



tecnología

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

**STUDY OF LTE TECHNOLOGY IN THE 700 Mhz BAND AS AN
ALTERNATIVE TO PROVIDE FIXED WIRELESS INTERNET
SERVICE IN RURAL AREAS OF ECUADOR.**

Carlos Eduardo Moreno Tubón¹

Gustavo Xavier Chafla Altamirano²

1. Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones egresado de la Maestría de Redes de Comunicaciones de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, actualmente está trabajando en la Jefatura de O&M Redes Inalámbricas de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP como Analista de Gestión.
E-mail: krlin_edu@hotmail.com
2. Doctor en Telecomunicaciones – Decano de la Facultad de Ingeniería PUCE, antes Coordinador del Programa de Maestría de Redes de Comunicaciones y Profesor Principal de la PUCE en la Facultad de Ingeniería. Actualmente vinculado a varios proyectos de investigación ligados al desarrollo de las Telecomunicaciones y sus diferentes aplicaciones E-mail: gxchafla@puce.edu.ec

RESUMEN

En las zonas rurales del territorio ecuatoriano, en la actualidad se brinda servicio inalámbrico de telefonía e internet fijo de baja velocidad, siendo la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP el operador con mayor captación de dicho mercado a través de la Red CDMA 450. 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. Para brindar un desarrollo integral, el estado ecuatoriano mediante las políticas enmarcadas en el Plan del Buen Vivir, se enfoca a satisfacer la necesidad de acceso a Internet de banda ancha en los sectores rurales del país. Teniendo en cuenta la liberación del segmento espectral dedicado aplicaciones fijo móvil comprendido entre las frecuencias 698 Mhz a 806 Mhz de la parte alta del espectro UHF; 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) en la banda de los 700Mhz para sectores rurales del país; lo cual contribuye a la reducción de la brecha digital, mejorando la velocidad en el acceso a Internet de forma inalámbrica, ahorrando el alto costo que conlleva implementar redes fijas de planta externa.

ABSTRACT

In the rural areas of the Ecuadorian territory, in the present wireless service is provided fixed telephony and internet services to low speed, being the National Telecommunications Corporation CNT EP the operator with increased uptake of this market through the CDMA 450 network. However, the consumers of the service of this technology are limited in the user experience and expect a service that will provide better performance than the current one, demanding higher speeds in relation to broadband Internet services. To provide an integral development, the Ecuadorian State through the policies framed in the Plan del Buen Vivir, is focused to meet the need for access to broadband Internet in rural areas of the country. Taking into account the liberation of the spectral segment dedicated applications fixed mobile between the frequencies 698 Mhz to 806 Mhz in the UHF spectrum; it is proposed as a solution for the deployment of one of the technologies that is currently on the rise and that is already implemented in the country as it is Long Term Evolution (LTE) in the 700Mhz band for rural sectors of the country, which contributes to the reduction of the digital divide, improving the speed of access to the Internet wirelessly, saving the high cost of deploying fixed networks of outside plant.

PALABRAS CLAVE

CNT EP, CDMA 450, Banda Ancha, Segmento Espectral, LTE.

KEY WORDS

CNT EP, CDMA 450, Broadband, Spectral Segment, LTE.

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) [1] 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) [2].

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. MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización de este estudio se partió con una proyección al 2016 de la población ecuatoriana del área rural, tomada como base el último censo realizado por el INEN en el año 2010; cuyo valor representa el tamaño total de la población en zonas rurales en el Ecuador; sin embargo para efectos del presente estudio se escogió como muestra la población de la zona de Ambuquí como posibles usuarios que demandarían el servicio de Internet Fijo de Banda Ancha.

Para satisfacer dicha demanda se escogió el estándar de Long Term Evolution (LTE) que se enmarca como Release 8 dentro del 3GPP; como tecnología para brindar Internet de alta velocidad, y teniendo en cuenta la liberación del segmento de la parte alta del espectro UHF, se tomó la banda de los 700Mhz como una posible solución para brindar el servicio de Internet Fijo Inalámbrico de Banda Ancha en sectores rurales del Ecuador.

3. DESARROLLO

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.

