

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA RED DE CUARTA GENERACIÓN LTE EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO PARA LA CNT EP

Felipe León, Lenin Recalde, Gonzalo Olmedo, Darío Duque y David Reyes

RESUMEN: *En el presente proyecto se da a conocer las funcionalidades de la tecnología móvil de cuarta generación LTE y su implementación por parte de la Corporación Nacional De Telecomunicaciones para el Distrito Metropolitano de Quito. Los componentes tanto de CORE como de Acceso. Se procede a dar una explicación del Software de Predicción a ser usado, explicando de manera ordenada cada paso a seguir desde la creación de un proyecto hasta la configuración de los distintos parámetros ya sean modelos de propagación, tilts eléctricos, mecánicos, azimuths, el tipo de cluter y potencias así como las distintas pruebas que se deben realizar en cada uno de ellos para saber sus throughputs máximos y colectivamente definiendo un cluster para observar el nivel y calidad de la señal radiada por las radio bases que lo conforman y optimizarlas en caso de ser requerido para que brinde mejores prestaciones que en su configuración inicial.*

PALABRAS CLAVE: LTE, CLUSTER.

I. INTRODUCCIÓN

Las telecomunicaciones han tenido un desarrollo vertiginoso con las comunicaciones inalámbricas en los últimos años, siendo la telefonía celular la más vanguardista, puesto que hoy en día hay una gran demanda de teléfonos celulares que se han convertido en una herramienta primordial

para la gente común y de negocios, incrementando el uso no solo de los servicios voz, sino también los de datos, por lo cual surgió la necesidad de migrar de tecnologías constantemente al pasar de los años. Posteriormente las redes 3G incrementaron los anchos de banda a velocidades DSL con velocidades desde 144 kbps a más de 2 Mbps. Esta tuvo una actualización con las cuáles se logró llegar a velocidades de hasta 14Mbps, en sus mejores condicione conocida como HSDPA.

Hoy en día la tendencia es que el uso de datos móviles aumente y es por esto que surgió la Red LTE, que es más robusta y dinámica permitiendo así trabajar en una red totalmente conmutada por paquetes.

En CNT la evolución de la tecnología móvil ha sido primero a través de su red 2G CDMA y GSM/UMTS esta conocida como la red MVNO después con su red propia UMTS/HSPA+ y actualmente es la primera empresa en el país con tener la concesión de las bandas para LTE 4G.

II. FUNDAMENTO TEÓRICO

II-A. EPC (*Evolved Packet Core*)

La característica especial de la red de acceso evolucionada, es que tiene un elemento capaz de gestionar recursos de radio característica que la tiene el elemento *eNodeB*. Los elementos más importantes del núcleo de paquetes, son los MME, SGW y PGW, que interconectados entre sí que junto con el acceso de radio proporcionan redundancia y reparto de carga, ver la Figura 1.

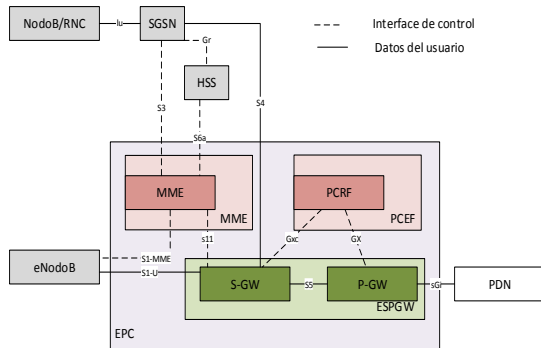


Figura 1. Arquitectura de la red EPC

- **MME (Mobility Management Entity).**- El MME es el principal elemento de control dentro del núcleo de paquetes evolucionado, y no está involucrado con el envío de paquetes de datos.
- **S-GW (Serving Gateway).**- Recoloca de datos recibidos por los *eNodeB* al PGW y funciona como punto de anclaje para cuando existe *handover* entre acceso LTE y 3G.
- **P-GW (Packet Data Network Gateway).**- Realiza la transferencia de políticas de calidad y tarificación al tráfico de usuario, reubica direcciones IP a los terminales de usuario.
- **PCEF (Policy and Charging Enforcement Function).**- Es el elemento funcional que acompaña la política de refuerzo.
- **HSS (Home Subscriber Server).**- Es el repositorio de datos para los datos de los usuarios permanentes en la red

II-B. RAN (Radio Access Network)

LTE usa OFDMA como método de acceso de radio para el DL, también habilitando la comunicación multitrayecto, modificando el número de subportadoras por lo que posibilita adaptar una

variedad de diferentes anchos de banda de acuerdo a lo asignado por la operadora móvil.

Para el UL es utilizada SC-FDMA, uno de los beneficios de usar esta tecnología es la habilidad de reducir la potencia pico, por lo que ayuda al ahorro de energía en el UE, y reducir los costos asociados con los amplificadores de potencia y transmisores.

