



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

**CARRERA:**

Ingeniería en Telecomunicaciones con Mención en Gestión Empresarial en  
Telecomunicaciones

**TÍTULO:**

“Análisis del impacto de la migración 3G a 4G en la modernización de los  
equipos de telecomunicaciones utilizados en radiobases por las operadoras  
móviles en el Ecuador”

**AUTORA:**

Zambrano Cáceres Paula Andrea

Trabajo de Titulación previo a la Obtención del Título de

**INGENIERA EN TELECOMUNICACIONES**

**TUTOR:**

Romero Rosero Carlos Bolívar

**Guayaquil, Ecuador**

**2015**



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

**CARRERA:**

Ingeniería en Telecomunicaciones con Mención en Gestión Empresarial en  
Telecomunicaciones

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por **Paula Andrea Zambrano Cáceres**, como requerimiento parcial para la obtención del Título de Ingeniera en Telecomunicaciones.

**TUTOR**

---

**Ing. Carlos Bolívar Romero Rosero**

**DIRECTOR DE CARRERA**

---

**Ing. Armando Heras Sánchez, MsC.**

**Guayaquil, a los 20 días del mes de febrero del año 2015**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE EDUCACION TECNICA PARA EL DESARROLLO  
INGENIERIA EN TELECOMUNICACIONES**

**CARRERA:**

Ingeniería en Telecomunicaciones con Mención en Gestión Empresarial en  
Telecomunicaciones

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Paula Andrea Zambrano Cáceres**

**DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación **Análisis del impacto de la migración 3G a 4G en la modernización de los equipos de telecomunicaciones utilizados en radiobases por las operadoras móviles en el Ecuador** previa a la obtención del Título de **Ingeniera en Telecomunicaciones**, ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, 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, a los 20 días del mes de febrero del año 2015**

**EL AUTOR:**

---

**Paula Andrea Zambrano Cáceres**



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

**CARRERA:**

Ingeniería en Telecomunicaciones con Mención en Gestión Empresarial en  
Telecomunicaciones

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **Paula Andrea Zambrano Cáceres**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: **Análisis del impacto de la migración 3G a 4G en la modernización de los equipos de telecomunicaciones utilizados en radiobases por las operadoras móviles en el Ecuador**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, a los 20 días del mes de febrero del año 2015**

**EL AUTOR:**

---

**Paula Andrea Zambrano Cáceres**



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

**CARRERA:**

Ingeniería en Telecomunicaciones con Mención en Gestión Empresarial en  
Telecomunicaciones

**CALIFICACIÓN**

---

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis amados padres, Byron y Gilda, cuya visión amorosa e inquebrantable marcó mi vida para jamás claudicar en los retos;

Y a mi hermano, Isaac, quien me ha brindado su apoyo y aliento aún en los momentos más difíciles.

## **DEDICATORIA**

A mi Padre celestial, por darme la vida y salud;

A mis distinguidos maestros, de forma especial a mi tutor Ing. Carlos Romero por su paciencia y dedicación en la dirección de este trabajo; y,

A todos y cada uno de ustedes mis más sinceros agradecimientos.

## ÍNDICE GENERAL

### CAPÍTULO 1

#### EL PROBLEMA

1. Introducción .....	16
1.2. Antecedentes .....	17
1.3. Planteamiento del problema .....	18
1.3.1. Justificación .....	18
1.4. Objetivos de la investigación .....	19
1.4.1. Objetivo General .....	19
1.4.2. Objetivos Específicos .....	19
1.5. Hipótesis .....	20
1.6. Metodología .....	20

### CAPÍTULO 2

#### MARCO TEÓRICO

2.1. Introducción a las telecomunicaciones .....	21
2.2. Breve historia de las comunicaciones móviles .....	22
2.3. Evolución de las comunicaciones móviles .....	23
2.3.1. 1G Primera Generación (First Generation) .....	24
2.3.2. 2G Segunda Generación (Second Generation) .....	25
2.3.3. 3G Tercera Generación (Third Generation) .....	27
2.4. Introducción a redes 4G Cuarta Generación (Fourth Generation) .....	28
2.5. Características de LTE .....	30
2.6. Arquitectura de una red LTE .....	31
2.6.1. Servicios .....	33
2.6.2. Evolved Packet Core (EPC) .....	33



2.6.3.	Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN).....	36
2.6.4.	User Equipment (UE) .....	37
2.7.	Interfaces .....	37
2.7.1.	Interfaz LTE Uu (UE – eNodeB).....	37
2.7.2.	Interfaz S1 (eNodeB – EPC).....	38
2.7.3.	Interfaz X2 .....	39
2.8.	Sistemas de antenas en LTE.....	39
2.8.1.	SISO (Single Input, Single Output) .....	40
2.8.2.	MISO (Multiple Input, Single Output) .....	40
2.8.3.	SIMO (Single Input, Multiple Output) .....	41
2.8.4.	MIMO (Multiple Input, Multiple Output) .....	41
2.9.	Entes reguladores de telecomunicaciones en Ecuador.....	42
2.10.	Migración a 4G .....	42
2.10.1.	LTE a nivel global.....	43
2.10.2.	LTE en América Latina.....	43
2.10.3.	LTE en Ecuador .....	45
2.11.	Variables de la investigación .....	48

### **CAPÍTULO 3**

#### **DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN**

3.1.	Impacto de LTE en Ecuador.....	49
3.2.	Causas y efectos debido a un alto grado de desfase tecnológico .....	53
3.3.	Importancia del desarrollo tecnológico en las telecomunicaciones .....	55
3.4.	Alternativas para la migración hacia LTE y su equipamiento .....	58
3.4.1.	Adopción del plan APT para la banda de 700 MHz .....	58
3.4.2.	Equipos que permitirán la migración hacia LTE .....	59

3.4.2.1.	Equipos Huawei .....	62
3.4.2.2.	Equipos Alcatel-Lucent.....	66
3.4.2.3.	Equipos Cisco .....	67
3.4.3.	Modernización de tecnología en radiobase FINANSUR de la operadora móvil CONECEL .....	68
3.4.3.1.	Visita Previa .....	68
3.4.3.2.	Etapas de modernización .....	76
<b>CAPÍTULO 4</b>		
<b>ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS</b>		
4.1.	Conclusiones .....	79
4.2.	Recomendaciones.....	81
<b>GLOSARIO .....</b>		<b>83</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>		<b>92</b>
<b>ANEXO 1: ENTREVISTA A UN EXPERTO EN MIGRACIÓN DE TECNOLOGÍAS EN TELECOMUNICACIONES .....</b>		<b>95</b>
<b>ANEXO 2: VALORES ECONÓMICOS REFERENCIADOS: INVERSIONES DE LAS OPERADORAS .....</b>		<b>97</b>
<b>ANEXO 3: MERCADO LTE GLOBAL.....</b>		<b>99</b>
<b>ANEXO 4: ECUADOR SIGUE DISMINUYENDO LA BRECHA DIGITAL.....</b>		<b>104</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

### **CAPÍTULO 2**

Tabla 2.1: Características Relevantes de Tecnologías 2G, 3G y 4G.....	29
Tabla 2.2: Especificaciones solicitadas por CONECEL para el despliegue de redes LTE .....	47
Tabla 2.3: Espectro radioeléctrico asignado a la operadora móvil CNT.....	48
Tabla 2.4: Definición de las variables de la investigación.....	48

### **CAPÍTULO 3**

Tabla 3.1: Causas y efectos del desfase tecnológico en Ecuador (Oportunidades perdidas).....	54
Tabla 3.2: Causas y efectos del desfase tecnológico en Ecuador (Telecomunicaciones).....	55
Tabla 3.3: Datos y características de proveedores de equipos EPC (Red Troncal) para LTE.....	60
Tabla 3.4: Soluciones para LTE.....	61
Tabla 3.5: Valores de VSWR registrados de la medición de líneas RF.....	70

### **ANEXOS**

Tabla Anx.1: Redes LTE implementadas en el periodo 2009-2013.....	99
Tabla Anx.2: Usuarios correspondientes a operadoras en el 2011.....	101
Tabla Anx.3: Global Information Technology Report (GITR) 2014.....	105

## ÍNDICE DE FIGURAS

### CAPÍTULO 2

Figura 2.1: Evolución de la Tecnología Celular.....	23
Figura 2.2: Diferencia entre OFDMA y SC-FDMA.....	31
Figura 2.3: Arquitectura de red Long Term Evolution.....	32
Figura 2.4: Elementos de la Entidad de Gestión de Movilidad (MME).....	34
Figura 2.5: Elementos de S-GW (Puerta de Enlace de Servicio).....	34
Figura 2.6: Elementos de P-GW (Puerta de Red de Paquetes de Datos).....	35
Figura 2.7: Elementos de PCRF (Función de Políticas y Reglas).....	36
Figura 2.8: Arquitectura de UE (Equipo de Usuario).....	37
Figura 2.9: Mecanismos de transferencia de información en la interfaz Uu....	38
Figura 2.10: Control de los servicios portadores radio y S1 a través de la interfaz S1-MME.....	39
Figura 2.11: Modelo de sistema SISO.....	40
Figura 2.12: Modelo de sistema MISO.....	41
Figura 2.13: Modelo de sistema SIMO.....	41
Figura 2.14: Modelo de sistema MIMO.....	41
Figura 2.15: Previsión de crecimiento móvil en Latino América.....	44
Figura 2.16: Distribución de redes LTE en América Latina.....	45
Figura 2.17: Distribución de las bandas del espectro radioeléctrico en Ecuador.....	46
Figura 2.18: Distribución de espectro radioeléctrico para redes LTE en Ecuador.....	46

### CAPÍTULO 3

Figura 3.1: Equipos EPC de Huawei.....	62
Figura 3.2: Equipos E-UTRAN de Huawei.....	63
Figura 3.3: eBBU530.....	64
Figura 3.4: RRU 3908.....	65
Figura 3.5: Equipos E-UTRAN de Huawei.....	66

Figura 3.6: Equipos EPC de Alcatel-Lucent.....	67
Figura 3.7: Equipos CISCO ASR 5000 de CISCO.....	68
Figura 3.8: Medición VSWR Sector X 850 MHz (principal).....	71
Figura 3.9: Medición VSWR Sector Y 850 MHz (principal).....	71
Figura 3.10: Medición VSWR Sector Z 850 MHz (principal).....	72
Figura 3.11: Medición VSWR Sector X 850 MHz (expansión).....	72
Figura 3.12: Medición VSWR Sector Y 850 MHz (expansión).....	73
Figura 3.13: Medición VSWR Sector Z 850 MHz (expansión).....	73
Figura 3.14: Bix Panel y Tarjeta de Alarmas.....	74
Figura 3.15: Atenuadores.....	74
Figura 3.16: Diplexers.....	75
Figura 3.17: Identificación de los sectores.....	75
Figura 3.18: Vista frontal de los nuevos equipos.....	76
Figura 3.19: Etiquetado de cables de datos de los nuevos equipos.....	76
Figura 3.20: Etiquetado de cables de dato de los nuevos equipos.....	77
Figura 3.21: Etiquetado de cables de tierra de los nuevos equipos.....	77
Figura 3.22: Instalación de ductos de cables.....	78

## **ANEXOS**

Figura Anx.1: Inversión total para despliegue de servicios móviles Ecuador..	97
Figura Anx.2: Lanzamiento de redes LTE comerciales.....	100
Figura Anx.3: Suscripciones móviles por tecnología, 2009-2018.....	101

## **RESUMEN**

El presente trabajo de investigación procura entregar al lector una síntesis de un análisis sobre la tecnología LTE, sus características, arquitectura, las interfaces que utiliza y equipos necesarios para su implementación.

Se presentan las causas y efectos que se producen debido al desfase tecnológico que sufren los países en proceso de desarrollo como lo es Ecuador, y cuál es el impacto de tener una brecha digital muy grande, de esa forma se identifica la importancia del desarrollo tecnológico en el área de las telecomunicaciones.

Se realizó una visita de campo en la ciudad de Guayaquil a la radiobase FINANSUR propiedad de la operadora móvil CONECEL para conocer cuáles son los procedimientos necesarios para la modernización de los equipos de tal manera que se pueda brindar nuevos servicios pero que también permitan la coexistencia de tecnologías.

## **ABSTRACT**

This research seeks to give the reader an overview of an analysis of the LTE technology, its features, architecture, interfaces it uses and equipment necessary for their implementation.

In this paper are presented the causes and effects that occur due to technological gap faced by countries in the process of development as it is the case of Ecuador, and what is the impact of having a very large digital gap, thus the importance of technological development is identified in the area of telecommunications.

It was performed a field visit in the city of Guayaquil to the base station FINANSUR owned by mobile operator CONECEL in order to know what are the procedures necessary for the modernization of equipment so in that way the operator can provide new services but also allow the coexistence of technologies.

## **CAPÍTULO 1**

### **EL PROBLEMA**

#### **1. Introducción**

Desde los albores de la historia, hemos considerado de vital importancia la evolución de las sociedades, esto implica hablar sobre la globalización, ya que constantemente escuchamos frases como “el cambio es inevitable” o “la reestructuración es necesaria”. Y aunque debatir sobre la globalización es muy común, no hay una definición exacta que sea ampliamente aceptada. Sin embargo podemos decir, que la globalización es un proceso que ha generado grandes efectos, especialmente alteraciones en diferentes aspectos tanto económicos, sociales, políticos e incluso ecológicos, que afectan en gran manera a los ciudadanos de los países en proceso de desarrollo. Uno de los aspectos fundamentales que ha incitado la globalización es la tecnología y esto por supuesto incluye a las telecomunicaciones.

El desarrollo tecnológico que se ha venido dando a través de los años han sido de manera general de beneficio para el ser humano; como son las modernas aplicaciones para la medicina, las telecomunicaciones, la automatización industrial, entre otros, que contribuyen al bienestar de la sociedad en general. Es esta una de las razones con mayor peso por la cual los gobiernos le han dado gran importancia a las telecomunicaciones, ya que estas además de ser un servicio de beneficio para el desarrollo de la comunidad, son también consideradas como un factor que brinda un grado de seguridad y soberanía.



De ahí que la globalización está íntimamente relacionada con el progreso tecnológico, es por esto que la modernización de los servicios que ofrecen las telecomunicaciones ha llegado a convertirse en un recurso necesario para que el desarrollo tecnológico de un país no sufra una brecha de manera que puedan ser competitivos a nivel mundial.

Ya que la globalización no solo ha sido estimulada por la integración económica sino también por el progreso tecnológico, el problema que enfrentan la mayoría de los países en proceso de desarrollo no es que el nivel de progreso de la globalización sea alto, sino más bien que sean excluidos de la misma, porque la globalización afecta al desarrollo de un país.

## **1.2. Antecedentes**

En un mundo donde la globalización es la que marca los niveles de desarrollo de cada país, el crear alianzas, tratados, pactos, en sí, estar conectados es lo que marca la diferencia. Algunos paradigmas esenciales se han roto debido a la globalización y si bien es cierto que la interacción mundial ha ido creciendo a causa de esta integración, es el avance y la creación de nuevas tecnologías lo que ha hecho que este proceso se acelere. Es por eso que hablar sobre globalización incluye también una vinculación tecnológica e informática y no solo la integración de las economías. De ahí que el conocimiento de las últimas tecnologías de punta significa estar conectados con el exterior e incluso adaptarse a los cambios que se dan a nivel mundial. La tecnología es comúnmente asociada con poder ya que como se suele decir, la necesidad es madre del invento y por ende del desarrollo tecnológico.

La brecha tecnológica o también conocida como el desfase tecnológico que sufren los países en proceso de desarrollo, se viene dando a través de los años, debido a la revolución tecnológica que se produce a nivel mundial.

### **1.3. Planteamiento del problema**

Para seguir direccionando y delimitando el tema de este proyecto de investigación se plantea la siguiente pregunta:

¿De qué manera influye la globalización de la necesidad de desarrollo tecnológico de la migración 3G a 4G en la modernización de los equipos de telecomunicaciones utilizados en radio bases por las operadoras móviles en el Ecuador actualmente?

#### **1.3.1. Justificación**

La globalización y el desarrollo tecnológico implican intercambio de información, por eso el estar a la vanguardia de los últimos descubrimientos tecnológicos que ayudan al progreso de un país es de mucha importancia para que este no sufra un desfase tecnológico de manera que pueda ser competitivo a nivel mundial.

El avance tecnológico en las telecomunicaciones ha permitido al ser humano tener nuevas y mejores formas de comunicación, sin embargo esto también produce que llegar a un acuerdo sea difícil debido a los intereses privados, a las ventajas y desventajas que ofrecen las tecnologías sobre otras.

La presente investigación constituye un análisis sobre el impacto que generan el cambio de tecnología en el Ecuador. Este trabajo de investigación surge precisamente para conocer el impacto de la migración 3G a 4G en la modernización de los equipos

de telecomunicaciones utilizados en radio bases por las operadoras móviles en el Ecuador actualmente.

