



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL  
DESARROLLO**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES**

**TEMA:**

**ANÁLISIS DE LA MIGRACIÓN DE LA TECNOLOGÍA 3G HACIA  
4G LTE PARA SATISFACER LA DEMANDA DE LAS  
DISTINTAS APLICACIONES EN LOS SERVICIOS MÓVILES**

**AUTOR:**

**MIGUEL ANDRÉS FRANCO BAYAS**

**PREVIA LA OBTENCION DEL TÍTULO DE:**

**INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES CON MENCIÓN EN  
GESTIÓN EMPRESARIAL**

**TUTOR:**

**ING. EFRAÍN VÉLEZ TACURI**

**Guayaquil, Ecuador  
2015**



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

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo fué realizado en su totalidad por MIGUEL ANDRÉS FRANCO BAYAS, como requerimiento parcial para la obtención del Título de INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES CON MENCIÓN EN GESTIÓN EMPRESARIAL.

**TUTOR**

---

**Ing. Efraín Vélez Tacuri**

**DIRECTOR DE LA CARRERA**

---

**Ing. Armando Heras Sánchez**

**Guayaquil, 20 de febrero del 2015**



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

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

**Yo, Miguel Andrés Franco Bayas**

**DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación Análisis de la migración de la tecnología 3G hacia 4G LTE para satisfacer la demanda de las distintas aplicaciones en los servicios móviles previa a la obtención del Título **de Ingeniero en Telecomunicaciones con Mención en Gestión Empresarial**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

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

**Guayaquil, 20 de febrero del 2015**

**EL AUTOR**

---

**Miguel Andrés Franco Bayas**



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

**AUTORIZACIÓN**

**Yo, Miguel Andrés Franco Bayas**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: Análisis de la migración de la tecnología 3G hacia 4G LTE para satisfacer la demanda de las distintas aplicaciones en los servicios móviles, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, 20 de febrero del 2015**

**EL AUTOR:**

---

**Miguel Andrés Franco Bayas**

## **AGRADECIMIENTO**

Primeramente a Jehová de los Ejércitos, mi Dios, por haberme ayudado desde el principio de mi carrera universitaria y permitirme terminar una de las más bellas etapas de mi vida. No hay duda que éste es solo el inicio del cumplimiento de las promesas de Dios en mi vida.

A mis padres, Miguel Franco Monserrate y Jovita Bayas Bazantes, por todo su apoyo que me han brindado. Son los motores que siempre me hicieron avanzar hasta la meta final.

A mi tía, Jury Franco, quien en muchas ocasiones me apoyó de manera financiera para pagar mis semestres de estudio.

A mi tía, Edith Bayas, quien me permitió quedar en su casa ubicada en la ciudadela Bellavista cuando tuve varios semestres en horario nocturno.

A Rody Hernández, que ha sido mi consejero, amigo verdadero en las buenas y malas y ha sido un pilar en mi vida espiritual, lo he llegado a considerar un padre espiritual.

A mi tutor, el Ing. Efraín Vélez, el cual con su ayuda y colaboración pude desarrollar este proyecto de titulación.

A Chris Daniel, Un misionero norteamericano, amigo mío, especializado en la rama de telecomunicaciones (Service Provider), el cual me dió la idea de este trabajo de titulación.

**Miguel Andrés Franco Bayas**

## **DEDICATORIA**

Al Espíritu Santo, el cual con su fuerza celestial, he podido perseverar en cada situación difícil que se ha presentado, tanto en mi carrera universitaria como en la parte personal.

**Miguel Andrés Franco Bayas**

## ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I: GENERALIDADES DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	16
1.1 Planteamiento del Problema.....	16
1.2 Justificación.....	16
1.3 Objetivos.....	17
1.3.1 Objetivo General.....	17
1.3.2 Objetivos Específicos.....	17
1.4 Hipótesis.....	17
1.5 Tipo de investigación.....	17
1.6 Metodología.....	18
1.6.1 Justificación de la selección del método.....	18
1.6.2 Diseño de la investigación.....	18
1.6.3 Muestra.....	18
1.6.3.1 Técnicas e instrumentos de análisis y levantamiento de datos.....	18
CAPÍTULO II : EVOLUCIÓN DEL SISTEMA DE TELEFONÍA MÓVIL.....	19
2.1. Telefonía Móvil.....	19
2.2 Evolución de la Telefonía Móvil.....	20
2.2.1. Primera Generación (1G).....	20
2.2.2. Segunda Generación (2G).....	20
2.2.3. Tercera Generación (3G).....	21
CAPÍTULO III: LA NUEVA CONECTIVIDAD MÓVIL (LTE).....	23
3.1. Introducción a Long Term Evolution (LTE).....	23
3.2 Características.....	23
3.3. Arquitecturas.....	24
3.3.1 Arquitectura LTE de alto nivel.....	24

3.3.1.1. Arquitectura de Equipo de Usuario (UE).....	25
3.3.1.2. Capacidades de Equipo de Usuario (UE).....	26
3.3.2. Arquitectura E-UTRAN .....	27
3.3.2.1 Red de Transporte .....	28
3.3.2.2. Pequeñas celdas y el Home eNB.....	29
3.3.3 Arquitectura EPC (Evolved Packet Core).....	30
3.3.4 Arquitectura Roaming .....	32
3.4. Protocolos de Comunicación .....	33
3.4.1. Protocolo Modelo.....	33
3.4.2. Protocolos de transporte de Interfaz Aérea .....	34
3.4.3 Protocolos de Transporte de Red fija.....	35
3.4.4. Protocolos de Plano de Usuario. ....	37
3.4.5 Protocolos de Señalización.....	38
3.5 Desafíos que LTE debe alcanzar .....	39
3.5.1. Voz sobre LTE (VoLTE) .....	39
3.5.2 Soluciones tomadas a consideración.....	40
3.5.2.1. Circuit Switched Fall Back (CSFB).....	40
3.5.2.2. Single Radio Voice Call Continuity (SRVCC).....	41
3.5.2.3. Voz sobre LTE vía acceso genérico (VoLGA).....	43
3.6. Tecnologías de acceso LTE .....	46
3.6.1. OFDMA .....	46
3.6.2. SC-FDMA .....	48
CAPÍTULO IV : ANÁLISIS DE RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE DATOS.....	61
4.1 Metodología.....	61
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. ....	77
5.1 Conclusiones.....	77



5.2 Recomendaciones.....	79
Referencias Bibliográficas.....	80
ANEXOS .....	87
GLOSARIO .....	91

## FIGURAS

Figura 2.1: Gráfico de 8 celdas .....	19
Figura 3.2: Arquitectura interna de equipo de usuario .....	26
Figura 3.3: Arquitectura de E-UTRAN.....	28
Figura 3.4: Arquitectura interna de la red de transporte E-UTRAN .....	29
Figura 3.5: Componentes principales de núcleo de paquetes evolucionado (EPC).....	31
Figura 3.6: Arquitectura Roaming.....	32
Figura 3.7: Arquitectura de alto nivel LTE .....	33
Figura 3.8: Protocolos de transporte usados en interfaz aérea.....	35
Figura 3.9: Protocolos de transporte usados por una red fija .....	36
Figura 3.10: Protocolos de plano de usuario usados por LTE.....	37
Figura 3.11: Protocolos de señalización usados por LTE .....	38
Figura 3.12: Conmutación de circuitos de reversa (CSFB).....	41
Figura 3.13: Arquitectura de red SRVCC 3GPP Release 10.....	42
Figura 3.14: Configuración de red básica VoLGA.....	45
Figura 3.15: Trayecto de enlace descendente: OFDMA.....	48
Figura 3.16: Diagrama SC-FDMA.....	49
Figura 3.17: Agregación de Portadora (CA).....	51
Figura 3.18: Agregación de portadora. Alternativas intra e inter banda.....	52
Figura 3.19: Agregación de Portadora- celdas de servicio, cada soporte de componente a una celda de servicio. Las diferentes celdas de servicio pueden tener diferente cobertura.....	53
Figura 3.20: Ancho de banda y requerimientos de latencia de potenciales casos de uso 5G.....	55
Figura 4.1: Género .....	61
Figura 4.2: Edad .....	62
Figura 4.3: Gasto Mensual en consumo de teléfono celular .....	63

Figura 4.4: Cambia de teléfono celular cada .....	64
Figura 4.5: Se conecta a Internet a través del teléfono celular .....	65
Figura 4.6: Utiliza el teléfono celular como medio de comunicación para .....	66
Figura 4.7: Utiliza el teléfono celular como medio de entretenimiento para ..	67
Figura 4.8: Utiliza el teléfono celular para herramienta como .....	68
Figura 4.9: Qué tipo de transacciones realiza con el teléfono celular .....	69
Figura 4.10: Considera importante la seguridad en este tipo de servicios ....	70
Figura 4.11: Accede a la Tutoría Virtual desde el teléfono celular .....	71
Figura 4.12: En caso de ser afirmativa la respuesta anterior, considera el acceso .....	72
Figura 4.13: Ha escuchado hablar de la Tecnología 4G .....	73
Figura 4.14: Sabía que en diciembre de 2012, el Ministerio de Telecomunicaciones anunció que el país podrá contar con servicio móvil con tecnología 4G.....	74
Figura 4.15: Le gustaría que, con la tecnología 4G, su celular disponga de	75
Figura 4.16: Estaría dispuesto a adquirir un nuevo teléfono celular que soporte la tecnología 4G .....	76

## TABLAS

Tabla 3.1: Categorías de Equipo de Usuario (UE) .....	27
Tabla 4.1: Género.....	61
Tabla 4.2: Edad.....	62
Tabla 4.3: Gasto Mensual en consumo de teléfono celular .....	62
Tabla 4.4: Cambia de teléfono celular cada.....	63
Tabla 4.5: Se conecta a Internet a través del teléfono celular.....	64
Tabla 4.6: Utiliza el teléfono celular como medio de comunicación para .....	65
Tabla 4.7: Utiliza el teléfono celular como medio de entretenimiento para ...	66
Tabla 4.8: Utiliza el teléfono celular para herramienta como .....	67
Tabla 4.9: Qué tipo de transacciones realiza con el teléfono celular .....	68
Tabla 4.10: Considera importante la seguridad en este tipo de servicios .....	69
Tabla 4.11: Accede a la Tutoría Virtual desde el teléfono celular .....	70
Tabla 4.12: En caso de ser afirmativa la respuesta anterior, considera el acceso .....	71
Tabla 4.13: Ha escuchado hablar de la Tecnología 4G.....	72
Tabla 4.14: Sabía que en diciembre de 2012, el Ministerio de Telecomunicaciones anunció que el país podrá contar con servicio móvil con tecnología 4G.....	73
Tabla 4.15: Le gustaría que, con la tecnología 4G, su celular disponga de..	74
Tabla 4.16: Estaría dispuesto a adquirir un nuevo teléfono celular que soporte la tecnología 4G. ....	75

## RESUMEN.

Este proyecto de titulación principalmente se enfoca en la migración de la tecnología 3G hacia la 4G LTE. Además se provee un detalle completo sobre las características, arquitecturas y protocolos en lo que respecta a LTE brindando servicios que mejoraran la calidad de servicio de los usuarios (QoS) y la calidad de experiencia (QoE).

La metodología usada fue la búsqueda de whitepapers, libros y documentos de organismos internacionales que estaban relacionados con la tecnología en sí.

Adicionalmente se realizó una encuesta a los estudiantes de la UCSG con motivo de tener datos exactos acerca de los servicios y ventajas que ofrece la implementación de la red 4G LTE aquí en el Ecuador. Cabe mencionar que la banda de frecuencias para que operen este tipo de servicios ha sido abierta para las tres operadoras: Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT), Claro y Movistar.

**Palabras claves:** LTE, 3GPP, 4G, Redes Móviles, bandas de frecuencia, migración.

## **ABSTRACT.**

This final Project is focused on the migration from 3G technology to 4G LTE. Besides, it provides a complete detail about characteristics, architectures and protocols giving services that will improve the Quality of Service (QoS) and the Quality of Experience (QoE).

The methodology was the search of whitepapers, books and international organism documents related to the technology.

On the other hand, a survey was made to the UCSG students so we can have the exact data about services and advantages that offer the implementation of 4G LTE network here in Ecuador. It must be mentioned that the frequencies band to operate these services has been opened to the three operators: Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT), Claro y Movistar.

**Keywords:** LTE, 3GPP, 4G, Mobile Networks, Frequency bands, Migration

## INTRODUCCIÓN

El mundo de los servicios móviles de banda ancha muestra su potencial a medida que millones de nuevos dispositivos y usuarios están entrando al mercado. Los dispositivos de última generación y los nuevos comportamientos de los usuarios requieren evolución de las redes para brindar servicios inalámbricos y para hacer frente a este crecimiento exponencial de la demanda.

LTE (Long Term Evolution) es el camino de desarrollo preferente para las redes móviles que se utilizan en la actualidad, que les permitirá a las redes ofrecer un mayor rendimiento de datos a las terminales móviles, elemento necesario para ofrecer servicios de banda ancha móvil nuevos y avanzados.

Ya son muchos los operadores que han escogido LTE como la tecnología que ofrece beneficios tanto para ellos como para sus usuarios. Por primera vez en el mundo, un estándar se ha extendido por todas las regiones de América, Asia y Europa, ganando cada día más compromisos de los principales operadores y un consenso mundial que indica que LTE será la tecnología dominante para la próxima generación de banda ancha móvil.

Las prioridades de esta evolución de la red móvil 4G LTE son: prestar servicios de datos móviles de calidad, como mínimo, equivalente a la experiencia del usuario con su acceso fijo de banda ancha en el hogar, y reducir gastos operativos por medio de la presentación de arquitectura IP plana.

## **CAPÍTULO I: GENERALIDADES DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.**

### **1.1 Planteamiento del Problema.**

El problema de este proyecto de titulación se origina en que los usuarios que tienen acceso a terminales de gama media y alta, están experimentando latencias usando la tecnología 3G en lo que respecta a Internet móvil; además, debido a la proliferación de las aplicaciones que existen hoy en día en el mercado, se está demandando de las operadoras más ancho de banda para poseer una experiencia enriquecedora y a la vez un excelente y mejorado servicio.

### **1.2 Justificación.**

Debido a las tendencias tecnológicas que se están experimentando en cuanto al sector móvil, es necesario que las empresas de telecomunicaciones inviertan la debida infraestructura para poder competir en el mercado actual; tal es el caso de Ecuador, en la cual se está desplegando una tecnología nueva llamada LTE (Long Term Evolution) en donde se podrá satisfacer las demandas de los usuarios en cuanto a voz, datos y video.

Los resultados que se obtengan en este proyecto de titulación, servirán para proyectos posteriores acerca de esta tecnología.



### **1.3 Objetivos.**

#### **1.3.1 Objetivo General.**

- Analizar como incide la migración de la tecnología 3G a la 4G-LTE en los servicios móviles para determinar la prestación de servicios a los usuarios.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos.**

- Identificar las características, arquitecturas y protocolos de comunicación de la tecnología 4G LTE.
- Explicar la interacción que tiene 4G LTE con las redes 2G y 3G
- Determinar la prestación de servicios móviles a los usuarios mediante encuesta a los estudiantes de la UCSG.

### **1.4 Hipótesis.**

Con la elaboración de este proyecto, se aspira aumentar los conocimientos en lo que respecta de la tecnología 3G hacia 4G LTE y a la vez estimulando el desarrollo de novedosos proyectos y técnicas para brindar tráfico de datos a velocidades mucho más rápidas y reducir la latencia, permitiendo la firmeza, estabilidad y solidez de un gran mercado de servicios IP multimedia móvil.

### **1.5 Tipo de investigación.**

En este proyecto se utilizará el tipo de investigación explicativa, la cual permitirá obtener una relación causal de los problemas que se enfocan en el análisis de la migración de la tecnología 3G hacia 4G LTE en los servicios móviles para la prestación de los servicios a los usuarios.

## **1.6 Metodología.**

El método que se utilizará en el proyecto de investigación se basa en un análisis con observaciones realizadas y con bibliografías en enfoque cuantitativo.

### **1.6.1 Justificación de la selección del método.**

Al tratarse de un proyecto de investigación con enfoque analítico tecnológico se manifiesta el uso de la metodología, la que se basa en estudios realizados y en la medición de diversas variables que intervienen en el proceso.

Adicionalmente el enfoque cuantitativo promueve al proyecto con una realidad veraz, todo esto con el fin de cumplir con el objetivo de las variables independientes y a la vez lograr resultados sostenibles. En la aplicación de este enfoque se deriva que va de lo particular a lo general y viceversa.

### **1.6.2 Diseño de la investigación.**

Al observarse que el proyecto consiste en una investigación cuantitativa, permite realizar un análisis y una evaluación de los resultados obtenidos que se recogen de las encuestas realizadas.

### **1.6.3 Muestra.**

La teoría del muestreo permite establecer de una manera segura el proyecto de investigación en base al método cuantitativo debido a que nos expresa con exactitud los distintos tipos de elementos.

#### **1.6.3.1 Técnicas e instrumentos de análisis y levantamiento de datos.**

El levantamiento de información es el descriptivo del muestreo realizando a través de las muestras recopiladas en el proyecto de investigación.

## CAPÍTULO II : EVOLUCIÓN DEL SISTEMA DE TELEFONÍA MÓVIL

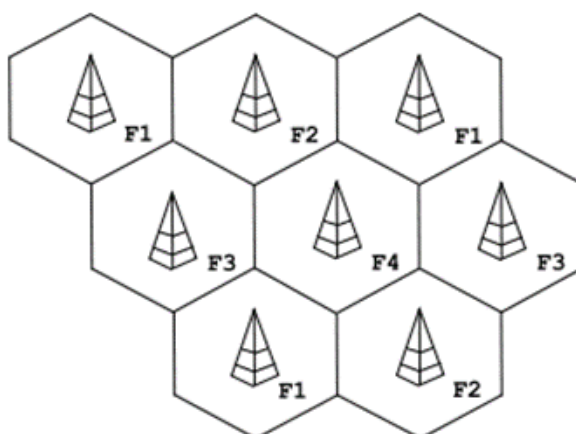
Este capítulo abarca la descripción de la evolución del sistema celular desde la 1G hasta la 3G.

### 2.1. Telefonía Móvil.

La telefonía móvil es la comunicación inalámbrica a través de los terminales móviles, usando como medio de transmisión el aire.

Se divide en dos partes: primero en una red donde sus antenas se comunican de manera terrestre y segundo en una red la cual es accedida por equipos móviles.

Un sistema de comunicación móvil celular usa un gran número de transmisores inalámbricos de baja potencia para crear celdas normalmente de forma hexagonal (véase la figura 2.1). Los niveles de potencia variable permiten a las celdas ser medias de acuerdo a la densidad del abonado y demanda dentro de una región en particular.



**Figura 2.1:** Gráfico de 8 celdas

**Fuente:** (Área Tecnología, 2010)

En la Figura 2.1, hay una estación base en cada célula o celda que permitirá la transmisión y recepción en esa área determinada.

## **2.2 Evolución de la Telefonía Móvil.**

### **2.2.1. Primera Generación (1G).**

La primera generación de la telefonía móvil surge en el año 1980, se utiliza únicamente para voz y es analógica. Tenía capacidad limitada, servía solo para nichos de mercado militar, agencias de gobierno, etc.

Los estándares que aparecieron fueron:

- Nordic Mobile Telephone (Telefonía Móvil Nórdica-NMT). Se subdivide en: NMT-450 y NMT-900, usando bandas de 450 MHz y 900 MHz. Nos ofrecía roaming.
- Total Access Communication Systems (Sistemas de comunicaciones de acceso total- TACS). Basado en protocolo AMPS, banda de los 900 MHz.
- Advanced Mobile Phone Service (Sistema de Telefonía Móvil Avanzado- AMPS). Banda de los 800 MHz.

### **2.2.2. Segunda Generación (2G).**

Esta segunda generación aparece en el año 1990 y se caracteriza principalmente por el uso de técnicas digitales para el desarrollo de las transmisiones.

Existen cuatro estándares principales:

- Global System for Mobile Communications (Sistema Global de Comunicaciones Móviles)
- Digital AMPS (D-AMPS) (IS-54) o TDMA (Acceso Múltiple por división de tiempo). Utilizado en EE.UU y creado para la compatibilidad de AMPS.

- CDMA (IS-95) (Acceso Múltiple por división de código). Usa un código para clasificar la transmisión de un usuario a otro.
- PDC (Comunicaciones digitales del Pacífico)

Además, estos nuevos sistemas nos ofrecen las siguientes ventajas:

- Mayor calidad de voz
- Menores costos de operación
- Mayor nivel de seguridad
- Roaming Internacional
- Soporte para terminales de menor potencia
- Mayor velocidad de servicios

### **2.2.3. Tercera Generación (3G).**

3G es la tercera generación de estándares y tecnología de teléfonos móviles. La 3G sustituye a la tecnología de 2G y precede a la de 4G. Los sistemas 3G actualmente fueron establecidos mediante el proyecto de la UIT sobre Telecomunicaciones Móviles Internacionales 2000 (IMT-2000).

Esta tecnología nos provee mayor velocidad en la transmisión de datos.

Las especificaciones 3G en llamada son de 144Kbps, mientras el usuario está en movimiento en un automóvil o tren, 384Kbps para peatones y sube a 2Mb/s para usuarios estacionarios.

El segundo factor clave es que los usuarios desearan itinerar (roam) por todo el mundo y permanecer conectados. Hoy en día GSM, lidera en roaming global.

El tercer factor clave es capacidad. Como el uso inalámbrico continua siendo expandido, los sistemas existentes están alcanzando límites. Las células o celdas pueden ser hechas más pequeñas, permitiendo la reutilización de frecuencias, pero solo a un punto.