II-C. ENODEB (Evolved NodeB)

El *eNodeB* es compuesta de una unidad de banda base (BBU) y hasta tres cabezas de radio remotas (RRUs) que pueden ser conectadas, Para conectar cada BBU y RRU, una interface óptica que obedece las normas de interface de radio CPRI es usada, ver Figura 2.

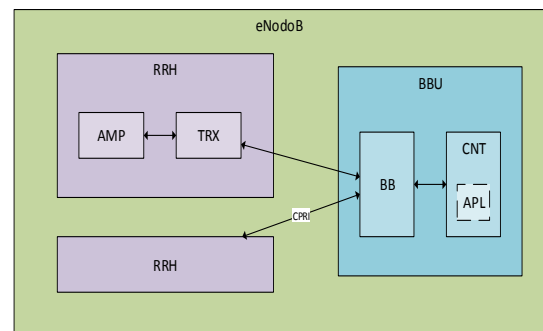


Figura 2. Arquitectura del hardware del *eNodeB*

- **BBU.**- Es responsable por el procesamiento de señales de la banda base digital, usa la terminación S1 para conectarse con la EPC, la terminación X2 para conectarse con un *eNodeB* vecino.
- **RRU.**- Transmite y recibe las señales inalámbricas, procesa las señales de banda base del BBU.
- **CNT.**- Es la tarjeta de control que desempeña el procesamiento IP.
- **APL.**- Cumple las especificaciones de los estándares y es responsable del control de las llamadas.
- **BB.**- Realiza el proceso de control para cada capa del RCL, PDCP, MAC y PHU. TRX.- Es la parte funcional que se encarga del procesamiento de la señal.

III. DISEÑO DE LA RED LTE

II-D. Antenas Para LTE

Ya que la capacidad de LTE es mucho mayor a otras tecnologías requiere de igual manera una tecnología capaz de soportar altas tasas de transmisión como lo son las antenas con técnicas MIMO, ver Figura 3.

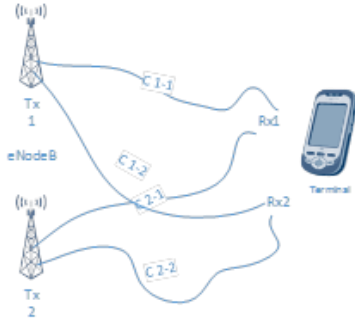


Figura 3. Múltiples caminos de un eNodeB hacia un UE

Arreglos de múltiples antenas pueden compensar cuando existe pérdidas de SNR debido a las condiciones multirayecto que tienen diferentes características, combinando técnicas MIMO se puede obtener las pedazos de cada señal obtenida, lo cual mejora los niveles de ganancia SNR, lo que junto con esquemas de transmisión como 16QAM, 64QAM se pueda aumentar el *throughput* de la transmisión.

II-E. Implicaciones red de transporte

Debido a que el proveedor debe soportar aplicaciones de datos, que pueden consumir gran ancho de banda por larga duración, la red de transporte necesita ser eficiente en costos y tener alternativas de alta capacidad de *backhaul*.

La tendencia hacia Ethernet de *backhaul* es debido a que esta tecnología se desempeña mejor con información ya empaquetada, y su alta escalabilidad, que pueden proveer un gran ancho de banda para soportar la infraestructura LTE

III-A. Descripción software de planeación.

U-NET 3.8 amplía aún más las características técnicas que han permitido que se convierta en el software de planificación de radio líder en el mercado para la optimización integrando single RAN(Radio Access Network) y múltiples RAT(Radio Access Technology) para el diseño y optimización de redes actuales integradas y futuras 2G/3G/4G(LTE).

Dispone de funciones integradas de Sistemas De Información Geográfica (SIG) QUE permite el modelamiento de servicios, modelamiento NE, modelamientos de propagación, predicciones, obtener parámetros de planificación y análisis de resultados, permite realizar esto debido a la arquitectura del mismo, mostrada a continuación, ver Figura 4.

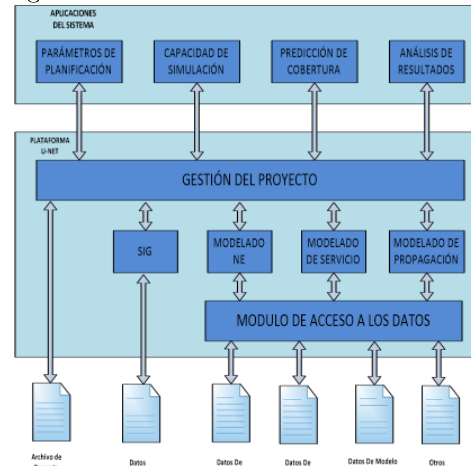


Figura 4. Estructura U-Net

En la Figura 4 se muestra las siguientes partes:

- **Plataforma.-** Esta parte proporciona la función de gestión de datos y las funciones básicas comunes, tales como la gestión de proyectos, SIG, Modelado NE, modelado de servicios y modelos de propagación. U-Net gestiona todas las funciones de la plataforma mediante el uso de la función de gestión de proyectos.