#### **1.4. Objetivos de la investigación**

Los objetivos planteados para el desarrollo del presente trabajo se exponen en los siguientes puntos.

##### **1.4.1. Objetivo General**

Analizar el impacto de la migración de tecnologías 3G a 4G, en la modernización de los equipos de telecomunicaciones de operadoras móviles, realizando un estudio de campo y mediciones de parámetros de señal para los cambios de equipamiento en radio bases de la operadora móvil CONECEL en la ciudad de Guayaquil.

##### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- Conocer el impacto que se produce en los usuarios de servicios de telefonía móvil por el cambio de tecnologías mediante una entrevista a un experto en migración de tecnología de telefonía móvil.
- Determinar las causas que hacen que en una sociedad se presente un alto grado de desfase de desarrollo tecnológico en la telefonía móvil celular.
- Identificar la importancia del desarrollo tecnológico en el área de la telecomunicación móvil celular en el Ecuador.
- Proyectar los cambios del equipamiento de una radio base de la operadora CONECEL en la ciudad de Guayaquil.

### **1.5. Hipótesis**

La hipótesis que se plantea en este proyecto de investigación es que es el avance tecnológico trae consigo beneficios, para aquellos que pueden acceder a las nuevas tecnologías, pero también desventajas para aquellos países en proceso de desarrollo que por diferentes razones no pueden ir a la par del progreso global. Por esto es de vital importancia que Ecuador no se quede relegado en el desarrollo tecnológico y sufra lo que se conoce como brecha digital, ya que su efecto serian impactos a nivel social, económico, político e incluso ambiental.

### **1.6. Metodología**

La presente investigación de carácter académico de este proyecto busca emplear los diversos tipos de estudio aplicables a los trabajos investigativos de orden académico tanto teóricos como empíricos. El empleo de métodos empíricos, cuyo fundamento se basa en la percepción directa del objeto de investigación y del problema, es conveniente señalar que también incluirá el método científico el cual se persigue en este trabajo.

## CAPÍTULO 2

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Introducción a las telecomunicaciones

El intercambio de información es esencial para la vida social del ser humano por eso a este proceso se lo conoce como comunicación. Ya que la forma natural de comunicación humana es muy limitada debido a condiciones físicas y fisiológicas, se ha ido buscando a través de los años mejorar la comunicación, logrando así la creación de las telecomunicaciones. Por lo tanto, la historia del desarrollo de las telecomunicaciones es de interés no solo técnico sino también de importancia general.

Las telecomunicaciones eliminan fronteras ya que es una tecnología que reduce distancias entre continentes, países e incluso personas. Por muchos años, los mensajes eran transportados por mensajeros ya sea que iban caminando, en caballo o en barco, luego por medio de señales preestablecidas, se recibían mensajes de confirmación ya sea por medio de fuego, humo incluso hasta sonidos. Pero son por los avances en la tecnología que las telecomunicaciones reducen el tiempo que se requiere para transportar mensajes, acelera las transacciones de negocios y mejora las relaciones humanas.

La etimología de la palabra comunicación se deriva del latín *communicare*, que significa el proceso social de intercambio de información, que cubre la necesidad humana de contacto directo y la comprensión mutua. De esa manera la palabra telecomunicación, añade al significado anterior la palabra *tele* que significa distancia,

por lo que muchos definen a las telecomunicaciones como un intercambio de información a través de señales eléctricas.

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) reconoció oficialmente el término de las telecomunicaciones en 1932 y lo definió como cualquier telégrafo o el teléfono de comunicación.

La industria de las telecomunicaciones está experimentando rápidos cambios en la estructura tecnológica y de mercado, por lo que esta industria no es ni de apuestas simples ni estables y a esto se le suma que la economía tiene sacudidas fuertes.

Durante dos siglos, las telecomunicaciones experimentaron un progreso tremendo, especialmente en los últimos 100 años, con la aplicación de la electrónica, transistores, microprocesadores, satélites, las telecomunicaciones se convirtieron en la tecnología decisiva para el desarrollo humano global. Hoy las telecomunicaciones gobiernan casi todos los dominios económicos, sociales y científicos de la vida cada vez con mayor intensidad.

## **2.2. Breve historia de las comunicaciones móviles**

La historia de las comunicaciones móviles se inició con diferentes trabajos de investigación, las necesidades de comunicación en la primera y segunda guerra mundial aceleraron el inicio de radio celular, especialmente en términos de utilización de frecuencias cada vez más altas.

La telefonía celular surge por la limitación del ancho de banda que disponen los servicios de telefonía móvil, el cual está dado por organismos internacionales y de

control de los mismos países, por las concesiones otorgadas por la administración a los operadores (Fernández, 2010).

Las comunicaciones móviles se amplían cada vez más hacia tecnologías diversas que incluyen servicios inalámbricos de alta eficiencia. (Superintendencia de Telecomunicaciones, 2012).

### 2.3. Evolución de las comunicaciones móviles

Los primeros sistemas comerciales eran simples, y se requirió la presencia del operador para conectar las llamadas. En el caso de llamadas desde móviles, el cliente tenía que buscar un canal libre manualmente. Laboratorios Bell fueron los primeros en introducir el concepto celular como se lo conoce hoy en día. Ellos demostraron como el sistema celular podía ser diseñado, en diciembre de 1971.



Figura 2.1: *Evolución de la Tecnología Celular*  
Fuente: (Superintendencia de Telecomunicaciones, 2012)

### **2.3.1. 1G Primera Generación (First Generation)**

Los sistemas de comunicaciones móviles de la primera generación también llamada 1G, tenían de forma distintiva el poder realizar transmisiones de manera analógica pero sin llegar aún a desarrollar las transmisiones de voz en mejor calidad, que se lograrían en la siguiente generación. La técnica de Acceso Múltiple por División de frecuencia o FDMA, por sus siglas en inglés, se caracterizaba por un limitado número de usuarios a los que se les podía brindar servicio, con un menos desarrollado sistema de seguridad.

El primer sistema celular en el mundo entro en funcionamiento en Tokio, Japón, en 1979. La red fue operada por NTT, conocida también como un fuerte controlador para sistema celular utilizaba 600 canales dúplex en la banda de 800 MHz con una separación de canales de 25 kHz. En 1981, 2 años después del primer sistema celular en Japón, la era celular también llegó a Europa. Nordic Mobile Telephone comenzó a operar en la banda de 450 MHz en los países escandinavos. Así, al final de la década de 1980 Europa estaba equipado con varios sistemas celulares diferentes que no pudieron inter-operar. Para entonces ya era evidente que los sistemas celulares de primera generación fueron quedando obsoletos, ya que la tecnología de circuitos integrados había hecho las comunicaciones digitales no sólo prácticas, sino también más económica que la tecnología analógica.

Los laboratorios norteamericanos Bell, reconocidos por su alta inversión en investigación, innovaron a la tecnología AMPS (Advanced Mobile Phone System), que luego fue replicada en países de Europa y Asia.



### **2.3.2. 2G Segunda Generación (Second Generation)**

A principios de 1990 la segunda generación (2G) de sistemas celulares digital comenzó a ser desplegada en todo el mundo. Europa abrió la marcha mediante la introducción del Sistema Global para comunicaciones Móviles (GSM).

Los sistemas móviles de segunda generación, tenían características muy particulares, en especial la implementación de transmisión de voz y datos, aunque en volúmenes bajos; sin embargo, este cambio redujo el tamaño de los equipos, disminuyó los costos operativos, agregó servicios que trajeron una complementariedad más diversa a la telefonía, como los SMS o mensajes cortos de texto, los MMS o mensajes multimedia, identificador de llamadas mediante una pantalla, conferencia tripartita, entre otros servicios. (Superintendencia de Telecomunicaciones, 2012).

La segunda generación (2G) de sistemas de comunicaciones móviles ha permitido que el tráfico de voz sea inalámbrico. Sin embargo, aún más importante, ha sido la estandarización de la compatibilidad que simplemente no estaba a disposición de los equipos de telecomunicaciones de la generación analógica anterior.

Una de las necesidades de mejoría en los servicio de telefonía y que constituía un gran avance lo era la velocidad de respuesta de los equipos, esto fue posible mejorar con la segunda generación; pero también se logró mejorar la seguridad, una calidad de voz más depurada y las intercomunicaciones internacionales. (Superintendencia de Telecomunicaciones, 2012)

Los principales sistemas de la telefonía móvil 2G son:

- TDMA: Acceso múltiple por división de tiempo, es conocida como una técnica que permite entre otros aspectos, la transmisión de señales digitales con la intención de ocupar el espectro de un canal de transmisión mediante fuentes diversas, logrando así un mejor y mayor aprovechamiento del medio de transmisión.
- CDMA: Acceso múltiple por división de código, se basa en cambio en una técnica cuyo espectro se considera ensanchado, dado que permite retransmitir una señal de radio por medio de un amplio rango de frecuencias.
- GSM: Sistema global para las comunicaciones móviles, fue desarrollado en 1982, aunque fue en la década del 90 en la que las primeras redes europeas de GSM-900 vieron su utilidad. Ya para el año 1992 se había introducido en el mercado los primeros equipos celulares GSM. El fabricante Nokia, puso su modelo 1011 para noviembre de ese mismo año; para ello, utilizó un ancho de banda de 900 MHz y de 1800 MHz, para el mercado europeo, en tanto que en el mercado anglosajón utilizó 1900 MHz.

En las redes 2G se realizaron mejoras tecnológicas, HSCSD mejora el mecanismo de transmisión de datos. GPRS transmisión por paquetes se puede utilizar servicios WAP. EDGE es una evolución de GPRS cuyas siglas significan “Servicio general de paquetes de radio” (Superintendencia de Telecomunicaciones, 2012). A estos avances se los conoce como 2.5G ya que debido a sus características no se los puede considerar como 3G.

### **2.3.3. 3G Tercera Generación (Third Generation)**

El sistema de tercera generación (3G), conocido como el Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles (UMTS) presenta velocidades de datos muy variables en la interfaz de aire, así como la independencia de la infraestructura de acceso al radio y la plataforma de servicio.

Cada generación tecnológica posee una gama de mejoras tanto para el usuario como a nivel técnico, UMTS o 3G no es la diferencia, entre las más notorias se encuentran el soporte de equipos de varias generaciones tecnológicas, aunque esto no sea un beneficio directo para el usuario, si reduce en gran manera el tiempo de implementación de la nueva tecnología en el mercado para los operadores móviles.

De forma directa, se pueden enumerar como beneficios para el usuario una conectividad a la red más expedita, un ancho de banda asimétrico en el enlace ascendente y descendente; esto permite diferenciar la velocidad de transmisión y recepción de datos sin desmejorar su calidad, aprovechando el tiempo del usuario de forma más eficiente, como también la calidad de servicio (QoS), entre las más significativas.

Estas redes de tercera generación (3G) fueron desarrolladas mediante la integración de las características de las telecomunicaciones y de Protocolo de Internet (IP). Las redes basadas en IP inicialmente diseñadas para apoyar la comunicación de datos, han comenzado a transportar tráfico de streaming como la voz/sonido, aunque con una calidad de voz limitada y retrasos que son difíciles de controlar.

La nueva generación de comunicaciones móviles es revolucionaria no sólo en términos de motivación de radio para UMTS. Los requisitos también provienen de las demandas del cliente, nuevas visiones de negocio y nuevas prioridades en la vida.

A pesar de que los sistemas de comunicaciones móviles de tercera generación apenas han tenido tiempo de desarrollar, la industria ya ha comenzado a mirar más allá de estos. La capacidad que ofrece 3G actualmente, se considera que es sustancialmente menor que los requisitos y aplicaciones futuras previstas. Además, los sistemas futuros deben ser mucho más económicos para los consumidores.

En un esfuerzo por evadir las estrategias inalámbricas de 3G que son costosas e ineficaces, muchas operadoras de servicios inalámbricos ya previenen el despliegue a los sistemas de cuarta generación (4G). Muchos operadores móviles alrededor del mundo, expertos en la industria de las telecomunicaciones y los investigadores tienen ya diversas visiones de potenciales características 4G, sus implementaciones y aplicaciones.

#### **2.4. Introducción a redes 4G Cuarta Generación (Fourth Generation)**

Para el consumidor promedio, 3G y 4G son dos de los términos más misteriosos en el diccionario de la tecnología móvil, sin embargo se usan sin descanso para vender teléfonos y tablets.

La G representa una generación de la tecnología móvil, instalada en móviles y en las redes celulares. Cada G por lo general requiere que el usuario obtenga un nuevo teléfono, y en el caso de las operadoras móviles requiere hacer costosas actualizaciones en sus redes. Las nuevas generaciones traen nuevas tecnologías de base, más capacidad

de la red de más datos por usuario, y también el potencial para una mejor calidad de VOZ.

La captación global de la tecnología entre los consumidores y las empresas se está acelerando, lo que indica un crecimiento continuo del tráfico de redes móviles de alta velocidad en todo el mundo. Con el fin de satisfacer las continuas demandas de crecimiento de tráfico, se ha desarrollado un nuevo estándar para la evolución de la tecnología 3G hacia un sistema de paquetes optimizado denominado Evolución a Largo Plazo por sus siglas en inglés (LTE, Long Term Evolution).

La tecnología 4G se basará en un ambiente completamente IP, eliminando cableados, redes, configuraciones técnicas manuales, alcanzando velocidades de 100 Mbps en movimiento y 1 Gbps en reposo.

Tabla 2.1: Características Relevantes de Tecnologías 2G, 3G y 4G

	TECNOLOGÍA	ANCHO DE BANDA	VELOCIDAD PICO DE SUBIDA UL	VELOCIDAD PICO DE BAJADA DL	BANDA DE FRECUENCIAS (MHz)
2G	GSM/GPRS/EDGE	200 kHz	56 Kbps 118 Kbps	114 Kbps 236 Kbps	900/1800
	WCDMA	5 MHz	384 Kbps	384 Kbps (2 Mbps)	900/1800/2100/2600
3G	HSPTA	5 MHz	5.7 Mbps	14 Mbps	DD/900/2100/2600
	HSPA +	5 MHz	11.5 Mbps	aproximadamente 28 Mbps (42 Mbps)	DD/900/2100/2600
	LTE (release 8) 2 x2 mimo	variable sobre los 20 MHz	aproximadamente 75 Mbps	aproximadamente 150 Mbps a 20 MHz	DD/900/1800/2100/2600
	WiMax IEEE 802.16e	10 MHz	70 Mbps	70 Mbps 134 Mbps	2600/3500
4G	LTE-Advanced*	variable sobre los 100 MHz	mayor a 500 Mbps	mayor a Gbps	IMT
	"IMT-Advanced"	variable sobre los 100 MHz	270 Mbps 675 Mbps	600 Mbps 1.5 Gbps	IMT

Fuente: (Superintendencia de Telecomunicaciones, 2014)

## 2.5. Características de LTE

Para la mayoría, LTE es una tecnología de red más rápida. Para los operadores de redes de todo el mundo, es una manera de simplificar sus infraestructuras para reducir los costos y mejorar la calidad de sus ofertas a los suscriptores. Los anuncios de los operadores de redes lo declaran como la "más avanzada" tecnología de red. Al final, se trata de Evolución a Largo Plazo del Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles (UMTS). Algunas de las características más relevantes son las siguientes:

- LTE no está basado en WCDMA al igual que UMTS, el método de acceso designado es OFDMA en el downlink y en el uplink el método de acceso usado es SC-FDMA, lo que proporciona ortogonalidad entre los usuarios, mejorando la capacidad de la red y reduciendo la interferencia.
- OFDM: Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales, es una técnica de modulación que consiste en enviar varias ondas portadoras simultáneamente en frecuencias distintas, espaciadas de tal forma que no causan interferencia unas en otras.
- SC-FDMA: Acceso Múltiple por División de Frecuencias de Portadora Simple, es una técnica usada para el enlace ascendente lo que facilita reducir el consumo de energía y la utilización de amplificadores de menor costo en los equipos móviles usados por el usuario final.