## **CAPÍTULO III: LA NUEVA CONECTIVIDAD MÓVIL (LTE)**

En este capítulo se tratará una breve introducción, principales características, arquitecturas, protocolos y desafíos de la tecnología LTE para el futuro.

### **3.1. Introducción a Long Term Evolution (LTE).**

Long Term Evolution o LTE es el siguiente paso en lo que respecta a los servicios celulares 3G. La tecnología LTE está basada en el estándar 3GPP que provee una velocidad de bajada de 150 Mbps y una velocidad de subida arriba de los 50Mbps. El inalámbrico fijo y las normas cableadas están ya aproximándose o ya alcanzando 100 Mbps o más rápido, y LTE es una ruta para que las comunicaciones celulares operen a altas velocidades de datos.

### **3.2 Características.**

Las principales características de LTE son las siguientes:

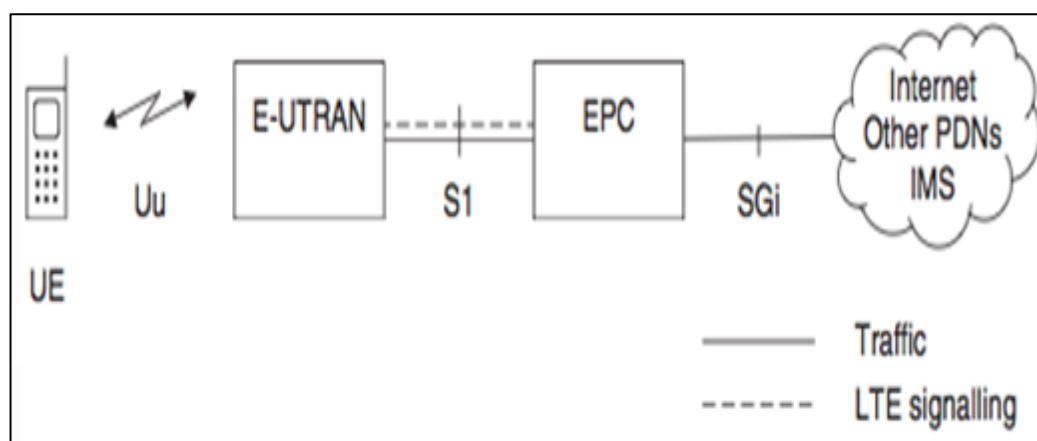
- Latencia ultra-baja
  - Menos de 10 ms para retardo de ida y vuelta del equipo de usuario al servidor.
  - Tiempos de establecimiento de llamada reducida ( 50-100ms)
  - => La experiencia del usuario con cable.
- Rendimientos pico LTE (Eficiencia espectral alta)
- Eficiencia de espectro aumentado sobre el release 6 HSPA
- Capacidad por llamada
  - 200 usuarios para 5MHz, 400 usuarios para asignaciones a mayor espectro.
- Uso flexible espectro maximiza la flexibilidad
  - Todas las frecuencias de IMT-2000: 450 MHz a 2.6 GHz
  - 1.4, 3/3.2, 5, 10, 15, 20 MHz
- Transmisión multi-antena

- Alimentación de control de enlace descendente
- La programación y la adaptación del enlace
- Manejo de retransmisión

### 3.3. Arquitecturas.

#### 3.3.1 Arquitectura LTE de alto nivel.

Hay tres componentes principales: equipo de usuario (UE), la red de acceso de radio terrestre universal evolucionada (E-UTRAN) y el núcleo de paquetes evolucionado (EPC), tal como se muestra en la figura 3.1. El núcleo de paquetes evolucionado se comunica con redes de datos de paquetes en el mundo exterior tales como el internet, redes corporativas privadas o el subsistema multimedia IP. Las interfaces entre las diferentes partes del sistema se indican como Uu, S1 y SGi.



**Figura 3.1:** Arquitectura LTE de alto nivel

**Fuente:** (Cox, 2014)



### 3.3.1.1. Arquitectura de Equipo de Usuario (UE)

La figura 3.2 nos muestra la arquitectura interna del equipo de usuario. La arquitectura es idéntica a la de UMTS y GSM.

El actual equipo de comunicación es conocido como equipo móvil (ME). En el caso de un móvil de voz o un teléfono inteligente (Smartphone), esto es justo un solo dispositivo. Sin embargo, el equipo móvil también puede ser dividido en dos componentes, llamados la terminación móvil (MT), la cual se encarga de todas las funciones de comunicación, y el equipo terminal (TE), el cual finaliza los flujos de datos. Por ejemplo, la terminación móvil podría ser una tarjeta de inserción LTE para una laptop.

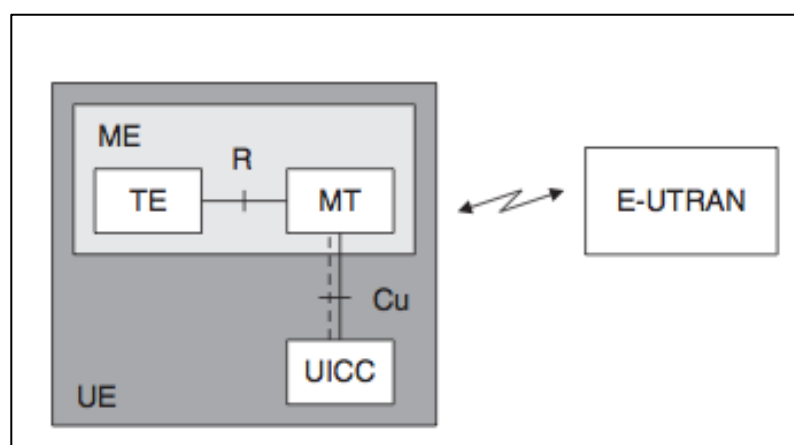
La tarjeta de circuito integrado universal (UICC) es una tarjeta inteligente, normalmente conocida con el nombre de tarjeta SIM. Ésta corre una aplicación conocida como Modulo de identificación de abonado universal (USIM), la cual almacena datos específicos del usuario tales como número de teléfono de los usuarios e identidad de red doméstica.

Algo de la información de la USIM puede ser descargada por servidores de administración de dispositivos que están gestionadas por el operador de la red. The USIM también lleva varios cálculos relacionados a seguridad, usando llaves seguras que las tarjetas inteligentes almacenan.

LTE soporta móviles que están usando USIM del Release 99 o posteriores, pero no soporta el Modulo de identificación de abonado (SIM) que puede ser usado por lanzamientos o releases anteriores de GSM.

Además de eso, LTE soporta móviles que están usando IP versión 4 (IPv4), IP versión 6 (IPv6) o doble pila: IP versión 4/versión 6. Un móvil recibe una dirección IP para cada red de paquetes de datos que

está comunicándose ya sea uno con el internet y otro para cualquier red corporativa privada. Alternativamente, el móvil puede recibir una dirección IPv4 tan bien como una dirección IPv6, si el móvil y la red soportan las dos versiones del protocolo.



**Figura 2.2:** Arquitectura interna de equipo de usuario

**Fuente:** (Cox, 2014)

### 3.3.1.2. Capacidades de Equipo de Usuario (UE)

Los móviles pueden tener una amplia variedad de capacidades de radio. Éstos cubren cuestiones tales como la tasa de datos máxima que ellos pueden manejar, los diferentes tipos de tecnología de acceso por radio que ellos soportan, las frecuencias de portadora en la cual ellos pueden transmitir y recibir, y el soporte móvil para características opcionales de las especificaciones de LTE.

Los móviles envían estas capacidades a la red de acceso por radio mediante mensajes de señalización, para que de esa manera la E-UTRAN conozca cómo controlarlos correctamente.

La tabla 3.1 nos muestra las diferentes capacidades agrupadas en categorías.

UE category	Release	Maximum # DL bits per ms	Maximum # UL bits per ms	Maximum # DL layers	Maximum # UL layers	Support of UL 64-QAM?
1	R8	10 296	5 160	1	1	No
2	R8	51 024	25 456	2	1	No
3	R8	102 048	51 024	2	1	No
4	R8	150 752	51 024	2	1	No
5	R8	299 552	75 376	4	1	Yes
6	R10	301 504	51 024	4	1	No
7	R10	301 504	102 048	4	2	No
8	R10	2 998 560	1 497 760	8	4	Yes

**Tabla 3.1:** Categorías de Equipo de Usuario (UE)

**Fuente:** (Cox, 2014)

### 3.3.2. Arquitectura E-UTRAN

La E-UTRAN es la que maneja las comunicaciones de radio entre el móvil y el núcleo de paquetes evolucionado (EPC) y sólo posee un componente: el nodo B evolucionado (eNB), tal como se muestra en la figura 3.3.

Cada eNB es una estación base que controla los móviles en una o más celdas. Un móvil se comunica con tan solo una estación base y una celda a la vez.

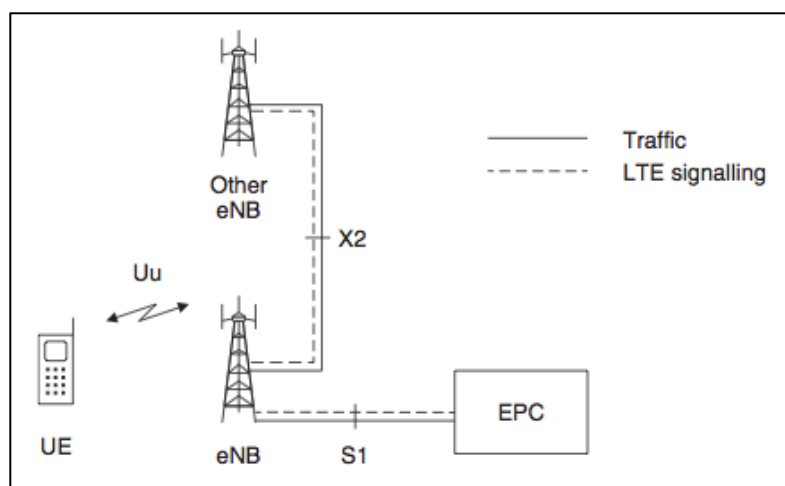
El nodo B evolucionado (eNB) posee dos principales funciones:

- Envía transmisiones de radio a todos sus móviles en enlace descendente y recibe transmisiones de ellos en el enlace ascendente, usando lo análogo y las funciones de procesamiento de señales digitales de la interfaz aérea de LTE.
- Controla el bajo nivel de operación de todos sus móviles enviando mensajes de señalización tales como comandos de handover (traspaso) que se relacionan a esas transmisiones de radio.

Cada estación base está conectada al EPC mediante la interfaz S1. También puede conectarse con estaciones de base cercanas por la interfaz X2, la cual es principalmente usada para la señalización y para el reenvío de paquetes durante el handover.

Hay dos maneras opcionales en la que se puede usar la interfaz X2. Primero, las comunicaciones son establecidas entre estaciones bases cercanas que podrían estar involucradas en handovers, donde estaciones de base lejanas no interactúan.

La segunda opción es que las comunicaciones X2 pueden ser llevadas a través del EPC usando dos instancias de S1.



**Figura 3.3:** Arquitectura de E-UTRAN

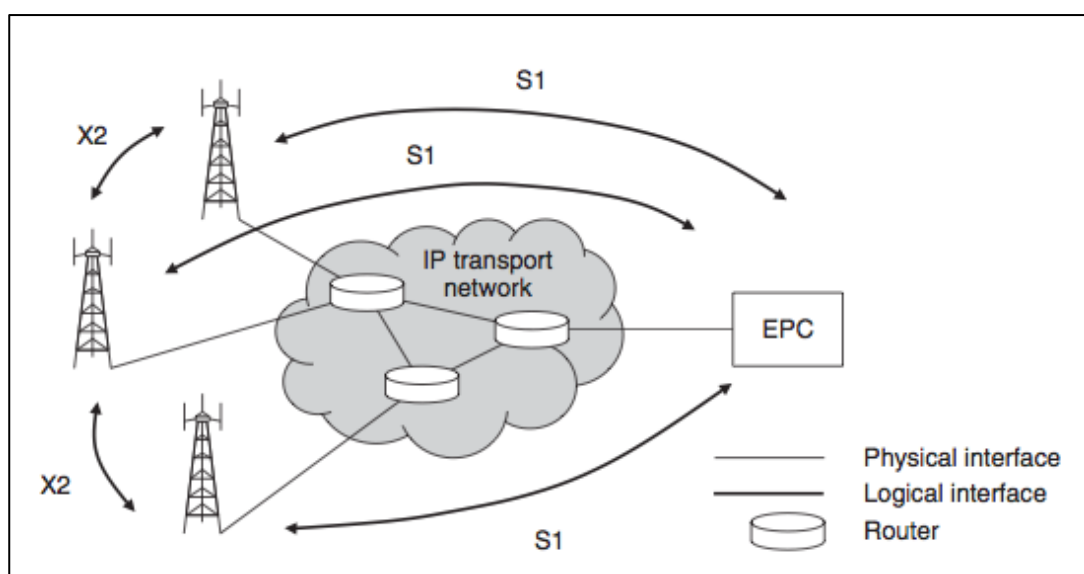
**Fuente:** (Cox, 2014)

### 3.3.2.1 Red de Transporte

Las interfaces S1 y X2 no son conexiones físicas directas. La información es enrutada por una red de transporte IP subyacente, tal como se muestra en la figura 3.4.

Cada estación base y cada componente del núcleo de la red tiene una dirección IP y los enrutadores subyacentes utilizan esas direcciones IP para transportar datos y mensaje de señalización de un dispositivo hacia otro.

Las interfaces S1 y X2 son plenamente entendidas como relaciones lógicas a través del cual los dispositivos conocen las identidades de los unos a los otros y pueden intercambiar información.



**Figura 3.4:** Arquitectura interna de la red de transporte E-UTRAN

**Fuente:** (Cox, 2014)

### 3.3.2.2. Pequeñas celdas y el Home eNB

Los operadores pueden incrementar en gran manera la capacidad de sus redes a través del uso progresivo de celdas más pequeñas. El Home eNB es una estación base que el usuario ha adquirido para proveer cobertura femtocélula dentro del hogar. Home eNBs benefician al usuario a través de la provisión de mejor cobertura y altas tasas de datos, y también benefician al operador de red teniendo el tráfico fuera de las macroceldas que la rodean.

Un Home eNB pertenece a un grupo de abonado cerrado, el cual puede proveer exclusivo o acceso preferencial a móviles que también pertenecen al grupo de abonados cerrado.

Los Home eNBs poseen más bajas limitaciones de potencia que las estaciones de base normales; pueden controlar únicamente una celda y no soportar la interfaz X2 hasta el Release o lanzamiento 10.

Por otro lado, en la interfaz S1, un Home eNB puede comunicar con el núcleo de paquetes evolucionado directamente o a través de un dispositivo conocido como la pasarela de Home eNB que protege al EPC de enormes números de Home eNBs. El dato S1 y los mensajes de señalización son transportados por el proveedor de servicio de internet del consumidor antes que por el operador de red.

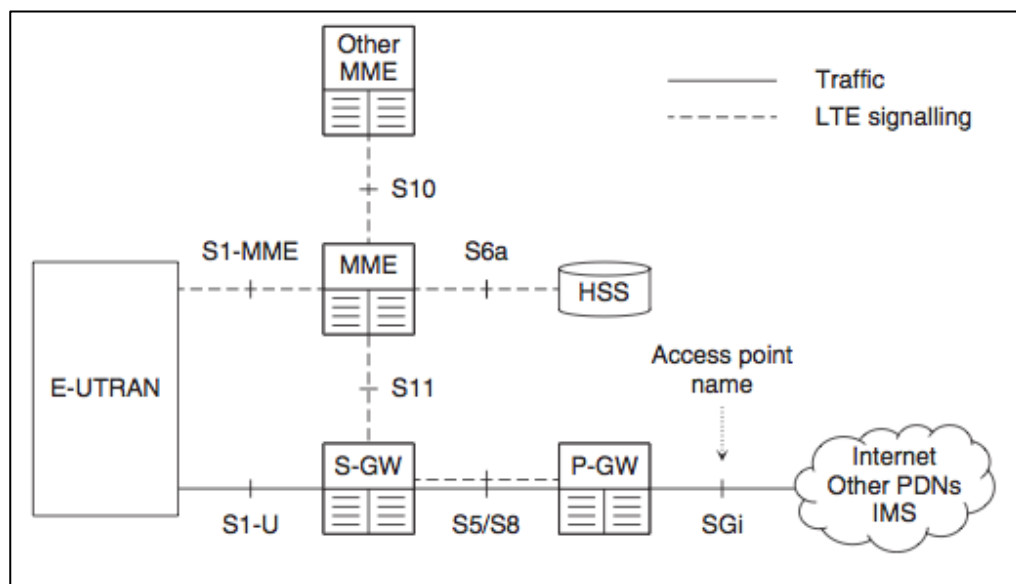
### **3.3.3 Arquitectura EPC (Evolved Packet Core)**

La pasarela de red de datos de paquetes (P-GW) es el punto EPC de contacto con el mundo exterior. Por medio de la interfaz SGi, cada pasarela PDN intercambia información con uno o más dispositivos externos o redes de paquetes de datos tales como los servidores de operadores de red, el internet, y el subsistema multimedia IP. Cada paquete de dato es identificado por un nombre de punto de acceso (APN).

Un operador de red típicamente usa un puñado de diferentes APNs, por ejemplo, uno para el internet y otro para el subsistema multimedia IP.

Cada móvil es asignado por default a una pasarela PDN cuando enciende, para otorgar por default a una red de paquetes de datos una conectividad permanente. Posteriormente, un móvil puede ser asignado a una o más pasarelas PDN adicionales, si uno desea conectar a redes de paquetes de datos adicionales tales como las redes corporativas privadas o el subsistema multimedia IP. Cada pasarela PDN permanece en su misma condición a través del tiempo de vida de la conexión de datos.

La figura 3.5 nos muestra los principales componentes del núcleo de paquetes evolucionado (EPC).



**Figura 3.5:** Componentes principales de núcleo de paquetes evolucionado (EPC)

**Fuente:** (Cox, 2014)

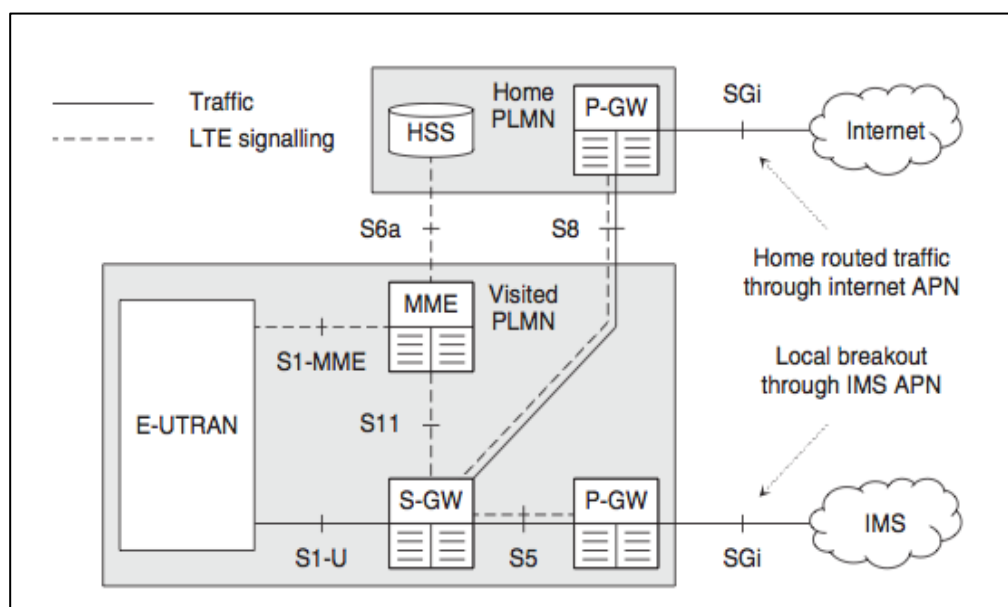
El serving Gateway (S-GW) o también denominado pasarela de servicio actúa como un enrutador de alto nivel, y reenvía los datos entre la estación base y la pasarela PDN. Una típica red puede contener un puñado de pasarelas de servicio, las cuales buscan a los equipos de usuario en cierta región geográfica. Cada móvil es asignado a una sola pasarela de servicio, pero la misma puede ser cambiada si el móvil se mueve lo suficientemente lejos.

La entidad de gestión de movilidad (MME) controla el alto nivel de operación de un móvil, enviando mensajes de señalización acerca de cuestiones tales como la seguridad y le gestión del flujo de datos. El MME también controla otros elementos de la red mediante mensajes de señalización que son internas del EPC.

### 3.3.4 Arquitectura Roaming

El roaming permite al móvil moverse fuera del área de la cobertura de los operadores de red usando recursos de dos diferentes redes. Confía en la existencia de un acuerdo de itineración (roaming), la cual define como los operadores compartirán los ingresos resultantes.

La figura 3.6, nos muestra la arquitectura correspondiente.



**Figura 3.6:** Arquitectura Roaming

**Fuente:** (Cox, 2014)

Si un usuario es roaming, entonces el servidor de abonado de origen está siempre en la red de origen, mientras que el móvil, el E-UTRAN, MME y la pasarela de servicio están siempre en la red visitada. Sin embargo, la pasarela PDN puede estar en dos lugares: Primero, puede estar en la red de origen haciendo uso del tráfico enrutado de origen para establecer comunicaciones con internet y segundo, puede estar en la red de visita haciendo uso de un breakout local para establecer comunicaciones con el



subsistema multimedia IP. Esto tiene dos importantes beneficios para las comunicaciones de voz: un usuario puede realizar una llamada de voz local sin que el tráfico viaje de vuelta a la red de origen y puede hacer una llamada de emergencia que será manejada por los servicios de emergencia locales.