- **Aplicación del Sistema.-** Esta parte proporciona funciones de servicio para el sistema de red actual, incluida la planificación de los parámetros, la capacidad de simulación, predicción y análisis de resultados. La planificación parámetro afecta principalmente a la planificación de las celdas vecinas.

III-B. Análisis de modelos de propagación más adecuados para el Distrito Metropolitano de Quito

El modelo de propagación consiste en una metodología de predecir la propagación de la señal inalámbrica. Tener un modelo preciso es una precondition en el *Radio Network Planning*.

No existen un modelo general y preciso debido a lo complicado del ambiente inalámbrico y a los diferentes terrenos y morfologías, por lo tanto, se utilizan diferentes modelos de propagación para diferentes escenarios y rangos de frecuencia. Los modelos típicos de propagación incluyen: Okumura-Hata, Cost231-Hata y SPM (*Estándar Propagation Model*).

Tabla 1. Modelos de Propagación

Modelo de Propagación	Frecuencia	Tipo de Celda	Morfología	Comentarios
Okumura-Hata	150~1500MHz	Macro Celda 1-20km	Urbano, Suburbano, Rural. La antena está ubicada sobre los techo circundantes	Imita la curva Okumura
COST 231-Hata	1500~2000MHz	Macro Celda 1-20km	Urbano, Suburbano, Rural. La antena está ubicada sobre los techo circundantes	Expandir al modelo Okumura-Hata de 2GHz
SPM	150~2000MHz	Macro Celda 1-20km	Escenarios de macro celdas outdoor	Modelo general, debe ser sintonizado por datos de campo

El modelo a ser usado es el SPM ya que la precisión de este es basada en el test de campo de dónde se obtienen los datos para sintonizar los parámetros K los que forman un modelo adecuado para un ambiente específico.

III-C. Análisis Clutters

Los datos del *clutter* se combinan con el modelo de elevación digital (DEM), los cuales se usan para aplicaciones como localizador inalámbrico, microondas, servicios de comunicaciones personales y para planificar una red inalámbrica. Estos tienen características artificiales y naturales que pueden afectar la propagación de radiofrecuencia por la reflexión, difracción, absorción o dispersión de las ondas de transmisión.

El *clutter* al expresar el impacto en la propagación de RF por los objetos en el suelo, tienen las siguientes clases:

Tabla 2 Clases de Clutters

Clutter	Definición
Water (salt / sweet)	Dividido en lagos y mares.
Rural / Open land	Zona con muy poca o sin vegetación.
Forest	Bosques con gran cantidad de árboles.
Residential	Densidad Sub-urbana que implica calles, lotes pequeños de 30x30 metros que cuentan con cobertura vegetal. Casas individuales son frecuentemente visibles y la altura media es inferior a 15 metros.
Urban	El medio urbano tiene la densidad media en calles, la altura media es inferior a 40 m.
Dense Urban	Están incluidas áreas urbanas densamente pobladas con un gran desarrollo.
Open in urban	Pequeña superficie abierta sin vegetación, rodeada por un entorno urbano, residencial o densamente urbano.

III-D. Diseño preliminar de RF

El Link Budget es el paso de dimensionamiento de una red, por lo cual para LTE se busca calcular el Maximum Allowed Path Loss (MAPL) con su respectivo radio de cobertura.

Para esto se debe considerar que la cobertura efectiva del eNodoB depende no sólo del requerimiento de la cobertura, sino también de la potencia de transmisión y sensibilidad de recepción del eNodoB y UE (User Equipment, Equipo de Usuario).

Por otro lado, el cálculo del MAPL, se basa en la configuración del sistema y en el throughput al borde de celda exigido en la etapa de diseño de red conforme a la siguiente figura:

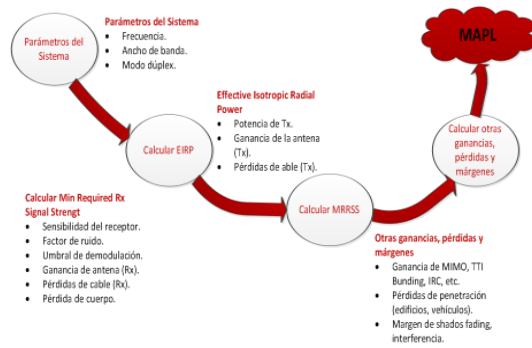


Figura 5. Proceso de Cálculo del MAPL

Una vez realizado el cálculo de Link Budget se obtuvo el siguiente radio de cobertura como muestra la figura 6

