

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERÍA**

**“ANÁLISIS Y MONITORIZACIÓN DE LA INTERFAZ AIRE DE LAS
OPERADORAS CELULARES EN EL CAMPUS DE LA E.S.P.E PARA
DETERMINAR LA CALIDAD DE SERVICIO”**

JUAN CARLOS MINANGO NEGRETE

Sangolquí - Ecuador

2011

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente proyecto de grado titulado: “ANÁLISIS Y MONITORIZACIÓN DE LA INTERFAZ AIRE DE LAS OPERADORAS CELULARES EN EL CAMPUS DE LA E.S.P.E PARA DETERMINAR LA CALIDAD DE SERVICIO” ha sido desarrollado en su totalidad por el señor Juan Carlos Minango Negrete con C.I. 171604244-3, bajo nuestra dirección.

Ing. Darío Duque C
DIRECTOR

Ing. José Robles S
CODIRECTOR

RESUMEN DEL PROYECTO DE GRADO

Este proyecto se ha enfocado en servir como un documento que proporcione información acerca de la Calidad de Servicio (QoS) y Cobertura proporcionado por las operadoras de telefonía móvil celular dentro del campus de la E.S.P.E, teniendo en consideración elementos relacionados con la accesibilidad de red e integridad del servicio, las cuales conforman los bloques funcionales básicos para medir la calidad de servicio en redes móviles celulares.

Dentro del proyecto se contempla la monitorización en tiempo real de la interfaz aire tanto en modo inactivo como en servicio de voz y datos mediante el uso del software TEMS Pocket Profesional 7.0 implementado en el teléfono móvil Sony Ericsson C905a, este teléfono en modo ingeniería se encarga de recoger los datos más relevantes de los canales y los eventos generados por la red móvil a nivel de la interfaz aire.

Posteriormente se realiza el post-procesamiento de los datos almacenados en el teléfono con el respectivo análisis por medio del software TEMS Investigation 10.0.2, a fin de determinar la Calidad de Servicio (QoS) tanto de voz como de datos ofrecido por las operadoras de telefonía móvil en el campus de la E.S.P.E y compararla con los estándares que recomienda el 3GPP.

DEDICATORIA

A mis padres y hermano, por darme todo sin esperar nada a cambio, por disfrutar y sufrir conmigo, por enseñarme a vivir. En todo momento los llevo conmigo

Juan Carlos

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios y al niñito Rey de Reyes, por permitirme llegar hasta este momento tan importante de mi vida y llenarme de dichas y bendiciones.

A mis padres Silvia y Marcelo por su cariño, comprensión y apoyo sin condiciones ni medida. Gracias por guiarme sobre el camino de la educación.

A mi hermano David, ya que además de ser un buen amigo eres la mejor compañía para compartir el mismo techo.

A mis amigos, con quienes hemos pasado inolvidables momentos durante este tiempo.

A los ingenieros Darío Duque, y José Robles, quienes con sus conocimientos supieron guiar este proyecto.

Juan Carlos

PRÓLOGO

La Calidad de Servicio ha sido desde siempre uno de los aspectos más importantes a la hora de diseñar las redes de telefonía móvil celular, así como de los servicios que se prestan en ellas. Con todo, su importancia cada vez es mayor porque los clientes demandan cada vez más una mayor calidad, tanto en el uso privado de los servicios móviles, como en el uso profesional que muchos han hecho de ellos, al hacer depender una buena parte de sus negocios de la utilización de la red móvil. El presente proyecto se ha enfocado en servir como un documento que proporcione información acerca de la Calidad de Servicio (QoS) y Cobertura a nivel de la interfaz aire proporcionado por las operadoras de telefonía móvil celular dentro del campus de la E.S.P.E, teniendo en consideración elementos relacionados con la accesibilidad de red e integridad del servicio, las cuales conforman los bloques funcionales básicos para medir la calidad de servicio en redes móviles celulares.

En el primer capítulo se desarrolla la explicación de los distintos fundamentos de las comunicaciones móviles celulares teniendo como base la actualidad en el entorno Ecuatoriano, donde se explica los parámetros correspondientes al interfaz aire de los sistemas de 2G (GSM), 2.5G (GPRS-EDGE), 3G (WCDMA) y 3.5G (HSDPA).

El segundo capítulo contiene la descripción de la situación actual de las operadoras móviles en el Ecuador, en lo referente a sistemas móviles desplegados así como los factores que son utilizados para determinar la Calidad de Servicio (QoS).

En el tercer capítulo se describe el proceso de monitorización de la interfaz aire en el campus de la E.S.P.E, así como la recolección de información de las pruebas de campo a través del TEMS Pocket.

El cuarto capítulo se refiere al post-procesamiento y el análisis correspondiente a través del TEMS Investigation de los resultados de la monitorización de la interfaz aire en el campus de la E.S.P.E así como la presentación de los mismos a fin de determinar la Calidad de Servicio.

Finalmente en el quinto capítulo se da a conocer las conclusiones y recomendaciones que han surgido durante el desarrollo de este proyecto.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 SISTEMAS CELULARES 2G	2
1.2.1 Características principales	2
1.2.2 GSM (<i>Global System for Mobile Communication</i>)	3
1.2.2.1 Características Generales del sistema GSM	3
1.2.2.2 Modulación GMSK	4
1.2.2.3 Tipos de ráfagas en el sistema GSM	5
1.2.2.4 Canales Lógicos	9
1.2.2.5 Procedimiento de sincronización y llamada.	12
1.2.2.6 Funciones de un sistema móvil	14
1.3 SISTEMAS CELULARES 2.5G	18
1.3.1 Características principales	18
1.3.2 GPRS (<i>General Packet Radio Service</i>)	18
1.3.2.1 Características de GPRS	19
1.3.2.2 Interfaz aire GPRS	19
1.3.3 EDGE (<i>Enhanced Data Rates for Global Evolution</i>)	21
1.4 SISTEMAS CELULARES 3G	22
1.4.1 Características principales	22
1.4.2 WCDMA (<i>Wideband Code Division Multiple Access</i>)	23
1.4.2.1 Parámetros principales de WCDMA.	23
1.4.2.2 Estructura de la trama en WCDMA	24
1.4.2.3 Canales en WCDMA	25

1.4.2.4 Elementos del sistema WCDMA.....	29
1.4.2.5 Códigos en WCDMA.	31
1.5 SISTEMAS CELULARES 3.5G.....	33
1.5.1 Características Principales.....	33
1.5.2 HSDPA (<i>High - Speed Downlink Packet Access</i>).....	33
1.5.2.1 Interfaz aire HSDPA.....	34

CAPÍTULO II: SITUACIÓN ACTUAL DE LAS OPERADORAS MÓVILES EN EL ECUADOR

2.1 NÚMERO DE USUARIOS DE TELEFONÍA MÓVIL.....	37
2.2 PLATAFORMAS DESPLEGADAS POR LAS OPERADORAS DE TELEFONÍA MÓVIL	41
2.2.1 Bandas de frecuencias para las operadoras de telefonía móvil en el Ecuador según el Plan Nacional de Frecuencias.....	43
2.3 INTERFAZ AIRE DE LAS OPERADORAS DE TELEFONÍA MÓVIL	47
2.3.1 Interfaz aire de la operadora de telefonía móvil Porta.....	47
2.3.2 Interfaz aire de la operadora de telefonía móvil Movistar.....	49
2.3.3 Interfaz aire de la operadora de telefonía móvil Alegro.....	52
2.4 PARÁMETROS DE CALIDAD OFRECIDOS POR LAS OPERADORAS DE TELEFONÍA MÓVIL.....	55
2.4.1 Calidad de Servicio.....	55
2.4.2 Clases y bloques funcionales de la calidad de servicio	59

CAPÍTULO III: MONITORIZACIÓN DE LA INTERFAZ AIRE EN EL CAMPUS DE LA E.S.P.E

3.1 TEMS POCKET 7.0.....	62
3.1.1 Teléfono <i>Sony Ericsson C905a</i>	63
3.1.1.1 Especificaciones Técnicas C905a.....	64

3.1.2 Menú TEMS Pocket 7.0: Visión General.....	66
3.1.2.1 <i>Data Views</i>	68
3.1.3 Presentación de datos en el TEMS Pocket 7.0	70
3.1.3.1 Combinación de <i>Data Views</i>	71
3.1.3.2 WCDMA <i>Data Views</i>	72
3.1.3.3 GSM <i>Data Views</i>	72
3.1.3.4 Presentación Gráfica (<i>Graph Views</i>)	73
3.1.4 Control de Celdas	74
3.1.5 Eventos del TEMS Pocket 7.0.....	76
3.1.5.1 Observación del Registro de Eventos.....	76
3.1.6 Soporte de GPS.....	78
3.1.6.1 Menú GPS.	78
3.1.7 Grabación de información en Archivos Logfile	80
3.1.7.1 Grabación de archivos <i>logfile</i> , (<i>Start/Stop</i>)	81
3.2 MEDICIONES DE LA INTERFAZ AIRE EN EL CAMPUS DE LA E.S.P.E	81
3.2.1 Pruebas de Campo con el TEMS Pocket 7.0.....	82
3.2.1.1. Definición de rutas y metodología de medición.....	82
3.2.1.2. Carga de parámetros y verificación del equipo	84
3.2.1.3. Mediciones en terreno	85
3.2.2 Recolección de datos de las mediciones realizadas.....	90
<u>CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE LA MONITORIZACIÓN</u>	
4.1 SOFTWARE DE POST-PROCESAMIENTO TEMS INVESTIGATION 10.0.2 .	96
4.1.1 Descripción de las principales características del TEMS Investigation	98
4.1.1.1 Formatos de Presentación en el TEMS Investigation.....	100
4.2 PARÁMETROS DE ANÁLISIS DE LAS MEDICIONES REALIZADAS EN EL CAMPUS DE LA E.S.P.E.....	104
4.2.1 Determinación de los parámetros post-procesamiento.....	105
4.2.1.1 La accesibilidad de la red.	105
4.2.1.2 La accesibilidad del servicio	106
4.2.1.3 La integridad del servicio	107

4.3 ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS	111
4.3.1 INTERFAZ AIRE GSM.....	114
4.3.1.1 Análisis y Presentación de Resultados de la Operadora Movistar	114
4.3.1.2 Análisis y Presentación de Resultados de la Operadora Alegro.....	124
4.3.1.3 Análisis y Presentación de Resultados de la Operadora Porta	132
4.3.2 INTERFAZ AIRE GPRS/EGPRS	140
4.3.2.1 Análisis y Presentación de Resultados de la Operadora Movistar	141
4.3.2.2 Análisis y Presentación de Resultados de la Operadora Porta	147
4.3.3 INTERFAZ AIRE WCDMA.....	152
4.3.3.1 Análisis y Presentación de Resultados de la Operadora Movistar	152
4.3.1.2 Análisis y Presentación de Resultados de la Operadora Porta	163
4.3.4 INTERFAZ AIRE HSDPA	171
4.3.4.1 Análisis y Presentación de Resultados de la Operadora Movistar	171
4.3.4.2 Análisis y Presentación de Resultados de la Operadora Porta	176

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES	182
5.2 RECOMENDACIONES	184

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla. I.1. Registro y actualización de la localización del terminal móvil.....	13
Tabla. I.2. Establecimiento de llamada desde la estación base	13
Tabla. I.3. Establecimiento de llamada desde el terminal móvil.....	14
Tabla. I.4. Canales lógicos usados en GPRS.....	20
Tabla. I.5. Correspondencia entre canales WCDMA	29
Tabla. I.6. Tipos de códigos de WCDMA.....	32
Tabla. I.7. Características de los nuevos canales físicos y lógicos de HSDPA.....	35
Tabla. II.1. Densidad de Servicio Móvil	39
Tabla. II.2. Abonados por Operadora y Plataforma	43
Tabla. II.3. Bandas de Frecuencia 1850-1990MHz.....	45
Tabla. II.4. Radiobases por Plataforma (Porta)	48
Tabla. II.5. Radiobases por Plataforma y Provincia (Porta).....	49
Tabla. II.6. Radiobases por Plataforma (Movistar)	51
Tabla. II.7. Radiobases por Plataforma y Provincia (Movistar).....	52
Tabla. II.8. Radiobases por Plataforma (Alegro).....	53
Tabla. II.9. Radiobases por Plataforma y Provincia (Alegro)	54
Tabla. III.1. Datos Técnicos C905a.....	64
Tabla. III.2. Rendimiento y Características Técnicas.....	65
Tabla. III.3. Transmisor RF Potencia de Salida	65
Tabla. III.4. Receptor RF Sensibilidad	65
Tabla. III.5. Datos Técnicos GPRS	66
Tabla. III.6. Información MCC y MNC	91
Tabla. III.7. Información LAC y RAC	92
Tabla. III.8. Determinación de la Frecuencia de Portadora en base al ARFCN.....	92
Tabla. III.9. Información Parámetros UARFCN, 3GPP TS 25.101	94
Tabla. III.10. Determinación de la Frecuencia de Portadora en base al UARFCN.....	95
Tabla. IV.1. Tipos de Prueba de Campo Realizadas	104
Tabla. IV.2. Escala de RXQUAL	109
Tabla. IV.3. Llamadas de Prueba de la operadora Movistar 2G	114
Tabla. IV.4. Llamadas de Prueba e Información de la Red Móvil, Movistar 2G.....	116
Tabla. IV.5. Clasificación de acuerdo al nivel de cobertura, Ruta 1 y 2, Movistar 2G.....	123
Tabla. IV.6. Llamadas de Prueba de la operadora Alegro 2G.....	124
Tabla. IV.7. Llamadas de Prueba e Información de la Red Móvil, Alegro 2G	125
Tabla. IV.8. Clasificación de acuerdo al nivel de cobertura, Ruta 1 y 2, Alegro 2G	131

Tabla. IV.9. Llamadas de Prueba de la operadora Porta 2G	132
Tabla. IV.10. Llamadas de Prueba e Información de la Red Móvil, Porta 2G.....	133
Tabla. IV. 11. Clasificación de acuerdo al nivel de cobertura, Ruta 1 y 2, Porta 2G.....	139
Tabla. IV.12. Modulación y Esquemas de codificación en EDGE	140
Tabla. IV.13. Throughput, a nivel de la capa RLC (<i>downlink</i>), Movistar 2.5G.....	142
Tabla. IV.14. Throughput, a nivel de la capa RLC (<i>uplink</i>), Movistar 2.5G	144
Tabla. IV.15. BLER, a nivel de la capa RLC, Movistar 2.5G.....	146
Tabla. IV.16. Throughput, a nivel de la capa RLC (<i>downlink</i>), Porta 2.5G.....	147
Tabla. IV.17. Throughput, a nivel de la capa RLC (<i>uplink</i>), Porta 2.5G	149
Tabla. IV.18. BLER, a nivel de la capa RLC, Porta 2.5G.....	151
Tabla. IV.19. Llamadas de Prueba de la operadora Movistar 3G.	152
Tabla. IV.20. Llamadas de Prueba e Información de la Red Móvil, Movistar 3G.....	153
Tabla. IV.21. SQI expresado en escala de MOS	155
Tabla. IV.22. RSCP vs Ec/No obtenido en la ruta 1 y 2, Operadora Movistar 3G	162
Tabla. IV.23. Llamadas de Prueba de la operadora Porta 3G	163
Tabla. IV.24. Llamadas de Prueba e Información de la Red Móvil, Porta 3G.....	164
Tabla. IV.25. RSCP vs Ec/No obtenido en la ruta 1 y 2, Operadora Porta 3G	170
Tabla. IV.26. HS-DSCH Throughput, Movistar 3.5G.....	172
Tabla. IV.27. HS-DSCH ACK y NACK, Movistar 3.5G.....	174
Tabla. IV.28. HS-DSCH BLER, Movistar 3.5G	175
Tabla. IV.29. HS-DSCH Throughput, Porta 3.5G	177
Tabla. IV.30. HS-DSCH ACK y NACK, Porta 3.5G.....	179
Tabla. IV.31. HS-DSCH BLER, Porta 3.5G	180

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. I.1. Bandas de frecuencias en el enlace ascendente y descendente.....	4
Figura. I.2. Señal Modulada con GMSK	5
Figura. I.3. Estructura de una ráfaga normal	5
Figura. I.4. Estructura de una ráfaga de corrección de frecuencia	6
Figura. I.5. Estructura de una ráfaga de sincronización	7
Figura. I.6. Estructura de una ráfaga de acceso	8
Figura. I.7. Estructura de una ráfaga de relleno.....	8
Figura. I.8. Estructura de tramas en el sistema GSM	9
Figura. I.9. Diferentes modalidades de traspaso.....	16
Figura. I.10. Trama GPRS	21
Figura. I.11. Multiplexación de canales lógicos en la multitrama GPRS.....	21
Figura. I.12. Trama WCDMA	24
Figura. I.13. Efecto cerca-lejos.....	30
Figura. I.14. Nuevos canales físicos y lógicos para HSDPA	36
Figura. II.1. Distribución del Mercado de Telefonía Móvil, por Operadora.....	39
Figura. II.2. Distribución del Mercado de Telefonía Móvil, por Tipo de Abonado.....	40
Figura. II.3. Distribución del Mercado de Telefonía Móvil, Tipo de Abonado (Alegro)	40
Figura. II.4. Distribución del Mercado de Telefonía Móvil, Tipo de Abonado (Movistar) .	41
Figura. II.5. Distribución del Mercado de Telefonía Móvil, Tipo de Abonado (Porta).....	41
Figura. II.6. Plataformas de Acceso de Telefonía Móvil.....	42
Figura. II.7. Bandas 824 – 849MHz y 869 – 894MHz para operadoras	44
Figura. II.8. Plataformas ofrecida por Porta	47
Figura. II.9. Plataformas ofrecida por Movistar	50
Figura. II.10. Plataformas ofrecidas por Alegro.....	53
Figura. II.11. Clasificación de QoS	56
Figura. III.1. Teléfono <i>Sony Ericsson</i> C905a.....	63
Figura. III.2. a) Menú TEMS Pocket y b) Menú Activo	67
Figura. III.3. Estructura del TEMS Pocket.....	69
Figura. III.4. a) Ejemplo de <i>Data View</i> y b) Ejemplo de la Ayuda	69
Figura. III.5. <i>Data view</i> correspondiente a <i>W/G Cells</i>	70
Figura. III.6. Menú Control de Celda (<i>Cell Control</i>).....	74
Figura. III.7. Menú Registro de Eventos	76
Figura. III.8. Información de Eventos	77
Figura. III.9. Contador de Eventos	78
Figura. III.10. Elección del Dispositivo GPS	79

Figura. III.11. Dispositivo GPS: <i>GPSlim236</i>	80
Figura. III.12. a) Configuraciones <i>Logfiles</i> y b) Selección de localización de <i>logfiles</i>	81
Figura. III.13. Ruta 1	83
Figura. III.14. Ruta 2	83
Figura. III.15. Configuraciones llamadas de Voz.....	86
Figura. III.16. WCDMA WAP browser view	87
Figura. III.17. GPRS WAP browser view	88
Figura. III.18. Porcentaje Utilización ARFCN (Movistar).....	93
Figura. III.19. Porcentaje Utilización ARFCN (Porta).....	93
Figura. III.20. Porcentaje Utilización ARFCN (Alegro).....	94
Figura. IV.1. Módulo <i>Data Collection</i> y <i>Route Analysis</i>	97
Figura. IV.2. Ventana Inicialización <i>Data Collection</i>	99
Figura. IV.3. Ventana de Mensajes	101
Figura. IV.4. Presentación Línea de Gráficos	102
Figura. IV.5. Presentación en Mapa	102
Figura. IV.6. Presentación en Ventana de Estado	103
Figura. IV.7. Presentación Ventana Contador de Eventos	103
Figura. IV.8. Diagrama de Estados para Llamadas de Prueba	112
Figura. IV.9. RxQual obtenido en la ruta 1 y 2, Movistar 2G.....	117
Figura. IV.10. RxQual campus de la E.S.P.E, Movistar 2G	118
Figura. IV.11. FER obtenido en la ruta 1 y 2, Movistar 2G.....	119
Figura. IV.12. FER campus de la E.S.P.E, Movistar 2G.....	120
Figura. IV.13. RxLev obtenido en la ruta 1, Movistar 2G	121
Figura. IV.14. RxLev obtenido en la ruta 2, Movistar 2G	122
Figura. IV.15. RxLev campus de la E.S.P.E, Movistar 2G	123
Figura. IV.16. RxQual obtenido en la ruta 1 y 2, Alegro 2G	126
Figura. IV.17. RxQual campus de la E.S.P.E, Alegro 2G.....	127
Figura. IV.18. FER obtenido en la ruta 1 y 2, Alegro 2G	127
Figura. IV.19. FER campus de la E.S.P.E, Alegro 2G.....	128
Figura. IV.20. RxLev obtenido en la ruta 1, Alegro 2G.....	129
Figura. IV.21. RxLev obtenido en la ruta 1, Alegro 2G.....	130
Figura. IV.22. RxLev campus de la E.S.P.E, Alegro 2G	131
Figura. IV.23. RxQual obtenido en la ruta 1 y 2, Porta 2G.....	134
Figura. IV.24. RxQual campus de la E.S.P.E, Porta 2G	135
Figura. IV.25. FER obtenido en la ruta 1 y 2, Porta 2G.....	135
Figura. IV.26. FER campus de la E.S.P.E, Porta 2G.....	136
Figura. IV.27. RxLev obtenido en la ruta 1, Porta 2G	137
Figura. IV.28. RxLev obtenido en la ruta 2, Porta 2G	138
Figura. IV.29. RxLev campus de la E.S.P.E, Porta 2G	139
Figura. IV.30. Throughput, a nivel de la capa RLC (<i>downlink</i>), Movistar 2.5G	142
Figura. IV.31. MCS y número de Timeslots (<i>downlink</i>), Movistar 2.5G.....	143
Figura. IV.32. Throughput, a nivel de la capa RLC (<i>uplink</i>), Movistar 2.5G	144
Figura. IV.33. MCS y número de Timeslots (<i>uplink</i>), Movistar 2.5G	145
Figura. IV.34. BLER, a nivel de la capa RLC, Movistar 2.5G	145
Figura. IV.35. Throughput, a nivel de la capa RLC (<i>downlink</i>), Porta 2.5G	147

