



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

TÍTULO:

**“ESTUDIO DE CASOS DE OPTIMIZACIÓN EN CLIENTES VIP DE LA
RED CELULAR DE MOVISTAR, EN LA CIUDAD DE QUITO; ANÁLISIS Y
RECOMENDACIONES DE CAMBIOS EN LOS PARÁMETROS FÍSICOS Y
LÓGICOS PARA MEJORAR EL SERVICIO.”**

AUTOR:

ANNIE GIANELLA VILLAMAR RIVADENEIRA

Previa la obtención del Título

INGENIERA EN TELECOMUNICACIONES

TUTOR:

M. Sc. Miguel A. Heras Sánchez.

Guayaquil, Ecuador

2016



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por la Srta.
Annie Gianella Villamar Rivadeneira como requerimiento parcial para la
obtención del título de INGENIERA EN TELECOMUNICACIONES.

TUTOR

M. Sc. Miguel A. Heras Sánchez.

DIRECTOR DE CARRERA

M. Sc. Miguel A. Heras Sánchez.

Guayaquil, a los 05 días del mes de Marzo del año 2016



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Annie Gianella Villamar Rivadeneira**

DECLARÓ QUE:

El trabajo de titulación “Estudio de casos de Optimización en clientes VIP de la red celular de movistar, en la ciudad de Quito; análisis y recomendaciones de cambios en los parámetros físicos y lógicos para mejorar el servicio.” previa a la obtención del Título de Ingeniero 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 autoría.

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

Guayaquil, a los 05 días del mes de Marzo del año 2016

EL AUTOR

ANNIE GIANELLA VILAMAR RIVADENEIRA



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

AUTORIZACIÓN

Yo, **Annie Gianella Villamar Rivadeneira**

Autorizamos a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: "Estudio de casos de Optimización en clientes VIP de la red celular de movistar, en la ciudad de Quito; análisis y recomendaciones de cambios en los parámetros físicos y lógicos para mejorar el servicio.", cuyo contenido, ideas y criterios es de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Guayaquil, a los 05 días del mes de Marzo del año 2016

EL AUTOR

ANNIE GIANELLA VILLAMAR RIVADENEIRA

DEDICATORIA

Más que un trabajo de titulación es un triunfo, al que pocos tenemos la dicha de llegar, por eso va dedicado en primer lugar a mis abuelos que en paz descansan.

A mis abuelas, especialmente a la Sra. Hilda González quien me vio crecer e hizo de mí una mujer de bien.

A mis padres que amo infinitamente, a mi hermano para que sirva de ejemplo de que podemos alcanzar todo lo que nos proponemos.

Al amor de mi vida, porque sin el nada tendría sentido, el más que nadie sabe las ganas y fuerzas que dedique para culminar este trabajo.

EL AUTOR

ANNIE GIANELLA VILLAMAR RIVADENEIRA

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por ser pilar fundamental en mi vida y darme las fuerzas necesarias para nunca desistir.

A mis padres Gonzalo y María por ser mi guía y apoyarme a lo largo del camino, a mi hermano Gonzalo por agregarle felicidad a cada día vivido

A Geovanny, que a pesar de la distancia estuvo día a día motivándome y guiándome para dar lo mejor de mí.

A mis profesores de la Universidad por compartir sus conocimientos y anécdotas...

EL AUTOR

ANNIE GIANELLA VILLAMAR RIVADENEIRA

Índice General

CAPÍTULO 1:	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Justificación del Problema.....	1
1.3. Definición del Problema.....	2
1.4. Objetivos del Problema de Investigación.....	2
1.4.1. Objetivo General.....	2
1.4.2. Objetivos Específicos.....	3
1.5. Hipótesis.....	3
1.6. Metodología de Investigación.....	4
PARTE I MARCO TEÓRICO	5
CAPÍTULO 2:	5
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	5
2.1. Introducción a las Telecomunicaciones.....	5
2.2. Breve historia.....	6
2.3. Generaciones de la telefonía inalámbrica.....	7
2.3.1. Primera Generación- First Generation (1G).....	7
2.3.1.1. Principales Sistemas de 1 G.....	9
2.3.2. Segunda Generación- Second Generation (2G).....	10
2.3.1.1. Principales Sistemas de 2G.....	11
2.3.1.2. Arquitectura de la red GSM.....	13
2.3.2. Tercera Generación- Third Generation (3G).....	15
2.3.2.1. Principales Sistemas de 3G.....	16
2.3.2.2. Arquitectura de la red 3G.....	18
2.4. Introducción a redes de Cuarta Generación.....	19
2.5. Long Term Evolution (LTE).....	20
2.5.1. Arquitectura LTE.....	21
2.5.1.1. Equipo de Usuario (User Equipment)- UE.....	22
2.5.1.2. Envolved UTRAN (E-UTRAN).....	22
2.6. Sistema de Antenas Long Term Evolution.....	23

2.6.1.	Single Input, Single Output (SISO)	23
2.6.2.	Single Input, Multiple Output (SIMO)	24
2.6.3.	Multiple Input, Single Output (MISO)	24
2.6.4.	Multiple Input, Multiple Output (MIMO)	24
2.7.	Funcionamiento de la red celular	24
2.7.1.	Célula o “celda”	25
2.8.	Transferencia de llamadas (Handover)	26
2.8.1.	Hard Handover- Transferencia de llamada con interrupción	26
2.8.2.	Soft Handover- Transferencia de llamada sin interrupción	26
2.8.3.	Softer Handover- Transferencia de llamada intersistema	27
CAPÍTULO 3:		28
OPTIMIZACIÓN DE REDES, PARÁMETROS DE CALIDAD		28
3.1.	Canales de la Interfaz de aire.	28
3.2.	Canales Lógicos	28
3.2.1.	Canales Lógicos de Control	28
3.2.2.	Canales Lógicos de Tráfico	29
3.3.	Canales de Transporte	29
3.4.	Canales Físicos	30
3.4.1.	Canales Físicos para el enlace de subida	30
3.4.2.	Canales Físicos para el enlace de bajada	30
3.5.	KPI- Key Performance Indicators	32
3.5.1.	RxLev	32
3.5.2.	RSCP	32
3.5.3.	RxQual	32
3.5.4.	BLER	32
3.5.5.	FER	33
3.5.6.	Ec/Io	33
3.5.7.	C/I	33
3.5.8.	Eb/No	33
3.6.	Parámetros físicos	33
3.6.1.	Parámetros de propagación	33
3.6.1.1.	Tilt	34

3.6.1.2.	Azimut.....	35
3.6.1.3.	Altura y tipo de Antena.....	35
3.7.	Parámetros lógicos.....	36
3.8.	Herramientas de medición	37
3.9.	Pruebas para la recopilación de datos	40
3.9.1.	Drive Test.....	40
3.9.2.	Walk Test	40
3.9.3.	Pruebas Estáticas	41
PARTE II	APORTACIONES	42
CAPÍTULO 4:	42
ANALISIS DE DATOS OBTENIDOS DE CLIENTES VIP DE LA RED	CELULAR DE MOVISTAR	42
4.1.	Datos técnicos (Telefónica).....	42
4.2.	División de clientes corporativos Movistar.....	43
4.3.	Presentación de Casos.....	43
4.3.1.	Análisis de información de un cliente vip para presentación de posibles soluciones.....	44
4.3.1.1.	Walk Test (GSM).....	45
4.3.1.2.	Pruebas estáticas (GSM).....	48
4.3.1.3.	Walk Test (UMTS).....	50
4.3.1.4.	Pruebas estáticas (UMTS).....	53
4.3.1.5.	Pruebas estáticas Modo Dual.....	56
4.3.2.	Análisis de información de un cliente vip para presentación de posibles soluciones.....	57
4.3.2.1.	Walk Test (GSM).....	57
4.3.2.2.	Pruebas estáticas (GSM).....	61
4.3.2.3.	Walk Test (UMTS).....	63
4.3.2.4.	Pruebas estáticas (UMTS).....	66
4.3.2.5.	Pruebas estáticas Modo Dual.....	69
4.4.	Resumen y posibles soluciones de los datos de los clientes analizados.	69
4.4.1.	CASO A.....	69
4.4.2.	CASO B.....	70
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	71
5.1.	Conclusiones.....	71

5.2. Recomendaciones.....	71
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72

Índice de Figuras

Capítulo 2

Figura 2. 1: Arquitectura 1G	8
Figura 2. 2: Sistema celular de segunda generación	11
Figura 2. 3: Arquitectura del Sistema GSM	15
Figura 2. 4: Arquitectura general de un sistema UMTS	18
Figura 2. 5: Tecnología OFDMA y SC-FDMA	21
Figura 2. 6: Arquitectura Interna UE	22
Figura 2. 7: Conexión de Nodos EnB y sus principales funciones	23
Figura 2. 8: Representación gráfica de una celda	25
Figura 2. 9: Soft Handover	26
Figura 2. 10: Softer Handover	27

Capítulo 3

Figura 3. 1: Distribución de canales para downlink	31
Figura 3. 2: Distribución de canales para uplink	31
Figura 3. 3: Tilt Mecánico	34
Figura 3. 4: Tilt Eléctrico	34
Figura 3. 5: Azimut de una Antena	35
Figura 3. 6: Antena Panel	36
Figura 3. 7: Scanner de medición	37
Figura 3. 8: Computador Portátil	37
Figura 3. 9: Inversor AC/DC	38
Figura 3. 10: Programa X-Cap	39

Capítulo 4

Figura 4. 1: Ubicación del cliente (Mapinfo)	44
Figura 4. 2: Celda portadora en 2G	45
Figura 4. 3: Recorrido de Walk test para RxLevelSub en GSM	46
Figura 4. 4: Recorrido de Walk test para FerSub en GSM	47
Figura 4. 5: Recorrido de Walk test para RxQualSub en GSM	47
Figura 4. 6: Análisis de prueba estática de Cell Id en GSM	48
Figura 4. 7: Análisis de prueba estática de RxLevelSub en GSM	49
Figura 4. 8: Análisis de prueba estática de Fer Sub en GSM	49
Figura 4. 9: Análisis de prueba estática de RxQualSub en GSM	50
Figura 4. 10: Celdas portadoras en UMTS	51
Figura 4. 11: Recorrido de Walk test para RSCP en UMTS	52
Figura 4. 12: Recorrido de Walk test para Ec/Io en UMTS	52
Figura 4. 13: Recorrido de Walk test para Active Set Count en UMTS	53
Figura 4. 14: Análisis de prueba estática de Scrambling Code en UMTS	54
Figura 4. 15: Análisis de prueba estática de RSCP en UMTS	55
Figura 4. 16: Análisis de prueba estática de Ec/Io en UMTS	55
Figura 4. 17: Análisis de prueba estática de Active Set Count en UMTS	56

Figura 4. 18: Ubicación del cliente (Mapinfo)	57
Figura 4. 19: Celda portadora en 2G	58
Figura 4. 20: Recorrido de Walk test para RxLevelSub en GSM	59
Figura 4. 21: Recorrido de Walk test para FER Sub en GSM	60
Figura 4. 22: Recorrido de Walk test para RxQualSub en GSM	60
Figura 4. 23: Análisis de prueba estática de Cell Id en GSM	61
Figura 4. 24: Análisis de prueba estática de RxLevelSub en GSM	62
Figura 4. 25: Análisis de prueba estática de FER Sub en GSM.....	62
Figura 4. 26: Análisis de prueba estática de RxQualSub en GSM	63
Figura 4. 27: Celdas portadoras en UMTS	64
Figura 4. 28: Recorrido de Walk test para RSCP en UMTS	65
Figura 4. 29: Recorrido de Walk test para Ec/Io en UMTS	65
Figura 4. 30: Recorrido de Walk test para Active Set Count en UMTS.....	66
Figura 4. 31: Análisis de prueba estática de Scrambling Code en UMTS	66
Figura 4. 32: Análisis de prueba estática de RSCP en UMTS	67
Figura 4. 33: Análisis de prueba estática de Ec/Io en UMTS	68
Figura 4. 34: Análisis de prueba estática de Active Set Count en UMTS.....	68

Índice de Tablas

Capítulo 2

Tabla 2. 1: Parámetros de Redes de Primera Generación	9
---	---

Capítulo 4

Tabla 4. 1: Líneas activas según su tecnología.....	43
Tabla 4. 2: Celda portadora de servicio con su respectivo ID.....	46
Tabla 4. 3: Rango de valores para OTECEL S.A.....	46
Tabla 4. 4: Celdas portadoras de servicio en UMTS con su respectivo ID...	51
Tabla 4. 5: Celdas portadoras de servicio en UMTS con su respectivo SC .	54
Tabla 4. 6: Resultados pruebas Modo Dual	56
Tabla 4. 7: Celda portadora de servicio con su respectivo ID.....	58
Tabla 4. 8: Rango de valores para OTECEL S.A.....	59
Tabla 4. 9: Celdas portadoras de servicio en GSM con su respectivo ID	61
Tabla 4. 10: Celdas portadoras de servicio en UMTS con su respectivo SC	64
Tabla 4. 11: Celdas portadoras de servicio en UMTS con su respectivo SC	67
Tabla 4. 12: Resultados pruebas Modo Dual.....	69

Resumen

El siguiente trabajo de titulación permite presentar de manera breve al lector un análisis y estudio de casos de clientes de la red de Movistar que presentan inconvenientes, para lo cual es importante que antes de llevar a cabo la recopilación de datos para su post procesamiento se realice un estudio sobre las generaciones de la telefonía móvil, así como sus tecnologías de acceso y su arquitectura.

Existen varios parámetros de mucha importancia ya que de ellos depende el rendimiento de la red, en este trabajo se encuentran detallados los rangos de estados óptimos de la red, así como los equipos necesarios para llevar a cabo una prueba de drive test, walk test o simplemente una prueba estática.

Se presentan dos casos diferentes de clientes VIP en la ciudad de Quito, los cuales fueron evaluados con las pruebas estáticas y walk test para determinar la calidad del servicio.

Así mismo al finalizar el capítulo se encuentra un resumen técnico de cada caso para una mejor comprensión y se determina cuáles serían las posibles soluciones.

Hoy en día los usuarios requieren de una excelente calidad de servicios ofrecidos por los proveedores de telefonía, por lo cual estas empresas proveedoras deben optimizar todos sus recursos para contar con clientes satisfechos.

Abstract

Following degree work allows to present briefly the reader an analysis and case study of network clients of Movistar are inconvenient, so it is important that before carrying out the data collection for your post processing is conducted a study on the generations of mobile telephony, as well as its access and architecture technologies.

There are several parameters of great importance since they depend on the performance of the network, in this work are detailed ranges of optimal States of the network, as well as the necessary equipment to carry out a drive test, walk test or simply a static test.

Two different cases of VIPs in the city of Quito, which were evaluated with the static tests and walk test to determine the quality of the service are.

Likewise at the end of the chapter is a technical summary of each case for a better understanding and will determines what the possible solutions are.

Today users require excellent quality of services offered by providers of telephony, by which these companies must optimize all their resources to having satisfied customers

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes.

En la actualidad la evolución de las redes móviles ha tenido una demanda creciente debido al gran desarrollo tecnológico, económico y social a nivel mundial, es por esto que cada vez son más los usuarios dependientes del servicio móvil. Por esta razón los proveedores y operadoras deben constar de todas las herramientas necesarias para concebir una red de muy alta calidad a fin de proporcionar a sus clientes una excelente experiencia de usuario.

Es así como nace este trabajo de investigación que abarca algunos aspectos que se requieren a la hora de realizar un diseño u optimizar las redes de comunicaciones móviles utilizando las herramientas y softwares necesarios.

1.2. Justificación del Problema.

Debido a que existen sectores que no constan de una correcta calidad de servicio en la Ciudad de Quito, se propuso desarrollar este trabajo de titulación con el fin de realizar pruebas y mediciones en clientes VIP de la red celular de Movistar con el fin de tener mejoras y optimizar el servicio de comunicaciones móviles.

Las herramientas de campo permitirán detectar posibles fallas en los sistemas tales como: interferencias, llamadas caídas, no establecimiento de llamadas, entre otras para así realizar ajustes en los parámetros tanto físicos como lógicos de la red de acceso y lograr que las operadoras móviles den un servicio óptimo a los usuarios.

1.3. Definición del Problema.

Hoy en día podemos presenciar como la tecnología celular ha evolucionado, pero a su vez todos los inconvenientes que surgen debido a la congestión de la red, la mala distribución de los recursos, o simplemente descuidos humanos en software o hardware al momento de implementación de la misma.

Esta problemática ha permitido que realicemos un estudio detallado de los métodos para optimizar parámetros que de una u otra manera están afectando a los consumidores.

1.4. Objetivos del Problema de Investigación.

Los objetivos proyectados para el trabajo de titulación se detallan a continuación en los siguientes puntos

1.4.1. Objetivo General.

Elaborar un estudio y análisis completo de casos de clientes VIP de la red celular de Movistar en Quito, permitiendo conocer todas las herramientas,

equipos y pruebas necesarias para optimizar el servicio entregado a los usuarios.

1.4.2. Objetivos Específicos.

- Conocer la evolución de las tecnologías y sus diferentes arquitecturas de redes.
- Describir y comprender el uso de herramientas para medición de parámetros físicos y lógicos de la red.
- Identificar el rango de valores óptimos de los parámetros físicos y lógicos donde la red brinda un buen servicio a los clientes.
- Entender las diferentes pruebas utilizadas para la captura de datos a optimizar.

1.5. Hipótesis.

La hipótesis planteada para este trabajo de titulación indica que el análisis de las mediciones realizadas usando diferentes métodos entre ellos el walk test así como también el drive test y las pruebas estáticas permiten realizar cambios en ciertos parámetros para que incidan de manera eficaz en el mejoramiento de la calidad del servicio y en un mayor nivel de cobertura al usuario con el fin de contar con una mayor señal, lo que significa que podemos obtener una tasa de datos mayor y contar con una prolongada duración de batería.

1.6. Metodología de Investigación.

De acuerdo a los objetivos planteados el siguiente trabajo de titulación es de carácter cuantitativo con un alcance descriptivo, donde se explicará cada una de las herramientas y procesos para llevar a cabo la optimización de una red de comunicaciones móviles. Para lo cual realizaremos un estudio detallado.

PARTE I MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. Introducción a las Telecomunicaciones

Telecomunicaciones es un término que viene del griego y significa comunicación a distancia, que puede ser a través de señales de distintas naturalezas procedentes de un emisor hacia un receptor con el fin de lograr una comunicación efectiva.

La elección de un medio adecuado de transporte para la señal ha jugado y aún juega un papel sumamente fundamental.

Se denomina transmisión de datos al intercambio de información que existe entre dos o más dispositivos (celulares, computadoras, etc) mediante un medio de transporte.

Existen tres características principales para determinar la eficacia de un sistema de comunicación:

- Exactitud
- Entrega
- Retardo

Entre los componentes de un Sistema de Comunicación consideramos los siguientes:

- **Mensaje:** Es la información que viaja desde un punto de partida hasta un destino final, la cual puede incluir: texto, números, gráficos, video o audio.