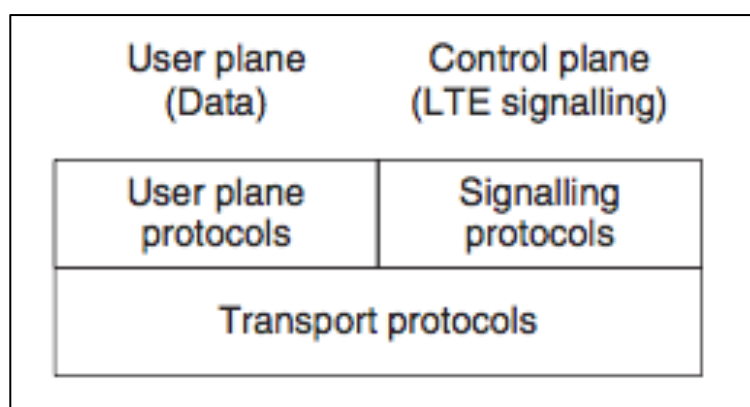
La interfaz entre las pasarelas de servicio y las pasarelas PDN es conocida como S5/S8. S5 es si dos dispositivos están en la misma red y S8 es si están en diferentes redes.

Para móviles que no están haciendo roaming o itineración, las pasarelas de servicio y PDN pueden ser integradas en un solo dispositivo, para que las interfaces S5/S8 desaparezcan por completo y puede ser usado para la reducción en latencia.

### 3.4. Protocolos de Comunicación

#### 3.4.1. Protocolo Modelo

La figura 3.7 nos muestra la arquitectura de protocolo de alto nivel LTE



**Figura 3.7:** Arquitectura de alto nivel LTE

**Fuente:** (Cox, 2014)

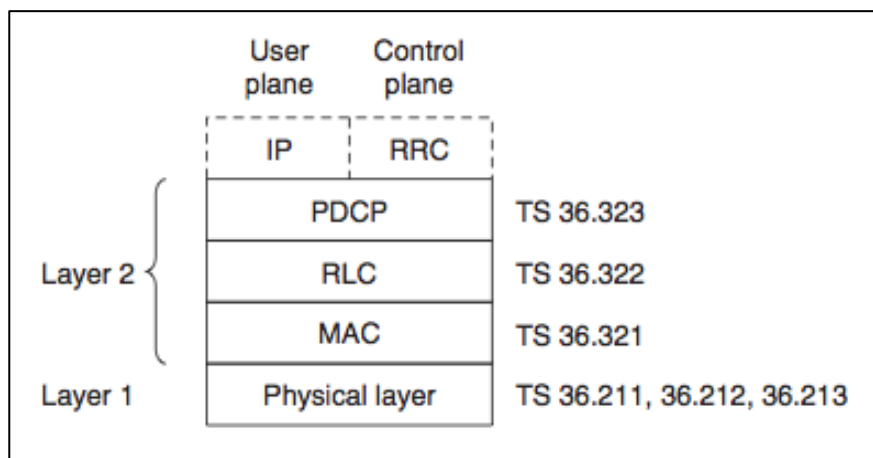
La pila de protocolo tiene dos planos. Los protocolos en el plano de usuario manejan datos que son de interés para el usuario, mientras que los protocolos en el plano de control manejan mensajes de señalización que son solo de interés de los elementos de red mismos.

La pila de protocolo también tiene dos capas principales: la capa superior manipula la información en una manera que es específica a LTE, mientras que la capa inferior transporta información de un punto a otro. No hay nombres universales para estas capas, pero en la E-UTRAN son conocidos como la capa de red de radio y la capa de red de transporte.

Por lo tanto, hay tres tipos de protocolos: Los protocolos de señalización definen un lenguaje por el cual dos dispositivos pueden intercambiar mensajes de señalización uno con el otro. Los protocolos del plano de usuario manipulan la información en el plano de usuario para ayudar a enrutar los datos dentro de la red, y por último, tenemos a los protocolos de transporte subyacentes, los cuales son los que transfieren los datos y los mensajes de señalización de un punto hacia el otro.

#### **3.4.2. Protocolos de transporte de Interfaz Aérea**

La interfaz área conocida como interfaz Uu, reside entre el móvil y la estación base. La figura 3.8 nos muestra los protocolos de transporte de la interfaz aérea.



**Figura 3.8:** Protocolos de transporte usados en interfaz aérea

**Fuente:** (Cox, 2014)

La interfaz de capa física contiene las funciones de procesamiento de señales analógicas y digitales que el equipo de usuario y la estación base usan para enviar y recibir información.

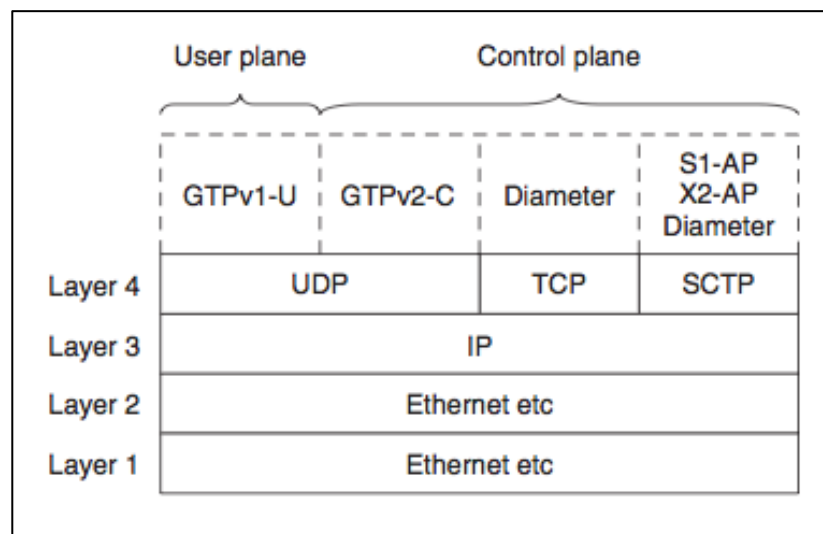
El protocolo de control de acceso al medio (MAC) lleva el control de bajo nivel de la capa física, particularmente programando las transmisiones de datos entre el móvil y la estación base.

El protocolo de control de enlace por radio (RLC) mantiene el enlace de datos entre dos dispositivos, un ejemplo es asegurando la entrega confiable para los flujos de datos que necesitan llegar correctamente.

Finalmente, el protocolo de convergencia de paquetes de datos es el que lleva las funciones de transporte de más alto nivel que son relacionados a la compresión de cabecera y seguridad.

### 3.4.3 Protocolos de Transporte de Red fija

Las interfaces en red fija usan protocolos de transporte IETF estándares, los cuales se muestran en la Figura 3.9.



**Figura 3.9:** Protocolos de transporte usados por una red fija

**Fuente:** (Cox, 2014)

En la pila, la red de transporte puede ser protocolos adecuados para capas 1 y 2, tales como Ethernet, y también por otro protocolo llamado conmutación de etiquetas multiprotocolo (MPLS).

Cada elemento de red está asociada con una dirección IP, y la red de transporte usa el protocolo internet (IP) para enrutar la información de un elemento de red a otro.

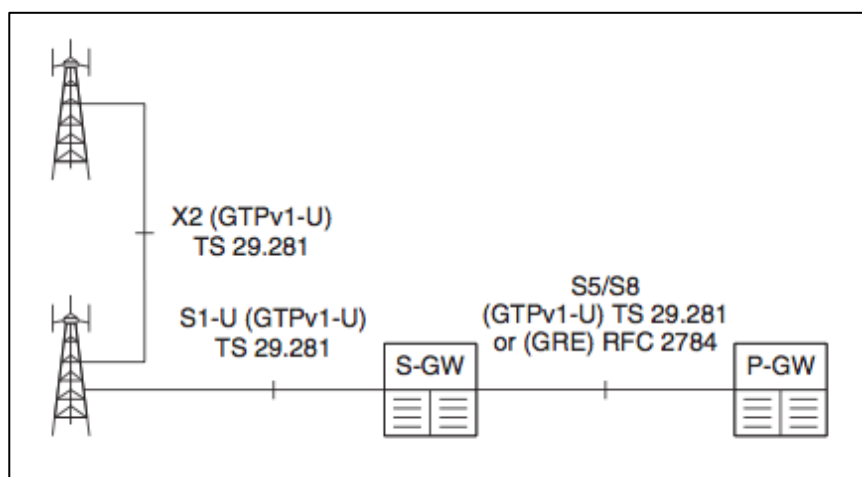
LTE soporta ambas versiones IPv4 e IPv6 para esta tarea. En el núcleo de paquetes evolucionado, el soporte de IPv4 es obligatorio y el soporte de la versión 6 es recomendado.

Por encima de IP, hay un protocolo de capa de transporte a través de la interfaz de cada par individual de elementos de red. Hay tres protocolos que están siendo usados. El protocolo de datagrama de usuario (UDP) solo envía paquetes de datos de un elemento de red a otro, mientras que el protocolo de control de transmisión (TCP) retransmite los paquetes si éstos llegan incorrectamente. El protocolo de transmisión de control de medios (SCTP) está basado en TCP,

pero incluye características extras que lo hacen más adecuado para la entrega de mensajes de señalización.

#### 3.4.4. Protocolos de Plano de Usuario.

El plano de usuario LTE contiene mecanismos para reenviar los datos correctamente entre el móvil y la pasarela PDN, y responde rápidamente a cambios en la ubicación móvil y se muestran en la Figura 3.10.



**Figura 3.10:** Protocolos de plano de usuario usados por LTE

**Fuente:** (Cox, 2014)

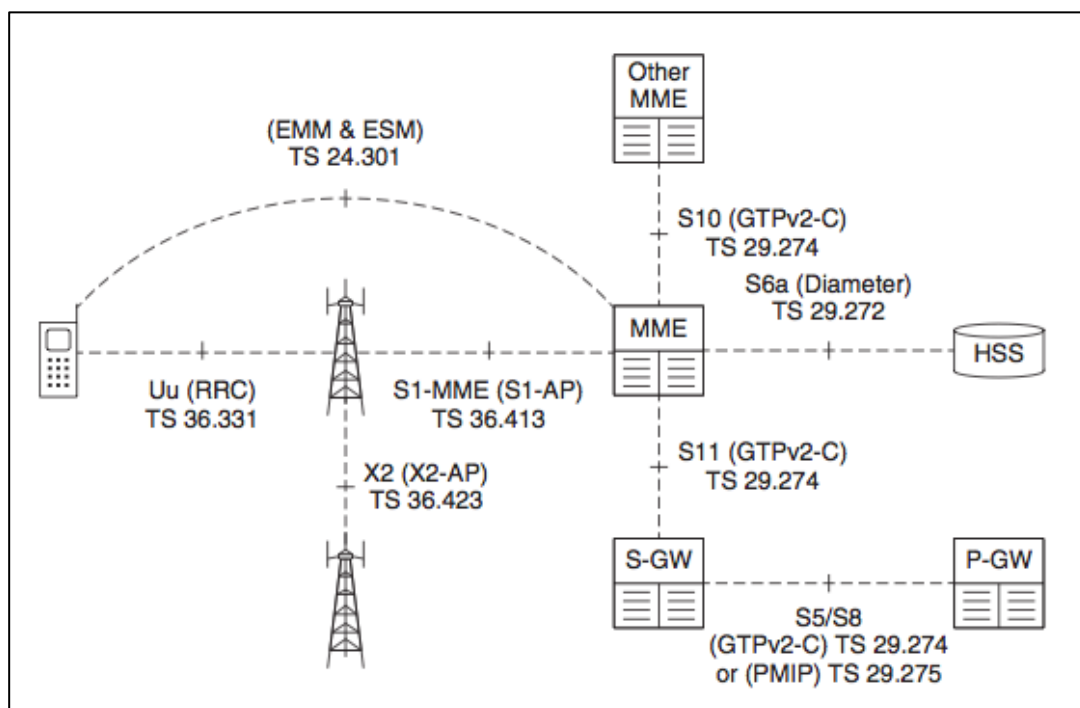
Más de las interfaces del plano de usuario usan protocolo 3GPP conocido como parte de túnel de protocolo de usuario GPRS (GTP-U).

LTE usa la versión 1 del protocolo, denotado GTPv1-U, junto con 2G y el dominio de conmutación de paquetes 3G del lanzamiento o Release 99. Entre la pasarela de servicio y la pasarela PDN, el plano de usuario S5/S8 tiene una alternativa implementación, y está basado en el protocolo del estándar IETF conocido como encapsulación de ruteo genérica (GRE).

GTP-U y GRE reenvían paquetes desde un elemento de red a otro utilizando una técnica conocida como tunelización (tunnelling).

### 3.4.5 Protocolos de Señalización

La figura 3.11 nos muestra un gran número de protocolos de señalización.



**Figura 3.11:** Protocolos de señalización usados por LTE

**Fuente:** (Cox, 2014)

En la interfaz aérea, la estación base controla las comunicaciones de radio móvil mediante mensajes de señalización que son escritas usando el protocolo de control de recursos por radio (RRC). En la red de acceso por radio, un MME controla las estaciones base dentro de su área usando el protocolo de aplicación S1 (S1-AP), mientras que dos estaciones base pueden comunicarse usando el protocolo de aplicación X2 (X2-AP).

Al mismo tiempo, La MME controla el comportamiento de alto nivel de un móvil usando dos protocolos. Estos dos protocolos son la gestión de sesión EPS (ESM), la cual controla los flujos de datos a través del cual un móvil se comunica con el mundo externo, y la gestión de movilidad EPS (EMM) la cual maneja los registros internos dentro de la EPC.

Dentro del EPC, el HSS y MME se comunican usando un protocolo basado en diámetro. El protocolo de Diámetro básico es un protocolo IETF estándar para autenticación, autorización y contabilidad, el cual estuvo basado en un antiguo protocolo conocido como marcación de autenticación remota en servicio de usuario (RADIUS).

Muchas de otras interfaces EPC usan un protocolo 3GPP conocido como parte de control de protocolo de tunelización GPRS (GTP-C). Este protocolo incluye comunicaciones peer to peer o de igual a igual entre diferentes elementos del EPC y para el manejo de túneles GTP-U.

PMIPv6 (Proxy Mobile IPv6,) es un protocolo IETF estándar para la gestión de reenvío de paquetes en soporte de dispositivos móviles tales como laptops.

### **3.5 Desafíos que LTE debe alcanzar**

#### **3.5.1. Voz sobre LTE (VoLTE)**

El esquema de Voz sobre LTE fué creado como resultado de los operadoras buscando un sistema estandarizado para enviar tráfico por Voz sobre LTE.

Originalmente LTE fué visto como un sistema celular completamente IP, únicamente para llevar datos; pero los operadores querían ser capaces de llevar voz ya sea por los sistemas 2G y 3G o usando Voz sobre IP de una forma u otra. Sin embargo, esto fue visto

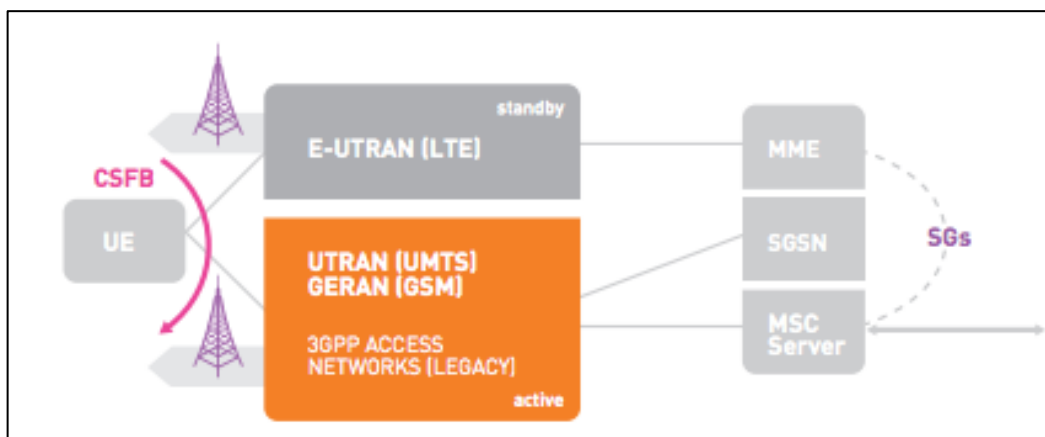
como algo que llevaría a la fragmentación e incompatibilidad no permitiendo a todos los teléfonos comunicarse los unos con los otros y esto podría reducir el tráfico de voz. Uno de los teléfonos que tiene incorporado el estándar VoLTE es el Iphone 6.

### **3.5.2 Soluciones tomadas a consideración**

#### **3.5.2.1. Circuit Switched Fall Back (CSFB)**

CSFB o Conmutación de circuitos de reversa es una solución para proveer servicios de conmutación de circuitos en una red LTE. La idea principal detrás de este enfoque es tener el dispositivo registrado únicamente con la red LTE pero también ser conocido como el núcleo del legado de conmutación de circuitos. Esto permitirá a los dispositivos incorporar solo un subsistema RF, el cual será un mejoramiento sobre el enfoque de SVLTE. Por lo tanto, el dispositivo registra con una red LTE en el encendido. Además, el núcleo de conmutación de circuitos es informado de la posición actual del dispositivo LTE usando un mecanismo de tunelización (tunneling). El mecanismo CSFB hace que el dispositivo lleve los servicios de la conmutación de circuitos por encima del legado de las redes 2G/3G. El enfoque es para seguir escuchando al canal de búsqueda para cualquier llamada entrante siendo registrada en la red LTE. El principal desafío en este enfoque es mantener al núcleo del circuito informado acerca de la posición actual del dispositivo. Esto es requerido para que las peticiones de búsqueda entrantes puedan ser enviadas a la ubicación del dispositivo de manera correcta. El registro tanto en E-UTRAN como GERAN/UTRAN es requerido todo el tiempo para proveer este servicio.





**Figura 3.12:** Conmutación de circuitos de reversa (CSFB)

**Fuente:** (Global Mobile Suppliers Association, 2012)

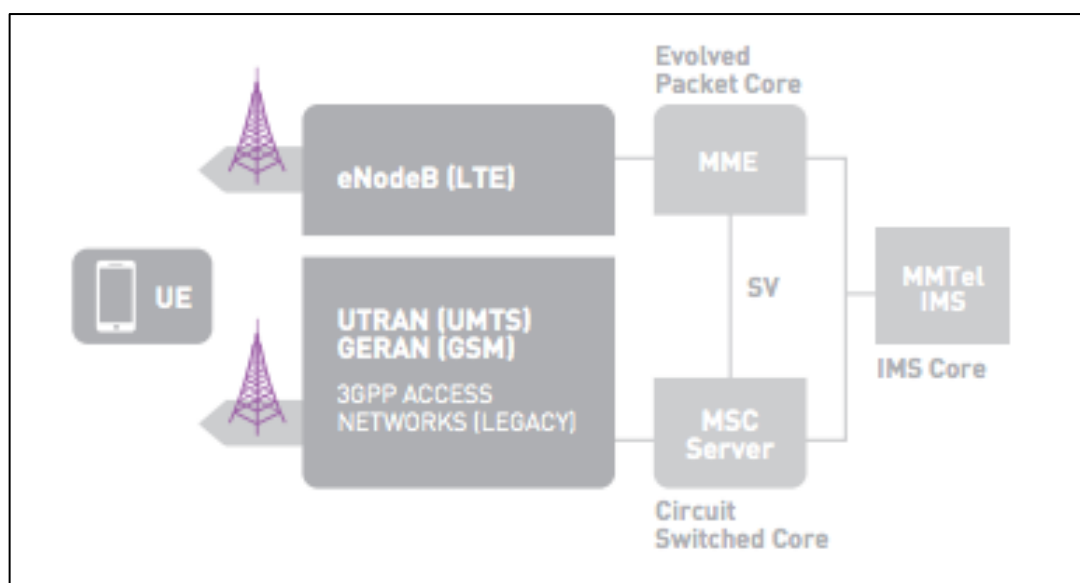
La figura 3.12 muestra que el user equipment o dispositivo está enviando una petición de servicio extendida a la red a la transición 2G/3G. Una vez transicionada, los procedimientos de establecimiento de llamada del legado son seguidos para configurar la llamada en conmutación de circuitos. Las llamadas originadas por los móviles siguen la misma transición de LTE (PS) a 2G /3G (CS). En las redes 3G, las sesiones de datos de conmutación por paquetes pueden también moverse para servicio de datos y voz simultánea. En las redes 2G, las sesiones PS pueden ser suspendidas hasta que las llamadas de voz terminan y el dispositivo regresa a LTE, a menos que la red 2G soporte modo de transferencia dual (DTM), la cual permite voz simultánea y datos.

### 3.5.2.2. Single Radio Voice Call Continuity (SRVCC)

SRVCC es la segunda solución a este requerimiento para la continuidad de llamada de voz y usa un único radio en el dispositivo del usuario junto con actualizaciones para el soporte de la infraestructura de red. Esta solución transfiere llamadas VoLTE en progreso desde LTE hacia el legado de las redes de voz, satisfaciendo los rigurosos estándares de calidad de servicio (QoS).

Adicionalmente, SRVCC asegurando la continuidad de llamada de voz satisface los requerimientos críticos para llamadas de emergencia. Sin SRVCC, las operadoras con huecos o debilidades en lo que respecta a cobertura LTE (u ofreciendo roaming en redes no LTE) no pueden llevar a cabo la experiencia del usuario y las ventajas de la eficiencia de red ofrecidas por VoLTE hasta que la cobertura LTE sea construida para que coincida con todo el alcance geográfico de los compromisos de servicio de sus abonados.

