

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR



FACULTAD DE INGENIERÍA

MAESTRÍA EN REDES DE COMUNICACIÓN

INFORME FINAL CASO DE ESTUDIO PARA UNIDAD DE TITULACIÓN ESPECIAL

TEMA:

**“ESTUDIO DE LA TECNOLOGÍA LTE EN LA BANDA DE 700MHZ COMO
ALTERNATIVA PARA BRINDAR SERVICIO DE INTERNET FIJO INALÁMBRICO
EN ZONAS RURALES DEL ECUADOR”**

CARLOS EDUARDO MORENO TUBÓN

Quito – 2017

AUTORÍA

Yo, **CARLOS EDUARDO MORENO TUBÓN**, portador de la cédula de ciudadanía No.0603228586, declaro bajo juramento que la presente investigación es de total responsabilidad del autor, y que se ha respetado las diferentes fuentes de información realizando las citas correspondientes. Esta investigación no contiene plagio alguno y es resultado de un trabajo serio desarrollado en su totalidad por mi persona.

CARLOS EDUARDO MORENO TUBÓN

Contenido

1.	Introducción	1
2.	Justificación	3
3.	Antecedentes	5
3.1	Telecomunicaciones a nivel mundial	5
3.2	Mercado de las Telecomunicaciones en el Ecuador.....	5
3.3	Legislación Ecuatoriana	6
3.4	Estructura de las Telecomunicaciones en el Ecuador	7
3.5	Datos de cuentas y usuarios del servicio de acceso a Internet en el Ecuador	8
4.	Objetivos.....	14
	Objetivo General:.....	14
	Objetivos Específicos:	14
5.	Desarrollo Caso de Estudio.....	15
5.1	Estudio de la tecnología LTE/4G en la banda de los 700MHz para brindar el servicio de Internet fijo inalámbrico.....	16
5.1.1.	Arquitectura del Sistema LTE.	18
5.1.2.	Espectro RADIOELÉCTRICO en 700Mhz.....	28
5.2	Tamaño del mercado ecuatoriano para el servicio de la tecnología LTE/4G en la banda de los 700MHz.....	34

5.3	Requisitos técnicos y funcionalidades para la implementación del servicio de Internet fijo inalámbrico LTE/4G en la banda de los 700MHz.....	37
5.3.1	Parámetros y requerimientos LTE.	39
5.3.2	Equipos de usuario.....	39
5.3.3	Dimensionamiento.....	40
5.3.4	Dimensionamiento para la Red de Acceso.	42
5.4	Análisis comparativo del equipamiento requerido para brindar el servicio de Internet fijo inalámbrico, considerando diferentes vendors.	49
5.5	Presupuesto económico referencial para la implementación de un servicio de Internet fijo inalámbrico LTE/4G en la banda de los 700Mhz.....	52
5.5.1.	Red de Acceso para LTE en la banda de los 700Mhz.	52
6.	Conclusiones y Recomendaciones	55
	Bibliografía	57
	Anexos	61

Contenido de Figuras

<i>Figura 1</i> Distribución de Cuentas/Usuarios de Internet Fijo por Prestador	9
<i>Figura 2</i> Distribución de Cuentas/Usuarios de Internet Móvil por Prestador	9
<i>Figura 3</i> Cuentas de Internet Fijo por Provincia	10
<i>Figura 4</i> Cuentas Internet Fijo y Móvil por cada 100 habitantes	11
<i>Figura 5</i> Porcentaje de hogares según área con acceso a Internet (2012-2016).....	12
<i>Figura 6</i> Evolución de la tecnología móvil.....	17
<i>Figura 7</i> Arquitectura comparativa entre GSM, 3G y LTE.	18
<i>Figura 8</i> Componentes de la Arquitectura LTE.....	19
<i>Figura 9</i> Red de Acceso E-UTRAN.	20
<i>Figura 10</i> Separación entre plano de control y de usuario.....	22
<i>Figura 11</i> Protocolos de la Interface de radio E-UTRAN.	23
<i>Figura 12</i> Arquitectura de Protocolos de la Interface S1 y X2.....	26
<i>Figura 13</i> Especificaciones 3GPP Interfaces y Entidades E_UTRAN.....	27
<i>Figura 14</i> Diseño del EPC.	28
<i>Figura 15</i> Atribución de Bandas de Frecuencia.....	29
<i>Figura 16</i> Adjudicación de la Banda de los 700Mhz en América Latina.	31
<i>Figura 17</i> Ventaja de cobertura de la banda 700Mhz.....	32
<i>Figura 18</i> Esquema Fijo Inalámbrico.....	38
<i>Figura 19</i> Principales Parámetros de LTE versión 8.	39
<i>Figura 20</i> Categoría de los Equipos LTE.....	39
<i>Figura 21</i> Tipos de Tráfico con requisitos de banda ancha.	41

Figura 22 Eficiencia Espectral LTE.....	42
Figura 23 Despliegue de cobertura en el sector Ambuquí.....	43
Figura 24 Ambuquí y sus poblaciones aledañas.....	47
Figura 25 Ubicación del eNodeB LTE 700 Mhz.....	47
Figura 26 Poblaciones bajo la cobertura del eNodeB y su carretera principal.....	48
Figura 27 Niveles de señal bajo la cobertura del eNodeB 700 Mhz APT.....	48
Figura 28 eNodeB DBS3900.....	50
Figura 29 eNode B 9926D2U.....	51
Figura 30 eNodeB 6601.....	51

Contenido de Tablas

Tabla 1 <i>Cuentas Internet Fijo y Móvil</i>	11
Tabla 2 <i>Población Ecuatoriana según Provincia por Área Geográfica</i>	34
Tabla 3 <i>Omisión Censal</i>	35
Tabla 4 <i>Población Base 2010 para proyecciones</i>	35
Tabla 5 <i>Proyección de la Población Ecuatoriana Área Rural según Provincias 2010-2016</i>	36
Tabla 6 <i>Cuadro Comparativo Costo eNodeB</i>	52
Tabla 7 <i>Presupuesto económico referencial</i>	53

Contenido de Anexos

Anexo A Cotización de Equipos y Servicios Huawei	61
Anexo B Cotización de Equipos y Servicios Nokia	62

1. Introducción

El hombre en su necesidad de comunicarse ha ido superando las barreras que se le han presentado, de esta forma en la actualidad las comunicaciones y las redes de datos se han convertido en la principal herramienta indispensable para la economía y el desarrollo de las sociedades; es así que en el Ecuador en los últimos 20 años aproximadamente es notorio el cambio tecnológico con el auge y el desarrollo de las TIC, pero todavía en algunos sectores rurales del país existen dificultades para tener acceso a contenido y a realizar transferencia de información a través de uno de los servicios básicos como hoy en día es el acceso a Internet.

El Gobierno Nacional y la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo – SENPLADES, en el 2013 llevaron a cabo el Plan de desarrollo para el Buen Vivir (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2013) con el cual busca reducir las inequidades en el país aplicando políticas públicas con el fin de desarrollar e impulsar las condiciones de competitividad y productividad necesarias para viabilizar la transformación de la matriz productiva y la consolidación de estructuras más equitativas de generación y distribución de la riqueza.

No obstante, desde el 2013 que se aplicó el Plan de Desarrollo para el Buen Vivir aún es evidente la brecha digital de acceso a Internet, a pesar que se ha mejorado la penetración de usuarios por cada 100 habitantes de un 49,44% al 67,74% hasta el 2015; siendo los poblados de Pichincha, Guayas y Azuay los que agrupan la mayor atención al servicios de Internet. Esta brecha es más notoria cuando se comparan las zonas urbanas y rurales. De acuerdo a estadísticas de la (Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones, 2015).

El desarrollo de este trabajo se presenta como una gran alternativa para cubrir las necesidades de comunicación del servicio fijo de Internet de banda ancha en zonas rurales, que actualmente se brinda en algunos sectores del país por medio de la red de acceso inalámbrico CDMA 450 MHz, cuyos abonados demandan un servicio de alta velocidad, que se lo podría brindar a través de la tecnología LTE en la banda de los 700MHz.

2. Justificación

Actualmente en el mercado ecuatoriano específicamente en el área rural en su gran mayoría la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP tiene implementado la red CDMA 450 para brindar servicio inalámbrico para telefonía fija ofreciendo acceso a Internet con baja velocidad a través de la misma red. Sin embargo, los consumidores del servicio de datos de esta tecnología se ven limitados en la experiencia de usuario y esperan un servicio que les brinde mejores prestaciones que el actual, demandando mayores velocidades en lo referente a servicios de Internet de banda ancha.

El estado ecuatoriano en los actuales momentos está enfocado en los sectores rurales y suburbanos del país para brindarles un desarrollo integral de acuerdo a las políticas indicadas en el Plan del buen vivir, con el cual da cumplimiento sobre todo a la satisfacción de una necesidad de tener acceso a Internet de banda ancha en estos sectores.

Es así que en base a la necesidad de este servicio se propone como solución el despliegue de una de las tecnologías que actualmente está en auge y que ya está implementada en el país como es Long Term Evolution (LTE); la cual permite mejorar la velocidad en el acceso a Internet de forma inalámbrica, ahorrando el alto costo de construir nuevas redes de acceso fijo ya sea de cobre o fibra óptica en planta externa; permitiendo en zonas rurales tener redes que ofrecen y garantizan mayor capacidad, mayor movilidad y otras funcionalidades respondiendo al crecimiento de tráfico de datos y aumentando la cobertura del servicio dentro de una gran área tal como lo menciona (Fernandez, 2013, p. 18).

Teniendo en cuenta la liberación del segmento fijo móvil de los 700Mhz, comprendido entre las frecuencias 698 Mhz a 806 Mhz de la parte alta del espectro UHF, el cual permitirá dar una

mejor cobertura de banda ancha en áreas rurales de baja densidad poblacional y contribuyendo a la reducción de la brecha digital es justificable realizar un estudio de factibilidad que permita la posibilidad de implementar redes de acceso LTE/4G en la banda de los 700 MHz para sectores suburbanos y rurales del país, determinando las ventajas o desventajas que se puede ofrecer, las mismas que son de particular interés para las operadoras de telecomunicaciones.

3. Antecedentes

3.1 Telecomunicaciones a nivel mundial

En el año 2015 la Unión Internacional de las Telecomunicaciones - UIT organismo especializado de las Naciones Unidas para regular las Tecnologías de la Información y la Comunicación – TIC publica datos sorprendentes sobre la evolución de las TIC en los últimos 15 años, indicando el rápido progreso que ha tenido a nivel mundial lo que ha permitido mayor acceso igualitario a la información, al desarrollo y al conocimiento, no obstante estos nuevos datos también ayudan a reflejar a quienes menos se benefician de la tecnología.

Entre los datos más relevantes publicados por la (UIT, 2015) se encuentran que entre el año 2000 y 2015 la penetración de usuarios de Internet ha pasado del 6,5% al 43% de la población mundial; la proporción de hogares con acceso a Internet aumentó del 18% en el 2005 al 46% en 2015; en el mundo en desarrollo sigue habiendo 4000 millones de personas sin acceso a Internet de los cuales 1000 millones viven en países menos adelantados y 851 millones no utilizan Internet; sin embargo se evidencia que existe un crecimiento pausado de la banda ancha fija y a pesar de que sus costos han disminuido, en los países desarrollados se ha estancado mientras que en los menos desarrollados han aumentado ligeramente.

3.2 Mercado de las Telecomunicaciones en el Ecuador

Las telecomunicaciones en el Ecuador a pesar de que ha tenido cambios importantes en los últimos 15 años se presentan como un sector de gran crecimiento para alcanzar la modernización y desarrollo sostenible pero además es considerado como uno de los sectores más atractivos para la inversión. El aumento significativo de la demanda de los servicios de telecomunicaciones ha

obligado a las empresas públicas y privadas ofrecer servicios de diferente tipo siendo estos más exigentes en cuanto a calidad e implementación ante las instituciones de regulación.

El Ecuador en su matriz productiva tiene políticas muy fuertes que ayudan a la ejecución de proyectos de telecomunicaciones para el desarrollo de las TIC y la sociedad de la información, con prestación de servicios de acuerdo a su Plan de Servicio Universal.

De esta forma el Gobierno dentro de su plan de desarrollo gubernamental sostiene que uno de los puntos más importantes para reducir la brecha digital y dar acceso universal en la prestación de servicios es dando cumplimiento a sus objetivos estipulados en el Plan de Desarrollo del Buen Vivir en donde se han establecido para este sector acciones en los que deberá concentrarse en los años de la ejecución del Plan, siendo estos la conectividad, dotación de hardware y el uso de las TIC para la revolución educativa con lo que asegura que la infraestructura para conectividad y telecomunicaciones cubra todo el territorio nacional de manera que toda la sociedad de forma equitativa tenga acceso a Internet entregando competencias para esto al sector público y privado de acuerdo a sus políticas públicas y legislación ecuatoriana.

3.3 Legislación Ecuatoriana

La legislación ecuatoriana en su ley orgánica de telecomunicaciones (LOT) publicada en el Registro Oficial con N° 439 el día miércoles 18 de febrero del 2015 en sus artículos del 88 al 90 indica el plan de acceso y cobertura tecnológica para promover el desarrollo del Ecuador de forma equitativa especialmente en zonas urbano marginales y rurales del país.

En el Documento (Registro Oficial, 2015) se establece: “Artículo 88.- Promoción de la Sociedad de la Información y del Conocimiento”. (p. 24); en donde el Ministerio Rector formulará políticas, planes, programas, etc. destinados principalmente al acceso universal de los

servicios de telecomunicaciones enfocándose en los sectores urbano marginal o rural; así como también en el siguiente “Artículo 89.- Servicio universal”. (p. 24-25) se define a este como una obligación de extender los servicios de telecomunicaciones a todos los habitantes del territorio nacional, independientemente de su condición económica, sociales e incluso de su ubicación geográfica, y de esta forma garantizar un servicio universal que coadyuva a la reducción de la brecha digital existente y mayor accesibilidad a las tecnologías de la información y las comunicaciones.

Y finalmente se puede destacar en su “Artículo 90.- Plan de Servicio Universal”. (p. 25) hace mención al ente que deberá elaborar y aprobar el Plan de Servicio Universal, quien deberá hacer constar los servicios que son considerados como universal y sus áreas geográficas para su prestación dando énfasis a los sectores que registran menos ingresos, así como una menor cobertura de servicios de todo el territorio nacional, enmarcándose siempre dentro de los objetivos del Plan Nacional de Desarrollo.

3.4 Estructura de las Telecomunicaciones en el Ecuador

En el Ecuador la Estructura de las Telecomunicaciones se encuentra establecida actualmente por: El Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información (MINTEL) el mismo que fue creado en el año 2009 mediante Decreto Ejecutivo N° 8 con el fin de contar con un ente rector que coordine acciones que permitan garantizar el acceso y conocimiento igualitario a las TIC (Tecnologías de la Información y Comunicación) impulsando el mejoramiento e incremento de la Infraestructura de Telecomunicaciones, por lo que se establece claramente su objetivo que es: “Coordinar la política del sector de las telecomunicaciones, orientada a satisfacer las necesidades de toda la población” (Gobierno Nacional de la República del Ecuador, 2009).