- **Emisor:** Es el dispositivo (hardware) que se encarga de enviar la información.
- **Receptor:** Se trata de un dispositivo igual que el emisor pero con la función de recibir la información.
- **Medio:** Es el camino físico por donde viaja la información desde el emisor hasta el receptor, el cual puede ser un cable coaxial, un cable de cobre, fibra óptica, u otros.
- **Protocolo:** Es el conjunto de normas utilizadas en la transmisión de datos para que dos o más estaciones puedan comunicarse entre si.

2.2. Breve historia

Martin Cooper, quien dirigió el equipo que construyó el primer teléfono celular móvil en los años 1972,73 es considerado como el padre de la telefonía celular.

Aunque ciertamente en sus inicios la telefonía celular fue concebida para transmitir únicamente señales de voz por las limitaciones tecnológicas de esa época, hoy en día los sistemas celulares son capaces de brindar otra clase de servicios a los usuarios tales como audio, voz o video pero con algunas limitaciones aún.

El teléfono móvil fue introducido por AT&T EN 1946, sin embargo, para ese entonces solo estaban disponibles 11 o 12 canales, por lo que la mayoría de usuarios debía esperar para usar este sistema. Otra de las debilidades de los primeros sistemas de comunicaciones móviles era que la gran cantidad de energía necesaria para ejecutarlos solo podría ser suministrada a través de

las baterías de los autos, por lo tanto, no había teléfonos verdaderamente portátiles.

En ese entonces el uso de los teléfonos móviles en los autos fue restringido debido a su gran tamaño y su peso, este servicio no fue muy popular debido a sus altos costos

Los Laboratorios Bell fueron los pioneros en introducir el concepto de comunicaciones móviles como se los conoce en la actualidad.

2.3. Generaciones de la telefonía inalámbrica

Podemos asegurar que nuestras vidas son móviles y activas por lo cual cualquier tecnología o sistema que se desarrolle en pro a estas cualidades tendrán asegurado un gran potencial de aceptación.

La tecnología inalámbrica tiene gran aceptación por lo que ha empezado a saturarse, es por esto que se crean e implementan nuevas formas de acceso a la red para así poder abarcar más números de usuarios.

En los siguientes puntos estudiaremos cada una de las generaciones de las comunicaciones móviles, así como, su arquitectura y funcionamiento hasta la actualidad.

2.3.1. Primera Generación- First Generation (1G)

La primera generación de la tecnología de comunicaciones inalámbricas se introdujo en 1980.

Las redes de primera generación estaban conformadas por varias células (lotes de tierra divididos en pequeños sectores, cada sector se conoce

como una célula, cada célula está cubierta por un transceptor) que depende del número de usuario.

Esta generación utiliza técnicas de transmisión analógica que se utiliza básicamente para la transmisión de señales de voz.

Con FDM hay un solo canal de tráfico por portadora de radiofrecuencia. Cuando un usuario accede a la red dos portadores (canales) en realidad están asignados, uno para el enlace delantero (base a móvil) y uno para el enlace inverso (de móvil a base).

La separación de los enlaces directos e inverso de frecuencias portadoras es necesario para permitir la aplicación de un duplexor, un arreglo de filtros que aísla el avance y retroceso de canales de enlace, lo que impide que un transceptor de radio se atasque en sí.

A continuación en la figura 2.1 podemos observar la arquitectura de lo que fueron las redes de primera generación.

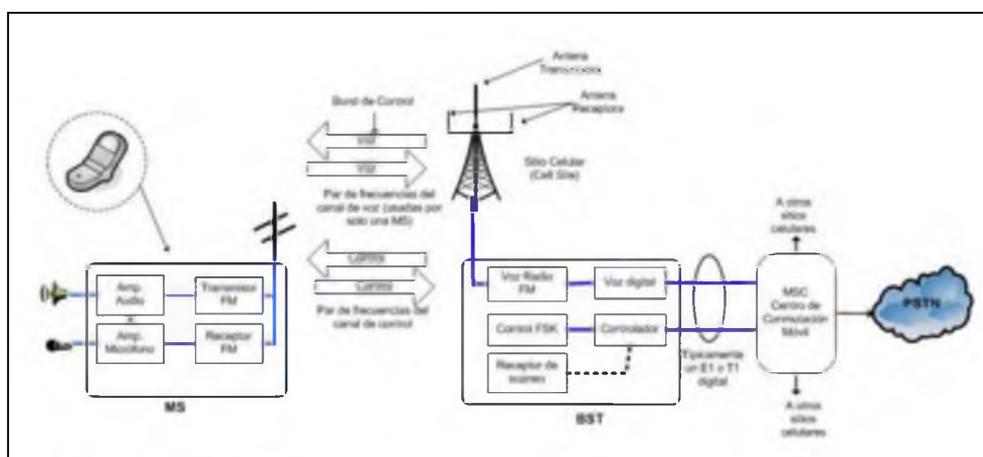


Figura 2. 1: Arquitectura 1G

Fuente: (Fernández Orozco, 2013)

En 1979, el primer sistema celular analógico, los sistemas del teléfono Nippon y el telégrafo (NTT), entraron en funcionamiento. En 1983 ATT envió el Servicio de Teléfono Móvil Avanzado (AMPS) como prueba en Chicago, IL. Muchos otros sistemas analógicos de primera generación también se desplegaron en la década de 1980, incluyendo TAC, ETACS, NMT, entre otros. Todos los sistemas celulares de primera generación ahora están extintos.

Los parámetros básicos de NTT, NTM Y AMPS se pueden apreciar en la tabla:

Tabla 2. 1: Parámetros de Redes de Primera Generación

Feature	NTT	NMT	AMPS
Frequency band	925–940/870–885	890–915/917–950	824–849/869–894
RL/FL ^a (MHz)	915–918.5/860–863.5 922–925/867–870		
Carrier spacing (kHz)	25/6.25 6.25 6.25	12.5 ^b	30
Number of channels	600/2400 560 280	1999	832
Modulation	Analog FM	Analog FM	Analog FM

^aRL reverse link, FL forward link
^bFrequency interleaving using overlapping channels, where the channel spacing is half the nominal channel bandwidth

Fuente: (Stuber, 2011).

2.3.1.1. Principales Sistemas de 1 G

Aunque podemos decir que la tecnología predominante durante esta generación es AMPS, se desarrollaron diversos sistemas analógicos que mencionamos a continuación:

- **Nordic Mobile Telephony (NMT):** En el año 1981 se desarrolló en los países Nórdicos de Europa, opera en las bandas de frecuencia de los 450 y 900 MHz. Este sistema usaba la técnica de acceso múltiple FDMA y transmisión full dúplex, es decir, bidireccional.
- **Advanced Mobile Phone System (AMPS):** Fue desarrollado en USA por la compañía Motorola, trabaja en la banda de 900 MHz y su funcionamiento se basaba en dividir un espacio geográfico en celdas, transmitía full dúplex, y utilizaba FDMA como método de acceso.
- **Total Access Communication System (TACS):** Fue implementado en Reino Unido y parte de Asia, trabaja en la banda de frecuencia de los 900 MHz similar al sistema AMPS.

2.3.2. Segunda Generación- Second Generation (2G)

La segunda generación a diferencia de la primera, se caracterizó por ser digital, fue desarrollada en 1980 e inicios de los 1990s.

Estas tecnologías soportan velocidades de información más altas para voz, pero limitados en comunicación de datos como los servicios de mensajería (SMS) y buzón de voz.

2G utiliza protocolos de codificación más sofisticados, esto incluyó el desarrollo de tecnologías como GSM/DCS1800/PCS1900 en Europa, (PDC) en Japón, y el IS 54-/136 en Estados Unidos.

➤ **D-AMPS**

Conocida también como IS-136, es una mejora del sistema AMPS pero ahora en digital, utiliza TDMA como método de acceso, permite a los usuarios transmitir a una misma frecuencia con intervalos de tiempo diferentes.

➤ **Personal Digital Celular (PDC)**

Fue desarrollado en Japón, utiliza el método de acceso TDMA y trabaja en el rango de frecuencias de los 800 MHz y 1500 MHz.

➤ **Global System Mobile (GSM)**

GSM utiliza tecnología digital y TDMA (Acceso Múltiple por división de Tiempo), este sistema fue el más usado ya que su servicio incluyó la capacidad de roaming internacional, que permite que un usuario que viaja al exterior pueda acceder a los mismos servicios, la entrega de mensajes de texto que incluían hasta 160 caracteres, y el servicio de datos GSM que permitía una tasa de transferencia de hasta 9.6 Kbps.

Durante el desarrollo de la 3G, se obtuvo una mejora en los sistemas de comunicación 2G, el cual se denominó 2.5G en el que se implementaron los siguientes sistemas:

➤ **General Packet Radio System (GPRS)**

Servicio General de Radio por Paquetes, este sistema trajo mejoras a la red GSM permitiendo transferir datos, por lo que se designó la

conmutación de circuitos para el tráfico de voz, y la conmutación por paquetes para la transferencia de datos.

➤ **Enhanced Data Rates for GSM (EDGE)**

Este sistema al igual GPRS aporta un servicio agregado de datos al sistema GSM, utiliza la técnica de modulación 8PSK dando como resultado un incremento en la tasa de transmisión con respecto a GPRS. La tecnología EDGE mejora el acceso inalámbrico a internet, así como, la transferencia de archivos.

2.3.1.2. Arquitectura de la red GSM

La red GSM está formada por los siguientes componentes que integran la Red (PLMN) Public Land Mobile Network.

- **Estación Móvil- MS (Mobile Station):** Es el equipo físico que proporciona al usuario la interfaz de acceso a los servicios que proporciona la red.
- **Subsistema de Estación Base- BSS (Base Station Subsystem):** En este subsistema se realizan las funciones de radio, esta compuesto por las BTSs y el BSC.
- **Estación Transmisora- Receptora- BTSs (Base Transceiver Station):** Proporciona mediante equipos de radio (antenas, transmisores) la conectividad de la red con las estaciones móviles.
- **Controlador de Estaciones Base- BSC (Base Station Controller):** Se encarga de las funciones centrales, también ofrece las funciones de control, puede configurar datos de celdas, etc.

- **Módulo de identidad del Abonado- SIM (Subscriber Identity Module):** La tarjeta SIM está relacionada directamente con el usuario, esta tarjeta es introducida en los dispositivos terminales.
- **Unidad de Transcodificación- TRAU (Transcoding Rate and Aptation Unit):** Permite tasas de 8, 16 y 32 Kbps, comprime los datos en la interfaz aérea y forma parte del Subsistema de Estación Base.
- **Centro de Conmutación de Móviles- MSC (Mobile Services Switching Center):** Enruta el tráfico de llamadas y determina los canales de usuario entre el MSC y las BSC.
- **Registro General de Abonados- HLR (Home Location Register):** Se encarga de actualizar constantemente la ubicación de los equipos terminales y la información de su perfil.
- **Registro de Abonados Intinerantes- VLR (Visitor Location Register):** Localmente guarda los mismos datos que HLR para evitar sobrecargarlo.
- **Centro de Autenticación- AuC (Authentication Center):** Guarda información referente a la seguridad, claves de autenticación y encriptación.
- **Registro de Identidad de Equipos- EIR (Equipment Identity Register):** Identifica los usuarios autorizados a través del IMEI (International Mobile Equipment Identity).

- **Puerta de Enlace del Centro de Conmutación Móvil- GMSC (Gateway Mobile Switching Center):** Sirve para enrutar las llamadas fuera de la red móvil, es decir cuando no se tiene la ubicación de una estación móvil.

(Alvaro, 2004)

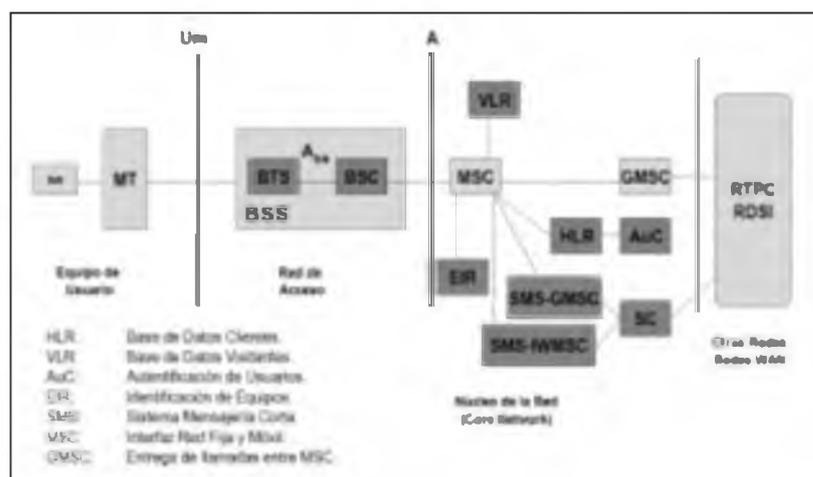


Figura 2. 3: Arquitectura del Sistema GSM

Fuente: (Alvaro, 2004)

3.2.2. Tercera Generación- Third Generation (3G)

Esta generación fue desarrollada por 3GPP, también denominada UMTS (Sistema Universal de Comunicaciones Móviles) cuyo objetivo principal es brindar a los usuarios servicios de datos de mayor velocidad y acceso a la conectividad multimedia, los cuales no se ofrecían en generaciones anteriores.

Se le atribuye a UMTS como el sucesor de GPRS, esta tecnología cuenta con dos modos de operación en cuanto su acceso:

- FDD(Frecuency Division Duplex) con duplexado en frecuencia y acceso WCDMA

- TDD(Time Division Duplex), con duplexado en tiempo y acceso TD-CDMA

Las redes de tercera generación se caracterizan por:

- Capacidad de proveer servicios de manera simultánea.
- Soporte para aplicaciones multimedia tales como: correo electrónico multimedia, navegación WWW, videotelefonía, etc.
- Alcanzan velocidades de hasta 384 Kbps en usuarios con movilidad de 120 Km por hora en ambientes exteriores y de 2 Mbps a usuarios con movilidad de menos de 10 Km por hora

2.3.2.1. Principales Sistemas de 3G

Al igual que en la segunda generación, 3G desarrollo varias tecnologías que permitió mejoras y eficacia operacional para proveer servicios de manera simultánea a usuarios finales, a continuación explicaremos brevemente los sistemas que predominan dentro de 3G:

- **Sistema Universal de Comunicaciones Mviles (UMTS)**

UMTS es una alternativa de comunicación 3G que cumple con el estándar IMT-2000, permitiendo a los usuarios acceder a aplicaciones multimedia a una velocidad alta, llegando hasta los 2 Mbps, consiste en 3 partes fundamentales: Equipo de Usuario (UE), Red de Acceso de Radio (RAN) y el Núcleo de la RED (CN).

➤ **WideBand Code Division Multiple Access (WCDMA)**

Tiene un plan de canales cuyo ancho de banda es de 5 MHz y la banda de frecuencias utilizada es de 2GHz dependiendo del país, esta tecnología se caracteriza por proporcionar capacidad según sea la demanda del usuario, ya que habilita múltiples accesos que se basan en spread spectrum, es decir, que la información del usuario se transmite sobre un gran ancho de banda.

Al igual que 2G, 3G también obtuvo variantes que ayudaron a tener mejores prestaciones de la red los cuales han sido clasificados como 3.5G. A continuación se detallan:

➤ **High Speed Packet Access (HSPA)**

HSPA establece diferentes velocidades en los enlaces de bajada (DL) y de subida (UL) permitiendo así velocidades de 14.4 y 2 Mps. Es una fusión entre las tecnologías HSDPA Y HSUPA.

➤ **High Speed Uplink Packet Access (HSUPA)**

HSUPA está enfocado para proveer altas capacidades de transmisión en el enlace de subida (UL) llegando a velocidades de hasta 5.7 Mbps.

➤ **High Speed Downlink Packet Access (HSDPA)**

HSDPA presenta una mejora en el enlace de bajada en la conmutación de paquetes de datos, introduce un nuevo canal denominado HS-DSCH, el cual soporta un nivel de modulación de orden alto, y una adaptación rápida al enlace.

Entre los servicios que ofrece HSDPA están:

- Roaming Internacional
- Excepcional claridad de voz
- Rápidas descargas de imágenes con alta resolución
- Mayor flujo de video

➤ **Involved High Speed Packet Access (HSPA+)**

Es conocido como HSPA evolution, esta tecnología se basa en WCDMA llegando a considerarse como una red 4G. HSPA+ utiliza arreglo de antenas conocido como MIMO(Multiple Input Multiple Output) lo cual hace que sea 11 veces más rápido que HSPA.

2.3.2.2. Arquitectura de la red 3G

Como podemos observar en la figura 2.4 la arquitectura general de un sistema UMTS está comprendida por dominios que son la agrupación de componentes funcionales y por interfaces (puntos de referencia).

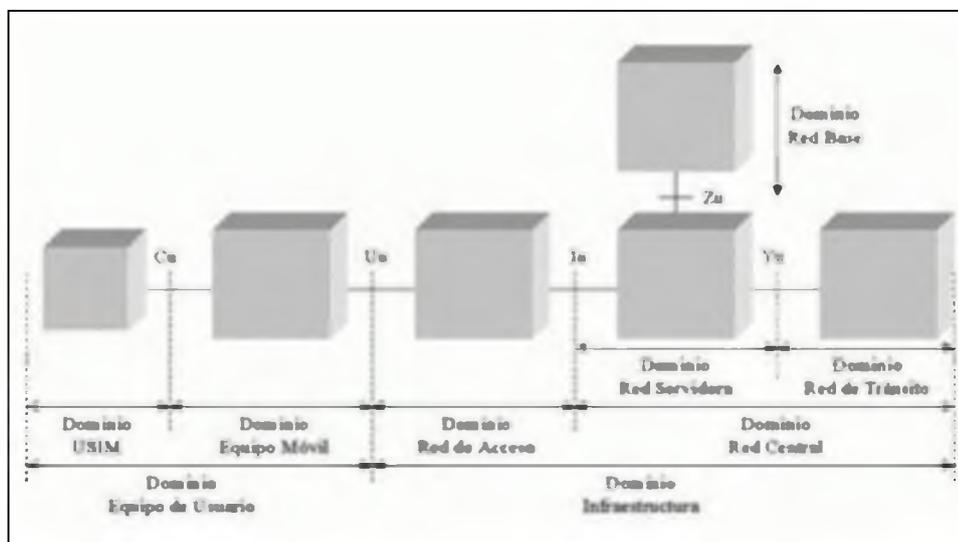


Figura 2. 4: Arquitectura general de un sistema UMTS

Fuente: (htt)

Como primera división nos encontramos con el Dominio de Equipo de Usuario y el Dominio de Infraestructura que abarca los equipos de red y entre ellos la interfaz de comunicación Uu.