Con SRVCC, los operadores pueden acelerar el tiempo para comercializar y realizar estos beneficios durante todo el lapso de tiempo desde los ambientes de red híbridas del día de hoy hacia todo el ambiente LTE del futuro (véase la figura 3.13).



**Figura 3.13:** Arquitectura de red SRVCC 3GPP Release 10

**Fuente:** (Global Mobile Suppliers Association, 2012)

Las directrices GSMA recomiendan la arquitectura SRVCC del release 10 de 3GPP, porque disminuye el retardo de interrupción por

voz durante el handover y la tasa de llamada interrumpida comparada con las configuraciones anteriores.

La red controla y guía al dispositivo del usuario de LTE a 2G/3G ya que el usuario se mueve fuera de la cobertura de LTE. El mecanismo de handover (traspaso) de SRVCC comprende la red completamente controlada y las llamadas permanecen bajo control del núcleo de red IMS, el cual mantiene acceso a los servicios suscritos implementados en el servicio IMS/MMTel, durante y después del handover.

La configuración del Release 10 incluye todos los componentes necesitados para gestionar la señalización crítica de tiempo entre el dispositivo del usuario y la red, y entre los elementos de la red dentro de la red de servicio, incluyendo redes visitantes durante la itineración (roaming). Como resultado de aquello, la señalización sigue el camino lo más corto posible y es tan robusto como posible minimizando el tiempo de voz de interrupción causado por la conmutación del núcleo de la conmutación de paquetes (PS) al núcleo de la conmutación de circuitos (CS), si el dispositivo del usuario se encuentra en la red de origen o roaming. Con la industria alineada al estándar 3GPP y las recomendaciones GSMA, SRVCC habilitó a los dispositivos de usuario y redes que sean interoperables, asegurando que las soluciones trabajen en todos los importantes casos de llamada.

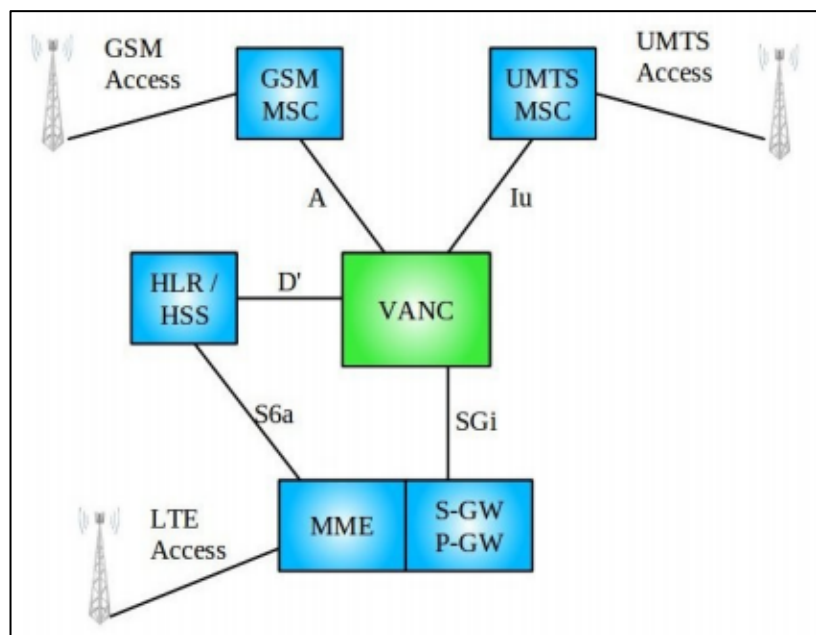
### **3.5.2.3. Voz sobre LTE vía acceso genérico (VoLGA)**

Los orígenes o raíces de Voz sobre LTE vía acceso genérico (VoLGA) viene de la especificaciones de red de acceso genérico 3GPP las cuales añaden Wi-Fi como una tecnología de acceso a las redes basadas 3GPP tales como GSM y UMTS. GAN requiere dispositivos móviles de modo dual los cuales poseen interfaz de radio GSM/UMTS e interfaz de radio Wi-Fi. Estos dispositivos móviles están disponibles en marcas tales como: Samsung, Nokia, Sagem, LG, HTC, Motorola, Sony-Ericsson y RIM (BlackBerry).

Cuando estos dispositivos de modo dual detectan la disponibilidad de una red Wi-Fi adecuada, ellos conectan al punto de acceso Wi-Fi y registran con el núcleo de red GSM/UMTS sobre el enlace Wi-Fi y el Internet. Una pasarela GAN conecta a un suscriptor a la infraestructura del operador de red y llamadas de voz y otros servicios de conmutación de circuitos tales como SMS son transportados entre el dispositivo móvil y la pasarela sobre el enlace Wi-Fi y la red de acceso a Internet.

VoLGA reusa este principio reemplazando el acceso Wi-Fi con LTE. Del punto de vista de un dispositivo móvil no hay mucha diferencia entre dos métodos de acceso porque ambas redes están basadas en IP.

La figura 3.14 nos da un panorama acerca de la configuración de red básica para VoLGA. El único elemento nuevo de red es el controlador de red de acceso VoLGA (VANC). El resto de elementos de red y las interfaces entre ellas ya existen y son reusados sin ninguna modificación.



**Figura 3.14:** Configuración de red básica VoLGA

**Fuente:** (Sauter, 2009)

En el lado de LTE, el VANC conecta la pasarela de red de paquetes de datos (P-GW) a través de la interfaz SGi. La señalización y el tráfico de datos de usuario son transportados sobre esta interfaz. Desde el punto de vista del núcleo de red LTE, el VANC parece como cualquier otro nodo externo basado en IP y paquetes IP intercambiados entre un dispositivo inalámbrico y el VANC son reenviados a través de la red de núcleo de paquetes evolucionado (EPC).

En el lado de la interfaz A de la red de conmutación de circuitos es usado para conectar el VANC hacia el centro de conmutación móvil (MSC) GSM. La interfaz Iu es usada para conectar el VANC al UMTS MSC. El VANC parece como un controlador de estación de base (BSC) GSM hacia el GSM MSC y como un controlador de red de radio UMTS hacia el UMTS MSC, la cual la interfaz que es usada en práctica depende de los requerimientos del operador de red. La A e Iu

son interfaces que son usadas sin ninguna mejora, los MSC's no están conscientes que los móviles no están directamente conectados vía redes de radio respectivamente, pero en vez de eso son conectados sobre LTE.

Cuando un dispositivo móvil es conmutado y se detecta en una red LTE, primero se registra con la entidad de gestión de movilidad (MME) sobre la red de acceso LTE. El MME usa la interfaz S6a hacia el registro de ubicación base (HLR) /servidor de abonado de origen (HSS) para recuperar los datos suscritos que son requeridos para la autenticar y gestionar el usuario.

Después de registrarse con la red LTE, es allí cuando el móvil establece una conexión con el VANC, esto también depende de la configuración específica VoLGA que esta almacenada en el dispositivo móvil.

## **3.6. Tecnologías de acceso LTE**

### **3.6.1. OFDMA**

Uno de los elementos claves de LTE es el uso de OFDM (Multiple División de frecuencia ortogonal) como el único portador. OFDM es usado en otros sistemas como WLAN, WiMAX a tecnologías de transmisión incluyendo DVB y DAB. OFDM tiene muchas ventajas incluyendo su robustez al desvanecimiento por trayectos múltiples e interferencia. Además de eso, puede parecer particularmente una forma complicada de modulación, y se presta a si misma para las técnicas de procesamiento de señales digitales.

Hay ventajas al usar OFDM en un sistema de acceso móvil, tales como:

- Elimina la necesidad para una cancelación de interferencia por una intracélula.
- Permite la utilización flexible del espectro de frecuencia.

- Aumenta la eficiencia espectral debido a la ortogonalidad entre subportadoras.
- Permite la optimización de las tasas de datos para todos los usuarios en una celda mediante la transmisión de subportadoras para cada usuario.

La última característica es el aspecto fundamental de OFDMA. El uso de la tecnología OFDM es para multiplexar el tráfico mediante la asignación de patrones específicos de subportadoras en el espacio de tiempo de frecuencia a diferentes usuarios. Además del tráfico de datos, los canales de control y los símbolos de referencia puede ser intercalados. Los canales de control llevan la información en la red y en la celda mientras que los símbolos de referencia asisten en determinar la respuesta del canal de propagación (véase la figura 3.15).

La capa física del enlace de bajada de LTE está basado en OFDMA. A pesar de sus ventajas, OFDMA tiene ciertos inconvenientes como la alta susceptibilidad al desplazamiento de frecuencia (resultando de una inestabilidad electrónica y la propagación Doppler debido a la movilidad) y alto pico de relación a potencia media (PAPR). PAPR ocurre debido a la adición de subportadoras de construcción aleatoria y los resultados en la propagación espectral de la señal que lidera hacia la interferencia de canal adyacente. Este es un problema que se puede superar con amplificadores de poder de puntos de compresión altos y con técnicas de linealización de amplificador.



**Figura 3.15:** Trayecto de enlace descendente: OFDMA

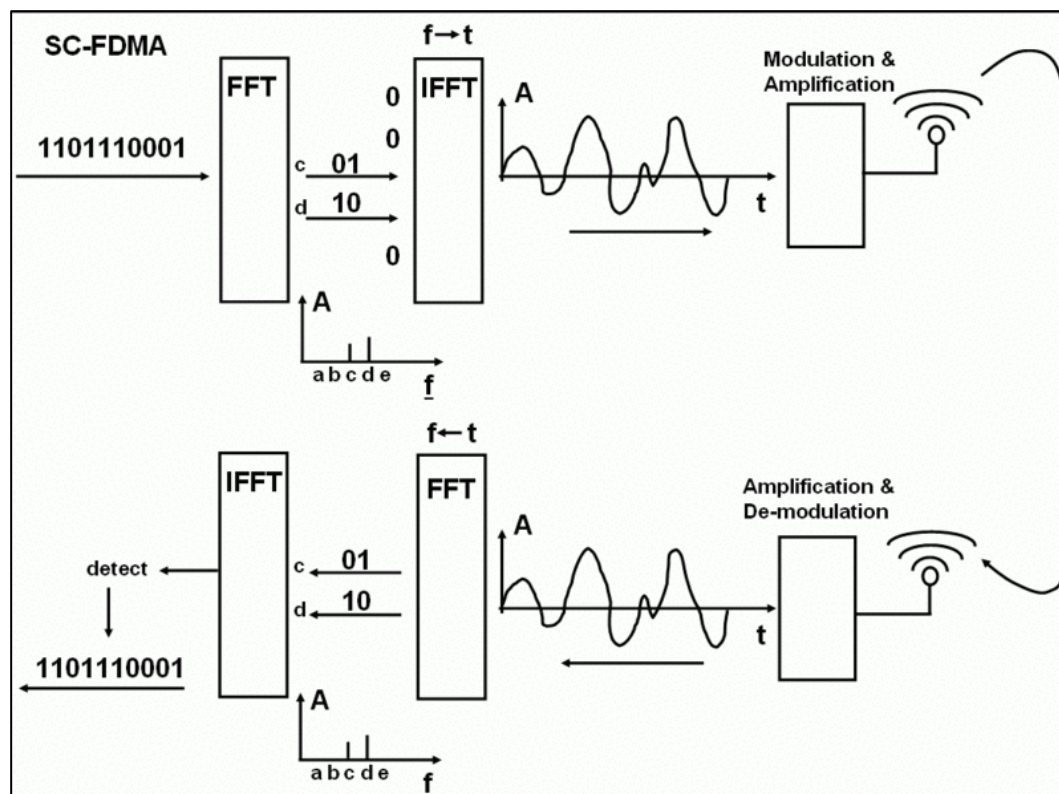
**Fuente:** (Introduction to OFDM, OFDMA, SOFDMA, 2012)

### 3.6.2. SC-FDMA

SC-FDMA o Acceso múltiple por división de frecuencia por una sola portadora también transmite datos sobre una interfaz aérea en muchas subportadoras pero añade un procesamiento adicional como se muestra en la figura 3.16. Primeramente, en SC-FDMA los bits son entubados por la función de la rápida transformada de Fourier (FFT). La salida del proceso es la base para la creación de subportadoras para el siguiente bloque IFFT. Como no todas las subportadoras son utilizadas por una estación móvil, muchas de ellas son puestas o configuradas a cero en el diagrama. Estas pueden o no pueden ser utilizadas por otras estaciones móviles.

En el lado del receptor la señal es demodulada, amplificada y tratada por la función de la rápida transformada de Fourier. El diagrama de amplitud resultante, no se analiza inmediatamente para obtener el flujo de datos originales pero alimentado a la función de la transformación rápida de Fourier inversa se elimina el efecto de procesamiento adicional de la señal originalmente hecho en el lado del transmisor. El resultado del IFFT es de nuevo una señal de dominio en el tiempo. La señal de dominio de tiempo es alimentada a un detector de bloque, el cual recrea los bits originales. Así que, en vez de detectar los bits en diferentes subportadoras, solo un único detector es usado para una sola portadora.





**Figura 3.16:** Diagrama SC-FDMA

**Fuente:** (Wireless Moves, 2007)

### 3.7. LTE-Advanced (LTE-A)

LTE-Advanced se enfoca en más alta capacidad. La fuerza impulsora para más tarde desarrollar de LTE hacia LTE-Avanzado- LTE Release 10 fue para proveer tasas de bits más altos en un costo de manera eficiente, y al mismo tiempo, completar los requerimientos puestos por la ITU para IMT Advanced, también considerado como 4G. Las características principales son:

- Tasa datos de pico aumentada, enlace de bajada: 3Gbps, enlace de subida: 1.5Gbps.
- Eficiencia espectral más alta, de un máximo de 16bs/Hz en R8 a 30bps/Hz en R10.

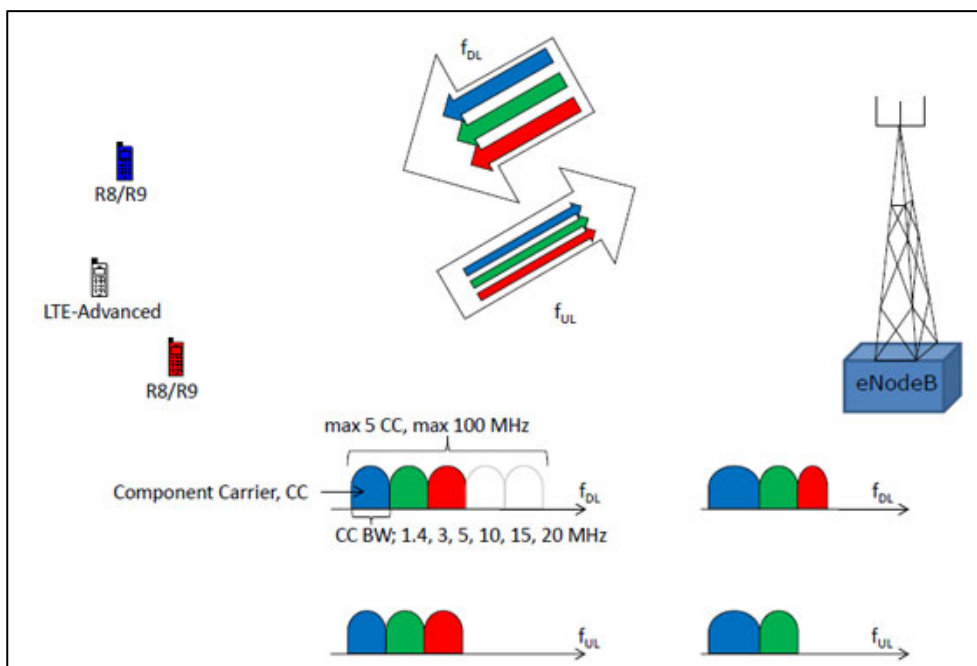
- Numero aumentado de abonados activos simultáneamente
- Desarrollo mejorado en bordes de la celda

Las principales funcionalidades presentadas en LTE-Advanced son carrier aggregation (CA) o agregación de portadora, mejorado uso de técnicas multiantena, y soporte para nodos de retransmisión (RN-Relay Nodes).

### **3.7.1. Agregación de Portadora (CA)**

La manera más sencilla de incrementar capacidad es añadir más ancho de banda. Desde que es importante mantener la compatibilidad hacia atrás con móviles de Release 8 y Release 9, el incremento de ancho de banda en LTE-A es provisto a través de la agregación de las portadoras R8/R9. La agregación de portadora puede ser usada tanto para FDD como para TDD.

Cada portadora agregada es referida como un soporte de componente. El soporte de componente puede tener un ancho de banda de 1.4, 3, 5, 10, 15 o 20 MHz y un máximo de cinco soportes de componente pueden ser agregadas. Así que el máximo ancho de banda es 100 MHz. El número de portadoras agregadas puede ser diferente en el enlace de bajada (DL) y enlace de subida (UL), sin embargo el número de soportes de componente de UL nunca es mayor que el número de soporte de componente de DL. Los soportes de componente individuales pueden también ser de diferentes anchos de banda, tal como lo muestra la figura 3.17.



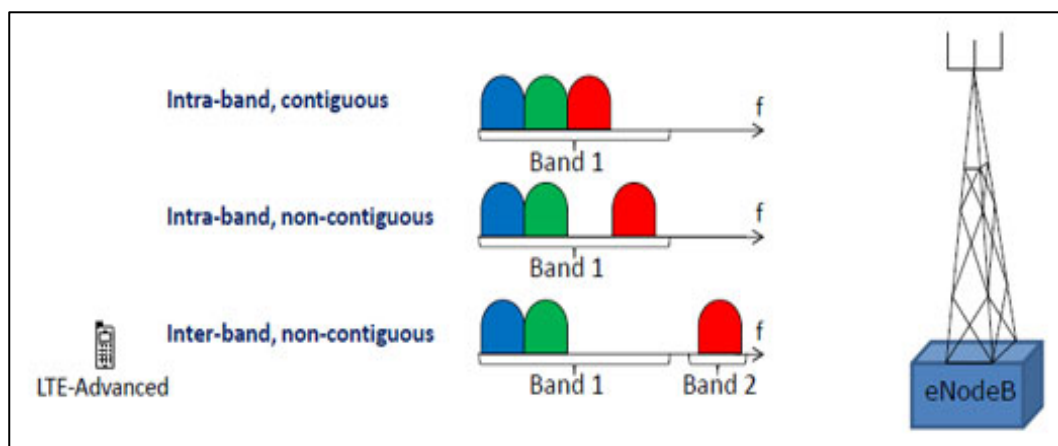
**Figura 3.17:** Agregación de Portadora (CA)

**Fuente:** (The Mobile Broadband Standard 3GPP, 2013)

Por razones prácticas las configuraciones de agregación de portadora especificada por combinaciones de banda de operación E-UTRA y el número de portadoras de componente, son introducidas en pasos. En R10 hay dos soportes de componente en el DL y solo una en el UL (por lo tanto, no hay agregación de portadora en UL). En R11 hay dos soportes de componente DL y una o dos soportes de componente en el UL cuando la agregación de portadora es usada.

La manera más fácil de planear una agregación es usando soportes de componente contiguos con la misma operación de frecuencia (definido por LTE) llamada intra-banda contigua. Esto podría no ser siempre posible debido a los escenarios de asignación de frecuencia. Para la asignación no contigua podría ser intra-banda (los soportes de componente pertenecen a la misma banda de frecuencia de operación, pero son separados por un intervalo de frecuencia) o podría ser inter-banda, en la cual los soportes de

componente pertenecen a bandas de frecuencia de operación distintas, tal como se muestra en la figura 3.18.

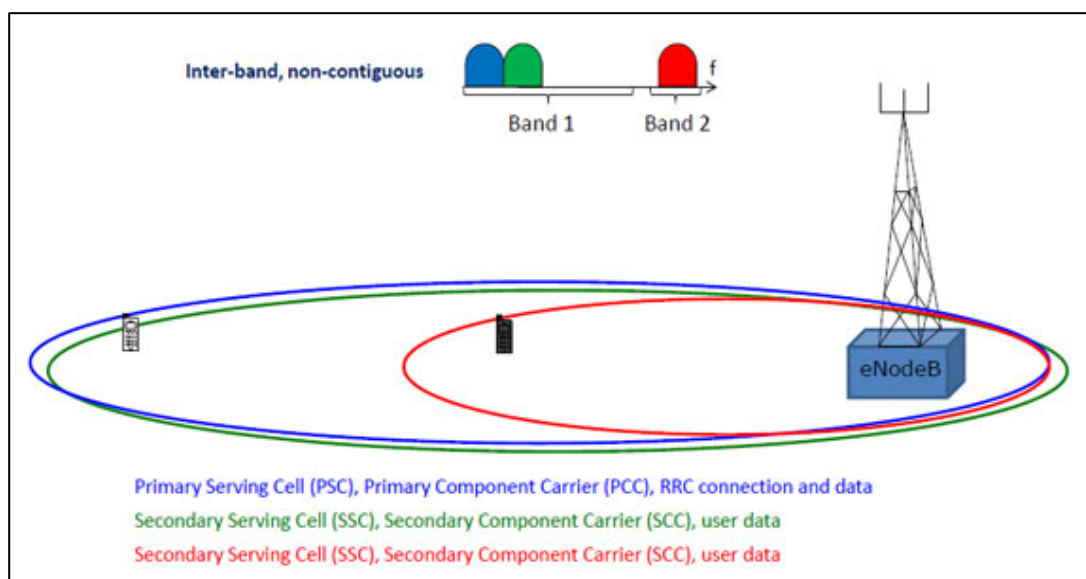


**Figura 3.18:** Agregación de portadora. Alternativas intra e inter banda

**Fuente:** (The Mobile Broadband Standard 3GPP, 2013)

Cuando la agregación de portadora es usada, hay un número de celdas de servicio, una para cada soporte de componente. La cobertura de las celdas de servicio puede diferir debido a las frecuencias de soporte de componente. La conexión RRC es manejada por una celda, la celda de servicio primario servida por el soporte de componente primario (DL y UL PCC). Los otros soportes de componente son denominados como soporte de componente secundario (DL y posiblemente UL SCC), sirviendo a las celdas de servicio secundarias.