Figura. IV.36. MCS y número de Timeslots (<i>downlink</i>), Porta 2.5G.....	148
Figura. IV.37. Throughput, a nivel de la capa RLC (<i>uplink</i>), Porta 2.5G	149
Figura. IV.38. MCS y número de Timeslots (<i>uplink</i>), Porta 2.5G	150
Figura. IV.39. BLER, a nivel de la capa RLC, Porta 2.5G	150
Figura. IV.40. SQI-MOS de la Operadora Movistar (WCDMA).....	155
Figura. IV.41. RSCP obtenido en la ruta 1, Movistar 3G	157
Figura. IV.42. RSCP obtenido en la ruta 2, Movistar 3G	158
Figura. IV.43. RSCP campus de la E.S.P.E, Movistar 3G	159
Figura. IV.44. Ec/No obtenido en la ruta 1, Movistar 3G	160
Figura. IV.45. Ec/No obtenido en la ruta 2, Movistar 3G	161
Figura. IV.46. Ec/No campus de la E.S.P.E, Movistar 3G.....	162
Figura. IV.47. SQI-MOS de la Operadora Porta (WCDMA).....	164
Figura. IV.48. RSCP obtenido en la ruta 1, Porta 3G.....	166
Figura. IV.49. RSCP obtenido en la ruta 2, Porta 3G.....	167
Figura. IV.50. RSCP campus de la E.S.P.E, Porta 3G	168
Figura. IV.51. Ec/No obtenido en la ruta 1, Porta 3G	168
Figura. IV.52. Ec/No obtenido en la ruta 2, Porta 3G	169
Figura. IV.53. Ec/No campus de la E.S.P.E, Porta 3G.....	170
Figura. IV.54. HS-DSCH Throughput, Movistar 3.5G	172
Figura. IV.55. HS-DSCH Throughput zonificado, Movistar 3.5G	173
Figura. IV.56. Distribución del esquema de modulación HSDPA, Movistar 3.5G	173
Figura. IV.57. HS-DSCH ACK y NACK, Movistar 3.5G	174
Figura. IV.58. HS-DSCH BLER, Movistar 3.5G.....	175
Figura. IV.59. HS-DSCH BLER Residual, Movistar 3.5G.....	176
Figura. IV.60. HS-DSCH Throughput, Porta 3.5G	177
Figura. IV.61. HS-DSCH Throughput zonificado, Porta 3.5G	178
Figura. IV.62. Distribución del esquema de modulación HSDPA, Porta 3.5G	178
Figura. IV.63. HS-DSCH ACK y NACK, Porta 3.5G	179
Figura. IV.64. HS-DSCH BLER, Porta 3.5G.....	180
Figura. IV.65. HS-DSCH BLER Residual, Porta 3.5G.....	181

GLOSARIO

- **AMR** *Adaptive Multi Rate.* Multi Tasa Adaptiva.
- **APN** *Access Point Name.* Nombre del Punto de Acceso.
- **ARFCN** *Absolute Radio Frequency Channel Number.* Número de Canal Absoluto de Radio Frecuencia.
- **BCH** *Broadcast Channel.* Canal de Difusión.
- **BER** *Bit Error Rate.* Tasa de Bits Errados.
- **BLER** *Block Error Rate.* Tasa de Bloques Errados.
- **BPSK** *Binary Phase Shift Keying.* Modulación por Desplazamiento de Fase.
- **BSIC** *Base Station Identity Code.* Identificador de Estación de Base.
- **BTS** *Base Transceiver Station.* Estación Base para Comunicaciones Celulares.
- **CCCH** *Common Control Channel.* Canales Comunes de Control.
- **CI** *Carrier-Interference.* Relación Señal – Interferencia.
- **CPICH** *Common Pilot Channel.* Canal Piloto Común.

- **DCCH** *Dedicated Control Channel*. Canal de Control Dedicado.
- **Ec/No** Relación Energía por *chip*, Densidad de Potencia.
- **EDGE** *Enhanced Data for GSM Evolution*. Datos Mejorados para la Evolución de GSM.
- **FER** *Frame Erasure Rate*. Tasa de Tramas Erradas.
- **GMSK** *Gaussian Minimum Shift Keying*. Modulación con Desplazamiento Mínimo Gaussiano.
- **GPRS** *General Packet Radio Service*. Servicio General de Radio por Paquetes.
- **GPS** *Global Positioning System*. Sistema de Posicionamiento Global.
- **GSM** *Global System for Mobile communications*. Sistema Global de Comunicaciones Móviles.
- **HARQ** *Hybrid Automatic Repeat reQuest*. Solicitud de Retransmisión Automática Híbrida.
- **HSDPA** *High - Speed Downlink Packet Access*. Acceso en Paquete con Enlace Descendente de Alta Velocidad.
- **HS-DSCH** *High Speed Downlink Shared Channel*. Canal Compartido Enlace Descendente de Alta Velocidad.
- **LAC** *Location Area Code*. Código de Área de Ubicación.

- **MCC** *Mobile Country Code*. Código de País Móvil.
- **MCS** *Modulation Coding Scheme*. Esquema de Codificación de Modulación.
- **MNC** *Mobile Network Code*. Código de Red Móvil.
- **MS** *Mobile Station*. Estación Móvil.
- **MSN** *Mobile Subscription Number*. Número del Abonado Móvil.
- **MVNO** *Mobile Virtual Network Operator*. Operador Móvil Virtual.
- **PCS** *Personal Communication System*. Sistema de Comunicaciones Personales.
- **PDCH** *Packet Data Channel*. Canal de Paquete de Datos.
- **PDP** *Packet Data Protocol*. Protocolo de Datos por Paquete.
- **PDTCH** *Packet Data Traffic Channel*. Canal de Tráfico de Datos por Paquete.
- **QoS** *Quality of Service*. Calidad de Servicio.
- **QPSK** *Quadrature Phase Shift Keying*. Modulación por Desplazamiento de Fase en Cuadratura.
- **RLC** *Radio Link Control*. Control de Radioenlace.
- **RSCP** *Receiver Signal Code Power*. Energía recibida del código de la señal.

- **RSSI** *Receive Signal Strength Indication*. Indicador de fuerza de señal de recepción.
- **RxQual** Calidad de la señal recibida. Parámetro definido dentro de los protocolos del estándar GSM.
- **SQI-MOS** *Speech Quality Index-Mean Opinion Score*. Indicador de la Calidad de Voz-Puntuación de Opinión Media.
- **TCH** *Traffic Channel*. Canal de Tráfico.
- **TEMS** *Test Mobile System*. Sistema de Pruebas para Móviles.
- **UE** *User Equipment*. Equipo Usuario.
- **UMTS** *Universal Mobile Telecommunication System*. Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles.
- **USIM** *Universal Subscriber Identity Module*. Módulo de Identidad de Abonado Universal.
- **UTRAN** *UMTS Terrestrial Access Network*. Red de Acceso Terrestre de UMTS.
- **WAP** *Wireless Application Protocol*. Protocolo para Aplicaciones Inalámbricas.
- **WCDMA** *Wideband Code Division Multiple Access*. Acceso Múltiple por división de código en banda ancha.
- **3GPP** *Third Generation Partnership Project*. Proyecto de Asociación 3G.

- **16QAM** *Quadrature Amplitude Modulation*. Modulación por amplitud de cuadratura.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 INTRODUCCIÓN

En los últimos años ha sido impresionante el crecimiento de la telefonía móvil celular, debido a la gran demanda de usuarios y servicios que se tienen. Hoy en día utilizamos nuestro teléfono celular no solo para realizar llamadas telefónicas sino para acceder a múltiples aplicaciones entre ellas la mensajería y el Internet.

Sin embargo, detrás de estos servicios hay una gran evolución y años de desarrollo en tecnologías celulares. Dicho crecimiento ha surgido principalmente por la demanda de los usuarios de nuevos servicios y mejoras en la calidad de los mismos. Por lo cual ha sido necesario que las tasas de transmisión sean mayores y los recursos de radio sean mejor aprovechados y de esta manera poder satisfacer eficientemente las necesidades de los usuarios.

Cabe señalar que la evolución de la telefonía móvil tiene como punto de partida la primera generación de telefonía móvil, la cual apareció a principios de los años ochenta, conocida como 1G, se caracterizó por ser analógica y emplear FDMA como técnica de acceso múltiple.

La tecnología digital se hizo más frecuente y los sistemas analógicos de 1G, fueron sustituidos por sistemas digitales a los cuales se les llamó sistemas de segunda generación de telefonía móvil (2G). Los sistemas de segunda generación se caracterizan por su naturaleza digital, ofreciendo mejor calidad de voz y servicios de datos. El sistema más representativo de 2G es GSM.

Un deseo de tasas de datos más altas y mejores servicios motivo el desarrollo de los sistemas de tercera generación de telefonía móvil. La 3G introduce un valor que se extiende más allá de la telefonía básica y entra de lleno en el mercado del acceso a Internet y la transmisión de datos, donde se han abierto expectativas de accesos inalámbricos a muy alta velocidad. Como colofón a esta introducción, no podemos olvidar que el proceso creativo no cesa, y que lejos de pensar en un horizonte en que la 3G sea el objetivo final, constantemente aparecen estudios conducentes a fijar los objetivos y tecnologías de cuarta generación (4G).

1.2 SISTEMAS CELULARES 2G

1.2.1 Características principales

La Segunda Generación (2G), arribó en el año de 1990 y entre sus principales características se encuentra:

- Tecnología totalmente digital.
- Utiliza la conmutación de circuitos (*Circuit Switched Data*) con tasas transmisión de 9.6 kbps.
- Servicios de voz e introducción de servicios de datos básicos.
- La calidad aumenta considerablemente gracias a la mejora en el control de los recursos de radio (potencia variable, ya sea en el MS o en el BTS).

- Mayor capacidad, ya que con la técnica de acceso TDMA el usuario utiliza todo el ancho de banda del canal de frecuencia asignado para él, lo que permite incrementar la oferta del servicio a un número mayor de clientes. Las señales digitales aprovechan mejor el espectro de radio, de este modo el sistema puede servir en un área determinada, a un número elevado de abonados.
- El sistema 2G utiliza protocolos de codificación más sofisticados que soportan velocidades de información más altas para voz, pero son limitados en comunicaciones de datos.

1.2.2 GSM (*Global System for Mobile Communication*)

El Sistema Global para las Comunicaciones Móviles (GSM); es un sistema estándar, completamente definido para la comunicación mediante teléfonos móviles que incorporan tecnología digital. GSM fue creado por la Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones, para más tarde ser adaptada y desarrollada por ETSI como estándar para la telefonía móvil europea.

Se trata de un estándar abierto, no propietario y evolutivo. Predomina su uso en Europa y en el resto del mundo; a diferencia de sus antecesores, el sistema GSM es el primer sistema de telefonía móvil que tanto los canales de voz como los de señalización son digitales. Se diseñó así con el fin de poder aplicar con mayor facilidad sistemas y técnicas de seguridad.

1.2.2.1 Características Generales del sistema GSM. El sistema GSM es un sistema *full-duplex*, es decir, puede transmitirse información de forma simultánea en ambas direcciones por lo cual utiliza dos radiocanales por comunicación, y con objeto de simplificar la implementación del circuito *duplexor* empleado para permitir la transmisión-recepción simultánea por una única antena, se ha considerado una separación mínima entre los radiocanales ascendentes y descendente de 45 MHz.

Es decir se trata de un sistema FDD (*Frequency Division Duplex*), cabe indicar que el ancho de banda de cada canal es de 200KHz como se puede observar en la siguiente gráfica.

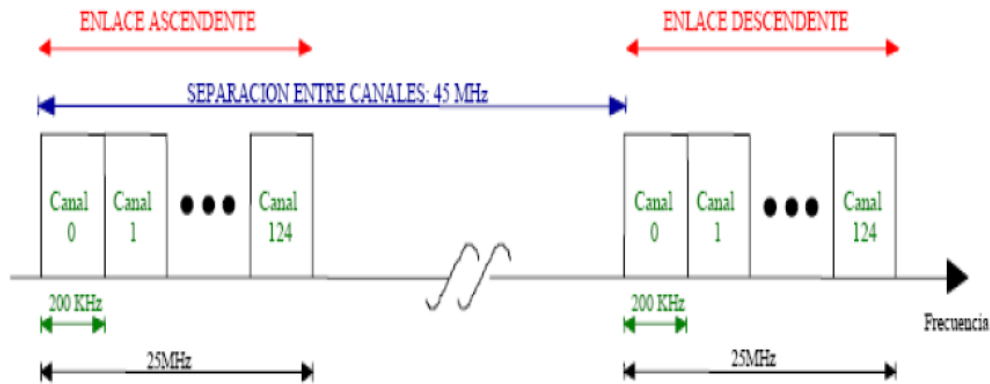


Figura. I.1. Bandas de frecuencias en el enlace ascendente y descendente

1.2.2.2 Modulación GMSK. En GSM se utiliza la Modulación con Desplazamiento Mínimo Gaussiano (GMSK), la cual es una particularización de la modulación FSK, que viene acompañada del filtrado *gaussiano* en banda base. GMSK al ser una modulación digital de envolvente constante, permite utilizar amplificadores no lineales de radiofrecuencia, y con ello abaratar costes principalmente en las estaciones móviles.

El ancho de banda de transmisión ocupado por cada portadora de radiofrecuencia es nominalmente de 200 KHz, lo cual conduce a una eficiencia o rendimiento espectral de 1,35 bit/Hz.

La ráfaga normal contiene 148 bits, de modo que su duración es de 546,12 μ seg. De estos 148 bits sólo 114 contienen información de usuario, el resto son bits de señalización y control del sistema. Ello representa una eficiencia del 77%. Los 3 bits de inicio y cola (T bits) sirven para inicializar al igualador. Los 2 bits S (*Stealing flag*) indican si la ráfaga transporta información de control urgente en lugar de información de usuario. La secuencia de sincronización se utiliza para estimar la respuesta impulsional del canal, existen un total de 8 secuencias de sincronización diferentes; de este modo se protege al usuario de telefonía móvil frente a interferencias de celdas vecinas. El periodo de guarda es de 8,25 bits equivalente a 30,4 μ seg aproximadamente.

- **Ráfaga de corrección de frecuencia**

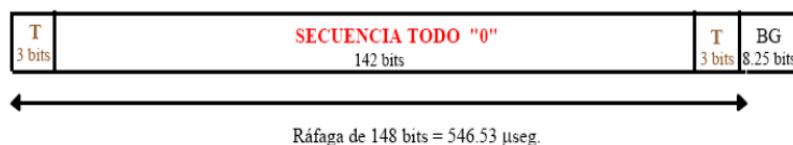


Figura. I.4. Estructura de una ráfaga de corrección de frecuencia

Durante esta ráfaga se transmite un tono puro desplazado de la frecuencia portadora 67,5 KHz. La transmisión de dicho tono tiene por objeto permitir la sincronización del móvil al reloj maestro del sistema (ajuste fino del receptor del móvil) que está ubicado en la estación base. La transmisión de esta ráfaga de frecuencia seguida de la ráfaga de sincronización, permite la sincronización temporal del sistema. En efecto, el sistema sólo validará la ráfaga de sincronización si previamente ha detectado la ráfaga de corrección de frecuencia, de modo que la probabilidad de sincronización falsa del sistema es extraordinariamente pequeña.

- **Ráfaga de sincronización**



Figura. I.5. Estructura de una ráfaga de sincronización

Junto con la ráfaga de corrección de frecuencia esta es la primera ráfaga que detecta el móvil al conectarse a la red. El campo de secuencia de sincronización se utiliza para detectar, mediante un proceso de correlación, esta ráfaga de sincronización. Por ello la longitud de la secuencia de sincronización es sensiblemente mayor que en el caso de una ráfaga normal, con objeto de aumentar la probabilidad de sincronización del móvil. El campo de los bits codificados (*coded data*) contienen, el Identificador de Estación Base, y los Identificadores de Trama, Multitrama y Supertrama necesarios para la completa sincronización del sistema. Toda esta información va codificada, mediante la concatenación de un código cíclico y otro convolucional de tasa 1/2, para protegerla frente a las anomalías que introduce la propagación radioeléctrica. La información sin codificar incluida en estos campos consiste en 25 bits distribuidos de la siguiente forma:

- 6 bits para el identificador de estación de base (BSIC) de los cuales 3 bits son para identificar al operador *Public Land Mobile Network* (PLMN) y otros 3 bits para identificar la base propiamente *Base Station Color Code* (BCC).
- 19 bits para Número de Identificación de Trama (RFN), de los cuales 11 bits (denominados T1) identifican la supertrama, 5 bits (denominados T2) para identificar la multitrama y 3 bits (denominados T3) para el identificador de década en una supertrama de 51 tramas, utilizada para los canales de señalización.

- **Ráfaga de acceso**



Figura. I.6. Estructura de una ráfaga de acceso

Permite el acceso del móvil a la red según un protocolo ALOHA. Está compuesta por 8 bits de cabecera y tres de cola, una secuencia de sincronización única para el sistema y que tiene una mayor duración para facilitar la sincronización del móvil y un mensaje encriptado de 36 bits. El tiempo de guarda previsto es equivalente a 60 bits.

- **Ráfaga de relleno**

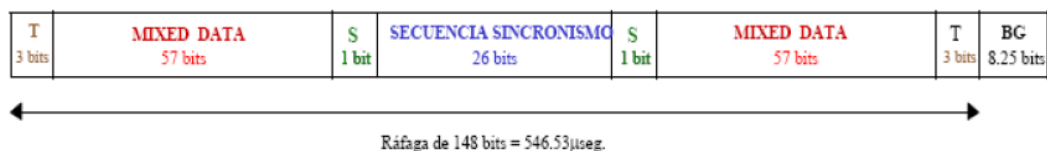


Figura. I.7. Estructura de una ráfaga de relleno

Las ráfagas de relleno se utilizan para garantizar que la portadora que contiene las ráfagas de corrección de frecuencia y de sincronización sea la de mayor potencia de entre todas las que emite la estación base a la que quiere conectarse el móvil; ello permite simplificar la sincronización del sistema, puesto que el receptor del móvil simplemente necesita seleccionar la portadora de mayor nivel para estar seguro que dispondrá de las ráfagas de corrección de frecuencia y sincronización que le permiten iniciar el proceso de sincronización del móvil al sistema.

- Estructura jerárquica de las tramas en el sistema GSM

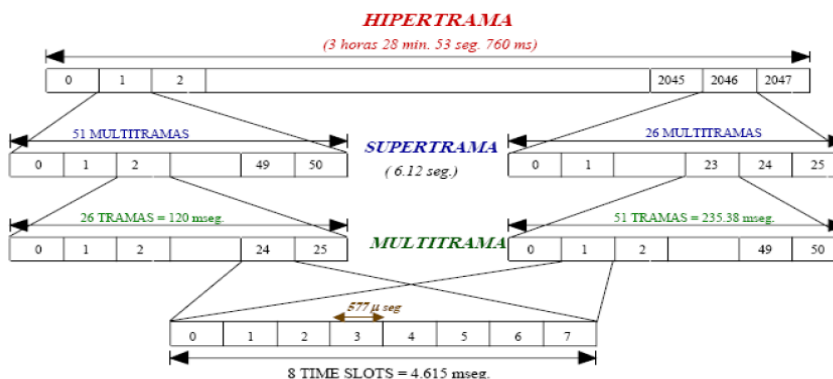


Figura. I.8. Estructura de tramas en el sistema GSM

Los intervalos (*slots*) en donde se alojan las ráfagas del sistema GSM se agrupan en bloques de ocho para formar una trama de duración 4,615 mseg. En el caso de *slots* que contiene información de tráfico de usuario se forma una multitrama a partir de la repetición de 26 tramas, es decir con una duración de 120 mseg, mientras que si el *slot* contiene información de señalización, el periodo de repetición de la multitrama es de 51 tramas, equivalente a 235,38 mseg. Con este simple mecanismo se consigue diferenciar claramente en la estructura temporal (*timing*) del sistema GSM la información de usuario de la información de señalización interna del sistema.

1.2.2.4 Canales Lógicos. Un canal lógico no es más que una combinación ordenada de ráfagas dentro de una estructura de trama. En el sistema GSM existen dos tipos de canales lógicos:

- Canales de Tráfico.
- Canales de Control.

Dentro de los canales de control podemos distinguir:

- ✓ Canales de radiodifusión (BCH).
- ✓ Canales de Control dedicados (DCCH).
- ✓ Canales Comunes de control (CCCH).

a) Canales de tráfico. Transmiten información generada por el usuario (voz digitalizada y/o datos). Pueden clasificarse en:

- ✓ *Traffic Channel/Full-rate Speech* (TCH/FS), transmite información de voz digitalizada a 13 Kb/seg.
- ✓ *Traffic Channel/Half-rate Speech* (TCH/HS), transmite información de voz digitalizada a 6.5 Kb/seg. Permite doblar aproximadamente el número de usuarios del sistema.
- ✓ *Traffic Channel/Full-rate Data* (TCH/F9.6, TCH/F4.8, TCH/F2.4), transmite información de datos a 9.6, 4.8 o 2.4 Kb/s.
- ✓ *Traffic Channel/Half-rate Data* (TCH/H4.8, TCH/H2.4), transmite información de datos a 4.8 o 2.4 Kb/s.

Todos estos canales lógicos utilizan una ráfaga normal para su transmisión.

b) Canales de control.

b.1) Canales de radiodifusión (BCH – *Broadcast Channels*). Proporcionan al móvil información suficiente para su sincronización con la red. Pueden distinguirse tres tipos de canales de radiodifusión:

- ✓ BCCH (*Broadcast Control Channel*), que transmite información de la estación base y otros canales de control.
- ✓ FCCH (*Frequency Correction Channel*), con la frecuencia piloto para sincronización de las frecuencias de las estaciones móviles.