Dentro del Dominio de Equipo de Usuario se distinguen: el módulo USIM que es una tarjeta inteligente que permite identificar al abonado de una red UMTS y el equipo móvil que corresponde al usuario separados mediante la interfaz Cu.

El dominio de infraestructura se subdivide en el Dominio de la Red de Acceso (AN)-Access Network que se encarga de incluir las funciones únicamente de la red de acceso utilizada y el Dominio de Núcleo de Red (CN)-Core Network con la capacidad de soportar varias redes de acceso, definiéndose entre ellos la interfaz Iu.

Con la finalidad de permitir el tráfico de comunicación con otras redes de distintos operadores dentro del Dominio de Núcleo de Red se encuentran las siguientes subdivisiones:

- Red Propia- Home Network (HN)
- Red de Servicio- Service Network (SN)
- Red de Transito- Transit Network (TN)

2.4. Introducción a redes de Cuarta Generación

De seguro nos preguntamos que de nuevo puede traer esta generación, pues al usar 3G prácticamente se puede decir que hemos alcanzado una buena satisfacción en cuanto a los servicios que ofrece, pero la tecnología siempre evoluciona y con ella las exigencias de los usuarios crece.

4G alcanza velocidades hasta 10 veces más rápidas de las que estábamos acostumbrados con 3G, permite realizar descargas de videos en HD, video llamadas sin pausa.

2.5. Long Term Evolution (LTE)

LTE está basado WCDMA, utiliza el método de acceso OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) para downlink y para uplink usa SC-FDMA como método de acceso permitiendo así mejorar la capacidad de red y reduciendo la interferencia. Llega a velocidades de hasta 326 Mbps en downlink y hasta 86.4 Mbps para uplink.

- **OFDMA:** Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales, tecnología de acceso para enlaces descendentes que permite que los datos sean transmitidos en paralelo en un conjunto de banda estrecha, ortogonales, y portadoras herméticamente cerradas, proporcionando un uso eficiente del ancho de banda disponible. OFDM permite que la red sea más robusta en cuanto a dispersión, sin la necesidad de ecualizadores complejos en el extremo del receptor, lo que reduce la complejidad, costo y consumo de energía.
- **SC-FDMA:** Acceso Múltiple por División de Frecuencias de Portadora Simple, esta técnica se utiliza en los enlaces ascendentes para reducir el consumo de energía.

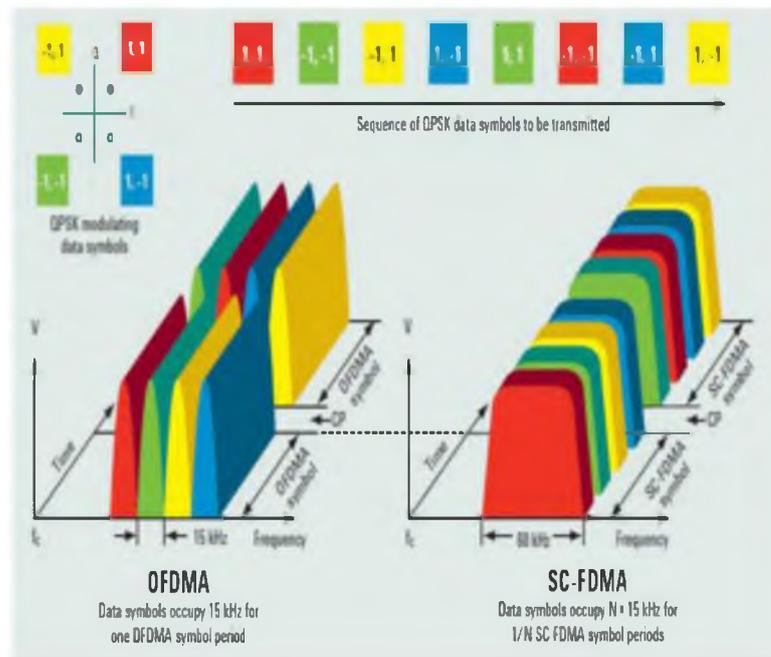


Figura 2. 5: Tecnología OFDMA y SC-FDMA
Fuente: Unión Internacional de Telecomunicaciones

2.5.1. Arquitectura LTE

Durante la evolución de las generaciones de comunicaciones móviles hemos pasado desde una conmutación por circuitos a sistemas híbridos hasta llegar a tener sistemas basados únicamente en conmutación por paquetes, es decir sistemas con convergencia all ip.

LTE se basa en la evolución de la tecnología UMTS por medio de Evolved UTRAN (E-UTRAN), conjuntamente con SAE (System Architecture Evolution), que es la evolución de GPRS. El principal componente de la arquitectura SAE es el EPC (Evolved Packet Core), o comúnmente llamado SAE Core. Juntos LTE y SAE comprenden el sistema de paquetes evolucionado (Evolved Packet System – EPS).

2.5.1.1. Equipo de Usuario (User Equipment)- UE

Es el equipo que el usuario final utiliza para conectarse y comunicarse a la red, por ejemplo un modem, Smartphone o una computadora. El UE está constituido por el ME (Mobile Equipment) que es el dispositivo existente en los teléfonos para permitir comunicarse con la red, en el caso de las computadoras el ME se divide en dos secciones: el equipo terminal (TE) que es donde acaba el flujo de datos y la terminación móvil (MT) que se encarga de manejar la comunicación con la interfaz de aire. Ver figura 2.5

UE también consta de una tarjeta UICC (Universal Integrated Circuit Card) que es la encargada de recopilar datos específicos.

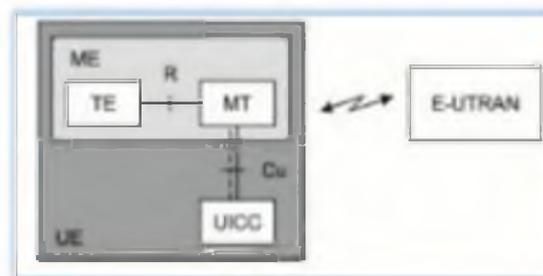


Figura 2. 6: Arquitectura Interna UE

Fuente: (Alvarado Villareal & Ojeda Cango, 2015)

2.5.1.2. Envolved UTRAN (E-UTRAN)

Esta red de acceso consiste en Nodos eNB que son los que controlan todas las funciones de radio del sistema. Se conectan entre nodos mediante la interfaz X2, y al EPC mediante la interfaz S1, es decir al MME mediante S1-MME y al S-GW por medio de la interfaz S1-U.

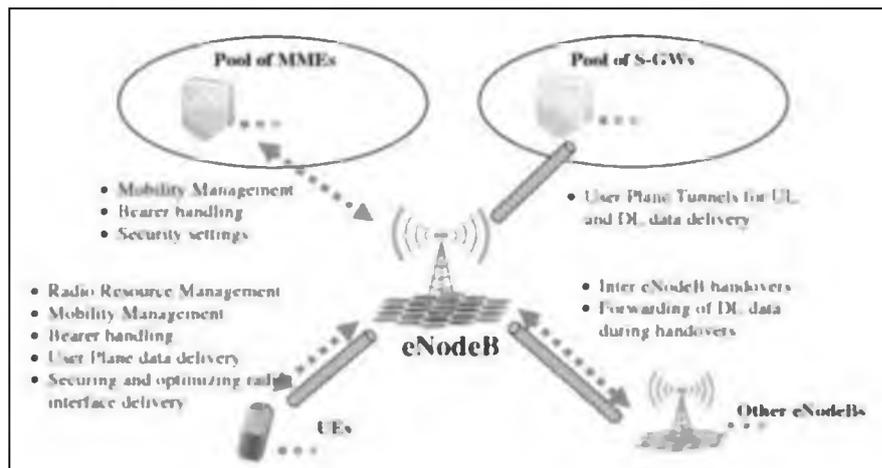


Figura 2. 7: Conexión de Nodos EnB y sus principales funciones
Fuente: (Holma & Toskala, 2009)

Entre las principales funciones de E-UTRAN podemos mencionar las siguientes:

- Gestión de movilidad, soporte y seguridad
- Enrutamiento plano de usuario para la entrega de datos en UL y DL.
- Asegurar y optimizar la entrega de interfaz de radio.
- Transferencias entre Enb.
-

2.6. Sistema de Antenas Long Term Evolution

Existen varias técnicas de arreglos de antenas que LTE utiliza para crear mayor robustez de la señal y a su vez de la cobertura o capacidad.

2.6.1. Single Input, Single Output (SISO)

Es el sistema de acceso básico, por su característica de usar solo una antena para la transmisión y otra para la recepción, lo que la vuelve vulnerable a los multitrayectos.

2.6.2. Single Input, Multiple Output (SIMO)

Es un tecnología de comunicaciones inalámbricas en la que múltiples antenas se utilizan del lado del receptor y en la fuente o transmisor solo una antena.

2.6.3. Multiple Input, Single Output (MISO)

Este Sistema utiliza varias antenas para la transmisión y solo una para la recepción.

2.6.4. Multiple Input, Multiple Output (MIMO)

En este Sistema se utiliza varias antenas para la recepción y varias para la transmisión con el fin de minimizar los errores y optimizar la velocidad de datos.

2.7. Funcionamiento de la red celular

Hoy en día disponemos de celulares altamente sofisticados pero que no pierden su principio de ser radio transmisores personales, totalmente inalámbricos.

La voz se convierte en señales electromagnéticas que viajan por el aire para convertirlas nuevamente en mensaje mediante antenas repetidoras.

La telefonía celular nos brinda comunicación dual lo que significa que para hablar necesitamos una frecuencia y para escuchar necesitaremos de otra, también opera mediante células o “celdas” permitiendo un rango mayor, un conjunto de celdas es denominado clúster.

2.7.1. Célula o “celda”

Las células permiten dividir un Sistema celular para poder extender la frecuencia dentro de un territorio permitiendo que los usuarios accedan a los servicios sin inconvenientes.

Cada célula posee un número de canales de datos independientes de los canales de señalización o control.

Teóricamente las celdas tienen forma hexagonal ya que si su cobertura fuera en forma circular dejaría espacios entre coberturas de distintas celdas.

Cada celda está formada por una estación base y el conjunto de ellas (clúster) se conecta a un MSC (Mobile Services Switching Center)

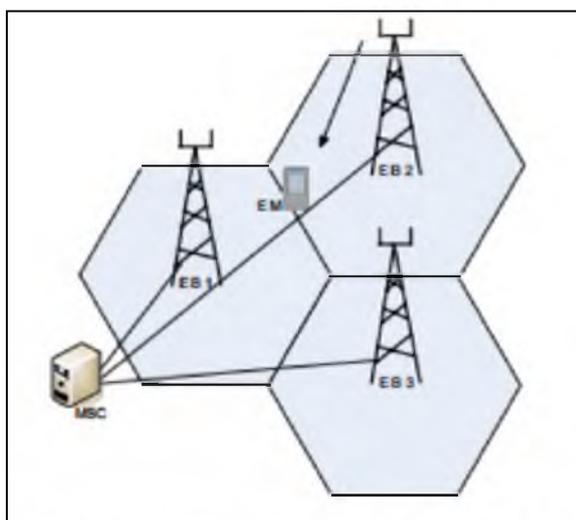


Figura 2. 8: Representación gráfica de una celda

Fuente: (Baltzar Sánchez, Medina Rodríguez, & Montiel García, 2007)

Según su tipo de cobertura se dividen en:

- Macro celda
- Micro celda
- Pico celda

2.8. Transferencia de llamadas (Handover)

También conocido como handoff. Su función principal es permitir al usuario la movilidad dentro de la red, es decir tener la decisión de elegir la estación base que le ofrece mejores recursos para continuar con la llamada entre dos celdas o zonas adyacentes. Existen 3 tipos de transferencia de llamadas.

2.8.1. Hard Handover- Transferencia de llamada con interrupción

Es utilizado generalmente en sistemas 2G y 4G, se da cuando un UE cambia bruscamente de celda por lo que la conexión con la celda anterior se rompe por un tiempo muy corto (del orden de los milisegundos) antes de establecer la conexión con una nueva celda.

2.8.2. Soft Handover- Transferencia de llamada sin interrupción

Solo se realiza en sistemas 3G, permite al UE cambiar de una celda a otra sin cambiar su frecuencia, es decir el equipo puede estar conectado a dos enlaces al mismo tiempo hasta conectarse a la radio base de mayor calidad y cobertura.

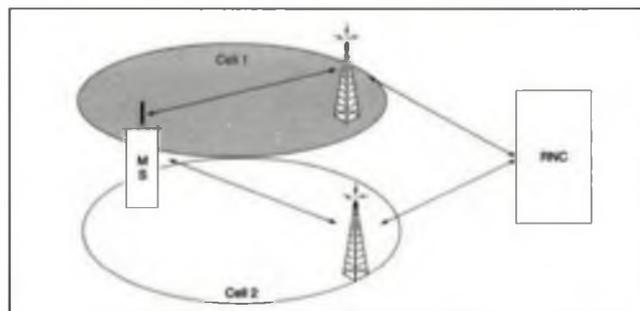


Figura 2. 9: Soft Handover
Fuente: (Sumit & Nishit, 2004)

2.8.3. Softer Handover- Transferencia de llamada intersistema

Es similar al Soft Handover, se puede conectar a una celda vecina pero sin cambiarse de radio base.

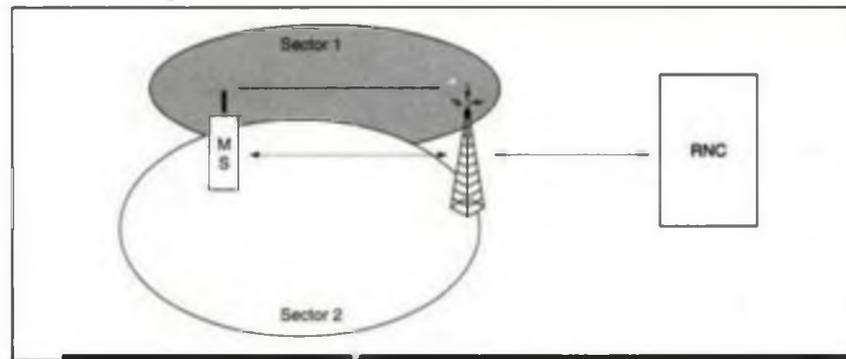


Figura 2. 10: Softer Handover

Fuente: (Sumit & Nishit, 2004)

CAPÍTULO 3:

OPTIMIZACIÓN DE REDES, PARÁMETROS DE CALIDAD

3.1. Canales de la Interfaz de aire.

Un canal representa la información o los datos que se están enviando entre protocolos, consta de cuatro tipos de canales:

- Canales Lógicos
- Canales de Transporte
- Canales Físicos

3.2. Canales Lógicos.

Los canales lógicos se subdividen en canales lógicos de control que se encargan de transmitir la información de control y los canales lógicos de tráfico que transfieren la información de usuario.

3.2.1. Canales Lógicos de Control

- **BCCH-Canal de Control de Difusión:** Este canal maneja información sobre la celda que reconoce la red en el enlace de bajada desde un eNB hasta el UE.
- **PCCH- Canal de Control de Paginación:** Este canal se utiliza para notificar información al UE cuando se encuentra en espera.
- **CCCH-Canal de Control Común:** Este canal es bidireccional es decir tanto para el enlace de subida como el de bajada que permite transmitir información de control entre la red y la estación móvil.

- **DCCH-Canal de Control Dedicado:** Este canal es bidireccional al igual que CCCH y se encarga de transmitir los mensajes de señalización.
- **MCCH-Canal de Control de Multidifusión:** Este canal se encarga de controlar servicios del MBMS.

3.2.2. Canales Lógicos de Tráfico

- **DTCH- Canal de tráfico dedicado:** Esta canal se utiliza tanto en el enlace de subida como en el enlace de bajada y transporta información de usuario dedicada.
- **CTCH-Canal de tráfico común:** Se utiliza en los enlaces de bajada para transmitir información dedicada a uno o varios abonados.

3.3. Canales de Transporte.

Los canales de transporte están ubicados entre la capa MAC y la capa PHY, a continuación se detallan los siguientes:

- **BCH-Canal de difusión:** Este canal es usado en los enlaces de bajada y generalmente emite información a los usuarios para identificar la red
- **PCH-Canal de Paginación:** Este canal lleva la información originada en el canal PCCH, básicamente informa a los usuarios las llamadas entrantes.
- **DL-SCH-Canal compartido de enlace de bajada:** Este canal es capaz de compartirse entre varios usuarios para llevar datos de señalización y navegación web, si su velocidad aumenta se convierte en HS-DSCH

- **RACH- Canal de Acceso Aleatorio:** Permite conectarse a la red sin prioridad establecida.
- **UL-SCH- Canal compartido de enlace de subida:** Este canal cumple la misma función que el DL-SCH pero solo para el enlace de subida.
- **MCH- Canal de Multidifusión:** Este canal lleva información del canal MCCH.

3.4. Canales Físicos.

3.4.1. Canales Físicos para el enlace de subida

PRACH-Canal físico de acceso aleatorio: Este canal prepara al equipo del usuario para que transmita ráfagas de acceso aleatorio.

PUCCH- Canal físico de control de UL: Este canal se encarga de todo el control de los enlaces de subida.

PUSCH- Canal físico compartido de UL: Es el canal principal para los enlaces de subida y es utilizado para transmitir información hacia el canal UL-SCH

3.4.2. Canales Físicos para el enlace de bajada

PBCH- Canal físico de difusión: Transmite la información del canal BCH.

PCFICH- Canal físico indicador de control de formato: Este canal indica la cantidad de símbolos OFDM utilizados en el canal PDCCH.

PDCCH- Canal físico de control DL: Este canal se encarga de asignar recursos de red.

PHICH- Canal físico indicador de HARQ: Este canal se utiliza en el proceso HARQ.

PDSCH- Canal físico compartido de DL: transmite la información del canal DL-SCH.