En el ejemplo de inter-banda CA mostrado en la figura 3.19, la agregación de portadora en todos los soportes de componente es solo posible para el equipo de usuario de color negro, el equipo de usuario de color blanco no está dentro del área de cobertura del soporte de componente de color rojo.



**Figura 3.19:** Agregación de Portadora- celdas de servicio, cada soporte de componente a una celda de servicio. Las diferentes celdas de servicio pueden tener diferente cobertura.

**Fuente:** (The Mobile Broadband Standard 3GPP, 2013)

## 3.8. Entendiendo 5G

### 3.8.1. Que es 5G?

Hay dos visiones sobre 5G que existen hoy en día:

- La visión hiper-conectada: En vista del 5G, los operadores móviles crearán una mezcla de tecnologías pre-existentes cubriendo 2G, 3G, 4G, Wi-Fi y otros para permitir alta cobertura, disponibilidad y más alta densidad de red en términos de celdas y dispositivos, para brindar una mayor conectividad como un habilitador de servicios máquina a máquina (M2M) y el Internet de las cosas (IoT). Esta visión puede incluir una nueva tecnología de radio para habilitar baja potencia, dispositivos de campo de bajo rendimiento con ciclos de trabajos largos de diez años o más.

- La próxima generación de tecnología de acceso por radio: Esto es más de la opinión que define la generación tradicional con objetivos específicos para tasas de datos y latencia.

Ambos de estos enfoques son importantes para el progreso de la industria, pero hay algunos tipos de requerimientos asociados con nuevos servicios específicos. Sin embargo, las dos visiones descritas son regularmente tomadas como un único conjunto y por lo tanto los requerimientos de ambas, tanto la visión hiper-conectada y la próxima generación de tecnología de acceso por radio están agrupadas.

### **3.8.2. Requerimientos para la tecnología 5G**

- Conexiones de 1-10Gbps a puntos terminales en el campo.
- 1 milisegundo de extremo a extremo en retraso de ida y vuelta (latencia).
- Ancho de banda 1000x por unidad de área.
- 10-100x numero de dispositivos conectados
- Percepción de 99.999% de disponibilidad.
- Percepción del 100% de cobertura
- 90% de reducción en el uso de energía en red.
- Hasta 10 años de vida de batería para baja potencia, dispositivos tipo máquina.

### **3.8.3. Posibles casos de uso 5G**

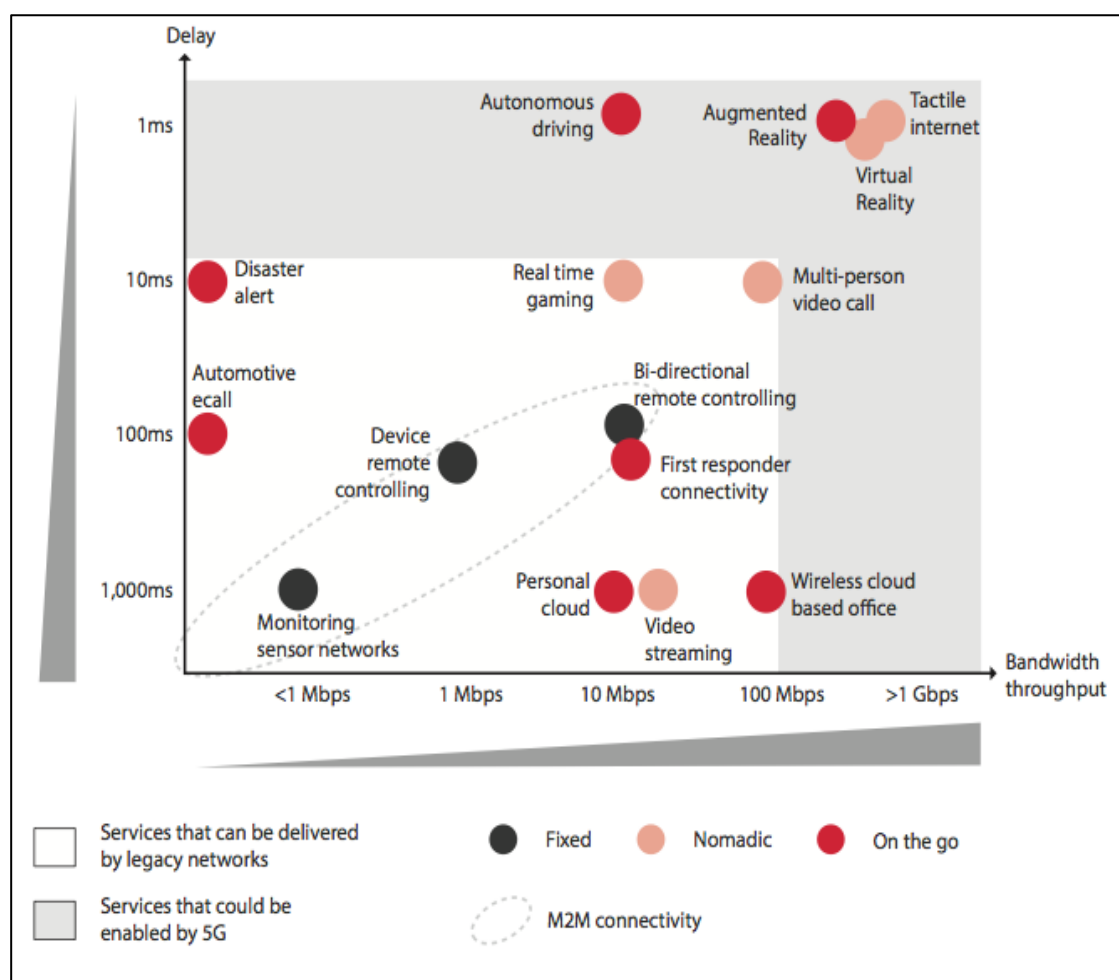
Como con cada generación anterior, la tasa de adopción de 5G y la habilidad de los operadores para monetizar será una función directa de los nuevos y únicos casos de uso que se desbloquee.

Las preguntas claves acerca de 5G para los operadores son las siguientes:

1. Que podrían los usuarios hacer en la red la cual cumple con los requerimientos 5G enumerados anteriormente que no es actualmente posible en una red ya existente?

## 2. Cómo podrían estos potenciales servicios ser rentables?

La figura 3.20 ilustra la latencia y el ancho de banda/requerimientos de tasas de datos de los variados casos de uso las cuales han sido discutidos en el contexto 5G hasta la fecha. Estos potenciales casos de uso 5G y los requerimientos de su red asociada son descritos a continuación.



**Figura 3.20:** Ancho de banda y requerimientos de latencia de potenciales casos de uso 5G

**Fuente:** (GSMA Intelligence, 2014)

### **3.8.3.1. Realidad virtual/Realidad aumentada/Inmersivo o Internet Táctil**

Estas tecnologías tienen un número de potenciales casos de uso en el entretenimiento por ejemplo: juegos, y también más escenarios prácticos como manufacturación o medicina y podría extenderse a más tecnologías usables. Por ejemplo una operación podría estar desarrollada por un robot que esta remotamente controlado por un cirujano en el otro lado del mundo. Este tipo de aplicación podría requerir el alto ancho de banda y baja latencia más allá de las capacidades de LTE, y por lo tanto tiene el potencial para ser un modelo de negocios clave para redes 5G.

### **3.8.3.2. Conducción autónoma/Carros conectados**

Habilitando vehículos para comunicar con el mundo externo podría resultar más eficiente y más seguro el uso de la infraestructura existente de carretera. Si todos los vehículos en una carretera estuvieran conectados a una red incorporando un sistema de gestionamiento de tráfico, ellos podrían potencialmente viajar a velocidades mucho más altas y dentro de una mayor proximidad del uno al otro sin riesgo de accidente, con carros totalmente autónomos, además de reducir el potencial para el error humano.

Tales sistemas no requerirán alto ancho de banda; proveyendo datos con un tiempo de comando de respuesta cercano a cero sería crucial para una operación segura, y así tales aplicaciones claramente requieren el tiempo de retardo de 1ms en la especificación 5G.



### **3.8.3.3. Oficina base de la nube inalámbrica/ Videoconferencia multipersona.**

Las redes de datos con gran ancho de banda tienen el potencial para hacer el concepto de una oficina de la nube inalámbrica en una realidad, con una capacidad de almacenar datos suficientes para hacer tales sistemas de manera general. Sin embargo estas aplicaciones ya están en existencia y sus requerimientos ya están siendo cumplidos por las redes existentes 4G. Mientras que la demanda de servicios en la nube solo aumentará, ya que ahora no requerirán latencias bajas y por lo tanto pueden continuar siendo provistas por las tecnologías actuales o aquellas que ya están en desarrollo.

### **3.8.3.4. Conectividad maquina a máquina (M2M)**

M2M es ya usada en un enorme rango de aplicaciones pro las posibilidades para sus usos son casi interminables y hay pronósticos que predicen que el número de conexiones M2M celulares mundialmente crecerá de 250 millones en el año 2014 a entre 1 billón y 2 billones para el año 2020, dependiente del grado en la cual la industria y sus reguladores están disponibles a establecer las estructuras necesarias para tomar ventaja de la oportunidad M2M celular.

Las aplicaciones maquina a máquina pueden ser encontradas en sistemas de “una casa conectada”, (ejemplo: detectores de humo, termostatos inteligentes), sistemas telemétricos en vehículos (un campo que coincide en parte con carros conectados), el consumo electrónico y el monitoreo del cuidado de la salud. Aun la enorme mayoría de los sistemas M2M transmiten muy bajos niveles de datos y los datos transmitidos son rara vez tiempo crítico. Muchos actualmente operan en redes 2G o pueden ser integradas con el Subsistema multimedia IP (IMS).

#### **3.8.4. Las implicaciones de 5G para los operadores móviles**

El progreso desde el inicio de las redes 3G a la tecnología de banda ancha móvil ha transformado la industria y la sociedad habilitando un nivel de innovación sin precedentes. Si 5G se convierte en un verdadero cambio generacional en la tecnología de red, se puede esperar un nivel más grande de transformación. Hay implicaciones variantes en proveer un nivel aumentado de conectividad o desarrollar una nueva red de acceso por radio (RAN) para entregar un cambio radical en rendimiento de conexión o una combinación de las dos. Esto significa que el diseño final de una red 5G podría ser cualquiera de una gama de opciones con diferentes interfaces de radio, topologías de red y capacidades de negocios.

Aunque un cambio a 5G sería enormemente impactante, la industria necesitaría vencer una serie de desafíos, si estos beneficios se hacen realidad, particularmente sería en términos de espectro y topología de red.

#### **3.8.5. Desarrollo continuo de las tecnologías de red: Lo que no es 5G.**

Para mejorar la experiencia de banda ancha móvil para los clientes, los operadores están en continuo desarrollo de sus redes 4G a través del despliegue de las tecnologías LTE-Advanced. Algunas son también tecnologías de despliegue tales como: virtualización de función de red (NFV), redes definidas por software (SDN), redes heterogéneas (HetNets), redes de baja potencia y bajo rendimiento (LPLT). Éstas permiten diferentes trayectos de actualización de red y expansión de cobertura a través de la integración de tecnologías inalámbricas más amplias y también tienen un efecto positivo en el costo total de la propiedad de la red.

El término 5G es a menudo utilizado para encapsular estas tecnologías. Sin embargo es importante aclarar que estos avances tecnológicos son totalmente independientes de 5G. Aunque éstas son áreas que tendrán un impactante significado en la industria móvil en los años por venir, explícitamente incluyéndolos bajo el término 5G tienen el potencial de afectar negativamente el progreso en la industria entre el ahora y la realización de 5G como servicio comercial.

#### **3.8.5.1 Virtualización de función de red / Redes definidas por software**

La Virtualización de función de red (NFV) es un concepto de arquitectura de red que habilita la separación hardware de software, y se ha convertido en una realidad para la industria móvil. Las Redes definidas por software (SDN) es una extensión de NFV donde el software puede desarrollar una reconfiguración dinámica a una topología de red de un operador para ajustar, cargar y solicitar. Un número de operadores ha construido o está construyendo parte o todo de las redes LTE usando NFV y SDN como base.

Estas tecnologías en combinación pueden reducir CAPEX del operador, ya que ellos ofrecen una arquitectura simple y más barata que es más fácil de actualizar, mientras que OPEX es también reducido a través de ahorros de energía ya que la capacidad de red está siendo provista cuando y donde esta sea necesitada.

#### **3.8.5.2. Redes Heterogéneas (HetNets)**

HetNets se refiere a la provisión de la red celular a través de una combinación de diferentes tipos de celda (celdas: macro, pico y femto) y diferentes tecnologías de acceso (2G, 3G, 4G, Wi-Fi). Mediante la integración de un número de diversas tecnologías dependiendo de la topología del área de cobertura, los operadores pueden

potencialmente proveer una experiencia de cliente más consistente comparada a lo que podría ser alcanzado con una red homogénea.

Los despliegues small cells o pequeñas celdas son una característica clave del enfoque HetNet, ya que ellos permiten considerable flexibilidad, sin embargo el uso de más celdas trae implicaciones en términos de fuente de alimentación y backhaul, especialmente cuando están localizadas en áreas remotas.

El Wi-Fi también juega un importante rol en HetNets, en términos de descarga de datos e itinerancia (roaming).

La tecnología HetNets ha sido desarrollada en relación a las redes de datos, pero recientemente la voz ha sido traída bajo el ámbito de aplicación también.

## CAPÍTULO IV : ANÁLISIS DE RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE DATOS.

### 4.1 Metodología.

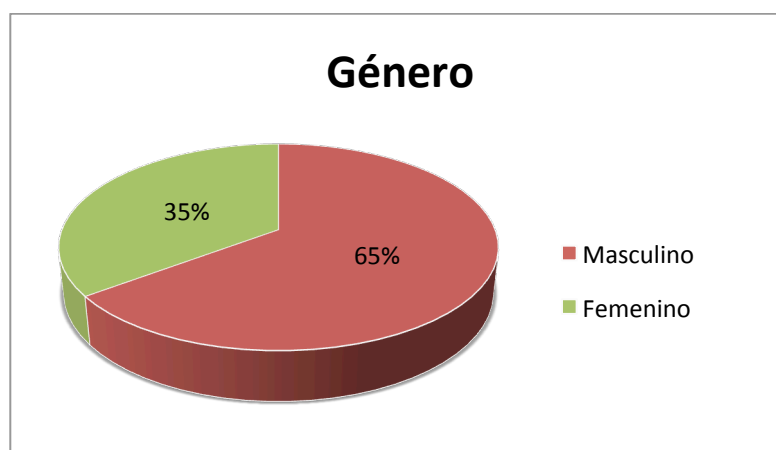
Se procedió a realizar una encuesta a 71 personas de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil para determinar la prestación de los servicios móviles.

1. Género	
Masculino	46
Femenino	25

**Tabla 4.1:** Género

**Elaborado por:** El Autor

Del total de encuestados el 65 % corresponde género masculino y el 35 % al género femenino.



**Figura 4.1:** Género

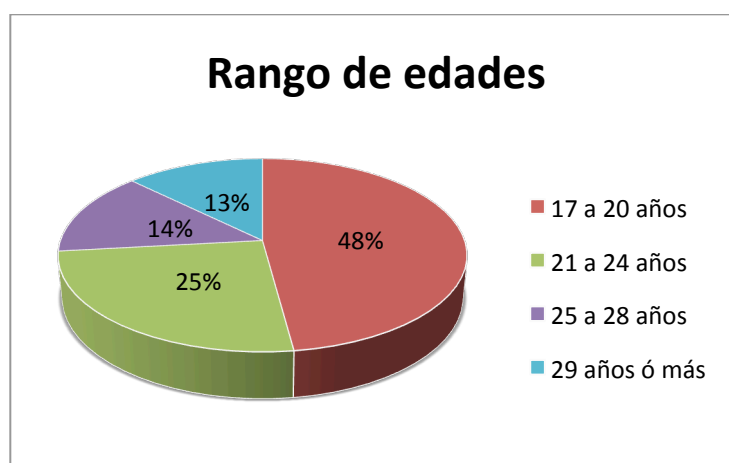
**Elaborado por:** El Autor

<b>2. Edad</b>	
17 a 20 años	34
21 a 24 años	18
25 a 28 años	10
29 años ó más	9

**Tabla 4.2:** Edad

**Elaborado por:** El Autor

Del total de encuestados el 48 % comprende entre los 17 y 20 años, el 25 % comprende entre los 21 y 24 años, el 14 % comprende entre los 25 y 28 años y 13 % comprende más de 29 años.



**Figura 4.2:** Edad

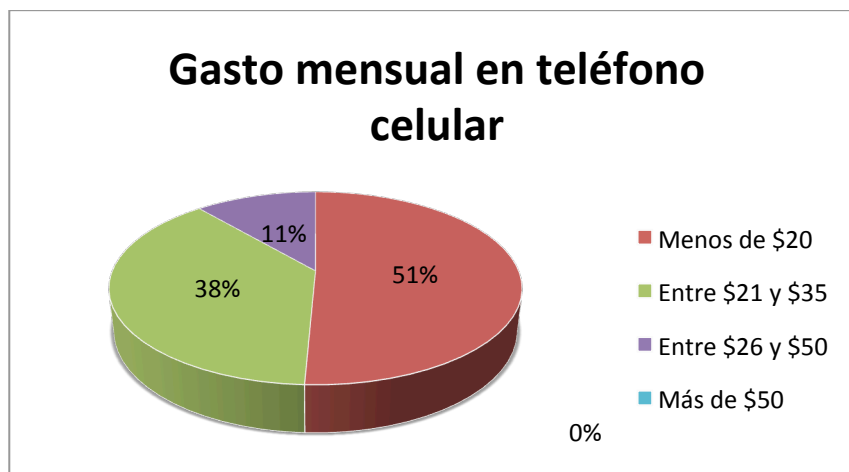
**Elaborado por :** El Autor

<b>3. Gasto Mensual en consumo de teléfono celular</b>	
Menos de \$20	36
Entre \$21 y \$35	27
Entre \$26 y \$50	8
Más de \$50	0

**Tabla 2.3:** Gasto Mensual en consumo de teléfono celular

**Elaborado por:** El Autor

Del total de encuestados, el 51% comprende menos de \$20, el 38% comprende entre \$21 y \$35, el 11% comprende entre \$26 y \$50, el 0% comprende más de \$50.



**Figura 4.3:** Gasto Mensual en consumo de teléfono celular

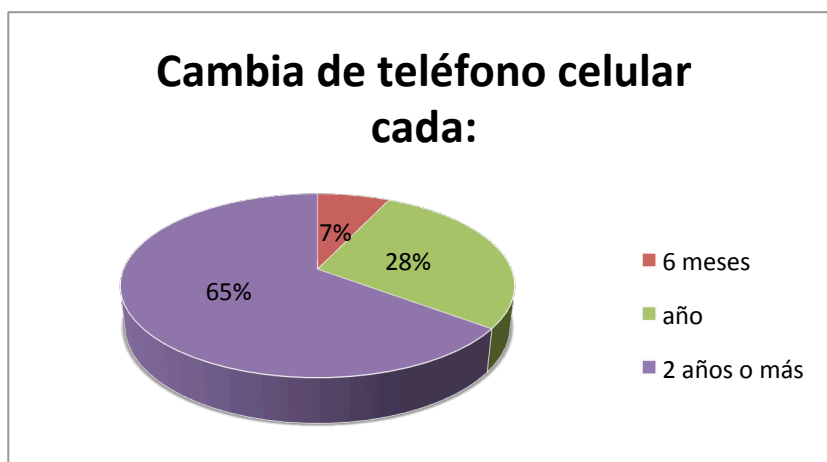
**Elaborado por:** El Autor

<b>4. Cambia de teléfono celular cada:</b>	
6 meses	5
año	20
2 años o más	46

**Tabla 4.4:** Cambia de teléfono celular cada

**Elaborado por:** El Autor

Del total de encuestados, el 7% corresponde a 6 meses, el 28% corresponde a un año, y el 65% corresponde a 2 años o más.



**Figura 4.4:** Cambia de teléfono celular cada

**Elaborado por:** El Autor

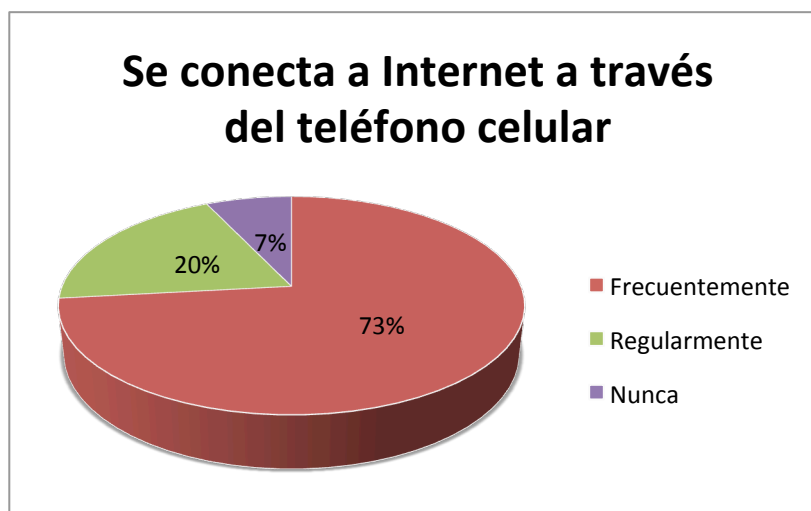
<b>5. Se conecta a Internet a través del teléfono celular</b>	
Frecuentemente	52
Regularmente	14
Nunca	5

**Tabla 4.5:** Se conecta a Internet a través del teléfono celular

**Elaborado por:** El Autor

Del total de encuestados, el 73% comprende a frecuentemente, el 20% comprende a regularmente y el 7% comprende a nunca.