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

Tabla 1. Población Ecuatoriana según Provincia por Área Geográfica [3]

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) [4]

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

Tabla 2. Omisión Censal [5]

	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

Tabla 3. Población Base 2010 para proyecciones [6]

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	57.701	58.744	59.760	60.747	61.733	62.672	63.605

CHINCHIPE							
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

Tabla 4. Proyección de la Población Ecuatoriana Área Rural según Provincias Período 2010-2016 [7]

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.

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). [8]

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.

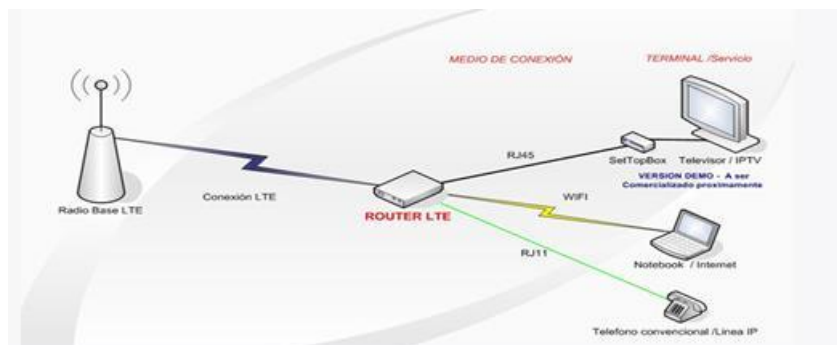


Gráfico 1. Esquema Fijo Inalámbrico. [9]

Principales parámetros LTE versión 8		
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	4,7µs
	Largo	16,7µs
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

Tabla 5. Principales Parámetros de LTE versión 8. [10]

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.

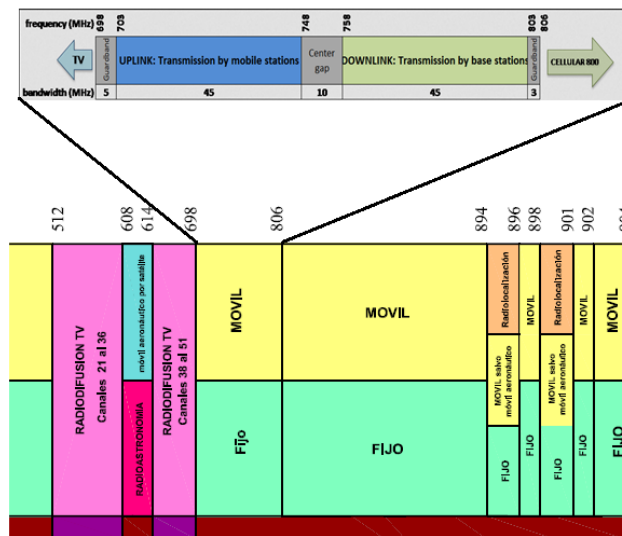


Gráfico 2. Atribución de Bandas de Frecuencia. [11]

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. 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

Tabla 6. Adjudicación de la Banda de los 700Mhz en América Latina. [12]

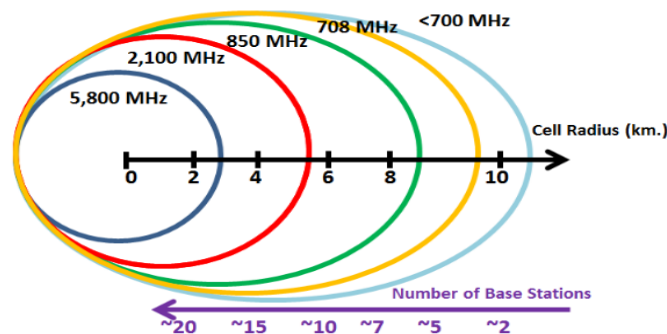


Gráfico 3. Ventaja de cobertura de la banda 700Mhz. [13]

En el Gráfico 3 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). [14]

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) [15]

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.

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). [16]

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

Tabla 7. Eficiencia Espectral LTE. [17]

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) [18]

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.