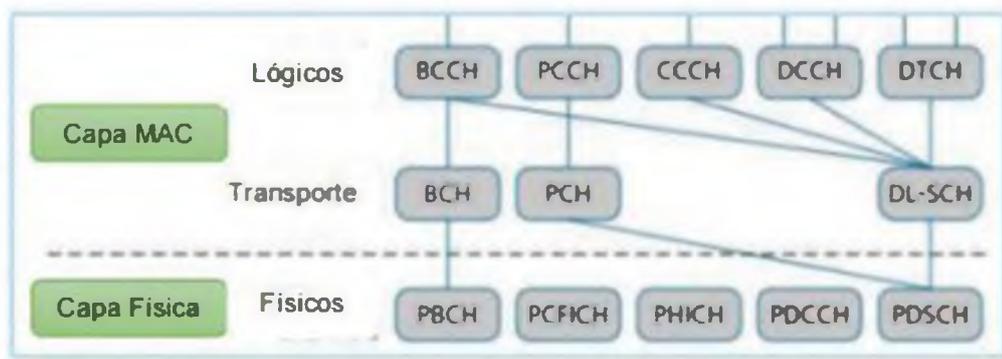


Figura 3. 1: Distribución de canales para downlink
Fuente: (Alvarado Villareal & Ojeda Cango, 2015)

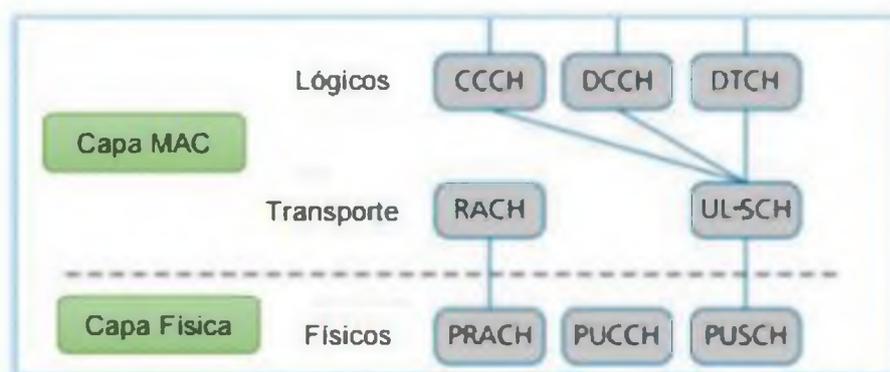


Figura 3. 2: Distribución de canales para uplink
Fuente: (Alvarado Villareal & Ojeda Cango, 2015)

3.5. KPI- Key Performance Indicators

Los KPI's son indicadores del desempeño de una red, es decir cómo se comporta, lleva un monitoreo de la potencia transmitida y el volumen de tráfico en los nodos. A continuación mencionaremos algunos de estos indicadores:

3.5.1. RxLev

Parámetro que indica el nivel de potencia que es recibida por un móvil en tecnología GSM (2G), se mide en dBm. El rango va desde -55 hasta -110.

3.5.2. RSCP

Este parámetro indica el nivel de potencia del canal CPICH en tecnología UMTS (3G) que maneja los códigos utilizados en la identificación de un celda en el UL y DL (Códigos Scrambling).

3.5.3. RxQual

Indica la calidad de recepción (dowlink) de la señal en redes GSM, alcanza valores de entre 0 y 7 pero su nivel óptimo debe ser <3

3.5.4. BLER

Tasa de bloques errados, debe ser < 2% para una condición de sincronía y se obtiene de la relación n de bloques erróneos/ no total de bloques recibidos.

3.5.5. FER

Se utiliza para redes 3G, indica la tasa de error por tramas para poder determinar la calidad de conexión, debe ser menor a 1%.

3.5.6. Ec/Io

Parámetro adoptado para medir la calidad de señal en tecnologías CMDA y UMTS (3G), de acuerdo al estándar se mide en dB.

3.5.7. C/I

Al igual que Ec/Io es un parámetro que indica la calidad de la señal pero en tecnologías GSM, se mide en Db y su valor óptimo debe ser menos a 1%.

Relación señal-interferencia

3.5.8. Eb/No

Indica la relación energía de bit / Ruido de densidad espectral, muestra cuan fuerte es la señal en un sistema de comunicación digital.

3.6. Parámetros físicos

3.6.1. Parámetros de propagación

La eficacia de un sistema móvil también depende de una correcta configuración de sus equipos radiantes (antenas).

A continuación se nombra algunos de los parámetros para tener en cuenta a la hora de optimizar la red:

3.6.1.1. Tilt

El Tilt representa la inclinación de una antena que permite que se concentre la energía de la señal RF, se utiliza básicamente para reducir interferencias, O para que cada celda cumpla con su área proyectada (cobertura).

Existen 2 tipos de Tilt:

- **Tilt Mecánico:** es muy sencillo se realiza manualmente a través de determinados accesorios sin cambiar la fase de la señal de entrada pero si el diagrama y las direcciones de propagación. Se reduce el área de cobertura central, pero en direcciones laterales aumenta.

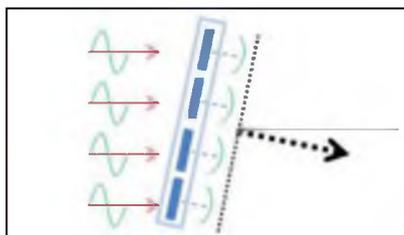


Figura 3. 3: Tilt Mecánico

Fuente: (TELECOMOHALL, s.f.)

- **Tilt Eléctrico:** En este caso la modificación del diagrama se lleva a cabo alterando las características de la señal de cada elemento de la antena, gradúa los dipolos y reduce la ganancia uniformemente

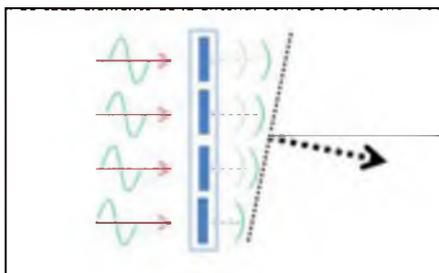


Figura 3. 4: Tilt Eléctrico

Fuente: (TELECOMOHALL, s.f.)

3.6.1.2. Azimut

Para poder ubicar una antena y cubrir un área específica se emplea el ángulo de azimut que se mide desde el norte geográfico hacia las agujas del reloj. (Alvarado Villareal & Ojeda Cango, 2015)

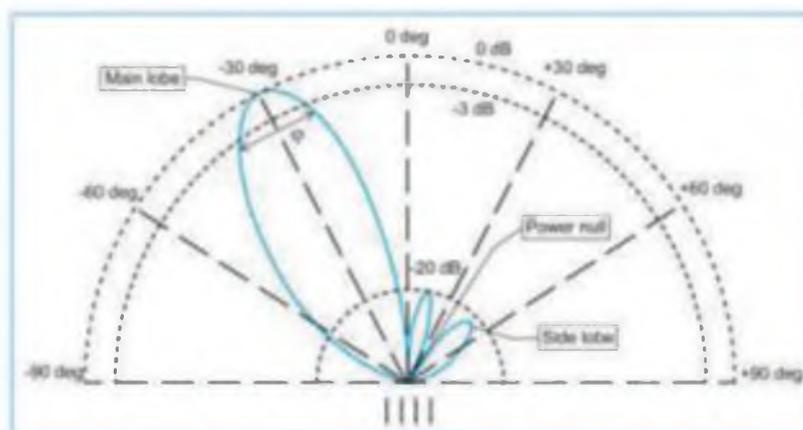


Figura 3. 5: Azimut de una Antena

Fuente: (Alvarado Villareal & Ojeda Cango, 2015)

3.6.1.3. Altura y tipo de Antena

Cuando una antena se encuentra a distancias muy bajas es muy probable que la energía se quede obstaculizada evitando que se propague a grandes distancias debido a agentes externos, es por esto que mientras más alto ubiquemos nuestras antenas, podrán alcanzar mayores distancias.

Comúnmente se utilizan antenas direccionales de panel que operan en 1 o más bandas de frecuencia.



Figura 3. 6: Antena Panel

Fuente: <http://www.colwave.com/index.html>

3.7. Parámetros lógicos

- **LAC- Location Area Code:** Es un número identificador de área para redes GSM, las estaciones dentro de una misma LAC comparten un valor común.
- **RAC- Routing Area Code:** Es una longitud fija de un octeto que identifica el área de enrutamiento dentro de una zona en redes con tecnología UMTS.
- **PSC-Primary Scrambling Code:** Es un conjunto de 512 códigos de cifrado usados en los enlaces de bajada, por lo que el móvil puede distinguir las señales de diferentes zonas, usado en redes WCDMA.
- **PCI-Physical Cell Identity:** Permite la identificación física de celdas en redes con tecnología LTE, utiliza 504 señales para codificar ciertas transmisiones en el enlace de bajada.

3.8. Herramientas de medición

Al momento de realizar las pruebas necesarias para optimizar una red, se debe cumplir con ciertos requisitos tanto de hardware como software.

➤ Scanner

El scanner es el equipo que usaremos para la toma de los datos en la interfaz de aire independientemente de la red.



Figura 3. 7: Scanner de medición

Fuente: <http://telecomjournalelsalvador.blogspot.com/2010/05/como-deben-hacerse-los-drive-test.html>

➤ Computadora Portátil

Computadora portátil que permita ejecutar programas de DT y que tenga suficiente almacenamiento para guardar la información.



Figura 3. 8: Computador Portátil

Fuente: <http://blog.pucp.edu.pe/blog/dortega/2007/10/13/drive-test/>

➤ **Inversor de energía AC/DC**

Debido a que las pruebas de Drive Test se realizan dentro de un vehículo, es necesario asegurarnos de mantener nuestros equipos energizados. Existen varios modelos y marcas de inversores en el mercado, se puede utilizar uno 1500 W de la marca MASS Power.



Figura 3. 9: Inversor AC/DC

Fuente: <http://www.electronicstheory.com/>

➤ **Dongle USB**

Es un dispositivo que proporciona conectividad inalámbrica a los dispositivos, en nuestro caso a la portátil.

➤ **Teléfonos 3G**

Para este tipo de prueba de necesitan dos equipos móviles, uno para medir los canales y eventos de la red el cual debe estar en modo de ingeniería y otro en modo normal para realizar llamadas.

➤ **Software**

Para realizar las pruebas necesitaremos de dos softwares, uno que nos permita la adquisición de datos y otro para el post procesamiento de la información obtenida.

Entre ellos podemos mencionar los siguientes:

- **X-Cal:** este software permite la adquisición de datos de la red en tiempo real, compatible con todas las tecnologías GSM/WCDMA/LTE/WIFI.
- **X-Cap:** Software de post procesamiento de datos compatible con tecnologías desde 2G hasta 4G, estas herramientas muestran los datos en tablas, mapas y cuadros comparativos para la toma de decisiones.

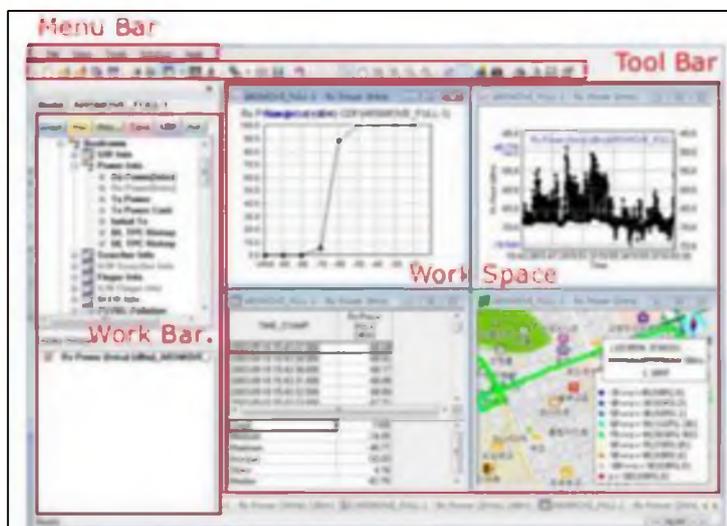


Figura 3. 10: Programa X-Cap

Elaborado por: Autor.

➤ GPS

Conocido como sistema de posicionamiento global, permite obtener la información de latitud y longitud de cada punto de la red

3.9. Pruebas para la recopilación de datos

A continuación se detallan 3 principales pruebas que permiten recopilar datos para su respectivo análisis a la hora de optimizar la red.

3.9.1. Drive Test

Conocido también como recorrido de prueba, el drive test es un análisis de la red celular independiente de la tecnología, ya sea (GSM, CDMA, UMTS, HSPA+, LTE, etc), que se basa en hacer un paseo vehicular para recopilar información de un área de interés.

El drive test permite capturar datos en tiempo real de todos los parámetros del ambiente RF para poder localizarlo geográficamente y hacer el respectivo análisis.

Entre los principales tipos de drive tenemos los siguientes:

- Análisis de Rendimiento
- Integración de nuevos sitios y cambios en los parámetros existentes
- Mercadeo
- Brenchmarking

3.9.2. Walk Test

Las pruebas de walk test al igual que el drive test permiten la recopilación de información de la red pero en mediciones peatonales en ambientes indoor. Este tipo de pruebas solo se realiza en lugares donde exista concentración de usuarios como un centro comercial.

3.9.3. Pruebas Estáticas

Son mediciones estáticas que permiten la recolección de información de las configuraciones de los nodos EnB permitiendo la percepción total de la red, por lo general se realizan en puntos específicos donde existen inconvenientes.

Todas estas pruebas analizadas en este capítulo son necesarias y se complementan entre sí para lograr el objetivo de optimizar la red.

PARTE II APORTACIONES

CAPÍTULO 4:

ANALISIS DE DATOS OBTENIDOS DE CLIENTES VIP DE LA RED CELULAR DE MOVISTAR

4.1. Datos técnicos (Telefónica)

OTECEL S.A, tuvo sus inicios en el año 1993 en Ecuador con el nombre comercial de BellSouth, otorgando el servicio de tecnología AMPS el cual proporcionaba únicamente comunicación de voz.

En 1996 bajo el mismo nombre comercial BellSouth migra su red de AMPS a TDMA y a finales del año 2002 se realizó la migración a la red CDMA.

Telefónica Ecuador adquirió el 100% de las acciones de OTECEL S.A. en Octubre del 2004 cambiando su nombre comercial a MOVISTAR sin que este cambio afecte a los abonados en cuanto a planes y tarifas.

Fue en el año 2005 donde MOVISTAR instala su red GSM en la banda de los 850 MHz dejando a un lado las tecnologías AMPS Y TDMA en el año 2008.

En la actualidad OTECEL S.A esta posesionado en Ecuador como la segunda operadora de mayor servicio de telefonía móvil, operando en redes GSM, UMTS, HSPA+ y LTE como podemos ver en la tabla 4.1:

Tabla 4. 1: Líneas activas según su tecnología

OTECEL S.A.					TOTAL OTECEL
CDMA	GSM	UMTS	HSPA+	LTE	
0	4.564.274	335.472	138.890	0	5.038.636
0	4.244.051	325.738	153.596	0	4.723.385
0	4.202.478	318.105	168.402	0	4.688.985
0	4.077.090	309.061	146.570	36.551	4.569.272
0	4.063.644	301.183	151.320	44.179	4.560.326
0	4.055.726	291.551	150.919	57.106	4.555.302
0	4.003.445	328.679	127.403	92.449	4.551.976
0	3.900.735	331.079	104.097	127.450	4.463.361
0	3.648.796	333.836	127.633	122.163	4.232.428
0	3.816.931	191.763	123.354	171.282	4.303.330

Fuente: (ARCOTEL, 2015).

4.2. División de clientes corporativos Movistar

La compañía de servicio telefónico Movistar divide a sus clientes como parte de su estrategia de Marketing y según su rango de prioridad en:

- Cuentas Medianas
- Grandes Cuentas
- VIP

4.3. Presentación de Casos.

A continuación se identificarán un conjunto de casos con sus respectivos cambios y posibles soluciones para tener en cuenta en el momento que existan inconvenientes en la red; para esto llevaremos a cabo las herramientas y pruebas que fueron detalladas en los capítulos anteriores.

4.3.1. Análisis de información de un cliente vip para presentación de posibles soluciones

Citando el caso cuyo cliente asegura que las llamadas no se establecen, (timbran 3 veces y se corta) en la ciudad de Quito con las siguientes coordenadas: $-78.484725^{\circ}, -0.203788^{\circ}$ detalladas en la figura 4.1.

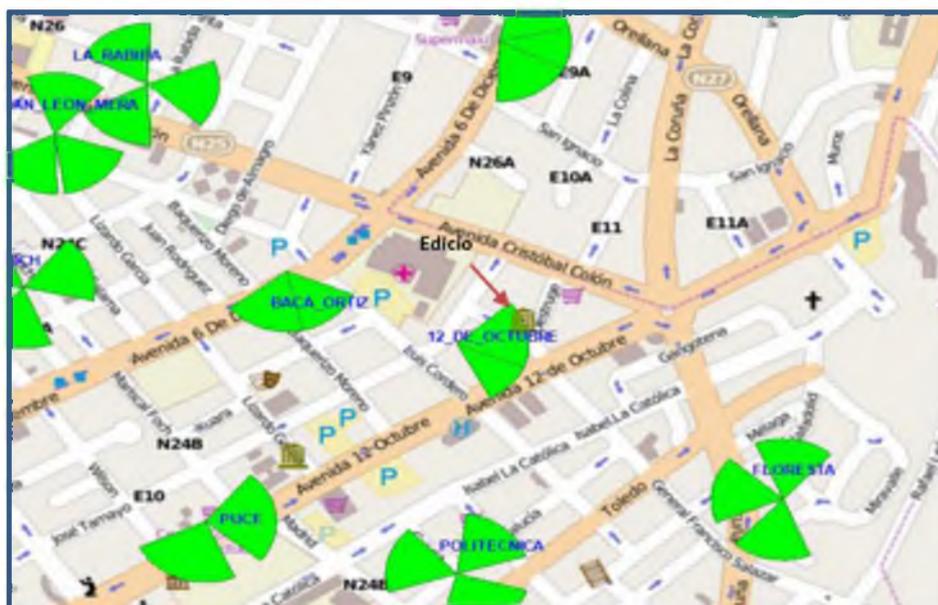


Figura 4. 1: Ubicación del cliente (Mapinfo)

Elaborado por: Autor

Una vez definida la ubicación emprendimos la tarea de optimizar la red para que no existan inconvenientes y contar con clientes satisfechos

La figura 4.1 muestra la ubicación de las celdas de OTECEL S.A registradas en Mapinfo (Software de GIS).

Para el cliente antes mencionado se realizaron pruebas indoor y estáticas en las tecnologías GSM y UMTS.

A continuación se detallan las tres mediciones: walk test, pruebas estáticas y pruebas estáticas modo dual (para datos).

4.3.1.1. Walk Test (GSM)

Como primer punto para realizar un walk test inspeccionamos el lugar y realizamos llamadas en el interior del edificio, los parámetros que se midieron durante el Walk test fueron: Cell Id, RxLevelSub, FER Sub y RxQualSub detallados a continuación:

- **Cell ID:** Este parámetro nos indica la celda que ofrece el servicio al establecer la llamada en 2G, viene referenciada con un número único, en la tabla 4.2 podemos observar que el Cell Id es 13424 que pertenece a la celda GPI_12_DE_OCTUBRE_3, esto se puede corroborar observando la figura 4.2.

