

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

TÍTULO:

Diseño para mejorar la cobertura 2G en los barrios El Aguacate, Emilio Sarmiento y Los Geranios en la zona rural del sur de Cuenca mediante la implementación de una radiobase outdoor.

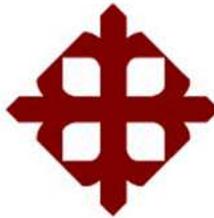
AUTOR (A):

Granda Gomez, John Michael

TUTOR:

Ing. Luis Ezequiel Palau De La Rosa, M.Sc.

**Guayaquil, Ecuador
2015**



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

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por John Michael, Granda Gomez, como requerimiento parcial para la obtención del Título de Ingeniería en Telecomunicaciones.

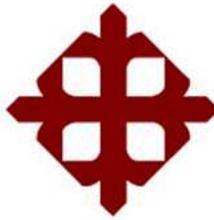
TUTOR

Ing. Luis Ezequiel Palau De La Rosa, M.Sc.

DIRECTOR DE LA CARRERA

Ing. Miguel Armando Heras Sanchez, M.Sc.

Septiembre del año 2015



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

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, John Michael Granda Gomez

DECLARO QUE:

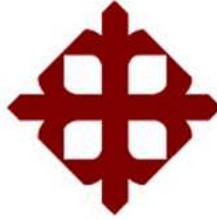
El Trabajo de Titulación “ Diseño para mejorar la cobertura 2G en los barrios El Aguacate, Emilio Sarmiento y Los Geranios en la zona rural del sur de Cuenca mediante la implementación de una radiobase outdoor” previa a la obtención del Título de Ingeniería en Telecomunicaciones, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

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

Septiembre del año 2015

EL AUTOR

John Michael, Granda Gomez



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

AUTORIZACIÓN

Yo, **John Michael Granda Gomez**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: “ Diseño para mejorar la cobertura 2G en los barrios El Aguacate, Emilio Sarmiento y Los Geranios en la zona rural del sur de Cuenca mediante la implementación de una radiobase outdoor”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Septiembre del año 2015

EL AUTOR:

John Michael, Granda Gomez

AGRADECIMIENTO

Principalmente mi agradecimiento a Dios por haberme otorgado vida y fuerza a lo largo de estos años para culminar con éxito este escalón importante en mi vida.

Mi eterno agradecimiento a mis padres por su apoyo desde el inicio de esta etapa académica en especial a mi madre sin cuyo apoyo incondicional y permanente no hubiese sido posible este logro.

Mi gratitud a la UNIVERSIDAD CATOLICA SANTIAGO DE GUAYAQUIL y a todos los profesores que me supieron guiar con las cátedras impartidas en el transcurso de todos estos años.

John Granda G.

DEDICATORIA

Esta tesis y todo el trabajo efectuado para el desarrollo de la misma se la dedico a Dios por sobre todas las cosas, a mis padres ya toda mi familia por el constante apoyo.

John Granda G.

ÍNDICE

RESUMEN	3
ABSTRACT	4
CAPÍTULO 1	5
INTRODUCCIÓN	5
1.1 Justificación	7
1.2 Planteamiento del problema	8
1.3 Objetivos	10
1.3.1 Objetivo general	10
1.3.2 Objetivos específicos	10
1.4 Tipo de investigación	10
1.5 Hipótesis	11
PARTE I MARCO TEÓRICO	13
CAPÍTULO 2	13
INTRODUCCIÓN RED 2G	13
2.1 Introducción a 2G	13
2.2 Elementos del subsistema BSS	17
2.3 Elementos del subsistema NSS	18
2.4 Elementos del subsistema OSS	19
CAPÍTULO 3	21
INDICADORES DE MEDICIÓN EN DRIVE TEST	21
3.1 RxLev	22
3.2 RxQual	26
3.3 Call Drop	31
3.4 Handover Failure	34
3.5 Throughput	37
PARTE II APORTACIONES	43
CAPÍTULO 4	43
DESARROLLO DE PROCESOS	43
4.1 Pruebas de campo (drive test)	43
4.2 Elección de punto nominal	62
4.3 Área de búsqueda	69
4.4 Validación de candidatos	75
CAPÍTULO 5	90

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	90
5.1 Conclusiones	90
5.2 Recomendaciones	91
BIBLIOGRAFÍA	93
FIGURAS	95
TABLAS	96

RESUMEN

El presente proyecto presenta la evaluación, pruebas y estudios realizados para el correcto diseño de una radiobase 2G outdoor, basándose principalmente en mediciones realizadas en campo y su respectivo post procesamiento catalogando dichas mediciones en rangos de cobertura deseables y no deseables, demostrando en primera instancia la necesidad de la implementación del proyecto y posteriormente la posible cobertura que dicha radiobase abarcaría. En el primer capítulo se realiza una introducción a las diferentes tipos de problemática en una red celular en continuo crecimiento y el enfoque que tendrá el diseño presentado basando el presente estudio en un trial levantado en función de la carencia de buena cobertura en la zona elegida. El segundo y tercer capítulo abarca una introducción a la estructura de una red 2G, considerando los elementos que la componen y la relación entre ellos, así como los indicadores a ser evaluados posteriormente en las pruebas de campo (Drive Test). El cuarto capítulo refiere a los procesos necesarios para el correcto diseño de un sitio Outdoor, este capítulo abarcara en detalle en cada subcapítulo los resultados de las pruebas realizadas y las predicciones del futuro sitio a ser implementado, la propuesta de diseño del presente proyecto y los pasos que se abarcaran sirven como punto de partida para cualquier diseño de una radiobase outdoor variando, dependiendo del escenario de cobertura, la propuesta de configuración del sistema radiante.

ABSTRACT

The project that will be exposed on the document show the steps to be done to do the correct choice of the candidates and design for a new Outdoor BTS that improve the 2G coverage problems on the rural zones of El Aguacate, Emilio Sarmiento and Los Geranios which are located at the south of Cuenca city, the design will be based on coverage predictions as well as the drive test results made that will justify the implementation of the new site. On the first chapter it will be remark the introduction to different types of problematic on a cellular network that is continuous grow. The second and third chapter takes in consideration the 2G network structure, taking in consideration all the elements that take part of it as well as the relation between them, on these chapters will also remark the concept on the Key Points Indicators that will be review on the field tests known as Drive Test. Finally the fourth chapter will take into consideration the different processes required to do a correct RF design of an outdoor radiobase, on the subchapters it will shown the post processing results of the Drive Test as well as the predictions of the future new site based on the RF design proposed.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

El ente regulador en todo país tiene como principal preocupación el que exista cobertura continua de telefonía móvil lo cual incluye zonas urbanas y rurales así como las carreteras de tal manera que no exista afectación al usuario sea cual fuere el proveedor de servicio, en la actualidad, por el continuo crecimiento de la población y asentamientos en lugares donde no existían poblaciones, los proveedores de servicios de telefonía móvil no poseen cobertura continua en zonas muchas veces de difícil acceso así como en carreteras a dichas zonas, otro de los problemas con los que se enfrentan las diferentes operadoras es la geografía de las zonas que se pretende cubrir.

Durante la implementación y desarrollo de una red celular 2G se despliegan BTS respectivamente en la zona a ser cubierta para que pueda contar con los servicios de voz y datos móviles, dentro de este despliegue de sitios existen a su vez diferentes puntos a ser tomados en cuenta dependiendo del escenario a ser cubierto como los que se detallan a continuación:

- Soluciones para escenarios Indoor
- Soluciones para escenarios Outdoor

Realizando una breve introducción de los escenarios descrito se entiende por escenario Indoor a la solución implementada en edificios o sitios en donde la

propagación de la solución se encuentra contenida a especie de burbuja para un caso específico, en muchas ocasiones se consideran como soluciones VIP o diseñadas para brindar cobertura en escenarios en donde la pérdida por obstáculos o altura del edificio no permite a las radiobases externas o Outdoor brindar un correcto servicio, este tipo de soluciones son implementadas mediante una correcta distribución de antenas más pequeñas con un menor índice de ganancia de potencia.

En contraste las soluciones Outdoor son implementadas para cubrir áreas extensas que muchas veces abarcan soluciones Indoor al interior de su cobertura o rango de acción, son las soluciones comúnmente desplegadas para brindar cobertura a un área determinada y cuyo despliegue viene dado dependiendo del escenario, esta solución puede ser usada mediante la implementación de torres, monopolos, torretas ventadas o polos en terrazas, para el correcto desempeño de estas soluciones es necesario un proceso de optimización de manera que no exista interferencia o degradación del servicio más aun al implementar un nuevo sitio en una zona con sitios existentes y trabajando bajo umbrales de aceptación definidos por la autoridad reguladora.

Adicional a tomar en cuenta el escenario también entra en consideración el objetivo por el cual el nuevo sitio entrara en funcionamiento, existen tres objetivos generales para el despliegue de un nuevo sitio los cuales son:

- Soluciones para mejorar cobertura
- Soluciones para mejorar calidad
- Soluciones para dar soporte de tráfico

El principal problema que aqueja a las operadoras es el poder cumplir con el ente regulador en temas de cobertura y umbrales establecidos haciendo imperativo el buscar soluciones para mejorar la experiencia de usuario y llevar los servicios de telefonía móvil a la mayor cantidad de zonas dentro de un país, el presente documento realizara el estudio mediante pasos y procedimientos de la solución implementada para solventar dichos problemas de cobertura.

1.1 Justificación

El tema elegido merece la investigación teórica que, mediante procesos explicativos, indique la solución a los problemas de cobertura en el ámbito de telefonía celular; en la actualidad y que debido a la creciente demanda de servicios de telefonía móvil es cada vez más imperativo el contar con una cobertura continua de las operadoras que brinden dicho servicio.

El constante crecimiento y desarrollo de las tecnologías en el ámbito de la telefonía móvil genera en el usuario la necesidad de poder estar conectados en todo momento desde un dispositivo móvil, a la vez que los entes reguladores de cada país establecen parámetros de cumplimiento a las operadoras para satisfacer dicha demanda de los usuarios.

Acorde a lo explicado previamente el principal problema de una red en continuo crecimiento es el poder generar cobertura continua de sus tecnologías brindando el

servicio no solo en las grandes ciudades sino también en las carreteras y zonas rurales muchas veces de difícil acceso.

El presente documento se enfoca en dicha problemática que existe siempre en las operadoras, teniendo como premisa que una red nunca deja de crecer y que bajo esta premisa siempre existirán nuevas zonas a ser cubiertas para poder brindar, dentro de parámetros de aceptación y calidad, cobertura continua en 2G haciendo un enfoque y estudio de factibilidad en la zona sur de Cuenca en los barrios El Aguacate, Emilio Sarmiento y Los Geranios.

1.2 Planteamiento del problema

Dentro de los problemas generales que afectan a una red celular desplegada muchas veces se toma en consideración únicamente dos afectaciones a ser solucionadas las cuales son mejorar la cobertura y dar soporte de tráfico a una radiobase cercana, el problema de mejorar la calidad en la casi totalidad de los casos viene ligado a las dos afectaciones indicadas dado que al mejorar la cobertura en una zona específico indirectamente se mejora la calidad de servicio en dicha zona mejorando la experiencia de usuario, mientras que al brindar soporte de tráfico a un nodo sobrecargado igualmente indirectamente se mejora la calidad en la zona dado que, aun existiendo cobertura continua en la zona, se distribuye la carga entre la radiobase con problemas y la nueva radiobase a ser implementada con lo que la calidad de servicio mejora y con ello la experiencia de usuario.

El brindar una experiencia de usuario de calidad implica tener cobertura continua sin afectaciones en el servicio brindado, toda red celular se encuentra en continuo despliegue de nuevos sitios para abarcar zonas, en la mayoría rurales o carreteras, que se encuentran con huecos de cobertura y afectación directa al usuario al no poder contar con los servicios de telefonía móvil, en la actualidad se debe contar por lo menos con la tecnología 2G desplegada en cobertura continua y adicionalmente con cobertura 3G o 4G dependiendo del escenario o zona a ser cubierta.

El presente documento toma en consideración el escenario comúnmente implementado el cual es el escenario Outdoor y detallara los pasos a seguirse para el despliegue de una BTS que tendrá como objetivo el solventar problemas de cobertura abarcando de manera general las consideraciones y bases para la elección de esta solución, así como los procesos que se abarcan desde que se encuentra una zona sin cobertura hasta que se elige el sitio idóneo para la implementación.

Se realizara el estudio sobre una zona rural al sur de Cuenca en donde se tiene conocimiento que existen problemas de cobertura actualmente, más específicamente en los barrios El Aguacate, Emilio Sarmiento y Los Geranios y se determinara la necesidad o no del diseño y despliegue de una nueva radiobase Outdoor 2G, adicional se indicara los principales KPIs (Key Point Indicators) a ser revisados tanto en pruebas de campo, como a nivel estadístico para corroborar que el sitio se encuentre cumpliendo su objetivo sin afectar o tener un impacto negativo, desde su entrada en servicio, sobre el desempeño de la red o sitios aledaños

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

- Analizar la factibilidad mediante estudios de campo y predicciones para la implementación de una radiobase Outdoor enfocada en mejorar la cobertura de telefonía celular en los barrios de El Aguacate, Emilio Sarmiento y Los Geranios

1.3.2 Objetivos específicos

- Definir la necesidad de la implementación de una nueva radiobase Outdoor en base a estudios de campo.
- Analizar los diferentes tipos de estructuras y antenas utilizadas en la implementación de una nueva radiobase y su correcta elección en base al escenario
- Enumerar y detallar los procesos utilizados en la correcta elección y despliegue del nuevo sitio

1.4 Tipo de investigación

El tipo de investigación elegido es el teórico, en el transcurso del presente documento se basara la solución elegida en base a fundamentos teóricos y

experiencia obtenida, así como en documentos de proyectos realizados y liderados por mí que involucran casos que abarcan el tema expuesto.

1.1 Hipótesis

Posterior a haber explicado de manera general el problema planteado se sostiene que la solución a los problemas de cobertura en telefonía celular de las diferentes operadoras es en base a la implementación de nuevas radiobases, posterior al estudio realizado en campo y estadístico, mediante el uso de herramientas de predicción de cobertura y herramientas para la recolección de datos en tiempo real de recorridos efectuados en el área o zona a ser cubierta.

El correcto despliegue de una nueva radiobase solventa de manera concreta los huecos existentes de cobertura en toda red de cualquier operadora siendo la solución más viable el despliegue de una radiobase Outdoor con el objetivo de abarcar mayores áreas sin servicio de telefonía celular, dentro de la solución elegida el presente documento enfoca el análisis en la tecnología 2G.

En la actualidad se considera a la tecnología 2G como la base para los servicios de voz mientras que la tecnología UMTS lo es para los servicios de datos móviles, en el transcurso del presente documento se presentaran las consideraciones para el correcto despliegue de una nueva radiobase 2G con las consideraciones de las radiobases adyacentes de manera de provocar degradación en servicios posterior a la puesta en servicio.

Al finalizar el análisis presentado en el presente documento se mostrara un diseño de un nuevo sitio Outdoor 2G, de ser necesario comprobado mediante estudios de campo y de predicciones, que permita solucionar los problemas de cobertura existentes en la zona de los barrios de El Aguacate, Emilio Sarmiento y Los Geranios, brindando la solución para que sea implementada.

PARTE I MARCO TEÓRICO

En el presente documento se revisara los aspectos que son necesarios tomar en cuenta para el correcto estudio y propuesta de un nuevo sitio Outdoor tomando como propuesta de estudio el caso de la deficiencia en cobertura celular existente en los barrios El Aguacate, Emilio Sarmiento y Los Geranios, al sur de Cuenca, el trial que se evaluara y la configuración RF es aplicable a escenarios similares con problemas en cobertura continua sean estos rurales o urbanos.

CAPÍTULO 2

INTRODUCCIÓN RED 2G

2.1 Introducción a 2G

Previo al desarrollo del tema es menester realizar una reseña de lo que significa la tecnología GSM así como los elementos e interfaces que la componen. GSM son las siglas para Global System for Mobile Communications el cual fue diseñado como un sistema de segunda generación siendo un avance al anterior sistema el cual era análogo.

GSM usa sistema digital a través de TDMA (Time Division Multiple Access), en esta tecnología de segunda generación la prioridad esta dado hacia los servicios de voz, sin embargo en el transcurso de su evolución adopto tipos de codificación para

sesiones de datos basados en GMSK para GPRS y posteriormente 8PSK para EDGE el cual es un paso previo a los datos brindados en los servicios de tercera generación.

En general GSM no solo describe lo relacionado a la interfaz de aire sino también la relacionado a la infraestructura o los elementos de red e interfaces propiamente dicho, tomando lo anteriormente descrito como premisa podemos visualizar el desarrollo de GSM no únicamente como una red local sino como la unión de varias redes a través de funciones de roaming que pueden interoperar sin importar el vendedor u operadora dado que basa su funcionamiento en las mismas normativas (CCM, 2015)

El servicio de roaming es posible tanto en redes locales como internacionales, se toma como premisa el servicio prestado por un operador y que al salir de la cobertura de ese operador y con el fin de no que no exista pérdida de servicio hacia el usuario se realiza un roaming nacional hacia otra operadora que posea cobertura en la zona que se encontrare el usuario.

ETSI definió las interfaces para GSM en donde dejo las bases para poder realizar una conexión multivendedor a manera de roaming gracias a la definición de PLMN (Public Land Mobile Network) en donde un PLMN es asignado a cada país o vendedor, en GSM el mecanismo de seguridad viene dado por la SIM card, la cual a través de IMSI (International Mobile Subscriber Identity) identifica al usuario hacia la red (TC-SMG, 1995).

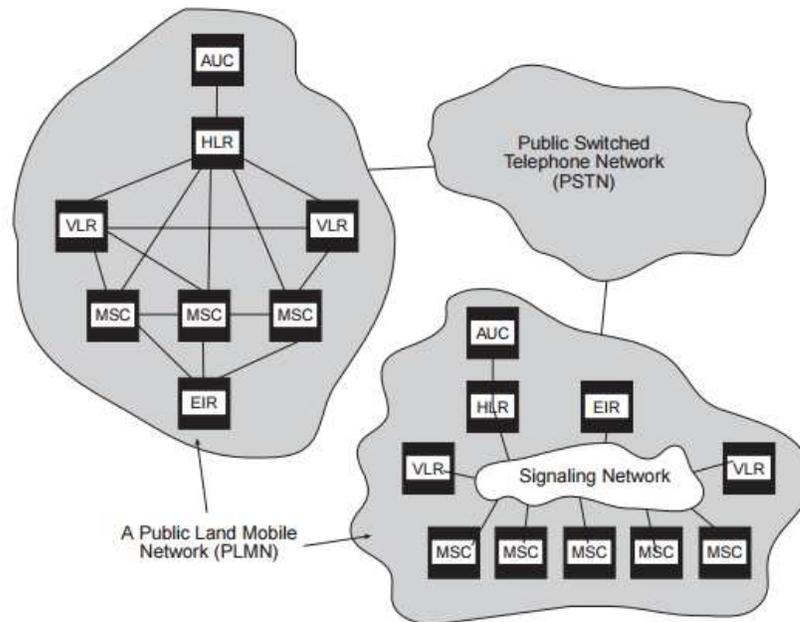


Figura 2-1 PLMN

Fuente: TC-SMG, E. (Diciembre de 1995). Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); GSM Public Land Mobile Network (PLMN) connection types (GSM 03.10). Obtenido de ETSI: http://www.etsi.org/deliver/etsi_gts/03/0310/05.00.00_60/gsmts_0310v050000p.pdf

El PLMN está dividido en subsistemas que forman la arquitectura de la red GSM los cuales son BSS (Base Station Subsystem), NSS (Network Station Subsystem) y OSS (Operational Subsystem) en reseña el subsistema BSS es por medio del cual el MS se conecta.

El subsistema OSS es el encargado de monitorear toda la red, a través de él se realiza la operación y mantenimiento de la misma y es a través de este subsistema que el operador observa la calidad de la red y el servicio ofrecido al usuario a través de medidas de indicadores de performance conocidos como KPIs (Key Performance Indicators) (Pearson, 1998).

En el siguiente grafico se puede observar los subsistemas previamente indicados:

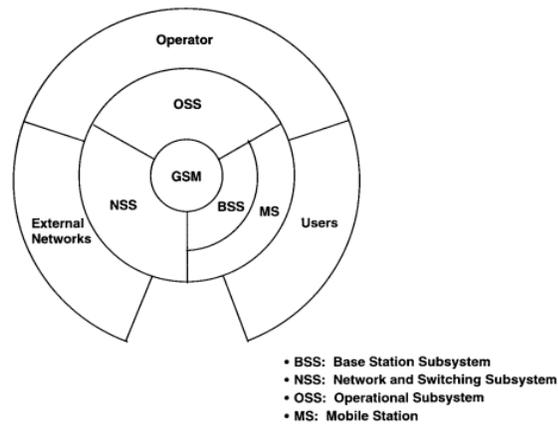


Figura 2-2 Subsistemas GSM

Fuente: Pearson. (30 de Noviembre de 1998). GSM Architecture and Interfaces. Obtenido de Pearsonhighered:
<http://www.pearsonhighered.com/samplechapter/0139491244.pdf>

A continuación se procederá a detallar los elementos que componen cada uno de los subsistemas como se muestra en el siguiente grafico:

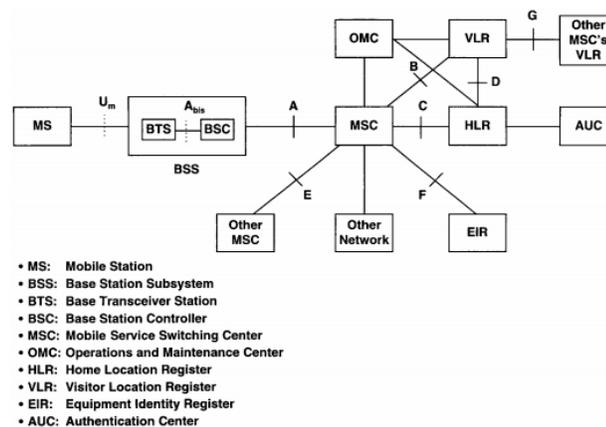


Figura 2-3 Elementos de cada subsistema

Fuente: Pearson. (30 de Noviembre de 1998). GSM Architecture and Interfaces. Obtenido de Pearsonhighered:
<http://www.pearsonhighered.com/samplechapter/0139491244.pdf>

2.2 Elementos del subsistema BSS

El BSS se compone de los siguientes elementos:

- BSC: El Base Station Controller es considerado el elemento central de este subsistema, su principal responsabilidad en la red realizar la conexión entre el MS y el subsistema NSS, adicional es el encargado de gestionar los procedimientos de movilidad tales como Handovers y brindar soporte de señalización a la interfaz Abis que se encuentra entre la BTS y la BSC, así como soporte de señalización a la interfaz A la cual se encuentra entre la BSC y la MSC (Harto, 2010).
- BTS: Base Transceiver Station es el elemento de este subsistema que mantiene la interfaz Aire con el MS, es el encargado de dar soporte de señalización a esta interface (Harto, 2010).