**Figura 4.5:** Se conecta a Internet a través del teléfono celular

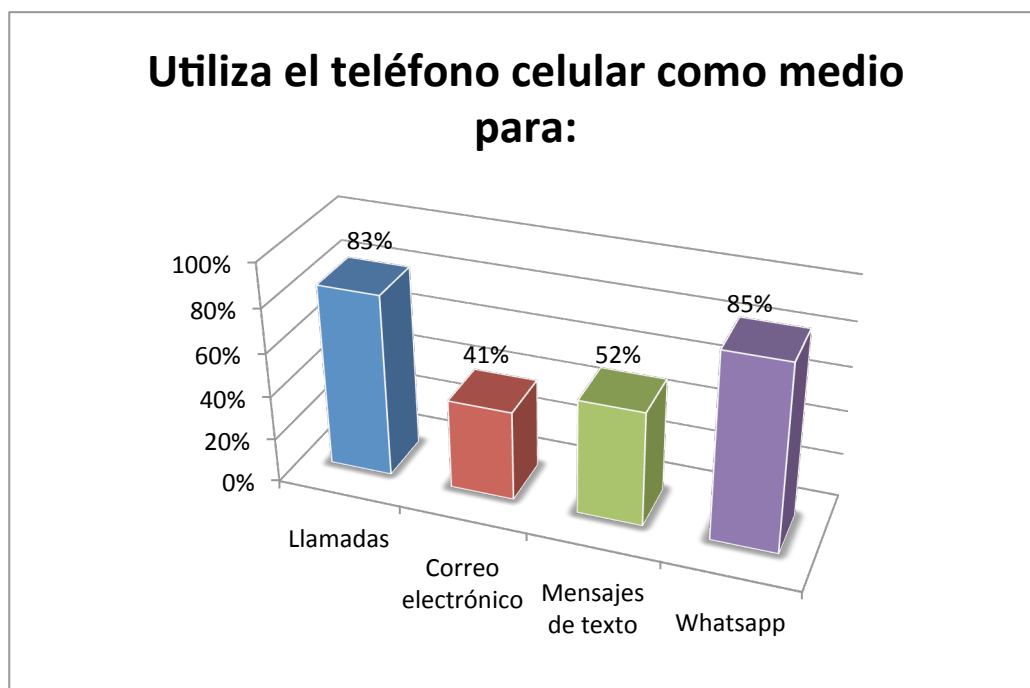
**Elaborado por:** El Autor

<b>6. Utiliza el teléfono celular como medio de comunicación para:</b>	
Llamadas	59
Correo electrónico	29
Mensajes de texto	37
Whatsapp	60

**Tabla 4.6:** Utiliza el teléfono celular como medio de comunicación para

**Elaborado por:** El Autor

Del total de encuestados, el 83% corresponde a llamadas, el 41% corresponde a correo electrónico, el 52% corresponde a mensajes de texto y el 85% corresponde a Whatsapp.



**Figura 4.6:** Utiliza el teléfono celular como medio de comunicación para

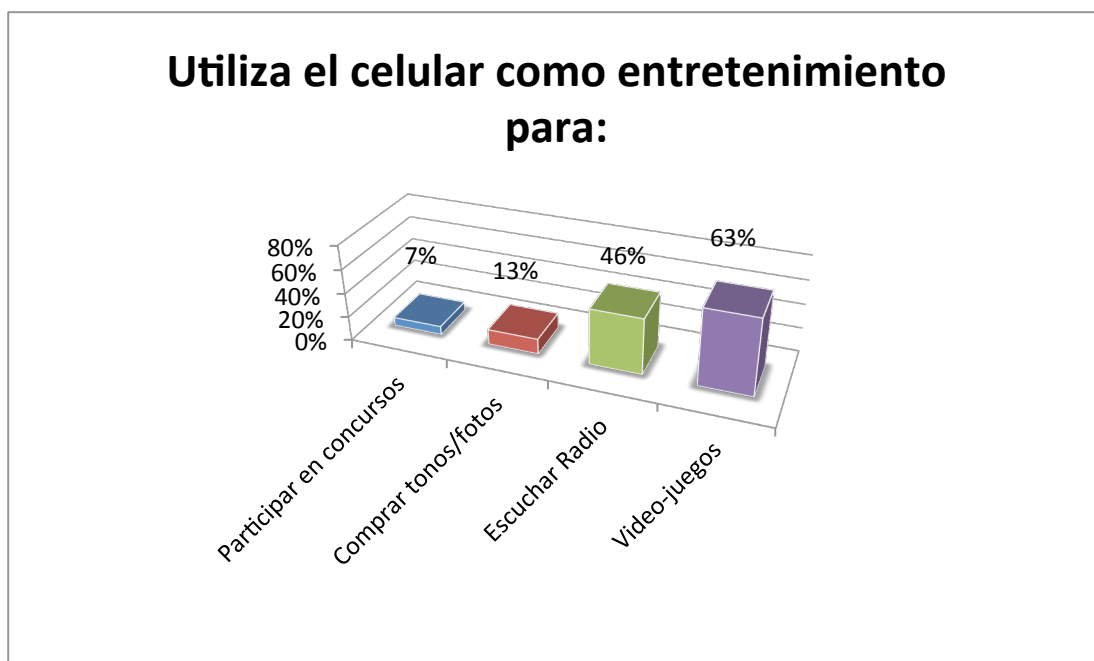
**Elaborado por:** El Autor

<b>7. Utiliza el teléfono celular como medio de entretenimiento para:</b>	
Participar en concursos	5
Comprar tonos/fotos	9
Escuchar Radio	33
Video-juegos	45

**Tabla 4.7:** Utiliza el teléfono celular como medio de entretenimiento para

**Elaborado por:** El Autor

Del total de encuestados, el 7% comprende a participación en concursos, el 13% comprende a compras de tonos/fotos, el 46% comprende a escuchar radio y el 63% comprende a videojuegos.



**Figura 4.7:** Utiliza el teléfono celular como medio de entretenimiento para

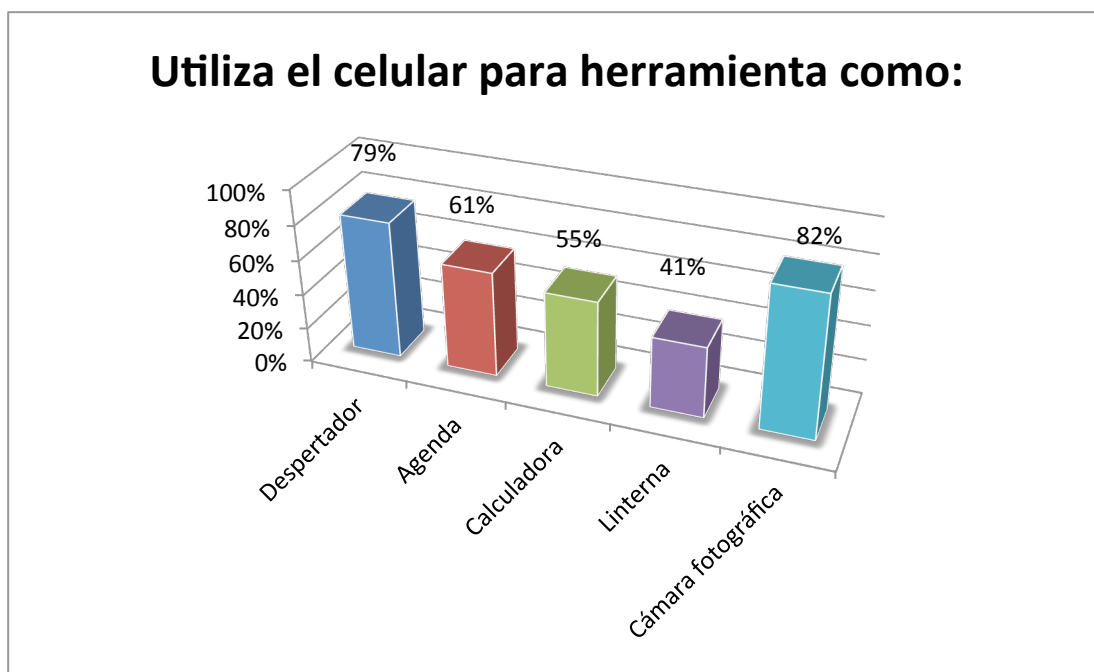
**Elaborado por:** El Autor

<b>8. Utiliza el teléfono celular para herramienta como:</b>	
Despertador	56
Agenda	43
Calculadora	39
Linterna	29
Cámara fotográfica	58

**Tabla 4.8:** Utiliza el teléfono celular para herramienta como

**Elaborado por:** El Autor

Del total de encuestados, el 79% comprende a despertador, el 61% comprende a la agenda, el 55% comprende a calculadora, el 41% comprende a linterna y 82% comprende a cámara fotográfica.



**Figura 4.8:** Utiliza el teléfono celular para herramienta como

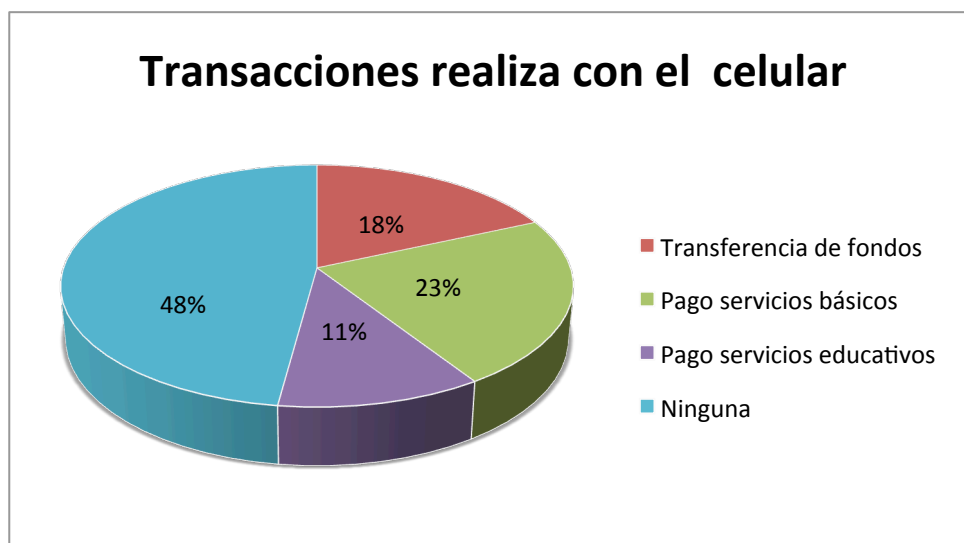
**Elaborado por:** El Autor

<b>9. Qué tipo de transacciones realiza con el teléfono celular</b>	
Transferencia de fondos	13
Pago servicios básicos	16
Pago servicios educativos	8
Ninguna	34

**Tabla 4.9:** Qué tipo de transacciones realiza con el teléfono celular

**Elaborado por:** El Autor

Del total de encuestados, el 18% corresponde a transferencia de fondos, el 23% corresponde a pago de servicios básicos, el 11% corresponde a pagos de servicios educativos, el 48% corresponde a ninguna.



**Figura 4.9:** Qué tipo de transacciones realiza con el teléfono celular

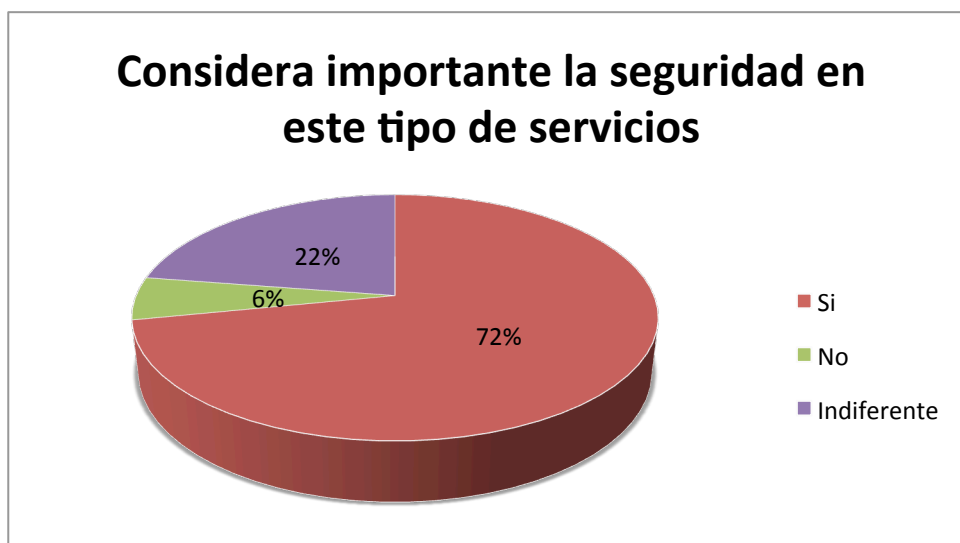
**Elaborado por:** El Autor

10. Considera importante la seguridad en este tipo de servicios	
Si	51
No	4
Indiferente	16

**Tabla 4.10:** Considera importante la seguridad en este tipo de servicios

**Elaborado por:** El Autor

Del total de encuestados, el 72% corresponde al Sí, el 6% corresponde al No y el 22% corresponde a Indiferente.



**Figura 4.10:** Considera importante la seguridad en este tipo de servicios

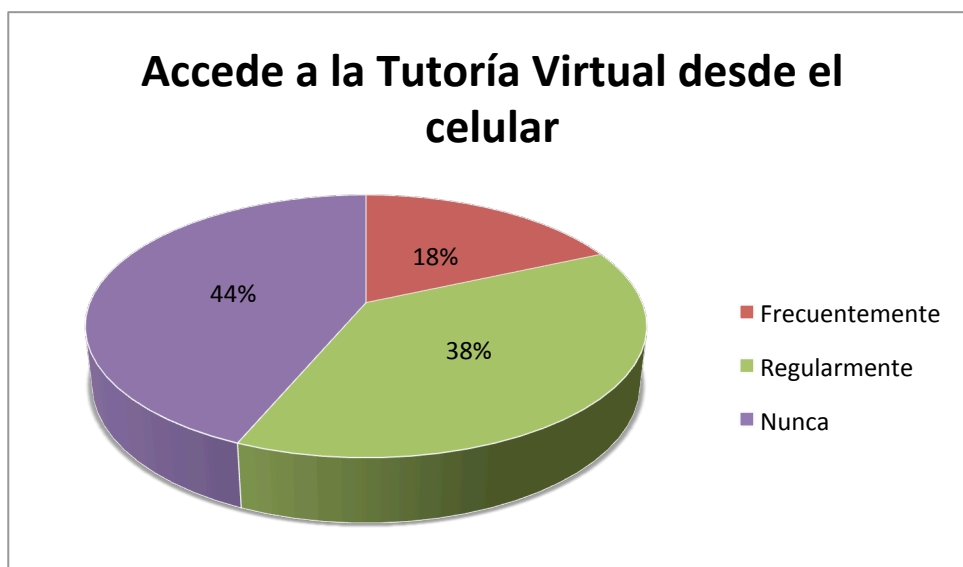
**Elaborado por:** El Autor

<b>11. Accede a la Tutoría Virtual desde el teléfono celular</b>	
Frecuentemente	13
Regularmente	27
Nunca	31

**Tabla 4.11:** Accede a la Tutoría Virtual desde el teléfono celular

**Elaborado por:** El Autor

Del total de encuestados, el 18% accede frecuentemente, el 38% accede regularmente y el 44% nunca accede.



**Figura 4.11:** Accede a la Tutoría Virtual desde el teléfono celular

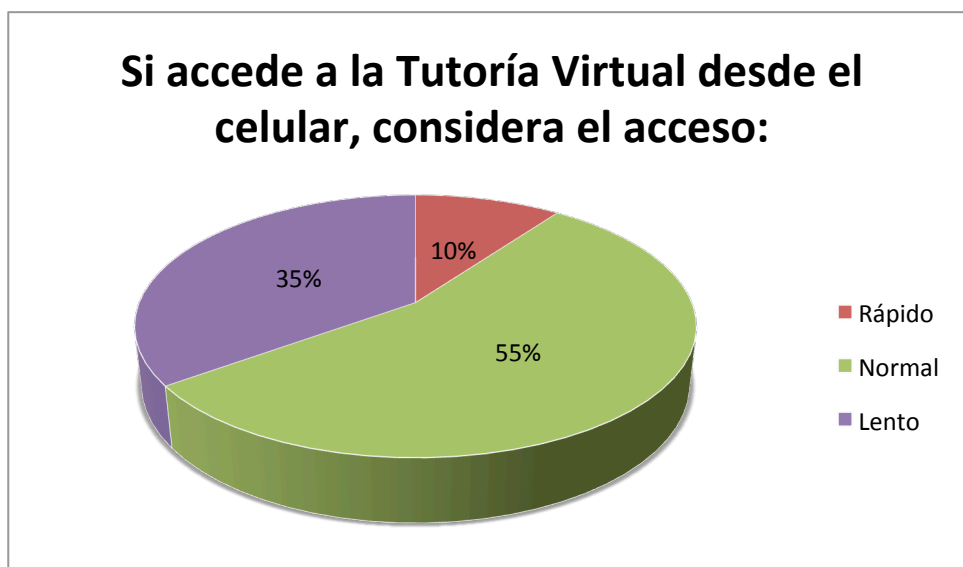
**Elaborado por:** El Autor

<b>12. En caso de ser afirmativa la respuesta anterior, considera el acceso:</b>	
Rápido	4
Normal	22
Lento	14

**Tabla 4.12:** En caso de ser afirmativa la respuesta anterior, considera el acceso

**Elaborado por:** El Autor

Del total de encuestados, el 10% corresponde a acceso rápido, el 55% a acceso normal y el 35% corresponde a acceso lento.



**Figura 4.12:** En caso de ser afirmativa la respuesta anterior, considera el acceso

**Elaborado por:** El Autor

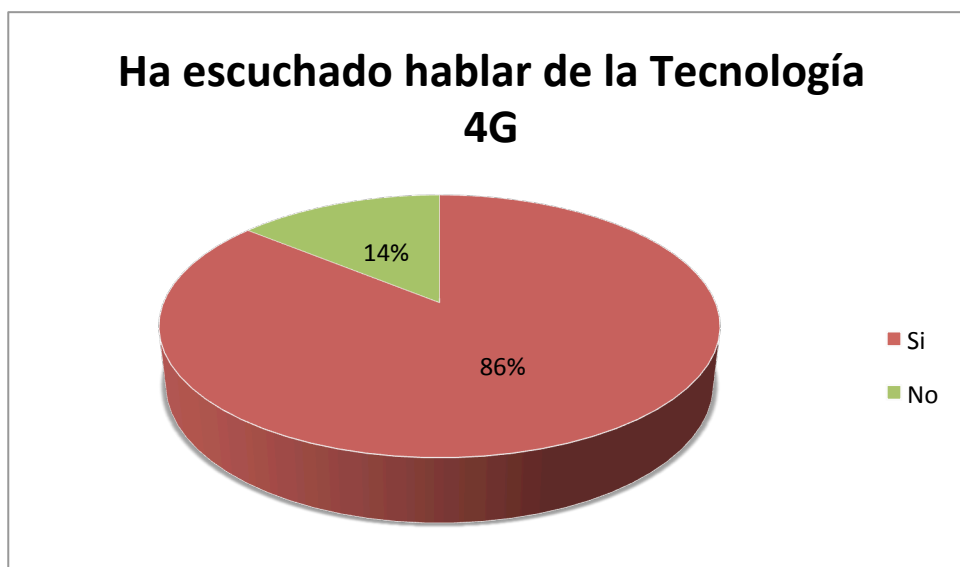
<b>13. Ha escuchado hablar de la Tecnología 4G</b>	
Si	61
No	10

**Tabla 4.13:** Ha escuchado hablar de la Tecnología 4G

**Elaborado por:** El Autor

Del total de encuestados, el 86% corresponde a Si y el 14% corresponde a No.