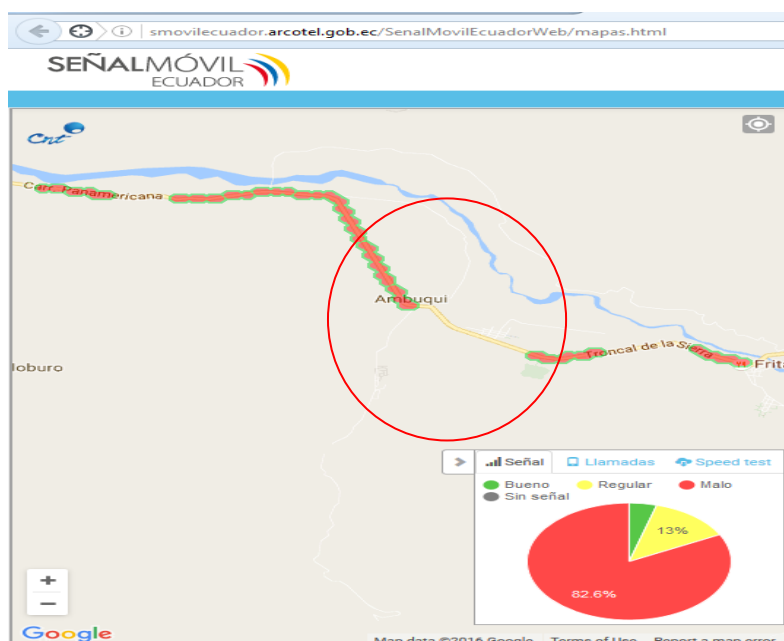


Gráfico 4. Despliegue de cobertura en el sector Ambuquí. [19]

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). [20] 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:

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

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

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

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

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

Cálculo con:

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

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

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

UL: 0,230 kbps = 96,92 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). **[21]**

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.

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

Si una celda en 700MHz tiene una radio de cobertura eficiente de 9,5 Km (4G Américas, 2015, pág. 5). **[22]** 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:

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

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.

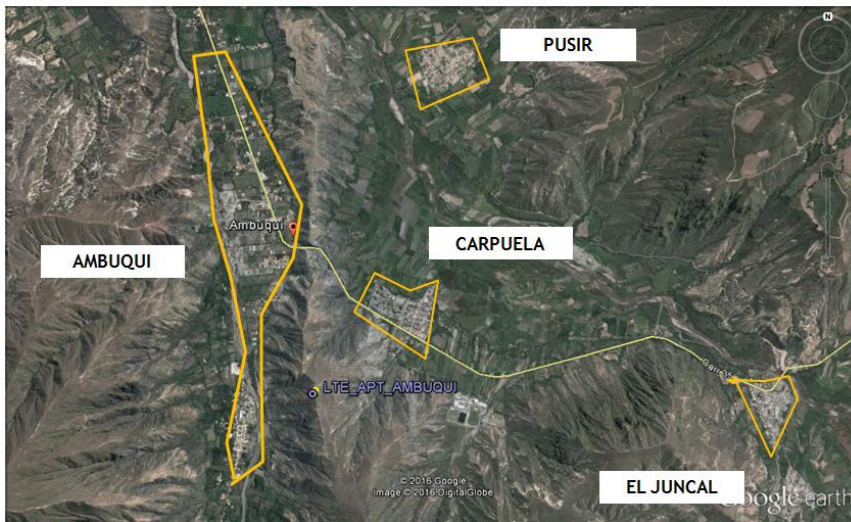


Gráfico 5. Ambuquí y sus poblaciones aledañas.

<<Elaborado por Carlos Moreno>>



Gráfico 6. Ubicación del eNodeB LTE 700 Mhz.