Como organismos de regulación se encuentra: El ARCOTEL (Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones) vinculada al ente rector, entidad encargada de la administración, regulación y control de las telecomunicaciones; y el Consejo de Regulación y Desarrollo de la Información y Comunicación (CORDICOM) las mismas que tienen entre sus funciones: el control y monitoreo del espectro radioeléctrico y el control de los operadores que exploten servicios de telecomunicaciones, así como también supervisar contratos de concesión en cuanto a cumplimiento y las normas de homologación y regulación, controlar pliegos tarifarios y sobre todo que las telecomunicaciones se desarrollen en un marco de libre competencia estableciendo las respectivas sanciones en los casos que correspondan a quienes incumplan con lo estipulado en la ley o incurran en infracciones estipuladas. (Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones, 2015)

3.5 Datos de cuentas y usuarios del servicio de acceso a Internet en el Ecuador

El sector de telecomunicaciones es un sector de constante crecimiento, debido a la innovación, servicios y avances tecnológicos, ofreciendo a sus clientes una comunicación permanente y en tiempo real entre los usuarios conectados en todo el mundo. El mercado ecuatoriano cuenta con empresas públicas y privadas las cuales brindan servicios de telefonía fija, móvil e Internet, las mismas que se reflejan a continuación con porcentaje de penetración de mercado según las publicaciones de (ARCOTEL, 2016)

Empresas de Internet fijo: CNT EP. ; SETEL S.A; ECUADOR TELECOM S.A.; MEGADATOS S.A; ETAPA EP; PUNTO NET S.A.; SURATEL S.A.; UNIVISA S.A.; TELCONET S.A.

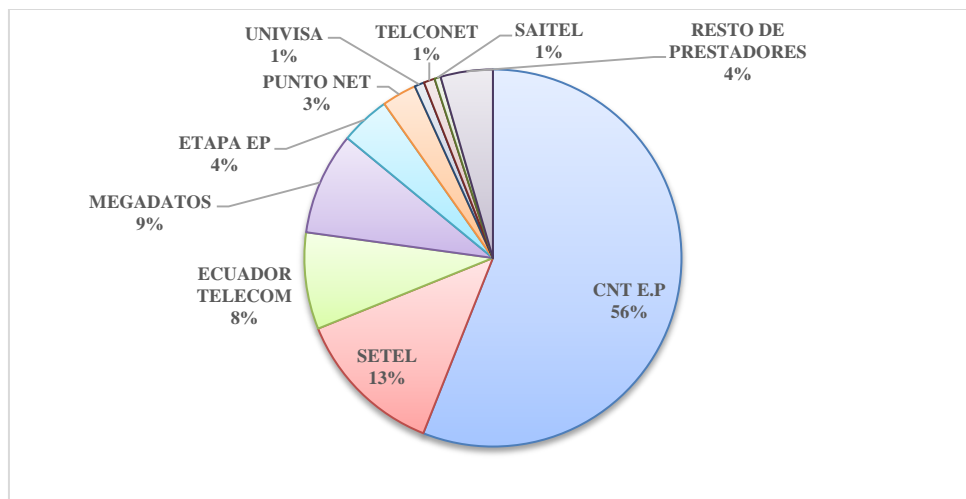


Figura 1 Distribución de Cuentas/Usuarios de Internet Fijo por Prestador
Fuente: SIETEL - ARCOTEL datos actualizados a Diciembre de 2016

Empresas de Internet móvil: CONECEL; OTECEL y CNT EP.

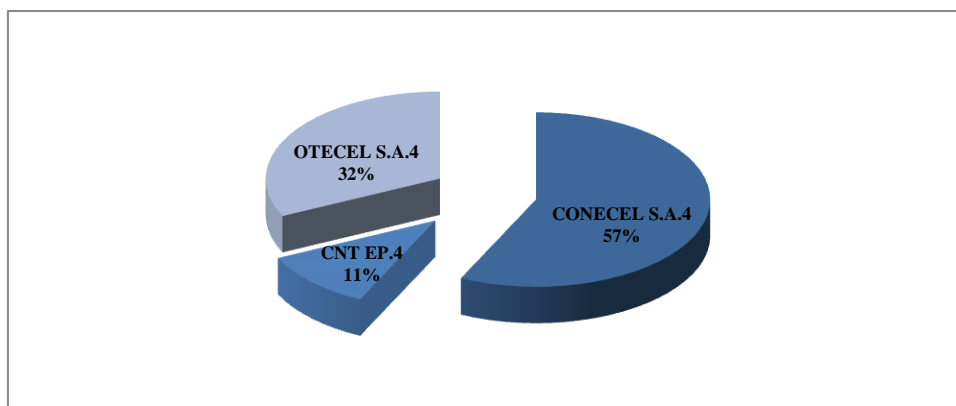


Figura 2 Distribución de Cuentas/Usuarios de Internet Móvil por Prestador
Fuente: SIETEL - ARCOTEL datos actualizados a Diciembre de 2016

Según los datos obtenidos por ARCOTEL los datos sobre abonados y usuarios del servicio de acceso a Internet reflejan que existen provincias en las que su penetración de Internet fijo es muy baja como se puede observar en el siguiente gráfico.

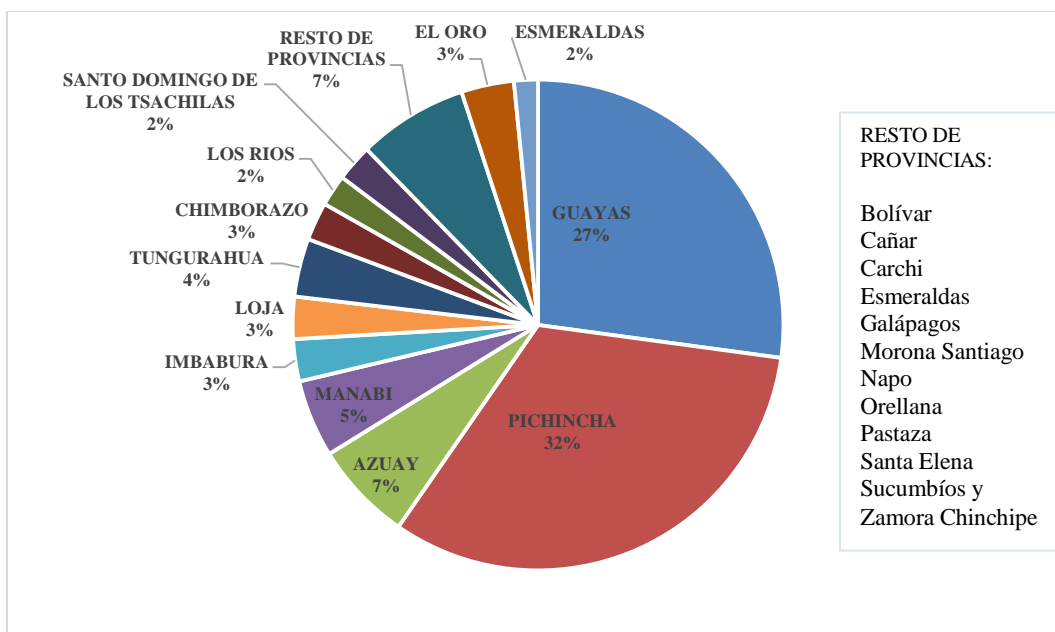


Figura 3 Cuentas de Internet Fijo por Provincia
Fuente: SIETEL - ARCOTEL datos actualizados a Diciembre de 2016;

Sin duda en los últimos años el crecimiento de redes móviles es notorio así como la penetración de internet en el Ecuador mediante estas redes, sin embargo los consumidores de este servicio básico no han dejado de lado su manejo a través de redes fijas que también cuenta con un significativo crecimiento.

En el año 2010 se puede observar que las cuentas de internet fijo superan a las cuentas de internet móvil, siendo lo contrario en el resto de los años; esto debido al despliegue de las tecnologías 3G y 4G las cuales al contar con mayor velocidad en navegación ha incidido en que las personas cuenten con gran acceso a los dispositivos móviles atraídos por la oferta de contenidos y redes sociales.

Se muestra a continuación los Usuarios Internet fijo y móvil por cada 100 habitantes, cifras publicadas por ARCOTEL

Tabla 1*Cuentas Internet Fijo y Móvil**Fuente:* SIETEL - ARCOTEL datos actualizados a Diciembre de 2016

Año	2010	2011	2012	2013	2014	2015	dic-16
Internet Fijo	3,35%	4,47%	5,98%	6,88%	8,25%	9,16%	9,76%
Internet Móvil	2,35%	10,48%	22,15%	26,66%	30,79%	34,97%	47,04%

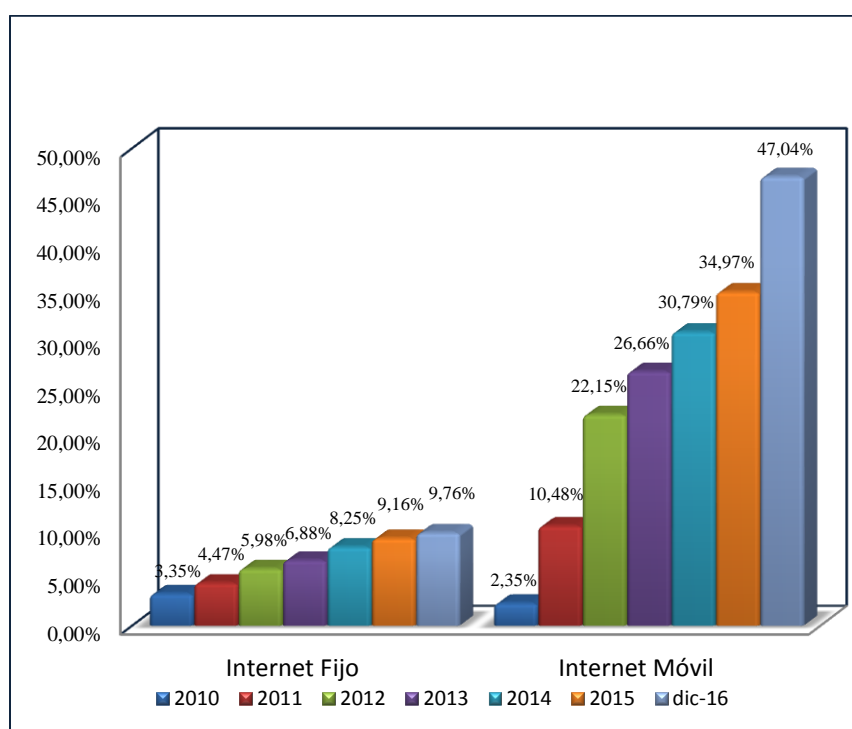


Figura 4 Cuentas Internet Fijo y Móvil por cada 100 habitantes
Fuente: SIETEL - ARCOTEL datos actualizados a Diciembre de 2016

En el país los sectores privados y públicos han intensificado el deseo de impulsar el desarrollo de las comunicaciones, así como el aprovechar las oportunidades que las nuevas tecnologías de telecomunicaciones ofrecen, es así que el Estado Ecuatoriano dentro del Plan Nacional del Buen

Vivir (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2013, págs. 320-321) considera como un elemento importante a la velocidad en el acceso a Internet, debido a que el país desde el año 2012 hasta el año 2016 el crecimiento a nivel nacional del porcentaje de los hogares con acceso a internet ha sido de 13,5 puntos, siendo notorio una gran brecha entre el área urbana y rural, sin embargo a pesar de que ha existido un crecimiento hay que considerar según datos del INEC solo el 36% de los hogares a nivel nacional tienen acceso a internet, se muestra a continuación el porcentaje de hogares según área geográfica con acceso a internet.

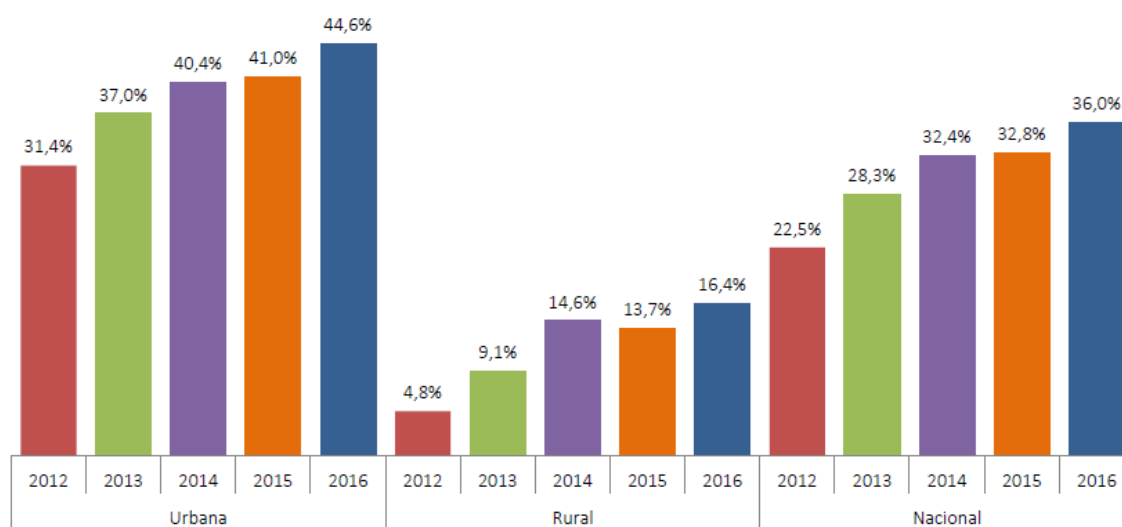


Figura 5 Porcentaje de hogares según área con acceso a Internet (2012-2016)

Fuente: Encuesta Nacional de Empleo Desempleo y Subempleo – ENEMDU (2012 – 2016) Elaborado por: INEC

Ante estas cifras el Gobierno establece a través del Plan Nacional de Desarrollo de Banda Ancha acciones estatales en la que debe concentrarse para los próximos años como conectividad, dotación de hardware y el uso de las TIC para la revolución educativa, con lo que asegura que la infraestructura para conectividad y telecomunicaciones cubra todo el territorio nacional de

manera que toda la sociedad de forma equitativa tenga acceso a Internet entregando competencias al sector público y privado.

Para lo cual el Estado Ecuatoriano tiene objetivos e indicadores de resultados fijados en su Programa Nacional de Desarrollo de Banda Ancha (Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información, 2012, págs. 47-48)

Objetivos

Mejorar la calidad de vida de los ecuatorianos mediante el uso, introducción y apropiación de las nuevas tecnologías de información y comunicación.

Incrementar el uso y apropiación de las TIC en Educación y en todos los sectores productivos de la sociedad, como Salud, Seguridad, MIPYMES, Servidores Públicos etc.

Impulsar el despliegue de redes y servicios a nivel nacional creando condiciones de mercado para el desarrollo de Banda Ancha.

Indicadores de Resultados

Al 2016 triplicar el número de conexiones a Banda Ancha.

Al 2017 alcanzar al menos el 75% de la población ecuatoriana con acceso a Banda Ancha.

Teniendo como antecedentes las innovaciones tecnológicas, los objetivos e indicadores ambiciosos del Estado se propone el despliegue enfocado a sectores rurales de una red inalámbrica LTE de cuarta generación APT 700 por su bajo costo, ahorro en la no creación de nueva infraestructura de acceso de planta externa considerando sus cortos tiempos de implementación y gran capacidad para dar servicios de Internet de Banda Ancha, supliendo necesidades de cobertura y bajas velocidades de servicios CDMA 450 existentes en estos lugares.