Acorde a lo detallado previamente es necesario recalcar que el BSS son los equipos físicos que proveen cobertura de radio a un área geográfica determinada repartida por una cantidad de celdas.

Dentro de los elementos del BSS se encuentra las interfaces directas con el usuario y el elemento de radio BTS el cual es el primer filtro para realizar acciones de troubleshooting cuando existe degradación de servicios, este elemento es comparable con su simil en 3G llamado NodoB.

2.3 Elementos del subsistema NSS

El NSS se compone de los siguientes elementos de red:

- **MSC:** Mobile Service Switching Center el cual es el elemento responsable de controlar todas las llamadas de la red móvil, identificando el origen y destino de las llamadas así como el tipo de las mismas, este elemento es central tanto para la red 2G como para la red 3G (TutorialsPoint, GSM - The Network Switching Subsystem (NSS)).
- **VLR:** Visitor Location Register es el encargado de mantener la información de los suscriptores que están actualmente bajo la cobertura de la MSC respectiva esta base de datos es siempre temporal es decir se actualiza constantemente (TutorialsPoint, GSM - The Network Switching Subsystem (NSS)).
- **HLR:** Home Location Register es el encargado de mantener una base de datos permanente de los suscriptores de la red móvil, adicionalmente el HLR mantiene una base de datos temporal con la ubicación de los suscriptores esta data es requerida para realizar el enrutamiento de las llamadas, este elemento es central tanto para 2G como para 3G (TutorialsPoint, GSM - The Network Switching Subsystem (NSS)).

- AUC & EIR: Authentication Center & Equipment Identity Register son los encargados de la seguridad de confidencialidad de los suscriptores, ambos elementos son primordiales para los operadores dado que son base para realizar el cobro de los servicios prestados (TutorialsPoint, GSM - The Network Switching Subsystem (NSS)).

2.4 Elementos del subsistema OSS

El OSS no posee elementos visibles como los tienen los otros dos subsistemas sin embargo se procederá a detallar las principales funciones de este subsistema:

- Manejo de Fallas: Mediante esta característica el OSS asegura la corrección de rápida de cualquier error detectado en la red a través de alarmas que indican tanto si el problema es de carácter físico o lógico (TutorialsPoint, GSM - The Operation Support Subsystem(OSS)).
- Manejo de Configuración: El propósito de esta característica es de mantener siempre actualizado los elementos de red, así como su respectiva configuración para lo cual siempre es necesario los diferentes tipos de software de actualización de los distintos elementos, es en base a esta característica que los diferentes vendors promueven el update de los elementos de red (TutorialsPoint, GSM - The Operation Support Subsystem(OSS)).

- Manejo de Performance: Es a través de esta característica que el operador puede saber cómo está desarrollando la red y el impacto a nivel de usuario que pudiese tener, esto es realizado a través de la recolección de medidas de distintos contadores que a su vez pasan a formar parte de las formulas de KPIs (TutorialsPoint, GSM - The Operation Support Subsystem(OSS)).

En base a la descripción de los elementos de los subsistemas a continuación se muestra de forma grafica su conformación y división (Harto, 2010):

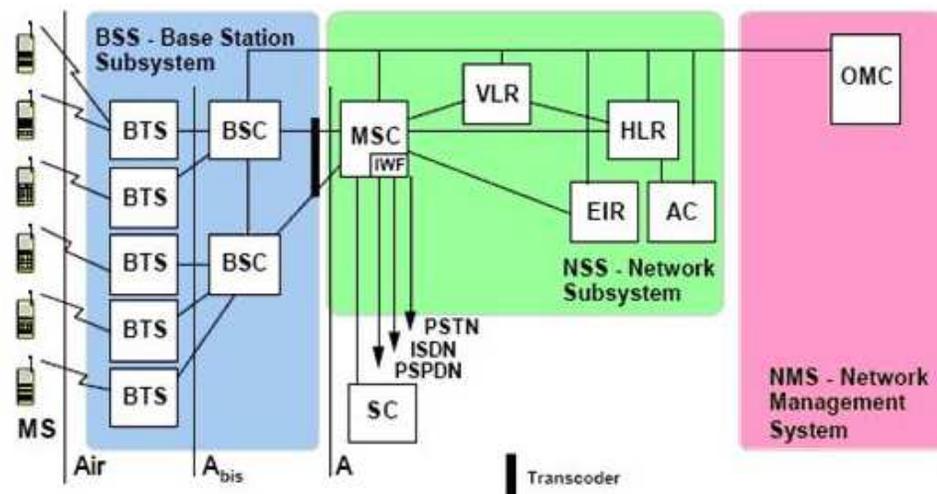


Figura 2-4 Conformación de subsistemas

Fuente: Harto, I. (1 de Junio de 2010). Interface in GSM Network. Obtenido de Technology Beyond: <https://hartomanullang.wordpress.com/2010/06/01/basic-introduction-of-gsm-network-2/>

CAPÍTULO 3

INDICADORES DE MEDICIÓN EN DRIVE TEST

El primer paso para realizar cualquier diseño es corroborar que efectivamente exista una problemática que no pueda ser solucionada con lo existente, de lo contrario no sería un correcto estudio y se malgastarían tanto esfuerzos como, mas importante aun, recursos tanto económico como de ingeniería, con esto en mente se realizan pruebas de campo conocidas como Drive Test mediante el cual es posible determinar la calidad de la señal y la intensidad de la misma en el área indicada.

Previo a empezar a detallar la planificación y diseño del nuevo sitio es necesario remarcar y definir los indicadores y mediciones que serán tomadas en consideración tanto en las pruebas de campo como en las predicciones a ser realizadas, para la cual se enlistara los indicadores y posteriormente se procederá a la descripción de cada uno de ellos así como su importancia en su medición.

Los indicadores de medición 2G a ser tomados en cuenta son los siguientes:

- ✓ RxLev
- ✓ RxQual
- ✓ Call Drop
- ✓ Handover Failure
- ✓ Throughput

3.1 RxLev

RxLev significa Received Level y basa su significado en el nivel de señal recibida por el móvil, este nivel es medido en dBm es decir en la relación a 1mW, motivo de esta relación es que el valor de este indicador será siempre negativo (Verma, 2014).

Este indicador es relacionado con el RSSI el cual consta de una escala que va de 0 a 63 en donde cada valor de RSSI tiene su símil en RxLev mediante la siguiente fórmula (Rex, 2011):

$$\mathbf{RxLev = -110dBm + RSSI}$$

En base a la anterior formula podemos determinar que un RSSI de 0 equivale a -110dBm mientras que su valor más alto de 63 equivale a -47dBm, como se muestra a continuación:

Tabla 3-1 RSSI Vs RxLev

RSSI	RxLev
0	-110 dBm
1	-109 dBm
2	-108 dBm
...	...
61	-49 dBm
62	-48 dBm
63	-47 dBm

Una vez habiendo definido el rango en el que actúa las mediciones de RxLev se definen umbral excelente, bueno, pobre y malo de muestras obtenidas en las mediciones de campo (Drive Test), por experiencia en pruebas realizadas y post procesamiento de datos obtenidos estos umbrales son divididos de la siguiente manera:

Tabla 3-2 Umbral RxLev

RxLev	Umbral
$RxLev \geq -65 \text{ dBm}$	Excelente
$-65 \text{ dBm} > RxLev \geq -85 \text{ dBm}$	Bueno
$-85 \text{ dBm} > RxLev \geq -97 \text{ dBm}$	Pobre
$-97 \text{ dBm} > RxLev \geq -110 \text{ dBm}$	Malo

Dentro de las posibles mediciones obtenidas del MS tenemos el RxLev Full y el RxLev Sub para proceder a la explicación de cada uno es necesario realizar una introducción a la estructura de la trama de voz en 2G, cuando se establece una conexión para llamada de voz o datos se establece un canal dedicado entre el MS y la BTS (Base Transmission Station)

La multitrama SACCH (Slow Associated Control Channel) es la base para todas las mediciones en modo dedicado, durante esta multitrama un mensaje de SACCH es enviado de la BTS hacia el MS y a su vez un mensaje es enviado desde el MS hacia la BTS.

Una trama TDMA en 2G está compuesta por 8 timeslots consecutivos de manera que cuando una llamada sea realizada se le asignara uno de estos 8 timeslots, la trama TDMA es como se muestra a continuación (Ascom, 2005):



Figura 3-1 Channel Coding

Fuente: Ascom. (2005, Agosto 12). FER, RxQual, and DTX DL Rate Measurements in TEMS™ Investigation. Retrieved from www.ascom.com: <http://www.ascom.com/en/measurements-in-investigation-2.pdf>

A su vez los 8 timeslots serán repetidos continuamente en una ráfaga durante una conversación como se muestra gráficamente a continuación:



Figura 3-2 Ráfaga de tramas TDMA

Fuente: Ascom. (2005, Agosto 12). FER, RxQual, and DTX DL Rate Measurements in TEMS™ Investigation. Retrieved from www.ascom.com: <http://www.ascom.com/en/measurements-in-investigation-2.pdf>

Cada una de estas tramas TDMA, representadas en el siguiente grafico como T, son alineadas consecutivamente hasta repetirse un total de 26 veces en donde una trama es usada para señalización, trama identificada en el grafico como A, y la ultima trama es usada para identificar el BSIC (Base Station Identity Code) de la celda y sus vecinas.

De esta manera la multitrama de TDMA queda de la siguiente manera:



Figura 3-3 Multitrama TDMA

Fuente: Ascom. (2005, Agosto 12). FER, RxQual, and DTX DL Rate Measurements in TEMS™ Investigation. Retrieved from www.ascom.com: <http://www.ascom.com/en/measurements-in-investigation-2.pdf>

Con lo anterior indicado en base a la multitrama TDMA, la multitrama SACCH está compuesta por 4 multitramas TDMA como se muestra a continuación:

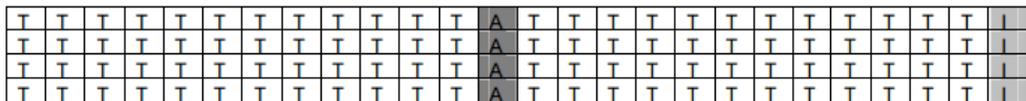


Figura 3-4 Multitrama SACCH

Fuente: Ascom. (2005, Agosto 12). FER, RxQual, and DTX DL Rate Measurements in TEMS™ Investigation. Retrieved from www.ascom.com: <http://www.ascom.com/en/measurements-in-investigation-2.pdf>

Una vez realizada la introducción a la conformación de la multitrama a continuación se detallara el concepto de RxLev Full y Rxlev Sub y cuando es considerado como una medida a ser revisada durante las pruebas de Drive Test:

- RxLev Full: Es usado o tomado en consideración para su revisión cuando no existe DTX (Discontinuous Transmission), cuando no existe DTX el MS transmite reportes de medición de multitrama cada 480ms, esta multitrama contiene 104 tramas TDMA de las cuales 4 tramas se utilizan para decodificar el BSIC (Base Station Identity Code) y las restantes 100 tramas TDMA para la medición promedio de las celda que se encuentra sirviendo o sobre la cual esta atachada el MS y sus celda contigua o vecina; esta

medición promedio de las 100 tramas TDMA es la que se muestra en el RxLev Full (RFEXPERT, 2011).

- RxLev Sub: Es tomado en consideración para su revisión cuando existe DTX, se toma en consideración que el 40% del tiempo en una conversación el Transmisor o el Receptor del MS se encuentra en Idle, es decir en estado de espera, con esto en consideración DTX apagara el Transmisor o el Receptor cuando no existan pulsos de conversación.

Bajo esta premisa solo pocas multitramas TDMA serán transmitidas, el promedio de estas multitramas transmitidas es lo que muestra el RxLev Sub (RFEXPERT, 2011).

3.2 RxQual

RxQual significa Received Quality, por concepto es el valor que representa la calidad de la señal recibida, es junto con el RxLev los valores determinantes, fuera de interferencia, para justificar el estudio para la implementación de una nueva radiobase en 2G, este indicador tiene un valor entre 0 y 7 (Ascom, 2005).

Se tiene que tomar como premisa que un fuerte RSSI no garantiza calidad en la señal recibida, para poder pasar a describir los fundamentos para la medición del RxQual es necesario realizar una introducción al significado de BER dado que le mismo se encuentra en directa relación con la percepción del RxQual.

El BER (Bit Error Rate) es el porcentaje o radio de comparación entre los bits erróneamente recibidos versus todos los bits recibidos en la transmisión.

El BER es un indicativo de que tan seguido es necesaria una retransmisión de algún paquete u otra unidad en una conexión por un error (Yang, 2005).

Para poder continuar con la definición de RxQual es necesario realizar una introducción a un proceso en 2G llamado Channel Coding.

El Channel Coding sirve como base para el RxQual. En este proceso la información es segmentada en bloques de 20 ms los cuales a su vez son comprimidos en 260 bits, los cuales son clasificados en tres clases bien diferenciadas de acuerdo a su importancia de la siguiente manera (Ascom, 2005):

- Class 1a: bits muy importantes los cuales ocupan 50 bits
- Class 1b: bits importantes ocupando 132 bits
- Class 2: bits no tan importantes ocupando 78 bits

A la Class 1a se añaden 3 bits para detección de errores por CRC, adicional a la ráfaga de bits Class 1a y Class 1b se les añade 4 bits de cola, para considerar en la capacidad total se multiplica esta cantidad de bits por 2 obteniendo 378 bits en Full Rate que sumado a los 78 bits de la Class 2 nos da un total de 456 bits considerados en una conversación.

A continuación se muestra lo antes descrito (Ascom, 2005):

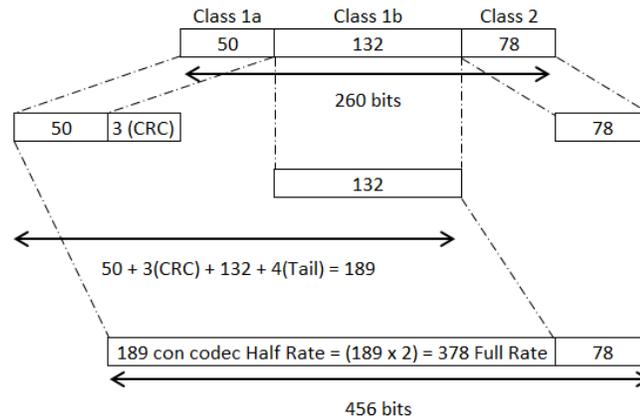


Figura 3-5 Channel Coding

Fuente: Ascom. (2005, Agosto 12). FER, RxQual, and DTX DL Rate Measurements in TEMS™ Investigation. Retrieved from [www.ascom.com: http://www.ascom.com/en/measurements-in-investigation-2.pdf](http://www.ascom.com/en/measurements-in-investigation-2.pdf)

Una vez explicado la conformación de la trama en el servicio de voz pasaremos a identificar como esta trama es segmentada. Los 456 bits son segmentados en 8 partes de 57 bits cada una como se muestra a continuación (Ascom, 2005):

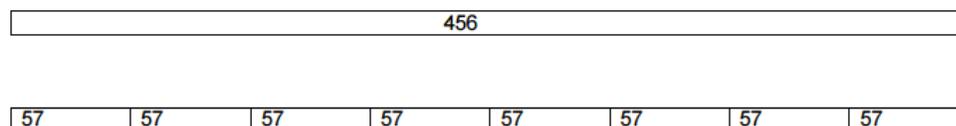


Figura 3-6 Segmentación de trama

Fuente: Ascom. (2005, Agosto 12). FER, RxQual, and DTX DL Rate Measurements in TEMS™ Investigation. Retrieved from [www.ascom.com: http://www.ascom.com/en/measurements-in-investigation-2.pdf](http://www.ascom.com/en/measurements-in-investigation-2.pdf)

Posterior a esta división se pone los 8 bloques de 57 bits en ráfagas continuas en la multitrama SACCH tomando en consideración la repetición de la mitad de la

ráfaga que en el grafico se muestra con la ráfaga “n”, en el siguiente grafico se muestra lo anteriormente descrito tomando como premisa que la ráfaga de “a” se encontraría en la siguiente multitrama SACCH mientras que la ráfaga de “z” se encontraría en la multitrama SACCH siguiente (Ascom, 2005):

a	a	a	a	b	b	b	b	c	c	c	c	A	d	d	d	d	e	e	e	e	f	f	f	f	l
b	b	b	b	c	c	c	c	d	d	d	d	A	e	e	e	e	f	f	f	f	g	g	g	g	l
g	g	g	g	h	h	h	h	i	i	i	i	A	j	j	j	j	k	k	k	k	l	l	l	l	l
h	h	h	h	i	i	i	i	j	j	j	j	A	k	k	k	k	l	l	l	l	m	m	m	m	l
m	m	m	m	n	n	n	n	o	o	o	o	A	p	p	p	p	q	q	q	q	r	r	r	r	l
n	n	n	n	o	o	o	o	p	p	p	p	A	q	q	q	q	r	r	r	r	s	s	s	s	l
s	s	s	s	t	t	t	t	u	u	u	u	A	v	v	v	v	x	x	x	x	y	y	y	y	l
t	t	t	t	u	u	u	u	v	v	v	v	A	x	x	x	x	y	y	y	y	z	z	z	z	l

Figura 3-7 Division por bloques de multitrama SACCH

Fuente: Ascom. (2005, Agosto 12). FER, RxQual, and DTX DL Rate Measurements in TEMS™ Investigation. Retrieved from www.ascom.com: <http://www.ascom.com/en/measurements-in-investigation-2.pdf>

El BER es calculado sobre una multitrama SACCH, una vez que se decodifica el bloque de 456 bits es codificado nuevamente usando un polinomio convolucional y los 456 bits que dan como resultado son comparados con los 456 bits iniciales.

El numero de bits que difieren entre estos dos bloques corresponden al número de bits con error, este proceso se realiza para cada multitrama SACCH y es acumulado en una suma de BER, esta suma a su vez es dividida para el número total de bits de cada multitrama SACCH.

El resultado es clasificado entre un rango de 0 a 7 el cual es el valor de RxQual obtenido en las pruebas de Drive Test que se realizan.

La relación entre el BER y el valor de RxQual asignado se encuentra detallado en la siguiente tabla (Ascom, 2005):

Tabla 3-3 RxQual Vs BER

RxQual	BER
0	BER < 0.2%
1	0.2% < BER < 0.4%
2	0.4% < BER < 0.8%
3	0.8% < BER < 1.6%
4	1.6% < BER < 3.2%
5	3.2% < BER < 6.4%
6	6.4% < BER < 12.8%
7	12.8% < BER

Una vez habiendo definido el rango en el que actúa las mediciones de RxQual se definen umbral excelente, bueno y malo de muestras obtenidas en las mediciones de campo (Drive Test).

Estos umbrales son considerados adicionalmente en reportes estadísticos obtenidos del OSS mediante los cuales se analiza que el total de las mediciones que recibe la BTS estén enmarcados en los valores de aceptación definidos por el ente regulador a la vez que sirven de indicador para realizar pasos de optimización de las BTS que conforman la red, por experiencia en pruebas realizadas y post

procesamiento de datos obtenidos estos umbrales son divididos de la siguiente manera:

Tabla 3-4 Umbral RxQual

RxQual	Umbral
$0 \leq \text{RxQual} < 2$	Excelente
$2 \leq \text{RxQual} < 4$	Bueno
$4 \leq \text{RxQual} \leq 7$	Malo

Al igual que en el RxLev, el RxQual tiene medidas de RxQual Full y RxQual Sub, la diferencia entre ambas y la consideración viene dado igualmente por si se encuentra o no activado DTX en la red, es decir RxQual Full se tomara como medida en caso de que DTX no estuviera activado, mientras que RxQual Sub será tomado en consideración si DTX se encontrase activado.

3.3 Call Drop

Esta medida nos indica la cantidad de veces que una llamada que fue inicializada correctamente no fue terminada por el usuario sino que fue cortada o terminada por algún elemento de la red, estos eventos se presentan por problemas tanto en el área de radio como en la transmisión del sitio, estos eventos son críticos en el performance de una red celular debido a que afecta directamente a la experiencia del usuario originando quejas al operador y al ente regulador que derivan en multas por parte de dicho ente.