**Figura 4.13:** Ha escuchado hablar de la Tecnología 4G

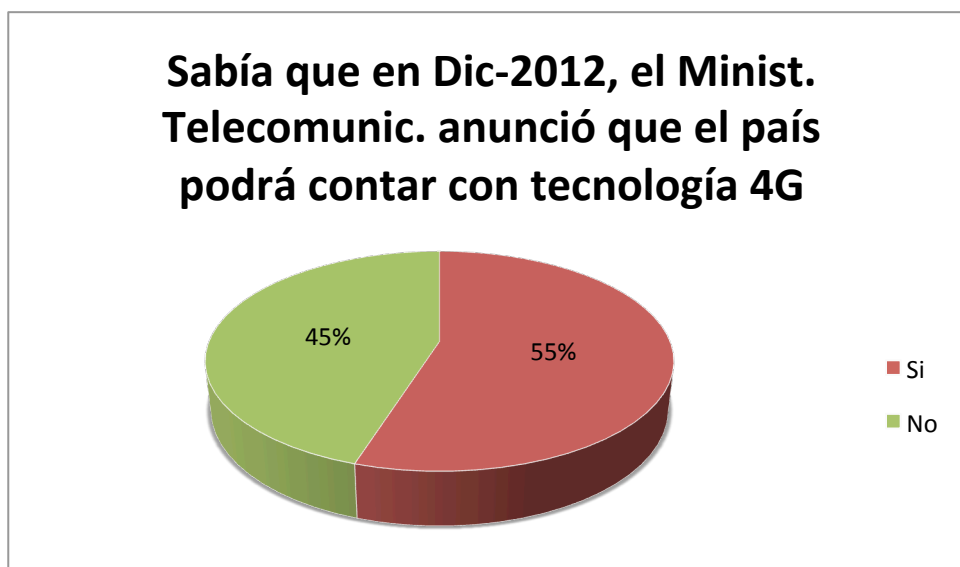
**Elaborado por:** El Autor

<b>14. Sabía que en diciembre de 2012, el Ministerio de Telecomunicaciones anunció que el país podrá contar con servicio móvil con tecnología 4G.</b>	
Si	39
No	32

**Tabla 4.14:** Sabía que en diciembre de 2012, el Ministerio de Telecomunicaciones anunció que el país podrá contar con servicio móvil con tecnología 4G.

**Elaborado por:** El Autor

Del total de encuestados, el 55% dijeron que Si, y el 45% dijeron que No.



**Figura 4.14:** Sabía que en diciembre de 2012, el Ministerio de Telecomunicaciones anunció que el país podrá contar con servicio móvil con tecnología 4G.

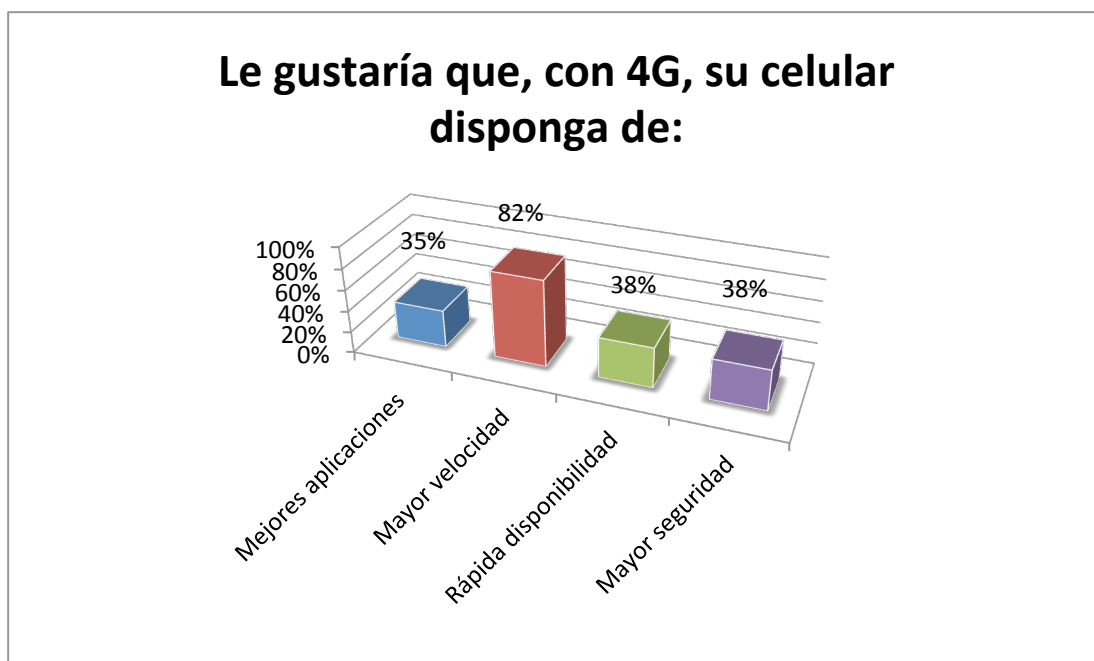
**Elaborado por:** El Autor

<b>15. Le gustaría que, con la tecnología 4G, su celular disponga de:</b>	
Mejores aplicaciones	25
Mayor velocidad	58
Rápida disponibilidad	27
Mayor seguridad	27

**Tabla 4.15:** Le gustaría que, con la tecnología 4G, su celular disponga de

**Elaborado por:** El Autor

Del total de encuestados, el 35% comprende a mejores aplicaciones, el 82% comprende a mayor velocidad, el 38% comprende a rápida disponibilidad y el 38% comprende a mayor seguridad.



**Figura 4.15:** Le gustaría que, con la tecnología 4G, su celular disponga de

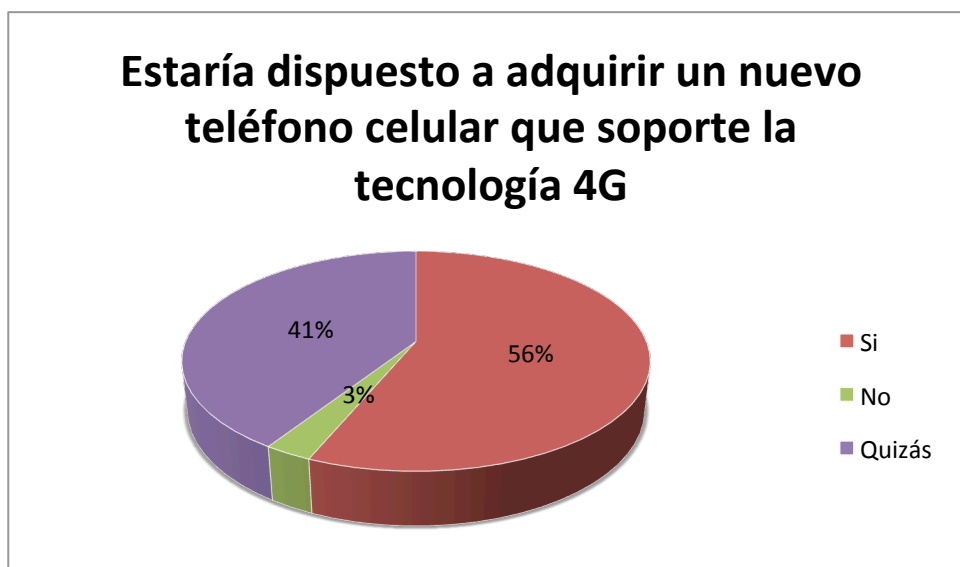
**Elaborado por:** El Autor

<b>16. Estaría dispuesto a adquirir un nuevo teléfono celular que soporte la tecnología 4G</b>	
Si	40
No	2
Quizás	29

**Tabla 4.16:** Estaría dispuesto a adquirir un nuevo teléfono celular que soporte la tecnología 4G.

**Elaborado por:** El Autor

Del total de encuestados, el 56% corresponde al Si, el 3% corresponde a No y el 41% corresponde a Quizás.



**Figura 4.16:** Estaría dispuesto a adquirir un nuevo teléfono celular que soporte la tecnología 4G

**Elaborado por:** El Autor

## CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

### 5.1 Conclusiones.

- La incidencia de la migración de la tecnología 3g hacia la tecnología 4g LTE en los servicios móviles incide en una manera muy positiva a los usuarios ya que permite que tengan una mejor calidad de experiencia (QoE) y a su vez, una mejor calidad de servicio (QoS).
- Las características más importantes de la tecnología 4G LTE son la alta eficiencia espectral, la compatibilidad que tiene con otras tecnologías 3GPP, muy baja latencia con valores de 100 ms para el plano de control y 10 ms para el plano de usuario.
- Los tres componentes que hacen posible que la arquitectura LTE funcione correctamente son: el equipo de usuario (UE), la red de acceso de radio terrestre universal evolucionada (E-UTRAN) y el núcleo de paquetes evolucionado (EPC).
- Las redes LTE proveerán una ruta para que las comunicaciones celulares operen a altas velocidades de datos.
- Hay tres soluciones que permiten a la nueva tecnología, en este caso, 4G LTE, tener una interacción o convergencia con las redes 2G y 3G, y son: CSFB (Conmutación de circuitos en reserva), SRVCC (Single Radio Voice Call Continuity) y VoLGA (Acceso Genérico por Voz sobre LTE)  
CSFB provee servicios de conmutación en una red LTE, SRVCC es la segunda opción, la cual transfiere las llamadas VoLTE en progreso desde LTE hacia el legado de las redes de voz, satisfaciendo los

rigurosos estándares de calidad de servicio y VoLGA es el que usa el acceso Wi-Fi con LTE.

- Para cumplir el último objetivo específico, se realizó una encuesta a los estudiantes de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil (UCSG), para poder determinar la prestación de servicios móviles a los usuarios, y se llegó a determinar lo siguiente. Del total de encuestados, el 35% de los usuarios les gustaría poseer mejores aplicaciones, el 82% comprende a una mejor velocidad, el 38% corresponde a una rápida disponibilidad y el 38% les gustaría tener mayor seguridad.
  
- La licitación del espectro por parte de la Supertel para servicios orientados a 4G LTE en Ecuador, permitirá a los operadores móviles la migración correspondiente en cuanto a infraestructura y plataformas para brindar servicios altamente eficientes a los clientes. La única operadora que ha desplegado su red 4G LTE ha sido CNT; cabe mencionar que el 2 de febrero del 2015 el Gobierno Nacional llegó a un acuerdo con las entidades privadas como Claro y Movistar para otorgarles un espectro que les permitirá ofrecer la tecnología 4G.

## 5.2 Recomendaciones.

- Realizar más investigación tecnológica y desarrollo de modelos que permitan asegurar la suficiente protección para los usuarios a la vez que se brinda el beneficio de un mayor ancho de banda.
- Plantear una regulación que estimule las inversiones y brinde una mayor coordinación entre la industria móvil y otras instituciones privadas, para que puedan liberar todo el potencial de la industria móvil.
- La banda ancha presenta limitaciones para cubrir la totalidad del territorio y prácticamente resulta muy cara, por lo que se hace necesaria una intervención regulatoria, en la que la banda ancha móvil pueda impulsar el crecimiento y el logro de los objetivos sociales.
- La cobertura de la red es limitada en el territorio y adquirir un teléfono con 4G podría significar que solo se pueda utilizarlo en lugares con cobertura, por lo que hay que cerciorarse; caso contrario se deberá acceder a las redes 3G, y no sería necesario un dispositivo 4G.

## Referencias Bibliográficas

Ahmadi, S. (2013). *LTE-Advanced: A Practical Systems Approach to Understanding 3GPP LTE Releases 10 and 11 Radio Access Technologies*. Academic Press.

An Introduction to LTE: LTE, LTE-Advanced, SAE, VoLTE and 4G Mobile

Communications, 2 edition - Free eBooks Download. (s. f.). Recuperado 4 de febrero

de 2015, a partir de [http://ebook3000.com/An-Introduction-to-LTE--LTE--LTE-](http://ebook3000.com/An-Introduction-to-LTE--LTE--LTE-Advanced--SAE--VoLTE-and-4G-Mobile-Communications--2-edition_230030.html)

[Advanced--SAE--VoLTE-and-4G-Mobile-Communications--2-edition\\_230030.html](http://ebook3000.com/An-Introduction-to-LTE--LTE--LTE-Advanced--SAE--VoLTE-and-4G-Mobile-Communications--2-edition_230030.html)

Artiza Networks : LTE Tutorial : Physical Channel Structure. (s. f.). Recuperado 4 de

febrero de 2015, a partir de [http://www.artizanetworks.com/lte\\_tut\\_ofdma.html](http://www.artizanetworks.com/lte_tut_ofdma.html)

EL USO DEL TELÉFONO CELULAR Y SUS IMPLICACIONES

SOCIOCULTURALES. (s. f.). Recuperado 4 de febrero de 2015, a partir de

[http://www.academia.edu/874081/EL\\_USO\\_DEL\\_TEL%C3%89FONO\\_CELULAR](http://www.academia.edu/874081/EL_USO_DEL_TEL%C3%89FONO_CELULAR_Y_SUS_IMPLICACIONES_SOCIOCULTURALES)

[\\_Y\\_SUS\\_IMPLICACIONES\\_SOCIOCULTURALES](http://www.academia.edu/874081/EL_USO_DEL_TEL%C3%89FONO_CELULAR_Y_SUS_IMPLICACIONES_SOCIOCULTURALES)

Long Term Evolution. (2015, febrero 2). En *Wikipedia, la enciclopedia libre*. Recuperado

a partir de

[http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Long\\_Term\\_Evolution&oldid=79702238](http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Long_Term_Evolution&oldid=79702238)

LTE-Advanced. (s. f.). Recuperado 4 de febrero de 2015, a partir de

<http://www.3gpp.org/technologies/keywords-acronyms/97-lte-advanced>

telefonía móvil. (s. f.). Recuperado 4 de febrero de 2015, a partir de

<http://www.areatecnologia.com/telefonía-móvil.htm>

What is VoLTE | Voice over LTE Tutorial | Radio-Electronics.com. (s. f.). Recuperado 4

de febrero de 2015, a partir de <http://www.radio->



electronics.com/info/cellulartelecomms/lte-long-term-evolution/voice-over-lte-volte.php

WirelessMoves: An Introduction To SC-FDMA Used By LTE In Uplink Direction. (s. f.).

Recuperado 4 de febrero de 2015, a partir de

[http://mobilesociety.typepad.com/mobile\\_life/2007/05/an\\_introduction.html](http://mobilesociety.typepad.com/mobile_life/2007/05/an_introduction.html)

The 1G (First Generation) Mobile Communications Technology Standards: Computer

Science and Information Technology Book Chapter | IGI Global. (s. f.). Recuperado

11 de febrero de 2015, a partir de <http://www.igi-global.com/chapter/first-generation-mobile-communications-technology/76774>

VoLTE with SRVCC: The second phase of voice evolution for mobile LTE devices

(s. f.). Recuperado 11 de febrero de 2015, a partir de

<https://www.qualcomm.com/documents/srvcc-white-paper>

ANALYSIS Understanding 5G: Perspectives on future technological advancements in

mobile (s. f.). Recuperado 11 de febrero de 2015, a partir de

<https://gsmaintelligence.com/files/analysis/?file=141208-5g.pdf>

LTE in a Nutshell: The Physical Layer (s. f.). Recuperado 11 de febrero de 2015, a partir

de <http://www.tsiwireless.com/docs/whitepapers/LTE%20in%20a%20Nutshell%20-%20Physical%20Layer.pdf>

Voice over LTE via Generic Access (VoLGA) (s. f.). Recuperado 11 de febrero de 2015,

a partir de <http://cm-networks.de/volga-a-whitepaper.pdf>

Voice Over LTE Study And Test Strategy Definition (s. f.). Recuperado 11 de febrero de

2015, a partir de

[http://repository.asu.edu/attachments/135114/content/ThottonVeetil\\_asu\\_0010N\\_13830.pdf](http://repository.asu.edu/attachments/135114/content/ThottonVeetil_asu_0010N_13830.pdf)

Long Term Evolution Protocol Overview (s. f.). Recuperado 11 de febrero de 2015, a partir de

[https://www.freescale.com/files/wireless\\_comm/doc/white\\_paper/LTEPTCLOVWWP.pdf](https://www.freescale.com/files/wireless_comm/doc/white_paper/LTEPTCLOVWWP.pdf)

Long Term Evolution Overview. (s. f.). Recuperado 11 de febrero de 2015, a partir de

[http://www3.alcatel-lucent.com/campaigns/lte/docs/LTE\\_Overview\\_ALU.pdf](http://www3.alcatel-lucent.com/campaigns/lte/docs/LTE_Overview_ALU.pdf)

Key Features of the Radio LTE Interface. (s. f.). Recuperado 11 de febrero de 2015, a partir de

[http://www1.ericsson.com/tl/res/thecompany/docs/publications/ericsson\\_review/2008/6\\_LTE.pdf](http://www1.ericsson.com/tl/res/thecompany/docs/publications/ericsson_review/2008/6_LTE.pdf)

Evolution of Mobile Communications: from 1G to 4G (s. f.). Recuperado 11 de febrero de 2015, a partir de

[https://eden.dei.uc.pt/~vasco/Papers\\_files/Mobile\\_evolution\\_v1.5.1.pdf](https://eden.dei.uc.pt/~vasco/Papers_files/Mobile_evolution_v1.5.1.pdf)

Cellular Communications (s. f.). Recuperado 11 de febrero de 2015, a partir de

<http://www.tlmat.unican.es/siteadmin/submaterials/611.pdf>

Acceso múltiple por división de frecuencias ortogonales - Wikipedia, la enciclopedia libre. (s. f.). Recuperado 11 de febrero de 2015, a partir de

[http://es.wikipedia.org/wiki/Acceso\\_m%C3%BAltiple\\_por\\_divisi%C3%B3n\\_de\\_frecuencias\\_ortogonales](http://es.wikipedia.org/wiki/Acceso_m%C3%BAltiple_por_divisi%C3%B3n_de_frecuencias_ortogonales)

Crest factor - Wikipedia, the free encyclopedia. (s. f.). Recuperado 11 de febrero de 2015, a partir de [http://en.wikipedia.org/wiki/Crest\\_factor](http://en.wikipedia.org/wiki/Crest_factor)

DVB - Telecom ABC. (s. f.). Recuperado 11 de febrero de 2015, a partir de

<http://www.telecomabc.com/d/dvb.html>

EnodeB - Wikipedia, the free encyclopedia. (s. f.). Recuperado 11 de febrero de 2015, a

partir de <http://en.wikipedia.org/wiki/EnodeB>

Ericsson. (s. f.). Recuperado 11 de febrero de 2015, a partir de

[http://tomcat.eipa.ericsson.com:38080/WEB-INF/jsp\\_2/pages/error/404.jsp](http://tomcat.eipa.ericsson.com:38080/WEB-INF/jsp_2/pages/error/404.jsp)

ETSI - GERAN. (s. f.). Recuperado 11 de febrero de 2015, a partir de

<http://www.etsi.org/technologies-clusters/technologies/mobile/geran>

IMT-A (international mobile telecommunications advanced) - Gartner IT Glossary. (s. f.).

Recuperado 11 de febrero de 2015, a partir de [http://www.gartner.com/it-](http://www.gartner.com/it-glossary/imt-a-international-mobile-telecommunications-advanced)

[glossary/imt-a-international-mobile-telecommunications-advanced](http://www.gartner.com/it-glossary/imt-a-international-mobile-telecommunications-advanced)

LTE Advanced - Wikipedia, la enciclopedia libre. (s. f.). Recuperado 11 de febrero de

2015, a partir de [http://es.wikipedia.org/wiki/LTE\\_Advanced](http://es.wikipedia.org/wiki/LTE_Advanced)

Maquina a Maquina M2M | Vodafone Empresas. (s. f.-a). Recuperado 11 de febrero de

2015, a partir de <http://www.vodafone.es/empresas/es/tienda/maquina-a-maquina-m2m/>

Maquina a Maquina M2M | Vodafone Empresas. (s. f.-b). Recuperado 11 de febrero de

2015, a partir de <http://www.vodafone.es/empresas/es/tienda/maquina-a-maquina-m2m/>

MIMO - Wikipedia, la enciclopedia libre. (s. f.). Recuperado 11 de febrero de 2015, a

partir de <http://es.wikipedia.org/wiki/MIMO>

MME – Mobility Management Entity - Motorola Solutions USA. (s. f.-a). Recuperado 11

de febrero de 2015, a partir de [http://www.motorolasolutions.com/US-](http://www.motorolasolutions.com/US-EN/Business+Product+and+Services/LTE++Mobile+Broadband/MME)

[EN/Business+Product+and+Services/LTE++Mobile+Broadband/MME](http://www.motorolasolutions.com/US-EN/Business+Product+and+Services/LTE++Mobile+Broadband/MME)

MME – Mobility Management Entity - Motorola Solutions USA. (s. f.-b). Recuperado 11

de febrero de 2015, a partir de <http://www.motorolasolutions.com/US->

[EN/Business+Product+and+Services/LTE++Mobile+Broadband/MME](http://www.motorolasolutions.com/US-EN/Business+Product+and+Services/LTE++Mobile+Broadband/MME)

Multimedia Telephony (MMTel) - BroadSoft. (s. f.-a). Recuperado 11 de febrero de 2015,

a partir de <http://www.broadsoft.com/service-providers/technology/technology->

[leadership/mmtel/](http://www.broadsoft.com/service-providers/technology/technology-leadership/mmtel/)

Multimedia Telephony (MMTel) - BroadSoft. (s. f.-b). Recuperado 11 de febrero de 2015,

a partir de <http://www.broadsoft.com/service-providers/technology/technology->

[leadership/mmtel/](http://www.broadsoft.com/service-providers/technology/technology-leadership/mmtel/)

Multimedia Telephony (MMTel) - BroadSoft. (s. f.-c). Recuperado 11 de febrero de 2015,

a partir de <http://www.broadsoft.com/service-providers/technology/technology->

[leadership/mmtel/](http://www.broadsoft.com/service-providers/technology/technology-leadership/mmtel/)

Multimedia Telephony (MMTel) - BroadSoft. (s. f.-d). Recuperado 11 de febrero de 2015,

a partir de <http://www.broadsoft.com/service-providers/technology/technology->

[leadership/mmtel/](http://www.broadsoft.com/service-providers/technology/technology-leadership/mmtel/)

Multimedia Telephony (MMTel) - BroadSoft. (s. f.-e). Recuperado 11 de febrero de 2015,

a partir de <http://www.broadsoft.com/service-providers/technology/technology->

[leadership/mmtel/](http://www.broadsoft.com/service-providers/technology/technology-leadership/mmtel/)

OFDMA - Wikitel. (s. f.). Recuperado 11 de febrero de 2015, a partir de

<http://www.wikitel.info/wiki/OFDMA>

PGW - Packet Data Network (PDN) Gateway. (s. f.). Recuperado 11 de febrero de 2015, a

a partir de [http://www.fullchipdesign.com/tyh/pdn\\_pgw\\_lte\\_4g.htm](http://www.fullchipdesign.com/tyh/pdn_pgw_lte_4g.htm)

Proxy Mobile IPv6 - Wikipedia, the free encyclopedia. (s. f.). Recuperado 11 de febrero

de 2015, a partir de [http://en.wikipedia.org/wiki/Proxy\\_Mobile\\_IPv6](http://en.wikipedia.org/wiki/Proxy_Mobile_IPv6)

¿Qué es Redes definidas por software (SDN)? - Definición en WhatIs.com. (s. f.).