4. Objetivos

Objetivo General:

Determinar la factibilidad del servicio de Internet fijo inalámbrico, a través de la Tecnología LTE en la banda de los 700MHz en zonas rurales del Ecuador.

Objetivos Específicos:

1. Realizar un estudio de la tecnología LTE/4G en la banda de los 700MHz para brindar el servicio de Internet fijo inalámbrico.
2. Identificar el tamaño del mercado ecuatoriano para el servicio de la tecnología LTE/4G en la banda de los 700MHz.
3. Determinar los requisitos técnicos y funcionalidades para la implementación del servicio de Internet fijo inalámbrico LTE/4G en la banda de los 700MHz.
4. Efectuar un análisis comparativo del equipamiento requerido para brindar el servicio de Internet fijo inalámbrico, considerando diferentes vendors.
5. Establecer un presupuesto económico referencial para la implementación de un servicio de Internet fijo inalámbrico LTE/4G en la banda de los 700MHz.

5. Desarrollo Caso de Estudio

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo realizar un estudio de la arquitectura, características y los beneficios que presenta una red LTE/4G en la banda de los 700MHz para la prestación de un servicio fijo de Internet inalámbrico en zonas rurales del Ecuador.

En el año 2016, en el país el 36% de los hogares tienen acceso a internet y el 11,15% de las personas en el Ecuador son analfabetas digitales, datos según la Encuesta Nacional de Empleo Desempleo y Subempleo – ENEMDU (2012 - 2016) elaborada por el (INEC) entre sus datos más relevantes publicados son:

“De las personas que usan Internet a nivel nacional, el 54,1% accede desde su hogar. En el área urbana se mantiene el hogar como lugar de uso con el 59,5%, mientras el mayor porcentaje de población del área rural lo usa en centros de acceso público con el 36,8%.

De los hogares que tienen acceso a Internet, el 24,5% accede a través de algún medio inalámbrico, 4,0 puntos más que en 2012; el 31,6% lo hace a través de Cable/Banda Ancha y el 44% mediante Módem, teléfono.”

La tendencia de las estadísticas en los últimos 5 años refleja una clara diferencia de porcentaje de acceso a internet dependiendo del sector de donde se analicen los datos; teniendo datos del 44,6% del sector urbano y el 16,4% en el sector rural con acceso a este servicio, esto básicamente se debe a diferentes factores como la ubicación geográfica y el poder adquisitivo en estas zonas; otro factor importante está relacionado con la edad y la forma en la que acceden a este servicio; la población adulta mientras más edad no accede a estos servicios de la misma manera que la población joven; así también las cifras muestran que en el sector rural la población accede a internet a través de centros de acceso público, mientras que en el sector urbano lo hacen

desde sus hogares, por lo que se espera que estos datos se equiparen y la población de estos sectores rurales puedan acceder a internet en el momento que necesiten y no solamente por cuestiones estrictamente necesarias.

Según datos de la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL) el acceso a internet por cada 100 habitantes a diciembre del 2016 es de 56,80%; se espera un aumento del 2% para el primer trimestre del 2017 contando de esta forma con más de 32 mil usuarios y 500 mil cuentas de internet fijo y móvil.

La velocidad de acceso para el servicio de Internet fijo inalámbrico es un aspecto muy importante a considerar, ya que el servicio de banda ancha también es concebido dentro del desarrollo digital de un país como uno de los principales componentes de conectividad. Como solución efectiva para estas desigualdades, el despliegue de la tecnología de LTE en la banda de 700 MHz en zonas rurales es necesario para el cumplimiento de los objetivos del Plan Nacional de Banda Ancha (CONATEL, pág. 3).

5.1 Estudio de la tecnología LTE/4G en la banda de los 700MHz para brindar el servicio de Internet fijo inalámbrico

En 1998 nace 3GPP (3rd Generation Partnership Project) con el objetivo de especificar la red 3G, siendo estas las bases para las especificaciones de LTE. Adicional se encarga de mantener y desarrollar las especificaciones de GERAN (GSM EDGE RAN).

La red de acceso de radio (RAN) se organiza en cinco grupos de trabajo: capa física (WG1), capas 2 y 3 (WG2), interfaces fijos de la red de acceso (WG3), aspectos de RF y RRM (WG4) y conformidad de terminales (WG5) especificados en el marco del TSG RAN

Los documentos del 3GPP se estructuran en Releases, cada una de ellas caracterizada por la incorporación de un conjunto de funcionalidades destacadas en relación a la versión anterior. Así, la que se llamó R99 (por el hecho de que se congeló en diciembre de 1999) supuso el primer conjunto de especificaciones UMTS. Seguidamente, tras la llamada R4, se completó en marzo de 2002 la R5 que incluye por ejemplo HSDPA. Tres años después se incorpora HSUPA así como MBMS en R6. En la R7 (septiembre de 2007) se incluye HSPA+, mientras que LTE se asocian ya a R8 y posteriores. (Augusti, Bernardo, Casadevall, Ferrús, Pérez, & Sallent, pág. 46).



Figura 6 Evolución de la tecnología móvil.

Fuente: Tomado de Augusti, R., Bernardo, F., Casadevall, F., Ferrús, R., Pérez, J., & Sallent, O. (2010). LTE: Nuevas Tendencias en Comunicaciones Móviles. Fundación Vodafone España, 21

Long Term Evolution (LTE) que en español se traduce como Evolución a largo plazo, es un estándar para comunicaciones inalámbricas de transmisión de datos de alta velocidad para redes de telecomunicaciones móviles. Es un estándar definido para unos como 3.9G evolucionado de las normas del protocolo 3GPP UMTS (3G) y para otros como un nuevo concepto de arquitectura evolutiva (4G).

La red de acceso inalámbrico en LTE, se destaca por su interfaz radioeléctrica basada en OFDMA (Acceso Múltiple por División de Frecuencias Ortogonales), para el enlace descendente (Down Link) y SC-FDMA (Acceso Múltiple por División de Frecuencia de Portadora Única) para el enlace ascendente (UpLink).

La modulación elegida por el estándar 3GPP hace que las diferentes tecnologías de antenas (MIMO) tengan una mayor facilidad de implementación.

5.1.1. Arquitectura del Sistema LTE.

LTE sigue el mismo esquema de los sistemas anteriores (2G / 3G), adaptándose a la arquitectura genérica descrita por el 3GPP, donde de manera general se divide en: Equipo de Usuario, Red de Acceso y Red Troncal.

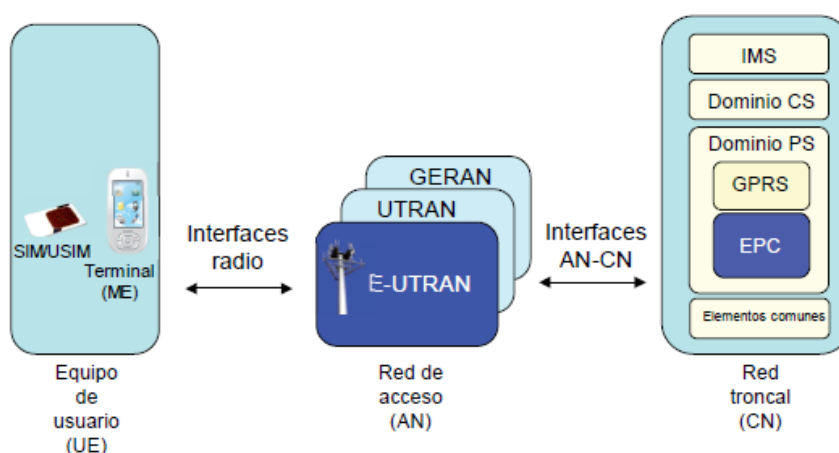


Figura 7 Arquitectura comparativa entre GSM, 3G y LTE.

Fuente: Tomado de Augusti, R., Bernando, F., Casadevall, F., Ferrús, R., Pérez, J., & Sallent, O. (2010). LTE: Nuevas Tendencias en Comunicaciones Móviles. Fundación Vodafone España, 58

Componentes de la Arquitectura LTE.

La arquitectura LTE consta de dos redes: E-UTRAN y EPC.

Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN) - Que en español quiere decir “Red de Acceso Radio Terrestre Universal Evolucionado” consta de un solo componente, el Nodo B evolucionado (eNodeB).

El eNodeB se comunica con el equipo de usuario (UE) y con el Core (EPC), por lo que combina las funciones de un Nodo B y un Controlador de Red de Radio (RNC) de la red 3G.

Evolved Packet Core (EPC) – Que en español es “Red Troncal de Paquetes Evolucionado”, es una red totalmente IP conformada de cuatro componentes:

Serving Gateway (SGW)- punto de interconexión entre el equipo del usuario y el core.

Packet Data Network Gateway (PDNGW) – punto de interconexión entre el core y las redes externas.

Mobility Management Entity (MME) - gestión de la movilidad y el control de la sesión.

Policy and Charging Rules Function (PCRF) – control de la política de tarificación.

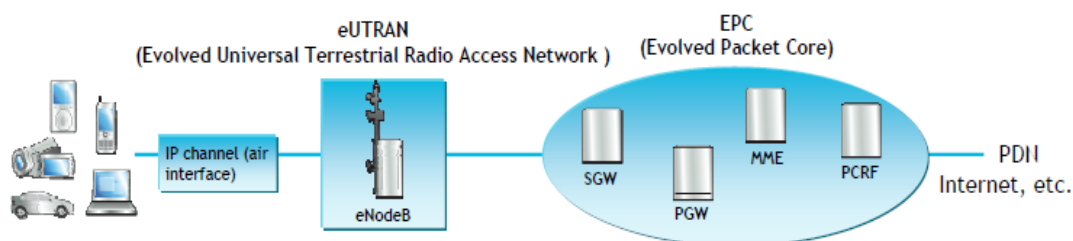


Figura 8 Componentes de la Arquitectura LTE.

Fuente: Alcatel Lucent. Recuperado de http://wikitel.info/wiki/Long_Term_Evolution.

Arquitectura E-UTRAN.

La red de acceso E-UTRAN está formada por eNodeB's que proporcionan el acceso de los equipos de usuario (UE) al core (EPC).

Un importante avance del acceso E-UTRAN es la eliminación del equipo controlador de la red de radio (RNC en UMTS), con lo cual se ha reducido costos y complejidad de los equipos; trasladando las funciones de control de recursos de radio, control de calidad de servicio y movilidad al nuevo NodeB, llamado evolved NodeB.

A través de una red IP todos los eNodeB se conectan al EPC y se pueden comunicar unos a otros por medio del protocolo de señalización SS7 sobre IP. Los esquemas de modulación empleados son QPSK, 16-QAM y 64-QAM.

Un eNodeB por medio de la interfaz E-UTRAN Uu se comunica con el equipo de usuario (UE), a través de la interfaz S1 con el Core (EPC) y con la interfaz X2 con otros eNodeB.

Por medio del eNodeB se gestiona la interfaz de radio y se monitorea y optimiza los protocolos tanto del plano de usuario como del plano de control. (Augusti, Bernardo, Casadevall, Ferrús, Pérez, & Sallent, pág. 44).

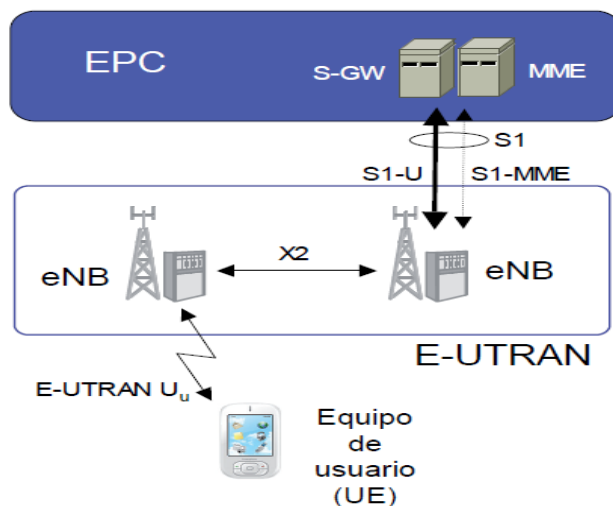


Figura 9 Red de Acceso E-UTRAN.

Fuente: Tomado de Augusti, R., Bernardo, F., Casadevall, F., Ferrús, R., Pérez, J., & Sallent, O. (2010). LTE: Nuevas Tendencias en Comunicaciones Móviles. Fundación Vodafone España, 63

Interfaces DE E-UTRAN.

Interfaz E-UTRAN Uu, también denominada LTE Uu o simplemente interfaz radio LTE, permite la transferencia de información por la interface aire entre el eNodeB y los equipos de

usuario (UE). En el eNodeB se implementan todas las funciones y protocolos necesarios para realizar el envío de datos y el manejo eficiente de los recursos de radio de la interfaz E-UTRAN Uu . .

Interfaz S1, el eNodeB por medio de la interfaz S1 se conecta al Core, esta interfaz dependiendo de su funcionalidad se divide en dos: para el plano de control se denomina S1 MME o S1-C y para el plano de usuario se denomina S1-U.

Una característica importante en la Red LTE es la separación entre el plano de control y el plano de usuario, ya que los protocolos asociados al plano de usuario se refiere al envío de tráfico de usuario; los protocolos necesarios para sustentar las funciones y procedimientos a fin de gestionar la operación de dicha interfaz o de la entidad correspondiente se refiere al plano de control.

Mediante la separación de la interface S1 en plano de control y plano de usuario, permite conectar el eNodeB con dos elementos diferentes del core. Así, mediante la interfaz S1-MME, el eNodeB se comunica con el MME, unidad encargada de mantener las funciones relacionadas con el plano de control, y por medio de la interfaz S1-U el eNodeB se comunica con el S-GW, entidad encargada de procesar el plano de usuario.

Esta separación de planos, permite dimensionar de forma independiente los recursos necesarios para el envío de la señalización del sistema dentro del plano de control, así como los recursos necesarios para soportar el envío de tráfico de usuario. (Augusti, Bernardo, Casadevall, Ferrús, Pérez, & Sallent, pág. 64).

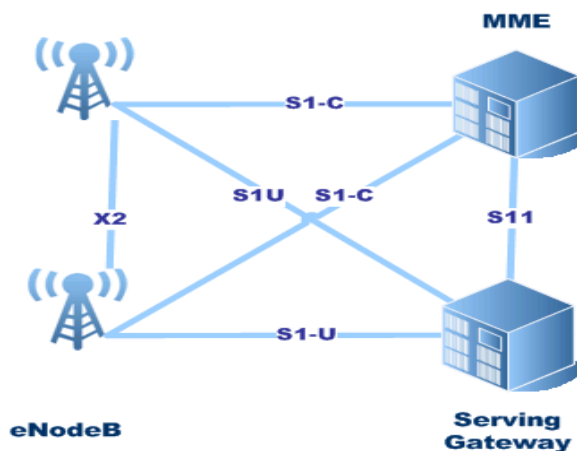


Figura 10 Separación entre plano de control y de usuario.
 Fuente: Tomado de RCR Wireless (2014). Recuperado de <http://www.rcrwireless.com/20140509/diameter-signaling-controller-dsc/lte-mme-epc#prettyPhoto>

Interfaz X2, a través de esta interfaz, los eNodeB se pueden conectar entre sí; permitiendo una gestión más eficiente de los recursos de radio, a través del intercambio de mensajes de señalización; de igual manera facilita el tráfico de usuarios entre eNodeB por medio del proceso de handover.