- ✓ SCH (*Synchronization Channel*), que transmite información de sincronismo e identidad de las estaciones base.

b.2) Canales de control dedicados (DCCH – *Dedicated Control Channels*).

Se utilizan para transmitir información de control entre la red y el móvil, pueden distinguirse tres tipos de canales de control dedicados:

- ✓ SDCCH (*Stand-alone Dedicated Control Channel*), emitido en sentido ascendente y descendente, y que sirve para el intercambio de información entre las estaciones móviles y las estaciones base en el establecimiento de la llamada, previamente a la asignación de los canales de tráfico TCH.
- ✓ Señalización asociada a la llamada en curso en los canales SACCH y FACCH (*Slow y Fast Associated Channel*), utilizada para la señalización recurrente y las órdenes de ejecución inmediata respectivamente.

b.3) Canales comunes de control (CCCH – *Common Control Channels*).

Permiten el establecimiento del enlace entre el móvil y la base. Puede distinguirse entre:

- ✓ PCH (*Paging Channel*), emitido en sentido descendente y utilizado para el aviso o radio búsqueda de las estaciones móviles.
- ✓ AGCH (*Access Grant Channel*), emitido en sentido descendente, para efectuar la asignación de SDCCH o TCH a las estaciones móviles que los solicitaron.
- ✓ RACH (*Random Access Channel*), emitido en sentido ascendente, utilizado con protocolo S-ALOHA para el acceso programado por parte de las estaciones móviles.

1.2.2.5 Procedimiento de sincronización y llamada. En el proceso de sincronización del terminal móvil a una estación de base, cabe distinguir dos fases: Sincronización inicial, y sincronismo en régimen permanente.

- **Sincronización inicial.** Para sincronizar el móvil a la estación base, el sistema GSM utiliza la ráfaga de corrección de frecuencia más la ráfaga de sincronización. Primero se detecta la ráfaga de corrección de frecuencia, este es un procedimiento simple puesto que durante esta ráfaga sólo se transmite un tono puro; una vez detectada la ráfaga de frecuencia se conoce que la siguiente ráfaga es de sincronización. Dentro de esta ráfaga se busca la secuencia de sincronismo de 64 bits y mediante proceso de correlación se detecta su pico. Una vez detectada la posición del pico de correlación puede establecerse el inicio temporal de la ráfaga de sincronismo.

- **Sincronismo en régimen permanente.** Puesto que la distancia entre el móvil y la base varia al desplazarse el primero, se requiere un ajuste continuo del sincronismo, ya que si no existiera este ajuste de sincronización continuo, ráfagas emitidas por móviles a distinta distancia de la base podrían colisionar, ocasionando la destrucción de parte de la información transmitida. Para solucionar este problema, se tiene que ajustar el instante de emisión de cada móvil de modo que se compense el tiempo de propagación y las ráfagas procedentes de distintos móviles lleguen a la base perfectamente alineadas.

- **Registro y actualización de la localización del terminal móvil.** El procedimiento de actualización de la localización se genera debido a:
 - Desplazamiento del móvil a una nueva área de localización.
 - Petición desde la red (registro del móvil).

En la siguiente tabla se muestran los canales lógicos utilizados en el procedimiento de registro y actualización de la localización del terminal móvil, la dirección de transmisión de dichos canales lógicos y la funcionalidad de los mismos.

Canal lógico	Base	Móvil	Comentarios
RACH		←	Petición de canal
AGCH		→	Asignación de canal
SDCCH		←	Petición de actualización del registro del móvil. Se transmite en el canal asignado por AGCH.
SDCCH		→	Petición de autenticación desde la RED.
SDCCH		←	Respuesta de autenticación desde el móvil.
SDCCH		→	Petición de transmisión en modo cifrado.
SDCCH		←	Respuesta a la petición de transmisión en modo cifrado
SDCCH		→	Confirmación por parte de la red de la localización del móvil. Asignación temporal de identidad (TMSI) y actualización del HLR.
SDCCH		←	Reconocimiento de la asignación desde el móvil.
SDCCH		→	La RED libera el canal de transmisión.

Tabla. I.1. Registro y actualización de la localización del terminal móvil

- **Establecimiento de llamada desde la estación base.** En la Tabla. I.2 se muestran los canales lógicos utilizados en el procedimiento de establecimiento de llamada desde la estación base, la dirección de transmisión de dichos canales lógicos y la funcionalidad de los mismos.

Canal lógico	Base	Móvil	Comentarios
PCH		→	Llamada al móvil desde la RED
RACH		←	Petición de canal por parte del móvil
AGCH		→	Asignación de canal
SDCCH		←	Respuesta a la llamada de la RED
SDCCH		→	Petición de autenticación desde la RED
SDCCH		←	Respuesta de autenticación desde el móvil
SDCCH		→	Petición de transmisión en modo cifrado
SDCCH		←	Respuesta a la petición de transmisión en modo cifrado
SDCCH		→	Mensaje de inicio de la llamada entrante
SDCCH		←	Confirmación
SDCCH		→	Asignación de un canal de tráfico
FACCH		←	Reconocimiento del canal de tráfico
FACCH		←	Alerta (ahora el usuario que llama oye el timbre del teléfono)
FACCH		←	Mensaje de conexión cuando el móvil activa la llamada
FACCH		→	Aceptación del mensaje de conexión
TCH		↔	Intercambio de datos (voz) entre los usuarios

Tabla. I.2. Establecimiento de llamada desde la estación base

- **Establecimiento de llamada desde el terminal móvil.** En la Tabla. I.3 se muestran los canales lógicos utilizados en el procedimiento de establecimiento de llamada desde el terminal móvil, la dirección de transmisión de dichos canales lógicos y la funcionalidad de los mismos.

Canal lógico	Base	Móvil	Comentarios
RACH		←	Peticion de canal por parte del móvil
AGCH		→	Asignación de canal
SDCCH		←	Respuesta a la llamada de la RED
SDCCH		→	Peticion de autentificación desde la RED
SDCCH		←	Respuesta de autentificación desde el móvil
SDCCH		→	Peticion de transmisión en modo cifrado
SDCCH		←	Respuesta a la petición de transmisión en modo cifrado
SDCCH		←	Inicialización ó SET-UP
SDCCH		→	"Proceeding message" (la red ruta la llamada hacia su destino)
SDCCH		→	Asignación de un canal de tráfico
FACCH		←	Reconocimiento del canal de tráfico
FACCH		→	Alerta (ahora el usuario que llama oye el timbre del teléfono)
FACCH		→	Mensaje de conexión cuando el destinatario acepta la llamada
FACCH		←	Aceptación del mensaje de conexión
TCH		↔	Intercambio de datos (voz) entre los usuarios

Tabla. I.3. Establecimiento de llamada desde el terminal móvil

1.2.2.6 Funciones de un sistema móvil. Un sistema de comunicaciones móviles no sólo trata de dar una comunicación radio móvil, sino que debe ofrecer una comunicación equivalente a la telefónica. Para conseguir este objetivo es necesario dotar al sistema de funciones adicionales que los sistemas de telefonía fija no disponen, tales como:

- Acceso a la estación base.** Lo primero que debe hacer un terminal que aparece en un sistema móvil (éste estaba apagado o fuera de cobertura) es buscar un canal por el cual recibir los avisos de llamada entrante. La mayoría de sistemas tienen una configuración variable (número de frecuencias, estructura de los canales,..) siendo necesario para el terminal conocer estos detalles para inter-operar correctamente con la red fija; por estos dos motivos apuntados es preciso que el terminal seleccione la mejor estación base que le pueda dar esta información y se quede a la escucha. Esta operación (búsqueda y escucha de la estación base) es la que conocemos como

“enganche”. La selección de estación base se hace con un criterio de potencia recibida. El móvil explora todos los canales de control difundidos que recibe y elige aquel que le ofrece mayor nivel de potencia. En el caso de que existan varios operadores o sistemas con cobertura solapadas, el terminal deberá seleccionar la estación base que además pertenezca a su sistema.

b) Medida de la calidad de la comunicación. Una vez que el canal está establecido se ha de garantizar que la calidad que se ofrece al usuario en el canal sea suficiente. Si la calidad se degrada, se deberá intentar cambiar de canal. La medida de la calidad de la comunicación se hace en la red fija y en ocasiones también en el terminal. La medida del canal se puede hacer en base a un parámetro o a un conjunto de los mismos; la elección de varios parámetros puede permitir dar una respuesta más adecuada al problema del canal. Los parámetros más usados son los siguientes:

b.1) Potencia recibida: Es el parámetro más simple de medir; en un sistema celular este parámetro no es muy representativo ya que la calidad viene dada por la relación señal a interferencia, más que por el nivel de señal.

b.2) Relación C/I: Está relacionado con la calidad de la comunicación.

b.3) Tasa de error: Para sistemas digitales este parámetro es el más usado.

c) Traspaso de la llamada. El traspaso de llamada o más conocido como *handover*, nos permite asegurar la calidad y la continuidad de las llamadas en curso cuando existe riesgo de que se pierdan, bien sea por la degradación de la calidad de la señal, o bien por el cambio de posición a la celdas ocupada por otra estación base. Los traspasos se pueden efectuar por varias razones. Todas ellas intervienen en el cálculo de un algoritmo que determina o no el traspaso, y en el que se consideran los siguientes parámetros:

c.1) Intensidad de señal recibida reducida.

c.2) Calidad de señal no adecuada.

c.3) Existencia de celdas con mejores condiciones de sostenimiento de la comunicación.

c.4) Tácticas de equilibrado de tráfico.

En todo traspaso existe conmutación, a unos niveles u otros, según el tipo que sea. La situación se recoge adicionalmente en la siguiente figura.

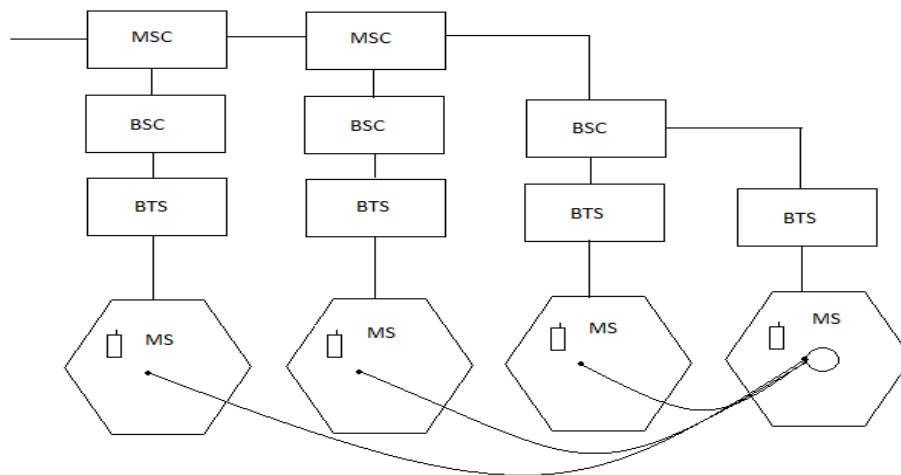


Figura. I.9. Diferentes modalidades de traspaso

- Traspaso interno:
 - El producido en una BTS en el paso de un canal a otro.
 - El producido entre dos sectores de la misma BTS, o dos BTS diferentes en la misma BSC.
- Traspaso externo:
 - El producido dentro de la misma MSC.
 - El producido entre MSC diferentes.

En el sistema GSM se hace una medición de las dos estaciones, tanto la estación base como la estación móvil. La estación móvil debe identificar las estaciones base de su entorno y debe medir su calidad, la estación móvil en cada estación base mide el nivel de señal, RxLev, en función de la potencia recibida y la calidad RxQual, en función del BER. En función de cómo sean estos parámetros en las celdas vecinas y actual, se realizará o no el traspaso; estas medidas en las que colabora la estación móvil se realizan en los tiempos en que la estación no está realizando otra actividad, y es primordial contar con un mecanismo rápido de sintetización de la nueva frecuencia en que se quiere realizar la medida.

d) Control de potencia. La interferencia es el factor que limita la capacidad de un sistema móvil. Una de las formas de reducir la interferencia es limitando la potencia de los terminales y estaciones base al mínimo. Si un móvil está próximo a una estación base la potencia con la que deberá transmitir para llegar con calidad a la estación base es baja. Por el contrario, si está lejos de la misma, el nivel de potencia deberá ser mayor. El control de potencia tiene por objetivo hacer que se transmita la mínima potencia en cada caso. Si un sistema no dispone de control de potencia todos los móviles transmitirán con una potencia fija suficiente para alcanzar la estación base desde el vértice de la celda, esta potencia sería la ideal para un móvil situado en los límites de la celda, pero sería superior a la necesaria para un móvil próximo a la estación base; este exceso de potencia implica una interferencia y un consumo de batería superior al que tendríamos si sólo se emitiese la potencia necesaria.

1.3 SISTEMAS CELULARES 2.5G

1.3.1 Características principales

La tecnología conocida como 2.5G está basada en la utilización de conmutación de paquetes y evolucionó de la 2G para proveer el uso de servicios de comunicación avanzados; 2.5G es un sistema de transición entre la 2G y la 3G, ya que es la forma más adecuada para actualizar a 3G en vez de ir directamente, por ser más rápida y económica.

Los sistemas 2.5G utilizan la tecnología de radio digital mejorada para aumentar sus velocidades en la transmisión de datos e introducen el concepto de paquetización de datos para aumentar la eficacia del sistema para los usuarios de éste servicio de transmisión.

1.3.2 GPRS (*General Packet Radio Service*)

La tecnología GPRS es una mejora paralela construida sobre el estándar GSM y que utiliza los recursos GSM. En lo referente a la interfaz aire, esto significa que su estructura (los intervalos, los valores de temporización y las estructuras de tramas) se mantiene invariable, aunque el contenido de los intervalos se construye de forma diferente.

El tráfico de conmutación de paquetes requiere una estrategia diferente a la de la conmutación de circuitos. Por ello toda la pila del protocolo que transmite el tráfico GPRS es completamente diferente. El GPRS introduce las capas del Control de Acceso al Medio (MAC) y del Control de Radioenlace (RLC), para el tráfico de conmutación de paquetes.

1.3.2.1 Características de GPRS. Las características principales de GPRS son las siguientes:

- Optimización de los recursos radio.
- Conexión con redes externas de datos (X.25, IP, etc.).
- Calidad de servicio y tipo de servicio. Se pueden controlar aspectos como el retardo de entrega de los paquetes, el caudal medio y de pico ofertado y la fiabilidad del enlace.
- Tarificación por volumen de datos intercambiados y por calidad de servicio ofertada.
- Permite destinar varias ráfagas (*slots*) a un mismo usuario, lo que permite velocidades de transmisión de pico elevadas.

1.3.2.2 Interfaz aire GPRS. El canal físico dedicado al tráfico de GPRS es el PDCH (*Packet Data Channel*). Como mínimo un PDCH debe actuar como maestro transmitiendo PCCCH, señalización dedicada y datos de usuario. El resto actúan como esclavos y solo transmiten datos de usuario.

Por otra parte, la operadora puede decidir si dedica algunos PDCH para tráfico GPRS. El número de PDCH puede aumentar o disminuir según la demanda. Con respecto a las características radio de GPRS, se puede decir que el sistema utiliza la misma modulación que el GSM, es decir, la GMSK. Con todo ello, se puede decir que GPRS trata de adaptarse a las características típicas del tráfico de datos, que van desde la transferencia ocasional de grandes volúmenes de información a las más típicas características impulsivas del tráfico de datos [1].

1 SENDÍN, Alberto, *Fundamentos de los Sistemas de Comunicaciones Móviles*, Tomo I, segunda edición, McGraw-Hill, España abril 2004, 560.

1.3.2.2.1 Canales lógicos. Varios canales lógicos con distintas funciones son mapeados en cada PDCH. En la Tabla. I.4 podemos ver cada canal lógico, la dirección en que trabajan y su función.

Grupo	Nombre	Dirección	Función
PBCCH	PBCCH	Descendente	Broadcast
PCCCH	PRACH	Ascendente	Random Acces
	PPCH	Descendente	Paging
	PAGCH	Descendente	Acces Grant
	PNCH	Descendente	Multicast
PTCH	PDTCH	Bidireccional	Datos
	PACCH	Bidireccional	Control

Tabla. I.4. Canales lógicos usados en GPRS

- **Packet Broadcast Control Channel (PBCCH)**, transmite información del sistema a todos los terminales GPRS en una celda.
- **Packet Random Access Channel (PRACH)**, usado por el móvil para iniciar transferencia de paquetes o responder a mensajes de *paging*.
- **Packet Paging Channel (PPCH)**, se usa para avisar al terminal móvil antes de una transferencia de paquetes en el enlace de bajada.
- **Packet Access Grant Channel (PAGCH)**, se usa en la fase de establecimiento de transferencia para asignar recursos al terminal móvil.
- **Packet Notificación Channel (PNCH)**, se usa para enviar una notificación de multidifusión a un grupo de móviles antes de la transferencia de paquetes.
- **Packet Data Traffic Channel (PDTCH)**, se usa para la transferencia de datos.
- **Packet Associated Control Channel (PACCH)**, se usa para transportar información de señalización relacionada con un móvil determinado.

1.3.2.2.2 Estructura de trama y multitrama en GPRS. En el sistema GPRS el acceso al medio se lleva a cabo mediante *Slotted Aloha*. La estructura de trama TDMA la podemos observar en la Figura. I.10:

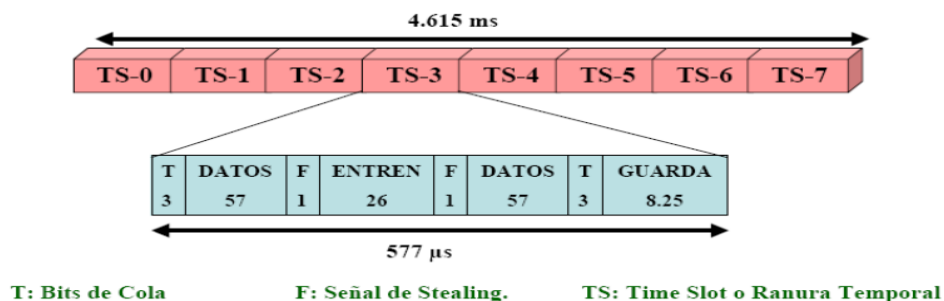


Figura. I.10. Trama GPRS

La multitrama GPRS está formada por 52 tramas TDMA. La duración de la multitrama es de 240 mseg. Por lo tanto, se transmite un radiobloque cada 20 mseg. Como se observa en la Figura. I.11, en cada radiobloque multiplexamos los canales lógicos tanto para el *downlink* como para el *uplink*.

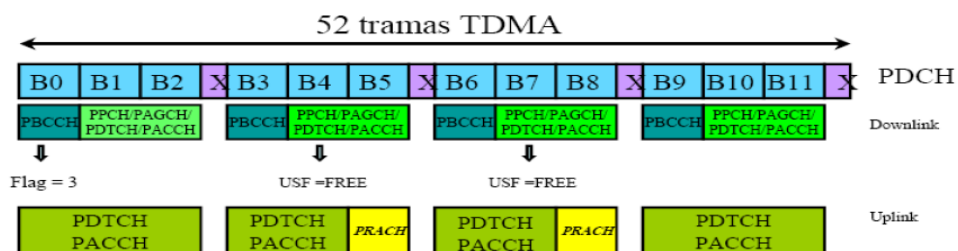


Figura. I.11. Multiplexación de canales lógicos en la multitrama GPRS

1.3.3 EDGE (*Enhanced Data Rates for Global Evolution*)

El paso evolutivo de la tecnología GSM dio origen a EDGE. Con esta evolución se buscó aumentar las velocidades de transmisión de los datos y hacer un uso eficiente del espectro, brindando múltiples servicios que necesiten de altas velocidades para transferir datos ya que tiene la capacidad de ofrecer tasas de transferencia de datos de 384kbps y teóricamente hasta 473.6kbps, puesto que permite la coexistencia de tráfico de conmutación de paquetes y circuitos.

En EDGE se utiliza la modulación digital de 8-PSK, donde cada uno de los símbolos representa 3 bits, con lo cual se triplica la capacidad del espectro; la medición de las condiciones de radio debe ser rápida, lo cual repercutirá en un aumento en la velocidad, la cual puede ser detectada por el usuario, esta medición se da dentro del terminal móvil conforme recibe cada ráfaga, lo cual permitirá hacer una aproximación de la probabilidad de error de bit para seleccionar el esquema de codificación más adecuado. EDGE utiliza la misma banda de frecuencias de GSM y GPRS, en esencia EDGE es una optimización de la interfaz de aire de GSM y GPRS, además con EDGE se da un aumento en la capacidad de usuarios ya que mientras un único usuario utiliza 3 intervalos de tiempo, en GPRS; en EDGE utiliza uno, lo cual libera la capacidad para brindar más servicios de datos o voz a otros usuarios.

1.4 SISTEMAS CELULARES 3G

La introducción de 3G no se ha dado como respuesta a la saturación de canales dentro de las bandas asignadas a las operadoras, sino que tiene por objetivo ofrecer nuevos servicios (por ejemplo: entretenimiento multimedia, información interactiva, entre otros), que requieren mayores anchos de banda y consecuentemente rapidez en las comunicaciones para de esta manera garantizar el acceso móvil a internet desde casi cualquier lugar. Las entidades involucradas en el desarrollo de 3G han propuesto básicamente dos sistemas a emplearse: UMTS y CDMA2000.

1.4.1 Características principales

La 3G (Tercera Generación) llegó en el año 2001 y entre sus principales características tenemos:

- La convergencia de la voz y datos con acceso inalámbrico a Internet.