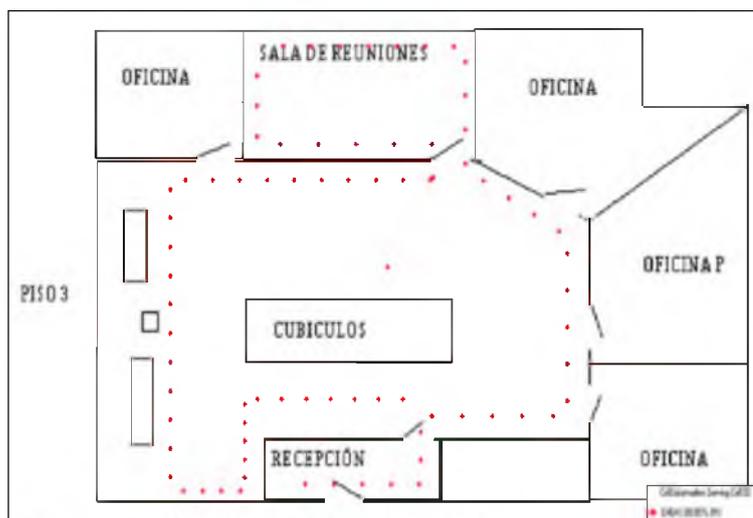


Figura 4. 2: Celda portadora en 2G

Elaborado por: Autor

Tabla 4. 2: Celda portadora de servicio con su respectivo ID

CI	SERVIDORA
13424	GPI_12_DE_OCTUBRE_3

Elaborado por: Autor.

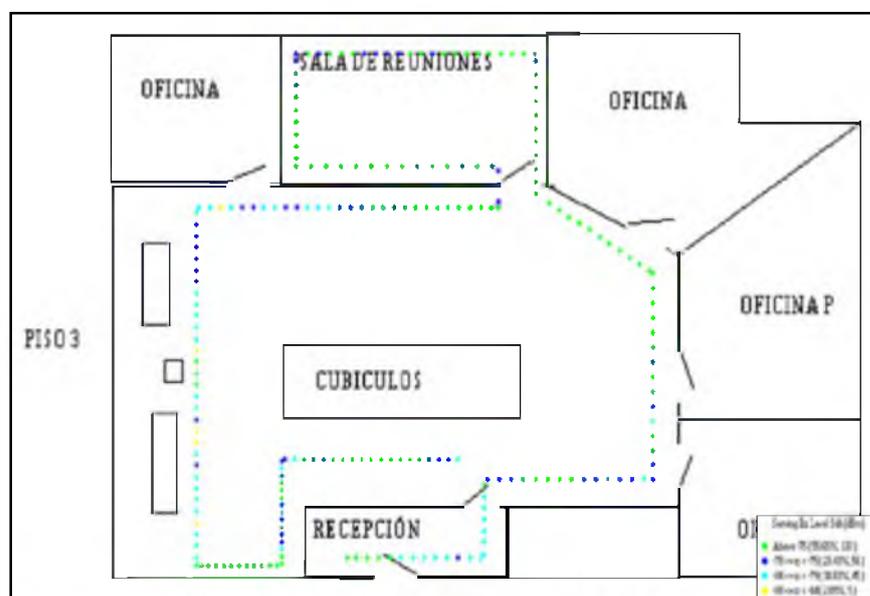
- **RxLevelSub:** Con este parámetro comprobamos la intensidad de la señal, los rangos según OTECEL SA son:

Tabla 4. 3: Rango de valores para OTECEL S.A

SERVING RX LEVEL SUB (dBm)	
●	MAYOR A -75
●	$-79 \leq x < -75$
●	$-84 \leq x < -79$
●	$-89 \leq x < -84$

Elaborado por: Autor.

Observando la figura 4.3 podemos identificar los niveles de RxLevelSub durante todo el trayecto diferenciados por colores dependiendo del rango donde se encuentren.

**Figura 4. 3:** Recorrido de Walk test para RxLevelSub en GSM

Elaborado por: Autor

- **FER Sub:** Con este parámetro identificamos la tasa de datos perdidos que básicamente se puede dar por el tipo de modulación utilizada, como podemos observar en la figura 4.4 el 99.17% se mantienen por debajo de 1%, lo que indica que se encuentra en estado óptimo.

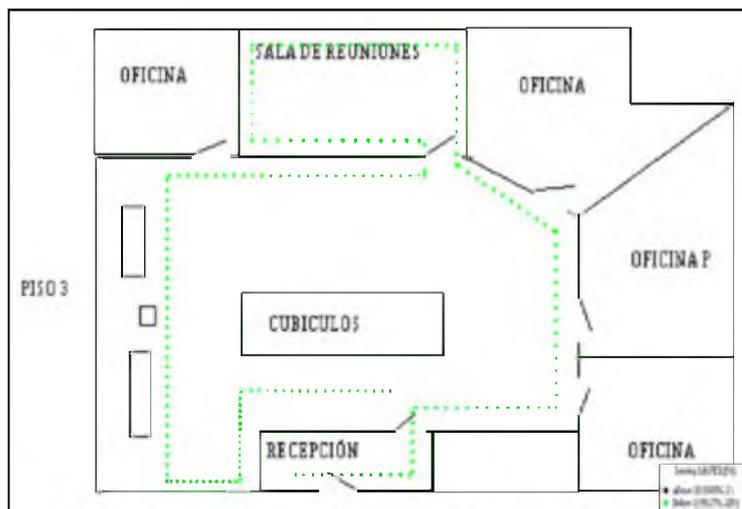


Figura 4. 4: Recorrido de Walk test para FerSub en GSM
Elaborado por: Autor

- **RxQual Sub:** Este parámetro muestra la calidad de recepción de la señal, medidos en números del 0 al 7, donde para estar en estado óptimo debe ser menor a 3, según el rango proporcionado por OTECEL S.A.,

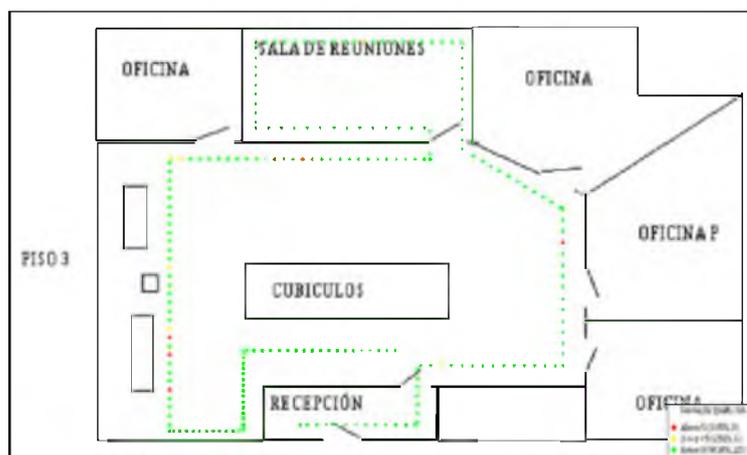


Figura 4. 5: Recorrido de Walk test para RxQualSub en GSM
Elaborado por: Autor

4.3.1.2. Pruebas estáticas (GSM)

Luego de realizar el walk test, las pruebas estáticas se realizan en los puntos donde existe mayor posibilidad de inconvenientes, los parámetros a medirse son iguales a los mencionados anteriormente, se pueden observar los resultados de la medición a continuación:

- **Cell ID:** El Cell Id identificado para esta medición estática fue el 13424 correspondiente a la celda GPI_12_DE_OCTUBRE_3.

En este análisis solo una celda brinda el servicio al momento de establecer la llamada y en la duración de la misma.

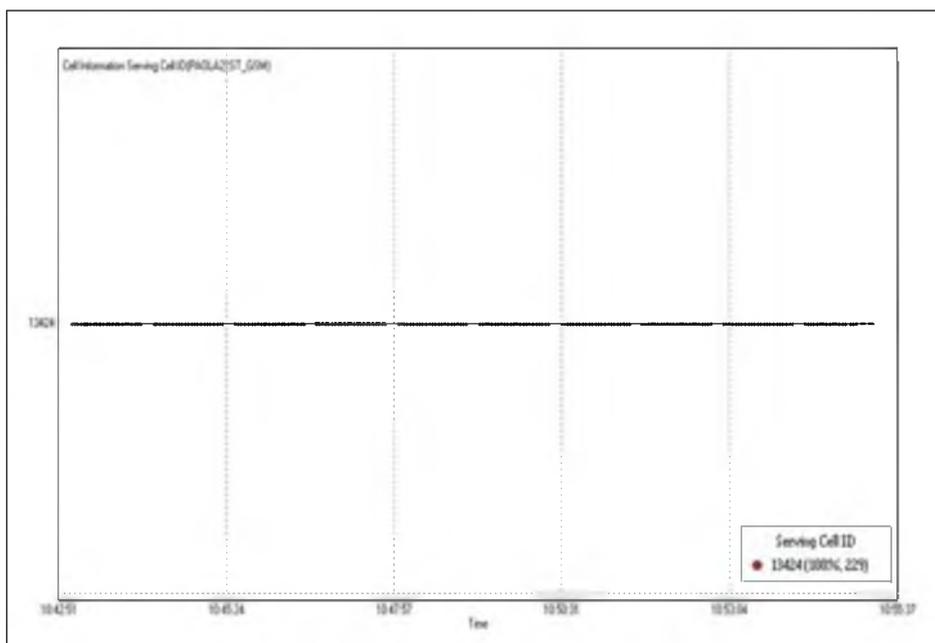


Figura 4. 6: Análisis de prueba estática de Cell Id en GSM

Elaborado por: Autor

- **RxLevelSub:** Observando la figura 4.7 podemos ver que las fluctuaciones del nivel de potencia que es recibida por el móvil se concentra por encima de -75 dbm, lo que indica que no existe inconvenientes.

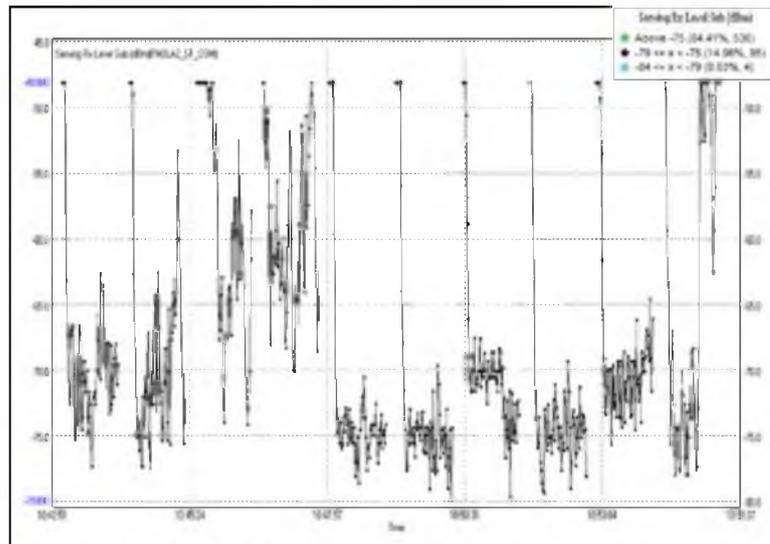


Figura 4. 7: Análisis de prueba estática de RxLevelSub en GSM
Elaborado por: Autor

- **FER Sub:** Observando la figura 4.8 podemos ver que el 99.69% de tramas enviadas fueron recibidas con éxito

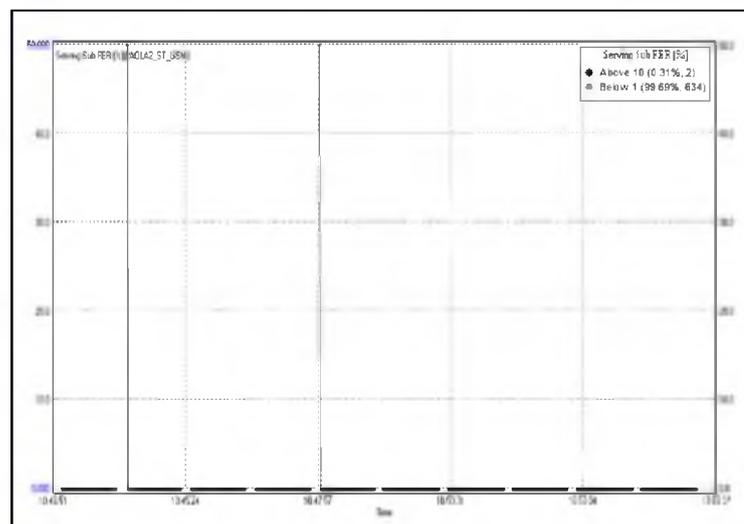


Figura 4. 8: Análisis de prueba estática de Fer Sub en GSM
Elaborado por: Autor

- **RxQual Sub:** Para este parámetro se obtuvieron resultados de 98.43% de calidad de recepción (downlink) del servicio por debajo de 3, lo que refleja que no existe ningún evento desfavorable.

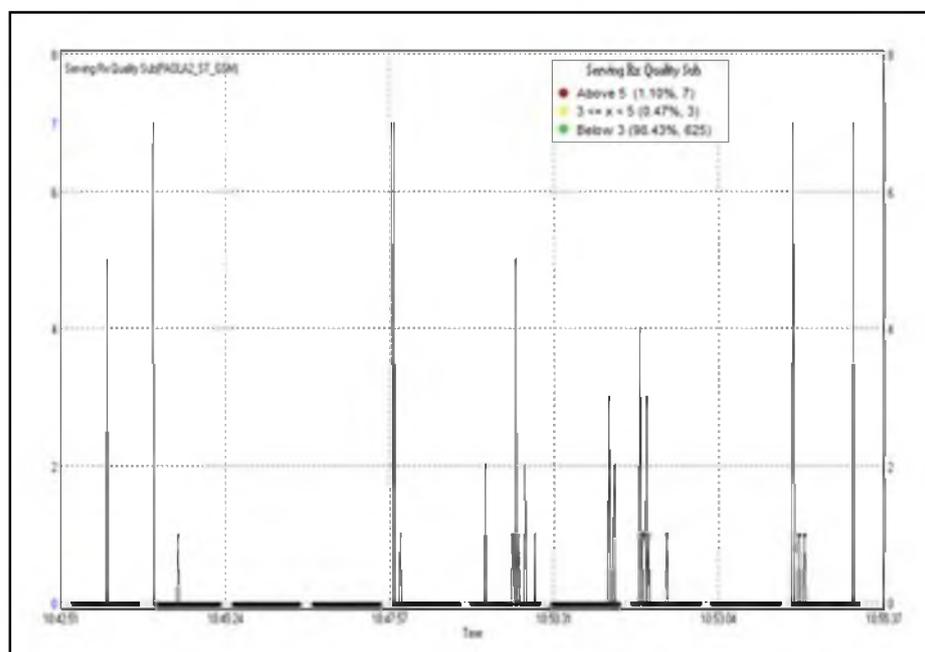


Figura 4. 9: Análisis de prueba estática de RxQualSub en GSM
Elaborado por: Autor

4.3.1.3. Walk Test (UMTS)

Así como realizamos el respectivo análisis de la red GSM (2G), es necesario verificar como opera la red UMTS (3G) para poder analizar cuáles son los posibles inconvenientes que afectan la señal. Dentro de esta prueba presentaremos cuatro parámetros al igual que en GSM detallados a continuación:

- **Scrambling Code:**

Este parámetro hace referencia al número de la celda o celdas portadoras predominantes de servicio en 3G; para este caso el servicio es ofrecido por las PSC: UPI_12_DE_OCTUBRE_3, UPI_12_DE_OCTUBRE_4,

UPI_12_DE_OCTUBRE_0, las cuales se muestran en la tabla 4.4 con su respectivo número de scrambling code.

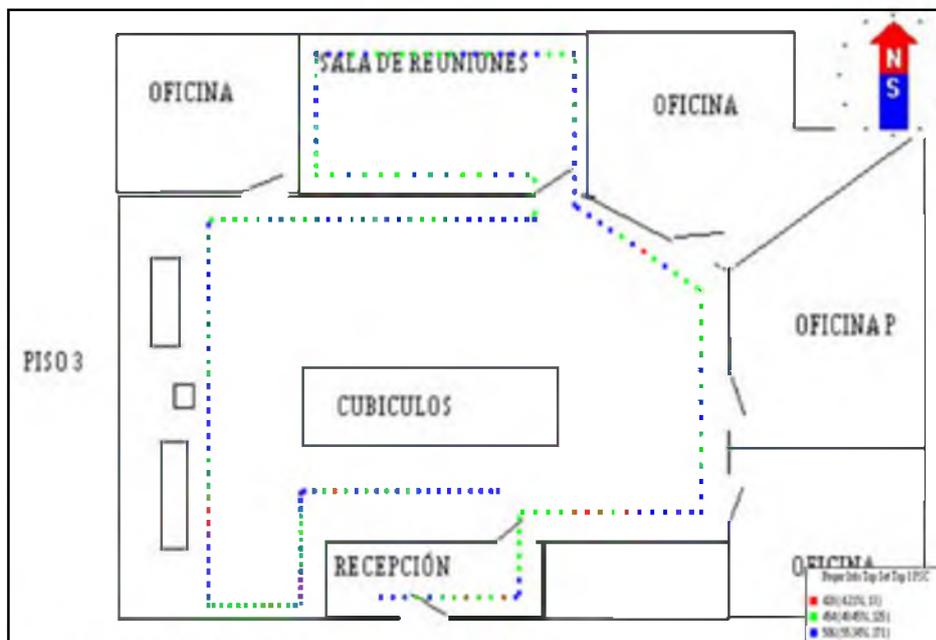


Figura 4. 10: Celdas portadoras en UMTS

Elaborado por: Autor

Tabla 4. 4: Celdas portadoras de servicio en UMTS con su respectivo ID

SC	SERVIDORA
506	UPI_12_DE_OCTUBRE_3
428	UPI_12_DE_OCTUBRE_4
454	UPI_12_DE_OCTUBRE_0

Elaborado por: Autor

- **RSCP:** Tal como observamos en la figura 4.11 los resultados de este parámetro indican que el 87.06 % del nivel de cobertura se encuentra por encima del rango de valores de entre -45 y -80 dBm.

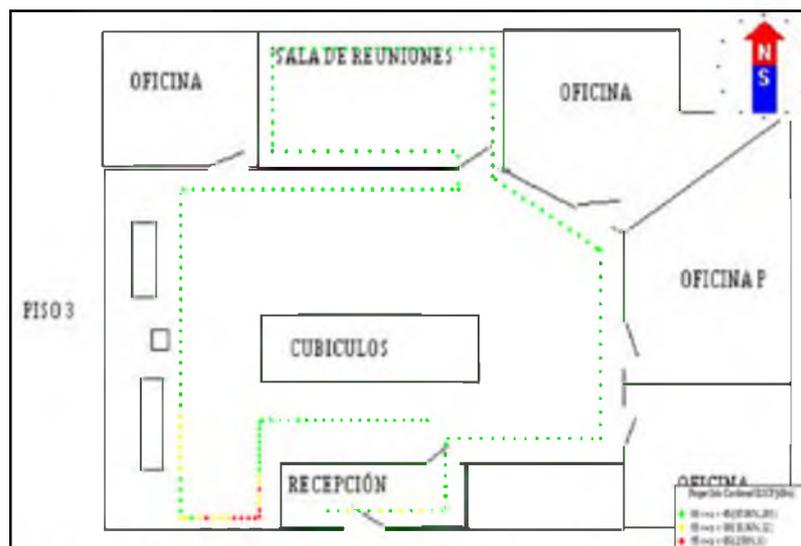


Figura 4. 11: Recorrido de Walk test para RSCP en UMTS
Elaborado por: Autor

- **Ec/lo:** Se puede observar que durante la mayor parte del recorrido los valores de este parámetro se concentran por debajo de los -12 dB. Existe cierta degradación en la calidad de la señal.