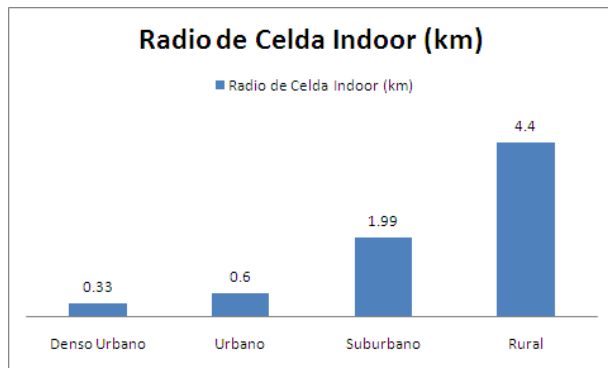


Figura 6. Resultados Link Budget AWS

III-E. Diseño cobertura de LTE

El diseño preliminar de cobertura de RF tiene por objetivo mostrar las zonas de cobertura en base a niveles de señal (RSRP y SINR) dentro de una zona geográfica determinada conforme los requerimientos de cobertura de CNT EP.

A continuación, se muestra los resultados de cobertura para los 250 sitios escogidos por la CNT EP para su diseño y optimización y así poder apegarse a un diseño lo más real posible en una zona geográfica complicada como lo es el Distrito Metropolitano de Quito.

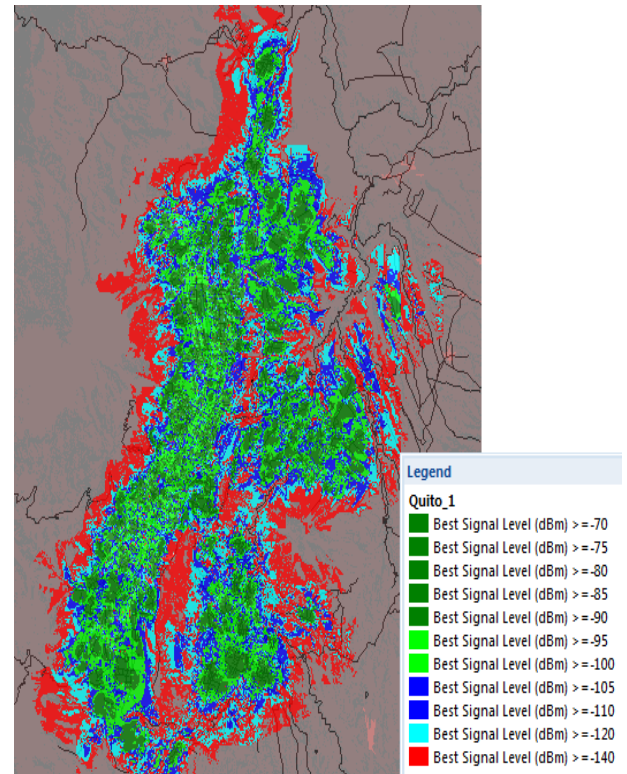


Figura 7. Predicciones Distrito Metropolitano de Quito

Estos se dividieron en prioridades para que la implementación de esta Red se haga con un orden establecido cubriendo secuencialmente sectores estratégicos del Distrito Metropolitano y permitir que CNT EP oferte servicios basados en esta tecnología.

Este es un ambiente que permitirá determinar el comportamiento de cada una de estas en zonas donde hay mucha concentración de personas, edificios, casas o en sitios donde estén sin obstrucciones y así observar cómo podría saturarse o no la Red, hay que tomar en cuenta las alturas a las cuales se van a colocar cada antena ya que en zonas topográficas del Distrito Metropolitano de Quito se presentan lomas que hacen que los niveles de señal RSCP varíen demasiado por lo cual no es recomendable colocar estructuras altas.

Los nivel de señal RSCP para este diseño son buenos, ya que más del 50% de la población del Distrito Metropolitano De Quito en sus dispositivos tendrán un nivel de -100 dBm y para LTE que estos niveles sean considerados malos y en los cuales ya se pierda por completo la conexión del dispositivo con

la Radio Base es -120 dBm que es un porcentaje bajo como se observa en la Figura 10 , es decir que las personas que usen servicios basados en esta tecnología podrán sacarle provecho a la misma.

Estos niveles denotan un diseño pensado en la calidad del servicio y estos se reflejen en una buena experiencia de navegación que es lo que se desea brindar al usuario con throughputs en las peores condiciones de 1 Mbps y en las condiciones óptimas de hasta más de 50 Mbps como se muestra en la Figura 11, lo cual demuestra que el diseño planteado y propuesto cumple con los requerimientos de la CNT EP ya que más del 50% de la población del Distrito Metropolitano de Quito tendrá un throughput de 10 Mbps en adelante permitiendo así una verdadera experiencia LTE.