- Acceso y transmisión de alta velocidad: Los protocolos empleados en los sistemas 3G soportan altas velocidades de información, alcanzando velocidades de hasta 384 Kbps permitiendo una movilidad total a usuarios viajando a 120 km/h en ambientes exteriores y teniendo una velocidad máxima de 2 Mbps permitiendo una movilidad limitada a usuarios caminando a menos de 10 km/h en ambientes estacionarios de corto alcance o en interiores.
- Transmisión de datos de forma simétrica y asimétrica.
- Calidad de voz comparable con la calidad ofrecida por sistemas alámbricos.
- Mayor capacidad y mejor eficiencia del espectro con respecto a los sistemas de 2G.
- Incorporación de sistemas de segunda generación.

1.4.2 WCDMA (*Wideband Code Division Multiple Access*)

WCDMA es una técnica de modulación de espectro ensanchado, la cual utiliza canales cuyo ancho de banda es mucho mayor que la de los datos a transmitir. En lugar de que a cada conexión se le conceda una banda de frecuencia dedicada sólo lo suficientemente amplia como para dar cabida a una velocidad de datos máxima prevista, los canales de WCDMA comparten un ancho de banda mucho más grande, lo que significa que el canal de frecuencia disponible se divide en diferentes secuencias de códigos que son multiplexadas por las señales de usuario de los abonados individuales. Todos los abonados transmiten sobre la misma frecuencia y al mismo tiempo.

1.4.2.1 Parámetros principales de WCDMA. El ancho de banda para la portadora de WCDMA es de 5 MHz, para ofrecer tasas de datos de 144 kbps, 384 kbps y de 2 Mbps. La información se dispersa a una tasa de *chip* de 3.84 Mcps. La tasa de *chip* también puede ser de 8.192 Mcps.

WCDMA puede operar en dos modos: FDD (*Frequency Division Duplex*) y TDD (*Time Division Duplex*). En el modo FDD se utiliza una portadora de 5 MHz para cada enlace (bajada y subida), mientras que en el modo TDD solo una, dividida en ranuras de tiempo. En cuanto al tipo de modulación empleada puede ser QPSK o BPSK. En el enlace de bajada se utiliza QPSK y en el enlace de subida BPSK. La codificación del canal de WCDMA está basada en códigos convolucionales y códigos concatenados.

1.4.2.2 Estructura de la trama en WCDMA. El sistema WCDMA cuenta con una estructura en trama, dividida en 15 intervalos, cada una de ellos de una longitud de $2/3$ ms y, por tanto, la longitud de la trama es de 10ms. De acuerdo con lo anterior, una trama WCDMA puede gestionar:

$$0.010 \text{ s} / 0.000\ 000\ 260\ 41 \text{ s} = 38.400 \text{ chips}$$

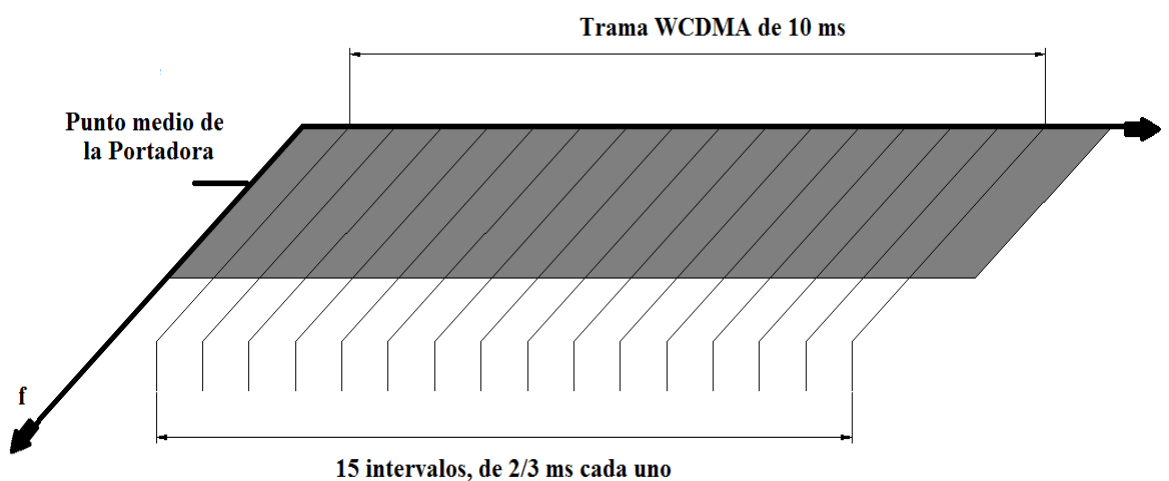


Figura. I.12. Trama WCDMA

Un intervalo de una trama WCDMA contiene:

$$38.400 \text{ chips} / 15 \text{ intervalos} = 2560 \text{ chips.}$$

A diferencia del sistema GSM, el WCDMA [2] no contiene super-, hiper-, ni multitramas, sino que las tramas de WCDMA están identificadas con un Número de Trama de Sistema (SFN). Este número se utiliza para la sincronización interna de la UTRAN y la temporización de la transmisión de información del BCCH.

1.4.2.3 Canales en WCDMA. En este sentido, se ponen a consideración los tipos de canales utilizados en WCDMA así como la explicación correspondiente de cada uno de ellos.

1.4.2.3.1 Canales Lógicos. Son canales definidos por el tipo de información que transfieren, es decir, canales de control para la señalización y canales de tráfico para los datos de usuario.

➤ **Canales de control,** Se enumeran como sigue:

- Canal de Control de la Difusión (BCCH o *Broadcast Control Channel*), canal descendente con información del sistema.
- Canal de Control de Aviso (PCCH o *Paging Control Channel*), canal descendente que contiene los avisos de llamada a los terminales móviles.
- Canal de Control Común (CCCH o *Common Control Channel*), canal bidireccional de una estación base con los móviles de su zona, y que incluye los mensajes de petición de acceso de los terminales y la concesión de éste por parte de la red.
- Canal de Control Dedicado (DCCH o *Dedicated Control Channel*), canal bidireccional para la transferencia de información de control entre los móviles y la red, una vez que el acceso ha sido concedido.

➤ **Canales de tráfico**, Se enumeran como sigue:

- Canal de Tráfico Dedicado (DTCH o *Dedicated Traffic Channel*), canal bidireccional dedicado a un terminal móvil para la transferencia de los datos de usuario.
- Canal de Tráfico Común (CTCH o *Common Traffic Channel*), canal descendente para transferencia de datos de usuario a un grupo de terminales móviles.

1.4.2.3.2 Canales de Transporte. Los canales de transporte son un elemento novedoso en la definición de las relaciones entre los canales físicos y los canales lógicos, en tanto que están en una situación intermedia entre los dos. Su definición hace referencia a cómo se transmite la información. Se enumeran como sigue:

➤ **Canal de Transporte Dedicado (DCH o *Dedicated Channel*)**, canal bidireccional para transmisión de mensajes en modo circuito, pudiendo variar su estructura de trama en trama y admitiendo control de potencia en bucle cerrado.

➤ **Canales de transporte comunes:**

- Canal de Difusión (BCH o *Broadcast Channel*), canal descendente que difunde la información del sistema y de la celda concreta a toda una celda con una tasa fija.
- Canal de Acceso Directo (FACH o *Forward Access Channel*), canal descendente transmitido a una celda concreta o parte de ella, utilizando para dirigirse a un equipo de usuario cuando sabe dónde se encuentra.
- Canal de Aviso (PCH o *Paging Channel*), canal descendente transmitido a toda una celda utilizando en combinación con el canal físico PICH.

- Canal de Acceso Aleatorio (RACH o *Random Access Channel*), canal ascendente procedente de la celda completa, con un ALOHA ranurado como mecanismo de control de acceso.
- Canal Común de Paquetes (CPCH o *Common Packet Channel*), canal ascendente para tráfico en ráfagas, y que funciona asociado a un canal descendente dedicado DCH.
- Canal Compartido Descendente (DSCH o *Downlink Shared Channel*), canal descendente compartido por varios terminales móviles, y que funciona asociado a un DCH al que complementa.

1.4.2.3.3 Canales Físicos. Estos canales se encuentran sobre la capa física, y su definición se corresponde con la forma en que se transmiten y reciben físicamente. La descripción general que enuncia las funciones en que se enmarca cada canal de los que se enunciarán a continuación son las siguientes:

- DPCH (*Dedicated Physical Channel*), canal utilizado para transportar la información de un usuario dentro de una llamada.
- SCH (*Synchronization Channel*), canal utilizado para la sincronización (formado por dos sub-canales, primario P-SCH y secundario S-SCH).
- CCPCH (*Common Control Physical Channel*), canal utilizado para la recepción de la información del sistema (dividido en dos canales, primario P-CCPCH y secundario S-CCPCH).
- CPICH (*Common Pilot Channel*), canal piloto utilizado para las mediciones y para la comprobación de cuál es la mejor celda.
- PRACH (*Physical Random Access Channel*), canal para acceso al sistema.
- AICH (*Acquisition Indication Channel*), canal para la confirmación del acceso al sistema.

- PCPCH (*Physical Common Packet Channel*), canal para acceso al sistema en modo paquete.
- AP-AICH (*Access Preamble Acquisition Indication Channel*), canal para la confirmación de acceso al sistema en modo paquete.
- PICH (*Paging Indication Channel*), canal para la recepción de avisos de llamadas.

Es de destacar que en el enlace ascendente únicamente tendremos los canales físicos DPCH, PRACH y PCPCH. Además, el canal físico DPCH está formado por los canales DPDCH y DPCCH, que en definitiva lo configuran como el canal más importante de todos.

En la Tabla. I.5 se presenta un resumen de la correspondencia entre los canales utilizados en WCDMA.

Canales Lógicos	Canales de Transporte
BCCH o <i>Broadcast Control Channel</i>	BCH FACH
PCCH o <i>Paging Control Channel</i>	PCH
CCCH o <i>Common Control Channel</i>	RACH FACH
DCCH o <i>Dedicated Control Channel</i> +	RACH + FACH CPCH + FACH
DTCH o <i>Dedicated Traffic Channel</i>	RACH + DSCH DCH + DSCH DCH + DSCH
CTCH o <i>Common Traffic Channel</i>	FACH

Canales de Transporte	Canales Físicos
DCH o <i>Dedicated Channel</i>	DPDCH + DPCCH
BCH o <i>Broadcast Channel</i>	P-CCPCH
FACH o <i>Forward Access Channel</i> +	S-CCPCH
PCH o <i>Paging Channel</i>	
RACH o <i>Random Access Channel</i>	PRACH
CPCH o <i>Common Packet Channel</i>	PCPCH
DSCH o <i>Downlink Shared Channel</i>	PDSCH
	CPICH
	SCH
	AICH
	AP-AICH
	CD/CA-ICH
	PICH
	CSICH

Tabla. I.5. Correspondencia entre canales WCDMA

1.4.2.4 Elementos del sistema WCDMA. En los sistemas de comunicaciones móviles basados en CDMA, donde todos los usuarios comparten un canal de frecuencia en común, la interferencia es un problema crucial debido a la cantidad de potencia con la cual se puede transmitir, principalmente sobre el enlace ascendente. Es por ello que el control de potencia es uno de los aspectos más importantes de WCDMA, sin él, un móvil situado cerca de la estación base transmitiendo con un nivel de potencia fijo puede enmascarar a otros usuarios sin importar que tan cerca o lejos estén situados de él.

Debido a los mecanismos de propagación y pérdidas por trayectoria, la señal recibida en la estación base proveniente de un móvil cercano a ella (PR1) será más fuerte que la señal recibida de un móvil que se encuentre en el borde de la celda (PR2), a este efecto se le conoce como efecto cerca-lejos, en la siguiente figura se ilustra este efecto en el cual el móvil 1 enmascara al móvil 2.

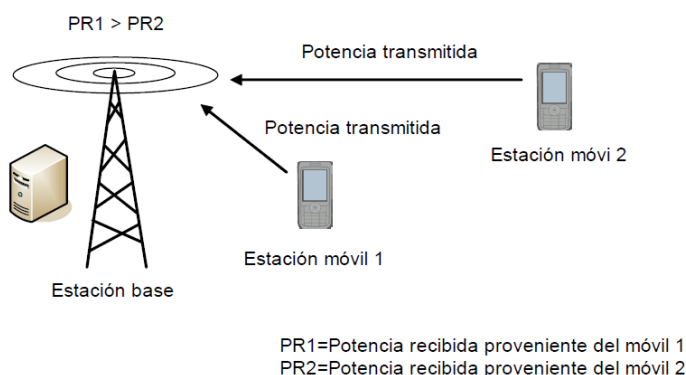


Figura. I.13. Efecto cerca-lejos

Para reducir este efecto, es necesario que todas las señales, independientemente de la distancia, deben llegar a la estación base con la misma potencia. Para lograr lo anterior es necesario contar con un control de potencia. Cabe indicar que en el enlace descendente no se presenta el efecto cerca-lejos. El control de potencia puede clasificarse en dos tipos: control de potencia de lazo abierto y control de potencia de lazo cerrado, los cuales serán descritos en las siguientes secciones.

- **Control de potencia de lazo abierto.** Se encarga de estimar la potencia inicial necesitada en el enlace ascendente, basándose en las pérdidas por trayectorias en la dirección del enlace descendente. Los canales piloto están monitorizando constantemente a los móviles dentro de una celda, cuando un móvil es detectado por un canal piloto, el móvil inicia su transmisión con una cantidad de potencia igual que la del canal piloto.

Ya que los desvanecimientos rápidos no presentan correlación entre el enlace de subida y el enlace de baja, la potencia inicial de transmisión del móvil que proporciona el control de potencia de lazo abierto no es lo suficientemente buena para utilizarse en la transmisión de todos los canales, es por ello que se requiere de el control de potencia de lazo cerrado.

- **Control de potencia de lazo cerrado.** El control de potencia de lazo cerrado mide la relación de señal a interferencia *SIR* (*Signal-to-Interference Ratio*) y envía comandos al transmisor para ajustar la transmisión de potencia. En el control de potencia de lazo cerrado para el enlace de subida, la estación base realiza frecuentemente estimaciones de la *SIR* recibida, y la compara con una *SIR* establecida denominada objetivo. Si la *SIR* medida es mayor que la *SIR* objetivo, la estación base ordena al móvil que disminuya la potencia, en el caso contrario, la estación base ordena al móvil que incremente su potencia. Para la elección de estos valores se depende de factores tales como: la velocidad del móvil, las pérdidas por trayectoria y del ambiente de propagación, es decir el tamaño de paso no es constante en la conexión.

1.4.2.5 Códigos en WCDMA. El sistema WCDMA utiliza diferentes códigos, debido a las características físicas del trayecto radioeléctrico. Ciertos rasgos, como la ortogonalidad y la autocorrelación, hacen que un código sea o no el adecuado para un fin específico. Existen, básicamente, tres tipos de códigos: los códigos de canalización, los códigos de aleatorización y los códigos de ensanchamiento.

	Dirección ascendente	Dirección descendente
Códigos de aleatorización	Diferenciación de usuarios	Diferenciación de celdas
Códigos de canalización	Canales de datos y control del mismo terminal	Usuarios de una misma celdas
Código de ensanchamiento	Código de canalización x código de aleatorización	Código de canalización x código de aleatorización

Tabla. I.6. Tipos de códigos de WCDMA

El código de aleatorización se emplea en dirección descendente para la diferenciación de celdas o sectores y, en dirección ascendente para diferenciar entre sí a los usuarios o más exactamente sus móviles. Además, como el flujo de datos de cada usuario ocupa la banda de frecuencia completa, es necesario captar la señal correcta con la mínima distorsión. Es entonces cuando se utilizan los códigos de ensanchamiento para separar las diferentes transmisiones ensanchadas por toda la banda de frecuencia.

Un código de ensanchamiento es un código único y exclusivo que la red asigna al comienzo de la transacción; desde el punto de vista del código de ensanchamiento, la capacidad de la celda depende de la cantidad de código de aleatorización en dirección descendente asignada a la celda. Cada código de aleatorización en dirección descendente posee, entonces, un conjunto de códigos de canalización y cada llamada o transacción exige la intervención de un código de canalización. En la práctica, un código de ensanchamiento, es la combinación de un código de aleatorización y un código de canalización. Además, el código de ensanchamiento depende del tipo de información que vaya a entregarse. La información que envía la celda hacia los terminales de su área consume algunos códigos del total de códigos de canalización.

1.5 SISTEMAS CELULARES 3.5G

1.5.1 Características Principales

En las fases iniciales del desarrollo de las redes UMTS, se previó que el tráfico de datos seguiría las tendencias de las redes fijas en las que el tráfico IP comenzaba a predominar. La característica más importante de 3.5G, es aumentar la capacidad de datos total de la red; por lo cual se centraron esfuerzos en la evolución de las redes UTRAN y, más concretamente, en su interfaz aérea. A consecuencia de lo mencionado anteriormente en la 3GPP v5 se especifica un nuevo modo HSDPA para atender las necesidades de los usuarios de velocidades altas para la transmisión de datos.

1.5.2 HSDPA (*High - Speed Downlink Packet Access*)

La plataforma HSDPA, conocida también como 3.5G, es la optimización de la tecnología espectral WCDMA, que consiste en un nuevo canal compartido en el enlace descendente que mejora significativamente la capacidad máxima de transferencia de información. La ventaja más destacada del HSDPA, es un flujo de transmisión de datos de unos cinco órdenes de magnitud mayor, es decir, una velocidad punta de más de 10Mbps; dado que también intervienen en la velocidad máxima alcanzable factores como la cobertura de la celda, la movilidad del UE, la distancia del UE de la estación base y el número de usuarios simultáneos, en la práctica la velocidad punta máxima de transmisión de datos puede quedar muy lejos del objetivo; además se destacan entre las mejoras del HSDPA una latencia de extremo a extremo notablemente más baja y una capacidad aumentada de celda. Todo ello combinado contribuye directamente a la utilización eficiente del espectro y amplía extraordinariamente la capacidad del sistema para adaptarse a la perfección a las ofertas de servicios de datos.

1.5.2.1 Interfaz aire HSDPA. HSDPA realiza mejoras sobre los 5MHz de ancho de banda del canal de bajada de WCDMA usando una técnica diferente de modulación y codificación: modulación de amplitud en cuadratura 16QAM y codificación variable de errores. Implementa además un nuevo canal dentro de WCDMA llamado HS-DSCH (*High Speed Downlink Shared Channel*), el canal es compartido entre todos los usuarios brindando altas velocidades de bajada, mejorando así también el uso del espectro. HSDPA también introduce multiplexaje en tiempo. Esto quiere decir que varios usuarios comparten el mismo canal y cuando un usuario no usa un recurso disponible se asigna a otros.

Los dos nuevos canales físicos introducidos en HSDPA son el canal compartido para el enlace de bajada físico de alta velocidad, HS-PDSCH (*High Speed Physical Downlink Shared Channel*) y el canal de control físico dedicado de alta velocidad, HS-DPCCH (*High Speed Dedicated Physical Control Channel*). El HS-PDSCH es el mecanismo de transporte para los nuevos canales lógicos. Éste lleva los datos reales, utiliza modulación adaptable y su potencia es controlada por la estación base.

Los nuevos canales lógicos son el canal compartido en el enlace de bajada, HS-DSCH (*High Speed Downlink Shared Channel*) y el canal de control compartido de alta velocidad, HS-SCCH (*High Speed Shared Control Channel*). El HS-DSCH proporciona el mecanismo de transferencia lógica para los datos que son transportados sobre el canal físico HS-PDSCH. El HS-SCCH es el canal que señala el enlace de bajada y proporciona información a la estación móvil [3].

En la Tabla. I.7 se muestran las características de los canales físicos y uno de los canales lógicos y en la Figura. I.14 se puede observar la relación entre dichos canales, con la estación base y la estación móvil.

Parámetros físicos							
	Nombre	Dirección	Objetivo	Factor de dispersión	Modulación	Canal de código	Sincronización
	HS-PDSCH (High Speed Physical Downlink Shared Channel)	Enlace de bajada	Portadoras de datos de usuario en el enlace de bajada hasta de 14.4 Mbps.	16	QPSK o 16QAM	Tasa 1/3 codificación turbo, empleo de HARQ	HS-PDSCH comienza 5120 chips después del principio de HS-SCCH.
	HS-SCCH (High Speed Shared Control Channel)	Enlace de bajada	Portadoras de control de la información para HS-PDSCH: <ul style="list-style-type: none"> • Canalización de la información del conjunto de código. • Información del esquema de modulación. • Información del bloque de transporte. • El HARQ procesa la información. • Nuevo indicador de datos. • La EM identifica a H-RNTI. 	128	QPSK	Tasa 1/3 codificación convolucional.	Tiempo de alineación con P-CCPCH
	HS-DPCCH (High Speed Dedicated Physical Control Channel)	Enlace de subida	Portadoras de control de la información: <ul style="list-style-type: none"> • HARQ ACK / NACK • Reportes CQI 	256	BPSK	Codificación de canal por HARQ ACK o codificación de canal por NACK para CQI.	La sincronización para el enlace de subida DPCH depende del enlace de bajada y la sincronización de HS-PDSCH.