Protocolos de la interfaz radio de E-Utran.

La entrega de paquetes IP entre el eNodeB y el equipo de usuario (UE) a través de la interfaz radio, se esquematiza por medio de una torre de protocolos formada por una capa de enlace y una capa física. Tanto el user plane como el control plane utilizan los mismos protocolos en la capa de enlace y en la capa física.

Los protocolos utilizados en la interfaz de radio se muestran a continuación:

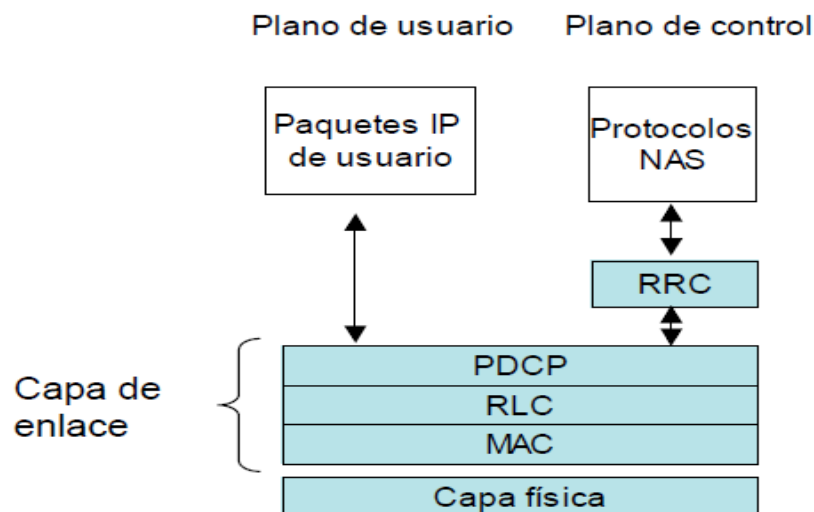


Figura 11 Protocolos de la Interface de radio E-UTRAN.
Fuente: Tomado de Augusti, R., Bernando, F., Casadevall, F., Ferrús, R., Pérez, J., & Sallent, O. (2010). LTE: Nuevas Tendencias en Comunicaciones Móviles. Fundación Vodafone España, 72

Cada protocolo se encarga de un conjunto de funciones específicas a fin de precisar la dimensión de los paquetes de datos, cabeceras y colas que se intercambian entre entidades remotas.

PACKET DATA CONVERGENCE PROTOCOL (PDCP) encargado de proporciona el punto de acceso al servicio de portador de radio (RB, Radio Bearer), ya que constituye la capa superior de la torre de protocolos. Es decir, la capa PDCP proporciona el servicio de transferencia de datos a fin de entregar y recibir los paquetes IP del tráfico de usuario, siendo sus funciones principales la compresión de cabeceras de los paquetes IP y el cifrado de la información para garantizar su integridad y confidencialidad.

El paquete IP enviado es reconocido gracias a que la capa PDCP agrega una cabecera con un número identificativo y secuencial, misma que permite realizar una entrega ordenada de los

paquetes IP en el extremo receptor así como detectar posibles duplicados de los paquetes IP (ocasionados por ejemplo en un proceso de handover). Cada servicio portador radio tiene una entidad PDCP asociada. (Augusti, Bernardo, Casadevall, Ferrús, Pérez, & Sallent, pág. 71).

RADIO LINK CONTROL (RLC), esta capa ayuda a transmitir de forma seguro los paquetes IP PDCP entre el eNodeB y equipo de usuario (UE). Para cumplir con este objetivo la capa RLC cumple con funciones como: concatenación, segmentación y re-ensamblado, detección y corrección de errores mediante mecanismos (ARQ) Automatic Repeat ReQuest, entrega ordenada de paquetes PDCP a capas superiores excepto durante el mecanismo de handover, detección de duplicados en el protocolo. Cada servicio de portador de radio tiene una entidad RLC asociada. (Augusti, Bernardo, Casadevall, Ferrús, Pérez, & Sallent, pág. 71).

MEDIUM ACCESS CONTROL (MAC), existe una MAC única por cada celda, encargada de controlar el acceso al canal de radio, brindando canales lógicos a la capa RLC para la transferencia de información.

La MAC soporta funciones de scheduling dinámico entre equipos de usuario atendiendo a prioridades, en los canales de transporte ofrecidos por la capa física multiplexa los paquetes RLC de diferentes servicios (un canal de transporte puede ser compartido por varios servicios portadores de uno o varios equipos de usuario) y realiza un control de errores mediante Hybrid ARQ (HARQ).

La capa física. Es la capa encargada de efectuar propiamente dicha la transmisión de datos por medio del canal radio. Admite funciones de codificación de canal, modulación, procesado asociado a las técnicas de múltiples antenas de transmisión y recepción, mapeo de la señal a los recursos físicos en frecuencia y tiempo apropiados. En el enlace ascendente la capa física se basa

en un esquema SC-FDMA (acceso múltiple por división de frecuencia de portadora única), mientras que, en el enlace descendente el esquema de transmisión es OFDMA (acceso múltiple por división de frecuencias ortogonales). Los servicios de transferencia que la capa física ofrece a la capa MAC se denominan canales de transporte. (Augusti, Bernardo, Casadevall, Ferrús, Pérez, & Sallent, pág. 71).

RADIO RESOURCE CONTROL (RRC), esta capa permite establecer una conexión de control entre el eNodeB y el equipo de usuario (UE), por medio de esta se lleva a cabo un número significativo de funciones relacionadas a la gestión para la mantener operativa la interfaz radio. Entre las funciones de la capa RRC se destaca: los mecanismos de gestión en la señalización para el establecimiento, liberación, modificación de las condiciones de radio; la difusión (broadcast) de parámetros de sistema; el soporte de funciones de movilidad (señalización de handover), y funciones de aviso de los terminales que no disponen de una conexión RRC establecida (envío de avisos a través del canal de paging).

El servicio de transferencia que ofrece la capa PDCP para el envío de los mensajes de señalización del protocolo RRC se denomina servicio portador de señalización (Signalling Radio Bearer, SRB). (Augusti, Bernardo, Casadevall, Ferrús, Pérez, & Sallent, pág. 72).

SEÑALIZACIÓN DE LOS PROTOCOLOS NAS, los protocolos NAS se desarrollan desde el equipo MME del core (EPC) hasta el equipo del usuario (UE). Los mensajes de estos protocolos se transportan encapsulados dentro del segmento de datos de los mensajes RRC de forma transparente por la interfaz radio. Las principales funciones de los protocolos NAS son: autenticación, autorización, gestión de movilidad de los terminales que no tienen una conexión

RRC establecida y gestión de los servicios portadores de la red EPS. (Augusti, Bernardo, Casadevall, Ferrús, Pérez, & Sallent, págs. 71,72).

Para soportar las interfaces S1 y X2 en el segmento E-UTRAN, la estructura de protocolos establece una separación entre la capa de la red de radio (Radio Network Layer, RNL) y la capa de la red de transporte (Transport Network Layer, TNL), teniendo como objetivo principal aislar las funciones que son específicas de cada segmento de red. De esta forma, los protocolos específicos de la red de acceso de radio constituyen la capa RNL, mientras que la capa TNL alberga los protocolos utilizados para transportar la información de la capa RNL hacia los equipos la red. (Augusti, Bernardo, Casadevall, Ferrús, Pérez, & Sallent, pág. 73).

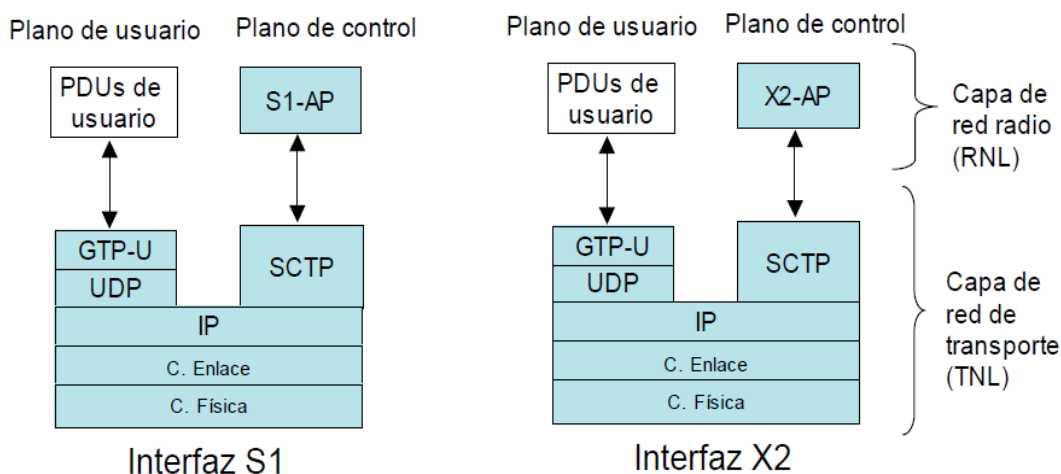


Figura 12 Arquitectura de Protocolos de la Interface S1 y X2.

Fuente: Tomado de Augusti, R., Bernardo, F., Casadevall, F., Ferrús, R., Pérez, J., & Sallent, O. (2010). LTE: Nuevas Tendencias en Comunicaciones Móviles. Fundación Vodafone España, 73

A continuación se menciona un resumen de las entidades de red e interfaces de E-UTRAN con sus respectivas especificaciones del 3GPP.

Entidades de red	Denominación	Descripción	Referencias 3GPP ¹⁾
	Evolved NodeB (eNB)	Estación base de la red de acceso E-UTRAN	TS 36.300 [4] TS 36.401 [5]
Interfaces	Denominación	Entidades de red asociadas	
	E-UTRAN Uu (también denominada LTE Uu o interfaz radio)	eNB UE	TS 36.300 [4] Documentos TS 36.2xx Y TS 36.3xx
	X2	eNB eNB	Documentos TS 36.42x TS 29.281 [26]
	S1-MME	eNB Red troncal EPC (MME)	Documentos TS 36.41x
	S1-U	eNB Red troncal EPC (S-GW)	TS 29.281 [26]

Figura 13 Especificaciones 3GPP Interfaces y Entidades E_UTRAN.

Fuente: Tomado de Augustí, R., Bernando, F., Casadevall, F., Ferrús, R., Pérez, J., & Sallent, O. (2010). LTE: Nuevas Tendencias en Comunicaciones Móviles. Fundación Vodafone España, 64

Arquitectura EPC.

El EPC (Evolved Packet Core), fue introducido por primera vez por el 3GPP en su estándar del Release 8.

El sistema LTE es totalmente IP de inicio a fin desde el dispositivo móvil hasta Internet, un EPC es esencialmente para liberar servicios IP.

El EPC se compone de cuatro elementos de red: el servicio de pasarela (GW Servir), el PDN Gateway (PDN GW), el MME y el HSS. El EPC está conectado a las redes externas, que pueden incluir el IP Multimedia Core Network Subsystem (IMS).

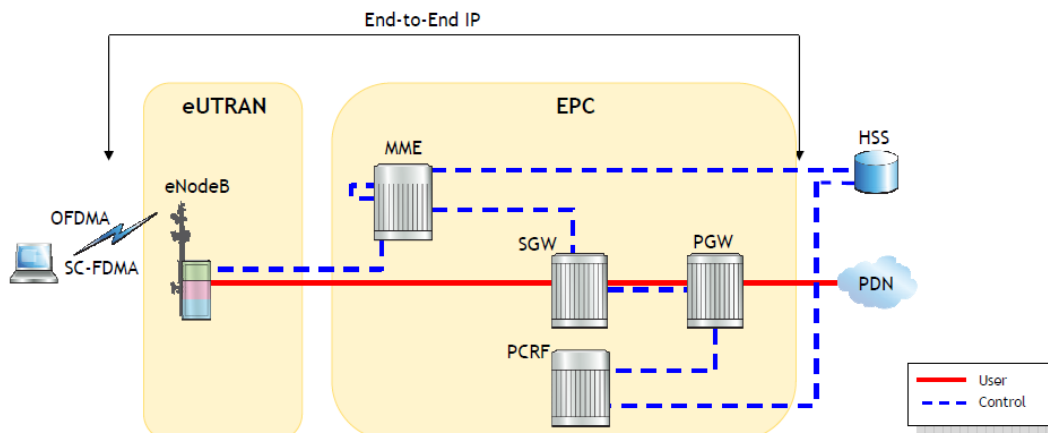


Figura 14 Diseño del EPC.

Fuente: Tomado de 3GPP EPC. Recuperado de <http://www.3gpp.org/technologies/keywords-acronyms/100-the-evolved-packet-core>

Con el objetivo de explotar las nuevas capacidades que maneja la red de acceso E-UTRAN, el Core (EPC) posee una arquitectura de red mejorada, la cual ha sido diseñada para brindar un servicio de conectividad totalmente IP. Así como la interoperabilidad entre redes 3GPP (UTRAN y GERAN) y redes no 3GPP (cdma2000, WiMAX, 802.11).

Las especificaciones del estándar que describen completamente la red LTE son los documentos 3GPP TS 23.401 y 3GPP TS 23.402. En particular, en la especificación TS 23.401 cubre la red de acceso e-UTRAN y EPC, la especificación TS 23.402 extiende la arquitectura de la red troncal EPC para soportar el acceso a través de otras redes no 3GPP (3GPP).

5.1.2. Espectro RADIOELÉCTRICO en 700Mhz.

El estudio prevé que la banda de 700 MHz en el esquema de canalización de Asia Pacífico o APT (banda 28), seleccionado por la mayoría de los gobiernos de la región, contará con importante economía de escala a nivel global, lo que asegurará la variedad y asequibilidad del equipamiento de red y dispositivos móviles.

En la actualidad, tres países en América Latina ya cuentan con servicios en la banda de 700 MHz (Bolivia, Ecuador y Panamá), en tanto que ocho países se encuentran en proceso de asignación de esta banda.

En Ecuador el espectro radioeléctrico de los 700 MHz se encuentra inmerso dentro de la banda comprendida entre los 698 MHz a los 806 MHz.