La señalización y eventos que deben ser realizados en una llamada se muestran a continuación (GSM, 2014):

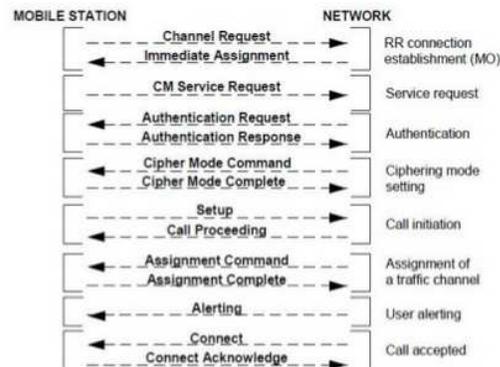


Figura 3-8 Señalización y eventos de un establecimiento de llamada

Fuente: GSM, C. (2014). Telecom knowledge and experience sharing: Call Set-up in GSM. Retrieved from Telecom-knowledge.blogspot.com: <http://telecom-knowledge.blogspot.com/2013/05/call-set-up-in-gsm.html>

La señalización y eventos de una llamada completa terminada por el usuario se vería de la siguiente manera (Emyl, 2014):

Msg Interface	Msg Type
>TRC_MI_FROM_A	CM_Service_Request
<TRC_MI_TO_A	Cipher_Mode_Command
>TRC_MI_FROM_A	Classmark_Update
>TRC_MI_FROM_A	Cipher_Mode_Complete
>TRC_MI_FROM_A	Setup
<TRC_MI_TO_C_D_F	MAP_OPEN_REQ
<TRC_MI_TO_C_D_F	MAP_SEND_ROUTING_INFORMATION_REQ
<TRC_MI_TO_C_D_F	MAP_DELIMITER_REQ
<TRC_MI_TO_A	Call_Proceeding
>TRC_MI_FROM_C_D_F	MAP_OPEN_CNF
>TRC_MI_FROM_C_D_F	MAP_SEND_ROUTING_INFORMATION_CNF
>TRC_MI_FROM_C_D_F	MAP_CLOSE_IND
<TRC_MI_TO_A	Assignment_Request
>TRC_MI_ISUP_MTP	IAM
>TRC_MI_FROM_A	Assignment_Complete
>TRC_MI_MTP_ISUP	ACM
<TRC_MI_TO_A	Alert
>TRC_MI_MTP_ISUP	ANM
<TRC_MI_TO_A	Connect
>TRC_MI_FROM_A	Connect_Ack
<TRC_MI_TO_A	Disconnect
>TRC_MI_MTP_ISUP	REL
>TRC_MI_ISUP_MTP	RLC
>TRC_MI_FROM_A	Release
<TRC_MI_TO_A	Release_Complete
<TRC_MI_TO_A	Clear_Command
>TRC_MI_FROM_A	Clear_Complete

Figura 3-9 Eventos de una terminación de llamada por usuario

Fuente: Emyl. (2014, Enero 26). Basic GSM Call Flows. Retrieved from Es.slideshare.net: <http://es.slideshare.net/emyl97/basic-gsm-call-flows>

Los casos más comunes para que una llamada se caiga o exista un corte son dados por falta de cobertura al pasar de una celda servidora a una zona en la que los niveles de RxLev o RSSI son menores a -110 dBm dando como resultado un hueco en la cobertura, otro caso común es cuando aun estando en cobertura continua al pasar de una celda servidora a otra celda a través de un proceso de Handover las condiciones de radio a nivel de RxQual son pésimas y el MS no consigue completar el proceso de Handover a su vecina y por consiguiente la llamada cae.

Este indicador es más sensible a nivel de usuario dado que para la persona es transparente la causa por la cual se causo la caída en la llamada, sin embargo a nivel de radio existen algunas causas posibles que originaron la caída. El impacto en la red se lo puede revisar tanto en pruebas de campo (Drive Test) como a nivel estadístico mediante contadores obtenidos del OSS del proveedor.

Las formulas varían de un vendor a otro sin embargo el trasfondo del cálculo es el mismo, en donde se realiza un conteo de los eventos por causas de drop y se lo contrasta con el número total de llamadas originadas, usualmente se realiza la revisión estadística en un periodo de tiempo mayor a un día, mediciones en intervalos de tiempo menores son realizadas cuando alguna acción de optimización fue tomada y se requiere analizar el impacto de dicha acción en el sitio o red, en dichos casos se realiza una revisión estadística no únicamente del sitio con el problema sino también de su primer anillo de handover para poder analizar un posible impacto en las celdas vecinas.

3.4 Handover Failure

Esta medida a diferencia de la anterior es transparente para el usuario a no ser que por motivo de esta falla la llamada en curso sea cortada, el Handover Failure se da cuando el proceso de Handover no es culminado con éxito sin implicar necesariamente en un corte en el servicio que se está cursando.

Cuando el MS se encuentra en movimiento y deja la cobertura de la celda a la cual se encuentra atachada o en su defecto encuentra una celda con mejores niveles de RxLev empieza el proceso de Handover hacia la nueva celda.

Visto gráficamente la lectura del MS seria de la siguiente manera (Wattenhofer):

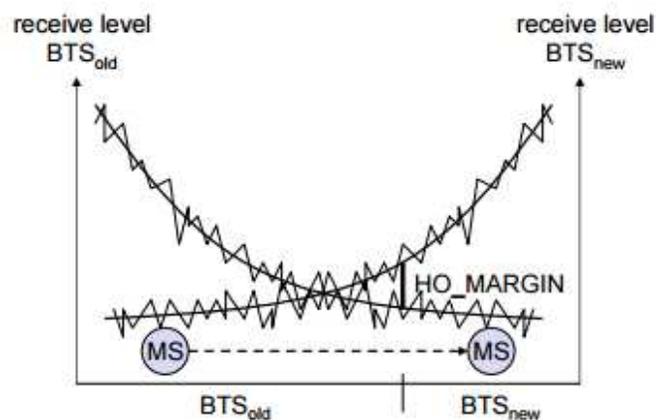


Figura 3-10 Handover basado en RxLev

Fuente: Wattenhofer, R. (n.d.). MOBILE COMPUTING. Retrieved from Distributed Computing Group: <http://www.disco.ethz.ch/lectures/ss04/mobicomp/lecture/9-2/Chapter9GSM-24Slides.pdf>

Para entender el punto donde el Handover puede fallar es necesario revisar la señalización y los eventos que se dan durante el proceso como se muestra a continuación:

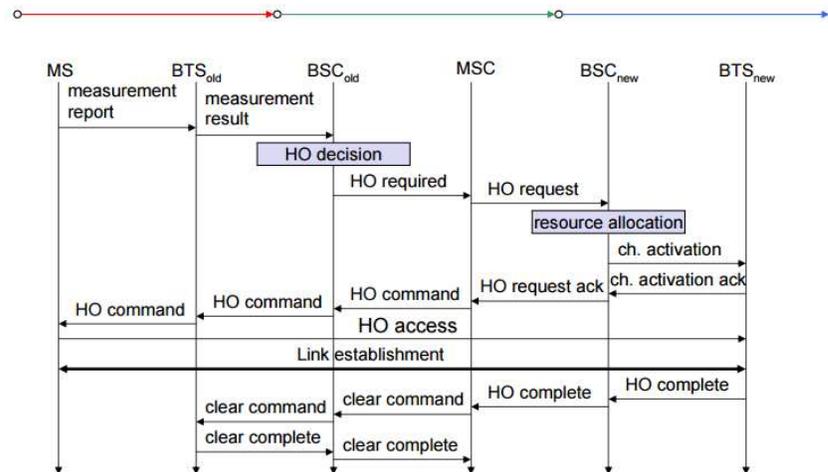


Figura 3-11 Señalización y eventos de un handover

Fuente: Wattenhofer, R. (n.d.). MOBILE COMPUTING. Retrieved from Distributed Computing Group: <http://www.disco.ethz.ch/lectures/ss04/mobicomp/lecture/9-2/Chapter9GSM-24Slides.pdf>

El Handover falla cuando una vez enviado el evento de HO Request hacia la nueva BTS para realizar la disposición de los recursos en la nueva BTS esta no contesta o no recibe el mensaje, la BTS de origen espera un tiempo determinado para obtener la respuesta, al no obtener respuesta se produce el evento de Handover Failure, ahora bien, como se indicó previamente esto puede originar o no una caída en el servicio o llamada, la caída se produce comúnmente cuando el MS al no poder realizar el proceso de Handover intenta reanudar la conexión con la celda origen a la cual se encontraba atachada y esta no permite la reconexión con lo cual el MS tiene una caída en el servicio, sin embargo si el MS consigue retornar a la celda origen se

produce el Handover Failure igualmente pero no existe corte en el servicio para el usuario siendo transparente este evento de falla para él.

Existen varios tipos de Handover entre los cuales tenemos:

- Intra-BTS Handover: Se realiza cuando el Handover se realiza sobre la misma celda origen pero se cambia la ubicación de la conexión de un timeslot a otro o en su defecto a otro canal, este Handover es requerido cuando existe algún tipo de interferencia en el timeslot o canal activo (Poole).
- Inter-BTS Handover: Se realiza cuando el MS se encuentra en movimiento y pasa de una celda origen a otra celda destino bajo la cobertura de la misma BSC, este proceso es realizado cuando la celda destino posee mejores niveles de RxLev que la origen, cabe recalcar que este Handover es controlado por la BSC (Poole).
- Inter-BSC Handover: Se realiza cuando el MS se encuentra en movimiento y pasa de una celda origen en una BSC a una celda destino que se encuentra en una BSC distinta a la de origen, este Handover es controlado por la MSC (Poole).
- Inter-MS Handover: Se realiza cuando el MS se encuentra en movimiento y pasa de una celda origen en una MSC a una celda destino que se encuentra en

una MSC distinta a la de origen, este Handover es negociado por ambas MSCs tanto la de origen como la de destino (Poole).

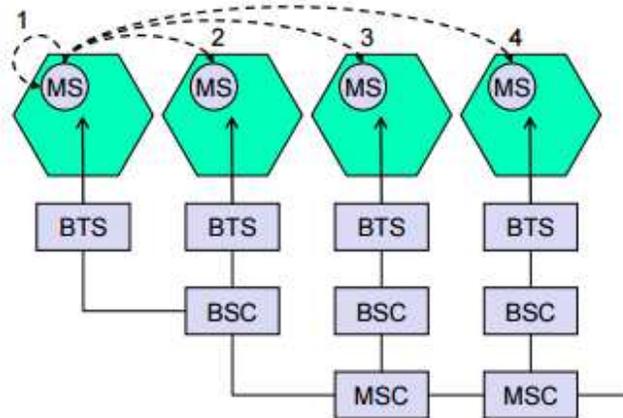


Figura 3-12 Tipos de handover

Fuente: Wattenhofer, R. (n.d.). MOBILE COMPUTING. Retrieved from Distributed Computing Group: <http://www.disco.ethz.ch/lectures/ss04/mobicomp/lecture/9-2/Chapter9GSM-24Slides.pdf>

3.5 Throughput

Otra medición a ser revisada viene dada desde el punto de vista de la conexión de datos cuya medición obtenemos del Throughput obtenido mediante las pruebas de campo realizadas.

Si bien es cierto en la actualidad la mayor cantidad de tráfico de datos se realiza en las tecnologías superiores tales como 3G y 4G, 2G brinda el soporte de tráfico a estas tecnologías con mayor enfoque en zonas rurales o zonas en las que por su geografía no es posible el despliegue de 3G o 4G.

Con esto en mente primero se pasara a realizar una introducción a las formas en las que 2G da acceso y servicio de datos a los usuarios que en la actualidad es mediante el uso de GPRS y EDGE.

2G empezó su desarrollo en datos con GPRS (General Packet Radio System) teniendo en mente la necesidad de obtener mayores tasas de velocidad para descargas de datos, una de los beneficios es que en GPRS uno o más canales pueden ser usados como canales de datos a diferencia de la voz en donde se utiliza un único canal dedicado (Poole, What is GPRS | General Packet Radio Service | Radio-Electronics.com)

La característica principal de GPRS es lo relacionado a Packet Switching en donde los paquetes son enviados en ráfagas de esta manera la conexión se encuentra en estados de conexión y desconexión, es decir envía las ráfagas de datos y después entra en un estado idle cuando no existe envío de información, los paquetes son enviados por diferentes canales a diferencia de lo ocurrido en una conexión de voz donde el establecimiento del servicio genera un canal dedicado, sin embargo las tasas que maneja GPRS vienen dadas por la asignación de CS (Coding Scheme), en otras palabras, esta asignación está directamente relacionada a las condiciones de radio presentes a las que el MS está expuesto al momento de la conexión.

El tipo de modulación que utiliza GPRS viene dado por GMSK que es una modulación basada en MSK (Minimum Shift Keying) en este tipo de modulación no

hay discontinuidad de fase dado que el cambio en frecuencia ocurre en la portadora cero.

Esto conduce a que existan 2 valores lógicos posibles el valor lógico uno y el valor lógico cero, esta diferencia en valores lógicos es siempre igual a la mitad de la tasa de datos (Poole, What is GMSK Modulation? | Gaussian Minimum Shift Keying Tutorial), con esto en consideración se indica que GMSK viene expresado en 1 bit por símbolo como se muestra a continuación:

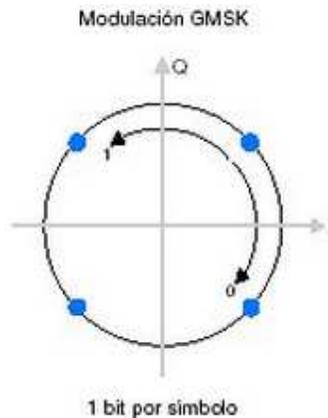


Figura 3-13 Modulación GMSK

Fuente: Poole, I. (n.d.). What is GMSK Modulation? | Gaussian Minimum Shift Keying Tutorial. Retrieved from Radio-electronics.com: <http://www.radio-electronics.com/info/rf-technology-design/pm-phase-modulation/what-is-gmsk-gaussian-minimum-shift-keying-tutorial.php>

En base a la asignación de CS-X dependerá la velocidad que el usuario puede alcanzar, teóricamente se pueden alcanzar valores hasta 171 kbps sin embargo en pruebas de campo depende directamente de las condiciones de radio del MS, a continuación se muestra los diferentes CS con sus rates por slot (Wikipedia):

Tabla 3-5 Coding Scheme Vs Bit Rate

GPRS Coding Scheme	Bit Rate (kbit/s/slot)	Modulation
CS-1	8.8	GMSK
CS-2	12.8	GMSK
CS-3	15.2	GMSK
CS-4	20.8	GMSK

Fuente: Wikipedia. (n.d.). General Packet Radio Service. Retrieved from Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/General_Packet_Radio_Service

Posterior a GPRS tenemos EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution), el cual basa su crecimiento en tasa de velocidad mediante el cambio en modulación a 8PSK con lo cual la velocidad incrementa al ser considerado 3 bits por símbolo (Poole, What is GSM EDGE? | Enhanced Data rates for GSM Evolution | Tutorial). La modulación 8PSK es un tipo de modulación digital en el cambio de fase por portadora en donde 8 diferentes fases de ángulos son usados para representar bits como se muestra a continuación (Rfwireless):

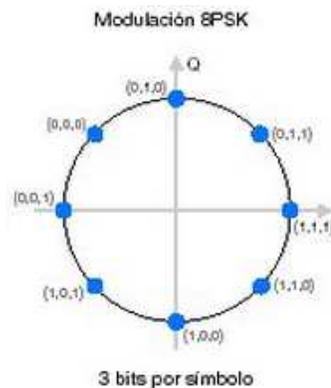


Figura 3-14 Modulación 8PSK

Fuente: Rfwireless. (n.d.). 8-PSK modulation basics | Multi level PSK modulation | 8PSK. Retrieved from Rfwireless-world.com: <http://www.rfwireless-world.com/Terminology/8-PSK.html>

En base a la asignación de MCS-X dependerá la velocidad que el usuario puede alcanzar, teóricamente se pueden alcanzar valores hasta 384 kbps sin embargo en pruebas de campo depende directamente de las condiciones de radio del MS, las condiciones ideales a nivel de radio dependen principalmente de la cantidad de usuarios de la celda y de la interferencia que pueda tener dicha celda, a continuación se muestra los diferentes MCS con sus rates por slot (Wikipedia, Enhanced Data Rates for GSM Evolution):

Tabla 3-6 Modulation and Coding Scheme Vs Bit Rate

EDGE Modulation and Coding Scheme (MCS)	Bit Rate (kbit/s/slot)	Modulation
MCS-1	8.8	GMSK
MCS-2	11.2	GMSK
MCS-3	14.8	GMSK
MCS-4	17.6	GMSK
MCS-5	22.4	8PSK
MCS-6	29.6	8PSK
MCS-7	44.8	8PSK
MCS-8	54.4	8PSK
MCS-9	59.2	8PSK

Fuente: Wikipedia. (n.d.). Enhanced Data Rates for GSM Evolution. Retrieved from Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Enhanced_Data_Rates_for_GSM_Evolution

Esta medición durante las pruebas de Drive Test nos da un indicativo de la percepción del usuario a nivel de datos siendo también importante en la detección de posibles faltas de cobertura en la zona de evaluación, es necesario recalcar que, dado que la asignación de coding scheme viene directamente ligada a las condiciones de

radio, el throughput tiene una relación directa con el RxLev y el RxQual de la zona de estudio.

Una vez mencionado y definido los indicadores de medidas que se tomaran en cuenta durante las pruebas de Drive Test se pasaran a la definición y ejecución de las pruebas del mismo.

PARTE II APORTACIONES

CAPÍTULO 4 DESARROLLO DE PROCESOS

Los procesos para el correcto diseño y despliegue de un nuevo sitio Outdoor son los siguientes:

1. Levantamiento de información de radio mediante pruebas de campo llamadas Drive Test con una matriz de pruebas.
2. Elección de posible punto nominal
3. Área de búsqueda en base al punto nominal escogido
4. Validación de los candidatos propuestos

Una vez habiendo numerado de forma general los pasos a ser tomados en consideración en el diseño de un nuevo sitio Outdoor se procederá a detallar cada uno de ellos tanto en concepto como enfocados en la problemática del sector escogido como trial de la solución a implementarse.

4.1 Pruebas de campo (drive test)

Para este primer paso se utilizan adicionalmente estudios de propagación actual así como herramientas para determinar que problemática existe al momento en la zona, por lo general por condiciones geográficas (obstrucciones naturales), se

utilizan herramientas tales como MapInfo, Google Earth y en el caso de las predicciones se utiliza herramientas basadas en Atoll. Es necesario recalcar que para realizar este estudio se necesita conocer las Radiobases Outdoor existente en el perímetro de cobertura, para el caso particular del tema escogido se realizara el estudio sobre cobertura de Claro, es decir, las Radiobases cercanas y las predicciones realizadas serán en base a la cobertura de Claro en la zona.

Utilizando la herramienta Google Earth y posterior a identificar en campo las coordenadas de los barrios El Aguacate, Emilio Sarmiento y Los Geranios, mediante ubicación GPS, se procede a ubicarlos en la herramienta como mostramos a continuación:

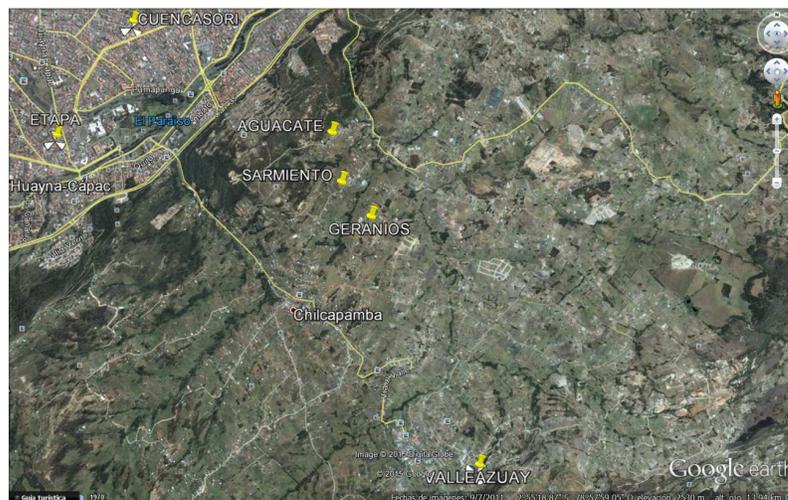


Figura 4-1 Ubicación barrios de estudio

Este paso previo se lo realiza con el fin de ubicar posible ruta a ser evaluada para determinar la cobertura actual en la zona. Previo a la evaluación de la zona a través

de un Drive Test es necesario preparar una matriz de prueba mediante la cual se realizara el recorrido, en base a lo indicado la matriz de prueba utilizada fue la siguiente:

Tabla 4-1 Plan de pruebas para drive test

Equipo	Marca	Estado	Escenario
Scanner	PCTEL Seagull	No Aplica	Revisar RxLev en la zona evaluada
MS1	Sony Ericsson z750i	Mode 2G CS	Estado Idle
MS2	Sony Ericsson z750i	Mode 2G CS	Connected realizando llamada continua
MS3	Sony Ericsson z750i	Mode 2G Data	Connected realizando descargas de archivos de 1Mb

Con la matriz de prueba detallada en la parte superior se buscara obtener las siguientes mediciones:

- Scanner: Se escogerán las mediciones de RxLev obtenidas de este equipo dado que son las más semejantes a lo irradiado por la BTS hacia el MS.
- MS1: De este dispositivo en Idle se escogerá el RxLev obtenido en las mediciones para contrastarlo con lo obtenido en las mediciones del Scanner, estas mediciones son las percibidas por el usuario o subscriptor.

