implementar un Core el cual se base en la arquitectura IMS y así poder brindar el servicio de voz sobre LTE.
- Después de que los operadores de telecomunicaciones hayan implementado la tecnología IMS, su prioridad a corto o mediano plazo sería el de adoptar la tecnología VoLTE ya que beneficiaría tanto a los usuarios como a la empresa brinda el servicio.
- Movistar, CNT, Claro y Tuenti debería ya estar realizando estudios para poder implementar estas nuevas tecnologías y así poder tener al Ecuador como país desarrollado en el campo de las telecomunicaciones.
- Para poder disfrutar de la tecnología VoLTE el usuario debe tener un equipo móvil que soporte dicha tecnología.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alejandro Díaz . (2017). *Voipelia*. Retrieved from <https://www.voipelia.com/servidores-sip/>
- Americas, 5. (2017). *5G Americas*. Retrieved from <http://www.5gamericas.org/es/newsroom/press-releases/america-latina-llego-16-millones-de-lineas-lte-en-el-primer-trimestre-de-2015/>
- CNT. (2017). *CNT*. Retrieved from <http://corporativo.cnt.gob.ec/cnt-ep-pone-a-punto-su-red-movil-4g-lte/>
- Comercio, E. (2017, Mayo 17). *El Comercio* . Retrieved from <http://www.elcomercio.com/actualidad/acceso-red-4g-tecnologia-ecuador.html>
- Corporación Nacional de Telecomunicaciones . (2015). *Corporación Nacional de Telecomunicaciones* . Retrieved from <file:///C:/Users/JULIO/Downloads/9304613.pdf>
- Edadmovil. (2014). Retrieved from <https://edadmovil.wordpress.com/casos-de-desarrollo/implementacion-ims/arquitectura-ims/>
- EFORT. (2017). Retrieved from http://efort.com/media_pdf/IMS_ESP.pdf
- Ericsson. (2014, Noviembre). *Ericsson* . Retrieved from <https://www.ericsson.com/assets/local/publications/white-papers/wp-voice-and-video-calling-over-lte.pdf>
- Erick ribera. (2013). *Media Technologies*. Retrieved from <http://blogs.salleurl.edu/dtm-media-technology/la-tecnologia-lte/>
- F5 Networks. (2017). *Volte*. Retrieved from <https://f5.com/es/solutions/service-provider/reference-architectures/volte>

- Garcinuño, P. (2016, Febero 17). *innovaspain.com*. Retrieved from
<http://www.innovaspain.com/la-primera-red-virtual-de-servicios-de-voz-sobre-lte-de-latinoamerica-en-colombia/>
- Juan Morales . (2015, Agosto). Retrieved from
https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&ved=0ahUKEwipjfTwx7UAhVFGz4KHS_UAV4QFgggtMAI&url=http%3A%2F%2Fbibdigital.epn.edu.ec%2Fbitstream%2F15000%2F10362%2F3%2FCD-6161.pdf&usg=AFQjCNGDuOuQe1SLrc9ueS8QwxEymRIKDg&cad=rja
- Ledesma, R. (2017, Enero 30). Retrieved from
<http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/7313/1/T-UCSG-POS-MTEL-62.pdf>
- Ledesma, R. (2017, enero 30). Retrieved from
<http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/7313/1/T-UCSG-POS-MTEL-62.pdf>
- Movistar. (2016). *Movistar*. Retrieved from
[https://foro.movistar.com.ar/threads/52385-Voz-4G-\(VoLTE-ViLTE\)/page2](https://foro.movistar.com.ar/threads/52385-Voz-4G-(VoLTE-ViLTE)/page2)
- Ramon Agusti Comes. (2013). *LTE*. Retrieved from
http://www.fundacionvodafone.es/sites/default/files/libro_lte.pdf
- Ruiz, N. H. (2013, Octubre 23). *Voz móvil de alta definición*. Retrieved from
<http://blogthinkbig.com/voz-movil-de-alta-definicion/>
- S, S. (2016, Noviembre 19). *Android Jefe* . Retrieved from
<http://www.androidjefe.com/ecuador-4g-mas-rapido-latinoamerica-usa/>
- Sanchez, R. L. (2017, enero 30).

Sandvine. (2015). *Voice over LTE: Challenges and Opportunities*. Retrieved from <https://www.sandvine.com/downloads/general/whitepapers/volte-challenges-and-opportunities.pdf>

Tecno Tics . (2013, septiembre 15). *Tecno Tics*. Retrieved from <http://hiperingecom.blogspot.com/>

VoipForo. (n.d.). *VoipForo*. Retrieved from <http://www.voipforo.com/SIP/SIPejemplo.php>

Xinhua. (2016, Diciembre 22). *AETECNO*. Retrieved from <http://tecno.americaeconomia.com/articulos/zte-construira-red-gran-escala-para-telefonica-en-latinoamerica>



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Cevallos Astudillo, Julio Enrique** con C.C: # 0603716283 autor del Trabajo de Titulación: **ESTUDIO DE LA TECNOLOGÍA VOLTE PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS LLAMADAS DE VOZ** previo a la obtención del título de **INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 18 de septiembre del 2017

f. _____

Nombre: Cevallos Astudillo, Julio Enrique

C.C: 0603716283

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Estudio de la tecnología VoLTE para el mejoramiento de las llamadas de voz		
AUTOR(ES)	CEVALLOS ASTUDILLO, JULIO ENRIQUE		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	ING. BOHÓQUEZ ESCOBAR, CELSO BAYARDO		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería en Telecomunicaciones		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero en Telecomunicaciones		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	18 de septiembre del 2017	No. DE PÁGINAS:	88
ÁREAS TEMÁTICAS:	Comunicaciones inalámbricas, Sistemas de Comunicación, Comunicaciones Móviles.		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	LTE, VoLTE, Paquete de Datos, redes de comunicación, generación.		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):			
<p>En el proyecto se presenta todos los fundamentos teóricos para analizar la nueva tecnología que se pretenden implementar en el Ecuador ya que como todos sabemos la utilización de llamadas de voz mediante el uso de paquete de datos en las redes de comunicación, toma un papel muy importante en esta época ya que es un medio factible para la comunicación, cabe resaltar que la calidad de voz mediante la utilización de paquete de datos en la actualidad tiene muchos defectos y es ahí que se pretende introducir la tecnología VOLTE que es un servicio de voz sobre LTE con la utilización redes de nueva generación. Volte es una tecnología en evolución de servicio de voz y mi aporte consiste en determinar los beneficios que tiene y las ventajas que ofrece al introducirse como nueva tecnología para el mejoramiento y optimización de llamadas de voz mediante paquete de datos. El proyecto busca analizar el desenvolvimiento de la tecnología de voz ya existentes para su mejoramiento</p>			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-9-84207432	E-mail: julioenrique2308@hotmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE	Nombre: Córdova Rivadeneira Luis Silvio		
	Teléfono: +593-992305262		
	E-mail: luis.cordova@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			