Tabla. I.7. Características de los nuevos canales físicos y lógicos de HSDPA

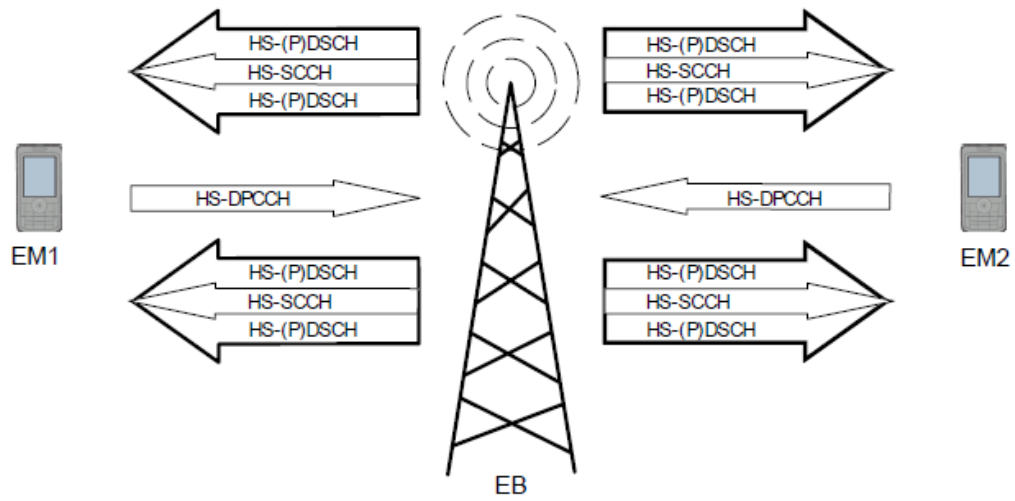


Figura. I.14. Nuevos canales físicos y lógicos para HSDPA

CAPITULO II

SITUACIÓN ACTUAL DE LAS OPERADORAS MÓVILES EN EL ECUADOR

2.1 NÚMERO DE USUARIOS DE TELEFONÍA MÓVIL

La telefonía móvil en el Ecuador ha crecido aceleradamente en los últimos 10 años, lo que le ha permitido ubicarse entre los países de mayor demanda en Latinoamérica. El Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL), asegura que el fenómeno obedece a la apertura del sistema de libre competencia en el país que empezó en el 2001, con las reformas a la Ley de Telecomunicaciones. Además la entrada de Alegro PCS, en el año 2003, afianzó el mercado local.

Datos proporcionados por la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones (SENATEL) en el mes de diciembre de 2010 se contabilizaron 15.105.420 líneas celulares en actividad en el país, de acuerdo con los reportes que las operadoras del servicio remiten a este organismo. Así, los niveles de penetración de la telefonía móvil en el país superan el 100 por ciento sobre el total de la población, que de acuerdo con datos preliminares del censo de población y vivienda 2010 del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) es de 14.306.876 [4] habitantes.

4 <http://www.inec.gob.ec/>, Datos preliminares del censo de población y vivienda 2010.

De todas maneras, un índice de penetración del 100 por ciento no quiere decir necesariamente que cada persona tenga exactamente un celular, ni que toda la población tenga acceso al servicio. Por el contrario, esta situación casi nunca se da, al menos en los países en desarrollo. A fines de julio de 2010, el propio INEC divulgaba en un comunicado que el 73,7% de los hogares del país contaban con el servicio de telefonía móvil. Este dato, recogido a diciembre de 2009, sirve como referencia para ver con un grado mayor de detalle cuál es la penetración real del servicio. Con todo, la presencia en hogares del servicio de telefonía móvil es bastante superior al de telefonía fija, estimado en un 35,6 por ciento por el INEC.

Existe otro dato proporcionado por el INEC, el cuál vale tener en cuenta para comprender un poco mejor el mercado ecuatoriano. Según el organismo, la presencia de celulares en hogares aumentó sólo 3,8 puntos porcentuales respecto a 2009. Esto pone de manifiesto que el crecimiento del servicio se hace sobre hogares o grupos familiares donde ya se contaba con esta prestación. De acuerdo con el INEC, la provincia con mayor uso de telefonía móvil es Pichincha, con 81,3 por ciento, seguida por Guayas (79,7 por ciento), mientras que la provincia con menor uso es Chimborazo (52,8 por ciento).

Porta es el líder del mercado, con 10.470.502 de celulares en actividad, lo que le confiere una cuota de mercado del 69% por ciento. Lo sigue Movistar, con 4.314.599 de usuarios y una participación del 29 por ciento. Finalmente, Alegro PCS, con 320.319 clientes, retiene el 2 por ciento restante del mercado.

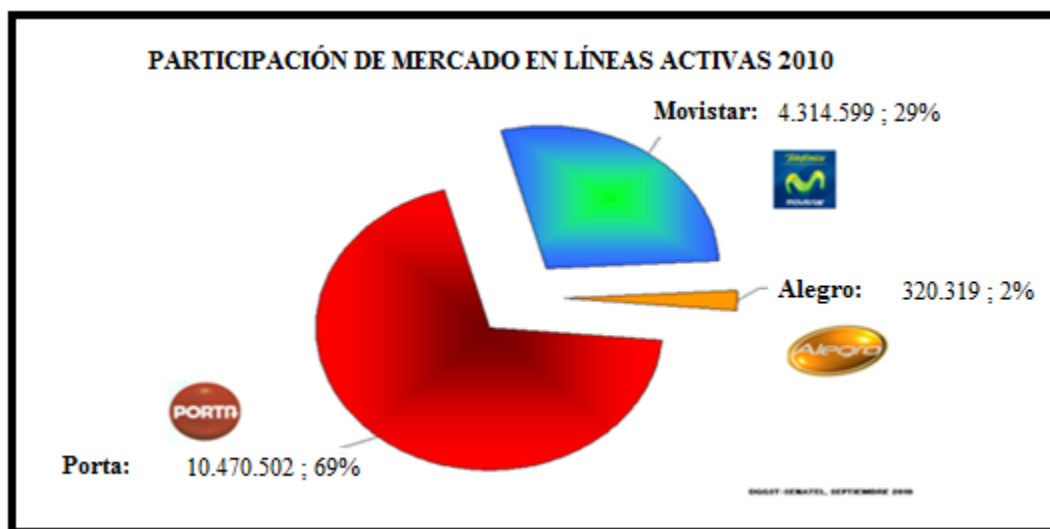


Figura. II.1. Distribución del Mercado de Telefonía Móvil, por Operadora [5]

AÑOS	TOTAL LÍNEAS ACTIVAS CONECEL S.A.	TOTAL LÍNEAS ACTIVAS OTECEL S.A.	TOTAL LÍNEAS ACTIVAS TELECSA	TOTAL LÍNEAS ACTIVAS NACIONAL	TOTAL NACIONAL LÍNEAS DE VOZ	TOTAL NACIONAL LÍNEAS DE DATOS	POBLACIÓN NACIONAL*	DENSIDAD NACIONAL LÍNEAS ACTIVAS DE VOZ	DENSIDAD NACIONAL LÍNEAS ACTIVAS DE DATOS	DENSIDAD NACIONAL LÍNEAS ACTIVAS
Año 2008	8.156.359	3.211.922	323.967	11.692.248	11.542.087	7.769	13.805.095	83,6%	0,1%	85%
Año 2009	9.291.268	3.806.432	356.900	13.454.600	13.099.619	212.513	14.005.449	93,5%	1,5%	96%
ene-10	9.413.020	3.868.567	356.900	13.638.487	13.274.948	219.995	14.021.963	94,7%	1,6%	97%
feb-10	9.514.599	3.904.390	353.181	13.772.170	13.398.402	233.961	14.038.497	95,4%	1,7%	98%
mar-10	9.628.485	3.935.607	357.344	13.921.436	13.530.179	248.066	14.055.051	96,3%	1,8%	99%
abr-10	9.719.643	3.984.045	355.675	14.059.363	13.653.165	257.134	14.071.624	97,0%	1,8%	100%
may-10	9.814.475	4.039.162	327.319	14.180.956	13.762.307	268.008	14.088.216	97,7%	1,9%	101%
jun-10	9.905.599	4.069.975	339.718	14.315.292	13.887.368	275.563	14.104.828	98,5%	2,0%	101%
jul-10	10.006.645	4.083.531	317.884	14.408.060	13.980.701	281.939	14.121.460	99,0%	2,0%	102%
ago-10	10.100.770	4.108.651	320.415	14.529.836	14.090.953	290.532	14.138.111	99,7%	2,1%	103%
sep-10	10.172.071	4.154.773	318.952	14.645.796	14.191.995	301.033	14.154.782	100,3%	2,1%	103%
oct-10	10.258.688	4.194.580	316.188	14.769.456	14.302.392	313.375	14.188.182	100,8%	2,2%	104%
nov-10	10.349.269	4.221.593	320.319	14.891.181	14.407.800	326.853	14.204.900	101,4%	2,3%	105%
dic-10	10.470.502	4.314.599	320.319	15.105.420	14.613.987	336.786	14.306.876	102,1%	2,4%	106%

Tabla. II.1. Densidad de Servicio Móvil [5]

5 http://www.conatel.gob.ec/site_conatel/, DGSST-Senatel.

El mercado celular ecuatoriano está caracterizado por un alto uso del servicio en modalidad prepago. Las líneas correspondientes a esta modalidad comercial llegan a 12.608.226, lo cual representa el 85,96 por ciento de los celulares en actividad. Sólo un 14 por ciento de los usuarios (1,801 millones) se encuentran bajo la modalidad pospago.

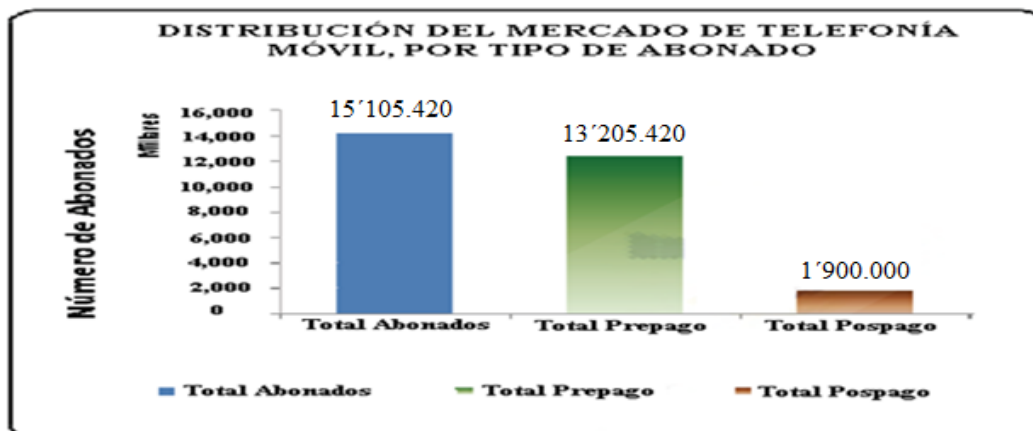


Figura. II.2. Distribución del Mercado de Telefonía Móvil, por Tipo de Abonado

Alegro PCS es el que mayor porcentaje de usuarios pospago posee, 19 por ciento, con 55.951 líneas. Movistar tiene un 14 por ciento de su base (612.055) bajo la modalidad pospago, y Porta, sólo el 12,72 por ciento (1.23 millones).

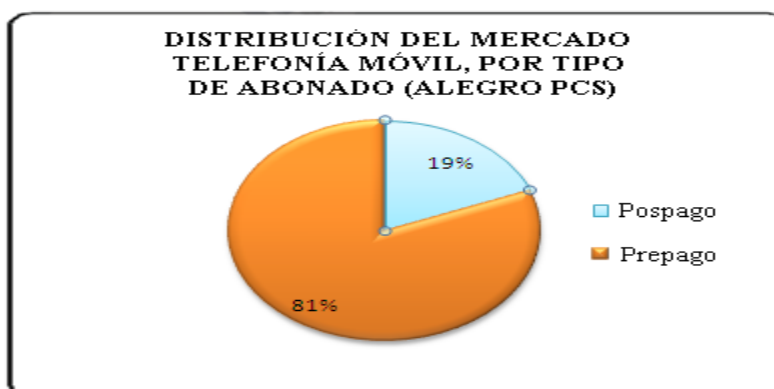


Figura. II.3. Distribución del Mercado de Telefonía Móvil, Tipo de Abonado (Alegro)

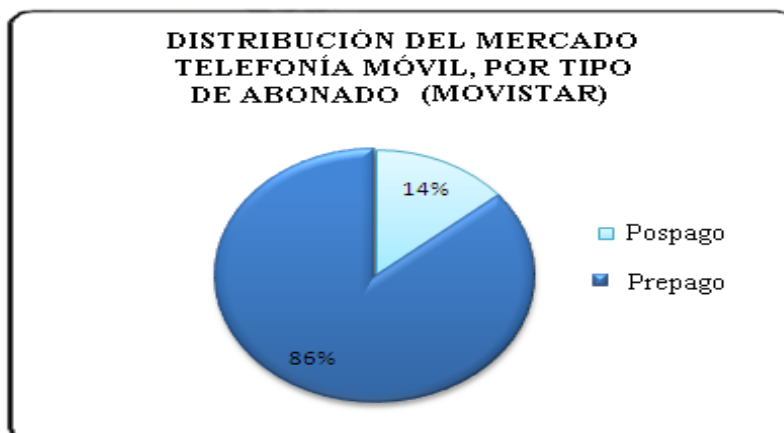


Figura. II.4. Distribución del Mercado de Telefonía Móvil, Tipo de Abonado (Movistar)

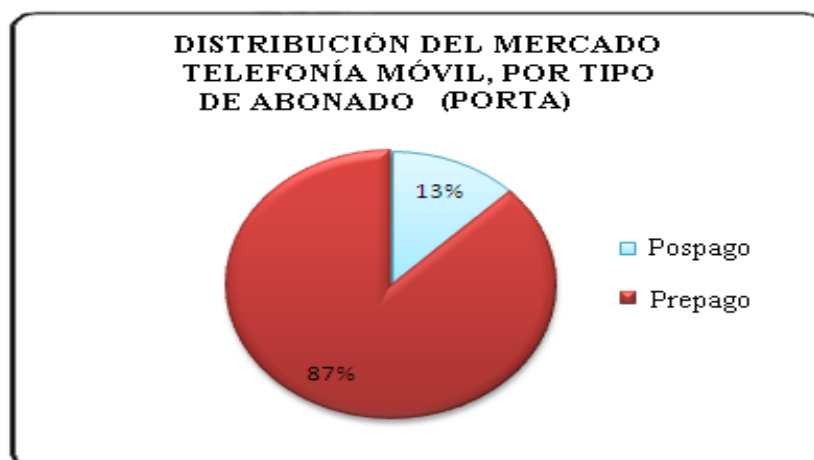


Figura. II.5. Distribución del Mercado de Telefonía Móvil, Tipo de Abonado (Porta)

2.2 PLATAFORMAS DESPLEGADAS POR LAS OPERADORAS DE TELEFONÍA MÓVIL

En el país están presentes tres plataformas de acceso a la red móvil, de las cuales la denominada GSM brinda servicio al 90% de las líneas móviles del país; UMTS al 6% y CDMA al 4%.

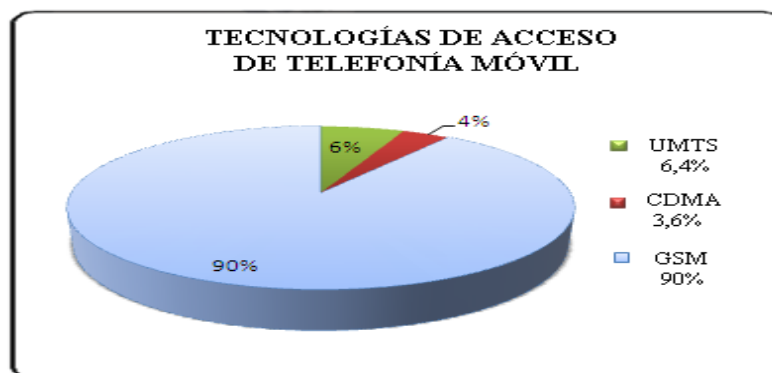


Figura. II.6. Plataformas de Acceso de Telefonía Móvil

En cuanto a las redes de tercera generación (3G) UMTS/HSPA, Porta es el dominador absoluto, con 872.114 suscriptores que representan el 85,45 por ciento de este mercado, mientras que Movistar cuenta con 148.509 líneas, que le reportan una cuota de 14,55 por ciento. Alegro PCS, por su parte, ha desplegado la tecnología, CDMA2000 EVDO como 3G, cabe indicar que el operador estatal actúa bajo el modelo de operador móvil virtual (MVNO) a través de un acuerdo con Movistar para utilizar su red GSM.

En la Tabla siguiente se da a conocer los abonados por cada operadora en cada una de sus plataformas desplegadas, desde el año 2001 hasta 2010.

AÑOS	CONECEL S.A.				OTECEL S.A.					TELECSA			TOTAL
	TDMA	GSM	UMTS	TOTAL	TDMA	CDMA	GSM	GPRS/EDGE/UMTS	TOTAL	CDMA	GSM	TOTAL	
2003	1.276.156	256.859		1.533.015	847.252	14.090			861.342	3.804		3.804	2.398.161
2004	1.084.402	1.232.659		2.317.061	388.077	731.680			1.119.757	107.356		107.356	3.544.174
2005	628.988	3.459.362		4.088.350	221.711	1.310.544	399.375		1.931.630	226.352		226.352	6.246.332
2006	253.149	5.383.246		5.636.395	131.054	1.077.146	1.281.802		2.490.002	358.653		358.653	8.485.050
2007		6.907.911		6.907.911	13.078	761.539	1.807.819		2.582.436	433.275	16.355	449.630	9.939.977
2008		7.499.370	656.989	8.156.359		533.206	2.678.716		3.211.922	155.151	168.816	323.967	11.692.248
2009		8.532.691	758.577	9.291.268		370.711	3.355.059	80.662	3.806.432	173.602	183.298	356.900	13.454.600
ene-10		8.653.128	759.892	9.413.020		366.081	3.405.982	96.504	3.868.567	173.294	179.887	353.181	13.634.768
feb-10		8.770.619	743.980	9.514.599		353.858	3.444.802	105.730	3.904.390	173.294	179.887	353.181	13.772.170
mar-10		8.796.369	832.116	9.628.485		338.784	3.480.164	116.659	3.935.607	171.645	185.699	357.344	13.921.436
abr-10		8.909.214	810.429	9.719.643		325.985	3.538.605	119.455	3.984.045	167.328	188.347	355.675	14.069.363
may-10		8.986.610	827.865	9.814.475		314.164	3.599.119	125.879	4.039.162	167.828	159.491	327.319	14.180.956
jun-10		9.075.650	829.949	9.905.599		303.058	3.634.162	132.755	4.069.975	163.982	175.736	339.718	14.315.292
jul-10		9.132.968	873.677	10.006.645		293.734	3.652.916	136.881	4.083.531	163.598	168.278	331.876	14.422.052
ago-10		9.219.596	881.174	10.100.770		283.611	3.683.347	141.693	4.108.651	163.890	168.384	332.274	14.541.695
sep-10		9.299.957	872.114	10.172.071		274.313	3.731.951	148.509	4.154.773	164.048	171.094	335.142	14.661.986
oct-10		9.238.584	1.020.104	10.258.688		264.185	3.771.681	158.714	4.194.580	164.073	171.042	335.115	14.788.383
nov-10		9.411.356	937.913	10.349.269		253.753	3.802.850	164.990	4.221.593	156.845	163.474	320.319	14.891.181
dic-10		9.419.193	1.051.309	10.470.502		232.396	3.911.249	170.954	4.314.599	156.845	163.474	320.319	15.105.420

Tabla. II.2. Abonados por Operadora y Plataforma

2.2.1 Bandas de frecuencias para las operadoras de telefonía móvil en el Ecuador según el Plan Nacional de Frecuencias

Siendo el Ecuador un comprador de tecnología en el sector de las Telecomunicaciones, se ha encontrado la necesidad de elaborar un Plan Nacional de Frecuencias en el cual se recojan las recomendaciones de organismos internacionales, principalmente las de la UIT, y organismos tales como la FCC de Estados Unidos de América y la ETSI para los países Europeos, y que exprese la soberanía del estado ecuatoriano en materia de administración del espectro radioeléctrico. Por tal motivo el Plan Nacional de Frecuencias en lo que concierne a las operadoras de telefonía móvil, presenta actualmente las siguientes características en las bandas correspondientes a:

- **Banda de los 800MHz**, está asignada de acuerdo a las notas EQA.140 y EQA.145 del Plan Nacional de Frecuencias, como se muestra en la siguiente figura.

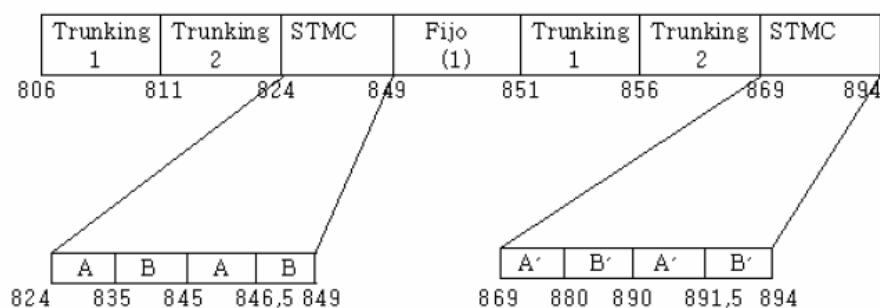


Figura. II.7. Bandas 824 – 849MHz y 869 – 894MHz para operadoras

Según la nota EQA.140, se especifica que las bandas correspondiente a los 800MHz como son: las bandas 806-811MHz y 851-856MHz; 811-824MHz y 856- 869MHz están reservadas para los servicios fijo y móvil, de los sistemas troncalizados; además en la nota EQA.145, las bandas correspondientes a los 824 – 849MHz y 869– 894MHz están asignadas a los servicios fijo y móvil, donde operan los Sistemas de Telefonía Móvil Celular (STMC). El grupo de frecuencias asignado a los actuales concesionarios en esta banda, se mencionan a continuación:

- **Concesionario Conecel - Porta**
 - Banda A: 824-835MHz y 845-846.5 MHz (*Uplink*).
 - Banda A': 869-880MHz y 890-891.5MHz (*Downlink*).
- **Concesionario Otecel - Movistar**
 - Banda B: 835-845MHz y 846.5-849MHz (*Uplink*).
 - Banda B': 880-890MHz y 891.5-894MHz (*Downlink*).