<<Elaborado por Carlos Moreno>>

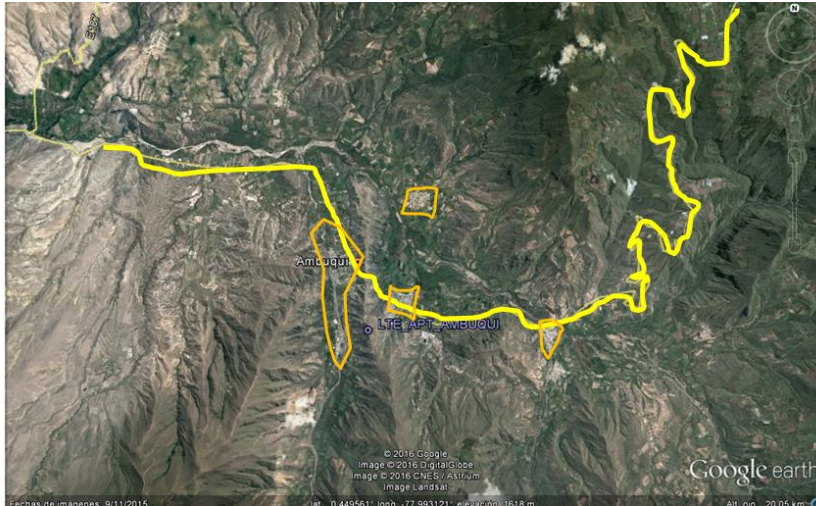


Gráfico 7. Poblaciones bajo la cobertura del eNodeB y su carretera principal.

<<Elaborado por Carlos Moreno>>

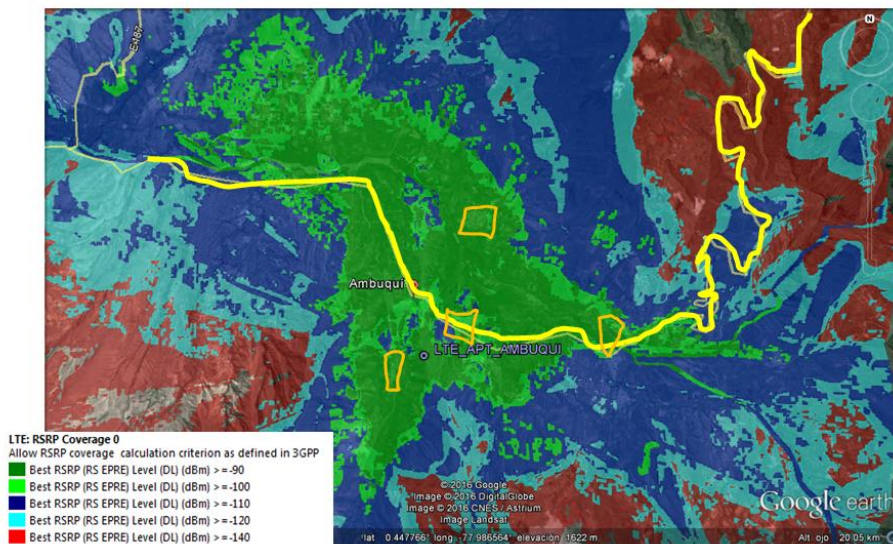


Gráfico 8. Niveles de señal bajo la cobertura del eNodeB 700 Mhz APT.

<<Elaborado por Carlos Moreno>>

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.

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

En Ecuador actualmente se encuentra tres vendedores (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 vendedores 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:

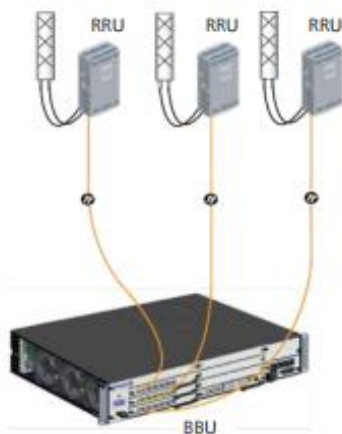


Gráfico 9. eNodeB DBS3900. [23]

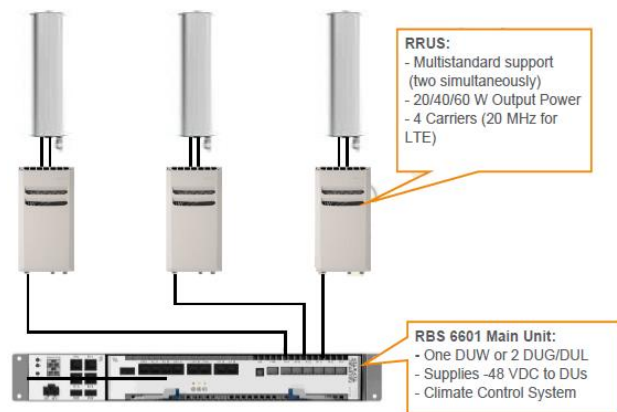


Gráfico 10. eNode B 9926D2U. [24]