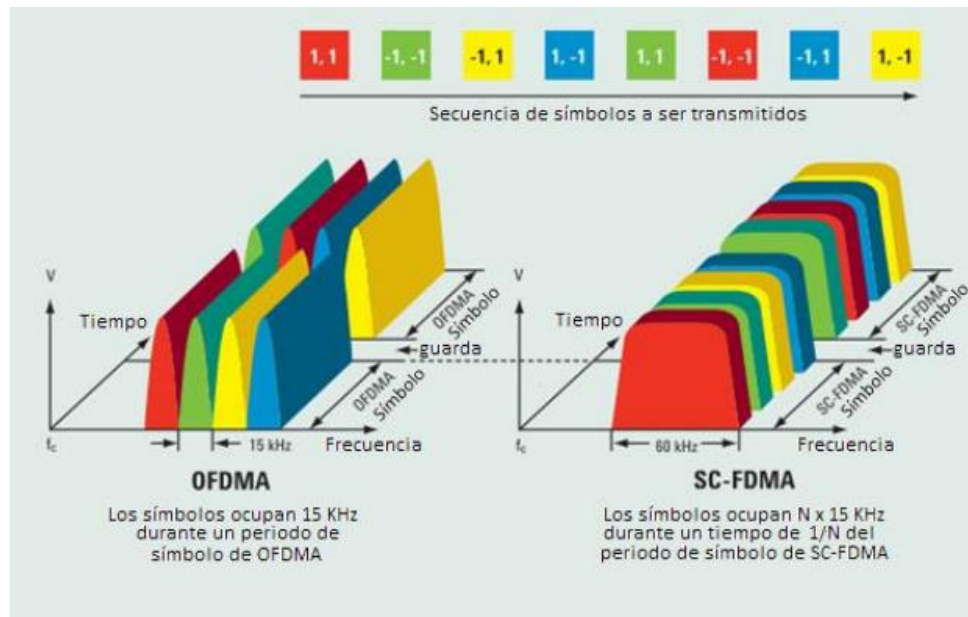


Figura 2.2: Comparación entre las técnicas OFDMA y SC-FDMA  
Fuente: Unión Internacional de Telecomunicaciones

- El sistema que utiliza la red LTE tiene dos modos en los cuales puede operar que son: Frequency Division Duplex (FDD) y Time Division Duplex (TDD).
- Soporta varios esquemas de modulación y corrección de errores.
- Soporte de ancho de banda variable.
- Tasa de datos de 100 Mbps en un espectro de 20 MHz para la capacidad del enlace descendente y de 50 Mbps para el enlace ascendente.
- Reducción de latencia a 10ms.

## 2.6. Arquitectura de una red LTE

La arquitectura es lo que hace posible la comunicación entre una estación base y un terminal móvil, y está conformado por un conjunto de nodos e interfaces que se interconectan con las tecnologías adecuadas con el objetivo de soportar el tráfico de conmutación de paquetes y más servicios que satisfacen los requerimientos de red.

Para implementar LTE se requiere de una arquitectura de red plana y simplificada, que es distinguida como Sistema de Paquetes Evolucionado (Evolved Packet System, EPS). Este sistema se compone fundamentalmente, como se puede observar en la figura 2.3, por los UE (User equipment, Equipos de Usuario), la red de acceso E-UTRAN (Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network) y la red troncal de Núcleo de Paquetes Evolucionado (Evolved Packet Core, EPC). Para poder garantizar una alta conectividad, se los asocia a estos últimos como los representantes de la capa de conexión IP.

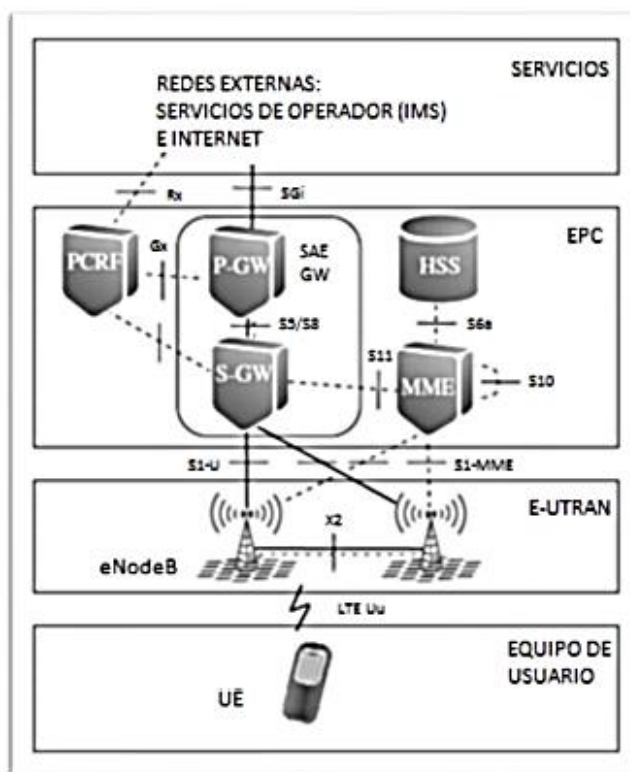


Figura 2.3: Arquitectura de red Long Term Evolution  
Fuente: (Guevara & Vasquez, 2013)

La implementación de un único nodo mucho más complicado que el NodoB de UMTS, llamado evolved NodeB (eNodeB), fue el resultado de la arquitectura de este sistema que está orientado a minimizar el número de nodos en la E-UTRAN. La



gestión de recursos radio y la conexión de los terminales móviles de una celda a otra son sus principales funciones.

### **2.6.1. Servicios**

Con esta arquitectura plana, LTE permite a las operadoras de servicios móviles ofrecer al usuario, un nuevo conjunto de servicios. Ya que proporciona una serie de características a las operadoras de servicios móviles con el fin de apoyar el aprovisionamiento, supervisión, control y cobro de estos servicios. Los servicios que LTE permite son:

- Servicios de datos
- Servicios de conmutación de circuitos

### **2.6.2. Evolved Packet Core (EPC)**

EPC está basado en protocolos TCP/IP, lo cual permite la interconexión entre redes fijas e inalámbricas. La arquitectura EPC se guía por el principio de separación lógica de la señalización y las redes de transporte de datos, está formada principalmente por las siguientes entidades (Munoz, Lara, & Leon):

- MME (*Mobility Management Entity*, Entidad de Gestión de Movilidad) es la unidad encargada de gestionar el acceso a los equipos de usuario (User Equipment, UE) por medio de la red de acceso E-UTRAN principalmente maneja el plano de control. (Guevara & Vasquez, 2013) Las funciones de la MME son: autenticación, movilidad, manejo y gestión de suscripción y servicio de conectividad.



Figura 2.4: Elementos de la Entidad de Gestión de Movilidad (MME)  
Fuente: (Guevara & Vasquez, 2013)

- S-GW (*System Architecture Evolution Gateway*, Puerta de Enlace de Servicio) es el punto donde se conectan el usuario y la red. Esta puerta de enlace asegura la movilidad local cuando existe *handover* entre eNodeBs, sin dejar de lado la seguridad de movilidad entre Long Term Evolution y otras tecnologías creadas por 3GPP. (Guevara & Vasquez, 2013)

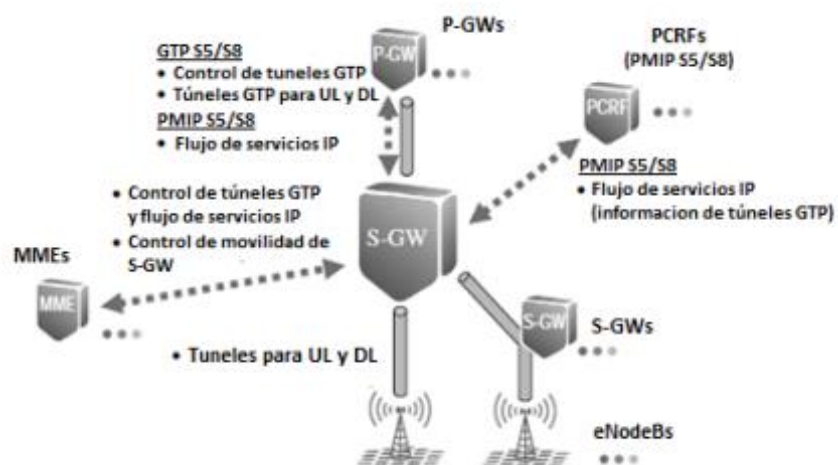


Figura 2.5: Elementos de S-GW (Puerta de Enlace de Servicio)  
Fuente: (Guevara & Vasquez, 2013)

- P-GW (*Packet Data Network Gateway*, Puerta de Red de Paquetes de Datos) es el punto de interconexión a redes IP externas. Establece a cada uno de los servicios de tráfico de datos que utiliza el usuario, no solo el costo sino también la tarifa que debe cancelar.



Figura 2.6: Elementos de P-GW (Puerta de Red de Paquetes de Datos)  
Fuente: (Guevara & Vasquez, 2013)

- PCRF (por sus siglas en inglés, *Policy and Charging Rules Function*, que significa en español, Función de Políticas y Reglas de Carga) es el encargado de gestionar y provisionar las políticas de calidad de servicio y tarificación a aplicar al tráfico de usuario.



Figura 2.7: Elementos de PCRF (Función de Políticas y Reglas)  
Fuente: (Guevara & Vasquez, 2013)

- ePDG (*Evolved Packet Data Gateway*) constituye un pasaje seguro entre la transmisión de datos y el equipo terminal móvil del usuario.
- HSS (*Home Subscriber Server*, Servidor de suscripción local) contiene la información de registro de usuario y mantiene actualizada la base de datos (Munoz, Lara, & Leon).

### 2.6.3. Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN)

Está constituida por un eNodeB (Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network Base Stations) donde los equipos de usuario (User Equipment, UE) se comunican con el eNB y los eNBs se comunican entre sí y con el EPC. (Munoz, Lara, & Leon)

#### 2.6.4. User Equipment (UE)

Son terminales como por ejemplo teléfono, módems, etc., que le permiten al usuario la posibilidad de conectarse y comunicarse con la red LTE. Están constituidos por dos elementos: el Módulo de Identificación Universal del Suscriptor (Universal Subscriber Identity Mobile, USIM) y el equipo móvil. (Guevara & Vasquez, 2013)

Normalmente se trata de un dispositivo portátil como un smartphone, Tablet, laptop, entre otros. Se conoce como LTE Uu a la interfaz que comunica a los equipos de usuario con la red, que es una interfaz de radio.

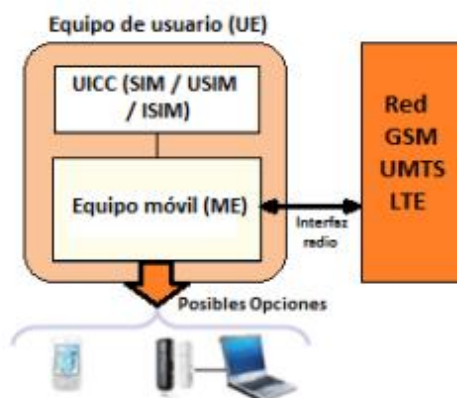


Figura 2.8: Arquitectura de UE (Equipo de Usuario)  
Fuente: (Guevara & Vasquez, 2013)

### 2.7. Interfaces

#### 2.7.1. Interfaz LTE Uu (UE – eNodeB)

Esta interfaz permite la transferencia de información por el canal de radio entre el eNodeB y los UE. También conocida como interfaz de radio o interfaz de aire. La interfaz de radio soporta básicamente tres tipos de mecanismos de transferencia de la información en el canal de radio. (Meza & Santin, 2014)

- Difusión de señalización de control
- Envío de paquetes IP
- Transferencia de señalización de control dedicada entre el eNodeB y un UE



Figura 2.9: *Mecanismos de transferencia de información en la interfaz Uu*  
Fuente: (Meza & Santin, 2014)

### 2.7.2. Interfaz S1 (eNodeB – EPC)

Esta interfaz permite conectar el eNodeB con la red troncal EPC. Esta a su vez está compuesta por dos interfaces diferentes: S1-MME para sustentar el plano de control y S1-U como soporte del plano de usuario. (Meza & Santin, 2014)

- S1-MME: Esta interfaz es la que permite al eNodeB comunicarse con una entidad de la red troncal EPC, solo para sustentar funciones relacionadas al plano de control.
- S1-U: Esta interfaz es la que permite al eNodeB comunicarse con otra entidad de la red troncal EPC, para procesar funciones del plano de usuario, también se la conoce como S-GW.



Figura 2.10: Control de los servicios portadores radio y S1 a través de la interfaz S1-MME  
Fuente: (Meza & Santin, 2014)

### 2.7.3. Interfaz X2

Esta interfaz facilita el transporte de información entre los eNodeBs, sin dejar a un lado la transferencia de paquetes de usuario, intercambio tanto de mensajes de señalización para reducir interferencias entre eNodeBs, y también la información requerida para realizar un handover, como tráfico de los usuarios del sistema cuando estos se desplazan de un eNodeB a otro. (Guevara & Vasquez, 2013)

## 2.8. Sistemas de antenas en LTE

Uno de las técnicas que utiliza LTE se denomina MIMO (Multiple Input Multiple Output) de tal forma que se beneficia de la propagación multi-trayecto teniendo como resultados un aumento en la tasa de transferencia de datos, minimizar errores y un mayor alcance. El principio consiste en utilizar varias antenas en transmisión y/o recepción para mejorar la robustez de la señal y en consecuencia la capacidad o cobertura. (Meza & Santin, 2014)

Este esquema de antenas que utiliza LTE está basado en un circuito cerrado de 2x2, lo que significa que puede incrementar la eficiencia espectral en el enlace de bajada un 20%, en comparación a la transmisión si se usa una sola antena.

### 2.8.1. SISO (Single Input, Single Output)

Es el sistema más simple y modo de acceso más básico, ya que solo se usa una antena para la transmisión y otra antena para la recepción. Esta es la base sobre la cual todas las múltiples técnicas de antenas se comparan pero esto hace también que sea vulnerable a los problemas originados por los efectos mutitrayecto.

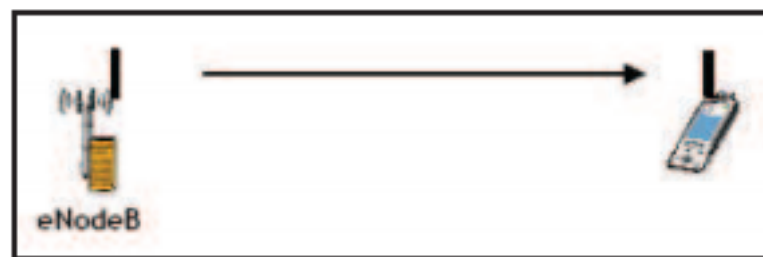


Figura 2.11: *Modelo de sistema SISO*  
Fuente: (Meza & Santin, 2014)

### 2.8.2. MISO (Multiple Input, Single Output)

Este sistema utiliza una antena para la transmisión y dos o más antenas para la recepción. Los datos enviados son los mismos para las  $n$  antenas receptoras pero son enviados codificados de manera que el receptor pueda identificar cada transmisor.



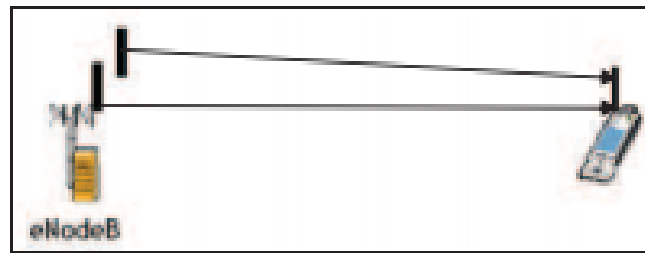


Figura 2.12: *Modelo de sistema MISO*  
Fuente: (Meza & Santin, 2014)

### 2.8.3. SIMO (Single Input, Multiple Output)

Este sistema utiliza una antena para transmisión y dos o más antenas para recepción.

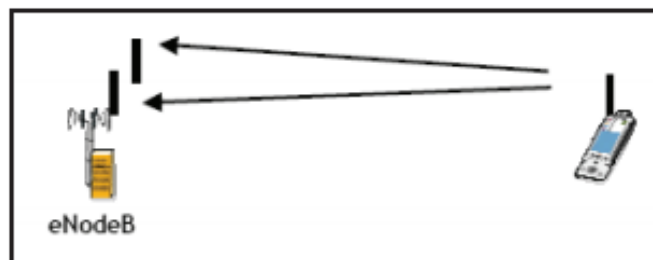


Figura 2.13: *Modelo de sistema SIMO*  
Fuente: (Meza & Santin, 2014)

### 2.8.4. MIMO (Multiple Input, Multiple Output)

En este sistema se utilizan varias antenas para la transmisión y varias antenas para la recepción.

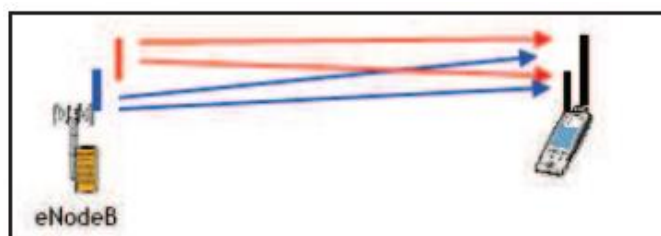


Figura 2.14: *Modelo de sistema MIMO*  
Fuente: (Meza & Santin, 2014)

## **2.9. Entes reguladores de telecomunicaciones en Ecuador**

Para que una tecnología sea implementada en el Ecuador a más de tomar en cuenta los aspectos tecnológicos, es necesario considerar el marco regulatorio para poder ser implementada. (Chimbo, 2012)

El Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información, conocido como MINTEL, se encarga del adelanto de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs) en el Ecuador, emite políticas, garantiza el uso efectivo, eficaz y eficiente, asegura el acceso igualitario a los servicios. (Chimbo, 2012)

En el Ecuador las entidades regulatorias están organizadas desde la cabeza que lo conforma el MINTEL, de aquí parten los órganos de regulación y control: CONATEL (Consejo nacional de Telecomunicaciones), SENATEL (Secretaria Nacional de Telecomunicaciones), y adicional contamos con la SUPERTEL que es el ente autónomo encargado del control de las telecomunicaciones del país (Superintendencia de Telecomunicaciones).