En estas bandas las concesionarias Conecel S.A. y Otecel S.A. operan sus plataformas; observándose adicionalmente que en la banda de los 800MHz ya no pueden operar otras operadoras. Adicionalmente Porta y Movistar pueden hacer funcionar en esta banda otros sistemas que ellos determinen conveniente.

- **Banda de los 1850-1990MHz**, de acuerdo a lo que se especifica en la Nota EQA.180 del Plan Nacional de Frecuencias, según la Comisión Interamericana de Telecomunicaciones (CITEL) por medio de la recomendación CCP.III/REC.26 (VI-96), sugiere que la banda 1850-1990MHz se utilice para los sistemas PCS y/o para sistemas fijos inalámbricos de acceso (WLL) en la región de las Américas. Esta banda está distribuida en algunos rangos de frecuencias como se muestra en la siguiente tabla.

IMT 2000	TX (MHz)	RX (MHz)	Frecuencias (MHz)	
A-A'	15	15	1850-1865	1930-1954
B-B'	15	15	1870-1885	1950-1965
C-C'	15	15	1895-1910	1975-1990
D-D'	5	5	1865-1870	1945-1950
E-E'	5	5	1885-1890	1965-1970
F-F'	5	5	1890-1895	1970-1975

Tabla. II.3. Bandas de Frecuencia 1850-1990MHz

En la tabla anterior se muestran 6 bandas de frecuencia y para el caso del Ecuador, estas bandas se han distribuido de la siguiente manera.

- ✓ Tanto la banda A como la B contienen frecuencias de radio y televisión que ya están concesionadas por el estado ecuatoriano.
- ✓ La banda C fue concesionada por el estado a la operadora ALEGRO en el año 2003, y se le otorgó 30MHz, en los siguientes rangos de frecuencias.

➤ **Concesionario Telecsa - Alegro**

- Banda C: 1895-1910MHz (*Uplink*).
- Banda C': 1975-1990MHz (*Downlink*).

La operadora Alegro ya no es la única que presta sus servicios en la banda de los 1900MHz, pues según como se indica en el Art.1 en la RESOLUCIÓN 496-21 emitido por el CONATEL, el 8 de Septiembre del 2006 se procede a:

“Otorgar la concesión de 10 MHz en la banda de 1900MHz, a las operadoras OTECEL S.A. en la sub-banda D-D’, al Consorcio Ecuatoriano de Telecomunicaciones S.A. CONECEL, en la sub-banda E-E’ y a Telecomunicaciones Móviles del Ecuador TELECSA S.A., en la sub-banda F-F’; en los términos, condiciones y plazos planteados por la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones”[6].

Como indica esta resolución, a Movistar se le designó la utilización de 10MHz en la banda D-D’, adicionales a los 25MHz que tiene en la banda de frecuencias de los 800MHz, con lo que cuenta con un total de 35MHz. A Porta, también se le designó el uso de 10MHz adicionales en la banda E-E’, con lo que cuenta con un total de 35MHz dentro del espectro, y de igual manera a la operadora Alegro PCS pues el CONATEL le asignó el canal F-F’ con 10MHz adicional al canal C-C’, con lo que actualmente cuenta con 40MHz.

6 http://www.conatel.gob.ec/site_conatel/, Resolución 496-21.

2.3 INTERFAZ AIRE DE LAS OPERADORAS DE TELEFONÍA MÓVIL

2.3.1 Interfaz aire de la operadora de telefonía móvil Porta

El Consorcio Ecuatoriano de Telecomunicaciones S.A. (Conecel S.A), más conocido como Porta, concesionaria del servicio de telefonía móvil desde 1993, inició sus operaciones con tecnología americana (*Advance Mobile Phone Service*, AMPS) de primera generación y actualmente brinda sus servicios a través de dos plataformas tecnológicas, las cuales son.

- Para 2G: La tecnología europea GSM/GPRS/EDGE.
- Para 3G: La tecnología UMTS/HSPA 3GPP.

En lo referente a 2G, la red GSM de Porta soporta voz y datos a una velocidad de 9.6 Kbps a 171 Kbps, además cuenta con acceso a plataformas de 2.5G como es GPRS (*General Packet Radio System*) y EDGE (*Enhanced Data Rates for GSM Evolution*). Estas plataformas permiten tener entrada a redes de datos públicas o radio paquetes a altas velocidades, siendo EDGE una plataforma con una velocidad de acceso a datos tres veces mayor que la velocidad de GPRS.

Porta, al tener implementada una red GSM/GPRS/EDGE, ya ha empezado a desplegar redes de 3G en las principales ciudades del Ecuador, desde el año 2008; haciendo uso de la plataforma UMTS/HSDPA.

CONECEL S.A. - PORTA	
2G:	GSM (<i>Global System for Mobile Communication</i>)
3G:	WCDMA (<i>Wideband Code Division Multiple Access</i>)
3G:	HSDPA (<i>High Speed Downlink Packet Access</i>).

Figura. II.8. Plataformas ofrecida por Porta

Como puede apreciarse en la siguiente tabla, se da a conocer el número de radiobases de acuerdo a la plataforma que se han ido implementando para satisfacer las necesidades de los usuarios de la operadora Porta.

ANUAL									
PORTA		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Radiobases	AMPS/TDMA	211	211	212	211	197	0	0	0
	CDMA	0	0	0	0	0	0	0	0
	GSM 850	189	416	797	1.008	1.189	1.325	1491	1618
	GSM 1900	0	0	0	0	311	551	671	905
	UMTS	0	0	0	0	0	409	549	765
	Total	400	627	1.009	1.219	1.697	2.285	2711	3288
AB asignado (MHz)		25	25	25	35	35	35	35	35

Tabla. II.4. Radiobases por Plataforma (Porta) [5]

La Tabla. II.4, nos indica que a partir del año 2007 y de acuerdo a [6]; Porta empezó a utilizar el ancho de banda asignado en los 1900MHz. También se observa el despliegue que UMTS ha empezado a tener a partir del año 2008; y el desuso de la plataforma AMPS/TDMA, a fin de dejar fuera de funcionamiento a esta plataforma.

En la Tabla. II.5, apreciamos las radiobases instaladas de acuerdo a las plataformas que hace uso Porta en las provincias del Ecuador, dato correspondiente al año 2010; donde se observa un crecimiento de 3G; principalmente en las provincias más importantes del país.

ANUAL	2010		
Radiobases PORTA	GSM	GSM 1900	UMTS
Azuay	69	28	33
Bolívar	19	7	2
Cañar	13	2	6
Carchi	17	5	3
Chimborazo	39	13	12
Cotopaxi	27	6	12
El Oro	56	37	20
Esmeraldas	58	27	17
Galápagos	7	3	0
Guayas	439	337	262
Imbabura	34	23	21
Loja	50	21	21
Los Ríos	77	37	25
Manabí	149	82	51
Morona Santiago	12	3	0
Napo	14	2	2
Orellana	17	7	7
Pastaza	7	2	2
Pichincha	361	188	196
Santa Elena	39	23	22
Sto Domingo de los Tsachilas	41	27	22
Sucumbios	22	8	8
Tungurahua	42	16	21
Zamora Chinchipe	9	1	0

Tabla. II.5. Radiobases por Plataforma y Provincia (Porta) [5]

2.3.2 Interfaz aire de la operadora de telefonía móvil Movistar

Telefónica Móviles, también conocido como Movistar, quien inició sus operaciones el 14 de Octubre de 2004 con la adquisición del 100% de las acciones de Otecel SA, y concesionaria del servicio de telefonía móvil desde 1993, inició sus operaciones al igual que Porta con la plataforma americana (*Advance Mobile Phone Service, AMPS*), pero actualmente ofrece sus servicios mediante las plataformas:

- Para 2G: GSM/GPRS/EDGE y CDMA 2000 1xRTT.
- Para 3G: La tecnología UMTS/HSPA 3GPP.

En 2G la red GSM adoptada por Movistar ofrece las mismas características y bondades que fueron descritas para la operadora Conecel-Porta; además en 2G Movistar trabaja con CDMA la cual permite a varios usuarios compartir el mismo espectro de radiofrecuencia por asignación de un código digital único a cada usuario activo. CDMA2000 1x, es el núcleo del estándar del interfaz aire CDMA2000, y es conocido por muchos términos: 1x, 1xRTT, IS-2000, CDMA2000 1X, 1X y cdma2000. Movistar en 2G usa la designación “1xRTT” (*1 times Radio Transmission Technology*) para identificar la versión de la plataforma CDMA2000 que opera en un par de canales de 1.25-MHz, presentando de esta manera la capacidad de soportar altas velocidades de datos, a una velocidad pico de 144kbits/s.

En cuanto a 3G; Movistar ya ha empezado a realizar la implementación de la plataforma UMTS/HSDPA desde el año 2009.

OTECEL S.A. - MOVISTAR	
2G:	GSM (<i>Global System for Mobile Communication</i>)
2G:	CDMA (<i>Code Division Multiple Access</i>)
3G:	WCDMA (<i>Wideband Code Division Multiple Access</i>)
3G:	HSDPA (<i>High Speed Downlink Packet Access</i>).

Figura. II.9. Plataformas ofrecida por Movistar

La Tabla. II.6, nos da a conocer el número de radiobases de acuerdo a la plataforma que se han ido implementando para satisfacer las necesidades de los clientes de Movistar, donde se aprecia que a partir del año 2006 y de acuerdo a [6], Movistar empezó a utilizar el ancho de banda asignado en los 1900MHz.

En lo referente a UMTS, Movistar ha realizado un despliegue muy limitado, como se puede observar en dicha tabla; con respecto a CDMA, los clientes de esta red están siendo migrados hacia GSM, con lo que se pretende dejar en desuso esta plataforma junto con AMPS/TDMA.

ANUAL									
MOVISTAR		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Radiobases	AMPS/TDMA	221	221	216	215	215	0	0	0
	CDMA	214	220	222	222	222	222	222	222
	GSM 850	0	0	247	426	711	928	1010	1193
	GSM 1900	0	0	0	0	104	122	147	272
	UMTS							223	385
	Total	435	441	685	863	1.252	1.272	1602	2072
AB asignado (MHz)		25	25	25	35	35	35	35	35

Tabla. II.6. Radiobases por Plataforma (Movistar) [5]

La Tabla. II.7, se observa las radiobases instaladas de acuerdo a su plataforma en las provincias del Ecuador, en el año 2010, por parte de la operadora Movistar.

ANUAL	2010			
Radiobases MOVISTAR	CDMA	GSM	GSM 1900	UMTS
Azuay	9	70	14	28
Bolívar	0	12	0	0
Cañar	5	28	4	0
Carchi	1	15	0	0
Chimborazo	3	42	1	0
Cotopaxi	5	38	6	0
El Oro	9	41	5	7
Esmeraldas	6	43	2	3
Galápagos	0	6	1	0
Guayas	62	211	56	113
Imbabura	3	21	1	0
Loja	1	27	0	0
Los Ríos	4	43	0	0
Manabí	11	106	14	17
Morona Santiago	0	7	0	0
Napo	2	14	1	1
Orellana	1	16	0	0
Pastaza	1	7	1	0
Pichincha	82	332	157	192
Santa Elena	5	17	0	7
Sto Domingo de los Tsachilas	3	27	0	0
Sucumbios	3	18	0	0
Tungurahua	6	45	9	17
Zamora Chinchipe	0	7	0	0

Tabla. II.7. Radiobases por Plataforma y Provincia (Movistar) [5]

2.3.3 Interfaz aire de la operadora de telefonía móvil Alegro

En el caso de Telecsa S.A (Telecomunicaciones Móviles del Ecuador), más conocida con el nombre comercial de Alegro PCS quien es concesionaria del Estado Ecuatoriano desde el 2003 para la prestación del Servicio Móvil Avanzado (SMA) definidos por la regulación ecuatoriana, presta sus servicios a través de la plataforma:

- Para 2G: GSM/GPRS/EDGE y CDMA 2000 1xRTT.
- Para 3G: La tecnología CDMA 2000 1xEV-DO.

En 2G, Telecsa S.A usa como técnica de acceso CDMA (*Code Division Multiple Access*), como estándar CDMA2000 1xRTT, CDMA2000 1xEV-DO, las cuales constituyen sistemas de 2.5G que presentan características de tercera generación, haciendo uso de la banda 1900 MHz disponible para servicios PCS (*Personal Communications Service*). Alegro, ha empezado a implementar servicios de GSM mediante el modelo de MVNO utilizando la red de Movistar, es decir, rentar la red de otra operadora para proveer el servicio; también Alegro planea implementar una red propia de 3G con capacidad para datos UMTS/HSDPA. Esta solución combinada le permitirá captar clientes GSM mientras madura el mercado de 3G. La red CDMA/EV-DO continuará funcionando, especialmente para proveer servicios de banda ancha a través de EV-DO.

TELECSA S.A. - ALEGRO	
2G:	GSM (<i>Global System for Mobile Communication</i>)
2G:	CDMA 1xRTT (<i>Code Division Multiple Access 1 times Radio Transmission Technology</i>)
3G:	CDMA EVDO (<i>Evolution-Data Optimized</i>)

Figura. II.10. Plataformas ofrecidas por Alegro.

La siguiente tabla (Tabla. II.8), nos proporciona información del número de radiobases de acuerdo a la plataforma que se han ido implementando por parte de Alegro.

ANUAL									
ALEGRO		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Radiobases	AMPS/TDMA	0	0	0	0	0	0	0	0
	CDMA	40	179	204	215	222	228	228	226
	GSM	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total	40	179	204	215	222	228	228	226
AB asignado (MHz)		30	30	30	30	30	30	30	20

Tabla. II.8. Radiobases por Plataforma (Alegro) [5]

La Tabla. II.9, observamos las radiobases instaladas de acuerdo a su plataforma en las provincias del Ecuador, en el año 2010, por parte de la operadora Alegro.

ANUAL	
Radiobases TELECSA	CDMA 2010
Azuay	23
Bolívar	1
Cañar	3
Carchi	3
Chimborazo	3
Cotopaxi	3
El Oro	7
Esmeraldas	6
Galápagos	0
Guayas	62
Imbabura	6
Loja	3
Los Ríos	3
Manabí	16
Morona Santiago	0
Napo	0
Orellana	0
Pastaza	0
Pichincha	68
Santa Elena	3
Sto. Domingo de los Tsachilas	5
Sucumbios	0
Tungurahua	13
Zamora Chinchipe	0

Tabla. II.9. Radiobases por Plataforma y Provincia (Alegro) [5]

2.4 PARÁMETROS DE CALIDAD OFRECIDOS POR LAS OPERADORAS DE TELEFONÍA MÓVIL

2.4.1 Calidad de Servicio

La comunicación desempeña un papel importante en el mundo de hoy y la Calidad de Servicio (QoS) es una prioridad máxima, situaciones donde el usuario no puede establecer llamadas porque la red se encuentra ocupada o cuando logra establecer una llamada se corta, son indispensables analizar y evaluar, debido a que es un servicio y como tal debe tener buena calidad.

Es importante conocer la definición de Calidad de Servicio y los bloques funcionales que la soportan para analizar las medidas a tomar, a fin de determinar la QoS en un área de interés.

2.4.1.1 Definición. La calidad en general es el grado en el cual un conjunto de características inherentes satisfacen requerimientos, por tal razón cómo se mencionó anteriormente, gestionar la calidad es uno de los aspectos más importantes en el diseño de redes de telefonía móvil, así como de los servicios que se prestan en ellas. No obstante, dependiendo de los elementos implicados, se puede diferenciar el concepto de calidad como se puede observar en la Figura. II.11, de tal forma que encontramos la calidad desde el punto de vista del cliente y la calidad desde el punto de vista de la red.

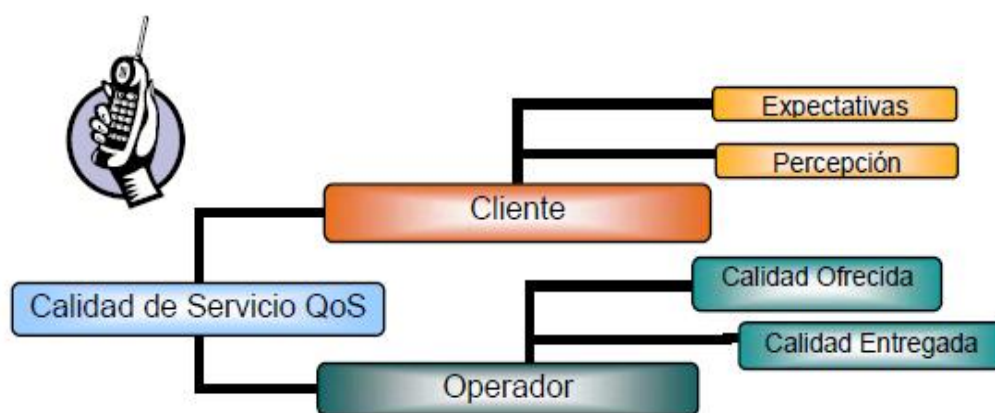


Figura. II.11. Clasificación de QoS

Desde el punto de vista del cliente, la calidad se entiende como la satisfacción de éste; es decir, como el grado de cumplimiento de las expectativas del servicio global frente a la percepción subjetiva del funcionamiento de la red y del terminal, así como del servicio prepago y pospago.

Desde el punto de vista de la red, la calidad ofrecida es el resultado de las prestaciones ofrecidas por cada una de las partes implicadas; esto es, los terminales, la red de acceso, la red de transporte y los servicios. Por otra parte, al hablar de calidad en la red, el concepto más ampliamente aceptado es el de “calidad de servicio”, también conocido por QoS (*Quality of Service*) y que la ITU-T define como “el efecto colectivo de funcionamiento del servicio que determina el grado de satisfacción del usuario” [7]. En esta etapa se pueden identificar tres aspectos que conforman la calidad de servicio:

a) La accesibilidad de la red. Se refiere a la disponibilidad de recursos de red suficientes para conectarse a un servicio: cobertura, disponibilidad de la red, etc. En este aspecto se incluyen parámetros como:

7 <http://www.itu.int/en>, Definición QoS.

- El nivel de potencia recibido. Depende de la posición del terminal móvil dentro de la celda e indica la zona de cobertura que tiene cada celda de la red de telefonía móvil. La falta de cobertura temporal o permanente de la red en una determinada ubicación es una de las causas más frecuentes de pérdidas de calidad por parte de la red móvil. El parámetro que indica la cobertura de un terminal móvil es el RxLev en la plataforma GSM y el RSSI en la plataforma UMTS.
- La disponibilidad de la red. Cuando un usuario intenta acceder a un servicio, puede que la red atienda esta petición y por tanto provea el servicio solicitado sin mayor problema (en este caso será una petición que ha evolucionado correctamente), o puede que por el contrario la petición no llegue a desembocar en la provisión del servicio solicitado. Las causas por las cuales no es posible realizar la provisión del servicio pueden ser varias, pero en todos los casos el efecto que sufre el usuario es el de un defecto o pérdida de calidad. Entre las posibles causas se encuentran, por ejemplo, la congestión de la red o la falta de recursos para atender al usuario, las interferencias creadas por otros equipos circundantes que hacen que no se puedan atender las peticiones de un usuario, etc.

b) La accesibilidad del servicio. Incluye los aspectos relacionados con la disponibilidad del servicio: tiempo de acceso, fuera de servicio, etc. En este segundo caso se incluyen parámetros como:

- El tiempo de acceso a un servicio. Es el tiempo que transcurre desde el momento en que el usuario realiza la petición de acceso a un determinado servicio hasta el instante en que se recibe la respuesta de éste. La contestación a la petición de acceso puede ser la provisión del servicio o la indicación de que el servicio no está disponible, que puede deberse bien a la falta de recursos por congestión del servicio o bien a la indisponibilidad de éste por avería.

- Las indisponibilidades del servicio. Se pueden deber a muchas causas, entre las que destacan las siguientes: servicio caído por avería, por congestión de recursos, por desactivación temporal, etc.
- El resultado del acceso al servicio. Puede ser correcto si el servidor responde correctamente a la petición, o fallido si el servidor no responde o no proporciona alguna de las respuestas esperadas.

c) La integridad del servicio. Se refiere a la calidad ofrecida durante el uso del servicio: caídas, calidad de voz, *throughput*, etc. Este aspecto incluye parámetros como:

- La caída del servicio. Una caída de un servicio significa la imposibilidad de continuar accediendo a él tras establecerse la comunicación en un primer momento, siempre y cuando la imposibilidad sea motivada por cualquier causa ajena a la voluntad de sus usuarios y siempre que éstos se encuentren en todo momento en la zona de cobertura de la red.
- La calidad de la señal de voz. Permite valorar la calidad de la señal de voz recibida por el Terminal móvil en cada instante, y constituye por tanto una indicación del estado de la calidad de la red. En el caso de GSM/GPRS se indica con el parámetro RXQual y en UMTS con el parámetro Ec/No.
- La calidad de la transmisión de datos. Permite valorar la calidad en la transmisión de archivos (datos). Se mide mediante la tasa de error BLER, que mide la calidad del canal establecido por la cantidad de errores que se producen en la transmisión de datos.
- El tiempo de navegación. Es el tiempo que tarda el usuario en recorrer el árbol de navegación que existe desde la entrada en el servicio hasta la llegada a la página deseada.
- La velocidad de acceso a un servicio o velocidad de transmisión (*throughput*). Es la cantidad de bits por segundo que se miden en una determinada transmisión durante el tiempo que dura la conexión.

- La efectividad del servicio. Es el porcentaje de accesos al servicio realizados y completados satisfactoriamente, frente a la totalidad de los accesos realizados.

2.4.2 Clases y bloques funcionales de la calidad de servicio

Las redes móviles han ido incorporando progresivamente mecanismos y procedimientos de gestión de la calidad que permiten ofrecer las calidades requeridas, desde los protocolos o esquemas de transmisión más idóneos hasta la asignación de los recursos de red necesarios. Se puede mencionar que anteriormente y actualmente en las redes 1G y las redes 2 – 2.5G tales como GSM, CDMA, HSCSD solo existe un aspecto de QoS, el cuál es la voz; el proveer la calidad de la voz se convierte en la preocupación principal. En dichas redes tratan a todos los usuarios por igual independientemente de su perfil o del servicio al que acceden.