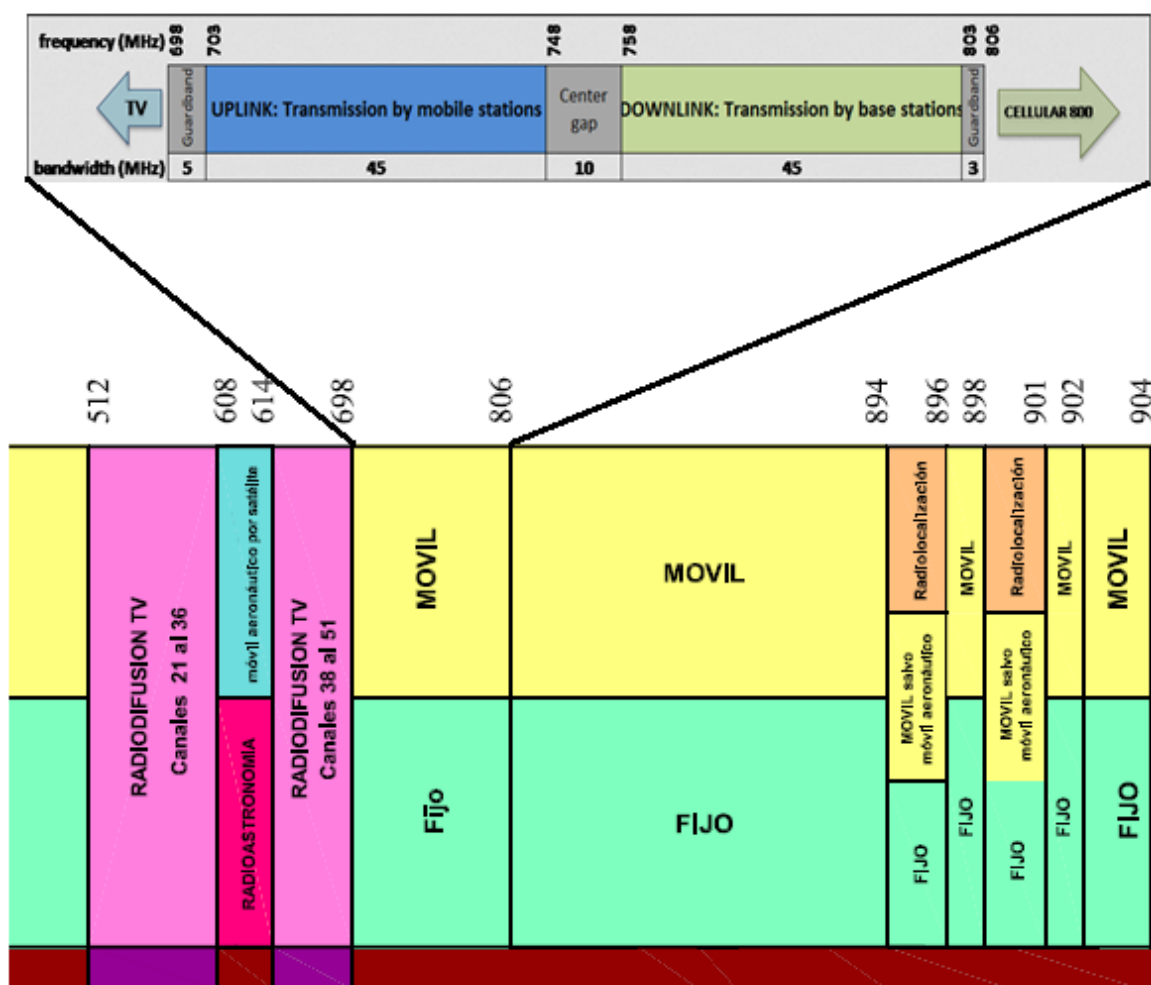


Figura 15 Atribución de Bandas de Frecuencia.

Fuente: Tomado de ARCOTEL (2012) Recuperado de <http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/04/CNDF-2012.pdf>

Características técnicas de la banda de 700 MHz.

El gran alcance de cobertura y su grado de penetración, hace que la frecuencia de 700MHz cuente con características técnicas apropiadas para brindar servicios inalámbricos en localidades rurales, y ofrecer altas velocidades de acceso en el interior de viviendas donde se establece la mayoría de comunicaciones.

Esto permite un despliegue eficiente de infraestructura en comunidades y poblaciones que actualmente carecen de Internet a altas velocidades; como lo menciona (Otero, 2015);

“La banda de 700 MHz permite llevar de forma rápida servicios de banda ancha móvil con velocidades superiores a los 10 Mbps a localidades que en la actualidad no cuentan con otra alternativa para acceder a Internet. Estas velocidades proveen una gran oportunidad a los gobiernos de la región, como en nuestro país para impulsar sus programas de conectividad e incrementar el número de personas que pueden beneficiarse de iniciativas de tele-educación, tele-medicina o gobierno electrónico”.

En varios Países del Caribe y Bolivia optaron por elegir el modelo de espectro estadounidense, el cual difiere de APT 700 volviéndolos incompatibles con mercados fronterizos en el caso de Bolivia.

A continuación se muestra la gráfica de los países con su respectiva canalización optada en 700 Mhz.

	Definición	Adjudicado / Subasta	En servicio
Argentina	700 MHz APT	Si	No
Bolivia	700 MHz USA	Si	Entel y Tigo
Brasil	700 MHz APT	Si	No
Chile	700 MHz APT	Si	No
Colombia	700 MHz APT	No	No
Costa Rica	700 MHz APT	No	No
Ecuador	700 MHz APT	Si	CNT
El Salvador	No	No	No
Guatemala	700 MHz	No	No
Honduras	No	No	No
Nicaragua	700 MHz USA	Adjudicado	No
México	700 MHz APT	Red Mayorista	No
Panamá	700 MHz APT	si	C&W y Movistar
Paraguay	No	No	No
Perú	700 MHz APT	No	No
Uruguay	700 MHz	No	No
Venezuela	700 MHz APT	No	No

Figura 16 Adjudicación de la Banda de los 700Mhz en América Latina.

Fuente: Tomado de 4G Américas (2015) Recuperado de http://www.4gamericas.org/files/3914/4053/6091/Adjudicacin_de_Espectro_Radioelctrico_en_700_MHz_en_Amrica_Latina_Agosto2015.pdf, 7

Ventajas de cobertura de la banda de 700 MHz.

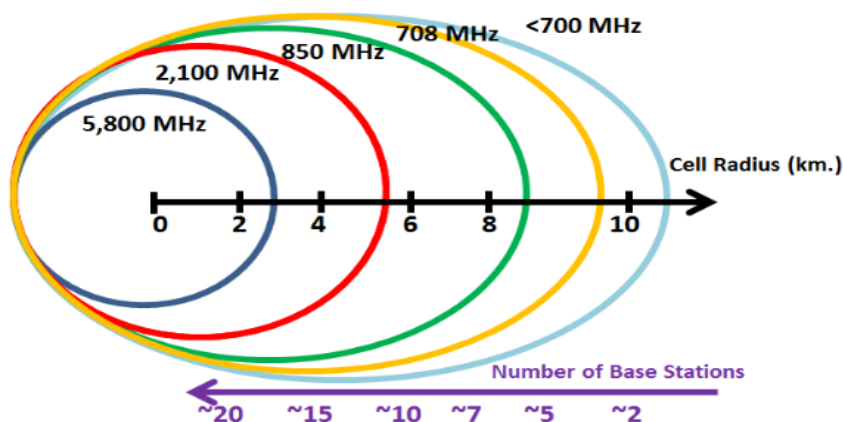


Figura 17 Ventaja de cobertura de la banda 700Mhz.

Fuente: Tomado de 4G Américas (2015) Recuperado de http://www.4gamericas.org/files/3914/4053/6091/Adjudicacin_de_Espectro_Radioelctrico_en_700_MHz_en_Amrica_Latina_Agosto2015.pdf

En la Figura 17 se muestra la propagación de cada frecuencia, versus el número de radio bases para cubrir un radio de cobertura, donde se observa que con dos radio bases dentro de la banda de frecuencia de 700 MHz se puede llegar a cubrir 10 kilómetros, frente al uso de diez radio bases para brindar una cobertura de cuatro kilómetros en la banda de frecuencia AWS (1700/2100 MHz). (4G Américas, 2015, pág. 5).

Siendo la frecuencia de 700Mhz menor a las utilizadas actualmente en los sistemas celulares (850Mhz, 1900Mhz, 1700-2100Mhz), le consigue una mejor propagación; logrando abarcar una área de cobertura geográfica mayor con menor cantidad de radio bases, permitiendo así un ahorro económico en la implementación de la red.

El compromiso de las grandes empresas de telecomunicaciones a nivel mundial, sobre el desarrollo de la infraestructura y dispositivos dentro de la banda 28 APT, es la diferencia de LTE 700 con los fracasos experimentados por WiMAX en 3.5 GHz o CDMA en 450 MHz.

Para el año 2020, 6.000 millones de personas en el mundo estarán cubiertas por redes de banda ancha móvil desplegadas en 700 MHz, de acuerdo con proyecciones de Alcatel-Lucent (actualmente Nokia). De este total, cerca de 4.000 millones en Asia y América Latina estarán alcanzadas por redes en 700 MHz en la banda 28. Esta cifra convierte a la canalización 700 MHz APT elegida por Ecuador como la de mayor economía de escala a nivel global. (4G Américas, 2015)

Adjudicación de espectro radioeléctrico LTE para el desarrollo de la banda ancha en el Ecuador.

El Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL) resolvió otorgar a la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT) operadora estatal, la autorización para ofertar servicios 4G con la tecnología LTE, además le concesionó para este fin un ancho de banda de 30 MHz de espectro en la banda de 700 MHz, y 40 MHz de espectro en la banda de 1700 – 2100 MHz (AWS, Advanced Wireless Service) para iniciar con el despliegue de esta tecnología.

En diciembre de 2013 se oficializó el lanzamiento del servicio por parte de la operadora estatal; cubriendo inicialmente las ciudades de Quito y Guayaquil.

El Consejo Nacional de Telecomunicaciones (2 de febrero de 2015) aprobó la asignación de 50 MHz adicionales a Movistar para el despliegue de su red LTE en la banda de 1900 MHz.

El Consejo Nacional de Telecomunicaciones aprobó la concesión de 60 MHz de frecuencias adicionales para Claro, 40 MHz en la banda de 1700 para 4GLTE y 20 MHz en la banda de 1900 para tecnología actual, acogiendo las solicitudes que la empresa ha presentado desde el año 2010.

5.2 Tamaño del mercado ecuatoriano para el servicio de la tecnología LTE/4G en la banda de los 700MHz.

Para el caso de estudio planteado es necesario identificar el tamaño del mercado ecuatoriano enfocado en el sector rural, de esta forma se recopilan los siguientes datos obtenidos del último censo realizado en el año 2010.

Tabla 2
Población Ecuatoriana según Provincia por Área Geográfica

PROVINCIA	URBANO	RURAL
Azuay	380.445	331.682
Bolívar	51.792	131.849
Cañar	94.525	130.659
Carchi	82.495	82.029
Cotopaxi	120.970	288.235
Chimborazo	187.119	271.462
El Oro	464.629	136.030
Esmeraldas	265.090	269.002
Guayas	3.080.055	565.428
Imbabura	209.780	188.464
Loja	249.171	199.795
Los Ríos	415.842	362.273
Manabí	772.355	597.425
Morona Santiago	49.659	98.281
Napo	35.433	68.264
Pastaza	36.927	47.006
Pichincha	1.761.867	814.420
Tungurahua	205.546	299.037
Zamora Chinchipe	36.163	55.213
Galápagos	20.738	4.386
Sucumbíos	73.040	103.432
Orellana	55.928	80.468
Santo Domingo	270.875	97.138
Santa Elena	170.342	138.351
Zonas No Delimitadas		32.384
TOTAL	9.090.786	5.392.713

Fuente: Censo de Población y Vivienda (CPV) 2010

Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC)

Elaborado por: Unidad de Procesamiento (UP) de la
Dirección de Estudios Analíticos Estadísticos (DESAE)

Según el último censo realizado en el año 2010 la población total del Ecuador es de 14'483.499 de habitantes; de los cuales el 62,67% corresponde al área urbana y el 37,23% al área rural con un total de 5'392.713 habitantes en esta área geográfica; una vez identificado estos datos es necesario obtener la proyección al año 2016 de los habitantes en el área rural para lo cual el INEC realiza una “evaluación censal al momento de elaborar las estimaciones y proyecciones de la población que consiste en comparar esta población con las que resultan de tomar en consideración la población de otros censos, encuestas o conteos efectuados y la evolución de la mortalidad, la fecundidad y las migraciones durante los períodos intercensales”.

(INEC)

Tabla 3
Omisión Censal

AÑO CENSAL	OMISIÓN CENSAL
1950	7,89
1962	7,18
1974	3,26
1982	4,30
1990	5,74
2001	5,89
2010	4,31

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC)

Tabla 4
Población Base 2010 para proyecciones

	POBLACION TOTAL	ÁREA URBANA	ÁREA RURAL
Población Censada	14.483.499	9.090.786	5.392.713
Población base 2010 para proyecciones	15.012.228	9.412.612	5.599.616

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC)

Tabla 5*Proyección de la Población Ecuatoriana Área Rural según Provincias Período 2010-2016*

REGIONES Y PROVINCIAS	AÑOS CALENDARIO						
	2.010	2.011	2.012	2.013	2.014	2.015	2.016
TOTAL ÁREA RURAL	5.599.616	5.669.803	5.740.323	5.810.865	5.881.591	5.952.460	6.023.550
REGIÓN SIERRA	2.943.435	2.991.280	3.040.069	3.089.453	3.139.551	3.190.266	3.241.551
AZUAY	344.959	350.113	355.355	360.529	365.685	370.790	375.832
BOLÍVAR	137.793	138.564	139.262	139.886	140.428	140.884	141.231
CAÑAR	137.408	138.424	139.393	140.301	141.137	141.919	142.619
CARCHI	85.833	86.102	86.331	86.534	86.708	86.868	86.994
COTOPAXI	299.702	302.738	305.669	308.470	311.132	313.636	315.971
CHIMBORAZO	282.263	284.424	286.533	288.541	290.469	292.301	294.058
IMBABURA	196.250	198.013	199.752	201.467	203.165	204.807	206.409
LOJA	210.249	207.553	204.836	202.046	199.235	196.419	193.589
PICHINCHA	838.178	868.741	900.402	933.146	966.993	1.001.965	1.038.046
TUNGURAHUA	310.119	315.154	320.267	325.428	330.625	335.819	341.022
SANTO DOMINGO	100.681	101.454	102.269	103.105	103.974	104.858	105.780
REGIÓN COSTA	2.151.024	2.163.422	2.175.273	2.186.591	2.197.370	2.207.665	2.217.563
EL ORO	141.747	143.420	145.085	146.717	148.349	149.952	151.545
ESMERALDAS	281.497	277.575	273.295	268.730	263.904	258.902	253.792
GUAYAS	586.787	594.676	602.652	610.717	618.824	626.986	635.181
LOS RÍOS	376.234	378.953	381.574	384.069	386.439	388.664	390.761
MANABÍ	622.326	622.312	622.066	621.577	620.841	619.864	618.653
SANTA ELENA	142.433	146.486	150.601	154.781	159.013	163.297	167.631
REGIÓN AMAZÓNICA	466.983	475.731	484.289	492.618	500.727	508.611	516.340
MORONA SANTIAGO	101.771	104.640	107.521	110.396	113.250	116.091	118.920
NAPO	70.490	71.973	73.484	75.012	76.513	78.022	79.529
PASTAZA	48.441	49.844	51.295	52.754	54.227	55.713	57.235
ZAMORA CHINCHIPE	57.701	58.744	59.760	60.747	61.733	62.672	63.605
SUCUMBÍOS	106.461	108.768	111.048	113.324	115.587	117.849	120.077
ORELLANA	82.119	81.762	81.181	80.385	79.417	78.264	76.974
REGIÓN INSULAR	4.420	4.823	5.344	6.050	6.976	8.134	9.489
GALÁPAGOS	4.420	4.823	5.344	6.050	6.976	8.134	9.489
ZONAS NO DELIMITADAS	33.754	34.547	35.348	36.153	36.967	37.784	38.607

Fuente: Censo de Población y Vivienda (CPV) 2010 Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) *Elaborado por:* Unidad de Procesamiento (UP) de la Dirección de Estudios Analíticos Estadísticos (DESAE)

La proyección de la Población ecuatoriana en el área rural al 2016 es de 6.023.550 habitantes, tomando en cuenta el promedio de personas por hogar de 3,78 según el último censo de población y vivienda 2010 se tendría como tamaño del mercado para el caso de estudio planteado a 1.593.531 familias estimadas y localizadas en el área rural del territorio ecuatoriano.