## **2.10. Migración a 4G**

Actualmente se menciona que la convergencia es inevitable para ser competitivo, que la 4G es el futuro de la telefonía móvil. La adopción de tecnologías IP en distintos sectores de la economía como las telecomunicaciones, los medios de difusión y los sistemas de información fortalecen la convergencia de estos medios. Se espera que en el futuro, las actuales fronteras entre las redes entre las distintas infraestructuras de servicios vayan desapareciendo. (Chimbo, 2012)

Las ventas de smartphones, tablets y el aumento masivo de visualización de videos por internet, han generado que el tráfico de datos móviles aumente cada día de manera agresiva. La mayoría de las operadoras de telefonía móvil alrededor del mundo han adoptado LTE como la próxima tecnología. (Bravo & Nauta, 2013)

Hay dos conceptos fundamentales en los que se sustenta el éxito de las redes de telefonía de 4G: el modelo de banda ancha móvil y la convergencia de redes. La primera se basa en el éxito de su homóloga en las redes fijas. La convergencia de redes tiene tres directrices: convergencia hacia la tecnología IP, integración de diferentes redes y convergencia de capa de servicios. (Chimbo, 2012)

#### **2.10.1. LTE a nivel global**

Según la 4G Américas 150 operadores de todo el mundo ya han lanzado servicios LTE comerciales en 57 países, 50 de ellos durante los últimos 5 meses. El despliegue de redes LTE en el 2013 fue el siguiente: (Bravo & Nauta, 2013)

- 150 redes LTE comerciales
- Casi 450 compromisos totales con despliegues LTE de parte de operadores
- 63 millones de conexiones LTE al termino del 2012
- Una predicción de 134 millones de conexiones LTE para el 2013

#### **2.10.2. LTE en América Latina**

Se esperaba que para finales del año 2012 sean 15 redes comerciales Long Term Evolution con aproximadamente 650 mil abonados en América latina; aunque actualmente en la región existen 13 redes comerciales LTE que proporcionan servicios

4G para dispositivos que demanden altas velocidades de conexión como lo son los celulares, computadoras, tablets. (Guevara & Vasquez, 2013)

- 13 redes LTE Bolivia, Brasil, Colombia, República Dominicana, México, Paraguay, Puerto Rico y Uruguay.
- 93 mil conexiones LTE al termino del 2012
- Previsión de 2 millones de conexiones LTE al termino del 2013

Operadoras en Latino América como AT&T (Puerto Rico), Claro (Puerto Rico, Brasil), Antel (Uruguay), UNE-EPM Telecomunicaciones (Colombia), Orange (República Dominicana), Telcel (México), Entel (Chile, Bolivia), Vox (Paraguay), tienen implementadas redes LTE. En el caso de Ecuador el CONATEL, adjudico 70MHz de espectro radioeléctrico a la CNT en las bandas de 700 MHz y 1.7/2.1 GHz para la implementación de LTE. (Bravo & Nauta, 2013)



Figura 2.15: Previsión de crecimiento móvil en Latino América  
Fuente: (Chimbo, 2012)



Figura 2.16: Distribución de redes LTE en América Latina  
Fuente: (Chimbo, 2012)

### 2.10.3. LTE en Ecuador

Las bandas de frecuencia que utiliza Ecuador para telefonía móvil son 800 MHz y 1900 MHz, esta distribuidas entre las operadoras vigentes en el país de la siguiente manera: CONECEL brinda servicio en la Banda A de 800 MHz y en la Banda E de 1900 MHz, OTECEL proporciona servicio en la banda B de 800 MHz y D de 1900 MHz, y finalmente CNT opera en las Bandas F y C de 1900 MHz, como se puede observar en la figura 2.17. (Guevara & Vasquez, 2013)

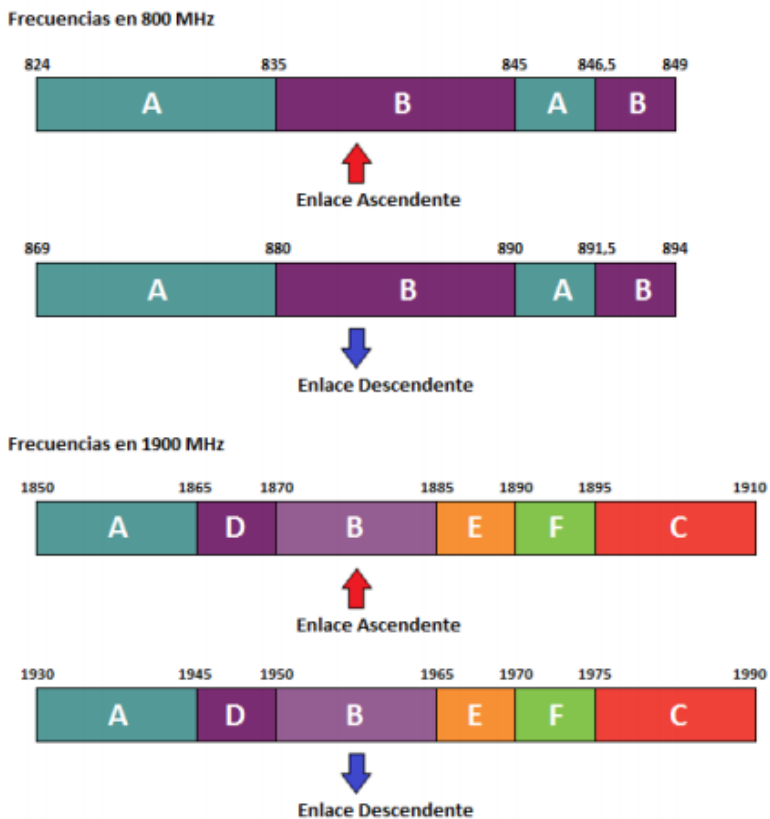


Figura 2.17: Distribución de las bandas del espectro radioeléctrico en Ecuador  
Fuente: SENATEL

Para LTE 4G se designaron las bandas de frecuencia como se puede observar en la figura 2.18. (Guevara & Vasquez, 2013)

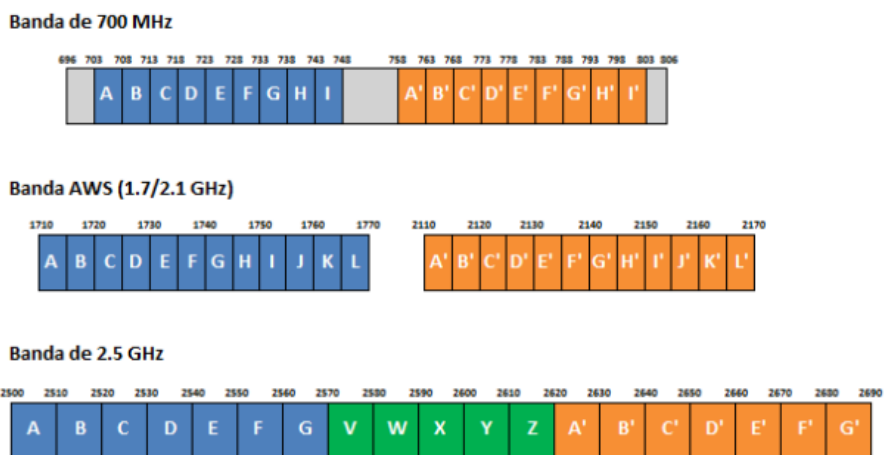


Figura 2.18: Distribución de espectro radioeléctrico para redes LTE en Ecuador  
Fuente: SENATEL

Las operadoras de telefonía móvil CLARO y MOVISTAR ya para el 2011 habían solicitado la concesión del espectro para poder implementar y desplegar redes LTE. La tecnología a utilizar que seleccionó CONECEL es LTE-FDD y solicitó la concesión del espectro en tres alternativas como se muestra en la tabla 2.2. (Guevara & Vasquez, 2013)

Tabla 2.2: Especificaciones solicitadas por CONECEL para el despliegue de redes LTE

Banda de frecuencia	Número de portadoras	Ancho de banda por portadora	Separación duplex
1.7 GHz (AWS)	1	40 MHz	400 MHz
2.6 GHz	1	40 MHz	120 MHz
700 MHz	1	30 MHz	30 MHz

Fuente: SENATEL

La operadora OTECEL, solicitó la concesión de dos bloques de 30 MHz (15 MHz + 15 MHz) en cualquiera de las bandas disponibles, esto quiere decir, 700 MHz, 1700 MHz, 1900 MHz o 2100 MHz.

En el 2012, CNT solicitó la concesión del espectro de 20 MHz + 20 MHz en la banda de 700 MHz, y más tarde solicitó la concesión de otros 20 MHz + 20 MHz en la banda 1700 MHz. A mediados de diciembre del mismo año, CONATEL le concedió 70 MHz del espectro en las bandas 700 MHz y 1.7/2.1 GHz. (Guevara & Vasquez, 2013)

Tabla 2.3: Espectro radioeléctrico asignado a la operadora móvil CNT

Banda		Bloques asignados	Frecuencias correspondientes
700 MHz (Banda denominada Dividendo Digital)		G, H e I	733-748 (UL) 788-803 (DL)
1.7/2.1 GHz (Banda denominada AWS)		A, B, C y D	1710-1730 (UL) 2110-2130 (DL)

Fuente: SENATEL

## 2.11. Variables de la investigación

En el desarrollo de este trabajo de investigación se encontraron las variables que se mencionan a continuación.

Tabla 2.4: Definición de las variables de la investigación

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES
<b><u>Independiente:</u></b> El desfase tecnológico y las oportunidades perdidas	El desfase tecnológico es la diferencia de fases en las que se encuentran una sociedad en comparación a otra. Este se produce principalmente por tres razones: políticas, económicas e industriales.	El desfase tecnológico tiene consecuencias sobre la seguridad y defensa de una sociedad y limitaciones por las oportunidades perdidas.	Entes reguladores de las telecomunicaciones en Ecuador.
			Variedad de alternativas para el desarrollo tecnológico.
			Área educativa
<b><u>Dependiente:</u></b> Migración de tecnologías	Es el traslado de una tecnología a otra, por lo general a una de mayor nivel, más actualizada.	Es la necesidad de un cambio o traslado de una tecnología a otra, por ejemplo de 3G a 4G.	La historia de las telecomunicaciones.
			Las estadísticas disponibles de las aplicaciones tecnológicas.

Fuente: Autor



## CAPÍTULO 3

### DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN

#### 3.1. Impacto de LTE en Ecuador

Para conocer el impacto que produce el cambio de tecnologías de telecomunicaciones en Ecuador se realizó una entrevista a un experto en el tema, la se detalla a continuación.

##### I. Datos generales del entrevistado

**Nombres y Apellidos:** Milton Fernando Córdova Guamán

**Experiencia en años:** 5 a 10  11 a 15  16 a 20  más de 20

**Sexo:** Masculino  Femenino

**Instrucción:** Primaria  Secundaria  Universitaria  Postgrado

##### II. Preguntas sobre la migración de tecnologías Y LTE

#### 1. ¿Hay alguna innovación secreta por la que debamos de comenzar a emocionarnos?

Se viene 5G para el año 2020, en Corea del Sur ya están haciendo pruebas para las redes 5G se espera obtener descargas de aproximadamente 1 Gbps. En Japón se están haciendo pruebas que estiman llegarán a las 10 Gbps, el primer despliegue de la red 5G se espera realizarse en los países de la unión europea.

**2. ¿Cuáles considera que son los puntos fuertes en el sector de las telecomunicaciones en Ecuador y cuáles serían los puntos que necesitan atención urgente?**

Uno de los puntos fuertes es la gran acogida de todos los ecuatorianos que siempre están a la espera de llegada de nuevos adelantos tecnológicos conocidos ya en otros países del primer mundo.

Uno de los puntos débiles es la deficiente infraestructura que poseen las concesionarias de telecomunicaciones en el Ecuador, lo cual hace que las nuevas tendencias sean implementadas primero en países vecinos, a nivel de Latinoamérica estamos por debajo de Colombia, Perú no se diga Venezuela y Argentina.

**3. ¿Buscarán ofrecer a los usuarios planes más agresivos donde se privilegie el consumo de datos en vez del tiempo de llamada?**

De hecho la tecnología 4G y la que se viene 5G está orientada solo al uso de datos de alta velocidad. En un futuro y a través de estas tecnologías lo que se piensa hacer es que las llamadas telefónicas que hoy en día se realizan a través de redes como 2G y 3G, todo va a cambiar a telefonía IP lo cual consiste en digitalizar las llamadas, convertirlas en información digital (datos). Lo cual al tener un gran ancho de banda con 4G y 5G todo será nivel de transmisión de datos.

#### **4. ¿Cuáles son los planes que tienen para la nueva red LTE?**

A nivel comercial lo primero que se espera es dar la experiencia LTE en lugares de gran concurrencia y en lugares de mucha relevancia esto y en las grandes ciudades. Se ha hecho de manera primordial para captar las experiencias de la sociedad. El teléfono LTE tendrá la capacidad de trabajar tanto 3G/2G para voz y 4G para datos. La expectativa de velocidad será la de aproximadamente 100 Mbps de bajada y 45 Mbps de subida por usuario. Luego la red se expandirá a nivel nacional a la espera de una acogida general.

#### **5. ¿Qué cambios han debido hacer en su estrategia para conquistar a los consumidores Ecuatorianos?**

Un ejemplo CNT ha tenido que luchar contra casi una década que lleva de desventaja en relación a las dos otras operadoras, que funcionan en Ecuador, que ya tienen ganado el mercado. CNT ha desplegado LTE en ciudades importantes como Quito y Guayaquil siendo la primera en tener LTE en Ecuador, ha pasado un año y un poco más y no ha tenido la acogida esperada.

En el momento que Claro despliegue LTE será cuestión de meses para que se posicione en el mercado. Claro no necesita estrategia basta con la acogida que ya tiene ganada entre sus usuarios.

## **6. ¿Qué provocará el salto de HSPA+ a LTE?**

Simplemente obtener una mayor velocidad, cabe recalcar que se deberá tomar en cuenta los anchos de banda existentes y los que ofrecerá Claro. Este año tiene que verse una gran diferencia en la velocidad en la experiencia de usuario para que tenga éxito.

## **7. ¿El paso de un sistema basado en la conmutación de circuitos para la voz como ha sido el caso de 2G y 3G a otro que recurre a la conmutación de paquetes para la 4G será complejo?**

La complejidad radica en que para una red de alta velocidad es necesario tener una red robusta, estamos hablando de anillos de fibra óptica destinados para evitar cuellos de botella, este es el gran problema que tendrán que sortear las compañías para llegar a su cometido.

## **8. ¿Convivirán varias generaciones móviles?**

Finalmente 2G tendrá que desaparecer para dar paso a la telefonía IP a través de la red LTE, esta transición aquí en Ecuador podrá tomar varios años pero tarde o temprano sucederá.

## **9. ¿Según eso, cuándo veremos voz sobre IP LTE?**

Como mencione anteriormente dependemos de la estructura interna de las redes, de cuán preparada están las operadoras para brindar todos los servicios que ofrece LTE: voz, datos, videoconferencia todo esto en descargas en Gigabits.

### **3.2. Causas y efectos debido a un alto grado de desfase tecnológico**

La innovación e investigación tecnológica es además de importante, necesaria; ya que vivimos en una era digital, en donde el mostrar poco interés por el desarrollo tecnológico implica pérdida de oportunidades, de crecimiento, de desarrollo económico de las familias o agentes del mercado, de cambios significativos a un nivel de vanguardia en áreas poco explotadas; en definitiva, puede llegar a verse relegado de los avances de la sociedad en general.

Es por lo mencionado, que este proyecto busca conocer las causas que producen un desfase tecnológico y sus consecuencias y/o efectos, las mismas que se identifican claramente en las tablas a continuación.