- MS2: El escenario propuesto es el de llamada continua nos ayudara a identificar eventos de Call Drop y Handover Failure al estar el MS en movimiento en estado conectado, identificando posibles eventos por huecos de cobertura o por falta de cobertura en alguna parte de la zona evaluada, así como la calidad a través de la medición de RxQual del MS.
- MS3: El escenario de descarga continua de una archivo de un determinado peso nos permitirá evaluar las condiciones de radio en la zona de evaluación a nivel de datos, de estas mediciones escogeremos el throughput del MS en la zona durante los eventos de descarga.

Adicional a los equipos detallados que realizaran las pruebas de la matriz indicada se necesita de un GPS externo de manera de que el programa ubique las muestras obtenidas acorde a su longitud y latitud, el GPS utilizado en las pruebas fue el GPS Garmin, debajo se muestran imágenes de los equipos utilizados, cabe recalcar que las imágenes son referenciales a los equipos:

Tabla 4-2 Equipos para pruebas de drive test

Scanner SeaGull LX	Sony Ericsson z750i	GPS Garmin
		

El programa utilizado para realizar la medición y el post-procesamiento de los datos obtenidos es el TEMS, cabe recalcar que en el mercado existen diferentes tipos de programas que permiten realizar mediciones en tiempo real incluso a manera de aplicativo para Smartphone.

El TEMS nos permite evaluar de ser necesario los niveles de recepción y calidad de las diferentes tecnologías, siempre y cuando se cuente con los equipos necesarios, la interfaz del TEMS es muy amigable en cuanto a configuración de equipos y la respectiva matriz de prueba en base a escenarios propuestos (Ascom, TEMS™ Investigation, 2015), es junto con el Probe, del cual es propietario Huawei, las herramientas más utilizadas para realizar Drive Tests y evaluación de mediciones de campo, en el grafico a continuación se muestra la interfaz de medición mostrada por el TEMS durante las pruebas realizadas:

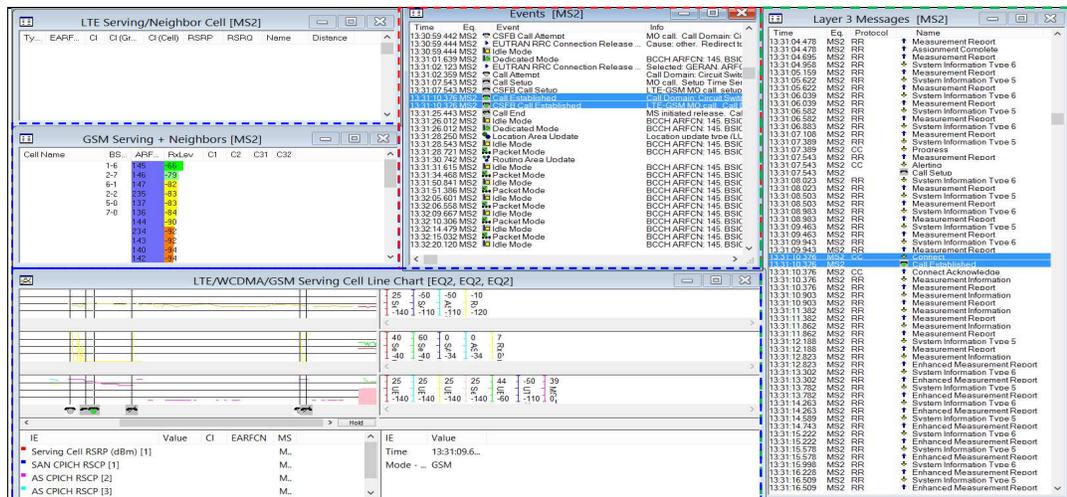


Figura 4-2 Grafica de pantalla del TEMS

Las pantallas a observar son a elección del usuario y por lo general en una pantalla adicional se coloca el mapa de la zona con la ubicación marcada por el GPS de manera de seguir una ruta propuesta, en el caso de estudio no se tuvo una ruta propuesta sino una zona a ser evaluada motivo por el cual no se muestra la imagen del mapa.

En el grafico mostrado tenemos ventanas con información necesaria tales como la medición de la celda servidora y sus celdas vecinas con su respectivo RxLev el cual es necesario para verificar en tiempo real la cobertura actual de la zona sobre la cual se está recorriendo, en el recuadro rojo tenemos lo concerniente a los eventos que se presentan durante la ruta evaluada, en este recuadro ira a apareciendo si existe alguna falla como Call Drop o Handover Failure además de eventos exitosos como llamadas completadas o Handovers correctamente efectuados, etc, mientras que en el recuadro verde se observara la mensajería en donde se podrá corroborar la señalización previamente explicada, todos estos datos se podrán ir evaluando en tiempo real de ser necesario.

La evaluación en tiempo real es útil cuando se está realizando algún trabajo de optimización/tunning o trabajos programados en ventana de mantenimiento (horas de bajo trafico) que tengan incidencia directa sobre el performance de la red y necesite ser identificado algún problema al instante y no posteriormente en un post-procesamiento de datos.

En el grafico a continuación se muestra la zona escogida donde se realizo las mediciones de Drive Test para efectuar el post-procesamiento de los logs, la zona escogida abarca los barrios donde se indica existe problemas por cobertura:

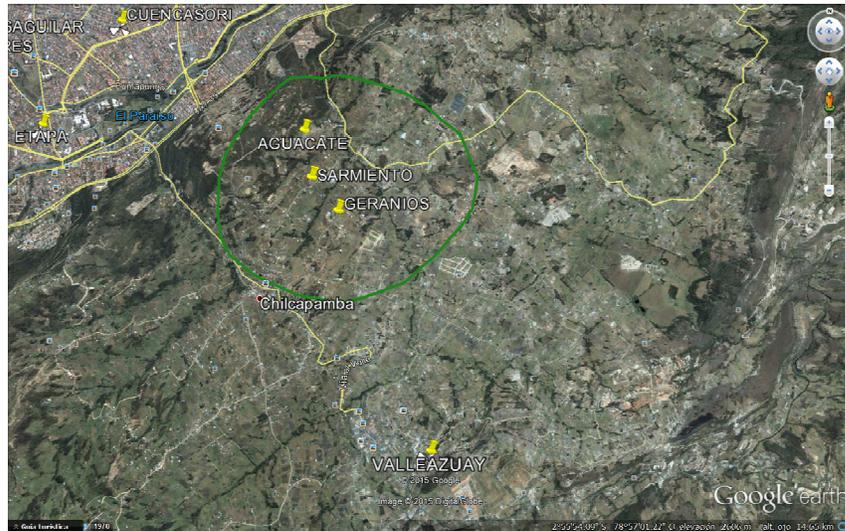


Figura 4-3 Zona evaluada en drive test

Posterior a realizar el Drive Test se post-procesan los logs y se los exporta en formato *.tab, como se indico anteriormente es necesaria la herramienta MapInfo la cual nos servirá para visualizar las mediciones obtenidas durante el recorrido, esta herramienta nos permite identificar las radiobases cercanas una vez cargado, mediante Excel, los datos de las mismas principalmente es necesario Latitud, Longitud, Nombre de la Celda o Sitio, Azimuth, cualquier dato adicional será observado como información de la celda al momento de solicitarla a través del programa.

La herramienta cuenta con una base de datos en donde se encuentra el mapa del Ecuador con su geografía en 2D como se muestra a continuación:

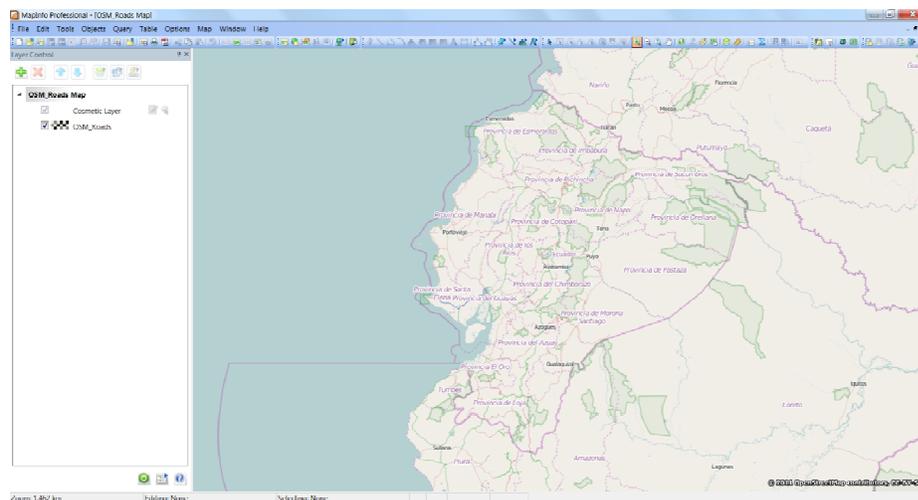


Figura 4-4 Captura de pantalla de MapInfo

A continuación se muestra de manera específica la zona de estudio en MapInfo:

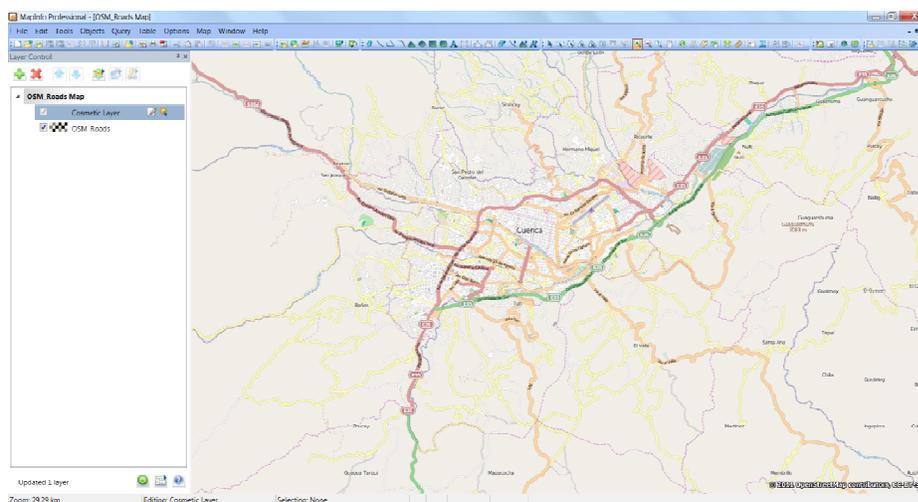


Figura 4-5 Zona de estudio en MapInfo

Una vez ubicada la zona se procede a analizar los archivos *.tab obtenidos del post-procesamiento de Drive Test identificando en el recorrido los objetivos de cobertura como referencia. Acorde a lo indicado previamente en la matriz de pruebas se señalo que el primer grafico a ser evaluado correspondería al RxLev obtenido del Scanner, es necesario recalcar que en todo post procesamiento en el cual se tomo como elemento de pruebas de campo un Scanner este será el elemento primordial para analizar la cobertura y los niveles de recepción ofrecidos por la BTS, a continuación se muestra los resultados de este post-procesamiento:

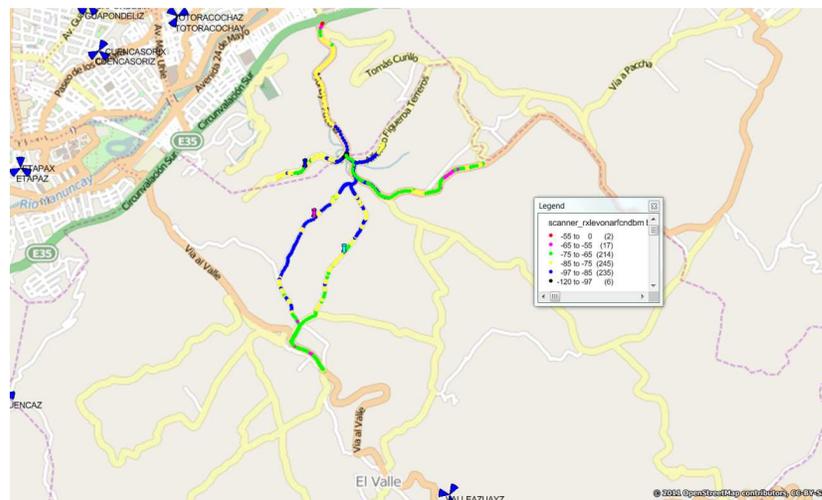


Figura 4-6 RxLev obtenido por el Scanner

En el grafico se puede observar las mediciones obtenidas por el Scanner y la ubicación de los puntos objetivos sean estos la marca azul el barrio El Aguacate, en rosado el barrio Emilio Sarmiento y en verde el barrio Los Geranios, acorde a estas medidas las podemos clasificar en rangos y el porcentaje del total de las muestras

obtenidas, el cual fue de 719 muestras, en cada uno de ellos como se muestra a continuación:

Tabla 4-3 Porcentaje de RxLev por Umbrales

RxLev Range	Percentage
RxLev \geq -55 dBm	0.28%
-55 dBm $>$ RxLev \geq -65 dBm	2.36%
-65 dBm $>$ RxLev \geq -75 dBm	29.76%
-75 dBm $>$ RxLev \geq -85 dBm	34.08%
-85 dBm $>$ RxLev \geq -97 dBm	32.68%
-97 dBm $>$ RxLev \geq -120 dBm	0.83%

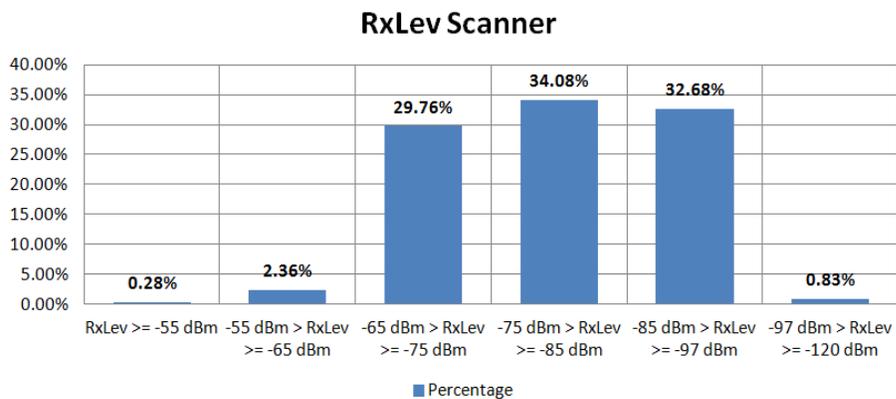


Figura 4-7 Histograma de porcentajes obtenidos por el Scanner

En base a estas muestras obtenidas se puede observar que el nivel de recepción en la ruta evaluada, definida previamente, tiene su mayor cantidad de muestras en los rangos entre -75 y -97 dBm lo cual es un nivel medio/bajo, adicional se puede observar que las muestras con menor RxLev se encuentran justamente en la zona de influencia de los barrios objetivos Emilio Sarmiento, El Aguacate y Los Geranios, encerrados en el ovalo morado, como se muestra a continuación:

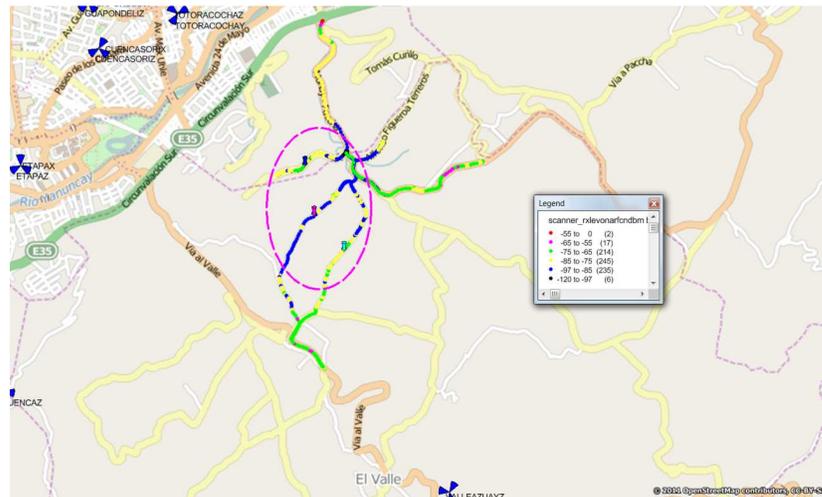


Figura 4-8 Ubicación de objetivos en mediciones de Scanner

Las mediciones mostradas son las obtenidas por el Scanner, para poder contrastar con lo medido por el MS, es decir la experiencia de usuario, se compararan con el RxLev medido por el teléfono en Idle, a continuación se muestra lo medido por el MS:

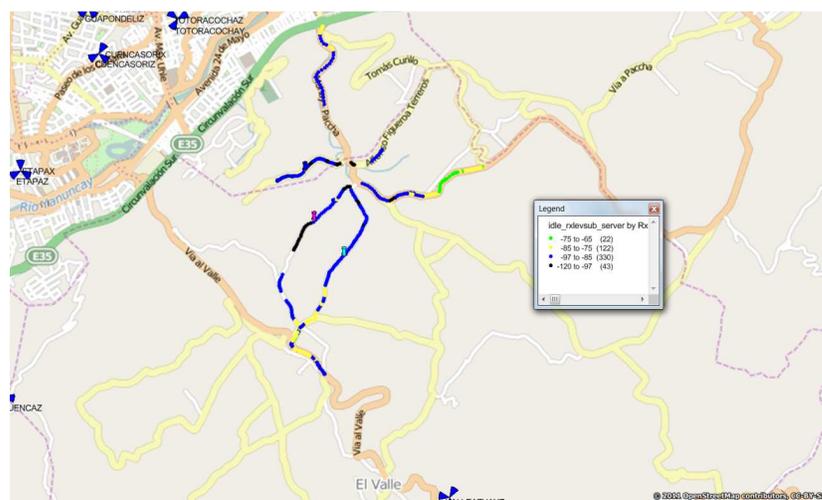


Figura 4-9 Medición de RxLev del MS en Idle

Como se puede observar a simple vista las medidas obtenidas por el MS, correspondientes a la experiencia de usuario, poseen valores de RxLev más degradados que las obtenidas por el Scanner.

Se realiza el mismo ejercicio y se las categoriza por niveles de RxLev y porcentajes tomando en cuenta que el total de muestras fue de 517, a continuación se presenta la tabla y el histograma respectivo:

Tabla 4-4 Porcentaje de RxLev por Umbrales

RxLev Range	Percentage
RxLev >= -55 dBm	0.00%
-55 dBm > RxLev >= -65 dBm	0.00%
-65 dBm > RxLev >= -75 dBm	4.26%
-75 dBm > RxLev >= -85 dBm	23.60%
-85 dBm > RxLev >= -97 dBm	63.83%
-97 dBm > RxLev >= -120 dBm	8.32%

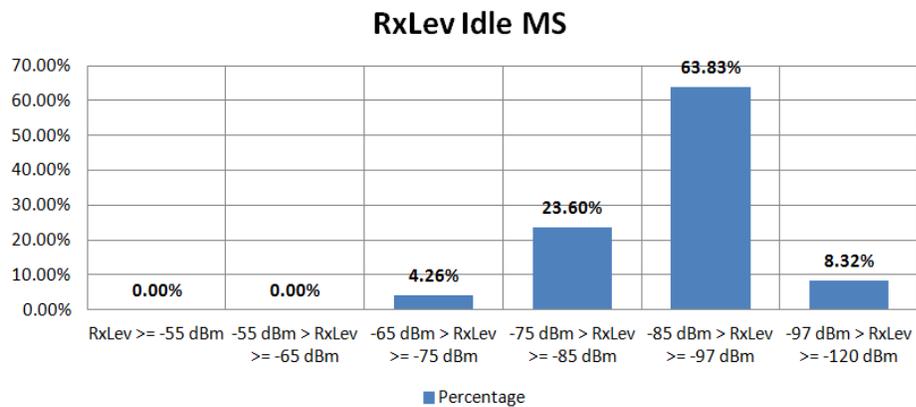


Figura 4-10 Histograma de porcentajes obtenidos por el MS en Idle

En base a los resultados obtenidos se puede denotar que a nivel del primer indicador el RxLev existe problemas en cobertura en la zona objetivo como se muestra en las tablas de porcentajes de ambas mediciones:

Tabla 4-5 Porcentajes de RxLev de Scanner y MS en Idle

Scanner		Idle MS	
RxLev Range	Percentage	RxLev Range	Percentage
RxLev \geq -55 dBm	0.28%	RxLev \geq -55 dBm	0.00%
-55 dBm $>$ RxLev \geq -65 dBm	2.36%	-55 dBm $>$ RxLev \geq -65 dBm	0.00%
-65 dBm $>$ RxLev \geq -75 dBm	29.76%	-65 dBm $>$ RxLev \geq -75 dBm	4.26%
-75 dBm $>$ RxLev \geq -85 dBm	34.08%	-75 dBm $>$ RxLev \geq -85 dBm	23.60%
-85 dBm $>$ RxLev \geq -97 dBm	32.68%	-85 dBm $>$ RxLev \geq -97 dBm	63.83%
-97 dBm $>$ RxLev \geq -120 dBm	0.83%	-97 dBm $>$ RxLev \geq -120 dBm	8.32%

El siguiente indicador a ser evaluado es el RxQual el cual lo obtendremos del MS que estuvo realizando llamada continua durante el Drive Test es decir el MS2, a continuación se muestra las mediciones obtenidas por el MS2 en relación al RxQual:

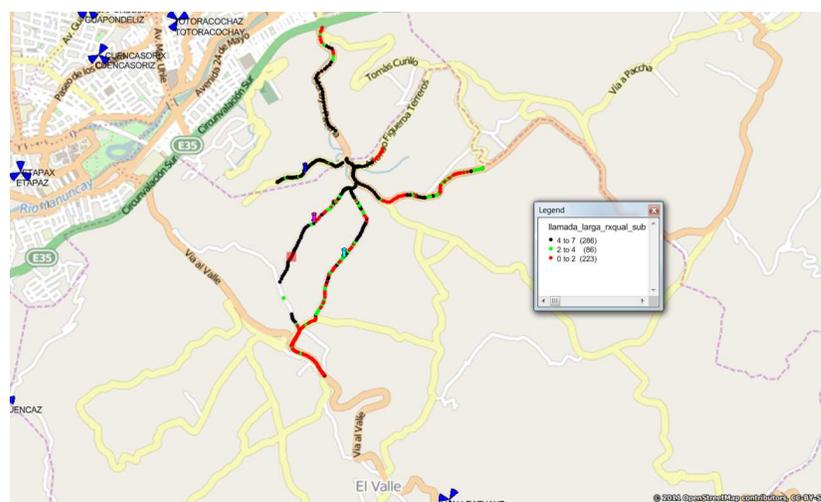


Figura 4-11 Medición de RxQual de MS en Connected Mode

Acorde a las mediciones obtenidas se procederá a categorizarlas por rangos de medición previamente determinados y su respectivo porcentaje en relación al total de muestras obtenidas el cual fue de 532:

Tabla 4-6 Porcentajes de RxQual por umbrales

RxQual Range	Percentage
$0 \leq \text{RxQual} < 2$	41.92%
$2 \leq \text{RxQual} < 4$	16.17%
$4 \leq \text{RxQual} \leq 7$	41.92%

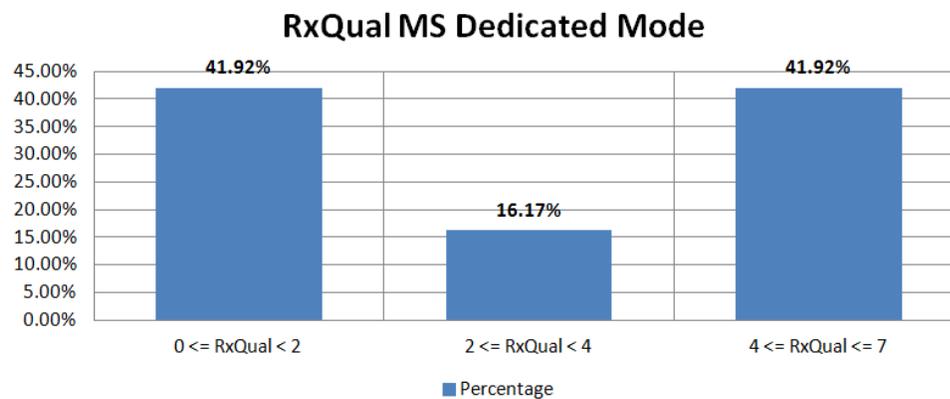


Figura 4-12 Histograma de porcentajes obtenidos por el MS

Acorde a la distribución de porcentajes de las muestras obtenidas se puede observar la mayor cantidad de muestras en rangos excelentes de 0 a 2 con un 41.92% y en rangos malos de 4 a 7.