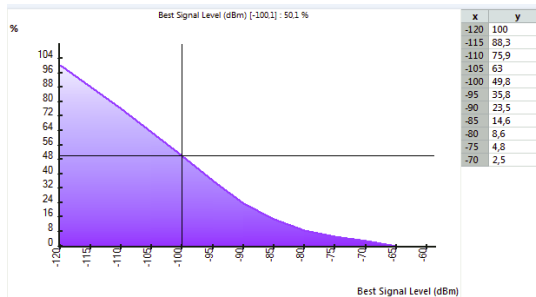


Figura 8. Porcentaje de Cobertura LTE en Distrito Metropolitano de Quito

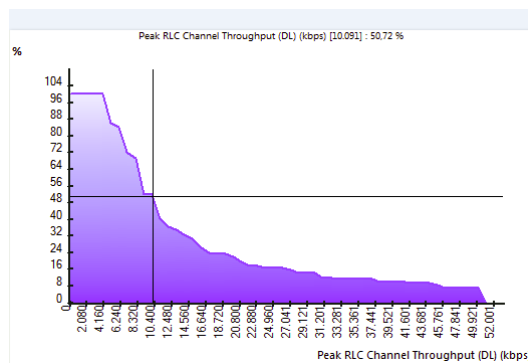


Figura 9. Porcentaje de throughput LTE

IV. IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS

Se realizara la implementación de 21 e-NodeB en la ciudad de Quito, posteriormente se procederá

a ver el comportamiento de este cluster para su optimización.

IV-A. SSV: Single Site verification (Verificación de Sitio Único)

Dentro de cada sitio se realiza una prueba que consiste en probar el *throughput* en cada sector del *eNodeB*, por lo que se inyecta tráfico tanto en el *uplink* como el *downlink*, con una duración de 5 minutos en la que se descargan 10 archivos simultáneamente.

Esta prueba sirve para comprobar la estabilidad del *throughput* en cada sector, por lo que sirve como primer paso para las diferentes pruebas a realizarse en cada nodo.

IV-B. Tuning Inicial

El *Tuning* Inicial es un proceso en donde se realizan ajustes a los parámetros de planeación de la red, es decir azimuts, alturas y *tilts* eléctricos y mecánicos.

El proceso de ajustes de los distintos parámetros del *Initial Tuning* comienza monitoreando la Red, para lo cual se debe crear una ruta con calles y sectores aledaños a los *eNodesB* estos se lo conoce como Drive Test, en los cuales se podrá observar el comportamiento de la Red y de existir algún problema este será analizado y se procederá a realizar los cambios necesarios para que su funcionamiento sea el más óptimo para que el usuario final no tenga ningún inconveniente, esto se puede observar en la Figura 12.

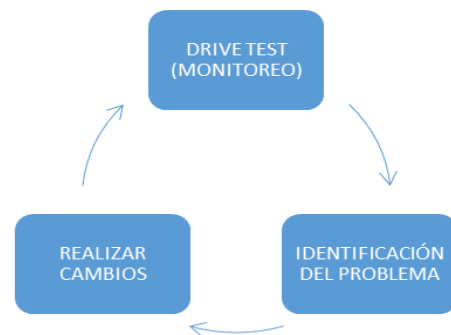


Figura 10. Proceso Tuning Inicial

Como se mencionó antes aquí se realizara un recorrido por una ruta aprobada por CNT EP para el Cluster 5 y así monitorear como se está comportando la Red en un entorno Outdoor identificando los problemas que presenten la Red 4G LTE con los niveles de señal RSRP, la calidad de la señal SNIR, el THROUGHPUT.

La tabla 4 muestra que niveles se establecieron sean comprobados al hacer el drive test para que brindar una experiencia LTE de calidad.

Rango RSRP [dBm]	Rango SINR [dB]	Detalle	Observación
$-90 < DL\ RSRP \leq 0$	$20 < DL\ SINR \leq 30$	Excelente	-
$-100 < DL\ RSRP \leq -90$	$7 < DL\ SINR \leq 20$	Bueno	-
$-110 < DL\ RSRP \leq -100$	$0 < DL\ SINR \leq 7$	Borde	-
$-120 < DL\ RSRP \leq -110$	$-3 < DL\ SINR \leq 0$	Limitado	No se garantiza servicio
$-140 < DL\ RSRP \leq -120$	$DL\ SINR \leq -3$	Malo	No servicio

Tabla 4. Valores que se Consideran

Las Figuras 11, 12, 13, 14 se muestran los valores de RSRP, SINR respectivamente que se obtuvieron en la primera ronda, ubicándose los problemas dentro de los círculos azules.