Tabla 3.1: Causas y efectos del desfase tecnológico en Ecuador (Oportunidades perdidas)

Se debe a: (CAUSAS)		Por lo tanto: (EFECTO)
<p><b><i>El desfase tecnológico y las oportunidades perdidas</i></b></p> <p>1. La escasa comprensión de la urgencia de las tecnologías de punta en las telecomunicaciones.</p>	<p style="text-align: center;"><b><u>PROBLEMA</u></b></p> <p style="text-align: center;"><b>El desfase o brecha tecnológica en los equipos de telecomunicaciones en Ecuador</b></p>	<p>1.1. Un lento mover de las aprobaciones para los procesos burocráticos de innovación tecnológica.</p> <p>1.2. Un avance rezagado dentro de la canasta de facilidades para negocios, emprendimientos y mejoras socio-económicas de la población.</p>
<p>2. Deficiente nivel de aprovechamiento del tiempo como recurso irrecuperable de las personas.</p>		<p>2.1. Pérdida de un recurso intangible e invaluable pero inestimable en su precio, el tiempo.</p>
<p>3. La falta de visión de las oportunidades.</p>		<p>3.1. Empobrecimiento o deterioro de las condiciones socio-económicas de las familias y empresas.</p>
<p>4. La poca promoción de las ventajas que pueden aprovecharse con mejor tecnología.</p>		<p>4.1. Imagen en las personas que la inversión en tecnología es pura diversión</p>
<p>5. El trasfondo cultural de la sociedad ecuatoriana.</p>		<p>5.1. Un menor aprecio a las aplicaciones que se pueden desarrollar con una mejor tecnología.</p>

Fuente: Autor

Tabla 3.2: Causas y efectos del desfase tecnológico en Ecuador (Telecomunicaciones)

Se debe a: (CAUSAS)		Por lo tanto: (EFECTO)
<p><b><i>Las telecomunicaciones y los métodos de trabajo</i></b></p> <p>1. El falta de una vasta investigación en todas las ciencias del conocimiento científico.</p>	<p style="text-align: center;"><b><u>PROBLEMA</u></b></p> <p style="text-align: center;"><b>El desfase o brecha tecnológica en los equipos de telecomunicaciones en Ecuador</b></p>	<p>1.1. Profesionales que no manejan la tecnología en su operatividad aplicable al aprovechamiento tecnológico</p> <p>1.2. Pérdida Incuantificable e indeterminación de las ciencias o conocimientos desaprovechados</p>
<p>2. Ausencia de verdaderos hábitos de lectura, investigación y análisis de información</p>		<p>2.1. Métodos o aplicaciones prácticas desactualizados en todas las ciencias, incompletos o inconclusos</p>
<p>3. El alto costo de las nuevas tecnologías y el precio de las migraciones tecnológicas</p>		<p>3.1. Resistencia al abandono de las innovaciones o las mejoras en las aplicaciones tecnológicas</p>

Fuente: Autor

### 3.3. Importancia del desarrollo tecnológico en las telecomunicaciones

La relación causas-efecto que se identificó en las tablas anteriores en los equipos, nos ayudan también a comprender el grado de afectación que se produce cuando una sociedad sufre un desfase tecnológico.

De la misma manera, es importante identificar esto en otras áreas de las telecomunicaciones.

Una de estas áreas que identificamos, es que tanto los proveedores como los usuarios de servicios de telefonía móvil del Ecuador deben tener las mismas oportunidades de acceder a las últimas tecnologías que se ofrecen a nivel mundial.

Un mejor estilo de vida se ha logrado gracias al surgimiento de nuevas soluciones tecnológicas ya que las telecomunicaciones han cambiado no solo la forma en que la sociedad se desempeña en aspectos laborales sino también en estilos de vida.

Las telecomunicaciones están en constante evolución. Varios años atrás, la tecnología nos facilitó hablar telefónicamente de manera inalámbrica y enviar mensajes de texto instantáneamente. Con el desarrollo de nuevas tecnologías, ahora el interés de los usuarios se enfoca en las aplicaciones de datos. Esto implica un aumento en el número de conexiones móviles y por ende un incremento en el índice de consumo de datos de manera proporcional. (Guevara & Vasquez, 2013)

La asequibilidad y equidad de los últimos desarrollos en las telecomunicaciones trae consigo una cadena de oportunidades que de ser aprovechadas proporcionan beneficios no solo económicos sino también notables mejoras en aspectos de bienestar social como: en salud, educación y medio ambiente. Asegurar el acceso a las últimas tendencias tecnológicas es una prioridad para la mayoría de los gobiernos, ya que buscan reducir la brecha digital, eliminando así las diferencias socioeconómicas entre las comunidades que tienen acceso y las que no. (Guevara & Vasquez, 2013)

Para que esta brecha digital se pueda reducir de manera significativa es necesario que el mercado también esté preparado para los cambios que traen consigo los avances tecnológicos.

El garantizar y facilitar el acceso de las sociedades a los nuevos desarrollos tecnológicos trae beneficios no solo para el usuario final sino también para la representación de los gobiernos a nivel mundial. Por ejemplo, ya en algunas



instituciones educativas alrededor del mundo ofrecen la opción de recibir clases interactivas multimedia de forma virtual. Esto hace posible que se creen círculos sociales multiculturales ya que por medio de este avance tecnológico se facilita el acceso a la información e interacción con compañeros desde cualquier lugar y dispositivo. Las videoconferencias están en boga para realizar reuniones empresariales, de manera que esto evita las costosas conferencias en el caso de multinacionales. Otro de los avances tecnológicos es las mejoras en cuanto a seguridad pública ya que en la actualidad se pueden realizar búsquedas de rescate en menor tiempo y con mayor eficiencia. (Guevara & Vasquez, 2013)

Pero lo que impulsa al desarrollo tecnológico no es solamente la nueva creación de aplicaciones y servicios, sino también la eficiencia que ofrezcan cada una de estas aplicaciones. De esta forma, el usuario se ve en la necesidad de estar en constante actualización en cuanto a los avances tecnológicos que se puedan presentar y por esto la demanda se incrementa. El éxito de la creación de nuevas tecnologías se basa no solo en la mejora de las infraestructuras y tecnologías de comunicación, sino también en los equipos terminales y la extensa acogida de aplicaciones y servicios que se despliegan sobre ellos. (Guevara & Vasquez, 2013)

Son por estas razones y muchas más que no han podido ser tocadas en este proyecto de investigación, que es de vital importancia que Ecuador no se quede relegado en el desarrollo tecnológico, que la brecha digital cada día se reduzca de manera significativa porque esto conlleva al desarrollo de la sociedad y progreso de la nación.

### **3.4. Alternativas para la migración hacia LTE y su equipamiento**

Para poder implementar redes de LTE sobre las existentes redes de 3G y que ambas coexistan al mismo tiempo, es preciso manejar equipos que soporten y trabajen con ambas tecnologías de redes para telefonía móvil. Es por este motivo que fabricantes de reconocimiento mundial han desarrollado equipos que permitan realizar esta migración de tecnología de tal forma que sea de beneficio tanto para el usuario como para las operadoras de telefonía móvil. Las alternativas para migrar estas redes son: (Analuisa, 2014)

- Brindar únicamente servicios de datos sobre LTE sin servicios de voz en equipos LTE.
- Ofrecer en el mismo equipo LTE, servicios de datos sobre LTE con servicios de voz 2G y 3G.
- O posteriormente migrar toda la red a LTE y ofrecer servicios de voz y datos sobre LTE.

#### **3.4.1. Adopción del plan APT para la banda de 700 MHz**

Ya para el año 2013 Ecuador se había convertido en el cuarto país de América Latina (después de Colombia, Chile y México) en acogerse al plan de banda APT para el despliegue e implementación de la tecnología LTE en la banda de los 700 MHz, a esta banda se la conoce como Dividendo Digital. Los sistemas de televisión terrestre se encuentran ocupando esta banda del espectro, sin embargo con el paso progresivo de la televisión analógica a digital y el apagón analógico esta banda será liberada gradualmente. (Guevara & Vasquez, 2013)

La adopción de este plan para la utilización del espectro de 700 MHz permitirá que los ecuatorianos accedan a terminales innovadores que proporcionen un mayor desempeño a un costo reducido. Para el despliegue e implementación de redes LTE es recomendable la utilización del rango de este espectro ya que proporciona mayor cobertura (amplitud de propagación) y menor interferencia. (Guevara & Vasquez, 2013)

### **3.4.2. Equipos que permitirán la migración hacia LTE**

En las tablas a continuación se mencionan y analizan los principales fabricantes de equipos para la Red Troncal (EPC) de LTE, los componentes de la misma que consta fundamentalmente del almacenamiento de información de movilidad local (S-GW), la asignación de una dirección IP al equipo de usuario (P-GW) y la Gestión de movilidad (MME). (Analuisa, 2014)

La directriz que se marca en la implementación de redes LTE indica que para los almacenamientos de información de movilidad local y para la asignación de una dirección IP al equipo de usuario se utiliza routers de borde y para la gestión de movilidad se utilizan plataformas ATCA (Advanced Telecommunications Computing Architecture). En la Tabla 3.3 se presentan varias alternativas de solución LTE que brindan empresas dedicadas a desarrollar proyecto de telefonía móvil. (Analuisa, 2014)

Tabla 3.3: Datos y características de proveedores de equipos EPC (Red Troncal) para LTE

<b>Datos y Características</b>		
	<b>Empresas</b>	<b>Solución</b>
<b>HUAWEI</b>	La consultoría LTE de Huawei ayuda a operadores a afrontar sus retos LTE proporcionando consultoría de negocios (servicio, estrategia, redes y operaciones), soluciones específicas y propuestas prácticas para la implementación produciendo un grado superior de éxito en el ámbito de la MBB.	La solución LTE de Huawei profesional está especialmente diseñada para la industria vertical que incluye: gobierno, transporte, sectores de redes inteligentes, energía, y WISP, incluyendo alto rendimiento móvil amplio para soportar múltiples servicio en una red, despliegue de red flexible, alta seguridad y fiabilidad.
<b>ALCATEL-LUCENT</b>	Sus últimos éxitos estratégicos abarcan proyectos de transformación de red, convergencia, IMS, triple play, IPTV, aplicaciones multimedia fijas y móviles o comunicaciones corporativas.	Su solución LTE combina una tecnología innovadora LightRadio y productos que con ayuda de su experiencia global, conocimientos y servicios.
<b>NSN (NOKIA SIEMENS NETWORKS)</b>	Proveedor de LTE. Han lanzado comercialmente LTE incluyendo avanzados mercados de banda ancha móvil, como el norte de Europa, Corea del Sur y Japón.	NSN utiliza Flexi Network Server la cual engloba funciones del MME (Gestión de movilidad) y Flexi Network Gateway, hace esto posible utilizando plataformas ATCA.

Fuente: (Analuisa, 2014)

A continuación en la Tabla 3.4 se detallan algunas soluciones propuestas por varias empresas encargadas de desarrollar proyectos de telecomunicaciones.

Tabla 3.4: *Soluciones para LTE*

<b>Empresa</b>	<b>Solución</b>	<b>Características</b>
ALCATEL-LUCENT	ATCA-5780 DSC	ATCA 5780 DSC brinda una sencilla solución soportando varias funciones dentro de una red LTE, además es compatible con los estándares de ATCA PICMG 3.0 y 3.1, puede trabajar con procesadores de 64 bits tipo SMP y proporciona control de facturación basadas en el flujo de información (PCRF) y Gestión de movilidad (MME), lo que hace que sea un equipo con atractivas características para implementar en la Red Troncal (EPC).
HUAWEI	DSB3900	La BBU3900 tipifica el diseño compacto, la sencilla instalación y el bajo consumo de energía. Además, puede residir en el espacio libre de un sitio existente. La RRU3242 presenta un diseño compacto y poco peso. Puede ser instalado cerca de la antena para disminuir la pérdida del alimentador y mejorar la cobertura del sistema. El DBS3900 consta únicamente de dos tipos de módulos funcionales básicos, reduciendo significativamente la inversión en mantenimientos y cambios con una excelente adaptabilidad del ambiente, los módulos básicos se pueden adaptar fácilmente a las condiciones del sitio para lograr el despliegue eficiente, evitando la adquisición de equipos adicionales. Es decir, no se necesitan gastos agregados para la construcción de un sitio para el equipo.

Fuente: (Analuisa, 2014)

### 3.4.2.1. Equipos Huawei

Los equipos Huawei para el EPC (figura 3.1) y E-UTRAN (figura 3.3) constan de los siguientes:

- EPC
  - USN 9810 funciones de SSGN, MME
  - UGW 9811 funciones de GGSN, P-GW, S-GW
  - RM 9000 funciones de PCRF
  - SAE-HSS 9820 funciones de HSS



Figura 3.1: *Equipos EPC de Huawei*  
Fuente: (Bravo & Nauta, 2013)

- E-UTRAN

eNodeB formado por DBS3900, que consta de BBU 3900, y RRU 3908, este cuenta con un tamaño pequeño, bajo consumo de energía, instalación flexible y fácil despliegue de acuerdo a la información proporcionada por el fabricante. El DBS3900 cuenta con una arquitectura distribuida, tiene dos tipos de módulos básicos: eBBU530

(unidad de control de banda base) y RRU (Unidad de Radio Remota). El eBBU530 y RRU se conectan mediante cables de fibra óptica a través de interfaz común de la radio pública (CPRI). (Analuisa, 2014)

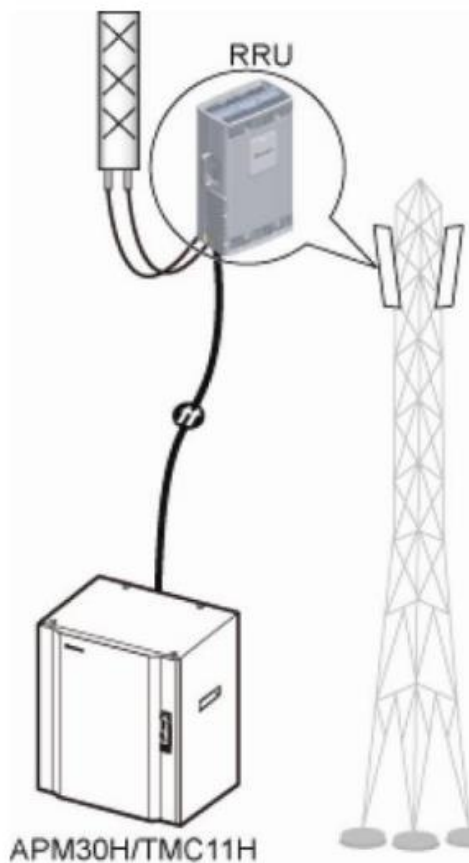


Figura 3.2: Equipos E-UTRAN de Huawei  
Fuente: (Analuisa, 2014)

La unidad de banda base (eBBU530) realiza las siguientes funciones:

- Proporciona puertos para la conexión a la Entidad de Gestión de la Movilidad (MME) o puede servir como puerta de enlace (S-GW) y trabaja con procesos relacionados a protocolos de transmisión.
- Proporciona puertos CPRI para la comunicación con RRU y procesa las señales de enlace ascendente y enlace descendente de banda base.

- Administra toda la estación base por medio de operación y mantenimiento (O&M) y la señalización de procesamiento de mensajes.
- Proporciona puertos de reloj para la sincronización del reloj, los puertos de monitoreo de alarmas para el control del medio ambiente, y un puerto USB (bus serie universal) para la puesta en uso de un dispositivo de almacenamiento USB.



Figura 3.3: *eBBU530*  
Fuente: (Analuisa, 2014)

La eBBU530 está configurada con los siguientes módulos y componentes:

- Procesamiento principal LTE y unidad de transmisión (LMPT).
- Unidad de procesamiento de banda base LTE (LBBP): procesa las señales de banda base y las señales de CPRI.
- Unidad de ventilación (FAN): Controla el giro de los ventiladores, comprueba la temperatura del módulo de ventilador, y lleva a cabo la disipación de calor de la BBU.

La RRU es una unidad de radio remota, una o más RRU constituyen la parte de radiofrecuencia (RF) de una estación base distribuida. La RRU puede ser instalado en un poste, pared o soporte, también se puede instalar cerca de las antenas para acortar



la longitud de alimentación, reducir la pérdida de alimentación, y mejorar la cobertura del sistema.

Proporciona funciones como: modular y demodular señales de banda base y señales de radiofrecuencia, procesamiento de datos, y detección de ondas estacionarias.

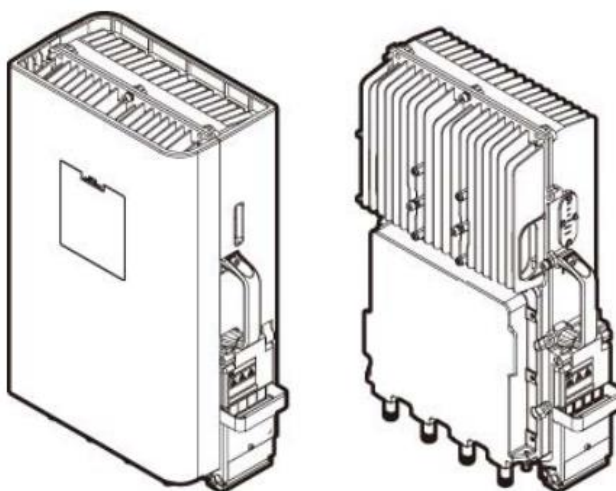


Figura 3.4: *RRU 3908*  
Fuente: (Analuisa, 2014)

- 2 puertos ópticos infrarrojos, utilizados para transmitir datos, señal de reloj y la señal de sincronización.
- 4 puertos tipo N, que se utiliza para conectarse a la antena.
- Puerto N 1 tipo, que se utiliza para calibrar.
- 1 puerto de la fuente de alimentación, que se utiliza para conectarse a -48V DC.
- 1 puerto de monitoreo externo, que se utiliza para obtener las alarmas y señal de estado del dispositivo externo y administrar el dispositivo externo a través del puerto RS485.