A primera vista podría indicar un resultado que vaya en contra de la ubicación de un nuevo sitio sin embargo a continuación se muestra que justamente las muestras

entre 4 a 7 se encuentran en la zona objetivo de los barrios con bajos niveles de cobertura:

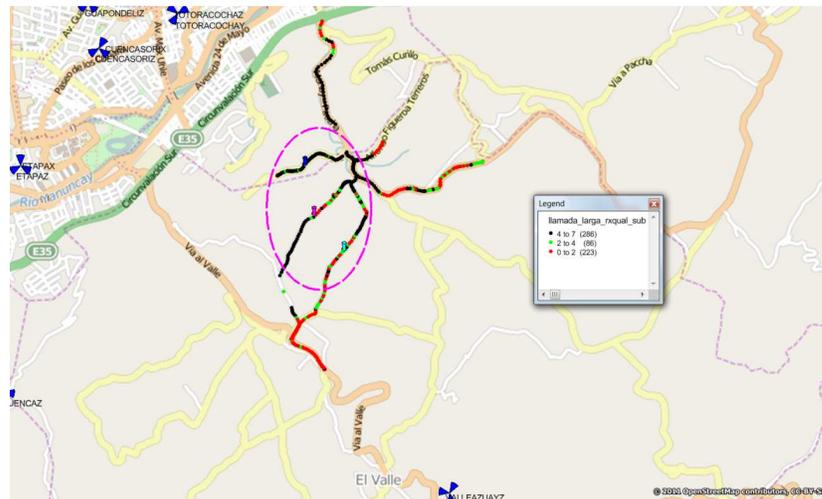


Figura 4-13 Ubicación de objetivos en medición de MS

Con lo mostrado en el gráfico superior indica que este indicador/medición se encuentra degradado en la zona objetivo dando como sugerencia la implementación de un nuevo sitio llevado de la mano con el anterior indicador de RxLev que mostraba bajos niveles en la zona también.

Además de las mediciones principales correspondientes al RxLev y RxQual presentadas que justifican la implementación de un nuevo sitio procederemos a evaluar desde el punto de vista de datos como se encuentra a nivel de throughput el desempeño en la zona evaluada, tomando en consideración que esta medida es de influencia directa en el usuario, a continuación se muestra el plot obtenido de las

mediciones del MS que realizo descargas continuas acorde al plan de pruebas previamente detallado:

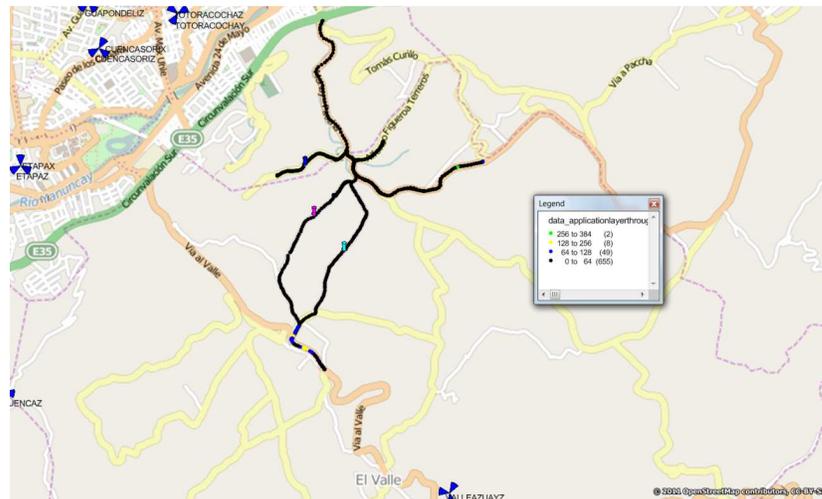


Figura 4-14 Medición de throughput de MS en Connected Mode

Al igual que los indicadores procederemos a evaluar el desempeño en rangos que nos permiten determinar si la conexión fue GPRS o EDGE y su respectivo porcentaje en relación al total de muestras obtenidas el cual fue de 714:

Tabla 4-7 Porcentajes de Throughput por Umbrales

Throughput	Percentage
256 kbps <= Throughput < 384 kbps	0.28%
128 kbps <= Throughput < 256 kbps	1.12%
64 kbps <= Throughput < 128 kbps	6.86%
0 kbps <= Throughput < 64 kbps	91.74%

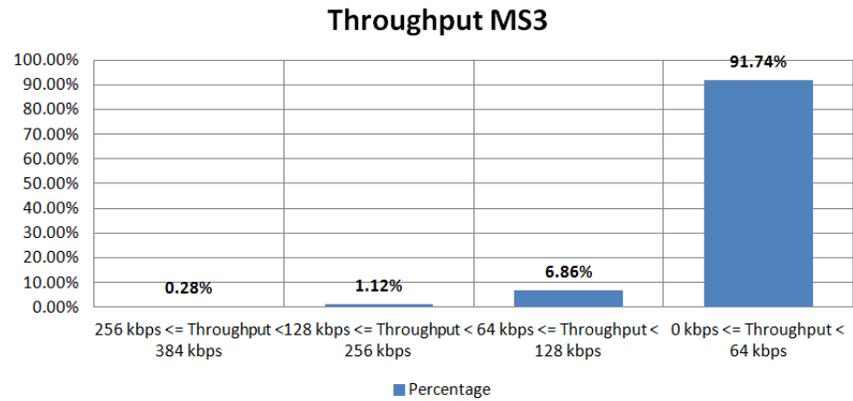


Figura 4-15 Histograma de porcentajes obtenidos por el MS

De los resultados obtenidos podemos observar que la mayor cantidad de muestras se encuentran en el rango entre 0 a 64 kbps lo cual nos indica que el MS realizo las descargas con un coding scheme bajo de CS1 o CS2.

A continuación se muestra en primera instancia el grafico de Call Drop:

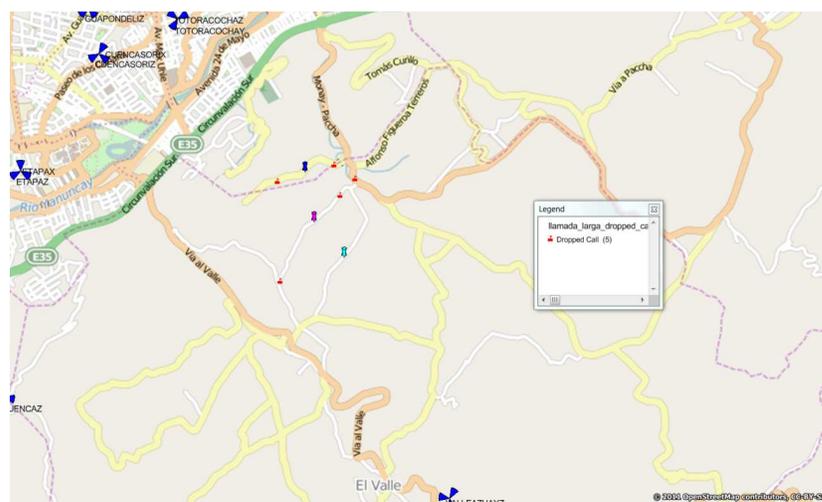


Figura 4-16 Eventos de Call Drop

Se puede apreciar que existieron 5 eventos de falla los cuales como se puede observar se encuentran cercanos a los barrios objetivos, para poder calcular el porcentaje de drop es necesario conocer cuantas llamadas fueron efectuadas lo cual se muestra a continuación:

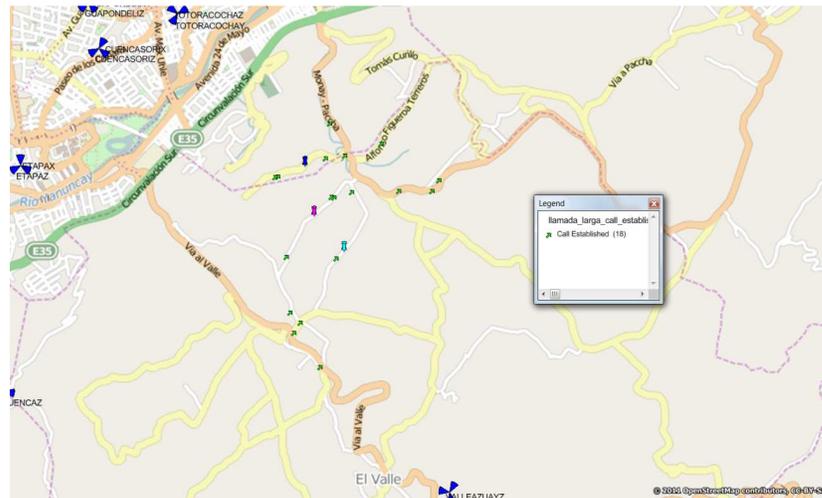


Figura 4-17 Eventos de llamadas realizadas

En base a las dos mediciones podemos calcular el porcentaje de drop de la ruta realizada el cual fue de 28%.

Posterior a lo mostrado procederemos a mostrar la cantidad de eventos en Handover Failure del mismo MS, el cual tiene afectación directa en la experiencia del usuario al ser una posible causa de Drop Call y por ende afectar al usuario, sin embargo las fallas en handover deben ser correctamente analizadas debido a que no solo se presentan por condiciones de radio malas sino pueden presentarse al no estar creada la adyacencia con la celda objetivo:

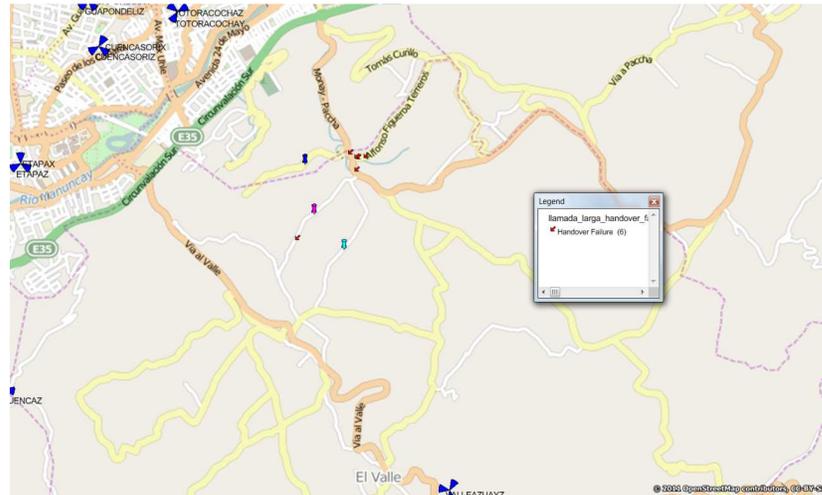


Figura 4-18 Eventos de Handover Failure

Podemos observar que durante el recorrido el MS presento 6 fallas en Handover de las cuales solo 1 derivó en un evento de Call Drop.

En base a las mediciones obtenidas del Drive Test realizado en el área de influencia de los barrios objetivos y acorde a los resultados presentados se puede concluir que es necesaria la implementación de un nuevo sitio Outdoor en el área de influencia indicada en los gráficos superiores, los resultados que avalan esta conclusión se muestran a continuación:

Tabla 4-8 Resumen de Indicadores de Performance en Drive Test

RxLev		RxQual		Throughput	
RxLev Range	Percentage	RxLev Range	Percentage	Throughput	Percentage
RxLev >= -55 dBm	0.00%	0 <= RxQual < 2	41.92%	256 kbps <= Throughput < 384 kbps	0.28%
-55 dBm > RxLev >= -65 dBm	0.00%	2 <= RxQual < 4	16.17%	128 kbps <= Throughput < 256 kbps	1.12%
-65 dBm > RxLev >= -75 dBm	4.26%	4 <= RxQual <= 7	41.92%	64 kbps <= Throughput < 128 kbps	6.86%
-75 dBm > RxLev >= -85 dBm	23.60%			0 kbps <= Throughput < 64 kbps	91.74%
-85 dBm > RxLev >= -97 dBm	63.83%				
-97 dBm > RxLev >= -120 dBm	8.32%				

4.2 Elección de punto nominal

El siguiente paso, posterior a la evaluación en campo y decisión de implementación de un nuevo sitio, es la determinación de un punto nominal el cual será el punto de inicio para la búsqueda de candidatos, esta elección es la parte más importante en el diseño de un nuevo sitio dado que una falla en esta elección conllevaría en desgaste innecesario tanto del recurso humano como del económico al tener que incurrir en nuevas búsquedas de candidatos. Los barrios objetivos son los siguientes:

Tabla 4-9 Sitios Objetivo

El Aguacate	Emilio Sarmiento
	
Los Geranios	
	

Para la elección del punto nominal se toma en consideración los resultados obtenidos y la distribución geográfica de la zona, como primer paso se analizan posibles puntos de obstrucción hacia los candidatos de las celdas vecinas para lo cual utilizaremos la herramienta Google Earth y evaluamos el perfil de elevación de la zona.

Para el objetivo planteado en el párrafo anterior evaluaremos las obstrucciones desde la BTS 1, BTS2 y BTS3 hacia los barrios objetivo como se muestra a continuación:

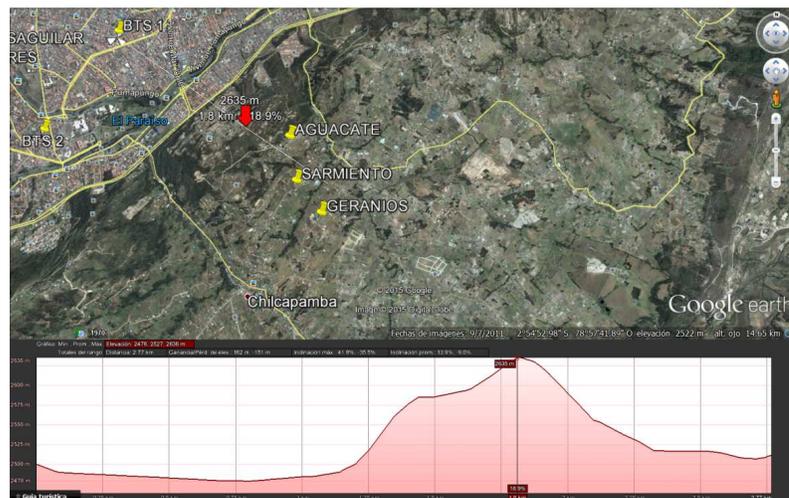


Figura 4-19 Obstrucción BTS 1

En el caso de la BTS1 que se encuentra cercana a la zona de estudio presenta una obstrucción a 1.8 Km de distancia cuya altura es de 2635m lo cual no permite que dicha BTS llegue a cubrir la zona objetivo.

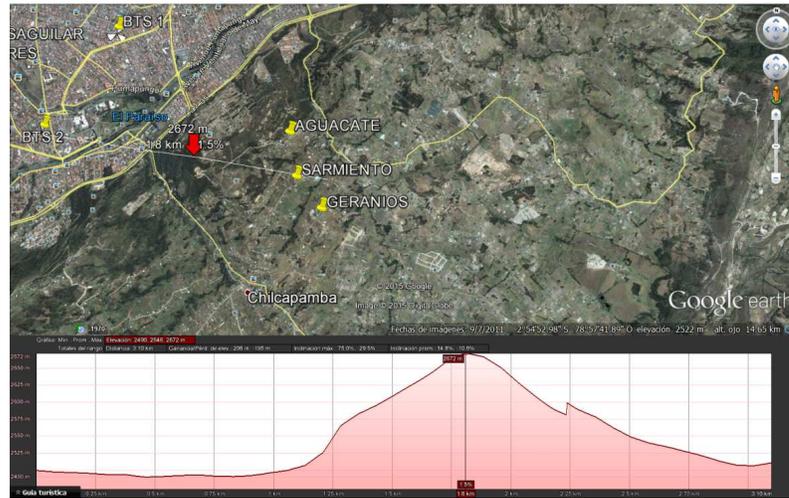


Figura 4-20 Obstrucción BTS 2

En el caso de la BTS2 que se encuentra cercana a la zona de estudio presenta una obstrucción a 1.8 Km de distancia cuya altura es de 2672m lo cual no permite que dicha BTS llegue a cubrir la zona objetivo.

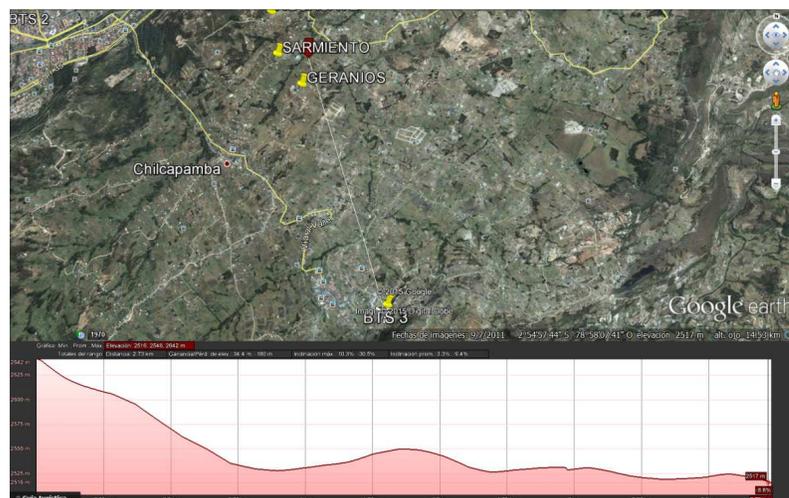


Figura 4-21 Obstrucción BTS 3

En el caso de la BTS3 que se encuentra cercana a la zona de estudio no presenta obstrucciones, sin embargo la distancia desde la BTS hasta la zona objetivo es de 2.7 Km lo cual no permite que dicha BTS llegue a cubrir la zona objetivo de manera correcta siendo esta la estación que al momento se encuentra sirviendo a la zona objetivo sin tener una correcta calidad que permita una buena experiencia de usuario.