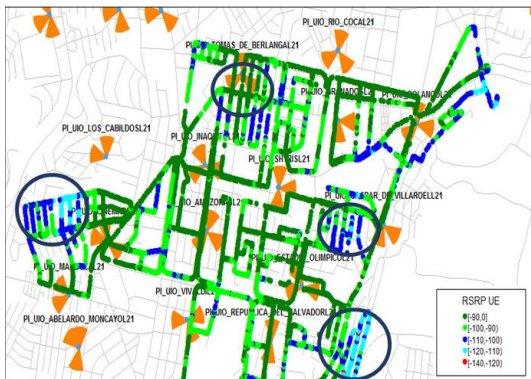


Figura 11. Señal RSRP Drive Test Cluster 5a

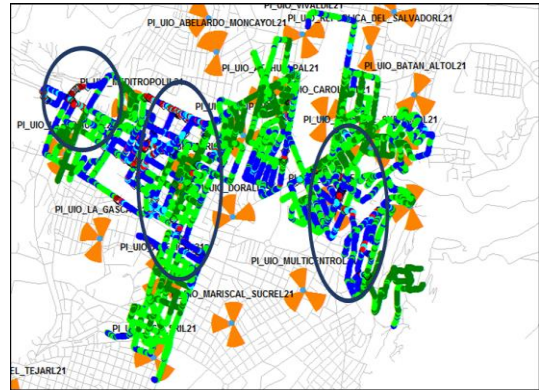


Figura 12. Señal RSRP Drive Test Cluster 5b

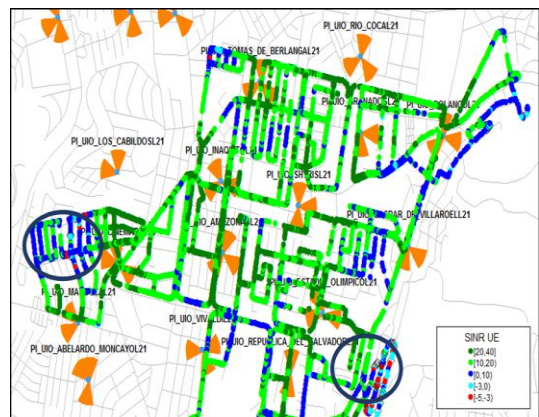


Figura 13. SINR del Cluster 5a

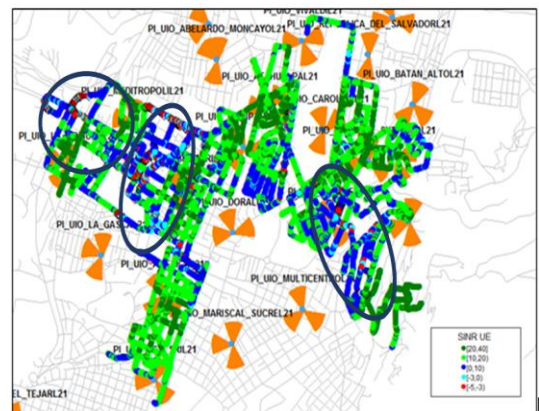


Figura 14. SINR del Cluster 5b

Hay varios PCI que se están *traslapping* en algunos sectores que no les corresponde, esto se da debido a que algunas antenas están con *tilts* que demasiados altos o bajos, que la potencia sea demasiada alta y cause que esta se propague en otros sectores o que las vecindades no estén correctamente

declaradas, estos parámetros serán modificados en la parte de optimización para mejorarlos.

IV-C. OPTIMIZACIÓN

La optimización es un proceso continuo, en donde se realizan medidas ya sea con *drive tests* o con el sistema de gestión para observar el comportamiento de la Red, con el objetivo de que se garantice un servicio de calidad, capacidad y cobertura.

Este proceso de optimización está situado dentro del proceso de desarrollo de la red después de los procesos de planificación y construcción comenzando su ejecución tan pronto se tiene establecido un *cluster* para realizar el *drive test*.

Para obtener un equilibrio entre los factores a ser optimizados es necesario guiarse por cómo va evolucionando la red. En un principio lo que se va a valorar más y a lo que se da más peso para mejorar es la cobertura. Los parámetros que van a ser optimizados son los valores de SNIR, RSRP y PCI Servers, lo que se ilustra en las Figuras 15,16,17 y 18.