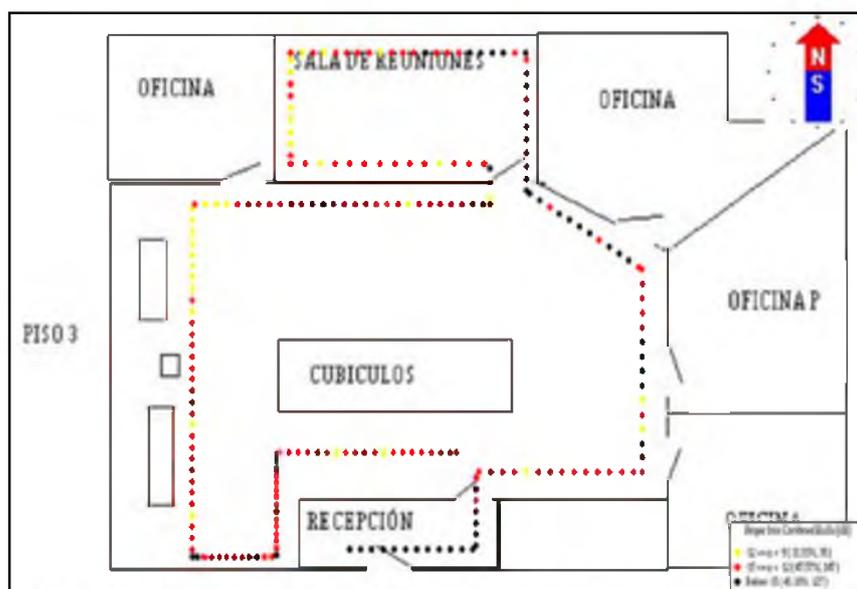


Figura 4. 12: Recorrido de Walk test para Ec/lo en UMTS
Elaborado por: Autor

- **Active Set count:** Indica cuantas celdas dan el servicio simultáneamente durante el recorrido de la prueba, como observamos en la figura 4.13 el 44.19% brindan las 3 celdas al mismo tiempo el servicio.

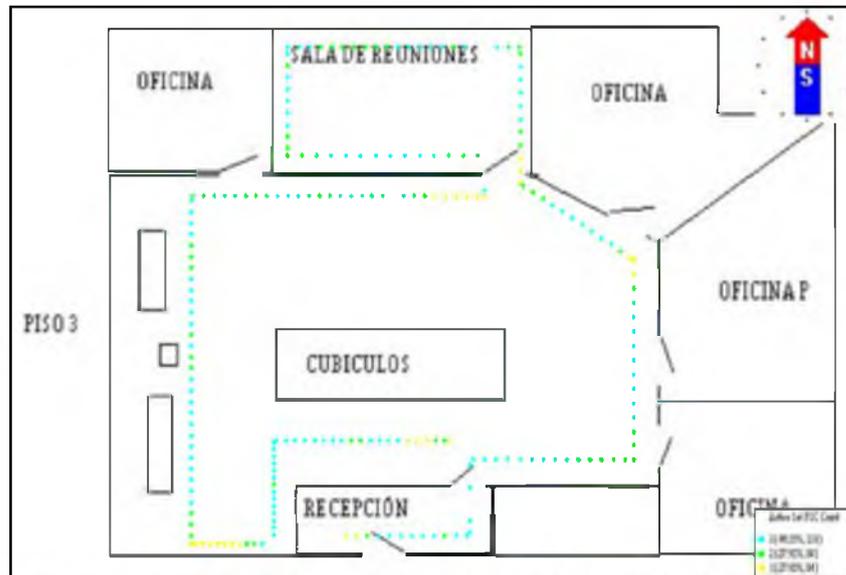


Figura 4. 13: Recorrido de Walk test para Active Set Count en UMTS
Elaborado por: Autor

4.3.1.4. Pruebas estáticas (UMTS)

- **Scrambling Code:** como podemos ver en la figura 4.14 existen tres celdas que ofrecieron el servicio durante el establecimiento de la llamada.

La gráfica muestra los tiempos a los que estuvo conectada a cada celda, se puede visualizar que se dio una transferencia de llamada (handover).

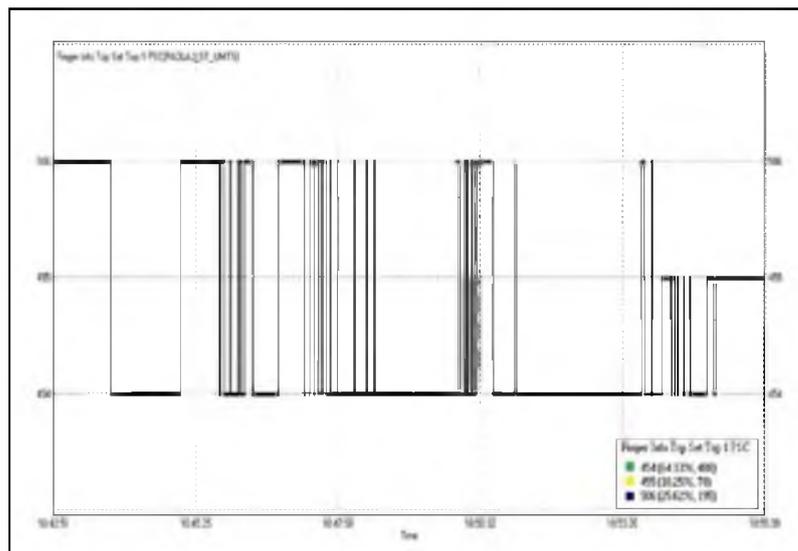


Figura 4. 14: Análisis de prueba estática de Scrambling Code en UMTS
Elaborado por: Autor

Tabla 4. 5: Celdas portadoras de servicio en UMTS con su respectivo SC

SC	SERVIDORA
506	UPI_12_DE_OCTUBRE_3
428	UPI_12_DE_OCTUBRE_4
454	UPI_12_DE_OCTUBRE_0

Elaborado por: Autor

- **RSCP:** Como observamos en la figura 4.15 desde el inicio de la llamada hasta 3 minutos de establecerse los valores se mantuvieron entre -65 y -50 dBm, luego continua manteniéndose en el rango dentro de -45 a -80 dBm, lo que indica que si se encuentra dentro de un buen estado.

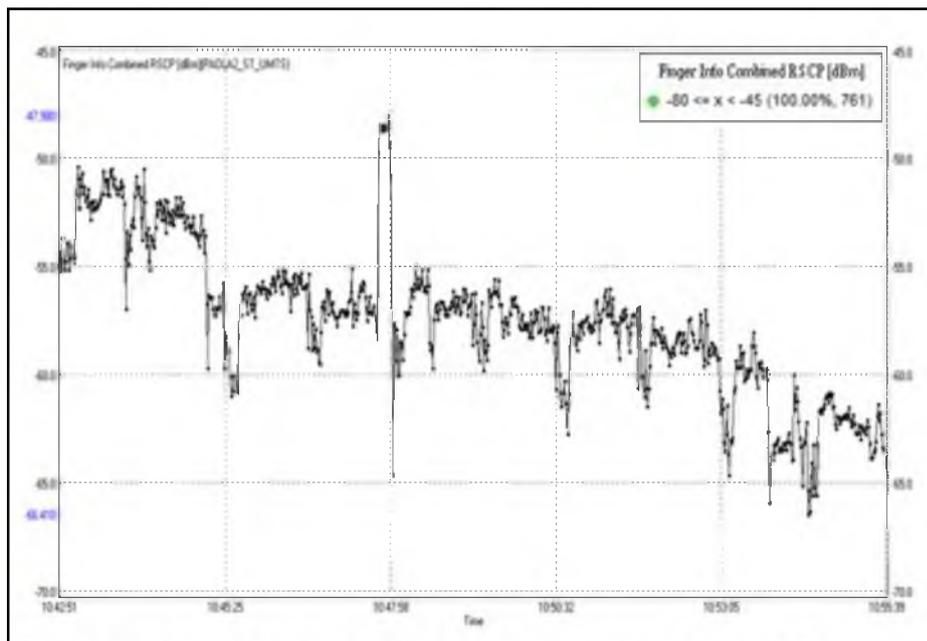


Figura 4. 15: Análisis de prueba estática de RSCP en UMTS
Elaborado por: Autor

- **Ec/Io:** Al observar la figura 4.16 vemos que durante el recorrido los niveles de Ec/Io se concentraron entre -12 y -15, lo que representa un nivel regular.

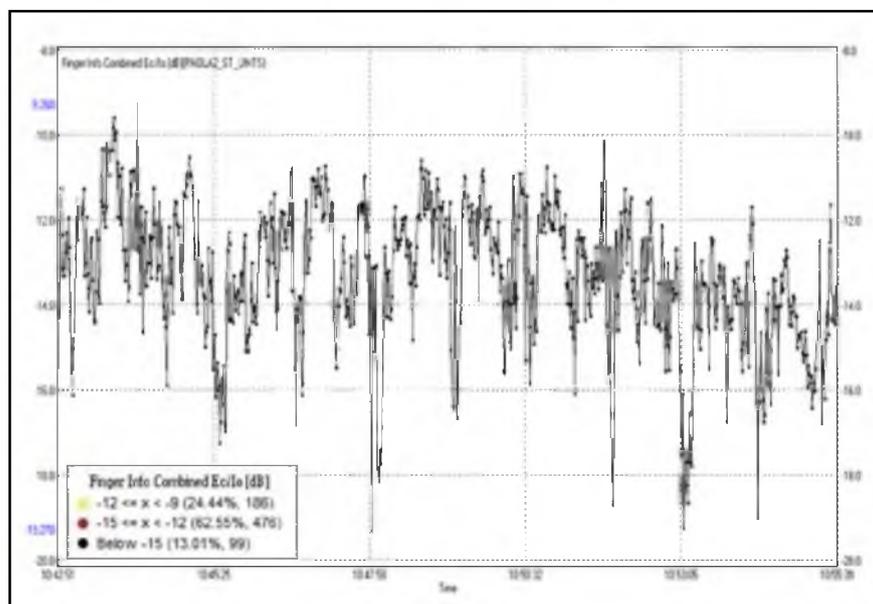


Figura 4. 16: Análisis de prueba estática de Ec/Io en UMTS
Elaborado por: Autor

- **Active Set count:** La figura 4.17 muestra una predominancia de dos PSC durante las llamadas realizadas, aunque un 39.13% también interactuaron las 3 celdas portadoras.

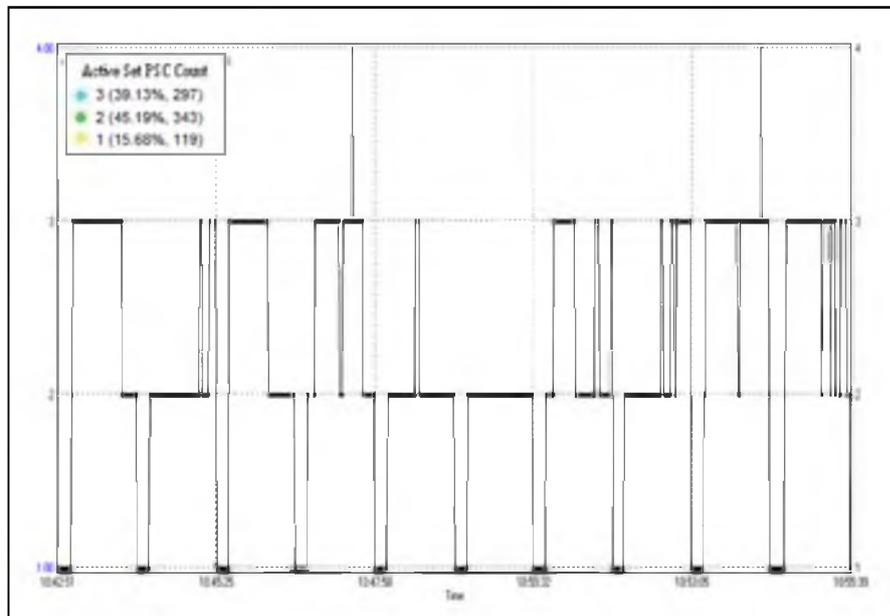


Figura 4. 17: Análisis de prueba estática de Active Set Count en UMTS
Elaborado por: Autor

4.3.1.5. Pruebas estáticas Modo Dual

Para esta prueba utilizamos el modem para hacer transferencia de datos en uplink y downlink, tomando como referencia el punto anterior de la red 3G, para verificar si existe algún tipo de inconveniente en la red.

Tabla 4. 6: Resultados pruebas Modo Dual

	Ubicación
Parámetro	1(Sala de reuniones)
Velocidad Uplink [kbps]	112,713
Velocidad Downlink [kbps]	2343,608

Elaborado por: Autor

4.3.2. Análisis de información de un cliente vip para presentación de posibles soluciones.

En este segundo caso el cliente afirma que tiene poca cobertura, que las llamadas se cortan y que debe realizar varios intentos para lograr establecer una llamada. El sitio está situado en la ciudad de Quito con las siguientes coordenadas: -78,503069, -0,107918 las cuales se pueden visualizar en la figura 4.18.

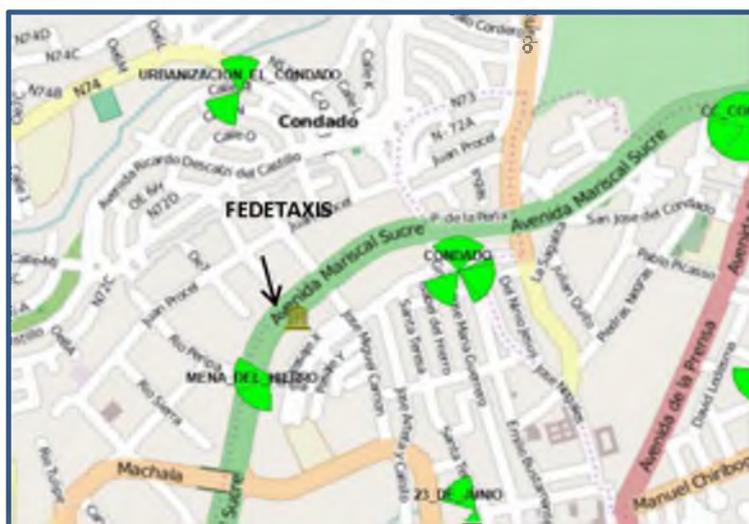


Figura 4. 18: Ubicación del cliente (Mapinfo)

Elaborado por: Autor

Para el cliente antes mencionado se realizaron pruebas indoor y estáticas en las tecnologías GSM y UMTS obteniendo las siguientes mediciones:

4.3.2.1. Walk Test (GSM)

Realizamos el walk test siguiendo el mismo procedimiento del caso anterior, los parámetros que se midieron durante esta prueba fueron:

- **Cell ID:** En la figura 4.19 podemos observar que existen varias celdas brindando el servicio a este cliente las cuales están detalladas con número de CI y nombre de servidora en la tabla 4.7

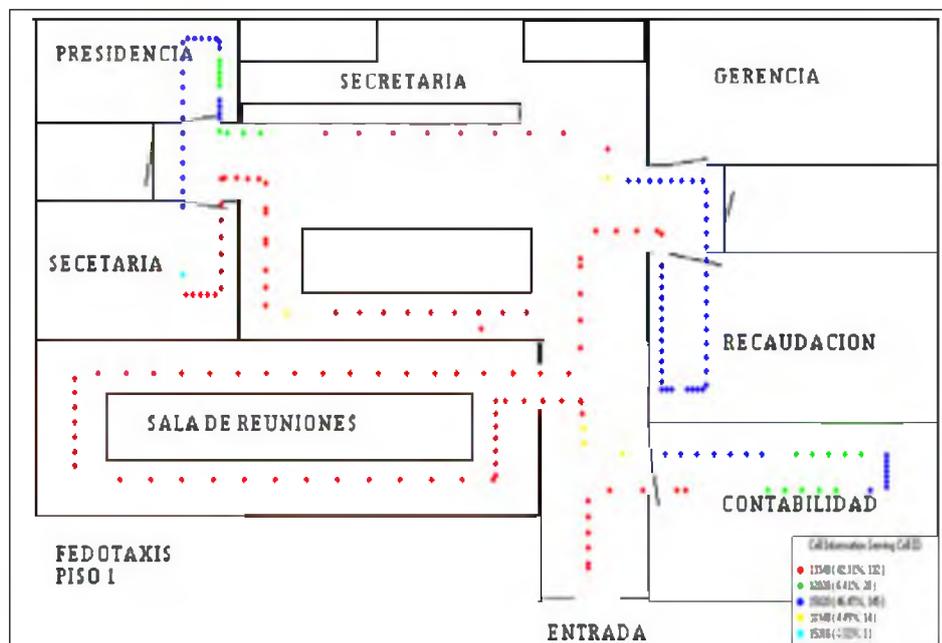


Figura 4. 19: Celda portadora en 2G

Elaborado por: Autor

Tabla 4. 7: Celda portadora de servicio con su respectivo ID

CI	SERVIDORA
13348	GPI_MENA_DEL_HIERRO_3
12020	NSN_GPI_CONDADO_2
15020	NSN_GPI_CONDADO_5
10348	GPI_MENA_DEL_HIERRO_0
15366	GPI_URBANIZACION_EL_CONDADO_5

Elaborado por: Autor

- **RxLevelSub:** Con este parámetro comprobamos la intensidad de la señal, los rangos según OTECEL SA son:

Tabla 4. 8: Rango de valores para OTECEL S.A

SERVING RX LEVEL SUB (dBm)	
●	MAYOR A -75
●	$-79 \leq x < -75$
●	$-84 \leq x < -79$
●	$-89 \leq x < -84$
●	$-95 \leq x < -89$
●	MENOR A -95

Elaborado por: Autor

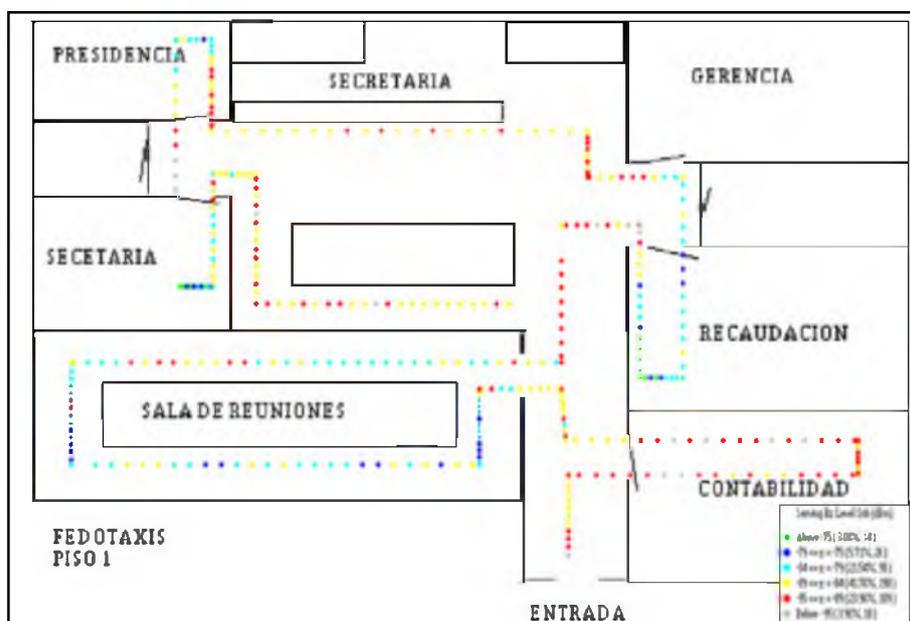


Figura 4. 20: Recorrido de Walk test para RxLevelSub en GSM

Elaborado por: Autor

En este caso comprobamos que la señal decae en ciertos puntos tal como lo muestra la figura 4.20 solo un 30.33% se encuentra en el rango de valores óptimos.