5.3 Requisitos técnicos y funcionalidades para la implementación del servicio de Internet fijo inalámbrico LTE/4G en la banda de los 700MHz

Para brindar el servicio de Internet banda ancha fijo mediante acceso inalámbrico, se empleará la tecnología LTE (Long Term Evolution), la cual es un nuevo estándar que sirve para la navegación y descarga de datos de alta velocidad de Internet, a través, de un router LTE-Wi Fi, que permite dentro de la zona de cobertura instalar rápidamente, zonas Wi-Fi, redes LAN, y telefonía VOIP; logrando velocidades de descarga de hasta 40 Mbps en best effort (en el mejor esfuerzo) (COPACO).

Con la implementación de LTE 700Mhz se alcanzan velocidades entre 10 y 20 veces más rápidos que las conexiones fijas actuales en zonas rurales, sin embargo esta velocidad puede variar (incrementarse o disminuir) por diferentes factores; como, la distancia en la que se encuentre el equipo del usuario con respecto a la radio base (mientras más cerca mayor velocidad), el número de usuarios simultáneos enganchados al eNodeB, condiciones atmosféricas, entre otros.

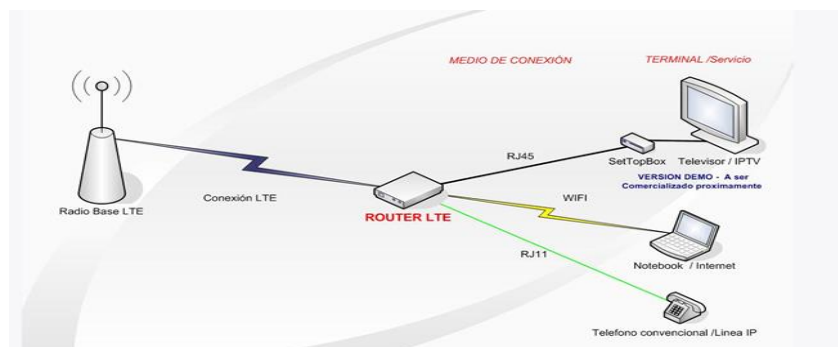


Figura 18 Esquema Fijo Inalámbrico.

Fuente: Tomado de COPACO Recuperado de:

<http://www.copaco.com.py/portal/index.php/parawaynet/servicios-Internet/fijo-inalambrico-4g-lte.html>

Para que una red sea considerada como un estándar 4G (LTE) debe cumplir con las siguientes características técnicas como cita: (Abastoflor, 2014, pág. 18)

- Eficiencia espectral OFDM (acceso múltiple por división de frecuencias ortogonales), de enlace descendente robusto frente a las múltiples interferencias y de alta afinidad a las técnicas avanzadas como la programación de dominio frecuencial del canal dependiente y MIMO; mientras que su enlace ascendente DFTS-OFDM (single-Carrier FDMA), bajo PAPR, ortogonalidad de usuario en el dominio de la frecuencia.
- Eficiencia espectral máxima: downlink - 30bps/Hz; uplink - 15bps/Hz.
- Eficiencia espectral del sistema de hasta 3 bits/s/Hz/celda en el enlace descendente y de 2,25 bits/s/Hz/celda para uso de interiores.
- Multi-antena de aplicación.
- Muy baja latencia con valores de 100 ms para el Control-Plane y 10 ms para el User-Plane.
- Separación del plano de usuario y el plano de control mediante interfaces abiertas.

- Ancho de banda adaptativo: 1.4, 3, 5, 10, 15 y 20 MHz puede trabajar en muchas bandas de frecuencias diferentes.
- Arquitectura simple de protocolo.
- Red totalmente IP
- Compatibilidad con otras tecnologías de 3GPP (3G, CDMA2000 o menores)

5.3.1 Parámetros y requerimientos LTE.

<i>Principales parámetros LTE versión 8</i>		
Tipo de acceso	Subida	DFTS-OFDM
	Bajada	OFDMA
Ancho de banda	1,4; 3; 5; 10; 15; 20 MHz	
Mínimo TTI	1 ms	
Espacio de la subportadora	15kHz	
Prefijo de longitud cíclica	Corto	4,7 μ s
	Largo	16,7 μ s
Modulación	QPSK, 16QAM, 64QAM	
Multiplexación espacial	Una sola capa para subida para UE Hasta 4 capas para bajada para UE MU-MIMO soportado para subida y bajada	

Figura 19 Principales Parámetros de LTE versión 8.

Fuente: Tomado de Luis Fernando Montaña Abastoflor (2014) Recuperado de https://es.slideshare.net/luis_fer_monty/estudio-sobre-la-implementacin-de-la-tecnologa-lte-avanzada.

5.3.2 Equipos de usuario.

<i>Categorías de los equipos LTE versión 8</i>						
Categoría		1	2	3	4	5
Pico por ratio	Bajada	10	50	100	150	300
	Subida	5	25	50	50	75
Capacidad para funciones físicas						
Ancho de banda RF	20 MHz					
Modulación	Bajada	QPSK, 16QAM, 64QAM				
	Subida	QPSK, 16QAM			QPSK, 16QAM, 64QAM	
Multi-antena						
2Rx	Asumido en los requerimientos de rendimiento					
2x2 MIMO	No soportado			Obligatorio		
4x4 MIMO	No soportado			Obligatorio		

Figura 20 Categoría de los Equipos LTE.

Fuente: Tomado de José Ma. Torija Pérez (2013) Recuperado de <http://josetrp92.blogspot.com/2013/06/categorias-de-los-equipos-lte-version-8.html>

5.3.3 Dimensionamiento.

Para el dimensionamiento de una red se debe centrar en los siguientes puntos fundamentales como son Cobertura, Capacidad, Tráfico, Transmisión y Sincronismo y Calidad de Servicio.

Cobertura.

Es la superficie donde se va a brindar el servicio y conocer el número de eNodesB's o radio bases necesarios para cumplir con los requerimientos de cobertura del lugar planificado, bajo cierto criterios de ubicación física de las celdas.

Capacidad.

Capacidad se refiere a brindar el servicio para una cierta cantidad de usuarios simultáneos, evaluando a través de indicadores de rendimiento KPI (key performance indicator) las zonas de cobertura a fin de potenciar las celdas en las que exista la mayor demanda de tráfico.

Se estima que en zonas rurales el requerimiento de capacidad inicial se incrementará por año en el 1%, en consecuencia se debe estimar una capacidad de red aproximadamente hasta 10 años. (AYO, 2014, pág. 148)

Tráfico.

Hace referencia a la clase de servicio que cursará por una red, a continuación, información del tráfico de acuerdo a las diferentes aplicaciones:

Class	Application	Bandwidth Guideline		Latency Guideline		Jitter Guideline	
1	Multiplayer Interactive Gaming	Low	50-85 kbps	Low	< 150 msec	Low	<100 msec
2	VoIP & Video Conference	Low	4-384 kbps	Low	< 150 msec	Low	<50 msec
3	Streaming Media	Low to High	5 kbps to 2 Mbps	N/A		Low	<100 msec
4	Web Browsing & Instant Messaging	Moderate	10 kbps to 2 Mbps	N/A		N/A	
5	Media Content Downloads	High	> 2 Mbps	N/A		N/A	

Figura 21 Tipos de Tráfico con requisitos de banda ancha.

Fuente: Tomado de PUCP Recuperado de http://departamento.pucp.edu.pe/ingenieria/images/documentos/seccion_telecomunicaciones/Capitulo%205%20Modelos%20de%20Tráfico.pdf

Transmisión y Sincronismo de red

La transmisión de los eNodeBs y el Sincronismo de red, queda a elección del responsable técnico del diseño de red.

La transmisión se la puede obtener a través de enlaces de fibra óptica y Ethernet de 1Gbps o por enlaces de radio microonda punto a punto de 150Mbps de capacidad en adelante.

El sincronismo de la red se lo puede obtener a través de dos fuentes GPS o PTP1558.

Calidad de Servicio

Se considera calidad de servicio a la potenciación del nivel de señal con parámetros lógicos de QoS en la red, hacia zonas no cubiertas o zonas afectadas por distintos fenómenos que interfieren en propagación de la señal, solucionando problemas similares con la instalación de nuevas celdas.

5.3.4 Dimensionamiento para la Red de Acceso.

Consideraciones para el modelo de Tráfico.

El tráfico Web es el mayormente utilizado dentro del servicio de Internet fijo, el cual no tiene calidad de servicio ya que no es en tiempo real. Por ejemplo, para zonas rurales se toma como referencia la tasa de 2Mbps, que la empresa estatal CNT EP ofrece en el mercado ecuatoriano a través de la oferta comercial “Plan Internet Social” (CNT EP).

Dependiendo al mercado que se quiere cubrir, los operadores hacen un estimado sobre la tasa de bits con la cual esperan que los usuarios estén satisfechos.

Para realizar el cálculo del tráfico que circulará a través de la red LTE se hará con referencia a los valores promedio de la eficiencia espectral especificados por la organización 3GPP.

		Release 8 LTE	
Peak Data Rate	Downlink:	300 Mbps	
	Uplink:	75 Mbps	
Peak Spectrum Efficiency	Downlink:	15 [bps/Hz]	
	Uplink:	3.75 [bps/Hz]	
Latency	User plane:	10 Msec	
	Control Plane:	100 Msec	
Scalable Bandwidth Support	Up to 20 MHz		
MIMO (Spatial Multiplexing)	Downlink:	Up to 4x4	
	Uplink:	N/A	

Figura 22 Eficiencia Espectral LTE.

Fuente: Tomado de Stamatis Georgoulis (2013) Recuperado de <http://eecatalog.com/4g/2013/09/27/lte-to-lte-advanced-what-you-need-to-know-right-now/>

Cálculo del tráfico en LTE

Capacidad

$$\left(B \times \frac{E}{S}\right) = (U \times T)$$

U: Densidad por Usuarios [usuarios/km²]

T: Tráfico promedio por usuario [bits/s/usuario] (2 Mbps) (CNT EP)

B: Ancho de banda [Hz]

E: Eficiencia Espectral [bits/s/Hz]

S: Estación base cubre una superficie [Km²]

Como ejemplo de despliegue de cobertura de un sector rural se consideró la población de Ambuquí.

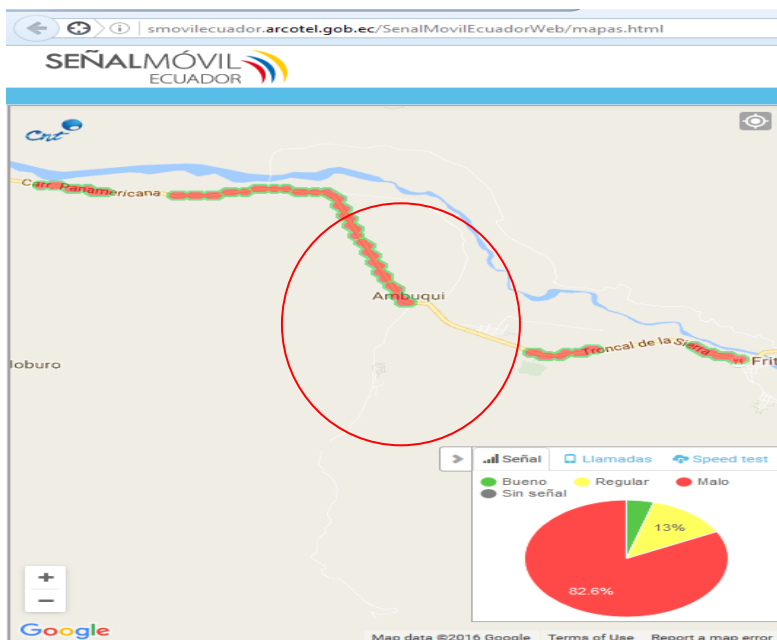


Figura 23 Despliegue de cobertura en el sector Ambuquí.
Fuente: Tomado de Señal Móvil Ecuador ARCOTEL Recuperado de <http://www.arcotel.gob.ec/senal-movil-ecuador/>

Según cifras del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), Ambuquí perteneciente a la Ciudad de Ibarra tienen 6 400 habitantes (fuente: Diario EL COMERCIO 2 de marzo de 2015 18:41), 132,06 km² de superficie (INEC, 2010). Lugar que cuenta con cobertura de un solo operador con tendencia estadística de mala calidad en un 82,6% de acuerdo a datos obtenidos por el ARCOTEL de su aplicación “SeñalmovilEcuador”.

Cálculo con:

$$E = 15 \text{ bps/Hz}$$

$$\left(B \times \frac{E}{S} \right) = (U \times T)$$

$$15 \text{ MHz} \times \frac{15 \frac{\text{bps}}{\text{Hz}}}{244,45 \text{ km}^2} = \frac{48,46 \text{ usuarios}}{\text{km}^2} \times 2 \frac{\text{Mbps}}{\text{usuario}}$$

$$15 \text{ Mbps} \times 0,0613 = 48,46 \times 2 \text{ Mbps}$$

$$\text{DL: } 0,9204 \text{ Mbps} = 96,92 \text{ Mbps}$$

Cálculo con:

$$E = 3.75 \text{ bps / Hz}$$

$$15 \text{ MHz} \times \frac{3.75 \frac{\text{bps}}{\text{Hz}}}{244,45 \text{ km}^2} = \frac{48,46 \text{ usuarios}}{\text{km}^2} \times 2 \frac{\text{Mbps}}{\text{usuario}}$$

$$15 \text{ Mbps} \times 0.0153 = 48,46 \times 2 \text{ Mbps}$$

$$\text{UL: } 0,230 \text{ kbps} = 96,92 \text{ Mbps}$$

Para lograr un equilibrio referente al tráfico que circula a través de la red se debe mejorar, la eficiencia espectral, el ancho de banda o reducir la cobertura de las estaciones base que es lo más viable. Al realizar cualquiera de las tres mejoras antes mencionadas se puede llegar a obtener la igualdad en la ecuación para el dimensionamiento del tráfico que va a permitir la red LTE (AYO, 2014, pág. 157).

Número de estaciones bases necesarias.

$$\text{Numero de eNodosB} = \frac{\text{Consumo Total (Mbps)}}{\text{Consumo por eNodoB (Mbps)}}$$

Se calcula el número de estaciones bases necesarias considerando un porcentaje de utilización de la capacidad instalada del 85%, para el caso de Ambuquí se necesita un tráfico aproximado de 96,92 Mbps considerando el tráfico en DL calculado anteriormente.

Si un eNodeB DBS 3900 de Huawei tiene una capacidad de 100 Mbps en DL y 50 Mbps en UL (Huawei), para obtener el número de estaciones bases por demanda de tráfico se realiza el cálculo del 85% de la capacidad del enlace en Uplink del eNodeB para garantizar el acceso de usuario es decir 82,38 Mbps (96,92 x 0,85).

$$\text{Numero de eNodosB} = \frac{96,92 \text{ Mbps}}{82,38 \text{ Mbps}} = 1,17, \text{Equivalente a } 1.$$

Cálculo de área de Cobertura

El área de cobertura de una celda celular se la asocia a la de un polígono de 6 lados donde el área depende del radio R al cuadrado [34].

$$\text{Área de Celda} = \frac{3^2\sqrt{3}R^2}{2}$$

Si una celda en 700MHZ tiene una radio de cobertura eficiente de 9,5 Km (4G Américas, 2015, pág. 5). El área de la celda será 244,45 km².