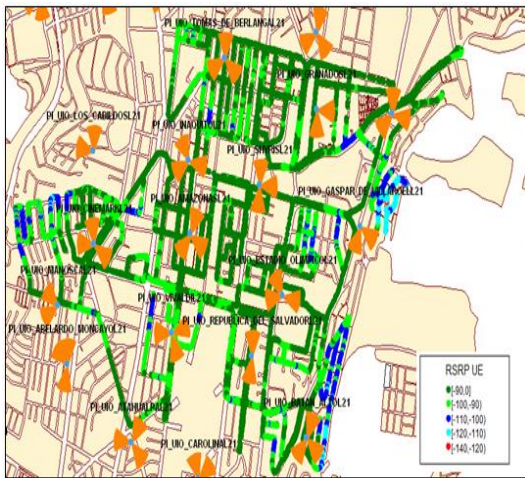


Figura 15. RSRP Cluster 5a Optimizado

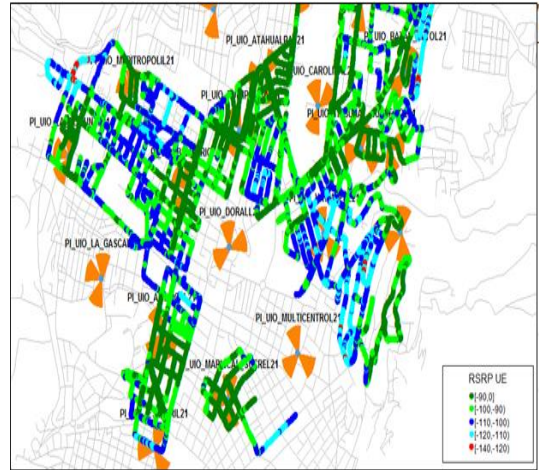


Figura 16. RSRP Cluster 5b Optimizado

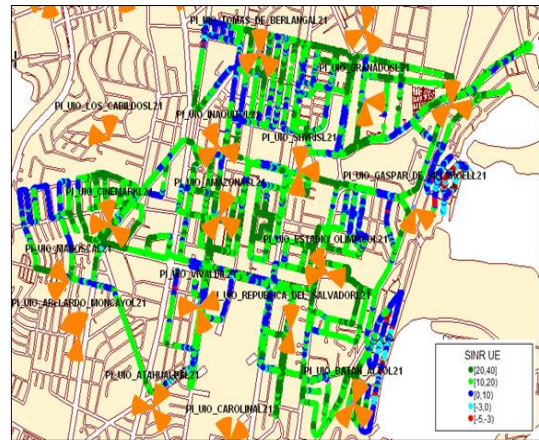


Figura 17. SNIR Cluster 5a Optimizado

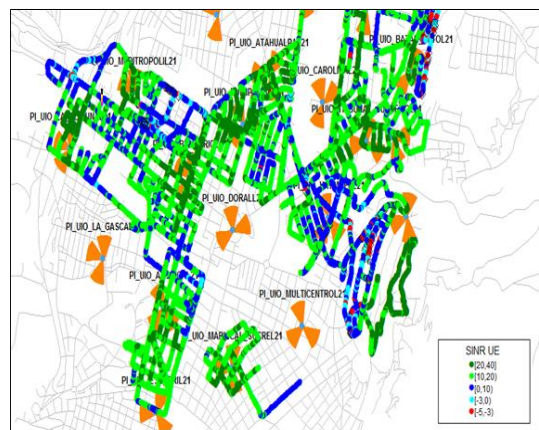


Figura 18. SNIR Cluster 5b Optimizado

En la Figura 18 se observa que más de 70% de la ruta esta con un *Throughput* entre 14 y 100 Mbps, esta velocidad se mantuvo durante todo el recorrido se mantuvieron velocidades de una Red 4G LTE, y

se puede decir que se está cumpliendo con los objetivo de cobertura al poder brindar estas velocidades de transmisión en estos sectores, con esto se permite garantizar que los usuarios finales puedan tener una navegación superior a las Redes 3G y HSPA+ que están desplegadas actualmente en el país.

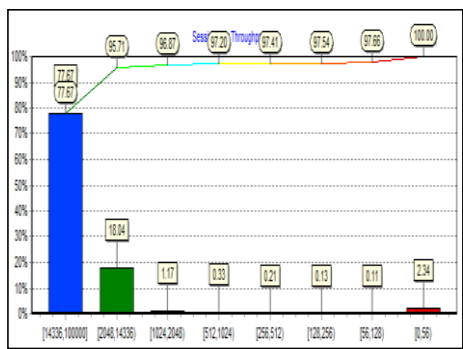


Figura 19. Throughput DL en el Drive Test

V. CONCLUSIONES

Gracias a la estructura integrada de la tecnología 4G LTE y sus distintos componentes como el EPC, la RAN, IPRAN se puede obtener una mejora importante en la prestación de servicios de las operadoras móviles, ya que estas van a poder ofertar servicios de BAM (Banda Ancha Móvil) y de datos móviles a mayor velocidad que las redes 3G/UMTS.

LTE al usar tecnologías de transmisión físicas como la OFDMA en DL y SC-FDMA para UL así también como es uso de técnicas Multi-Antena (MIMO) y distintos tipos de modulación permite que se alcancen velocidades de 100 Mbps en DL y 50 Mbps en UL, dándose esto debido a que LTE hace uso del espectro de una manera más eficiente que UMTS.

En el polígono definido con un área de 998.15 km² para dar cobertura al Distrito Metropolitano de Quito como parte de este proyecto final de grado se determinó que se requieren 250 radio bases con las cuales se llegó a cubrir con buenos niveles de señal al 50.1% de su superficie con un *throughput* medio de 10 Mbps.