Ahora en las redes 3G, la QoS tiene que ser proporcionada tanto para la voz así como para los datos (incluso se puede hablar que con la evolución de las redes GSM, este aspecto se está teniendo más en cuenta). Sin embargo todavía la prioridad se da para el servicio de voz debido a que se considera como el servicio primario, este servicio posee un retraso sensible y la transmisión debe ser en tiempo real. Dentro de los servicios de datos, se encuentra el texto y las multimedias; estos servicios son menos sensibles al retardo pero cuentan con un rendimiento de procesamiento mejor y con menos o ninguna tasa de pérdidas. Los mecanismos de gestión de la calidad, que utilizan estas redes se encargan básicamente de negociar y gestionar los perfiles y clases de QoS. El mecanismo básico de gestión es la definición del servicio portador (BS, *Bearer Service*), que se apoya fundamentalmente en el concepto de contexto PDP, introducidos ambos por primera vez en la Release 97 [8].

La ETSI y la UIT además de lo anterior, definen cuatro clases diferentes de QoS (también denominadas clases de tráfico), para las redes UMTS o IMT2000, cuya diferencia fundamental estriba en la sensibilidad de cada una de ellas frente al retardo, la clase conversacional se refiere a las aplicaciones muy sensibles al retardo, mientras que la clase de fondo es la clase de QoS menos afectada por el retardo. Se debe observar que para cualquier aplicación particular es posible que se requiera más de una clase de servicio de QoS. Estas clases reciben el nombre de:

a) Clase conversacional. El ejemplo más conocido de este tipo es la conversación telefónica, pero con Internet y la multimedia, habrá nuevas aplicaciones que deban pertenecer a esta categoría (voz sobre IP, vídeo sobre IP, juegos online, etc). La conversación en tiempo real siempre se desarrolla entre pares (o grupos) de usuarios finales activos. Es la única clase en que las características requeridas vienen dadas estrictamente por la percepción humana; en consecuencia, este ejemplo tiene los requisitos de QoS más estrictos y rigurosos. La conversación en tiempo real se caracteriza por el tiempo de transferencia, que debe ser reducido puesto que el sistema es de índole conversacional; el retardo de transferencia máximo viene dado por la percepción humana de una conversación en imagen y sonido.

El tráfico interactivo es el otro sistema clásico de comunicación de datos que a nivel general se caracteriza por el patrón de respuesta a peticiones que tenga el usuario final. En el destino del mensaje hay una entidad que espera el mensaje (la respuesta) dentro de un determinado tiempo. Por tanto el retardo de ida y retorno es uno de los atributos esenciales. Otra característica es que el contenido de los paquetes se ha de transferir de manera transparente (con una baja BER).

Las características fundamentales de la QoS para el tráfico interactivo son:

- El patrón de respuesta a peticiones;
- Preservar el contenido útil transportado.

b) Clase unidireccional. Cuando el usuario contempla (ve) un vídeo (escucha) en tiempo real, ha de aplicarse la clase de tráfico unidireccional en tiempo real (*streaming* de audio y video). El tren de datos en tiempo real se dirige siempre a un destino animado (humano), con transporte en un solo sentido. Esta modalidad es novedosa en el ámbito de las comunicaciones de datos, y suscita una serie de nuevas exigencias tanto en los sistemas de telecomunicación como en los de comunicaciones de datos.

La característica fundamental para la QoS de un tren en tiempo real es:

- Tren continuo unidireccional,
- Preservar la relación (variación) en tiempos entre las entidades de información del tren.

c) Clase de fondo. Se aplica este esquema cuando el usuario final, que suele ser un computador, envía y recibe ficheros de datos en un segundo plano. Son ejemplos la entrega de mensajes de correo electrónico (e-mail), el SMS, el MMS, la telecarga desde bases de datos, servicios de *broadcasting* y la recepción de registros de mediciones. El tráfico de fondo es uno de los esquemas clásicos de comunicación de datos, caracterizado a nivel general porque en el destino no existen parámetros que impongan la recepción de los datos dentro de un cierto límite de tiempo. Por eso el sistema es más o menos insensible al tiempo. Otra característica es que el contenido de los paquetes se ha de transferir de manera transparente (con una baja proporción de BER).

Las características fundamentales de la QoS para el tráfico de fondo son:

- El destino no espera recibir los datos dentro de un tiempo determinado;
- Preservar el contenido útil transportado.

CAPÍTULO III

MONITORIZACIÓN DE LA INTERFAZ AIRE EN EL CAMPUS DE LA E.S.P.E

3.1 TEMS POCKET 7.0

El software *TEMS Pocket Profesional 7.0*, es una herramienta software para verificación, mantenimiento y resolución de problemas en redes de telefonía móvil celular; este software se halla implementado en un teléfono móvil comercial.

TEMS Pocket, recoge las medidas y los eventos de una red de telefonía móvil, y los presenta en la pantalla a color del teléfono donde se halla implementado; además posee la funcionalidad de almacenar las medidas realizadas en tiempo real para su posterior análisis con el software *TEMS Investigation*, el cual será descrito en el Capítulo IV. La combinación del tamaño pequeño y las características para la realización de medidas en tiempo real hacen del *TEMS Pocket*, una herramienta conveniente para la monitorización del día a día de las redes móviles; cabe mencionar, que el teléfono donde se encuentra implementado el software no pierde las funcionalidades propias de un teléfono móvil.

Entre las principales características del *TEMS Pocket Profesional*, se halla el registro de datos de la red móvil junto a información proporcionada por el GPS, la realización de secuencias de comandos de voz, vídeo y datos de pruebas, también permite la configuración manual de pruebas de servicio, tales como WAP / HTTP, correo electrónico,

MMS y SMS; además el *TEMS Pocket Professional* hace posible la captura de datos en áreas que son difíciles de cubrir durante los *drive test*.

3.1.1 Teléfono *Sony Ericsson C905a*

El teléfono *Sony Ericsson C905a* viene pre-instalado con el software *TEMS Pocket 7.0*, y se halla listo para usarlo, sin necesidad de realizar instalaciones adicionales. El C905a, es un teléfono en modo dual, ya que puede acceder a GSM y WCDMA, y puede seleccionar automáticamente el método de acceso en función de la cobertura disponible y el servicio solicitado, además tiene la gran ventaja de aprovechar ambos accesos y puede también realizar traspasos de un sistema a otro en ambas direcciones.



Figura. III.1. Teléfono *Sony Ericsson C905a*

3.1.1.1 Especificaciones Técnicas C905a. En el contexto de las redes UMTS, el equipo terminal del usuario móvil se denomina oficialmente Equipo de Usuario (UE); el *Sony Ericsson C905a* se halla dentro de este contexto. Entre las principales funciones del UE tenemos:

- Interfaz a una tarjeta de circuito integrada para insertarla en la Tarjeta de Circuito Integrada Universal (UICC), que incluye el Módulo de Identidad de Abonado Universal (USIM).
- Actualización de la ubicación.
- Proveedor de servicios, más registro y des-registro en la red.
- Identificación de equipo invariable (IMEI).
- Identificación básica de las características del terminal.
- Posibilidad de realizar llamadas de emergencia sin USIM.

En cuanto a las características técnicas del C905a, se las describe a continuación.

SISTEMA	Quad-band GSM Release 5: GSM 850, GSM 900, e-GSM 900, GSM 1800, GSM 1900. Tri band UMTS/HSDPA 850, 1900, 2100.
CODIFICACIÓN DE VOZ	Soporta HR, FR, EFR, AMR; para una alta calidad de voz.
VELOCIDAD DE TRANSFERENCIA DE DATOS	Hasta 7.2Mbps (downlink). Hasta 384Kbps (uplink).

Tabla. III.1. Datos Técnicos C905a

WCDMA	
Modulación	QPSK (WCDMA R99) QPSK/ 16 QAM (HSDPA)
TTI	10ms (WCDMA R99) 2ms (HSDPA)
GSM	
Modulación	GMSK

Tabla. III.2. Rendimiento y Características Técnicas

WCDMA	24 dBm Clase 3 (0.25W pico)
GSM 850	33 dBm Clase 4 (2 W pico)
GSM 900 E-GSM 900	33 dBm Clase 4 (2 W pico)
GSM 1800	30 dBm Clase 1 (1 W pico)
GSM 1900	30 dBm Clase 1 (1 W pico)

Tabla. III.3. Transmisor RF Potencia de Salida


WCDMA	Mayor que -106.7 dBm
GSM 850	Mayor que -104 dBm
GSM 900 E-GSM 900	Mayor que -102 dBm
GSM 1800	Mayor que -102 dBm
GSM 1900	Mayor que -102 dBm

Tabla. III.4. Receptor RF Sensibilidad

Velocidades de Datos GPRS (por <i>time slot</i>)	Esquema de codificación CS-1: 9 Kbps CS-2: 13,4 Kbps CS-3: 15,6 Kbps CS-4: 21,4 Kbps (depende de la red).
Velocidades de Datos EDGE (por <i>time slot</i>)	Modulación y esquema de codificación (MCS) MCS-1 (GMSK): 8.0 Kbps MCS-2 (GMSK): 11.4 Kbps MCS-3 (GMSK): 14.8 Kbps MCS-4 (GMSK): 17.6 Kbps MCS-5 (8-PSK): 22.4 Kbps MCS-6 (8-PSK): 29.4 Kbps MCS-7 (8-PSK): 44.8 Kbps MCS-8 (8-PSK): 54.4 Kbps MCS-9 (8-PSK): 59.2 Kbps
Modo de Acceso al Medio	Asignación dinámica.
Soporte de Canales de Control de Paquetes (PBCCH/ PCCCH)	Si.
Soporte de GPRS/CS	Si.
Soporte de re-selección GPRS C31/C32	Si.
Soporte de control de potencia (UL/DL)	<i>Uplink</i> = Si, <i>Downlink</i> es función de la red.
Modo de Operación	Soporta Clase B y Clase C.

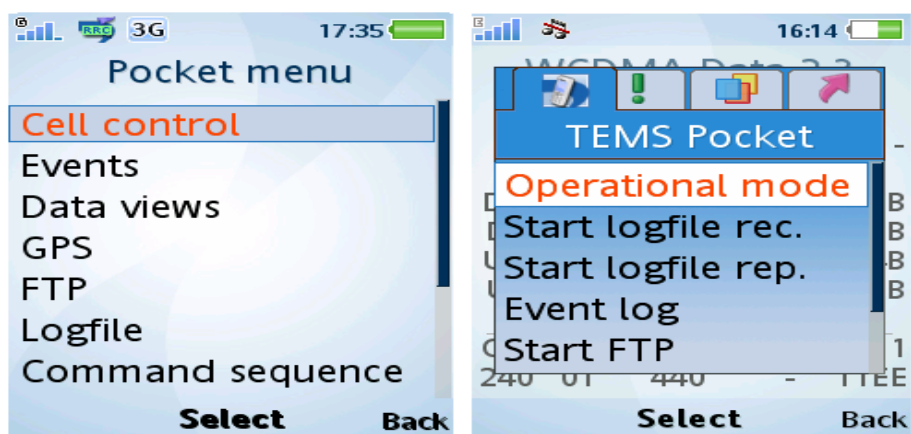
Tabla. III.5. Datos Técnicos GPRS

3.1.2 Menú TEMS Pocket 7.0: Visión General

Las funciones específicas del TEMS Pocket son encontradas en el *TEMS Pocket menu*. En el Sony Ericsson C905a, este menú se halla en la pestaña TEMS Pocket del menú Activo, al cual se ingresa a través de la tecla . Alternativamente, al menú del

TEMS Pocket podemos acceder desde el menú principal del teléfono a través de *Settings > General*.

El menú del TEMS Pocket tiene un número de submenús y una de las pantallas de presentación es mostrada en la Figura. II.2.



III.2.a

III.2.b

Figura. III.2. a) Menú TEMS Pocket y b) Menú Activo

Además el menú del TEMS Pocket contiene otros comandos y accesos como los siguientes:

- Ajustes del modo de funcionamiento del teléfono: Activo, *Background* o Segundo Plano, e Inactivo.
- Grabación de archivos *logfile*, (*Start/Stop*).
- Repetición de archivos *logfile*, (*Start/Stop*).
- Insertar marca de archivo (visible cuando se graba un archivo *logfile*).
- Registro de eventos.
- Conexión/Desconexión de GPS, ya sea interno o externo.
- Empezar/Parar secuencias de comando (*command sequence*).

Las otras pestañas del menú Activo son idénticas a los del estándar de los teléfonos Sony Ericsson y trabajan de la misma manera.

3.1.2.1 Data Views. Una de las características distintivas del TEMS Pocket, es un amplio conjunto de presentaciones de datos (*data views*); estas presentaciones se combinan para mostrar una impresionante gama de formatos de los datos recogidos a través del TEMS Pocket. La Figura. III.3, muestra las distintas presentaciones de información proporcionadas por el TEMS Pocket.

Usando el botón de navegación del teléfono, el usuario puede moverse entre las distintas presentaciones (*data views*), que nos da el TEMS Pocket y también puede navegar entre ellos siempre y cuando las características de la red móvil se ajusten a tales presentaciones; los botones de navegación “izquierda” y “derecha”, nos permiten desplazarnos entre las distintas categorías de los *data views*, es decir entre los formatos: Combinados WCDMA/GSM, WCDMA, GSM, y presentación gráfica WCDMA/GSM; mientras que los botones de navegación “arriba” y “abajo”, son usados para encontrar la presentación deseado dentro de cada categoría.

Las opciones de menú contextual, en cada presentación (*data views*), proporcionan un rápido acceso a funciones frecuentemente utilizadas en el TEMS Pocket, tales como: *cell control*; además este menú es usado para poner acceder a la ayuda, como lo podemos observar en la Figura. III.4, donde los detalles de ayuda son proporcionados para cada ítem o dato que aparece en la pantalla del teléfono.

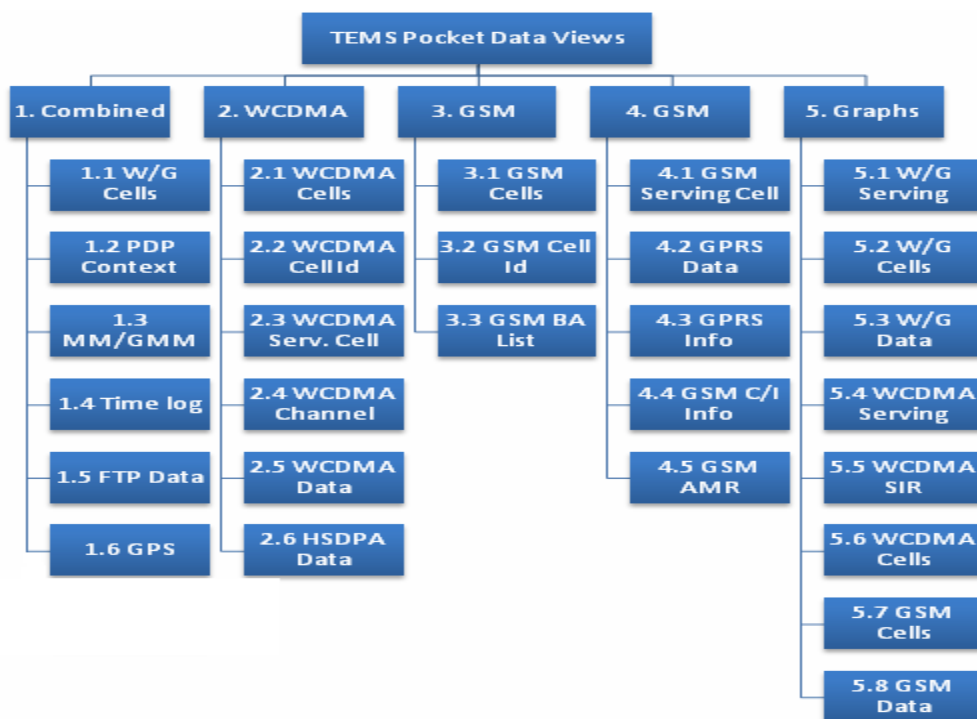


Figura. III.3. Estructura del TEMS Pocket

B	S/s	T/t	D/d	Signal Strength
19	22	-73	0	38 38
19	-	-73	--	- -
621	22	-76	--	35 35
26	21	-86	--	25 25
638	24	-87 = 0	24	24
18	20	-91	--	20 20
16	24	-97	--	14 14
33	6	9	-	
G	19	22	-73	1
240	01	13A4	-	110A

Options Menu Contact

III.4.a

B	S/s	T/t	D/d	Signal Strength
13	25	-57	0	54 54
12	-	-57	--	- -
10	22	-76 = 0	35	35
33	6	9	-	
G	13	25	-57	1
240	01	42C	-	FA7

Options Menu Contact

B = BCCH, S/s = SDCCH
 T/t = TCH, P/p = PBCCH
 D/d = PDTCH
 Lowercase = Freq. hopp

III.4.b

Figura. III.4. a) Ejemplo de Data View y b) Ejemplo de la Ayuda

3.1.3 Presentación de datos en el TEMS Pocket 7.0

La mayor parte de los datos mostrados por el TEMS Pocket, son encontrados en los *data views*; al encender el teléfono por primera vez, se desplegará el *data view* denominado *W/G Cells*.

W/G Cells 1.1					
S 10787	24	-88	-7	-	-
M 10787	192	-89	-6	-	-
M 10787	361	-97	-14	-	-
M 10787	8	-97	-14	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
W 10787	24	-82	1		
240 05	15	15	65F		

Options Menu Contacts

Figura. III.5. *Data view* correspondiente a *W/G Cells*

Los *data views*, son divididos en categorías de 1 a 5; donde cada *data view* es numerada de acuerdo al formato “x.y”, donde “x” representa la categoría y “y” la posición del *data view* dentro de la categoría. Los *data views*, correspondientes a la categoría 1 (numerada “1.x”), son capaces de mostrar información tanto en modo WCDMA y GSM, los dos modos aparecerán al mismo tiempo si el teléfono está realizando mediciones *inter-RAT*. Los *data views*, en la categoría 2 principalmente contienen datos WCDMA específicos, y los *data views* pertenecientes a la categoría 3 y 4 contienen información GSM y GPRS/EGPRS. Los *data views* pertenecientes a la categoría 5 incluyen gráficos de presentación para los datos: WCDMA, GSM, y combinación de presentaciones WCDMA/GSM.

Todos los *data views* tienen la misma estructura tanto en modo *idle* como en *dedicado*, cada vez que un parámetro no es válido, éste es indicado en el *data view* por un guión "-" o una cadena de guiones; ciertos parámetros son presentados tanto en modo numérico como gráfico.

3.1.3.1 Combinación de Data Views. La categoría correspondiente a la combinación de *data views*, nos da a conocer información referente a la tecnología de acceso radio soportada por el móvil y ofrecida por la operadora que nos brinda el servicio, dentro de esta categoría encontramos los siguientes formatos de presentación:

- *W/G Cells*: Presenta información de las celdas WCDMA y GSM en modo de visualización dual.
- *PDP Context*: Encargado de mostrar direcciones PDP, así como configuraciones para cada contexto PDP, incluyendo información de NSAPI y APN.
- *MM/GMM*: Muestra información de identidades comunes tanto en WCDMA y GSM, tales como TMSI, P-TMSI, y CGI de la red registrada por última vez.
- *Time Log*: Da a conocer el tiempo que el teléfono ha estado enganchado o haciendo uso de celdas WCDMA o GSM; así como el tiempo en el cual ha estado fuera de cobertura es decir sin servicio.
- *FTP Data*: Despliega información de sesiones FTP en progreso, direcciones del servidor FTP, el *throughput* actual y promediado, número de bytes transferidos, y el tiempo de la sesión FTP.
- *GPS*: Muestra los datos esenciales del GPS, tales como latitud/longitud, velocidad de desplazamiento, número de satélites conectados, y arreglo de calidad (*fix quality*).

3.1.3.2 WCDMA Data Views.

En esta categoría encontramos:

- *WCDMA Cells*: Presenta información acerca de: UARFCN, estado de la celda, código de *scrambling*, RSCP, Ec/No, y *path loss*; toda esta información para las celdas de servicio, conjunto de miembros activos, así como las celdas vecinas monitorizadas/detectados en caso de la realización de *handover*.
- *WCDMA Cell Id*: Da a conocer el UARFCN, código de *scrambling*, CI, y RSCP para las celdas de servicio, conjunto de miembros activos, así como las celdas vecinas monitorizadas/detectados.
- *WCDMA Serving Cell*: Aquí encontramos, requerimiento mínimo del nivel de calidad, requerimiento mínimo de *Rx Level*, Tiempo de reelección de celdas, *PICH power offset*, *AICH power offset*, interferencia en el *Uplink*.
- *WCDMA Channel*: Informa acerca del nivel de SIR y del *SIR target* u objetivo, información de control de potencia, estado del RRC, además de información de los canales de transporte utilizados.
- *HSDPA Data*: Presenta datos referentes a CQI, tamaño de los bloques de transporte, número de códigos de canalización usados, *BLER*, y la tasa de transferencia en bits de los canales de transporte.

3.1.3.3 GSM Data Views.

La categoría correspondiente a *GSM Data Views*, contiene:

- *GSM Cells*: Nos da a conocer el ARFCN, BSIC, *RxLev*, C1/C31, y C2/C32 para las celdas de servicio así como para las celdas vecinas. También presenta información del sistema como acceso a la celda, selección y localización de la celda.
- *GSM Cell Id*: Presenta el ARFCN, LAC, CI, y *RxLev* para las celdas de servicio y las celdas vecinas.
- *GSM Serving Cell*: Informa acerca de los datos relevantes de la celda de servicio.