Si la superficie de Ambuquí es de 132,06 km², el cálculo de eNodeBs necesarios por cobertura es:

$$\text{eNodosB} = \frac{\text{Área de cobertura}}{\text{Área de cobertura de Celda}}$$

Teóricamente para cubrir el área de Ambuquí se requiere un total de 0,54 eNodeBs equivalente a 1 estaciones bases.

La mínima cantidad de eNodeBs requeridos por tráfico en la población de Ambuqui donde se garantizaría los servicios LTE es de un eNodeB obtenido mediante el análisis teórico por densidad de usuario/km², mientras que para garantizar la cobertura y la necesidad mínima de tráfico en la zona se necesitarían 1 estaciones bases.

Sitios de cobertura en Ambuquí.

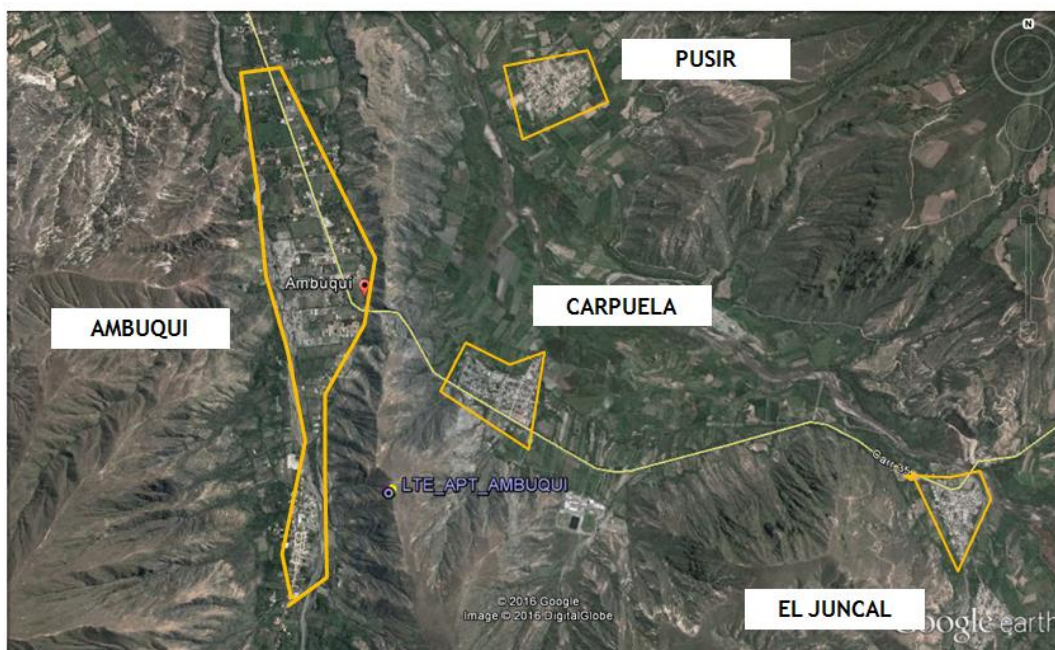


Figura 24 Ambuquí y sus poblaciones aledañas.

Fuente: Adaptado de Google Earth (2016) Recuperado de <https://www.google.es/intl/es/earth/index.html>

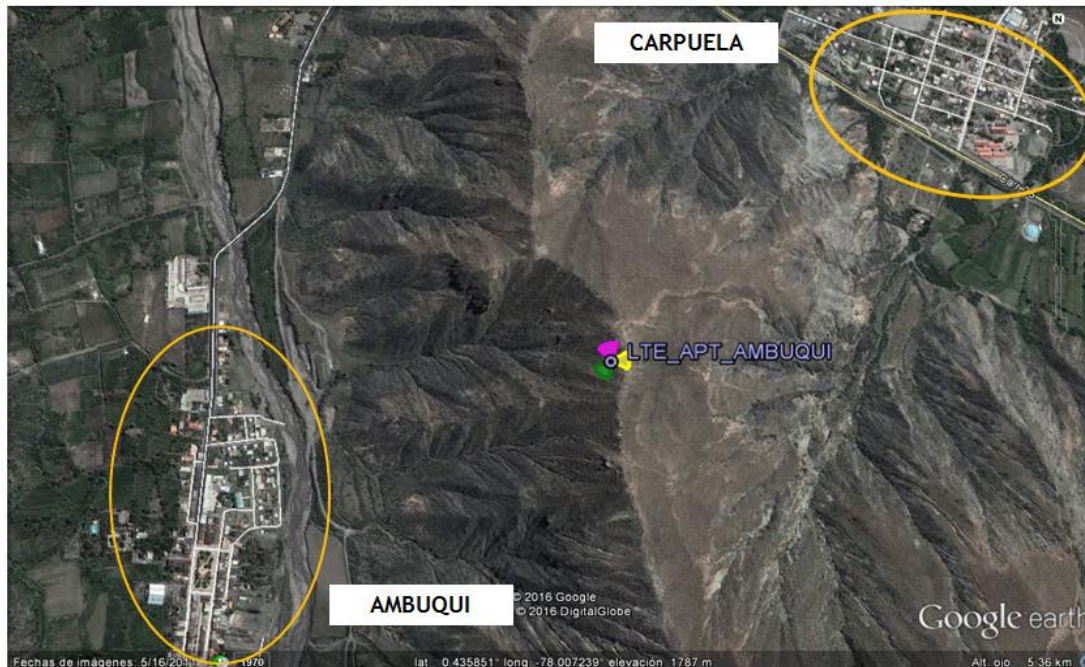


Figura 25 Ubicación del eNodeB LTE 700 Mhz.

Fuente: Adaptado de Google Earth (2016) Recuperado de <https://www.google.es/intl/es/earth/index.html>

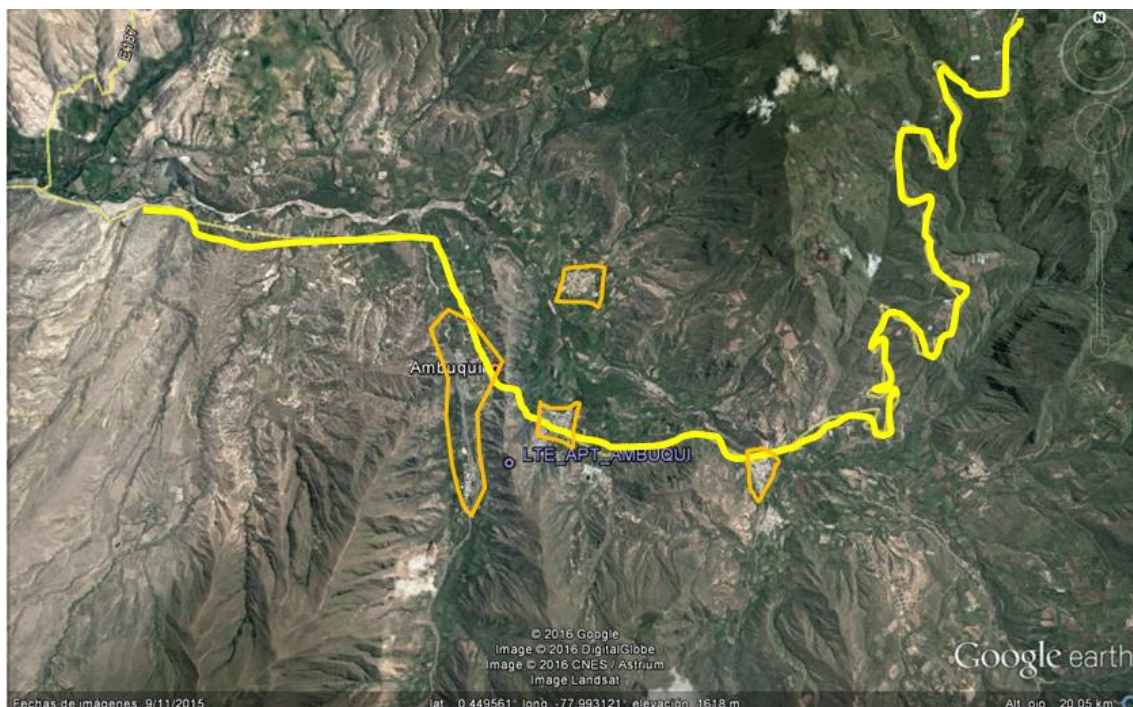


Figura 26 Poblaciones bajo la cobertura del eNodeB y su carretera principal.

Fuente: Adaptado de Google Earth (2016) Recuperado de <https://www.google.es/intl/es/earth/index.html>



Figura 27 Niveles de señal bajo la cobertura del eNodeB 700 Mhz APT.

Fuente: Adaptado de Google Earth (2016) Recuperado de <https://www.google.es/intl/es/earth/index.html>

Los niveles de cobertura en color verde de la señal LTE 700Mhz APT garantizan la conexión de usuarios a nivel indoor en el interior de edificaciones, los niveles de cobertura de color rojo indican que en ese lugar no está bajo cobertura. De acuerdo al cálculo de cobertura se puede ver que cumple con la cobertura teórica.

5.4 Análisis comparativo del equipamiento requerido para brindar el servicio de Internet fijo inalámbrico, considerando diferentes vendors.

En Ecuador actualmente se encuentra tres vendors (proveedores) posicionados en el mercado de las telecomunicaciones móviles, capaces de cubrir los requerimientos técnicos a fin de implementar una red LTE APT.

Huawei, Nokia y Ericsson son empresas multinacionales que en la actualidad poseen implementadas redes LTE para los diferentes operadores móviles en el Ecuador.

La solución implementada por estos vendors coincide en equipos outdoor, con la finalidad de reducir espacios físicos, lo cual se traduce en un ahorro tanto en la adecuación de espacios físicos como en arrendamientos de sitios.

Los eNodeB de estas tres marcas se caracterizan por que utilizan las siguientes unidades:

Power Plant: o unidad de energía, que alimenta a todo el equipamiento por medio de rectificadores que transforman los 220VAC en los -48VDC característicos en telecomunicaciones. Esta unidad de energía posee respaldo de energía a través de banco de baterías estacionarias.

Unidad de Banda Base: es la responsable de procesar toda la información en banda base, se caracteriza por ser pequeña con un consumo mínimo de energía. En Huawei y Nokia es modular, con la facilidad de incrementar tarjetería con la finalidad de ampliar capacidades; en tanto que Ericsson su unidad es compacta.

Unidad de Radio Remoto: es la responsable de transformar la señal de banda base en radio frecuencia y a su vez modularla en la frecuencia de los 700Mhz para poder llegar al equipo del usuario.

Todos los proveedores utilizan de manera general una conexión en estrella entre la unidad de banda base y sus unidades de radio remota por medio de cables de fibra óptica.

A continuación se presenta un esquema del eNodeB por cada proveedor:



Figura 28 eNodeB DBS3900.

Fuente: Tomado de Huawei Recuperado de <http://e.huawei.com/en/marketing-material/onLineView?MaterialID={77CC5157-A62B-49DA-B851-C94E88FC522E}>

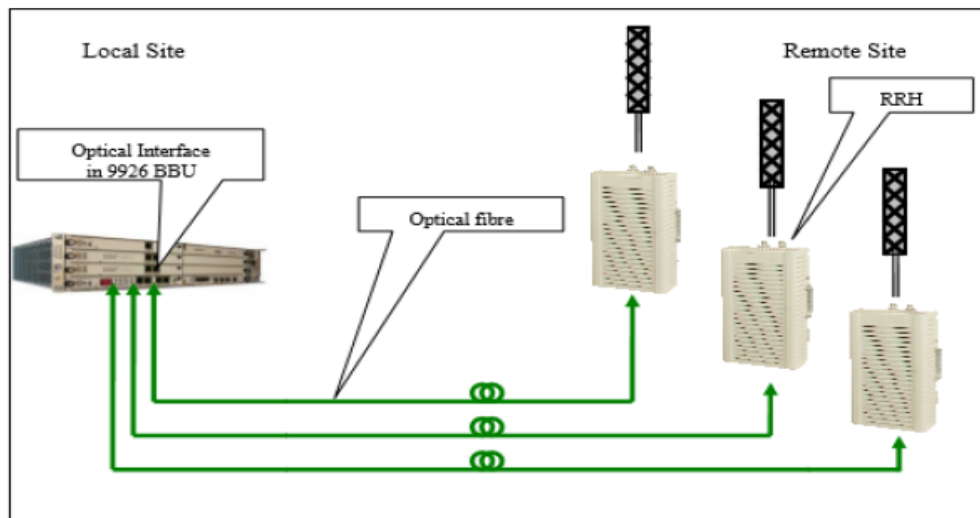


Figura 29 eNode B 9926D2U.

Fuente: Tomado de Nokia Recuperado de <https://networks.nokia.com/products/9926-enodeb>

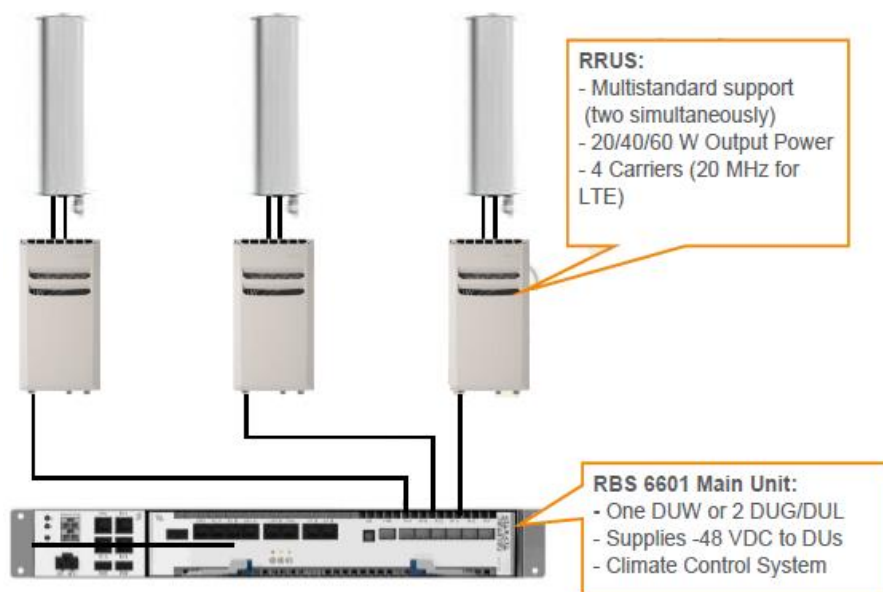


Figura 30 eNodeB 6601.

Fuente: Tomado de Ericsson Recuperado de https://www.launch3telecom.com/shared_media/datasheet/RBS%206601.pdf

A continuación se presenta un cuadro comparativo del costo referencial que tiene un eNodeB dentro del mercado ecuatoriano por proveedor:

Tabla 6
Cuadro Comparativo Costo eNodeB

	HUAWEI	NOKIA	ERICSSON
eNodeB	\$ 62.536,25	\$ 61.987,18	\$ 62.641,33

5.5 Presupuesto económico referencial para la implementación de un servicio de Internet fijo inalámbrico LTE/4G en la banda de los 700Mhz.