Una vez analizado las BTSs vecinas a la zona objetivo y corroborando que ninguna de ellas permite la correcta cobertura de la zona objetivo se procede a plotear el RxLev de las predicciones realizadas de las BTSs de la zona en Google Earth para ubicar un punto desde el cual nominalmente se cubriría los objetivos y las rutas de acceso a los mismos y adicionalmente ubicar el hueco de cobertura existente actualmente, a continuación se muestra el RxLev en Google Earth:

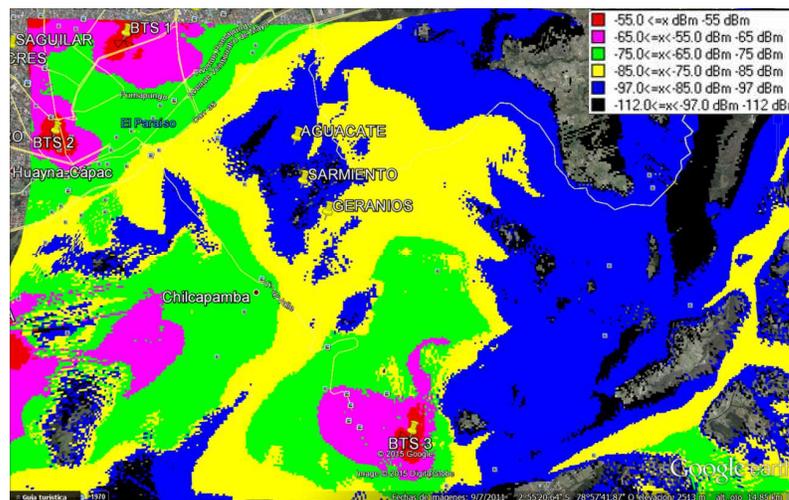


Figura 4-22 RxLev actual de la zona objetivo

En base a estas predicciones junto con lo obtenido en las pruebas de campo procedemos a ubicar un tentativo punto nominal el cual se muestra en los siguientes gráficos:

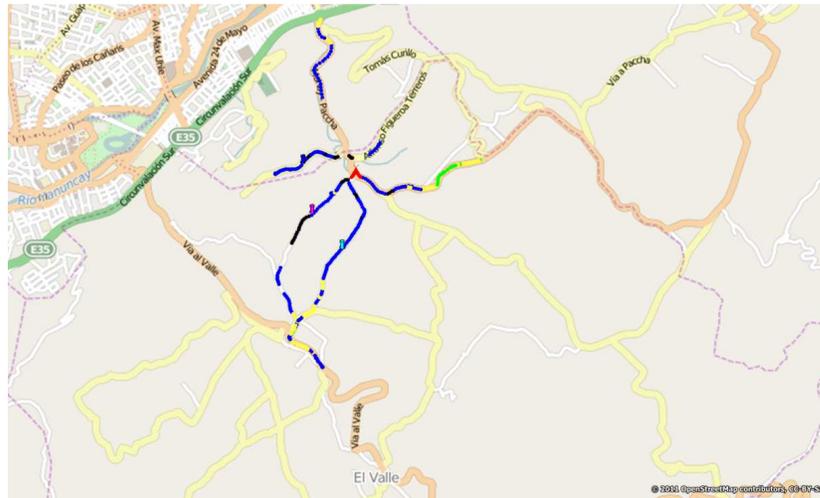


Figura 4-23 Ubicación de punto nominal en MapInfo

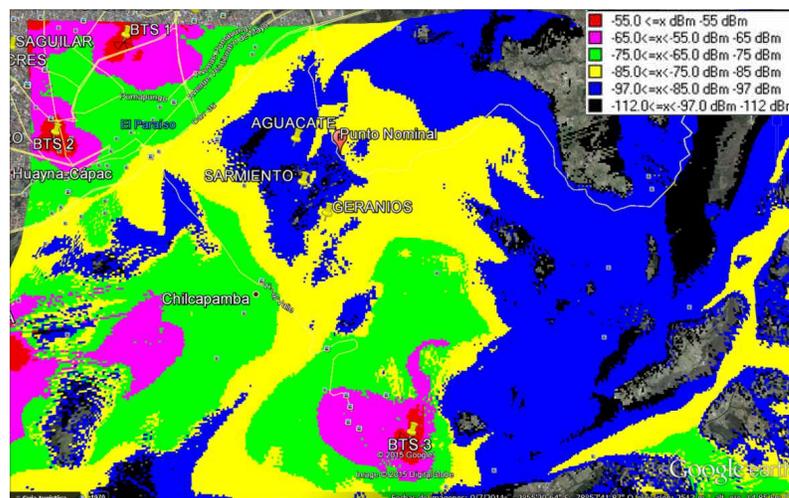


Figura 4-24 Ubicación de punto nominal en grafica de predicción actual

A continuación se muestra el perfil de elevación hacia los barrios objetivos desde el punto nominal escogido:

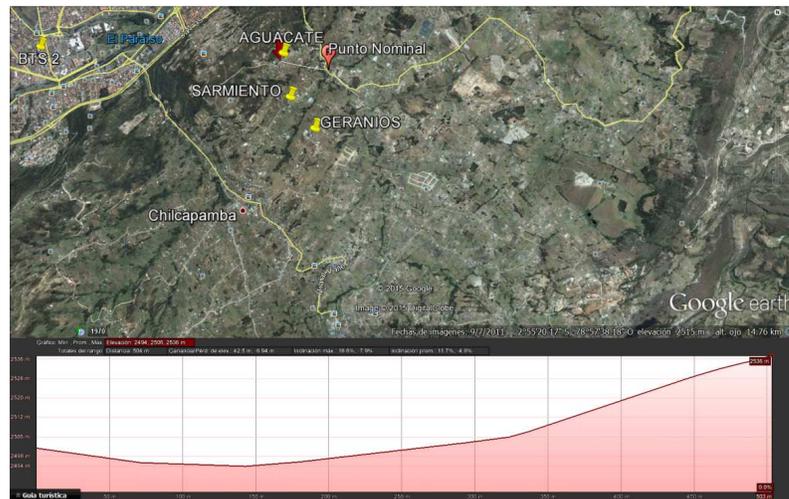


Figura 4-25 Obstrucción hacia El Aguacate



Figura 4-26 Obstrucción hacia Emilio Sarmiento

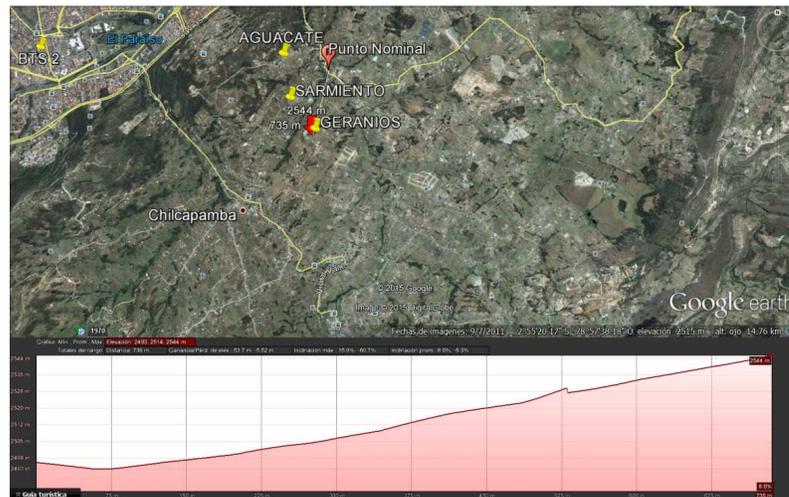


Figura 4-27 Obstrucción hacia Los Geranios

Se tomo en consideración el indicador llamado Timing Advance, el cual divide la zona de cobertura en rangos de distancia, para verificar que los barrios objetivos se encuentren en los dos primeros niveles de TA, asegurando condiciones de radio excelentes, a continuación se muestra los anillos de los tres primeros niveles de TA:

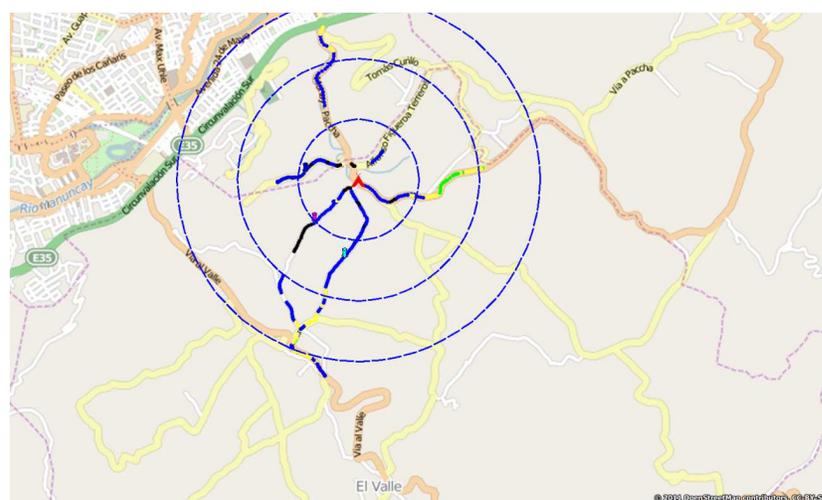


Figura 4-28 Anillos de Timing Advance de punto nominal

En base a los fundamentos indicados para la elección del punto nominal y corroborando que la elección del punto seleccionado es el idóneo se determino como coordenadas referenciales las siguientes:

Longitud: 78°58'5.50''O

Latitud: 2°54'46.26''S

4.3 Área de búsqueda

Una vez elegido el punto nominal se realiza una visita a la zona de influencia del sitio tomando como rango de acción máximo 300 metros desde el punto nominal para la elección de posibles candidatos, cabe recalcar que en este paso se realiza la elección sin entrar a los candidatos elegidos, únicamente se observan posibles candidatos que posteriormente serán validados y se solicitara el ingreso al candidato más idóneo acorde a la cercanía del punto nominal como de los objetivos, además de otros puntos que se revisaran más adelante, esta etapa de elección de posibles candidatos es llamada Área de Búsqueda.

Al momento de realizar la elección de los candidatos se tiene que tener como prioridad la elección de terrenos libres, en segundo lugar la elección de posibles Co-Sites ya sean estos Co-Site con otra tecnología previamente desplegada o Co-Site con una estructura de otro vendor que pudiese existir en el área, en último lugar se buscan casas o edificios cuya altura sea mínimo de 9 metros, es decir aproximadamente de 3 pisos, con terraza donde se pueda desplegar el nuevo sitio y

realizar la correcta instalación de los equipos del vendor asignado para instalar y desplegar la solución.

El orden asignado para la elección de posibles candidatos viene dado por la estructura que puede ser construida donde irán las sectoriales que darán cobertura a los barrios objetivos, es necesario recalcar que a mayor altura de las sectoriales la propagación será mayor, facilitando salvar posibles obstáculos entre la nueva BTS y los barrios objetivos, habiendo explicado lo anterior se pasara a indicar las estructuras que pueden ser instaladas en sitios Outdoor las cuales son Torres Autosoportadas, Monopolos, Torretas y Polos para sectoriales.

La elección de una u otra estructura dependerá directamente del espacio con el que se cuente en primera instancia, segundo de la distancia a la que se encuentren los objetivos y posibles obstrucciones y del remoto de la microonda para lo cual realiza el estudio el operador de la red, sin embargo por experiencia se tiene que los Monopolos no es recomendable que tengan una altura mayor a 32 metros, pasada esa altura es recomendable instalar una Torre Autosoportada.

En el caso de nuestros barrios objetivos a ser cubiertos, acorde al perfil de elevación previamente mostrado, sería necesaria una estructura que nos permita colocar las sectoriales del nuevo sitio a 30 metros, con lo cual la estructura que sería elegida sería la implementación de un Monopolo de mínimo 30 metros de manera de colocar las sectoriales al tope del Monopolo.

Con esta premisa los candidatos a ser seleccionados durante el Área de Búsqueda tendrán que ser necesariamente terrenos.

Se procedió a realizar el Área de Búsqueda en la zona cercana al punto nominal encontrando los siguientes candidatos con sus respectivas coordenadas tomadas en sitio:

Tabla 4-10 Candidatos visitados en Área de Búsqueda

Candidato	Coordenadas de Candidato	Foto de Candidato
1	Longitud: 78°58'11.2"O Latitud: 2°54'53.6"S	
2	Longitud: 78°58'12.3"O Latitud: 2°54'52.2"S	

3	<p>Longitud: 78°58'13.4"O</p> <p>Latitud: 2°54'53.8"S</p>	
4	<p>Longitud: 78°58'14.6"O</p> <p>Latitud: 2°54'55.2"S</p>	
5	<p>Longitud: 78°58'16.5"O</p> <p>Latitud: 2°54'56.9"S</p>	
6	<p>Longitud: 78°58'16.5"O</p> <p>Latitud: 2°54'58.1"S</p>	

Adicional a las fotos de los candidatos se toman puntos de referencia como se muestra a continuación:

Tabla 4-11 Puntos de referencia

Vía principal para llegar a los Barrios objetivo	Referencia candidatos 1, 2 y 3 sede social Emilio Sarmiento
	

Se colocan los candidatos en MapInfo como se muestra a continuación:

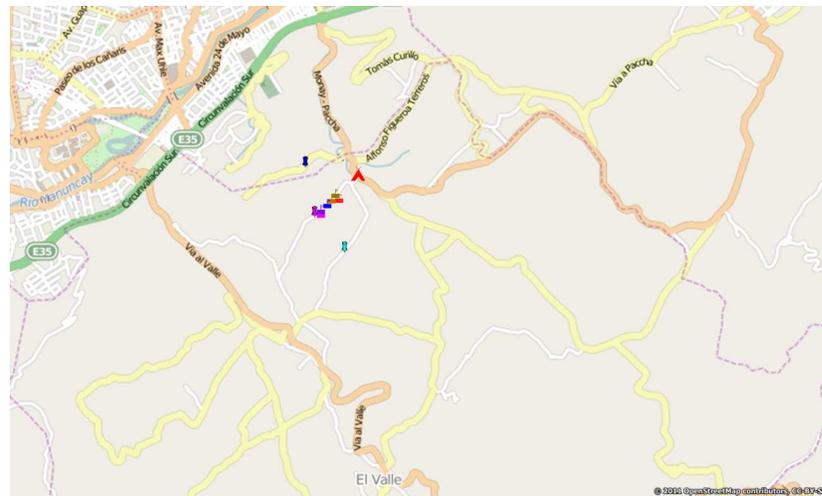


Figura 4-29 Ubicación de candidatos en MapInfo

Como se puede observar los posibles candidatos para el nuevo sitio se encuentran en la ruta hacia el barrio Emilio Sarmiento, no se encontraron terrenos disponibles en otra zona, con esto en consideración se procederá a darles prioridad desde el punto de vista RF.

Para esta clasificación de prioridades se tomara en consideración únicamente la distancia del punto nominal dado que todos los candidatos seleccionados fueron terrenos y ninguno presenta obstrucciones geográficas hacia los barrios objetivos de lo observado en el Área de Búsqueda realizada, las prioridades RF quedaría de la siguiente forma:

Tabla 4-12 Prioridad RF de candidatos visitados

Prioridad RF	Candidato
1	1
2	3
3	2
4	4
5	5
6	6

Con este último paso de darles prioridad a los candidatos seleccionados culmina el proceso del Área de Búsqueda y da paso al proceso de Validación donde se utilizara la información de los candidatos previamente indicada.

4.1 Validación de candidatos

Conforme a lo indicado en el proceso anterior, durante la selección de los candidatos en el Área de Búsqueda no se accedió a los sitios, es decir, la selección fue hecha directamente desde el vehículo, en casos donde se elijan terrazas de edificios o casas es imposible verificar los espacios y accesos hasta llegar a la validación de los sitios, donde se pide formalmente la posibilidad de acceder al lugar para revisar si es factible o no la instalación y elección del sitio.

En el caso particular del Área de Búsqueda realizada para el presente diseño no se tuvo este inconveniente, dado que todos los candidatos fueron terrenos a donde se podía acceder libremente en primera instancia.

El proceso de reconocimiento de los espacios disponibles, acceso al sitio y visión de posibles obstáculos desde el sitio candidato es conocido como Validación de candidatos.

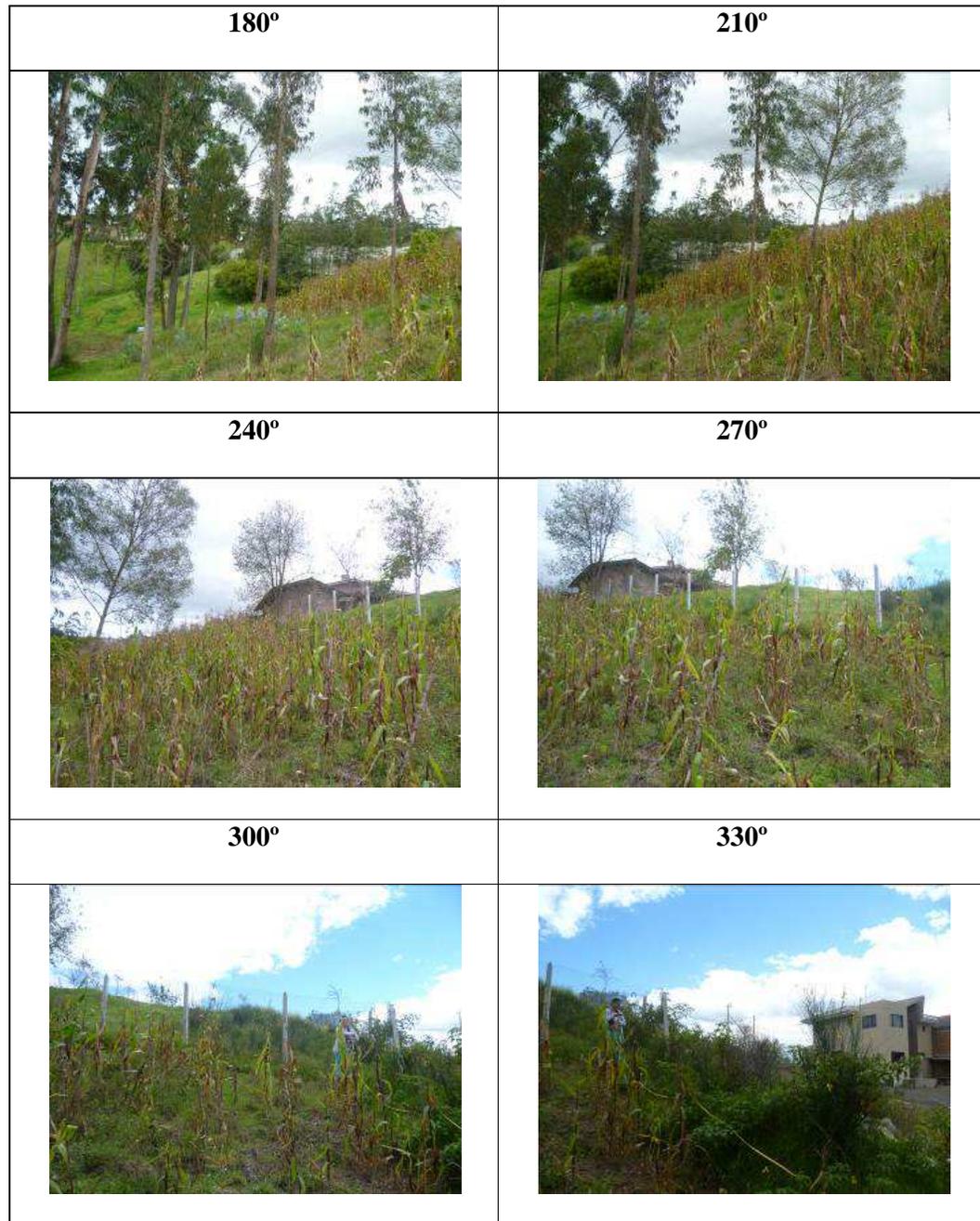
En base a las prioridades de los candidatos visitados en el Área de Búsqueda se procede a validar el candidato 1 dado que este se encuentra más cercano a nuestro punto nominal elegido.

Como primer paso de la validación se toman fotos panorámicas para observar en 360° todo lo que se encuentra cercano o como posible obstrucción, dado que no

existen estructuras altas cercanas donde se pueda subir para realizar una toma elevada, se procede a tomar las fotos panorámicas a la altura de la persona:

Tabla 4-13 Fotos panorámicas de candidato validado

0°	30°
	
60°	90°
	
120°	150°
	



Acorde a las panorámicas, aun tomadas a la altura de la persona, se puede observar que no existen obstrucciones visibles, concordando con lo observado durante la elección de los candidatos en el Área de Búsqueda.

Habiendo comprobado que no existen obstrucciones en el área, tanto geográficas como de estructuras construidas, procedemos a realizar las predicciones del nuevo sitio, para lo cual se necesita conocer la configuración tentativa del sistema radiante, para realizar esta configuración es necesario conocer los diferentes elementos que son tomados en consideración los cuales se detallan a continuación:

- Numero de Sectores
- Tipo de Antena
- Altura de Antena
- Azimuth
- Tilt Electrico (EDT)
- Tilt Mecánico (MDT)

A continuación se detalla la importancia de cada uno de estos parámetros:

- i. Numero de Sectores: Este es el primer punto a ser considerado en la configuración del sistema radiante, la cantidad de sectores viene determinada por la zona a ser cubierta así como por las obstrucciones presentes en el área y las BTS aledañas, esta ultima consideración con el fin de no incurrir en posibles interferencias o solapamiento de propagación, el cual consiste diseñar un sector que sobrepase la cobertura de una BTS existente, para el caso del proyecto en cuestión se propone la instalación de 4 sectores tomando en consideración que la BTS que brinda actualmente pobre cobertura se encuentra a 2.65 Km y que las demás BTSs se encuentran obstruidas en su

cobertura como se mostro anteriormente en el presente documento, con estos 4 sectores se pretende cubrir no solo los barrios objetivos sino también las carreteras de acceso a los mismos.

- ii. Tipo de Antena: Existen diferentes tipos de antena en el mercado para soluciones Outdoor, la elección del tipo de antena viene dado por la apertura del lóbulo frontal de la antena, el índice de ganancia (dBi) y el escenario para el cual va a ser implementado. En la experiencia obtenida en campo se puede indicar que las antenas instaladas obedecen a índices de apertura de 33°, 60° y 90°, cada una con mayor o menor índice de ganancia muchas veces dependiendo del fabricante de la antena, la elección de la antena como se menciono, viene dado acorde al escenario, es decir, en el caso del proyecto que se está evaluando es necesaria la instalación de una antena con apertura de 60° la cual será la 742266 del fabricante Kathrein, dada la cantidad de sectores que se planea instalar para brindar la solución de cobertura, a manera de información se indica que las antenas con apertura de 33° son comúnmente utilizadas cuando el objetivo es cubrir una zona especifica o carretera angosta, en donde la principal importancia es llegar lo más lejos posible con la propagación con un haz angosto y dirigido, mientras que las antenas con apertura de 90° son comúnmente utilizadas para cubrir zonas amplias con menor cantidad de sectores, este tipo de antenas tienen un alto índice de ganancia comparable con las de 33°, el objetivo de la instalación de este tipo de antenas con esta apertura es, adicional a llegar más lejos con la propagación, cubrir también con su amplio lóbulo varias zonas a la redonda.