- **FER Sub:** En este parámetro los resultados muestran que el 98.91% de las tramas fueron enviadas con éxito.

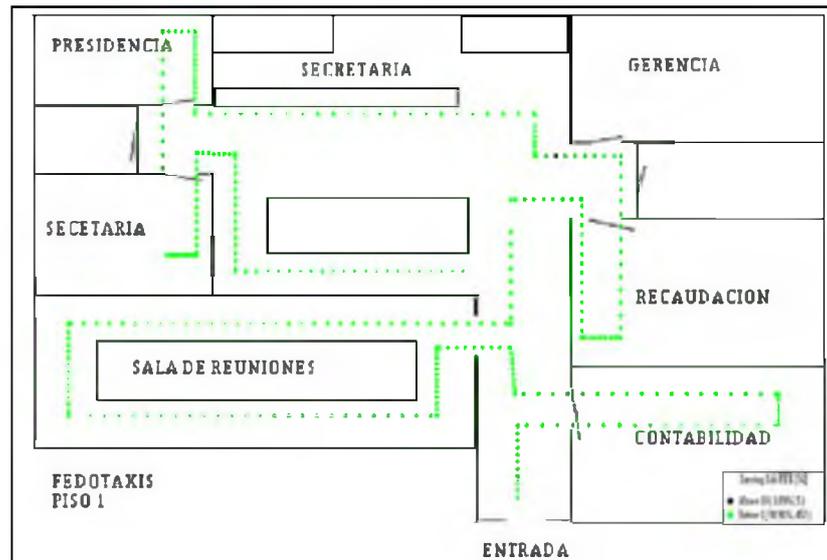


Figura 4. 21: Recorrido de Walk test para FER Sub en GSM
Elaborado por: Autor

- **RxQual Sub:** Como podemos observar en la figura 4.22 un 89.89% del recorrido realizado se encuentra por debajo de 3, lo que significa que está dentro de un estado de valores óptimos.

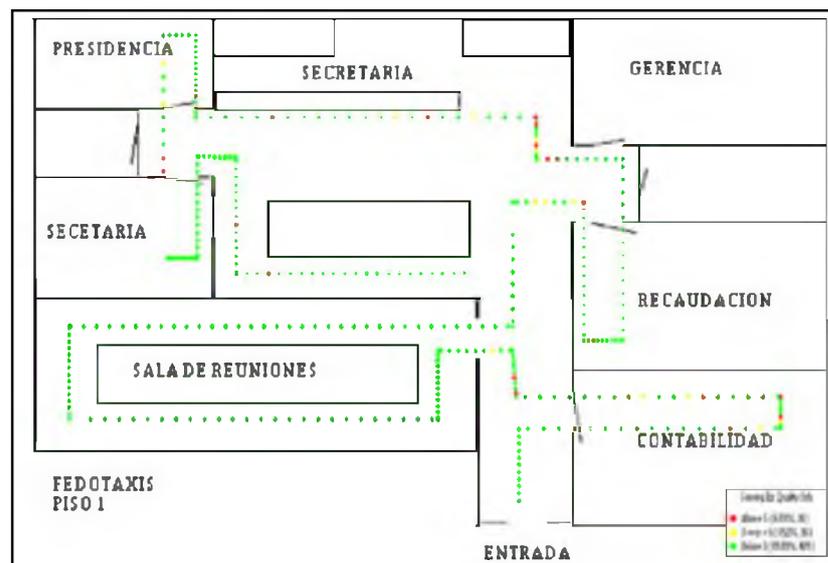


Figura 4. 22: Recorrido de Walk test para RxQualSub en GSM
Elaborado por: Autor

4.3.2.2. Pruebas estáticas (GSM)

Luego de realizar el walk test y verificando las oficinas donde existían problemas de comunicación, procedimos con las pruebas estáticas obteniendo los siguientes resultados:

- **Cell ID:** existen varias celdas identificadas para esta medición predominando la 15020 NSN_GPI_CONDADO_5

Tabla 4. 9: Celdas portadoras de servicio en GSM con su respectivo ID

CI	SERVIDORA
13348	GPI_MENA_DEL_HIERRO_3
10348	GPI_MENA_DEL_HIERRO_0
15020	NSN_GPI_CONDADO_5
12020	NSN_GPI_CONDADO_2

Elaborado por: Autor

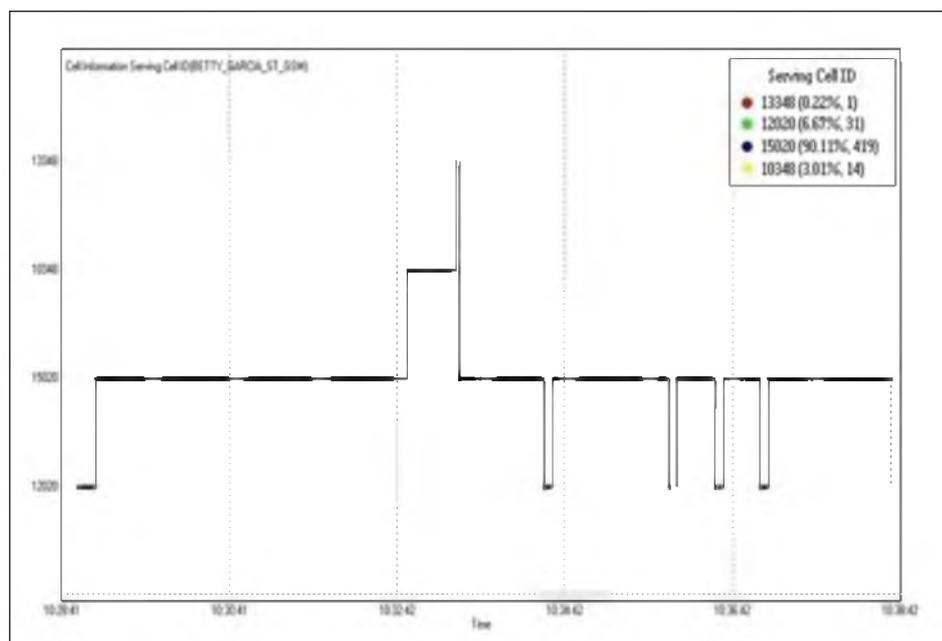


Figura 4. 23: Análisis de prueba estática de Cell Id en GSM

Elaborado por: Autor

- **RxLevelSub:** Observando la gráfica 4.24 podemos ver que el 48.46% del nivel de potencia recibido por el móvil se concentra entre -79 y -84 dBm y tomando en cuenta el rango de valores los resultados se sitúan en un nivel normal.

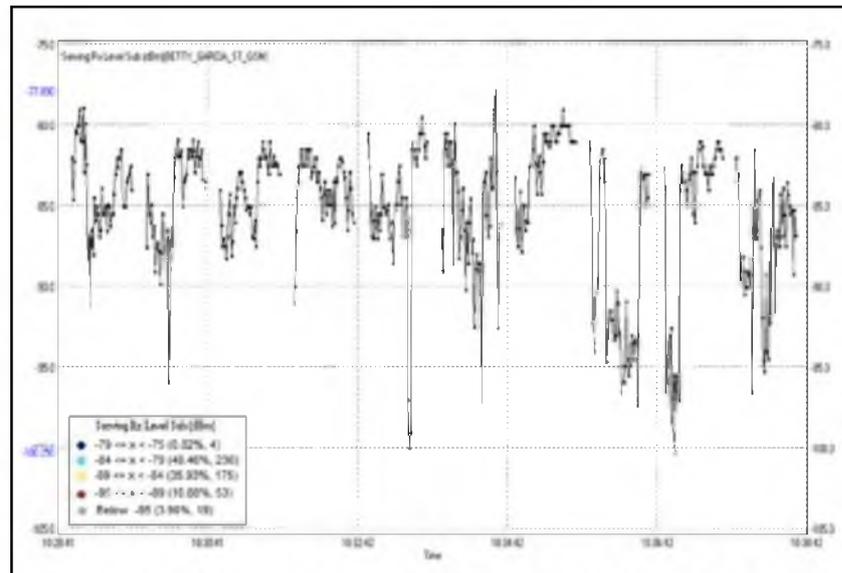


Figura 4. 24: Análisis de prueba estática de RxLevelSub en GSM
Elaborado por: Autor

- **FER Sub:** observando la figura 4.25 podemos ver que el 98.97% de tramas enviadas fueron recibidas con éxito.

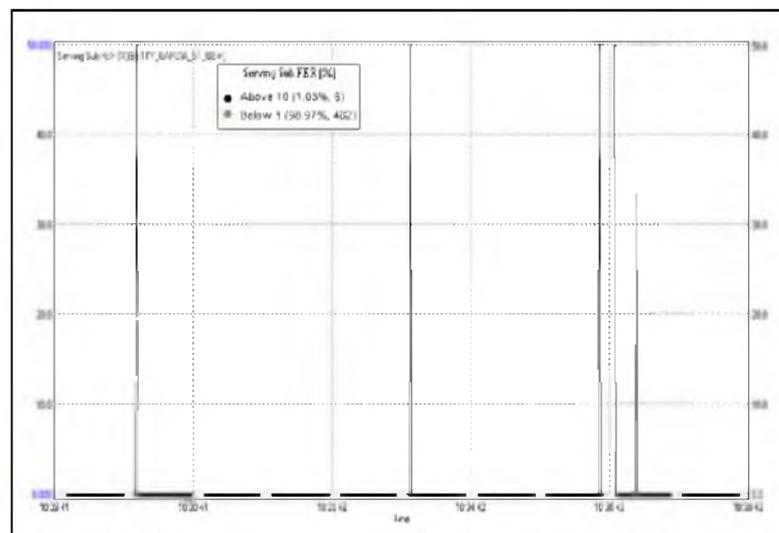


Figura 4. 25: Análisis de prueba estática de FER Sub en GSM
Elaborado por: Autor

- **RxQual Sub:** para este parámetro se obtuvieron resultados de 95.48% de calidad de servicio por debajo de 3, lo que indica que está en un estado óptimo.

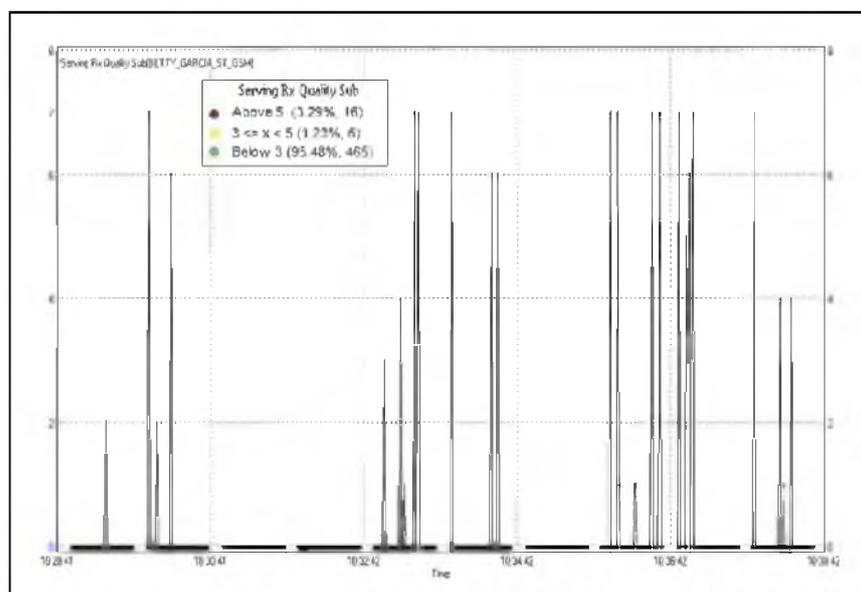


Figura 4. 26: Análisis de prueba estática de RxQualSub en GSM
Elaborado por: Autor

4.3.2.3. Walk Test (UMTS)

Así como realizamos el respectivo análisis de la red GSM (2G), es necesario verificar como opera la red UMTS (3G), los resultados son detallados a continuación:

- **Scrambling Code:** Para este caso el servicio es ofrecido por las PSC mostradas en la tabla 4.10 con su respectivo número de scrambling code, como podemos observar consta de dos celdas que brindan el servicio en tecnología UMTS.

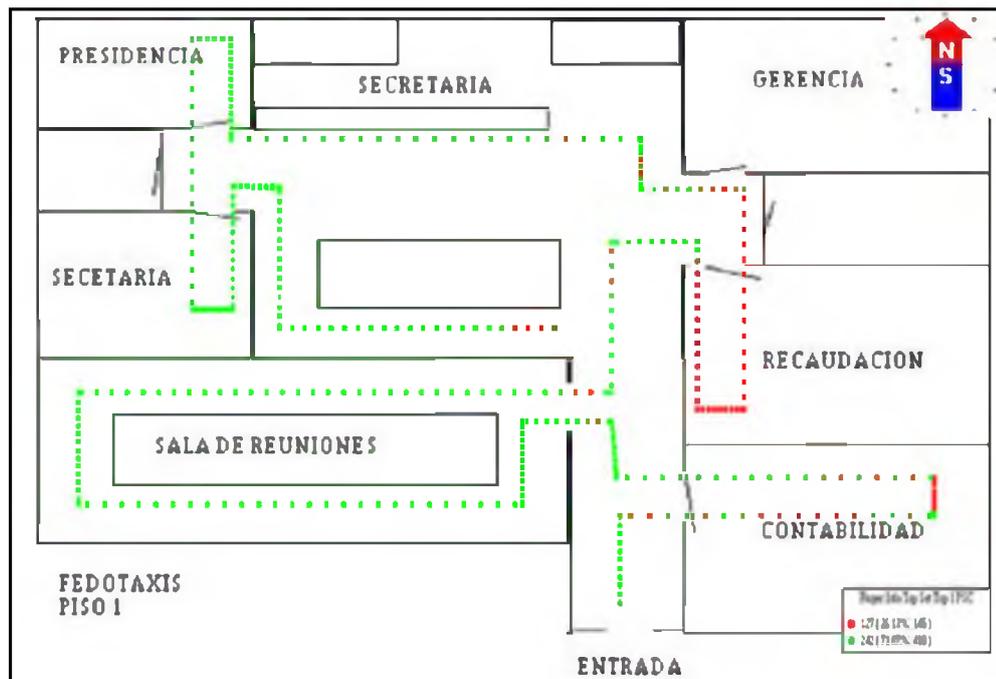


Figura 4. 27: Celdas portadoras en UMTS

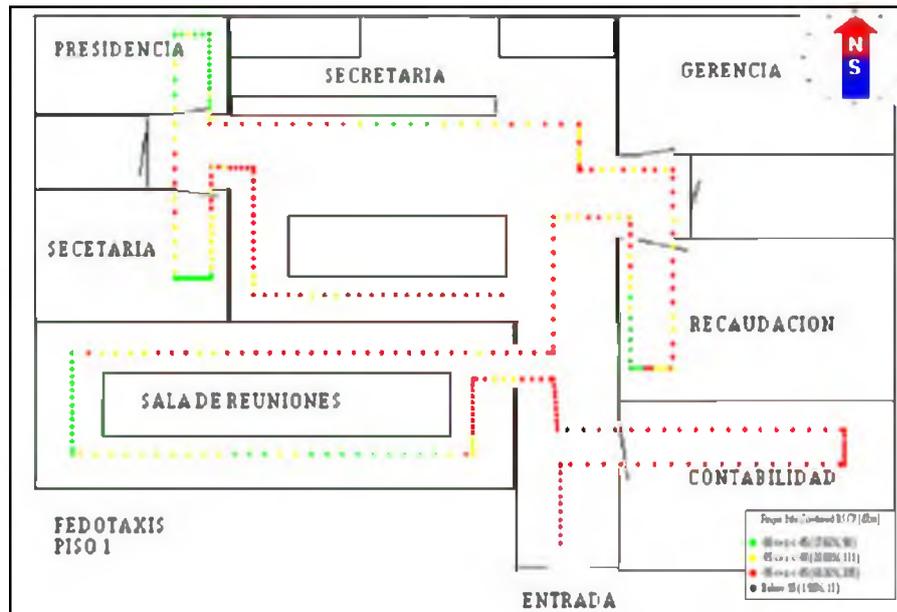
Elaborado por: Autor

Tabla 4. 10: Celdas portadoras de servicio en UMTS con su respectivo SC

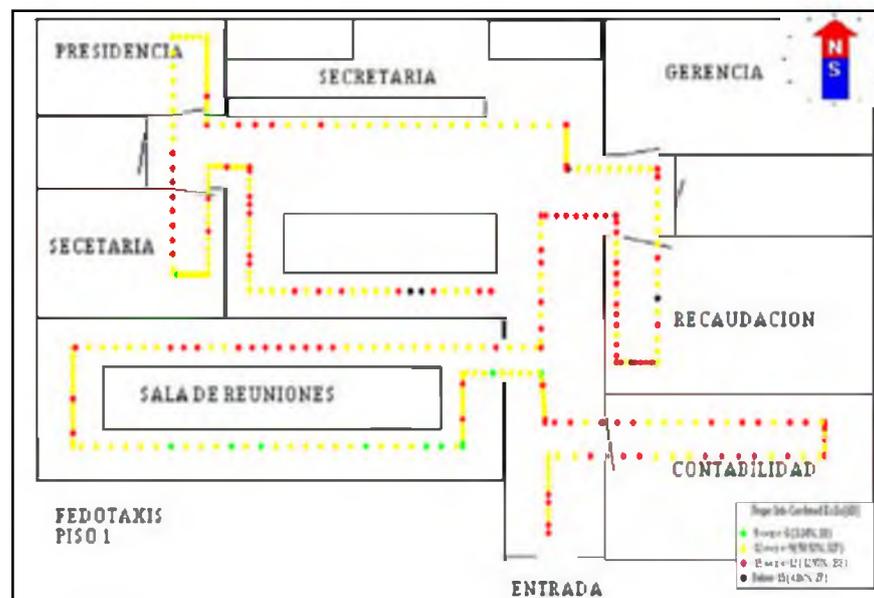
SC	SERVIDORA
127	UPI_CONDADO_BAJO_2
242	UPI_MENA_DEL_HIERRO_0

Elaborado por: Autor

- **RSCP:** Tal como observamos en la figura 4.28 los resultados del nivel de potencia del canal indican que el 60.36 % del nivel de cobertura se encuentra por encima del rango de valores de entre -95y -85 dBm. Lo que demuestra que existen ciertos inconvenientes en los niveles de potencia recibidos.