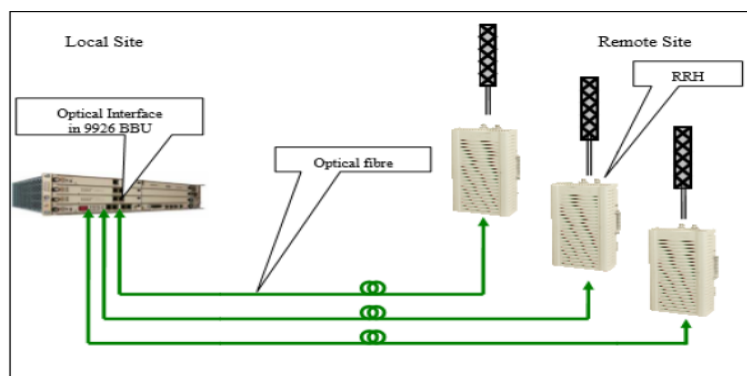


Gráfico 11. eNodeB 6601. [25]

4. 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.
- 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.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo. (Junio de 2013). PLAN NACIONAL BUEN VIVIR 2013-2017. Recuperado el 15 de Enero de 2016, de <http://documentos.senplades.gob.ec/Plan%20Nacional%20Buen%20Vivir%202013-2017.pdf>
- [2] Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones. (2015). Recuperado el 20 de Enero de 2016, de <http://www.arcotel.gob.ec/servicio-acceso-internet/>
- [3] INEC. (s.f.). Recuperado el 15 de Abril de 2016, de www.inec.gob.ec/tabulados_CPV/1_POBL_PROV_CANT_PARR_AREA.xls
- [4] INEC. (s.f.). INEC. Recuperado el 11 de ABRIL de 2016, de http://www.inec.gob.ec/proyecciones_poblacionales/presentacion.pdf
- [5] INEC. (s.f.). INEC. Recuperado el 11 de ABRIL de 2016, de http://www.inec.gob.ec/proyecciones_poblacionales/presentacion.pdf
- [6] INEC. (s.f.). INEC. Recuperado el 11 de ABRIL de 2016, de http://www.inec.gob.ec/proyecciones_poblacionales/presentacion.pdf
- [7] INEC. (s.f.). INEC. Recuperado el 11 de ABRIL de 2016, de http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Poblacion_y_Demografia/Proyecciones_Poblacionales/PROYECCION_PROVINCIAS_SEXOS_Y_AREAS_2010_2020.xlsx
- [8] 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>
- [9] 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>
- [10] Montaña, L. F. (2014). Recuperado el 04 de Enero de 2017, de : Tomado [dhttps://es.slideshare.net/luis_fer_monty/estudio-sobre-la-implementacin-de-la-tecnologa-lte-avanzada](https://es.slideshare.net/luis_fer_monty/estudio-sobre-la-implementacin-de-la-tecnologa-lte-avanzada).
- [11] ARCOTEL. (2012). ARCOTEL. Recuperado el 11 de Abril de 2016, de <http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/04/CNDF-2012.pdf>
- [12] 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
- [13] 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
- [14] 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

- [15] 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/>
- [16] 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/>
- [17] Georgoulis, S. (2013). Recuperado el 22 de julio de 2016, de <http://eecatalog.com/4g/2013/09/27/lte-to-lte-advanced-what-you-need-to-know-right-now/>
- [18] 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/>
- [19] ARCOTEL. (s.f.). ARCOTEL. Recuperado el 22 de Julio de 2016, de <http://www.arcotel.gob.ec/senal-movil-ecuador/>
- [20] INEC. (2010). INEC. Recuperado el abril de 2016, de http://www.inec.gob.ec/tabulados_CPV/2_Densidad_Pobla_Nac_Prov_Cant_Parr.XLSX
- [21] 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>
- [22] 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
- [23] Huawei. (s.f.). Huawei . Recuperado el 5 de agosto de 2016, de <http://e.huawei.com/en/marketing-material/onLineView?MaterialID={77CC5157-A62B-49DA-B851-C94E88FC522E}>
- [24] Nokia. (s.f.). Nokia. Recuperado el 5 de agosto de 2016, de <https://networks.nokia.com/products/9926-enodeb>
- [25] Ericsson. (s.f.). Ericsson. Recuperado el 5 de agosto de 2016, de https://www.launch3telecom.com/shared_media/datasheet/RBS%206601.pdf