BTS 3900 y BTS 3900A para instalaciones indoor y outdoor respectivamente, tiene dos tipos de módulos básicos: unidad de banda base y la unidad remota de radio, estas se pueden configurar de forma flexible para satisfacer las necesidades de diferentes capacidades y escenarios.



Figura 3.5: *Equipos E-UTRAN de Huawei*  
Fuente: (Bravo & Nauta, 2013)

#### 3.4.2.2. Equipos Alcatel-Lucent

La propuesta para la migración del núcleo de la red por Alcatel-Lucent muestra los equipos a utilizar en la figura 3.4.

- 7750 SR funciones de GGSN, P-GW, S-GW
- 9471 WMM funciones SSGN, MME
- 5780 DSC funciones de PCRF



Figura 3.6: *Equipos EPC de Alcatel-Lucent*  
Fuente: (Bravo & Nauta, 2013)

### 3.4.2.3. Equipos Cisco

CISCO también propone equipos para migración hacia LTE, mediante la modificación del núcleo de la red por medio del uso de la plataforma multimedia CISCO ASR 5000 la cual simplifica la migración mediante una actualización de software, sin la necesidad de grandes cambios o equipos. Este router puede ser desplegado en diferentes redes de acceso con las siguientes funciones:

- UMTS
  - Gateway GPRS Support Node (GGSN)
  - Serving GPRS Support Node (SGSN)
- LTE
  - Mobility Management Entity (MME)
  - Serving Gateway (S-GW)
  - PDN Gateway (P-GW)
  - evolved Packet data Gateway (ePdG)
- WiMax

- Access Service Network (ASN) Gateway



Figura 3.7: Equipos CISCO ASR 5000 de CISCO  
Fuente: (Bravo & Nauta, 2013)

### **3.4.3. Modernización de tecnología en radiobase FINANSUR de la operadora móvil CONECEL**

La operadora móvil CONECEL para realizar las respectivas modernizaciones de los equipos utilizados en sus radiobases procede de la siguiente manera que se detalla a continuación. Para poder conocer el impacto de la migración de estos equipos se realizó un estudio de campo y mediciones en la radio base FINANSUR ubicada en la ciudad de Guayaquil, propiedad de la operadora móvil CONECEL.

#### **3.4.3.1. Visita Previa**

En la etapa que ellos denominan visita previa se realizan las siguientes actividades:

- Mediciones del Sistema Radiante.

El sistema radiante de una estación base, formado por antenas y cables de alimentación, desempeña un papel fundamental en su comportamiento. El

deterioro o fallo del mismo, puede ser causa de la pérdida de la calidad de voz, o cortes de llamadas, lo que desde el punto de vista de los operadores, se traduce en disminución de los beneficios. (Pongratz, 2008)

Es vital mantener el sistema radiante dentro de las especificaciones en perfecto estado operativo. La herramienta básica con la que los técnicos suelen desarrollar su trabajo es el analizador portátil de cables (medidor de VSWR – Voltage Standing Wave Ratio- o ROE –Razón de Onda Estacionaria-) con el que analizan el comportamiento del sistema, localizan fallos, lo caracterizan y mantienen. (Pongratz, 2008)

Durante la visita previa realizada a la radiobase FINANSUR las mediciones que se ejecutaron a cada una de las líneas del sistema radiante fueron las de VSWR o ROE. Si los resultados de dichas medidas no fuesen los adecuados existen grandes posibilidades de que el sistema no trabaje adecuadamente y, consecuentemente, la radiobase asociada tenga problemas que afecten a sus abonados. El VSWR o ROE se lo representa mediante una escala lineal.

El VSWR o ROE indica una relación entre picos y valles de tensión (máximo y mínimo). Si la adaptación no es perfecta esta relación crece y cuanto mayor sea el número resultante peor será la adaptación. Si esta fuese perfecta la señal reflejada por la antena sería idéntica a la enviada a esta y el VSWR sería 1.1. Los fabricantes de antenas especifican la adaptación de este modo. La escala utilizada suele estar comprendida, por defecto, entre 1 y 65. (Pongratz, 2008)

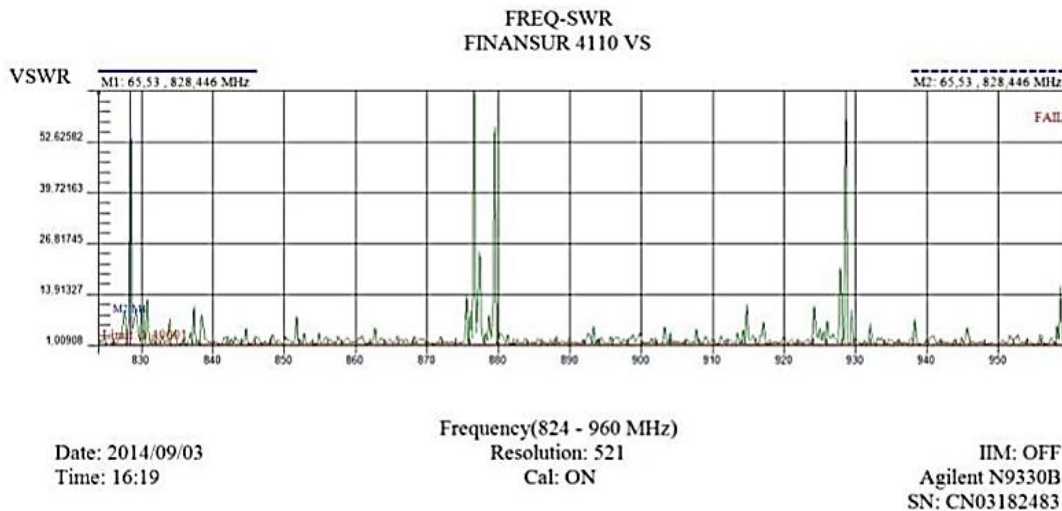
En la tabla 3.5 se detallan los valores de VSWR medidos en las líneas de los diferentes sectores de la radiobase FINANSUR.

Tabla 3.5: Valores de VSWR registrados de la medición de líneas RF

<b>FINANSUR MASTER</b>		
<b>SECTOR</b>		<b>VSWR</b>
SECTOR X 850 MHz	4110	65.53
SECTOR Y 850 MHz	4120	65.53
SECTOR Z 850 MHz	4130	65.53
SECTOR X 850 MHz Expansión	4110	1.26
SECTOR Y 850 MHz Expansión	4120	1.16
SECTOR Z 850 MHz Expansión	4130	1.15

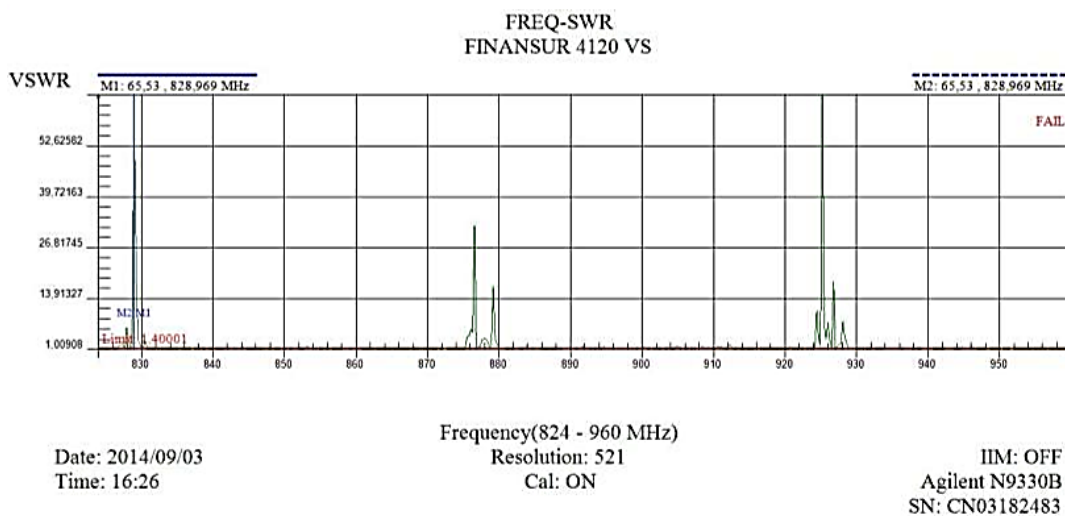
Fuente: Autor

En las figuras a continuación se muestran las trazas de las mediciones de VSWR de cada línea.



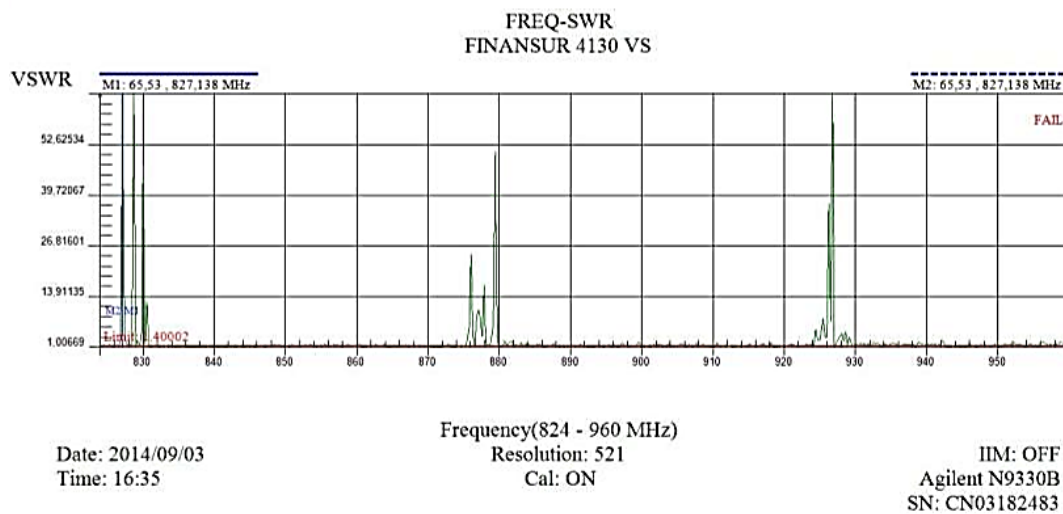
**VSWR 4110 = 65.53**

Figura 3.8: *Medición VSWR Sector X 850 MHz (principal)*  
Fuente: Autor



**VSWR 4120 = 65.53**

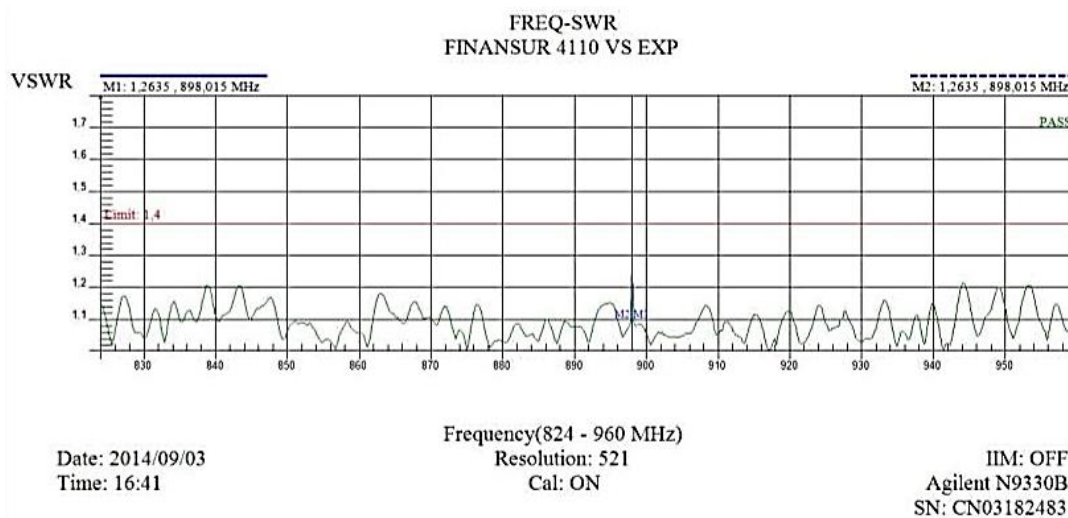
Figura 3.9: *Medición VSWR Sector Y 850 MHz (principal)*  
Fuente: Autor



**VSWR 4130 = 65.53**

Figura 3.10: *Medición VSWR Sector Z 850 MHz (principal)*

Fuente: Autor

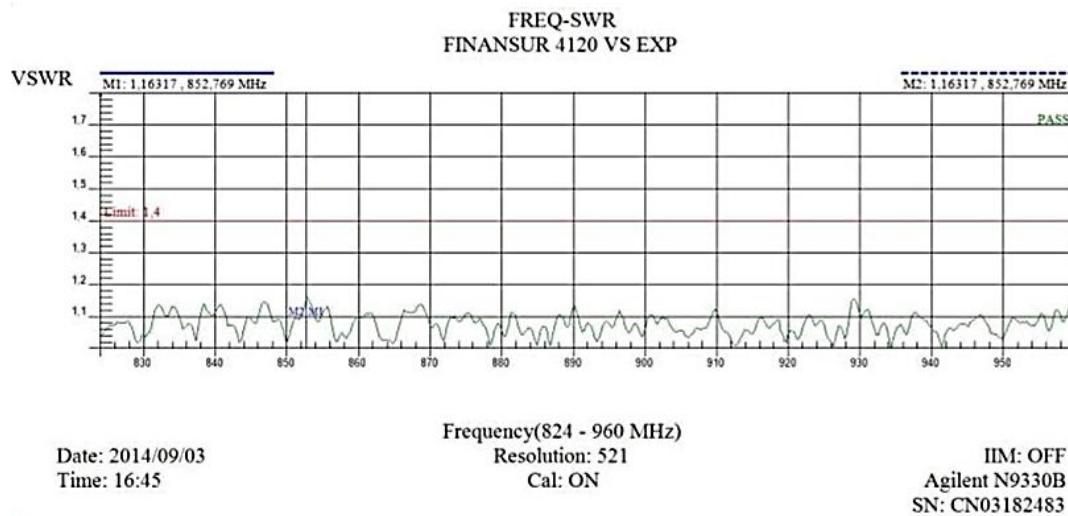


**VSWR 4110 = 1.26**

Figura 3.11: *Medición VSWR Sector X 850 MHz (expansión)*

Fuente: Autor

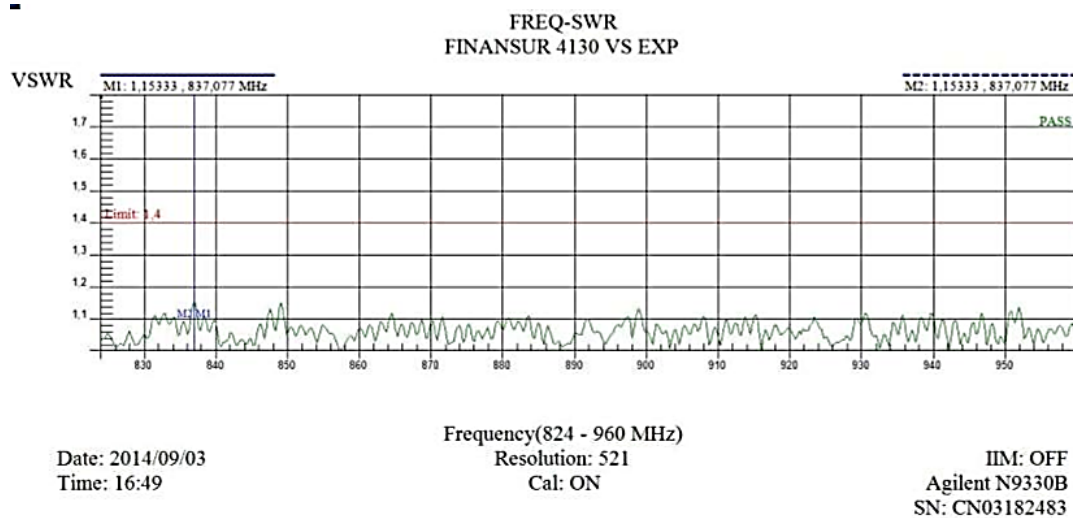




**VSWR 4120 = 1.16**

Figura 3.12: Medición VSWR Sector Y 850 MHz (expansión)

Fuente: Autor



**VSWR 4130 = 1.15**

Figura 3.13: Medición VSWR Sector Z 850 MHz (expansión)

Fuente: Autor

- Cambio de polaridad en Relés del sitio Power Eltek.
- Cambio del cableado de los sensores de Power Eltek hasta el Bix Panel instalado.