- iii. Altura de Antena: La altura de la antena se propone acorde a los objetivos propuestos y la estructura a ser construida, se toma en consideración tanto obstrucciones naturales como construcciones presentes en el área, para el caso del proyecto se determino mediante visita y revisión de perfiles de elevación que se necesita que las sectoriales se encuentren a 30m.
- iv. Azimuth: Es la orientación de la antena en un rango de 0 a 360 grados, tomando como punto de partida el norte magnético, los AZM son definidos en base a los objetivos a ser cubiertos, a continuación se muestran los AZM propuestos y el objetivo de cobertura de cada uno:

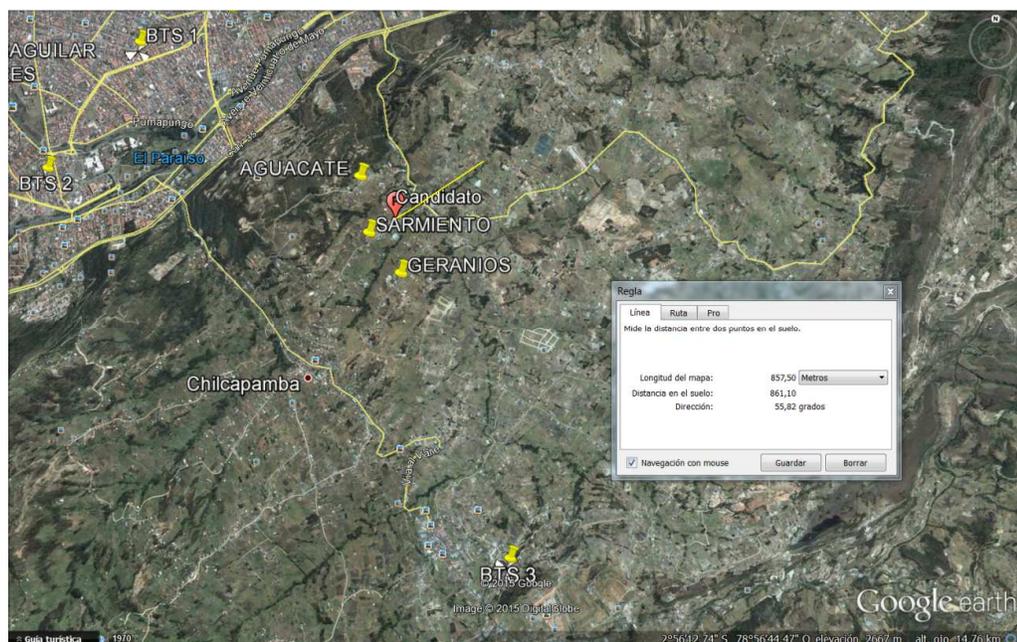


Figura 4-30 Azimuth a 55° (Vía de acceso)

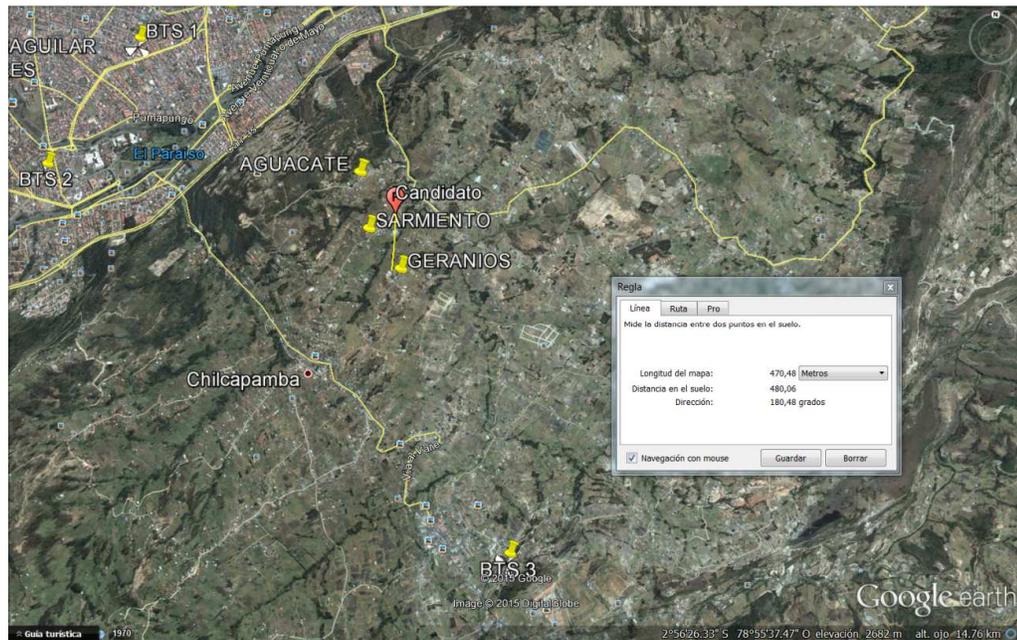


Figura 4-31 Azimuth a 180° (Barrio Los Geranios)

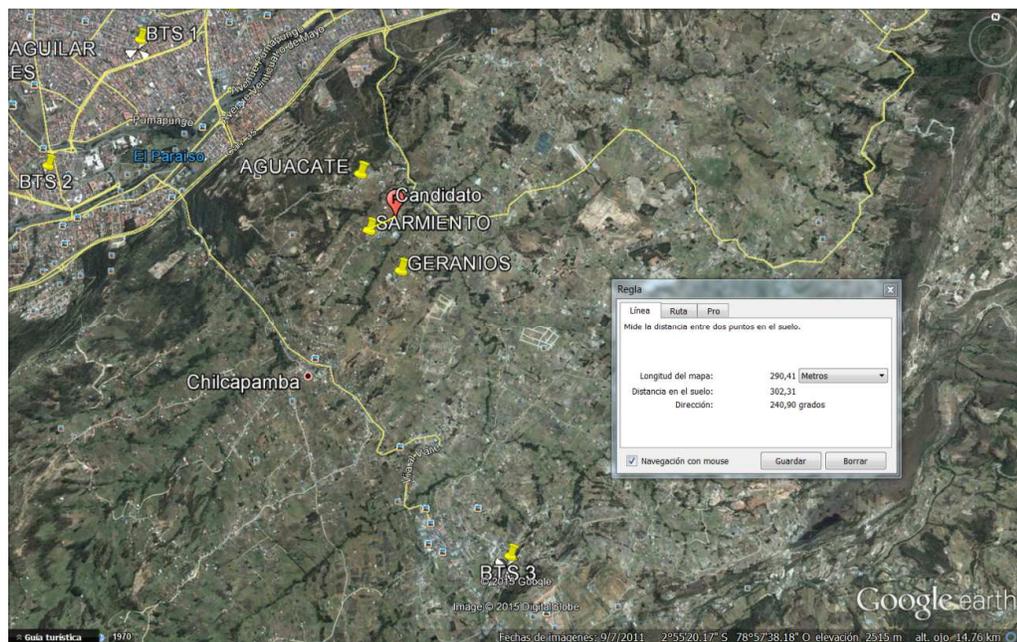


Figura 4-32 Azimuth a 240° (Barrio Emilio Sarmiento)

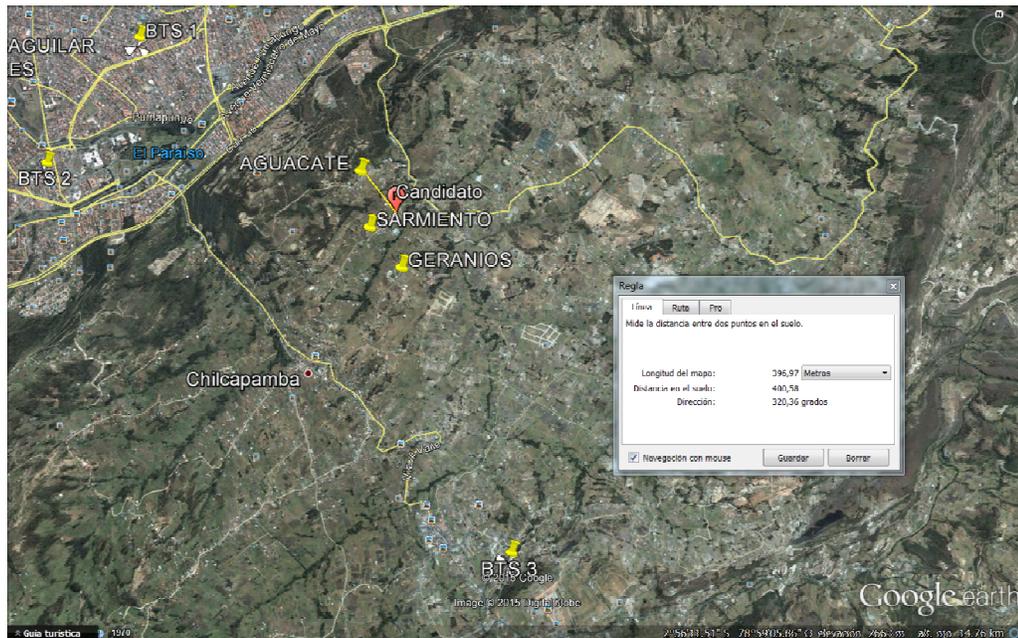


Figura 4-33 Azimuth a 320° (Barrio El Aguacate)

- v. Tilt Eléctrico: EDT (Electrical DownTilt), antes de hablar de EDT o MDT es necesario definir lo que representa el Tilt como tal, el cual es la inclinación o ángulo de la antena con referencia a su eje

Entrando en el concepto de EDT es realizado mediante ajuste en dispositivos que vienen en la antena y se realiza en rangos variables por lo general ajustables entre 0 a 7, estos rangos dependen del tipo de antena y fabricante, el tilt eléctrico comprime o expande el lóbulo frontal siguiendo la forma del lóbulo, es decir no lo altera sino que lo recoge o lo expande simétricamente en relación directa al valor que se le aplique, al ajustar este tipo de tilt la antena no se la inclina como se muestra a continuación (Leopedrini, 2011):

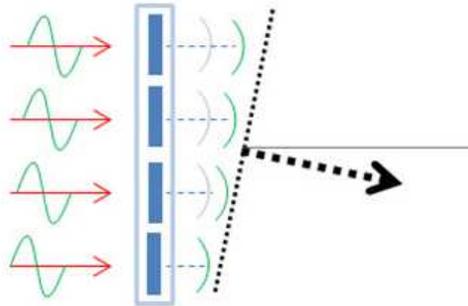


Figura 4-34 Ejemplo de Tilt Electrico

Fuente: Leopdrini. (2011, Octubre 11). What is Antenna Electrical and Mechanical Tilt (and How to use it)? - telecomHall. Retrieved from Telecomhall.com: <http://www.telecomhall.com/what-is-antenna-electrical-and-mechanical-tilt-and-how-to-use-it.aspx>

Se considerara EDT de 6 en todas las sectoriales como punto de partida de la implementación.

- i. Tilt Mecánico: MDT (Mechanical DownTilt), comprime el lóbulo a manera de globo deformando el lóbulo frontal, se expande hacia los costados y se recoge la cobertura frontal (Leopdrini, 2011):

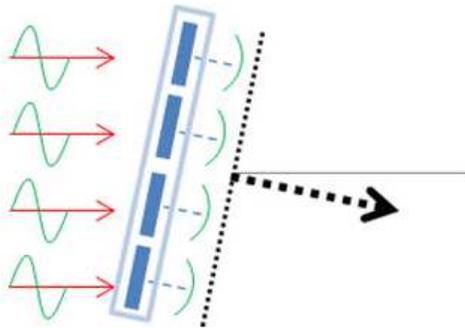


Figura 4-35 Ejemplo de Tilt Mecánico

Fuente: Leopdrini. (2011, Octubre 11). What is Antenna Electrical and Mechanical Tilt (and How to use it)? - telecomHall. Retrieved from Telecomhall.com: <http://www.telecomhall.com/what-is-antenna-electrical-and-mechanical-tilt-and-how-to-use-it.aspx>

A continuación se mostrara las diferencias en propagación cuando se aplica EDT o MDT (Louis (Lou) J. Meyer, 2010):

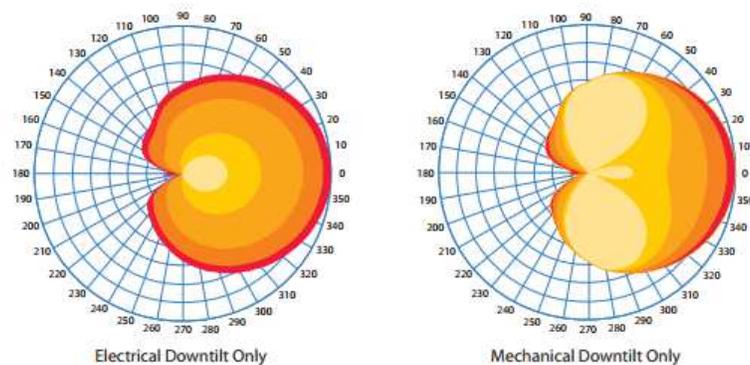


Figura 4-36 Propagación de EDT & MDT

Fuente: Louis (Lou) J. Meyer, P. (2010). Electrical and Mechanical Downtilt and their Effects on Horizontal Pattern Performance. Retrieved from www.commscope.com: https://www.commscope.com/docs/electrical-mechanical_downtilt_effect_on_pattern_performance_wp-103755.pdf

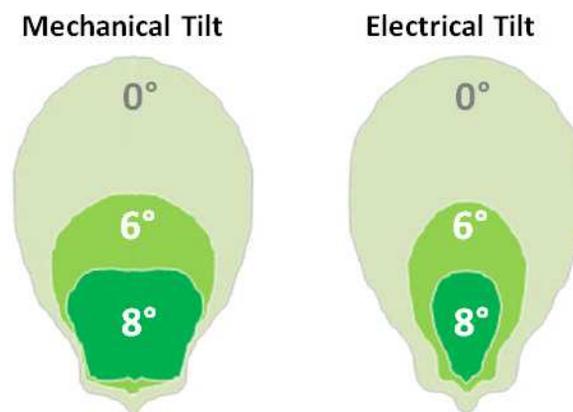


Figura 4-37 Comparación de MDT Vs EDT

Fuente: Leopdrini. (2011, Octubre 11). What is Antenna Electrical and Mechanical Tilt (and How to use it)? - telecomHall. Retrieved from <http://www.telecomhall.com/what-is-antenna-electrical-and-mechanical-tilt-and-how-to-use-it.aspx>

Para el caso de estudio se propone ajustar el MDT a 2 en todos los sectores con el fin de evitar posible sobre propagación, este tilt propuesto será tomado en consideración para las predicciones de cobertura del nuevo sitio y podrá ser ajustado, si es pertinente, posterior a la implementación por parte del operador.

En base a lo descrito de las características del sistema radiante a proponerse para el despliegue del nuevo sitio sería el siguiente:

Tabla 4-14 Configuración de Sistema Radiante Propuesto

Sector	X	Y	Z	W
Tipo de Antena	742266	742266	742266	742266
Altura de Antena (m)	30	30	30	30
Azimuth	55	180	240	320
Tilt Eléctrico	6	6	6	6
Tilt Mecánico	2	2	2	2

Con estas consideraciones se realizaran las predicciones de cobertura de cada sector, así como las predicciones de cobertura del sitio solo e incluido en la cobertura actual previamente indicada las predicciones son realizadas en una herramienta basada en Atoll, todos los vendor poseen distintas herramientas de predicción ya sean estas para 2G o 3G sin embargo todas basan sus predicciones en modelos de propagación previamente establecidos por cada vendor:

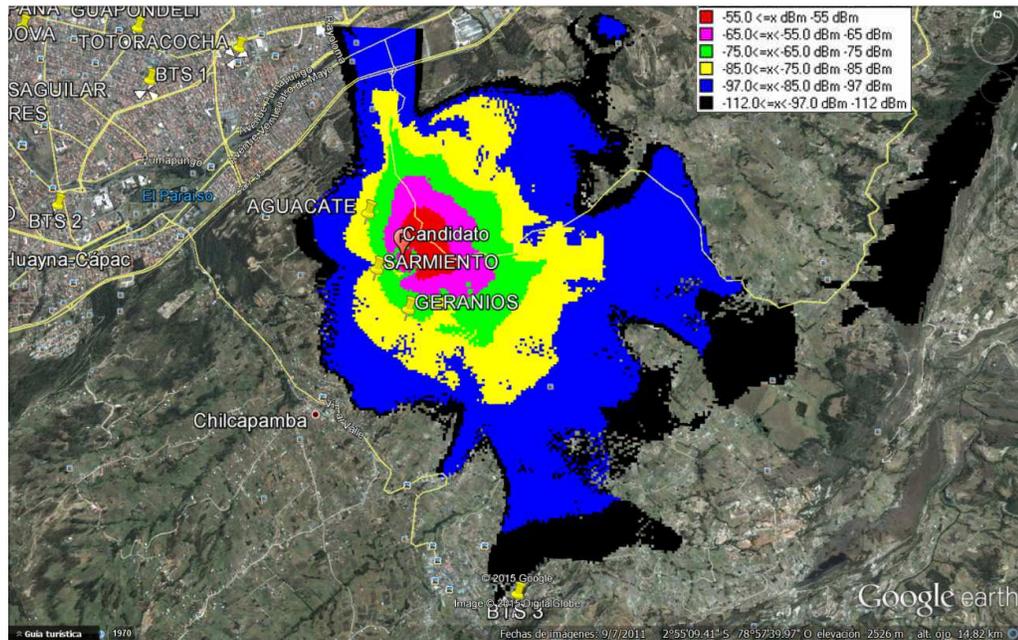


Figura 4-38 Predicción de propagación de Sector X (55°)

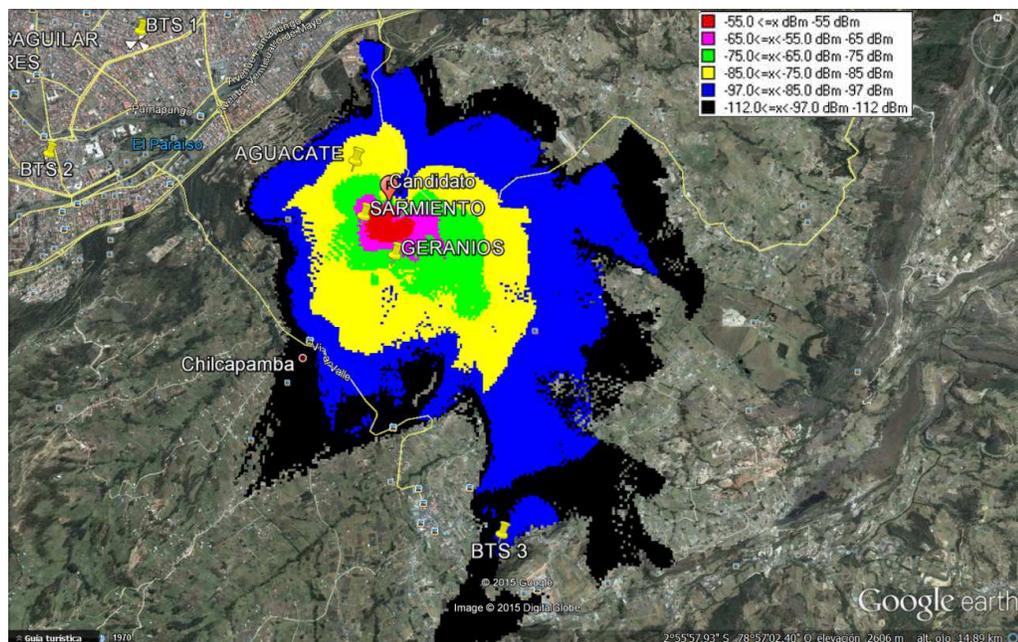


Figura 4-39 Predicción de propagación de Sector Y (180°)

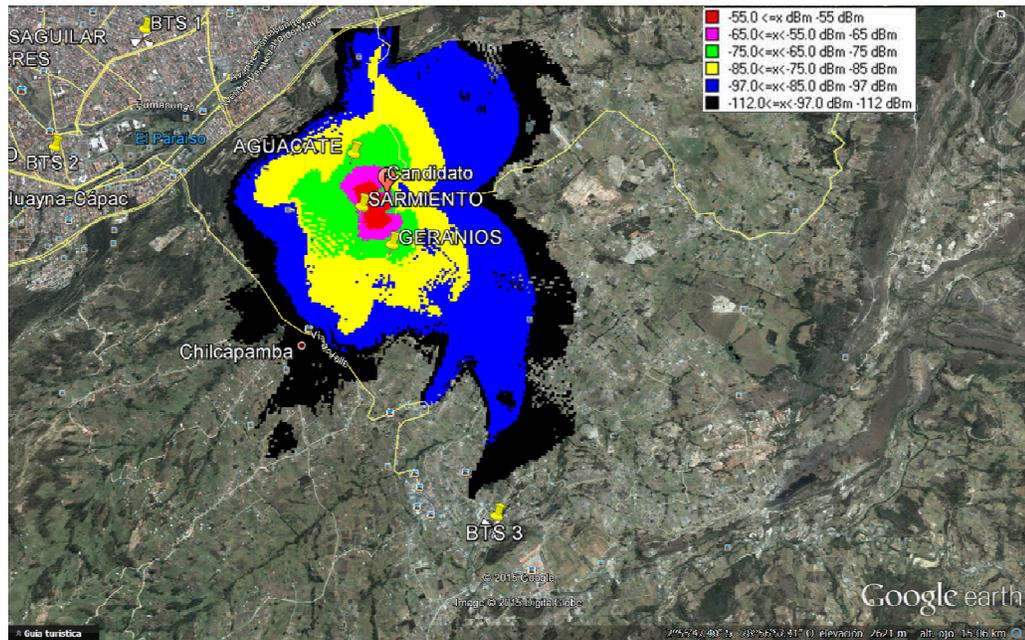


Figura 4-40 Predicción de propagación de Sector Z (240°)