El servicio LTE se encuentra presente en el Ecuador desde el año 2013 como un servicio de Internet Móvil a través de las tres operadoras que dominan el mercado; al contar estas operadoras con la Red LTE, para el presente caso de estudio únicamente se considerará en el presupuesto referencial la implementación de la red de acceso en 700MHz en zonas rurales, ya que actualmente trabajan en la banda AWS, 1900Mhz y 1700Mhz en zonas urbanas.

5.5.1. Red de Acceso para LTE en la banda de los 700Mhz.

Al tratarse de una solución para poblaciones rurales, el sitio donde se implementará la radio base puede ser propio, arrendado o coubicado.

Para este caso y siguiendo la tendencia de las operadoras móviles se considerará el arrendamiento del sitio con un costo promedio de \$500.00 mensuales; este sitio debe presentar las facilidades necesarias para la instalación tanto del equipamiento como de la torre de telecomunicaciones, por tanto se debe sumar los rubros de cerramiento, adecuaciones eléctricas y grupo electrógeno por un valor aproximado de \$56.879,13.

A fin de obtener una buena propagación de señal puesto que el mercado a cubrir se encuentra disperso en zonas rurales, se propone una torre de telecomunicaciones de 60 metros de altura por un valor de \$62.695,00.

Para este caso se considera equipos marca Huawei para la red de acceso y transmisión, con su eNodeB DBS3900 y RTN 950 respectivamente; que tiene un costo aproximado de equipo de \$ 62.536.25, más \$5.224,33 por el servicio de instalación para la red de acceso; y de \$11.252,84, más \$7.408,24 de instalación para la transmisión.

Tabla 7

Presupuesto económico referencial para la implementación de Internet fijo inalámbrico

Descripción	Valor Referencial
Cerramiento, adecuaciones eléctricas y grupo electrógeno	\$ 56.879.13
Torre de telecomunicaciones 60 metros de altura	\$ 62.695.00
Equipo eNodeB DBS3900	\$ 62.536.25
Instalación eNodeB DBS3900	\$ 5.224.33
Equipo RTN 950	\$ 11.252.84
Instalación RTN 950	\$ 7.408.24
TOTAL	\$ 205.995.79

A estos valores se deberá considerar pagos mensuales de arrendamiento de sitio, consumo de energía eléctrica, servicios de operación y mantenimiento para los equipos de acceso instalados; así como el valor de la asignación del espectro radio eléctrico dentro de la banda de 700Mhz.

Los valores presentados hacen referencia a la implementación de un eNodeB para cubrir una zona determinada; este mismo modelo se debe seguir para ampliar las zonas de coberturas y llegar de esta manera a cubrir toda la población rural.

Considerando que el mercado a cubrir son zonas donde los ingresos son bajos, el costo del servicio de Internet fijo inalámbrico se debe ajustar a la capacidad de pago de sus habitantes, por lo cual este estudio no será atractivo para las empresas privadas ya que las ganancias podrían ser mínimas e incluso llegando a nulas en determinadas zonas.

Por lo antes mencionado y entendiendo que en el Ecuador el espectro de frecuencia de los 700Mhz se encuentra concesionado a la operadora estatal, el presente estudio se enfoca al mercado que cubre dicha operadora, ya que su implementación se realizaría en sitios donde presta servicio de telefonía fija inalámbrica reduciendo los costos de arrendamiento y adecuaciones eléctricas del sitio, torre de telecomunicaciones y transmisión.

6. Conclusiones y Recomendaciones

- Las necesidades de telecomunicaciones como un acceso universal en el Ecuador dan lugar al desarrollo de alternativas que permitan reducir la brecha digital en los sectores donde menos se benefician con la evolución de la tecnología; por tanto, la red LTE en 700 MHz para brindar servicio de Internet fijo inalámbrico en estos sectores presenta ventajas fundamentales como su mayor alcance de propagación abarcando poblaciones dispersas dentro de una superficie.
- La disparidad en materia de acceso a conexiones de banda ancha fija entre las zonas rurales y urbanas se ha dado básicamente al alto costo que los proveedores del servicio deben incurrir para extender las redes de acceso hacia zonas rurales, donde los ingresos por la prestación de este servicio pueden ser bajos; de modo que, el presente caso de estudio busca atender necesidades básicas insatisfechas, mejorar la calidad de vida en dichos sectores y equiparar las condiciones de conocimientos y oportunidades.
- LTE en la actualidad es la mejor opción para brindar servicio de Internet banda ancha fijo inalámbrico, ya que por su técnica de acceso al medio (OFDMA) que utiliza proporciona una eficiencia espectral permitiendo alcanzar altas velocidades a un mayor número de usuarios.
- Al conocer las características que presenta la frecuencia de 700 Mhz en la propagación de la señal radio eléctrica, éstas favorecen en los costos del despliegue de la red, ya que con menor cantidad de radio bases se puede cubrir una mayor superficie dentro de las zonas rurales objeto de este caso de estudio.

- Es importante evaluar las características geográficas de la zona donde se instalará el equipamiento, así como definir el área de cobertura, ya que la propagación de señal en 700Mhz al ser alta se corre el riesgo de generar interferencias a equipos de telecomunicaciones que trabajan cerca de este rango de frecuencia.
- Para el despliegue de la red LTE 700 APT en zonas rurales de baja penetración de servicios de Internet y telecomunicaciones se sugiere que el Gobierno a través del FODETEL (Fondo de Desarrollo de Telecomunicaciones para zonas rurales y urbano marginales) genere incentivos a fin de que los operadores realicen las inversiones necesarias para brindar servicio de Internet fijo inalámbrico y dar cumplimiento al acceso universal establecido en el Plan Nacional de Banda Ancha.
- Para la reducción de costos en la implementación de esta red, se recomienda acatarse a la resolución existente sobre el compartimiento de infraestructura entre operadores de servicio de telecomunicaciones.
- Si el presente caso de estudio se implementara por una operadora, se recomienda que dentro de su campaña de difusión del servicio considere el manejo del equipamiento de usuario, ya que al tratarse de un producto nuevo en zonas donde es bajo los servicios de telecomunicaciones ofertados, esto permita la fácil inserción del producto y de esta manera mejorar la experiencia de usuario.

Bibliografía

- 3GPP. (s.f.). *3GPP A GLOBAL INITIATIVE*. Recuperado el 11 de abril de 2016, de <http://www.3gpp.org/technologies/keywords-acronyms/100-the-evolved-packet-core>
- 4G Américas. (25 de agosto de 2015). *4G Americas*. Recuperado el 11 de abril de 2016, de <http://www.4gamericas.org/es/newsroom/press-releases/adjudicacion-de-espectro-radioelectrico-en-700-mhz-sera-clave-para-acelerar-la-adopcion-de-lte-en-america-latina/>
- 4G Américas. (Agosto de 2015). *4G Américas*. Recuperado el 11 de Abril de 2016, de http://www.4gamericas.org/files/3914/4053/6091/Adjudicacin_de_Espectro_Radioelctrico_en_700_MHz_en_Amrica_Latina_Agosto2015.pdf
- Abastoflor, L. F. (3 de enero de 2014). *SlideShare*. Recuperado el 11 de abril de 2016, de https://es.slideshare.net/luis_fer_monty/estudio-sobre-la-implementacin-de-la-tecnologia-lte-avanzada
- Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones. (2015). *Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones*. Recuperado el 20 de Enero de 2016, de <http://www.arcotel.gob.ec/servicio-acceso-internet/>
- Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones. (2015). *ARCOTEL*. Recuperado el 28 de Abril de 2016, de <http://www.arcotel.gob.ec/la-arcotel/>
- ARCOTEL. (2016). *Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones*. Recuperado el 5 de Enero de 2017, de <http://www.arcotel.gob.ec/servicio-acceso-internet/>

- Augusti, R., Bernardo, F., Casadevall, F., Ferrús, R., Pérez, J., & Sallent, O. (s.f.). *Fundación Vodafone España*. Recuperado el 10 de Abril de 2016, de www.fundacionvodafone.es:www.fundacionvodafone.es/sites/default/files/libro_lte.pdf
- AYO, J. A. (octubre de 2014). *ESPE*. Recuperado el abril de 2016, de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/9729/1/T-ESPE-048502.pdf>
- CNT EP. (s.f.). *CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES* . Recuperado el 01 de 04 de 2017, de <https://www.cnt.gob.ec/internet/tipo/otros-planes-de-internet-fijo/>
- CONATEL. (s.f.). *ARCOTEL*. Recuperado el 10 de Abril de 2016, de <http://www.arcotel.gob.ec: http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/11/0804-TEL-29-CONATEL-2012.pdf>
- COPACO. (s.f.). *COPACO Comunicación en todo sentido*. Recuperado el abril de 2016, de <http://www.copaco.com.py/portal/index.php/parawaynet/servicios-internet/fijo-inalambrico-4g-lte.html>
- Fernandez, M. (2013). Políticas de Asignación de Espectro en A. Latina. *19no Seminario Internacional “X Tecnología y Regulación: Telecomunicaciones II”*, (pág. 18). Quito.
- Gobierno Nacional de la República del Ecuador. (2009). *Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información*. Recuperado el 25 de Abril de 2016, de <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/objetivos/>
- Huawei. (s.f.). *huawei*. Recuperado el 11 de abril de 2016, de <http://e.huawei.com/en/marketing-material/onLineView?MaterialID={77CC5157-A62B-49DA-B851-C94E88FC522E}>

INEC. (2010). *INEC*. Recuperado el abril de 2016, de

http://www.inec.gob.ec/tabulados_CPV/2_Densidad_Pobla_Nac_Prov_Cant_Parr.XLSX

INEC. (s.f.). *ECUADOR EN CIFRAS*. Recuperado el 31 de MARZO de 2017, de

http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Sociales/TIC/2016/170125.Presentacion_Tics_2016.pdf

INEC. (s.f.). <http://www.ecuadorencifras.gob.ec>. Recuperado el 10 de Abril de 2016, de

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA Y CESOS:

http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Sociales/TIC/Resultados_principales_140515.Tic.pdf

INEC. (s.f.). *INEC*. Recuperado el 11 de ABRIL de 2016, de

http://www.inec.gob.ec/proyecciones_poblacionales/presentacion.pdf

Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información. (2012). Recuperado el 20 de

Marzo de 2016, de <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/2015/06/Programa-Nacional-de-Desarrollo-de-la-Banda-Ancha.pdf>

Otero, J. (25 de Agosto de 2015). *Wayerless*. Recuperado el 11 de Abril de 2016, de

<https://www.wayerless.com/2015/08/la-importancia-del-espectro-radioelectrico-700-mhz-en-implementacion-del-lte-en-america-latina/>

Registro Oficial. (2015). *Ley Orgánica de Telecomunicaciones*. Tercer Suplemento, QUITO.

Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo. (Junio de 2013). *PLAN NACIONAL BUEN*

VIVIR 2013-1017. Recuperado el 15 de Enero de 2016, de

<http://documentos.senplades.gob.ec/Plan%20Nacional%20Buen%20Vivir%202013-2017.pdf>

Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo. (Junio de 2013). *PLAN NACIONAL BUEN VIVIR 2013-1017*. Recuperado el 15 de Enero de 2016, de <http://documentos.senplades.gob.ec/Plan%20Nacional%20Buen%20Vivir%202013-2017.pdf>

Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo. (Junio de 2013). *PLAN NACIONAL BUEN VIVIR 2013-1017*. Recuperado el 15 de Enero de 2016, de <http://documentos.senplades.gob.ec/Plan%20Nacional%20Buen%20Vivir%202013-2017.pdf>

UIT. (26 de Mayo de 2015). *Unión Internacional de las Telecomunicaciones*. Recuperado el 16 de Marzo de 2016, de http://www.itu.int/net/pressoffice/press_releases/2015/17-es.aspx#.WKzI_NLhDIU

Anexos

Anexo A Cotización de Equipos y Servicios Huawei

Propuesta Comercial y Económica



Bienes:

No.	Description	Quantity	Unit Price (USD CIF) GYE	Total Price (USD CIF) GYE	Unit Price (USD DDP) GYE	Total Price (USD DDP) GYE
	Wireless					
1	Nodos B					
	RNC	1	40,331.23	40,331.23	43,759.38	43,759.38
	Nodos B	5	41,761.36	208,806.79	45,311.07	226,555.36
	Antenas para 3 Nodos B	15	398.78	5,981.70	432.68	6,490.14
	Gabinets de Energia	5	11,377.67	56,886.35	12,344.77	61,723.86
2	Sistema de Gestion					
	U2000 para WCDMA	1	2,535.75	2,535.75	2,751.29	2,751.29
	Transmission					
	RTN 950(V100R008)	2	9,162.84	18,325.68	11,252.84	22,505.68
	Include: 2xGE + 2xFE + 2xSTM1 and U2000					
	PRECIO TOTAL GYE			332,869.50		363,785.71

Servicios

	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
	Servicios			
	Instalación nodo en COW			
	Instalación y puesta en servicio de nodoB	5.00	5,224.33	26,121.65
	Transporte y puesta en funcionamiento de de COW	5.00	8,176.90	40,884.50
	Instalación microonda			
	Servicio de instalación de microonda	2.00	7,408.24	14,816.48
	PRECIO TOTAL SERVICIOS (sin IVA)			81,822.63

En caso se que la compra del equipamiento se realice en término CIF al valor de los servicios se le debe agregar el siguiente servicio:

	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
	Servicios			
	Servicio conexos			
	Servicio de administración y custodia (2.29% del valor del hardware)	1.00	13,847.97	13,847.97

Anexo B Cotización de Equipos y Servicios Nokia

Cliente: CNT E.P.
 Número de propuesta: 16.EC.622730
 Nombre de la propuesta: CNT-3G<E SERVICES-COWs 2016
 Fecha: 5/May/2016



RESUMEN DE LA OFERTA ECONÓMICA - OPCION 1 (5 sitios)

		ESCENARIO 1	ESCENARIO 2
Ítem	Descripción	Total USD (CIF) ALCATEL-LUCENT INTERNATIONAL	Total USD (DDP) ALCATEL-LUCENT ECUADOR S.A.
1	NodosB WCDMA 1900MHz - 1 PORTADORA 40W, 3 SECTORES, HIGHCAP	\$ 100.333,48	\$ 117.140,94
2	SEGUNDA PORTADORA Y POTENCIA ADIC 2X60W - SITIOS 3G CON 3 SECTORES	\$ 14.581,04	\$ 16.673,42
3	NodosB WCDMA 1900MHz - 2 PORTADORA 2X60W, 4 SECTORES	\$ 47.351,67	\$ 54.945,45
4	eNodosB LTE AWS 20MHz 2x40W 3 SECTORES	\$ 66.314,36	\$ 77.518,42
5	GABINETE, ENERGÍA, ANTENAS Y RET	\$ 63.202,71	\$ 75.321,97
SUB TOTAL BIENES		\$ 291.783,26	\$ 341.600,19
Ítem	Descripción	Precio Total USD ALCATEL-LUCENT ECUADOR S.A.	Precio Total USD ALCATEL-LUCENT ECUADOR S.A.
1	Transporte, Instalación y puesta en servicio de equipos 3G/LTE en 5 COW	\$ 121.518,40	\$ 121.518,40
SUB TOTAL DE SERVICIOS Y CONEXOS		\$ 121.518,40	\$ 121.518,40
TOTAL USD		\$ 413.301,66	\$ 463.118,58