- Enrutado de las alarmas presentes en la parte posterior del Bix Panel.
- Enrutado frontal.
- Generación y comprobación de alarmas externas.

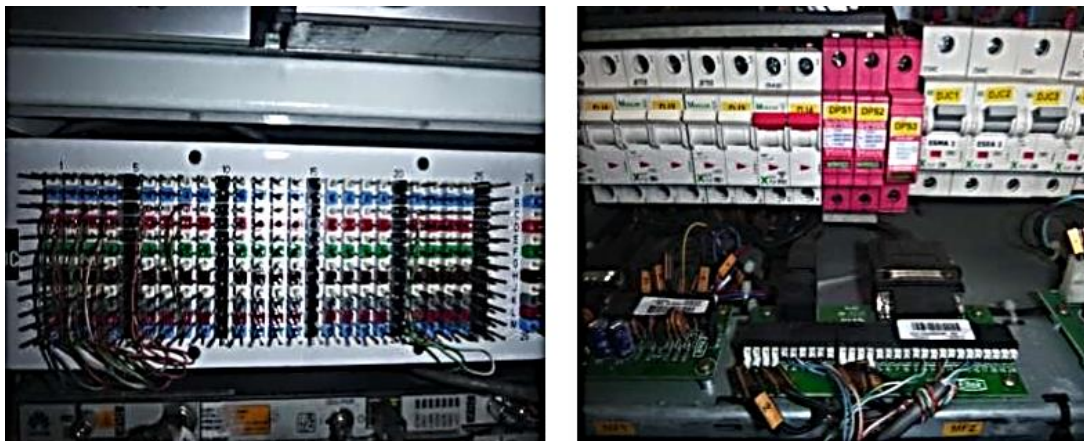


Figura 3.14: *Bix Panel y Tarjeta de Alarmas*

Fuente: *Autor*

- Atenuador y Diplexers

Un diplexer es un filtro pasa alto y pasa bajo conectados juntos y su función es permitir alimentar con dos señales distintas una misma antena.



Figura 3.15: *Atenuadores*

Fuente: *Autor*



Figura 3.16: *Diplexers*  
Fuente: *Autor*

- Identificación de los sectores presentes en la radiobase

En este punto de la visita previa, se identifican los sectores tanto en las líneas como en las antenas pero ya que en esta radiobase las antenas son decorativas estas no se pueden identificar mediante fotos.



Figura 3.17: *Identificación de los sectores*  
Fuente: *Autor*

### 3.4.3.2. Etapa de modernización

En la etapa de modernización de tecnología y equipos se realizan las siguientes actividades:

- Instalación de equipos



Figura 3.18: Vista frontal de los nuevos equipos  
Fuente: Autor

- Etiquetado de cables de datos



Figura 3.19: Etiquetado de cables de datos de los nuevos equipos  
Fuente: Autor

- Etiquetado de cables de energía



Figura 3.20: *Etiquetado de cables de dato de los nuevos equipos*  
Fuente: *Autor*

- Etiquetado de cables de GND



Figura 3.21: *Etiquetado de cables de tierra de los nuevos equipos*  
Fuente: *Autor*

- Instalación de ductos de cables



Figura 3.22: *Instalación de ductos de cables*  
Fuente: *Autor*

## CAPÍTULO 4

### ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### 4.1. Conclusiones

El resultado de haber formulado, analizado e interpretado los datos e información recopilada en el presente trabajo de investigación, se concluye:

El impacto del desarrollo tecnológico especialmente en el área de las telecomunicaciones es de beneficio para las sociedades y más aún si estas impulsan a los países en proceso de desarrollo llegar a competir con los países del primer mundo de tal forma que no queden relegados por la brecha digital.

La arquitectura de red plana que utiliza la tecnología LTE permite que sea considerada como una solución viable para los problemas de capacidad y conectividad, ya que esta ofrece altas tasas de velocidad en transmisión lo que a su vez permite también la interoperabilidad con otras redes.

La migración hacia nuevas tecnologías es trascendental para el progreso tecnológico de una sociedad, por eso distintos fabricantes de reconocimiento mundial están desarrollando equipos que se utilizan en las radiobases de operadoras móviles de tal forma que permitan que esta migración y modernización se realice eficazmente, de manera que admita la coexistencia con otras tecnologías y satisfaga no solo al usuario sino también a las operadoras móviles.

En Ecuador la asignación del espectro radioeléctrico ha sido uno de los principales problemas que enfrentan las operadoras de servicios móviles al querer migrar a LTE.

Se le ha dado prioridad a la operadora estatal (CNT) para la implementación de LTE en el mercado donde la mayor cantidad de usuarios utilizan servicios ofrecidos por las operadoras móviles privadas, para que de esta forma pueda captar más usuarios.

Existe una constante en el desarrollo de los países, como en todas las cosas que mejoran, esto es: El cambio es inminente en todos los tiempos y las telecomunicaciones son una de las mejores muestras de ello, al migrar rápidamente de 2G a 3G, de 3G a 4G ó 5G.

Cambiar es posible, sí y solo si, la sociedad valora el resultado por encima del sacrificio que ello significa; pues, es de esperarse que las estructuras de telecomunicaciones en todo el mundo no renunciar a ningún cambio por no pagar el precio de la innovación.

El Ecuador apreciará el cambio en tanto se encuentre en el siguiente nivel tecnológico, no ahora en el actual, ni pensando en el sacrificio de ayer.

Existe una relación directa y no inversa: Inversión y Desarrollo. Las telecomunicaciones van en esta relación como casi todos los demás aspectos que mejoran.

El costo de una modernización en las telecomunicaciones siempre es mayor cuanto mayor es la dificultad mental para mejorar el estándar de vida y las condiciones futuras de una sociedad.



## 4.2. Recomendaciones

Con todo lo que se ha evidenciado hasta aquí, se hace necesario puntualizar ciertas recomendaciones, las cuales son producto de la presente investigación académica:

Si bien es cierto que Ecuador ha sufrido un desfase tecnológico a través de los años, este se ha ido reduciendo gracias al interés y apoyo de los diferentes gobiernos y entes encargados de las telecomunicaciones en el país, por lo que se recomienda que el gobierno actual y los que estén por subir al poder sigan impulsando el desarrollo tecnológico de tal manera que la brecha digital que hasta el momento sufre Ecuador se reduzca de forma significativa.

Siendo la capacidad de conectividad y velocidad de descarga y subida de información lo que se facilita con la implementación de tecnología LTE, se recomienda que tanto el gobierno como las operadoras privadas establezcan condiciones que apoyen el despliegue de esta nueva tecnología, de tal manera que todos los usuarios de servicios de telefonía móvil en Ecuador tengan las mismas oportunidades de acceder a los beneficios que traen consigo la implementación de LTE en el país.

Ya que LTE permite la interoperabilidad y coexistencia con otras tecnologías, se recomienda la utilización de equipos que faciliten la migración a LTE de tal forma que sea casi imperceptible tanto para los usuarios como para las operadoras móviles.

Para poder brindar a los usuarios diferentes opciones y no limitarlos a una propuesta, se recomienda que las mismas facilidades que se les han brindado a la operadora del estado CNT en cuanto a la asignación del espectro para poder

implementar LTE, también se agilite el proceso de asignación de espectro radioeléctrico para las operadoras móviles privadas.

Profundizar en el estudio de la modernización de las telecomunicaciones, que este proyecto de tesis abarca, a fin de sembrar en el presente y en el futuro una base de referencia, que permita la reflexión de las mejoras que son posibles y de las dificultades que se deben sortear para alcanzar las metas superiores en todos los niveles de la vida.

Considerar las opiniones de expertos en favor de una modernización permanente, sin restricciones, sin condicionamientos y sin pausa, a fin de no tener una sociedad relegada en varios aspectos que se le dificulte el emprendimiento de todas las áreas científicas del desarrollo.

Valorar los aspectos técnicos que muestran la factibilidad de un cambio de tecnología que no significa un gasto en bienes superfluos o de consumo, sino de la adquisición de herramientas para el desarrollo tecnológico de la sociedad actual.

Involucrar a la sociedad universitaria en la discusión de los varios aspectos que retrasan el desarrollo e identificar sus mayores mitos mentales para elevar la opinión pública de una apuesta por la innovación, sin mandos medios que desoigan el llamado social y científico de la Universidad y el mundo.

## GLOSARIO

**1G** (1<sup>st</sup> Generation): Primera Generación de comunicaciones inalámbricas.

**2G** (2<sup>nd</sup> Generation): Segunda Generación de comunicaciones inalámbricas.

**3G** (3<sup>rd</sup> Generation): Tercera Generación de comunicaciones inalámbricas.

**3GPP** (3G Partnership Project): Proyecto de asociación para 3G.

**4G** (4<sup>th</sup> Generation): Cuarta Generación de comunicaciones inalámbricas.

### - A -

**AMPS** (Advanced Mobile Phone Systems): Sistema avanzado de teléfonos móviles.

**APT** (Asia-Pacific Telecommunity): Asociación de telecomunicaciones de Asia-Pacífico.

**ASN** (Access Service Network): Servicios de acceso a la red.

**ATCA** (Advanced Telecommunications Computing Architecture): Arquitectura avanzada de telecomunicaciones y computación.

### - B -

**BBU** (Base Band Unit): Unidad de banda base.

**BTS** (Base Station Transceiver): Estación base transceptora.

- C -

**CDMA** (Code Division Multiple Access): Acceso múltiple por división de código.

**CONATEL**: Consejo nacional de telecomunicaciones.

**CPRI** (Common Public Radio Interface): Interfaz común de radio pública.

- D -

**DC** (Direct Current): Corriente directa.

**DSC** (Digital Subscriber Carrier): Portador de abonado digital.

- E -

**EDGE** (Enhanced Data for GSM Evolution): Datos Mejorados para la Evolución de GSM.

**eNB** (evolved Node B): Nodo B evolucionado.

**EPC** (Evolved Packet Core): Núcleo de Paquetes Evolucionados.

**EPDG** (Evolved Packet Data Gateway): Puerta de enlace de paquetes de datos evolucionado.

**EPS** (Evolved Packet System): Sistema de Paquetes Evolucionados.

**E-UTRAN** (Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network): Red evolucionada de radio de acceso a UMTS terrestre.

**- F -**

**FDD** (Full Division Duplex): Duplexación por División de Frecuencia.

**FDMA** (Frequency Division Multiple Access): División de frecuencia por acceso múltiple.

**- G -**

**GB:** Gigabyte.

**Gbps:** Gigabits por segundo.

**GGSN** (Gateway GPRS Support Node): Nodo de Soporte GPRS de puerta de enlace.

**GND** (Ground): Tierra.

**GPRS** (General Packet Radio Service): Servicio General de Paquetes de Radio.

**GSM** (Global System for Mobile Communications): Sistema Global para Comunicaciones Móviles.

**- H -**

**HSCSD** (High-Speed Circuit-Switched Data): Circuito de alta velocidad de intercambio de datos.

**HSDPA** (High Speed Downlink Packet Access): Acceso por Paquetes de Enlace Descendente de Alta Velocidad.

**HSPA** (High Speed Packet Access): Acceso por Paquetes de Alta Velocidad.

**HSPA+** (High Speed Packet Access Plus): Acceso por Paquetes de Enlace Descendente de Alta Velocidad.

**HSS** (Home Subscriber Server): Servidor de suscripción local.

**- I -**

**IEEE** (Institute of Electrical and Electronics Engineers): Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos.

**IMS** (IP Multimedia Subsystem): Subsistema de multimedia del protocolo de internet.

**IP** (Internet Protocol): Protocolo de internet.

**IPTV** (Internet Protocol Television): Protocolo de internet de televisión.

**ITU** (International Telecommunication Union): Unión Internacional de Telecomunicaciones.

**- K -**

**kHz**: kilo Hertz.

**- L -**

**LBBP** (LTE baseband processing unit): Unidad de procesamiento de banda base LTE.

**LMPT** (LTE main processing and transmission unit): Unidad de procesamiento y transmisión principal LTE.

**LTE** (Long Term Evolution): Evolución a Largo Plazo.

**- M -**

**MB:** Megabytes.

**Mbps:** Megabits por segundo.

**MHz:** Mega Hertz.

**MIMO** (Multiple Input Multiple Outputs): Múltiples Entradas Múltiples Salidas.

**MINTEL:** Ministerio de Telecomunicaciones.

**MISO** (Multiple Input Single Output): Múltiples Entradas Única Salida.

**MME** (Mobility Management Entity): Entidad de Gestión de Movilidad.

**MMS** (Multimedia Messaging System): Sistema de Mensajería Multimedia.

**- N -**

**NB** (Node B): Nodo B.

**NSN** (Nokia Solutions and Networks /Nokia Siemens Networks): Nokia Soluciones y Redes.

**NTT:** Nippon Telephone Telecommunications.

**- O -**

**O&M** (Operation & Maintenance): Operación y Mantenimiento.

**OFDMA** (Orthogonal Frequency Division Multiple Access): Acceso Múltiple por División de Frecuencia Ortogonal.

**- P -**

**PCRF** (Policy and Charging Rules Function): Política y el reglamento de carga función.

**P-GW** (Packet Data Gateway): Puerta de enlace de datos en paquetes.

**- Q -**

**QoS** (Quality of Service): Calidad de Servicio.

**- R -**

**RF** (Radio Frequency): Radio frecuencia.

**RM** (Reference Model): Modelo de referencia.

**ROE**: Razón de onda estacionaria.

**RRU** (Remote Radio Unit): Unidad de radio remota.

**- S -**

**SAE** (System Architecture Evolution): Arquitectura de Sistema Evolucionado.



**SC-FDMA** (Single Carrier Frequency Division Multiple Access): Acceso Múltiple por División de Frecuencia por Portadora Simple.

**SCTP** (Stream Control Transfer Protocol): Protocolo de Control de Flujo.

**SENATEL**: Secretaria nacional de telecomunicaciones.

**SGSN** (Serving GPRS Support Node): Nodo de Soporte GPRS.

**S-GW** (Service Gateway): Pasarela de Servicios.

**SIMO** (Single Input, Multiple Outputs): Única entrada, múltiples salidas.

**SISO** (Single Input, Single Output): Una sola entrada, salida única.

**SMS** (Short Message Service): Servicio de Mensajes Cortos.

**SUPERTEL**: Superintendencia de telecomunicaciones.

**- T -**

**TCP** (Transmission Control Protocol): Protocolo de Control de Transmisión.

**TDD** (Time Division Duplex): Duplexación por División de Tiempo.

**TDMA** (Time Division Multiple Access): Acceso Múltiple por División de Tiempo.

**- U -**

**UE** (User Equipment): Equipo de Usuario.

**UGW** (Universal Gateway): Puerta universal de enlace.

**UMTS** (Universal Mobile Telecommunication System): Sistema Móvil Universal de Telecomunicaciones.

**USB** (Universal Serial Bus): Puerto bus serie universal.

**USIM** (Universal Subscriber Identity Module): Módulo de Identidad del Suscriptor universal.

**USN** (Ubiquitous Sensor Network): Sensor de red ubicuo.

**UTRAN** (Universal Terrestrial Radio Access Network): Red de Acceso Universal Terrestre por Radio.

- V -

**VSWR** (Voltage Standing Wave Ratio): Relación de voltaje de onda.

- W -

**WAP** (Wireless Application Protocol): Protocolo de Aplicaciones Inalámbricas.

**WCDMA** (Wideband Code Division Multiple Access): Acceso Múltiple por División de Códigos de Banda Ancha.

**WIMAX** (Worldwide Interoperability for Microwave Access): Interoperabilidad Mundial para Acceso por Microondas.

**WISP** (wireless Internet service provider): Proveedor de servicio de Internet inalámbrico.

**WMM** (Wi-Fi Multimedia): Multimedia de Wi-Fi.

## BIBLIOGRAFÍA

- Analuisa, J. (2014). *Diseño de una red 4G Long Term Evolution (LTE) en redes móviles*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- Bajo, O. (1991). *Teorías del comercio internacional*. Barcelona: Antoni Bosh, S.A.
- Bravo, N., & Nauta, B. (2013). *Análisis técnico, socio-económico y legal de la implementación del estándar Long Term Evolution Advanced en el Ecuador*. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana.
- Caicedo, G. (23 de Abril de 2014). *Doctor Tecno*. Recuperado el 20 de Enero de 2015, de <http://www.doortecno.com/noticia/ecuador-sigue-disminuyendo-brecha-digital>
- Casas Perez, M. d. (2013). *Globalización y tecnologías de comunicación*. Cuernavaca.
- Centro superior de estudios de la defensa nacional. (2003). *La industria de defensa: El desfase tecnológico entre la Unión Europea y Estados Unidos de América*. Madrid: Ministerio de defensa.
- CEPAL. (2013). *La banda de 450 MHz para LTE en América Latina: situación actual y recomendaciones de política*. CEPAL.
- Chimbo, M. (2012). *Análisis de la propuesta de evolución de redes 3G y su convergencia a la tecnología 4G para redes de telefonía móvil*. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana.