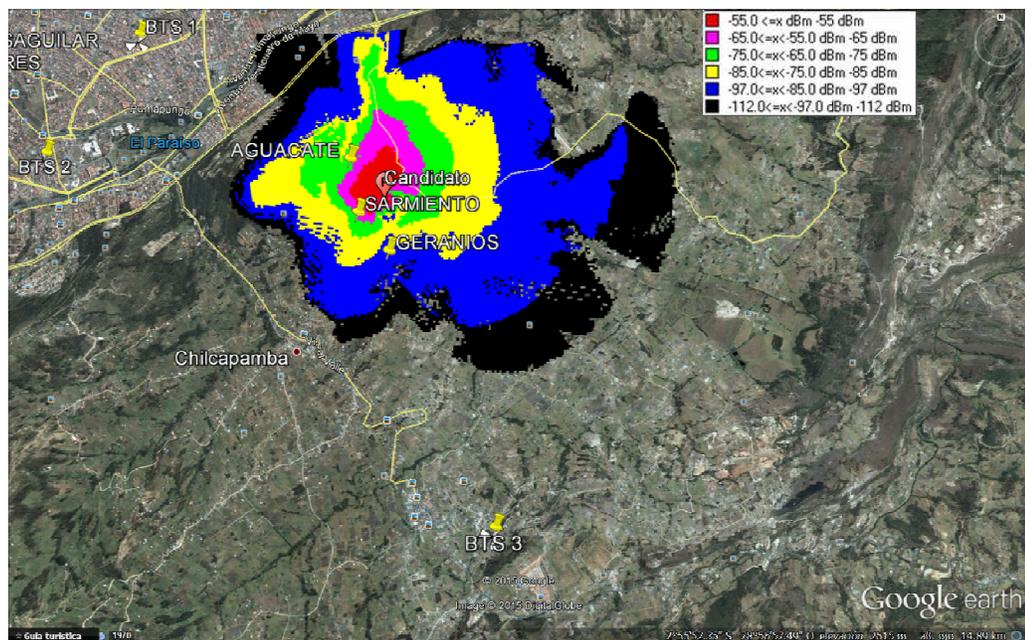


Figura 4-41 Predicción de propagación de Sector W (320°)

Como se puede observar los AZM propuestos permiten cubrir los objetivos para los cuales fueron propuestos, a continuación se muestra la predicción de cobertura para el sitio completo y como quedaría la cobertura de la zona posterior a la implementación del sitio propuesto:

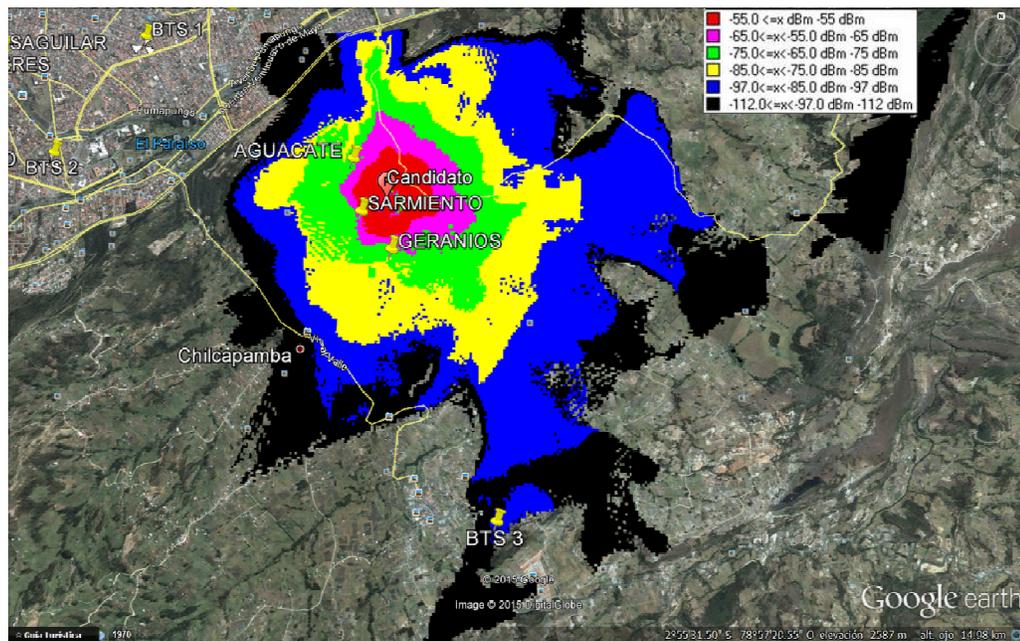


Figura 4-42 Predicción de cobertura de sitio propuesto

Como se puede observar en las predicciones realizadas el sitio cumpliría con su objetivo de dar cobertura a la zona objetivo, barrios El Aguacate, Emilio Sarmiento y Los Geranios, así como a las zonas aledañas abarcando de esta manera vías de acceso a los barrios.

A continuación se muestra la predicción de cobertura incluyendo las radiobases actuales, este grafico es importante para poder determinar que no exista una sobre-

propagación al momento de la implementación del nuevo sitio afectando al performance de los sitios adyacentes que conforman el primer anillo de handover:

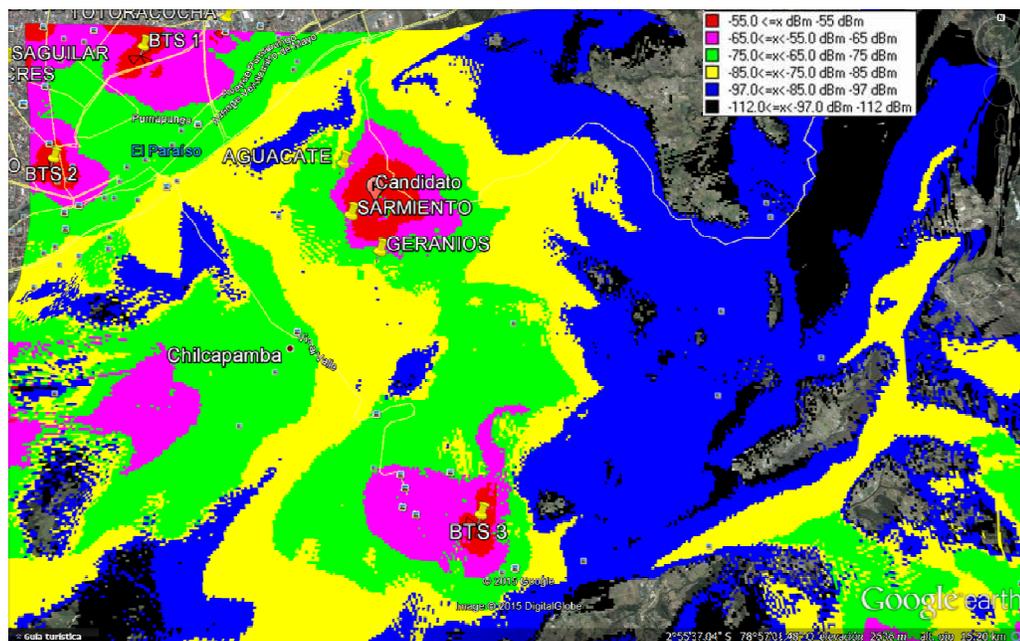


Figura 4-43 Predicción de cobertura de la zona con el nuevo sitio

Posterior a la Validación continua el proceso de Technical Site Survey (TSS) en donde el operador que desplegara el sitio propuesto contacta al dueño del inmueble para realizar una propuesta con el fin de que le sea permitido la instalación del diseño propuesto, siendo el punto de partida para la implementación del diseño presentado en el presente documento.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Acorde a las mediciones obtenidas durante el recorrido realizado en la prueba de Drive Test se puede determinar que actualmente existe falta de cobertura en la zona objetivo que abarca los barrios El Aguacate, Emilio Sarmiento y Los Geranios, las mediciones obtenidas de RxLev muestran un 32.68% de la totalidad de las muestras en valores superiores a -85 dBm, adicional se observa que el RxQual tiene muestras superiores a 4 en el 41.97% del recorrido con lo que se denota deficiencia en la calidad de la señal, haciendo viable el planteamiento de un diseño que mejore las actuales condiciones de radio.
- La configuración propuesta del sistema radiante se basa en lo observado en sitio así como en la verificación de los objetivos de cobertura establecidos tomando en consideración los patrones de radiación de las tipos de antena (adjuntas en el anexo).
- El método que se presenta en este trial para la sustentación de la elección de candidatos y diseño del sistema radiante para una radiobase Outdoor sirve como base para el despliegue y diseño de cualquier sitio Outdoor tomando en consideración la variación en la elección de la configuración para el sistema radiante basado en el escenario de cobertura específico para cada caso.

- Como conclusión final se menciona que se cumple, mediante presentación de predicciones del sistema radiante, con el objetivo principal propuesto al inicio del presente documento el cual era de elaborar un diseño para para mejorar la Cobertura 2G en los barrios El Aguacate, Emilio Sarmiento y los Geranios en la zona rural del Sur de Cuenca mediante la implementación de una Radiobase Outdoor.

5.2 Recomendaciones

- Posterior a la implementación del sitio propuesto es necesario realizar una optimización a manera de Initial Tuning en la zona de influencia de este nuevo sitio, en donde se debe de tomar en consideración realizar ajustes físicos o lógicos de ser necesario en los vecinos correspondientes al primer anillo de Handover con el fin de controlar posible sobre propagación del nuevo sitio y no afecte de manera negativa al performance de los sitios adyacentes.
- Es necesario realizar pruebas de Drive Test posterior a la implementación y tuning del sitio con el fin de corroborar el correcto desempeño en la experiencia al usuario y contrastar los resultados con los obtenidos previamente presentados en el presente documento.
- Al implementar el nuevo sitio es necesario revisar el correcto desempeño a nivel estadístico con los KPIs obtenidos del OSS del operador de manera de poder identificar posibles problemas que no se detecten en las pruebas de Drive Test tales como problemas en hardware o problemas con adyacencias

faltantes que derivarían en afectación no solo para el nuevo sitio sino también para las celdas adyacentes.

BIBLIOGRAFÍA

1. Ascom. (2005, Agosto 12). *FER, RxQual, and DTX DL Rate Measurements in TEMS™ Investigation*. Retrieved from www.ascom.com: <http://www.ascom.com/en/measurements-in-investigation-2.pdf>
2. Ascom. (2015). *TEMS™ Investigation*. Retrieved from [Ascom.com](http://www.ascom.com): <http://www.ascom.com/nt/en/index-nt/tems-products-3/tems-investigation-5.htm#useareas>
3. CCM. (Julio de 2015). *Estándar GSM (Sistema global de comunicaciones móviles)*. Obtenido de CCM: <http://es.ccm.net/contents/681-estandar-gsm-sistema-global-de-comunicaciones-moviles>
4. Emyl. (2014, Enero 26). *Basic GSM Call Flows*. Retrieved from [Es.slideshare.net](http://es.slideshare.net): <http://es.slideshare.net/emyl97/basic-gsm-call-flows>
5. GSM, C. (2014). *Telecom knowledge and experience sharing: Call Set-up in GSM*. Retrieved from [Telecom-knowledge.blogspot.com](http://telecom-knowledge.blogspot.com): <http://telecom-knowledge.blogspot.com/2013/05/call-set-up-in-gsm.html>
6. Harto, I. (1 de Junio de 2010). *Interface in GSM Network*. Obtenido de Technology Beyond: <https://hartomanullang.wordpress.com/2010/06/01/basic-introduction-of-gsm-network-2/>
7. Leopedrini. (2011, Octubre 11). *What is Antenna Electrical and Mechanical Tilt (and How to use it)? - telecomHall*. Retrieved from [Telecomhall.com](http://www.telecomhall.com): <http://www.telecomhall.com/what-is-antenna-electrical-and-mechanical-tilt-and-how-to-use-it.aspx>
8. Louis (Lou) J. Meyer, P. (2010). *Electrical and Mechanical Downtilt and their Effects on Horizontal Pattern Performance*. Retrieved from www.commscope.com: https://www.commscope.com/docs/electrical-mechanical_downtilt_effect_on_pattern_performance_wp-103755.pdf
9. Pearson. (30 de Noviembre de 1998). *GSM Architecture and Interfaces*. Obtenido de Pearsonhighered: <http://www.pearsonhighered.com/samplechapter/0139491244.pdf>
10. Poole, I. (n.d.). *GSM Handover | GSM Handoff | Radio-Electronics.Com*. Retrieved from [Radio-electronics.com](http://www.radio-electronics.com): http://www.radio-electronics.com/info/cellulartelecomms/gsm_technical/handover-handoff.php
11. Poole, I. (n.d.). *What is GMSK Modulation? | Gaussian Minimum Shift Keying Tutorial*. Retrieved from [Radio-electronics.com](http://www.radio-electronics.com): <http://www.radio-electronics.com/info/rf-technology-design/pm-phase-modulation/what-is-gmsk-gaussian-minimum-shift-keying-tutorial.php>
12. Poole, I. (n.d.). *What is GPRS | General Packet Radio Service | Radio-Electronics.com*. Retrieved from [Radio-electronics.com](http://www.radio-electronics.com): http://www.radio-electronics.com/info/cellulartelecomms/gprs/gprs_tutorial.php
13. Poole, I. (n.d.). *What is GSM EDGE? | Enhanced Data rates for GSM Evolution | Tutorial*. Retrieved from [Radio-electronics.com](http://www.radio-electronics.com): <http://www.radio-electronics.com/info/cellulartelecomms/gsm-edge/basics-tutorial-technology.php>
14. Rex. (2011, Junio 15). *Why Rxlev in -dBm*. Retrieved from [Erlang.com](http://www.erlang.com): <http://www.erlang.com/forum/erlang/thread.htx?thread=5447>

15. RFEXPERT. (2011, Noviembre). *All about rx level*. Retrieved from Telecom Source: <http://www.telecomsource.net/showthread.php?512-All-about-rx-level>
16. Rfwireless. (n.d.). *8-PSK modulation basics / Multi level PSK modulation / 8PSK*. Retrieved from Rfwireless-world.com: <http://www.rfwireless-world.com/Terminology/8-PSK.html>
17. TC-SMG, E. (Diciembre de 1995). *Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); GSM Public Land Mobile Network (PLMN) connection types (GSM 03.10)*. Obtenido de ETSI: http://www.etsi.org/deliver/etsi_gts/03/0310/05.00.00_60/gsmts_0310v050000p.pdf
18. TutorialsPoint. (n.d.). *GSM - The Network Switching Subsystem (NSS)*. Retrieved from www.tutorialspoint.com: http://www.tutorialspoint.com/gsm/gsm_network_switching_subsystem.htm
19. TutorialsPoint. (n.d.). *GSM - The Operation Support Subsystem(OSS)*. Retrieved from www.tutorialspoint.com: http://www.tutorialspoint.com/gsm/gsm_operation_support_subsystem.htm
20. Verma, K. (2014). *Drive test learning*. Retrieved from Es.slideshare.net: <http://es.slideshare.net/kshitijverma007/drive-test-learning>
21. Wattenhofer, R. (n.d.). *MOBILE COMPUTING*. Retrieved from Distributed Computing Group: <http://www.disco.ethz.ch/lectures/ss04/mobicomp/lecture/9-2/Chapter9GSM-24Slides.pdf>
22. Wikipedia. (n.d.). *Enhanced Data Rates for GSM Evolution*. Retrieved from Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Enhanced_Data_Rates_for_GSM_Evolution
23. Wikipedia. (n.d.). *General Packet Radio Service*. Retrieved from Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/General_Packet_Radio_Service
24. Yang, Y. (2005, Septiembre). *What is bit error rate (BER)? - Definition from WhatIs.com*. Retrieved from WhatIs.com: <http://whatis.techtarget.com/definition/bit-error-rate-BER>

FIGURAS

Figura 2-1 PLMN.....	15
Figura 2-2 Subsistemas GSM.....	16
Figura 2-3 Elementos de cada subsistema.....	16
Figura 2-4 Conformación de subsistemas.....	20
Figura 3-1 Channel Coding.....	24
Figura 3-2 Ráfaga de tramas TDMA.....	24
Figura 3-3 Multitrama TDMA.....	25
Figura 3-4 Multitrama SACCH.....	25
Figura 3-5 Channel Coding.....	28
Figura 3-6 Segmentación de trama.....	28
Figura 3-7 Division por bloques de multitrama SACCH.....	29
Figura 3-8 Señalización y eventos de un establecimiento de llamada.....	32
Figura 3-9 Eventos de una terminación de llamada por usuario.....	32
Figura 3-10 Handover basado en RxLev.....	34
Figura 3-11 Señalización y eventos de un handover.....	35
Figura 3-12 Tipos de handover.....	37
Figura 3-13 Modulación GMSK.....	39
Figura 3-14 Modulación 8PSK.....	40
Figura 4-1 Ubicación barrios de estudio.....	44
Figura 4-2 Grafica de pantalla del TEMS.....	47
Figura 4-3 Zona evaluada en drive test.....	49
Figura 4-4 Captura de pantalla de MapInfo.....	50
Figura 4-5 Zona de estudio en MapInfo.....	50
Figura 4-6 RxLev obtenido por el Scanner.....	51
Figura 4-7 Histograma de porcentajes obtenidos por el Scanner.....	52
Figura 4-8 Ubicación de objetivos en mediciones de Scanner.....	53
Figura 4-9 Medición de RxLev del MS en Idle.....	53
Figura 4-10 Histograma de porcentajes obtenidos por el MS en Idle.....	54
Figura 4-11 Medición de RxQual de MS en Connected Mode.....	55
Figura 4-12 Histograma de porcentajes obtenidos por el MS.....	56
Figura 4-13 Ubicación de objetivos en medición de MS.....	57
Figura 4-14 Medición de throughput de MS en Connected Mode.....	58
Figura 4-15 Histograma de porcentajes obtenidos por el MS.....	59
Figura 4-16 Eventos de Call Drop.....	59
Figura 4-17 Eventos de llamadas realizadas.....	60
Figura 4-18 Eventos de Handover Failure.....	61
Figura 4-19 Obstrucción BTS 1.....	63
Figura 4-20 Obstrucción BTS 2.....	64
Figura 4-21 Obstrucción BTS 3.....	64
Figura 4-22 RxLev actual de la zona objetivo.....	65
Figura 4-23 Ubicación de punto nominal en MapInfo.....	66
Figura 4-24 Ubicación de punto nominal en grafica de predicción actual.....	66
Figura 4-25 Obstrucción hacia El Aguacate.....	67
Figura 4-26 Obstrucción hacia Emilio Sarmiento.....	67
Figura 4-27 Obstrucción hacia Los Geranios.....	68
Figura 4-28 Anillos de Timming Advance de punto nominal.....	68
Figura 4-29 Ubicación de candidatos en MapInfo.....	73
Figura 4-30 Azimuth a 55° (Vía de acceso).....	80
Figura 4-31 Azimuth a 180° (Barrio Los Geranios).....	81
Figura 4-32 Azimuth a 240° (Barrio Emilio Sarmiento).....	81
Figura 4-33 Azimuth a 320° (Barrio El Aguacate).....	82
Figura 4-34 Ejemplo de Tilt Electrico.....	83
Figura 4-35 Ejemplo de Tilt Mecánico.....	83
Figura 4-36 Propagación de EDT & MDT.....	84

Figura 4-37 Comparación de MDT Vs EDT.....	84
Figura 4-38 Predicción de propagación de Sector X (55°).....	86
Figura 4-39 Predicción de propagación de Sector Y (180°).....	86
Figura 4-40 Predicción de propagación de Sector Z (240°).....	87
Figura 4-41 Predicción de propagación de Sector W (320°).....	87
Figura 4-42 Predicción de cobertura de sitio propuesto.....	88
Figura 4-43 Predicción de cobertura de la zona con el nuevo sitio.....	89

TABLAS

Tabla 3-1 RSSI Vs RxLev.....	22
Tabla 3-2 Umbral RxLev.....	23
Tabla 3-3 RxQual Vs BER.....	30
Tabla 3-4 Umbral RxQual.....	31
Tabla 3-5 Coding Scheme Vs Bit Rate.....	40
Tabla 3-6 Modulation and Coding Scheme Vs Bit Rate.....	41
Tabla 4-1 Plan de pruebas para drive test.....	45
Tabla 4-2 Equipos para pruebas de drive test.....	46
Tabla 4-3 Porcentaje de RxLev por Umbrales.....	52
Tabla 4-4 Porcentaje de RxLev por Umbrales.....	54
Tabla 4-5 Porcentajes de RxLev de Scanner y MS en Idle.....	55
Tabla 4-6 Porcentajes de RxQual por umbrales.....	56
Tabla 4-7 Porcentajes de Throughput por Umbrales.....	58
Tabla 4-8 Resumen de Indicadores de Performance en Drive Test.....	61
Tabla 4-9 Sitios Objetivo.....	62
Tabla 4-10 Candidatos visitados en Área de Búsqueda.....	71
Tabla 4-11 Puntos de referencia.....	73
Tabla 4-12 Prioridad RF de candidatos visitados.....	74
Tabla 4-13 Fotos panorámicas de candidato validado.....	76
Tabla 4-14 Configuración de Sistema Radiante Propuesto.....	85