- **Ec/Io:** Se puede observar que durante la mayor parte del recorrido los valores de este parámetro se concentran entre -15 y -12 dBm, lo que representa una comunicación regular siguiendo el rango de valores.



- **Active Set count:** Como ya indicamos anteriormente existen 3 celdas brindando el servicio, pero el 69.67% del recorrido fue una sola celda la que ofreció el servicio.

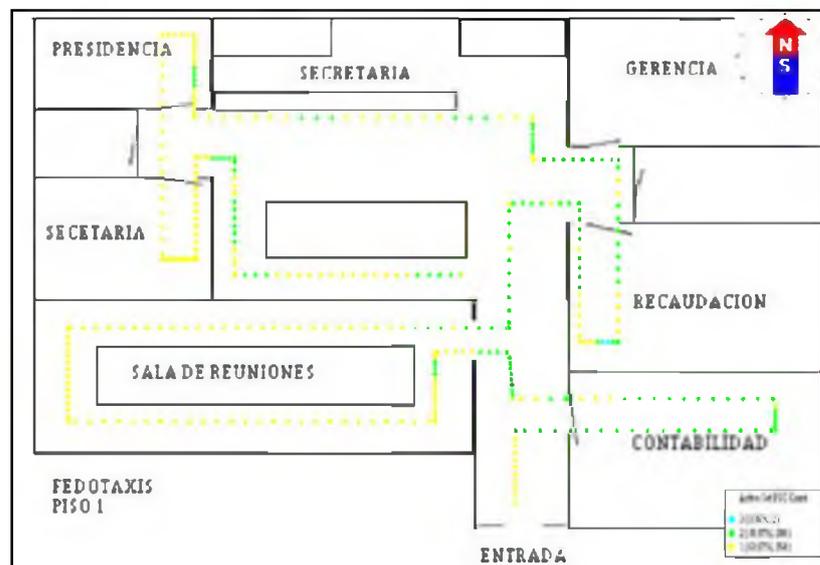


Figura 4. 30: Recorrido de Walk test para Active Set Count en UMTS
Elaborado por: Autor

4.3.2.4. Pruebas estáticas (UMTS)

- **Scrambling Code:** como podemos ver en la figura 4.31 existe una sola celda que ofreció el servicio durante el establecimiento de la llamada

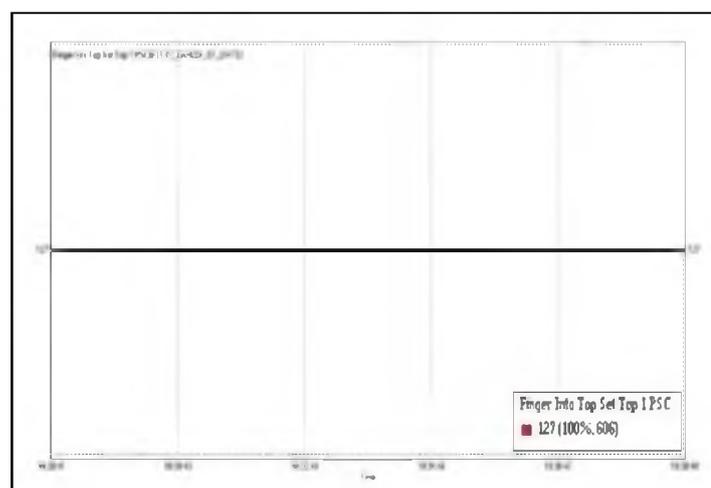


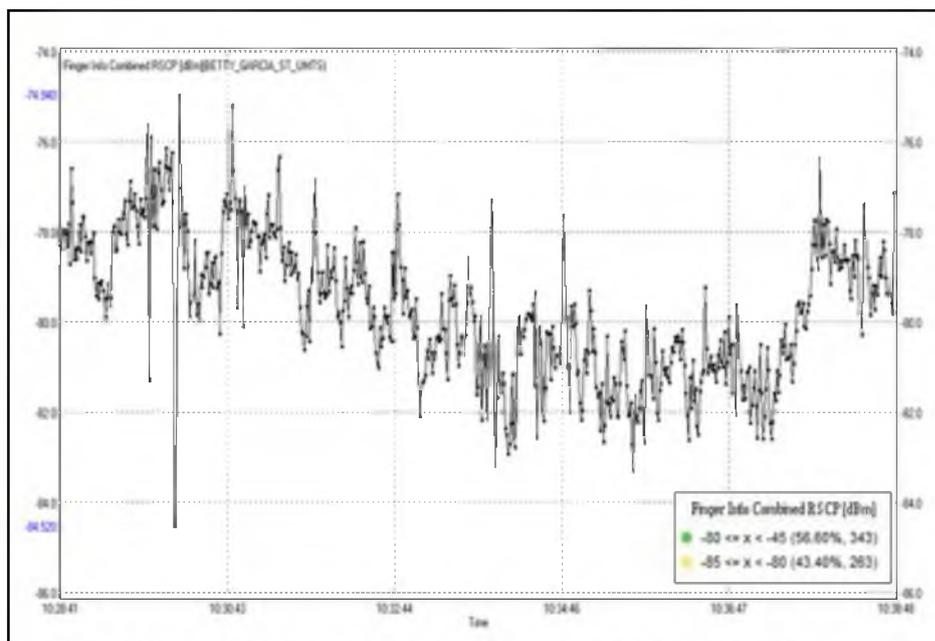
Figura 4. 31: Análisis de prueba estática de Scrambling Code en UMTS
Elaborado por: Autor

Tabla 4. 11: Celdas portadoras de servicio en UMTS con su respectivo SC

SC	SERVIDORA
127	UPI_CONDADO_BAJO_2

Elaborado por: Autor

- **RSCP:** Como observamos en la figura 4.32 el 56.60% de las llamadas se mantuvieron en un rango de -80 a -45 dBm, el resto se encontró en niveles más bajos, pero igualmente se mantiene dentro de un rango aceptable.

**Figura 4. 32:** Análisis de prueba estática de RSCP en UMTS

Elaborado por: Autor

- **Ec/Io:** En la figura 4.33 observamos que durante el 88.61% del recorrido los niveles de Ec/Io se concentraron entre -12 y -9 dB, lo que demuestra una calidad de señal dentro del rango aceptable.

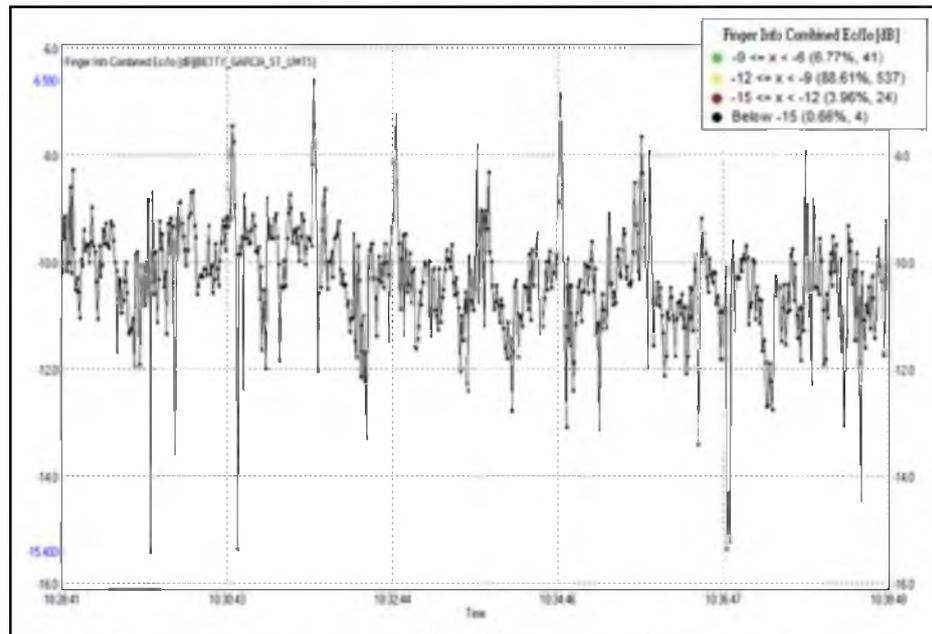


Figura 4. 33: Análisis de prueba estática de Ec/Io en UMTS
Elaborado por: Autor

- **Active Set count:** La figura 4.34 muestra una predominancia de una sola PSC durante las llamadas realizadas.

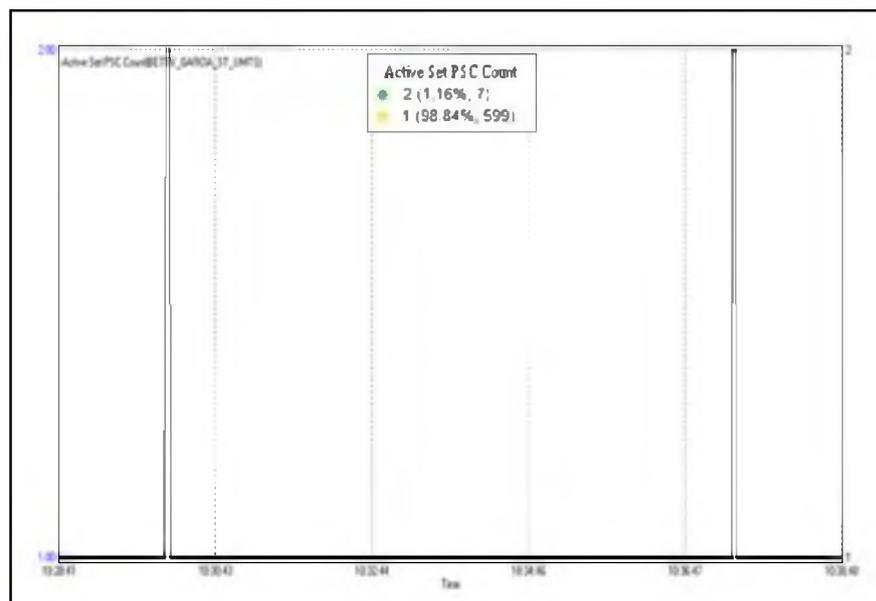


Figura 4. 34: Análisis de prueba estática de Active Set Count en UMTS
Elaborado por: Autor

4.3.2.5. Pruebas estáticas Modo Dual

Para esta prueba utilizamos el modem para hacer transferencia de datos en uplink y downlink, tomando como referencia el punto anterior de la red 3G, para verificar si existe algún tipo de inconveniente en la red.

Tabla 4. 12: Resultados pruebas Modo Dual

	Ubicación
Parámetro	1(oficinas)
Velocidad Uplink [kbps]	102,580
Velocidad Downlink [kbps]	1829,217

Elaborado por: Autor

4.4. Resumen y posibles soluciones de los datos de los clientes analizados.

A continuación se presenta un resumen puntualizado de las fallas detectadas en cada caso, se complementa la información con posibles soluciones y cambios en los parámetros físicos.

4.4.1. CASO A

Con el análisis de la red GSM Se aprecian niveles de cobertura y calidad excelentes, se puede acceder a los servicios de la red GSM de Movistar sin problemas. No se apreciaron eventos adversos como llamadas caídas o accesos fallidos para las llamadas de voz, y la calidad de voz se encuentra dentro de un nivel aceptable.

Para la red UMTS se aprecian niveles de recepción aceptables, pero la calidad de la señal presenta degradación en el predio del cliente. Se puede acceder a los servicios de la red UMTS de Movistar. No se apreciaron eventos

perjudiciales como llamadas caídas o accesos fallidos para las llamadas de voz. Las tasas de rendimiento en DL/UL fueron aceptables.

Una de las causas de la mala calidad de la señal puede ser la saturación de la red, la cual podría mejorar aumentando la capacidad de la celda agregando un transceptor.

4.4.2. CASO B

Con el análisis de la red GSM se aprecian niveles de cobertura regulares y calidad aceptable. Se presentaron breves interrupciones en la llamada de voz. En el WT se registró un setup fail. Se pudo acceder a todos los servicios GSM de Movistar.

En la red UMTS se muestran niveles de cobertura y calidad aceptables. No se registraron eventos desfavorables como setup fails, drop calls. Se logró acceder a los servicios UMTS de Movistar. Las tasas de rendimiento en DL y UL fueron satisfactorias.

Se presentan interrupciones de llamadas, debido a los problemas de cobertura; una posible solución, puede ser modificar el tilt eléctrico o mecánico para que el lóbulo de la antena afecte con mayor intensidad al cliente, este cambio debe ser de 3° como mínimo para que exista una diferencia. También podemos considerar hacer cambios en el azimuth, el mismo que para tener mejoras favorables deberá ser modificado al menos con 10°.

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1. Conclusiones.

- Al optimizar la red podemos indicar que el problema se resolverá con los cambios propuestos, pero es importante monitorear las zonas cercanas al nodo donde se reporten los inconvenientes.
- Con el análisis realizado, podemos verificar que el tráfico telefónico aumentará significativamente provocando inconvenientes en la cobertura, por tal motivo es importante que las operadoras telefónicas implementen sistemas de alta capacidad.
- De acuerdo a las pruebas realizadas comprendimos cual es el rango que demuestra que la red se encuentra en estado óptimo.

5.2. Recomendaciones.

- Es sumamente importante antes de realizar un drive test contar con una planificación previa de rutas, recursos necesarios, equipos correctamente energizados y verificar las variaciones climáticas que pueden afectar los resultados obtenidos.
- Utilizar software libre para realizar las pruebas mencionadas, lo que beneficiaría a las empresas que se dedican a la planificación y optimización de redes para reducir costos de operación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (s.f.). Obtenido de <https://www.google.com.ec/webhp?sourceid=chrome-instant&ion=1&espv=2&ie=UTF-8#>
- Alvarado Villareal, L. S., & Ojeda Cango, A. G. (Enero de 2015). *Repositorio Digital EPN*. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/browse?type=author&value=Alvarado+Villareal%2C+Leslie+Sof%C3%ADa>
- Alvaro, P. d. (2004). Evolución de los sistemas móviles celulares GSM. *S & T Revista de la Facultad de ingeniería de la Universidad ICESI*.
- ARCOTEL. (Diciembre de 2015). Obtenido de <http://www.arcotel.gob.ec/estadisticas/estadisticas/>
- Baltzar Sánchez, A., Medina Rodríguez, M., & Montiel García, A. (2007). Obtenido de http://tesis.bnct.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/55/TESISbaltazar_sanchez.pdf?sequence=1
- Fernández Orozco, G. (2013). *Repositorio institucional de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo*. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3627>
- Holma, H., & Toskala, A. (2009). LTE for UMTS- OFDMA and SC-FDMA Based Radio Access. En H. Holma, & A. Toskala, *LTE for UMTS-*

OFDMA and SC-FDMA Based Radio Access (pág. Pág. 28). Great Britain: John Wiley & Sons, Ltd.

- Hurtado, C. (Abril de 2011). *Biblioteca Digital EPN*. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/3738/1/CD-3533.pdf>
- Martinez, E. (2011). La evolución de la telefonía móvil. *Revista RED*.
- Stuber, G. L. (2011). *Principles of Mobile Communication*. Atlanta, GA: Springer.
- Sumit, K., & Nishit, N. (2004). 3G Networks Architecture, Protocols and Procedures. En *3G Networks Architecture, Protocols and Procedures* (págs. Pag. 38-39). New Delhi: Tata McGraw-Hill.
- *TELECOMOHALL*. (s.f.). Obtenido de <http://www.telecomhall.com/>



**Presidencia
de la República
del Ecuador**



**Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes**



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, Annie Gianella Villamar Rivadeneira, con C.C: # 0930390737 autor/a del trabajo de titulación: **“Estudio de casos de Optimización en clientes VIP de la red celular de movistar, en la ciudad de Quito; análisis y recomendaciones de cambios en los parámetros físicos y lógicos para mejorar el servicio.”** previo a la obtención del título de **INGENIERA EN TELECOMUNICACIONES** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 14 de marzo de 2016

f.

Nombre: Annie Gianella Villamar Rivadeneira
C.C: 0930390737



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Estudio de casos de Optimización en clientes VIP de la red celular de movistar, en la ciudad de Quito; análisis y recomendaciones de cambios en los parámetros físicos y lógicos para mejorar el servicio.		
AUTOR(ES) (apellidos/nombres):	Villamar Rivadeneira Annie Gianella		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES) (apellidos/nombres):	M. Sc. Miguel A. Heras Sánchez.		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería en Telecomunicaciones		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniera en Telecomunicaciones		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	14 de marzo de 2016	No. DE PÁGINAS:	88
ÁREAS TEMÁTICAS:	Sistemas de Información, Desarrollo de Sistemas		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	OPTIMIZACION, PLATAFORMA WEB, CURSOS EN LÍNEA, ENTRENAMIENTO		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):			
<p>El siguiente trabajo de titulación permite presentar de manera breve al lector un análisis y estudio de casos de clientes de la red de Movistar que presentan inconvenientes, para lo cual es importante que antes de llevar a cabo la recopilación de datos para su post procesamiento se realice un estudio sobre las generaciones de la telefonía móvil, así como sus tecnologías de acceso y su arquitectura.</p> <p>Existen varios parámetros de mucha importancia ya que de ellos depende el rendimiento de la red, en este trabajo se encuentran detallados los rangos de estados óptimos de la red, así como los equipos necesarios para llevar a cabo una prueba de drive test, walk test o simplemente una prueba estática.</p> <p>Se presentan dos casos diferentes de clientes VIP en la ciudad de Quito, los cuales fueron evaluados con las pruebas estáticas y walk test para determinar la calidad del servicio.</p> <p>Así mismo al finalizar el capítulo se encuentra un resumen técnico de cada caso para una mejor comprensión y se determina cuáles serían las posibles soluciones.</p> <p>Hoy en día los usuarios requieren de una excelente calidad de servicios ofrecidos por los proveedores de telefonía, por lo cual estas empresas proveedoras deben optimizar todos sus recursos para contar con clientes satisfechos.</p>			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: 2213521 0982957726	E-mail: agvillamar@hotmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:	Nombre: Palacios Meléndez Edwin Fernando		
COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE	Teléfono: 0968366762		
	E-mail: edwin.palacios@cu.ucsg.edu.ec		

SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA

Nº. DE REGISTRO (en base a datos):	
Nº. DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):	