Recuperado 11 de febrero de 2015, a partir de

<http://searchdatacenter.techtarget.com/es/definicion/Redes-definidas-por-software-SDN>

Radio access network - Wikipedia, the free encyclopedia. (s. f.-a). Recuperado 11 de

febrero de 2015, a partir de [http://en.wikipedia.org/wiki/Radio\\_access\\_network](http://en.wikipedia.org/wiki/Radio_access_network)

Radio access network - Wikipedia, the free encyclopedia. (s. f.-b). Recuperado 11 de

febrero de 2015, a partir de [http://en.wikipedia.org/wiki/Radio\\_access\\_network](http://en.wikipedia.org/wiki/Radio_access_network)

Radio access network - Wikipedia, the free encyclopedia. (s. f.-c). Recuperado 11 de

febrero de 2015, a partir de [http://en.wikipedia.org/wiki/Radio\\_access\\_network](http://en.wikipedia.org/wiki/Radio_access_network)

Reuniones de IETF | Internet Society. (s. f.). Recuperado 11 de febrero de 2015, a partir

de <http://www.internetsociety.org/es/reuniones-de-ietf>

RLC - The Wireshark Wiki. (s. f.). Recuperado 11 de febrero de 2015, a partir de

<http://wiki.wireshark.org/RLC>

SGW (Serving Gateway). (s. f.-a). Recuperado 11 de febrero de 2015, a partir de

<http://www.goinglte.com/glossary/sgw-serving-gateway/>

SGW (Serving Gateway). (s. f.-b). Recuperado 11 de febrero de 2015, a partir de

<http://www.goinglte.com/glossary/sgw-serving-gateway/>

SGW (Serving Gateway). (s. f.-c). Recuperado 11 de febrero de 2015, a partir de

<http://www.goinglte.com/glossary/sgw-serving-gateway/>

Voice Over LTE Explained: Better Voice Quality Coming Soon to Your 4G Phone |

TechHive. (s. f.). Recuperado 11 de febrero de 2015, a partir de

[http://www.techhive.com/article/259471/voice\\_over\\_lte\\_explained\\_better\\_voice\\_quality\\_coming\\_soon\\_to\\_your\\_4g\\_phone.html](http://www.techhive.com/article/259471/voice_over_lte_explained_better_voice_quality_coming_soon_to_your_4g_phone.html)

What is EUTRAN? | LteWorld. (s. f.). Recuperado 11 de febrero de 2015, a partir de  
<http://lteworld.org/ltefaq/what-eutran>

What is Generic Routing Encapsulation (GRE)? - Definition from WhatIs.com. (s. f.).  
Recuperado 11 de febrero de 2015, a partir de  
<http://searchenterprisewan.techtarget.com/definition/Generic-routing-encapsulation-GRE>

What is Media Access Control layer (MAC layer)? - Definition from WhatIs.com. (s. f.-  
a). Recuperado 11 de febrero de 2015, a partir de  
<http://searchnetworking.techtarget.com/definition/Media-Access-Control-layer>

What is Media Access Control layer (MAC layer)? - Definition from WhatIs.com. (s. f.-  
b). Recuperado 11 de febrero de 2015, a partir de  
<http://searchnetworking.techtarget.com/definition/Media-Access-Control-layer>

What is Media Access Control layer (MAC layer)? - Definition from WhatIs.com. (s. f.-  
c). Recuperado 11 de febrero de 2015, a partir de  
<http://searchnetworking.techtarget.com/definition/Media-Access-Control-layer>

What is SCTP (Stream Control Transmission Protocol)? - Definition from WhatIs.com.  
(s. f.). Recuperado 11 de febrero de 2015, a partir de  
<http://searchnetworking.techtarget.com/definition/SCTP>

Wi-Fi - Wikipedia, la enciclopedia libre. (s. f.). Recuperado 11 de febrero de 2015, a  
partir de <http://es.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi>

## **ANEXOS**

**Datos de acceso a servicios de celular****1. Género**Masculino Femenino **2. Edad**17 a 20 años 21 a 24 años 25 a 28 años 29 años ó más **3. Gasto Mensual en consumo de teléfono celular**Menos de \$20 Entre \$21 y \$35 Entre \$26 y \$50 Más de \$50 **4. Cambia de teléfono celular cada:**6 meses año 2 años o más **5. Se conecta a Internet a través del teléfono celular**Frecuentemente Regularmente Nunca **6. Utiliza el teléfono celular como medio de comunicación para:**Llamadas Correo electrónico Mensajes de texto Whatsapp **7. Utiliza el teléfono celular como medio de entretenimiento para:**Participar en concursos Comprar tonos/fotos Escuchar Radio Video-juegos **8. Utiliza el teléfono celular para herramienta como:**



- Despertador
- Agenda
- Calculadora
- Linterna
- Cámara fotográfica

**9. Qué tipo de transacciones realiza con el teléfono celular**

- Transferencia de fondos
- Pago servicios básicos
- Pago servicios educativos

**10. Considera importante la seguridad en este tipo de servicios**

- Si
- No
- Indiferente

**11. Accede a la Tutoría Virtual desde el teléfono celular**

- Frecuentemente
- Regularmente
- Nunca

**12. En caso de ser afirmativa la respuesta anterior, considera el acceso:**

- Rápido
- Normal
- Lento

**13. Ha escuchado hablar de la Tecnología 4G**

- Si
- No

**14. Sabía que en diciembre de 2012, el Ministerio de Telecomunicaciones anunció que el país podrá contar con servicio móvil con tecnología 4G.**

- Si
- No

**15. Le gustaría que, con la tecnología 4G, su celular disponga de:**

- Mejores aplicaciones
- Mayor velocidad
- Rápida disponibilidad
- Mayor seguridad

**16. Estaría dispuesto a adquirir un nuevo teléfono celular que soporte la tecnología 4G**

Si

No

Quizás

Muchas gracias por su tiempo

## GLOSARIO

**1G (First Generation of Wireless Communications Systems):** Sistema celular de comunicaciones inalámbricas que usa técnicas analógicas.

**2G (Second Generation of Wireless Communications Systems):** Sistema celular de comunicaciones inalámbricas que usa técnicas digitales de transmisión y avanzadas técnicas de control para un mejor rendimiento de las comunicaciones de voz. Provee facilidades especiales y capacidades limitadas para mensajería digital.

**3G (Third Generation of Wireless Communications Systems):** Se trata de la tercera generación de comunicaciones inalámbricas. Todas sus propiedades, principalmente mayor ancho de banda que facilita accesos a servicios de datos, se encuentran descritas en el presente trabajo.

**3GPP (3G Partnership Project – WCDMA):** Proyecto cooperativo global por medio del cual se busca la estandarización de la interfaz de aire WCDMA.

**3GPP2 (3G Partnership Project 2 – CDMA2000):** Organización dedicada al desarrollo de la especificación del estándar global CDMA2000.

**4G (Fourth Generation of Wireless Communications Systems):** Son las siglas para referirse a la cuarta generación de comunicaciones inalámbricas.

Está principalmente basada en el protocolo IP, y puede ser usada por móviles inalámbricos, móviles inteligentes, entre otros.

**5G (Fifth Generation of Wireless Communications Systems):** Se trata de la quinta generación de tecnologías de telefonía móvil. Esta red no está diseñada para conectar personas, sino para conectar todas las cosas desde coches, maquinaria pesada, hasta redes eléctricas, prácticamente todo; y se espera que llegue en el 2020.

**AMPS (Advanced Mobile Phone System):** Estándar original para la operación de sistemas celulares analógicos. Opera en un rango de frecuencias de 800 MHz con un ancho de banda de canal de 30 KHz. Usado en América, Australia y parte de Rusia y Asia.

**APN (Access Point Name):** Es el nombre de punto de acceso para GPRS o estándares posteriores (3G, 4G) que debe configurarse en un teléfono móvil para que acceda a redes computacionales como el Internet. Wikipedia

**ATM (Asynchronous Transfer Mode):** Tecnología de banda ancha para la transmisión de señales de telecomunicaciones de gran capacidad. Además ATM proporciona flexibilidad considerable puesto que un cliente individual puede adaptar la disponibilidad de una conexión conmutada a sus requisitos actuales

**BSC (Base Station Controller):** Dispositivo y software asociado con una estación base que le permite a una terminal móvil registrarse en la celda,

asignar canales de control y tráfico, implementar el handoff y llevar adelante procedimientos de inicio y fin de llamada.

**CA (Carrier Aggregation):** Es una funcionalidad clave de LTE-Advanced que les permite a los operadores crear mas anchos de banda virtuales de portadora para servicios LTE al combinar distintas asignaciones de espectro.

**CDMA (Code Division Multiple Access):** Método de espectro ensanchado que permite que diversos usuarios compartan el mismo espectro de radiofrecuencias asignándoles a cada uno un código individual.

**CNT (Corporación Nacional de Telecomunicaciones):** Es una empresa publica de telecomunicaciones del Ecuador creada el 14 de enero del 2010, y opera servicios de telefonía fija local, regional e internacional, acceso a Internet de alta velocidad, telefonía móvil, etc.

**CS (Circuit Switching):** Técnica de conmutación que establece una conexión dedicada e ininterrumpida entre el transmisor y el receptor.

**CSFB (Circuit Switched Fall Back):** Es una tecnología donde la voz y los servicios SMS son entregados a dispositivos LTE a través del uso de GSM u otra red de conmutación de circuitos.

**DAB (Digital Audio Broadcasting):** Es un estándar de emisión de radio digital desarrollado por EUREKA como un proyecto de investigación para la Unión Europea.

**DAMPS (Digital Advanced Mobile Phone System):** Designación anterior del estándar para telefonía móvil digital usado sobretodo en Norteamérica, América Latina, Australia. También conocida como TDMA.

**DL (Downlink):** Camino de transmisión de la estación base hacia el terminal móvil.

**DTM (Dual Transference Mode):** Es un protocolo basado en el estándar GSM que hace que la transferencia simultánea de conmutación de circuitos de voz y conmutación de paquetes de datos sea en el mismo canal de radio más simple.

**DVB (Digital Video Broadcasting):** Se refiere al proyecto DVB y los estándares establecidos por el proyecto DVB. Estos estándares describen un sistema para la emisión de la televisión digital sobre toda la difusión de medios.

**eNB (Evolved Node B):** Es el elemento en E-UTRA de LTE que es la evolución del elemento nodo B en UTRA para UMTS. Es el hardware que está conectado a la red de telefonía móvil que comunica directamente con teléfonos móviles, como una BTS en redes GSM.

**EPC (Evolved Packet Core):** Es la arquitectura plana que provee una voz convergida y una estructura de redes de datos para conectar a los usuarios en una red de evolución a largo término (LTE).

**E-UTRAN (Evolved-Universal Terrestrial Radio Access Network):** La E-UTRAN consiste de eNBs proveyendo al plano de usuario E-UTRA y al protocolo de plano de control terminaciones hacia el equipo terminal.

**FDD (Frequency Division Duplex):** Tecnología de radio usada en espectros apareados. Se aplica en sistemas celulares como GSM.

**FFT (Fast Fourier Transform):** Es un algoritmo especializado que permite a un procesador digital hacer el cálculo de la transformada discreta de Fourier de una forma eficiente, en lo que respecta a carga computacional y tiempo de procesamiento.

**GERAN (GSM EDGE Radio Access Network):** Es un término dado a la segunda generación de celular digital GSM, tecnología de acceso de radio incluyendo sus evoluciones en forma de EDGE y para la mayoría de los fines, GPRS.

**GPRS (General Packet Radio Services):** Tecnología de paquetes de datos que permite alta velocidad (115Kbps), Internet Wireless y otros tipos de comunicaciones de datos sobre una red GSM.

**GRE (Generic Routing Encapsulation):** Es un simple protocolo que encapsula paquetes con el fin de enrutar otros protocolos sobre redes IP , como se define por RFC 2784.

**GSM (Global System for Mobile Communications):** Estándar mundial para comunicaciones inalámbricas digitales. Actualmente, GSM es el sistema de mayor extensión y uso con más de 150 millones de usuarios en todo el mundo.

**GSMA (Global System for Mobile Communications Association):** Es una organización de operadores móviles y compañías relacionadas, dedicada al apoyo de la normalización, la implementación y promoción del sistema de telefonía móvil GSM.

**HLR (Home Location Register):** Unidad funcional responsable del gerenciamiento de los clientes móviles. Dos tipos de informaciones se almacenan en un HLR: información del cliente y parte de información de movilidad, que incluye restricciones posibles de llamadas entrantes/salientes. El HLR almacena además números IMSI, MS, SNB; direcciones de VLR (SS7) y datos de servicios de valor agregado del cliente.

**HSS (Home Subscriber Server):** Gestiona la información relacionada a la suscripción en tiempo real para multiacceso y ofertas multidominio en un ambiente todo IP.

**IETF (Internet Engineering Task Force):** La Fuerza de Tareas de Ingeniería de Internet es una de las organizaciones líderes que promueve los estándares de Internet.

**IMS (IP Multimedia Subsystem):** Es una arquitectura de Sistema abierto que soporta un amplio rango de servicios de telecomunicaciones basado en



el protocolo IP, en un dominio de conmutación de paquetes, empleando tanto tecnologías de acceso fijas como inalámbricas.

**IMT-A (International Mobile Telecommunications Advanced):** Término oficial de la ITU para la telefonía móvil 4G.

**IP (Internet Protocol):** Conjunto de instrucciones que definen como la información es dirigida y como viaja entre sistemas de Internet.

**IPv4 (Internet Protocol versión 4):** Es la cuarta versión del Protocolo IP, y la primera en ser implementada a gran escala. Definido por la RFC 791.

**IPv6 (Internet Protocol versión 6):** Última versión del protocolo IP. Permite que el protocolo tenga una mayor capacidad de direccionamiento.

**IoT (Internet of Things):** Es el mundo en la que cada objeto tiene una identidad virtual propia y capacidad potencial para integrarse e interactuar de manera independiente en la red con cualquier otro individuo ya sea una maquina M2M o un humano.

**LTE (Long Term Evolution):** Estándar de comunicaciones móviles desarrollado por 3GPP.

**LTE-A (Long Term Evolution Advanced):** Estándar de comunicación móvil, formalmente inscrito como un candidato al sistema 4G a la ITU-T a finales

del 2009 y con fecha estimada de finalización en 2011. Es una mejora al estándar LTE.

**MAC (Medium Access Control):** Es una de las dos subcapas de la capa de control de enlace de datos y está interesada en compartir la conexión física con la red entre muchas computadoras.

**MIMO (Multiple Input Multiple Output):** Término que se refiere a la forma como son manejadas las ondas de transmisión y recepción de antenas para dispositivos inalámbricos como enrutadores.

**MME (Mobility Management Entity):** Es un componente clave de los estándares definidos Evolved Packet Core (EPC) para LTE. Provee gestión de sesión de movilidad para la red LTE y apoya la autenticación del abonado, roaming y handovers a otras redes.

**MMTel (Multimedia Telephony):** Es una solución de red extremo a extremo que habilita servicios multimedia y contenido en tiempo real, tales como video en tiempo real, texto, transferencia de archivos, compartición de figuras y audio a ser entregado sobre redes de banda ancha.

**MPLS (Multiprotocol Label Switching):** El multiprotocolo de conmutación de etiquetas reduce significativamente el procesamiento de paquetes que se requiere cada vez que un paquete ingresa a un enrutador en la red, esto mejorando el desempeño de dichos dispositivos y del desempeño de la red en general.

**MSC (Mobile Switching Center):** Equipo que provee las funciones de conmutación en una red celular de 2G. Conmuta todas las llamadas entre un MSC, el PSTN y otros terminales móviles.

**M2M (Machine to Machine):** Es una forma de comunicación entre máquinas que permite agilizar los procesos, realizarlos de forma más eficiente y liberar a las personas de hacer tareas tediosas o peligrosas.

**OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing):** Multiplexación que consiste en enviar un conjunto de portadoras de diferentes frecuencias, donde cada una transporta información, la cual es demodulada en QAM o en PSK.

**OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiplexing):** Es una técnica de acceso múltiple por división de frecuencia ortogonal. Con OFDMA cada banda de frecuencia disponible es dividida en miles de sub-bandas estrechas. A cada par de comunicación se le asigna un sub-set de 512 o más sub-bandas, de este modo se puede conseguir una transmisión de datos simultánea, a baja velocidad, de varios usuarios.

**PARP (Peak Average Power Ratio):** Es la amplitud pico cuadrada dividido por el valor RMS al cuadrado. Es una cantidad adimensional.

**PMIPv6 (Proxy Mobile IPv6):** Es un protocolo estandarizado por la IETF de gestión de movilidad basado en red y especificado en RFC 5213. Es un protocolo para construir una común e independiente tecnología de acceso

de redes core móviles, acomodando varias tecnologías de acceso, tales como: WiMAX, 3GPP, 3GPP2 y arquitecturas de acceso basadas en WLAN.

**P-GW (Packet Data Gateway):** Es el responsable de actuar como un ancla entre 3GPP y las no tecnologías 3GPP. PG-W provee conectividad desde el equipo de usuario a las redes de datos de paquetes externas, siendo el punto de entrada/salida de tráfico por el equipo de usuario. El PG-W gestiona la política de aplicación, filtración de paquetes para usuarios, soporte de carga, interceptación legal.

**PS (Packet Switching):** Envío de datos por paquetes a través de una red. El PAD a menudo denominado modem, junta los datos enviados en paquetes de datos individuales.

**RAN (Radio Access Network):** Es parte del sistema de telecomunicaciones móvil. Reside entre un dispositivo, tales como un dispositivo móvil, una computadora, o alguna maquina controlada remotamente y provee conexión con su núcleo de red.

**RLC (Radio Link Control):** Conecta la capa MAC con la capa RRC en el plano de control y la capa PDCP en el plano de datos. El protocolo es especificado en 3GPP TS 25.322

**RF (Radiofrequency):** Frecuencia del espectro electromagnético normalmente asociada con la propagación de la onda radioeléctrica. Algunas veces se define como la transmisión en una frecuencia en la que la radiación de energía electromagnética coherente es posible.

**SCTP (Stream Control Transmission Protocol):** Es un protocolo para transmitir múltiples flujos de datos al mismo tiempo entre dos puntos finales que han establecido una conexión con la red.

**SDN (Software Defined Networking):** Las redes definidas por software son una manera de abordar la creación de redes en la cual el control se desprende del hardware y se le da una aplicación de software llamada controlador.

**S-GW (Serving Gateway):** El S-GW es el que enruta y reenvía paquetes de datos mientras también actúa como un ancla móvil para el plano de usuario durante los trasposos del inter-eNB y como el ancla de movilidad entre LTE y otras tecnologías 3GPP.

**SIM (Subscriber Identity Mode):** Pequeña tarjeta con un circuito impreso que se debe insertar en terminales GSM cuando un cliente se suscribe al servicio. Contiene información de suscripción, seguridad y memoria para la agenda personal del usuario. La tarjeta también almacena información que identifica al cliente al realizar una llamada.

**SRVCC (Single Radio Voice Call Continuity):** Es un nivel de funcionalidad que es requerido dentro de los sistemas VoLTE para habilitar las llamadas en el dominio de paquetes de LTE para ser entregado a los sistemas de voz de conmutación de legado de circuitos como GSM, UMTS y CDMA 1x de una manera transparente.

**TCP (Transmission Control Protocol):** Conjunto de protocolos estándar utilizados por Internet para transferir información entre ordenadores, terminales de mano y otros dispositivos.

**UMTS (Universal Mobile Telecommunication Systems):** Sistema de telecomunicaciones de tercera generación basado en WCDMA DS.

**UL (Uplink):** Camino de transmisión del terminal móvil hacia la estación base.

**USIM (Universal Subscriber Identity Mode):** Upgrade de SIM Card para ser usada en IMT-2000.

**VANC (Voice over LTE via Generic Access Network Controller):** Es un controlador GAN de 3GPP que ha sido modificada para soporte de servicios de conmutación de circuitos sobre LTE como está especificado por el Forum VoLGA.

**VoLGA (Voice over LTE via Generic Access):** El objetivo de VoLGA es proveer un bajo costo y un enfoque de bajo riesgo para llevar sus servicios generadores de ingresos primarios (voz y SMS) en los nuevos despliegues de redes LTE.

**VoLTE (Voice over LTE):** Es una tecnología basada en estándares que es requerido para el soporte de llamadas de voz sobre una red LTE.

**Wi-Fi (Wireless Fidelity):** Es un mecanismo de conexión de dispositivos electrónicos de forma inalámbrica.

**WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access):** Funciona de manera muy similar a la telefonía celular. Las redes WiMAX están basadas en un estándar abierto y están optimizadas para datos de alta velocidad.

**WLAN (Wireless Local Area Network):** Son redes que comúnmente cubren distancia de los 10 a los 100 metros. Esta pequeña cobertura permite una menor potencia de transmisión que a menudo permite el uso de bandas de frecuencia sin licencia.