ETSI. (25 de 06 de 2012). *3GPP Standards*. Recuperado el 08 de 02 de 2014, de [www.3gpp.org](http://www.3gpp.org)

Fernández, V. (2010). *Ejemplo de diseño e implementación de una estación base GSM/UMTS*. Obtenido de <http://dspace.cc.upv.es/handle/10251/8972>

Gentzoglanis, A., & Henten, A. (2010). *Regulation and the Evolution of the Global Telecommunications Industry*. Massachusetts: Edward Elgar Publishing Limited.

Guevara, A., & Vasquez, V. (2013). *Estado Actual de las redes LTE en Latinoamérica*.

Mendizabal, A. (2010). *La dimension tecnologica de la globalizacion*. Santiago.

Meza, H., & Santin, L. (2014). *Estudio y diseno de una celda base de acceso inalambrico con tecnologia 4G LTE para el sector de Inaquito de la ciudad de Quito*. Quito: Escuela Politenica Nacional. Recuperado el 30 de Enero de 2015

Munoz, K., Lara, R., & Leon, R. (s.f.). *Análisis de la tecnología Long Term Evolution (LTE) para su posible implementación en el Ecuador*. Cuenca: Universidad de Cuenca.

Organizacion de Estados Americanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OIE). (2004). *Globalización, Ciencia y Tecnología*. Andaquí Impresores Ltda.

Pongratz, S. (2008). *Introduccion a las medidas en Sistemas Radiantes: Analisis de Cables y Antenas*. Anritsu EMEA Ltd.

Superintendencia de Telecomunicaciones. (2012). Revista Institucional N16.  
*Evolucion de la Telefonía Movil en Ecuador*.

Superintendencia de Telecomunicaciones. (2014). Revista Institucional N20.  
*Homologacion de Equipos de Telecomunicaciones*.

*Telecomunicaciones móviles*. (1998). Barcelona: Marcombo.

## **ANEXO 1: ENTREVISTA A UN EXPERTO EN MIGRACIÓN DE TECNOLOGÍAS EN TELECOMUNICACIONES**

**Objetivo:** Conocer la opinión práctica de un entendido en el tema, acerca de la de la migración de tecnologías en las telecomunicaciones y el impacto que se produce en los usuarios de servicios de telefonía móvil.

### **III. DATOS GENERALES DEL ENTREVISTADO**

**Nombres y Apellidos:** \_\_\_\_\_

**Experiencia en años:** 5 a 10  11 a 15  16 a 20  más de 20

**Sexo:** Masculino  Femenino

**Instrucción:** Primaria  Secundaria  Universitaria  Postgrado

### **IV. PREGUNTAS SOBRE LA MIGRACIÓN DE TECNOLOGÍAS Y LTE**

1. ¿Hay alguna innovación secreta por la que debemos de comenzar a emocionarnos?
2. ¿Cuáles considera que son los puntos fuertes en el sector de las telecomunicaciones en Ecuador y cuáles serían los puntos que necesitan atención urgente?
3. ¿Buscarán ofrecer a los usuarios planes más agresivos donde se privilegie el consumo de datos en vez del tiempo de llamada?
4. ¿Cuáles son los planes que tienen para la nueva red LTE?

5. ¿Qué cambios han debido hacer en su estrategia para conquistar a los consumidores Ecuatorianos?
6. ¿Qué provocará el salto de HSPA+ a LTE?
7. ¿El paso de un sistema basado en la conmutación de circuitos para la voz como ha sido el caso de 2G y 3G a otro que recurre a la conmutación de paquetes para la 4G será complejo?
8. ¿Convivirán varias generaciones móviles?
9. ¿Según eso, cuándo veremos voz sobre IP LTE?

La entrevista ha finalizado.

Muchas gracias por su colaboración.



## ANEXO 2: VALORES ECONÓMICOS REFERENCIADOS: INVERSIONES DE LAS OPERADORAS

En Ecuador la inversión en telecomunicaciones ha crecido de 15 millones de dólares en 2010 a 45 millones de dólares en 2012. La inversiones que han impulsado el desarrollo del sector de telefonía móvil en el país, en su gran mayoría, han sido por parte de las operadoras privadas CLARO y MOVISTAR. El número de radio bases (BTSs) instaladas por cada operador justifican las inversiones que cada uno ha realizado durante varios años de operación.

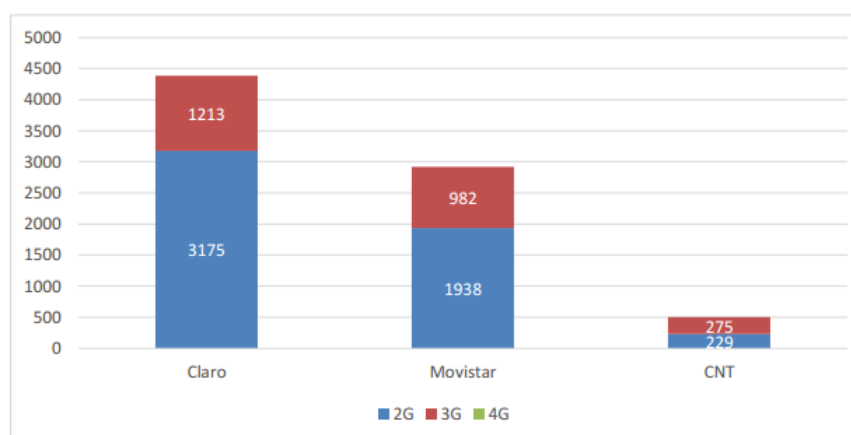


Figura Anx.1: *Inversión total para despliegue de servicios móviles Ecuador*  
Fuente: (Superintendencia de Telecomunicaciones, 2012)

La inversión realizada por la CNT en la adjudicación, provisión e implementación de HSPA+ fue de 72 millones de dólares en 2011. Con la nueva concesión adquirida, la empresa invertirá 30 millones de dólares en la red LTE que iniciará su comercialización a mediados de este año y la convertirá en la primera operadora del país en desplegar dicha tecnología. Según Huawei, un proyecto piloto de la

implementación de LTE en las ciudades principales del país podría costar alrededor de 40 millones de dólares. (Guevara & Vasquez, 2013)

Al ser privadas las dos operadoras dominantes, los precios son susceptibles a alzas, a pesar de que se hallan, de alguna manera, sujetos a pliegos y techos tarifarios, y que en el caso de las tarifas por llamada y mensajes cortos han bajado en los últimos años (en un 56% y 76% respectivamente desde 2007, según SUPERTEL)

Cada operador establece sus tarifas dependiendo de sus planes y estrategias de negocio, pero, estas no pueden estar fuera del rango establecido en los contratos de concesión.

### ANEXO 3: MERCADO LTE GLOBAL

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

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

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

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

Fuente: GSA

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

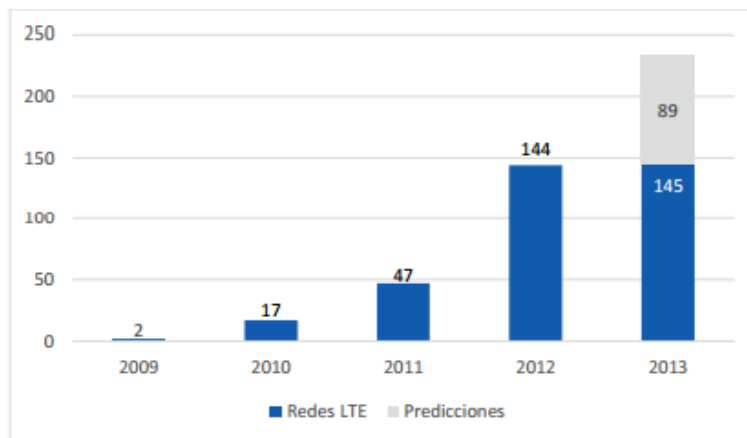


Figura Anx.2: Lanzamiento de redes LTE comerciales  
Fuente: GSA Evolution to LTE report

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

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

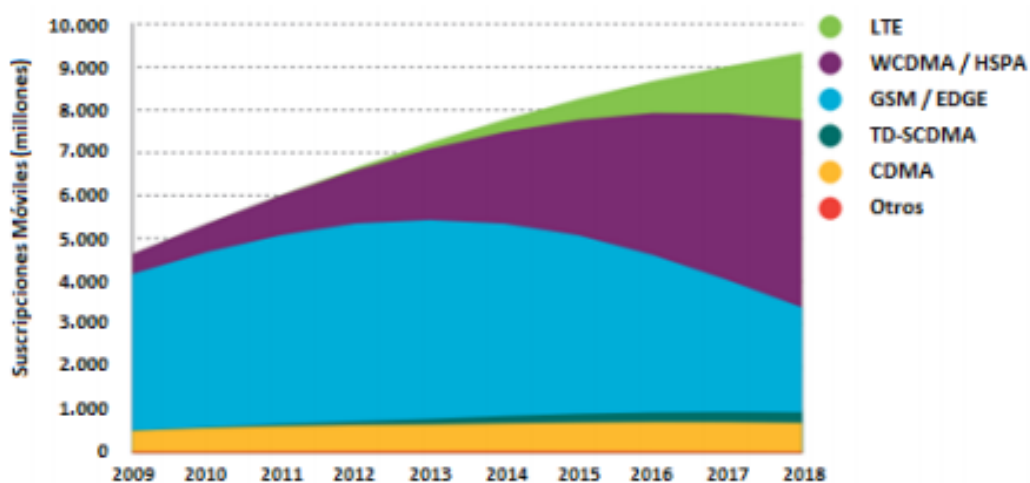


Figura Anx.3: Suscripciones móviles por tecnología, 2009-2018

Fuente: Ericsson

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

Tabla Anx.2: Usuarios correspondientes a operadoras en el 2011

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

Fuente: IDATE-LTE3Q12

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

Las principales operadoras han experimentado un rápido crecimiento de usuarios, y ahora se mueven hacia un mercado masivo. Esto se debe en gran parte a la cobertura de casi el 100% de la población y a la reducción de tarifas de datos.

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

es Suecia, hasta el 2011 registraba el 22% de usuarios del total en esta región. Se prevé que para 2015 Europa Occidental sea la tercera zona con mayor número de usuarios.

- En Europa Oriental cinco países operan ya con redes LTE representando el 25%. El incremento anual de suscriptores es el menor a nivel mundial, proyectándose para el año 2015 como la región con menos usuarios a pesar de iniciar con un número de suscriptores mayor a la región Asia-Pacífico.
- En Medio Oriente, Arabia Saudita es el país con mayor número de usuarios. Estos fueron aproximadamente 30.000 millones hasta el año 2011, con tres operadoras en el país que ya habían comercializado los servicios LTE. África se encuentra en la fase de prueba previa a la comercialización de los servicios, sin embargo se espera que junto con la región de Medio Oriente sumen un total de 32.266 millones de usuarios para 2015.
- Latinoamérica es la región más rezagada referente a la comercialización de servicios de LTE. Sin embargo, se pronostica 31.574 millones de usuarios en apenas tres años de comercialización. Los países pioneros de esta región en desplegar redes LTE son: México, Argentina, Brasil, Chile y Colombia.

#### **ANEXO 4: ECUADOR SIGUE DISMINUYENDO LA BRECHA DIGITAL**

Este año los resultados del Global Information Technology Report (GITR) 2014 muestran que Ecuador ocupa el lugar 82 en su nivel de respuesta para aprovechar las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TICs). El GITR es realizado por un esfuerzo conjunto entre el World Economic Forum e INSEAD y confirma que Ecuador mantiene la tendencia de los 4 años anteriores de escalar posiciones en el ranking hecho en base al NRI (Network Readiness Index). (Caicedo, 2014)

El NRI, es un indicador compuesto que mide la habilidad de una economía para apalancar sus avances en las TICs en beneficio de su competitividad y el buen vivir de sus ciudadanos. Los cuatro grandes subíndices sobre los que se construye este indicador son:

- Subíndice del Entorno: Mide lo amigable del mercado y el marco regulatorio del país
- Subíndice de Preparación: Mide la preparación de la sociedad para hacer buen uso de las TICs
- Subíndice de Uso: Mide los esfuerzos de los principales actores sociales para incrementar el aprovechamiento de las TICs
- Subíndice de Impacto: Mide los impactos sociales y económicos devengados por las TICs



Tabla Anx.3: *Global Information Technology Report (GITR) 2014*

Año	Posición General	Puestos Subidos	Subíndice Entorno	Subíndice Preparación	Subíndice Uso	Subíndice Impacto	# Países
2014	82	9	81	83	74	80	148
2013	91	5	113	89	88	90	144
2012 <sup>1</sup>	96	12	119	91	97	95	142
2011	108	6	117	113	98	-	138
2010	114	2	124	121	100	-	133
2009	116	-	131	103	118	-	134

Fuente: *Doctor Tecno*

Ecuador va bien encaminado hacia disminuir la brecha digital pues en los 5 últimos años ha ascendido 32 puestos y en los dos últimos años ha logrado subir su posición en los cuatro subíndices, particularmente los de Entorno y Uso. Es destacable también que Ecuador es el único país de América Latina que ha mejorado su posición en los últimos 5 años de manera continua y que en los últimos cuatro lo ha hecho por cinco puestos o más. La subida en el ranking no se debe únicamente a que otros países hayan empeorado sus indicadores sino a que el NRI ha mejorado en Ecuador de 3.46 en el 2012 a 3.85 en el 2014 y de 3.03 en el 2009 a 3.26 en el 2011.

### **Ecuador, América Latina y el mundo**

Pese a la mejora constante de Ecuador en el ranking, es importante observar que aún estamos de la mitad para abajo de la tabla y que es particularmente más difícil escalar posiciones en la mitad superior como se puede observar en la historia de otros países de América Latina que se mantienen con altibajos en mejores lugares como Colombia (63), Panamá (43), Uruguay (56), Costa Rica (53), Brasil (69) y Chile (35); este último el mejor ubicado de la región. También hay países que han estado en

mejores posiciones que nosotros en el pasado y han caído bastantes lugares como el Salvador (98) o Guatemala (101).

Los resultados del GTR de este año evidencian que se mantiene la brecha digital entre los países desarrollados, las grandes economías emergentes y aquellas en desarrollo. No hay mayores progresos en los países de las economías denominadas BRICS (Brasil, Rusia, India, China y Sudáfrica). En la figura podemos ver los valores obtenidos en cada uno de los pilares que conforman los subíndices (los valores pueden ir de 1 a 7) del NRI para los países BRICS, los cuales no han variado mayormente en relación al año anterior. También podemos ver el contraste con los valores alcanzados por Ecuador y los de Estonia (país que entró en el 2004 a ser miembro de la comunidad Europea y que ocupa el lugar 21 en el ranking).

Ecuador tiene un comportamiento más cercano a los países emergentes (donde destaca la asequibilidad) que a países de la Comunidad Europea que tienen un comportamiento más homogéneo en los valores de sus pilares. Esto implica que pese a los buenos resultados, debemos seguir mejorando no solo en que las TICs sean asequibles, sino en aumentar infraestructura, aumentar el uso individual y lograr impacto social a través de las TICs, entre otros.

Los primeros seis lugares del ranking se mantienen inalterados desde al año pasado liderados por Finlandia y seguidos por Singapur, Suecia, Holanda, Noruega y Suiza.

Van seguidos por Estados Unidos y Hong Kong que ascendieron 2 posiciones cada uno, Reino Unido que descendió 2 y Corea que subió un puesto.

## **El NRI, la innovación y el emprendimiento**

El reporte presenta como conclusión principal este año, el mantenimiento de la brecha digital entre los países más desarrollados y aquellos en vías de desarrollo lo que favorece un crecimiento mundial desbalanceado. Particularmente señala que no ha habido mayor progreso de las grandes economías emergentes en cerrar la brecha. Pero también señala la importancia de seguir mejorando la infraestructura para las TICs y el establecimiento de las condiciones que fortalezcan la innovación y el emprendimiento y el aumento de la cohesión social mediante el incremento de las oportunidades para todos. En este último punto es importante por un lado, crear los estímulos, proveer el financiamiento y propiciar un ecosistema favorable para emprendimientos tecnológicos y la innovación, ya que estos son un catalizador del desarrollo y del impacto de las TICs en una economía. Pero por otro lado, es también importante cerrar el círculo virtuoso mejorando directamente algunos factores relacionados a las TICs que permitan que muchos tipos de emprendimiento logren un impacto económico y social. (Caicedo, 2014)

### **Aspectos que pueden mejorar**

Algunos ejemplos de aspectos que se pueden mejorar en el corto plazo son: el establecimiento de medios de pago viables para el comercio electrónico, el incremento del número de ciudadanos con acceso a un teléfonos inteligentes (habilitándolos de participar de soluciones de impacto a través de las TICs), o la disponibilidad en línea de todo tipo de información útil que le permita a los emprendedores desarrollar mejores estrategias para establecerse y crecer.