El modelo de propagación con el cuál se trabajo fue el SPM (Standard Propagation Model) ya que se puede obtener las pérdidas de una manera más real

comparado con Okumura-Hata y Cost231-Hata, esto es debido a que usa varios parámetros K específicos para distintas zonas poblacionales, permitiendo así trabajar con valores que ya han sido probados con éxito por Huawei en la implementación de varias redes a nivel mundial y que para el caso de la CNT EP ha sido usado para el despliegue de su red 3G/HSPA+.

Se llega a la conclusión de que por más que las predicciones sean lo más exactas posibles, las pruebas de campo nos van a mostrar el estado verdadero de una red, las simulaciones permiten plantear las ubicaciones, pero las pruebas en campo permiten optimizar todos los parámetros para así mejorar la cobertura.

Los resultados obtenidos tanto en el software de predicción así también como en los equipos de drive test permitieron determinar que se va a brindar al usuario final una verdadera experiencia LTE ya que los niveles de señal y *throughput* que se obtuvieron son considerados óptimos para que CNT EP pueda dar cobertura y servicio de datos móviles con velocidades superiores a las que actualmente se llega con la Red 3G/HSPA+ al Distrito Metropolitano de Quito

VII REFERENCIAS

- [1] Holma, H., & Toskala, A. (2009). *LTE FOR UMT- OFDMA and SC-FDMA Based Radio Acces*. West Sussex: Wiley & Son.
- [2] kato, T. (2012). Next-Generation Mobile Network. *FUJITSU Sci. Tech*.
- [3] Kitagara, M. (2011). LTE System and Services as Social Platform for Enriching People's Lives. *NTT DOCOMO technical Journal*.
- [4] Kiyonagi, H. (2012). Field Trial for LTE Mobile Network System. *FUJITSU Sci. Tech*.
- [5] Laganler, J. (2009). Mobility Management for All-IP Core Network. *NTT DOCOMO technical Journal*.

VIII. BIOGRAFÍA



Lenin Israel Recalde Tipanluisa, nació en Quito el 09 de Junio de 1989. Sus estudios primarios y secundarios los realizó en el Colegio Militar “Eloy Alfaro”, se graduó el 20 de Julio del 2007 obteniendo el Título De Bachiller En Ciencias. Realizó los cursos de redes CISCO CCNA.

Sus estudios universitarios los realizó en la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE en la Facultad De Ingeniería Electrónica en Telecomunicaciones. Adquirió experiencia profesional en el Área de Accesos Inalámbricos de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones realizando diseños y planeación de redes WCDMA/HSPA+ y 4G LTE.



Felipe Alberto León Coello, nació en Quito Ecuador el 25 de Noviembre de 1988, Estudio la primaria y secundaria en el colegio Academia Almirante Nelson, donde se graduó en la especialización de Físico Matemático. Estudio en Alemania el quinto curso en el colegio Ludwigs Gymnasium

como parte de un programa de intercambio, y regreso al Ecuador para cursar estudios de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, realizó dos pasantías en el exterior en los países de Alemania y Serbia, también realizó pasantías en la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP, donde adquirió experiencia en diversas áreas. Actualmente se encuentra trabajando en una transnacional de Telecomunicaciones de gran reconocimiento en el mercado local y global.



Gonzalo F. Olmedo C., recibió el título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones de la Facultad de Ingeniería Electrónica de la Escuela Politécnica del Ejército en 1998, el grado de Master en Ciencias en Ingeniería Eléctrica

y Computación en el área de Telecomunicaciones y Telemática en la Universidad Estatal de Campinas

(UNICAMP), Campinas – Brasil, 2003. Doctor en Ingeniería Eléctrica y Computación en el área de Telecomunicaciones y Telemática, Universidad Estatal de Campinas (UNICAMP), Campinas – Brasil. Sus intereses investigativos incluyen las Ad Hoc networks, sistemas de comunicación Sem Fio CDMA, Desempeño de las redes de telecomunicaciones



Darío Duque Cajas, nació en Quito, el 9 de diciembre de 1962 y obtuvo su título de Ingeniero Electrónico en 1988 en la Escuela Politécnica del Ejército. Máster en Comunicaciones Móviles en el 2004 en la Politécnica de Catalunya España. Áreas de

interés son las comunicaciones.



David Arturo Reyes Paredes., nació El 20 de Octubre de 1981 en la ciudad de Cuenca provincia de Azuay obtuvo su bachillerato en el colegio Rafael Borja de Cuenca. Los estudios superiores los cursó en la Escuela Politécnica del Ejército en donde obtuvo el título de Ingeniero en Electrónica y

Telecomunicación en el año 2007, luego de esto adquirió experiencia en la instalación e implementación de enlaces de microonda y estaciones base celulares por dos años como contratista de la Empresa Huawei Technologies por un período de dos años. Desde el año 2012 desarrolla actividades de diseño, planeación y optimización de las redes móviles inalámbricas 3G WCDMA/HSPA+ y 4G LTE que está implementando la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP, liderando técnicamente dichos proyectos, además de estar involucrado en tareas de interconexión internacional con operadores de internet Tier 1.