- *GPRS Data*: Presenta información acerca del ARFCN del canal de tráfico, la cantidad de *timeslots* utilizados, los esquemas de codificación asignados, así como el *throughput* y *BLER*, del enlace ascendente y descendente a nivel de la capa LLC y el rendimiento RLC.
- *GPRS Info*: Nos informa acerca del ARFCN del canal de tráfico, la cantidad de *timeslots* utilizados, así como los esquemas de codificación, junto con los parámetros referentes a (E)GPRS más conocido como EDGE.
- *GSM C/I Info*: Se despliega información del C/I para cada ARFCN en uso, ordenados para mostrar desde el ARFCN con peor C/I hacia el ARFCN con mejor C/I.

3.1.3.4 Presentación Gráfica (*Graph Views*). La utilización de gráficos es una excelente forma para visualizar las tendencias de los parámetros a través del tiempo, estos gráficos son visualizados en la pantalla del Sony Ericsson C905a, que es de alta resolución, lo cual nos permite una mejor apreciación de los parámetros evaluados. La categoría de la presentación gráfica (*graph views*), nos proporcionan tanto información textual como gráfica en un formato claro e inmediatamente interpretable. Los siguientes formatos de presentación son abarcados en esta categoría:

- *W/G Serving RSSI*: WCDMA, celda de servicio RSCP/GSM celda de servicio *RxLev*.
- *W/G Cells*: WCDMA celda de servicio RSCP/GSM celda de servicio *RxLev*; la misma información es presentada para las tres celdas vecinas de WCDMA/GSM.
- *W/G Data*: Velocidad de transferencia tanto del canal de transporte en WCDMA así como a nivel de las capas RLC/MAC para GSM.
- *WCDMA Serving*: Celda de servicio en modo WCDMA, indicándome niveles y valores de RSCP y UARFCN RSSI.
- *WCDMA SIR*: Valores actuales del SIR y *SIR Target* u objetivo.

- *WCDMA Cells*: Valor correspondiente al RSCP para la celda de servicio y para las tres celdas vecinas monitorizadas.
- *GSM Cells*: Valor correspondiente a *RxLev* para la celda de servicio y para las tres celdas vecinas monitorizadas.
- *GSM Data*: Velocidad de transferencia a nivel de las capas RLC/MAC.

3.1.4 Control de Celdas

El TEMS Pocket tiene un número de funciones que permiten al usuario tener un control del comportamiento del teléfono móvil, estas funciones son esencialmente para resolución y verificación de problemas de la red. Desde el menú correspondiente al Control de Celda (*Cell Control*) el usuario puede seleccionar las siguientes acciones:

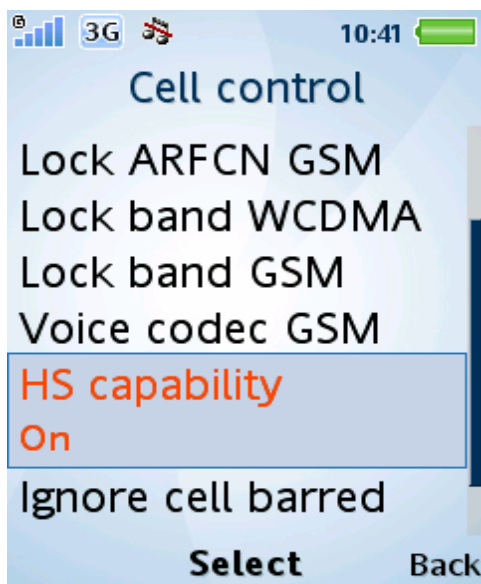


Figura. III.6. Menú Control de Celda (*Cell Control*)

Lock to RAT (Off/WCDMA/GSM). Esta función permite bloquear o seleccionar el tipo de tecnología de acceso radio que va hacer uso el teléfono, donde; **Off:** El teléfono selecciona automáticamente la interfaz aire con el cual va a trabajar; **WCDMA:** El teléfono es obligado a operar en modo WCDMA; **GSM:** El teléfono trabaja en modo GSM.

Lock Cell WCDMA (Off/Set UARFCN/SC). Esta función es encargada de seleccionar la celda WCDMA, que de inmediato se convierte en la celda encargada de dar servicio al móvil, siempre y cuando la intensidad de la señal sea suficiente, caso contrario si la señal es muy débil, el teléfono se encontrará sin servicio.

Lock ARFCN GSM. Esta función obliga al teléfono a engancharse con la ARFCN seleccionada por el usuario dentro de una red GSM, siempre y cuando la intensidad de la señal sea suficiente, caso contrario si la señal es muy débil, el teléfono se encontrará sin servicio.

Lock Band WCDMA, Lock Band GSM. Mediante esta función se puede realizar la selección de la banda de frecuencia en la cual deseamos que el móvil trabaje, ya sea a nivel de la interfaz aire WCDMA o GSM.

HS Capability. Esta función nos permite habilitar o deshabilitar al teléfono para que pueda hacer uso de la tecnología HSDPA, cabe señalar que este parámetro también depende de las capacidades de la celda de servicio a la que se halla conectada el móvil.

Reset Control Settings. Este comando deshace los cambios realizados en el menú de Control de Celdas (*Cell Control*), esta operación no afecta las configuraciones generales, tampoco el menú de Eventos.

3.1.5 Eventos del TEMS Pocket 7.0

El TEMS Pocket puede registrar una amplia gama de eventos de la red móvil; para la lista completa de eventos, observar el Anexo 1; dichos eventos son almacenados en el registro de eventos (*event log*), el cual tiene espacio para la ocurrencia de 100 eventos. El usuario es notificado cuando ocurre un nuevo evento mediante sonidos e iconos previamente programados en el teléfono.



Figura. III.7. Menú Registro de Eventos

3.1.5.1 Observación del Registro de Eventos. Al acceder al menú Eventos escogemos la opción *Event Log*; como se puede observar en la Figura. III.7, en esta nueva ventana aparece la lista de todos los eventos que han ocurrido en la red móvil; además la Figura. III.7 nos muestra en la parte superior cuatro pestañas representadas por banderas, al seleccionar cualquiera de estas cuatro banderas, se nos despliega la siguiente información:



Brinda información acerca de la ocurrencia de nuevos eventos en la red móvil.



Proporciona información acerca de todos los eventos generados en la red móvil, es decir guarda todos los eventos ocurridos.



Nos da a conocer los eventos fallidos ocurridos en la red móvil.



Presenta información de la ocurrencia normal o satisfactoria de eventos en la red móvil.

Cuando un evento es seleccionado en una de las banderas, se da a conocer los parámetros más importantes de dicho eventos, como se puede observar en la siguiente figura.

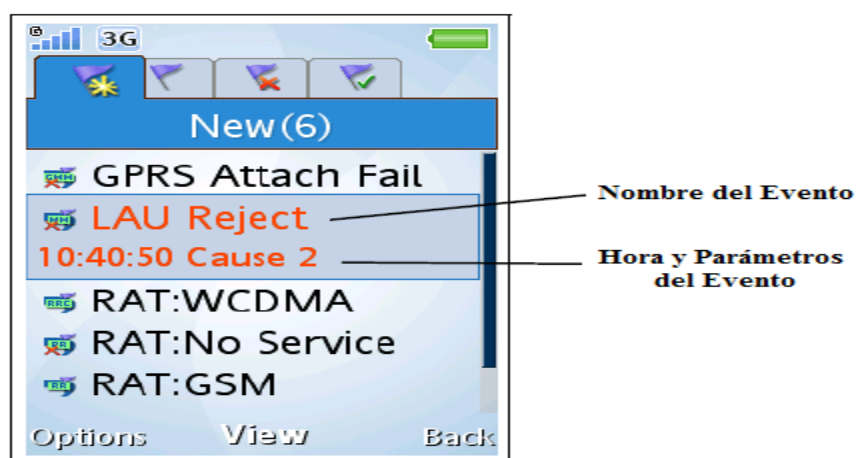


Figura. III.8. Información de Eventos

Además en el registro de eventos, el TEMS Pocket tiene un contador de eventos el cual hace un seguimiento del número de veces que cada evento ha ocurrido. Los contadores siempre están activos y pueden ser usados como una forma alternativa o suplementaria del registro de eventos, en particular para eventos que el usuario no tiene necesidad de ser notificado. Los contadores de eventos pueden ser reiniciados en cualquier momento.

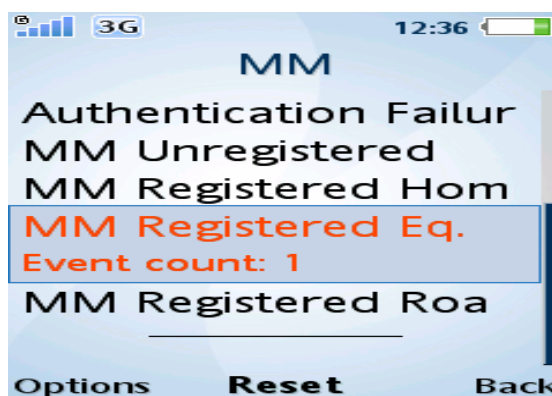


Figura. III.9. Contador de Eventos

3.1.6 Soporte de GPS

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) se sirve de satélites, los cuales ofrecen en muchos sentidos la mejor ayuda de navegación por radio actualmente disponible. Es el gobierno de Estados Unidos el que opera este sistema y su uso es tanto militar, como público, es por esta razón que el TEMS Pocket *Professional* soporta el posicionamiento geográfico a través de la conexión de un dispositivo GPS.

Etiquetando los archivos *logfile*s del TEMS Pocket con la información de posicionamiento se puede someter a dichos archivos a un análisis completo a través de las herramientas de mapeo proporcionadas por el software de post-procesamiento *TEMS Investigation*. El dispositivo GPS a usar es configurado en el menú del TEMS Pocket; en la plataforma del Sony Ericsson, el usuario tiene la capacidad de escoger la opción de sincronización entre el GPS y el reloj del teléfono para garantizar el sincronismo entre ambas entidades.

3.1.6.1 Menú GPS. El menú GPS es usado para controlar la elección del dispositivo GPS, así como varios aspectos de cómo interactuar con él; el TEMS Pocket nos presenta la funcionalidad de poder trabajar con GPS sea este interno o externo.

Dispositivo GPS. En esta opción, se elige que tipo de dispositivo GPS interno o externo va a usar el TEMS Pocket.

- **GPS Interno:** TEMS Pocket, va hacer uso del GPS interno del teléfono.
- **GPS Externo.** El TEMS Pocket también puede hacer uso de un dispositivo GPS externo a través de tecnología *Bluetooth*. El emparejamiento de *Bluetooth* entre el teléfono móvil y el GPS es manejado por las funciones *Bluetooth* del teléfono.

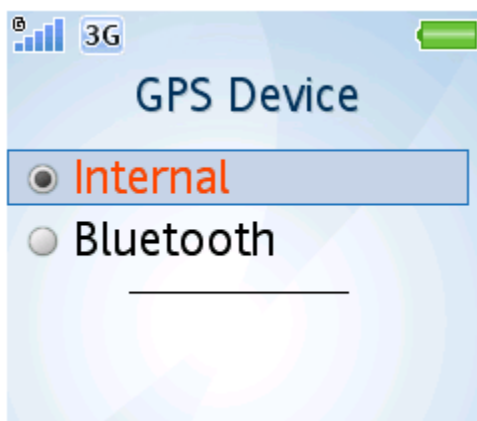


Figura. III.10. Elección del Dispositivo GPS

Nota: Para la monitorización y las mediciones de la interfaz aire en el campus de la E.S.P.E a través del TEMS Pocket, se hizo la elección del dispositivo externo GPS, puesto que nos brinda una mayor exactitud en cuanto al posicionamiento geográfico, al ser un dispositivo construido para tal fin. El GPS utilizado fue el *GPSlim236*.



Figura. III.11. Dispositivo GPS: *GPSlim236*

3.1.7 Grabación de información en Archivos Logfile

Las medidas realizadas por el TEMS Pocket *Professional*, pueden ser guardadas en archivos denominados *logfiles*, los cuales pueden ser reproducidos en el mismo TEMS Pocket o en el software de post-procesamiento *TEMS Investigation*.

Los archivos *logfiles* generados por el TEMS Pocket *Professional*, pueden ser guardados en la memoria interna del teléfono o en una tarjeta de memoria. Cada usuario del TEMS Pocket, está en capacidad de capturar información de la red móvil siempre y cuando lo amerite sin preocuparse por la capacidad de almacenamiento de la memoria o *Memory Stick*. Esto mejora en gran medida la flexibilidad y eficiencia de la monitorización de la red móvil evaluada. Las configuraciones de los archivos *logfiles* se hallan disponibles en el menú del TEMS Pocket.




III.12.a

III.12.b

Figura. III.12. a) Configuraciones *Logfiles* y b) Selección de localización de *logfiles*

3.1.7.1 Grabación de archivos *logfile*, (Start/Stop). Este comando es usado para la grabación manual de archivos *logfiles* a través del TEMS Pocket; si la memoria donde se almacenan los *logfiles* se empieza a saturar (solamente hay capacidad de 1 MB), o si se produce algún error, la grabación se detiene de forma automática, y el usuario es notificado por un mensaje en la pantalla del teléfono móvil.

 Este icono es mostrado en la pantalla del teléfono celular, mientras un archivo *logfile* se está grabando.

3.2 MEDICIONES DE LA INTERFAZ AIRE EN EL CAMPUS DE LA E.S.P.E

Para las mediciones de la interfaz aire en el campus de la E.S.P.E, se lo realizó a través del teléfono Sony Ericsson C905a haciendo uso del software TEMS Pocket *Profesional* que como se explicó en apartados anteriores tiene la capacidad de medir y almacenar los valores de los parámetros de la interfaz aire que indican el desempeño de la red móvil, dichas mediciones fueron realizadas para cada una de las operadoras que brindan servicio de telefonía móvil en el Ecuador, en donde se tomaron en cuenta los siguientes indicadores de calidad:

1. Tiempo promedio de espera para establecer una llamada.
2. Porcentaje de llamadas logradas o completadas.
3. Porcentaje de llamadas caídas.
4. La velocidad de acceso a un servicio o velocidad de transmisión de datos.
5. Intensidad de campo en el área de cobertura de la celda, donde la relación entre la intensidad de señal medida y la posición geográfica del teléfono móvil de prueba determinará la zona geográfica de cobertura del servicio ofrecido.

3.2.1 Pruebas de Campo con el TEMS Pocket 7.0

Las pruebas de campo, nos permiten realizar mediciones de la calidad de la interfaz aire, a fin de conocer la calidad del servicio (*QoS*) de telefonía móvil desde la perspectiva del usuario y la supervisión de la cobertura ofrecida por las Operadoras de Telefonía Celular mediante el control de parámetros en rutas definidas. Para la realización de las pruebas de campo en la E.S.P.E se ejecutaron las siguientes etapas:

3.2.1.1. Definición de rutas y metodología de medición. Se establecieron dos rutas para la realización de las mediciones, las cuales son observadas en las Figuras. III.13 y III.14. La ruta 1 abarca el perímetro alrededor de la E.S.P.E; mientras que la ruta 2 cubre en gran medida los lugares más transitados dentro del campus.



Figura. III.13. Ruta 1



Figura. III.14. Ruta 2

3.2.1.2. Carga de parámetros y verificación del equipo. En esta etapa al TEMS Pocket se lo configuró con los parámetros adecuados para la realización de las pruebas de campo; para lo cual se tomó en consideración los siguientes aspectos:

a) El TEMS Pocket nos permite la medición de la interfaz aire en GSM y WCDMA; razón por la cual:

- En Porta se realizó mediciones para 2G (GSM/GPRS/EDGE) y 3G (WCDMA); que son las plataformas tecnológicas usadas por esta operadora para brindar servicio.
- En el caso de Movistar, se realizó mediciones para 2G (GSM/GPRS/EDGE) y 3G (WCDMA); cabe mencionar que esta operadora también brinda servicio en 2G a través de la plataforma CDMA 2000 1xRTT, la cual no puede ser medida ya que el TEMS Pocket no soporta dicha plataforma.
- En lo referente a la operadora estatal Alegro, al implementar servicios de GSM mediante el modelo de MVNO utilizando la red de Movistar, es posible realizar las mediciones de la interfaz aire de dicha operadora; cabe señalar que Alegro también brinda servicio a través de la plataforma 2G (CDMA 2000 1xRTT) y 3G (CDMA 2000 1xEV-DO), en las cuales no es posible la realización de medidas puesto que el TEMS Pocket no soporta tales plataformas.

Con lo explicado anteriormente, y tomando en consideración la funcionalidad del UE en lo referente a la inclusión del USIM; fue necesario la adquisición de un módulo USIM para la operadora Porta y otro para la operadora Movistar; mientras que para la operadora Alegro se adquirió un módulo SIM que es el equivalente a USIM en GSM.

b) Las mediciones se las realizó para GSM y WCDMA de forma independiente; es decir en primera instancia se eligió la interfaz aire a la cual deseamos monitorizar, para nuestro caso se eligió en primer lugar GSM y a continuación WCDMA tanto para Porta como Movistar, en el caso de Alegro solamente GSM; la elección de la interfaz aire se logra a través del submenú del TEMS Pocket denominado Control de Celdas (*Cell Control*), explicado en apartados anteriores.

c) Otro aspecto muy importante a la hora de realizar la monitorización, fue el posicionamiento geográfico, el cual se logra por medio del dispositivo externo *Bluetooth* GPS, siempre y cuando este interactúe con el TEMS Pocket; es decir, se debe verificar en primer lugar que el GPS se halle conectado a través del *Bluetooth* con el TEMS Pocket, una vez establecida esta conexión, el segundo paso es asegurarnos que el dispositivo GPS pueda observar tres satélites, a fin de que su posición se pueda determinar utilizando la triangulación; es recomendable que el GPS pueda observar más de tres satélites a fin de corregir errores de medición del tiempo. Una vez que se ha realizado la verificación de la conexión entre el TEMS Pocket y el GPS, y este último, a su vez observa los tres satélites, se está en capacidad de almacenar en los archivos *logfile*s las mediciones de la interfaz aire junto a la posición geográfica.

3.2.1.3. Mediciones en terreno. Una vez establecidas las dos rutas en el campus de la E.S.P.E, las cuales nos darán a conocer las zonas de análisis, se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos para la monitorización a fin de recolectar las mediciones que permitan realizar el post-procesamiento:

a) **Duración y Metodología de las Llamadas de Prueba.** Para las pruebas de campo, las llamadas realizadas tienen un tiempo de duración de 40 segundos, y el tiempo de espera entre cada llamada es de 30 segundos.

Cabe mencionar que el TEMS Pocket se encarga de la generación automática de las llamadas a través del submenú Secuencia de Comando (*Command sequence*), cuya función es ejecutar una y otra vez llamadas de voz, para lo cual se debe realizar la siguiente adecuación en dicho submenú.

- Número a Marcar (*Dial number*): En esta opción ingresamos el número de teléfono hacia el cual deseamos realizar las llamadas de prueba.
- Duración de las llamadas (*Call duration*): Se especifica la duración en segundos de cada llamada de voz, en nuestro caso es 40 segundos.
- Tiempo de espera (*Guard time*): Se especifica la duración en segundos de la espera entre llamada y llamada, para nuestro caso es de 30 segundos.

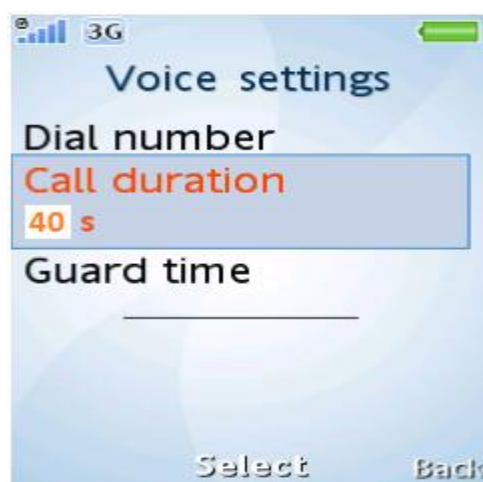


Figura. III.15. Configuraciones llamadas de Voz

Las llamadas de prueba realizadas son de tipo *on net*, es decir el destino de la llamada es en la misma operadora y además el teléfono de destino se halla dentro del campus de la E.S.P.E; la elección de llamadas *on net*, se debe a que el análisis a realizarse es a nivel de la interfaz aire y de cada una de las operadoras.

b) Metodología para las Mediciones de Datos. El TEMS Pocket nos permite la realización manual de pruebas de servicio para datos, tales como WAP / HTTP. Mientras el Navegador WAP (accediendo desde el menú principal del teléfono → Internet) está ejecutándose, el TEMS Pocket puede mostrar información de la interfaz aire seleccionada, la cual puede ser WCDMA o EGPRS. Para las mediciones realizadas en lo referente a datos, se accedió a varias páginas *Web*, a través del navegador WAP del C905a, emulando de esta manera la búsqueda y navegación de un usuario común a través del Internet, hay que señalar que dentro del navegador WAP también se cuenta con un *data view WAP*, el cual nos proporciona la siguiente información:

- *WCDMA WAP browser view*: Presenta un subconjunto de datos WCDMA durante la navegación WAP, los cuales son:



Línea 1

UARFCN de la celda de servicio.

SC: Código de *Scrambling*.

RSSI de la celda de servicio (dBm).

Línea 2

SIR: Relación Señal-Interferencia (dB).

SIR_TG: SIR Objetivo (dB).

TxPwr: Potencia de Transmisión UE (dBm).

Línea 3, izquierda: "DR" (downlink, RLC)

Rate: Velocidad instantánea descendente en kbit/s o Mbit/s Total en RLC.

Figura. III.16. WCDMA WAP browser view

BLER: Porcentaje bloques de datos decodificados erróneamente en el RLC *downlink*.

Línea 3, derecha: "UR" (uplink, RLC)

Rate: Velocidad instantánea ascendente en kbit/s o Mbit/s Total en RLC.

Retr: Porcentaje bloques de datos retransmitidos en el RLC *uplink*.

Línea 4, izquierda: “DT” (*downlink, Canales de transporte*)

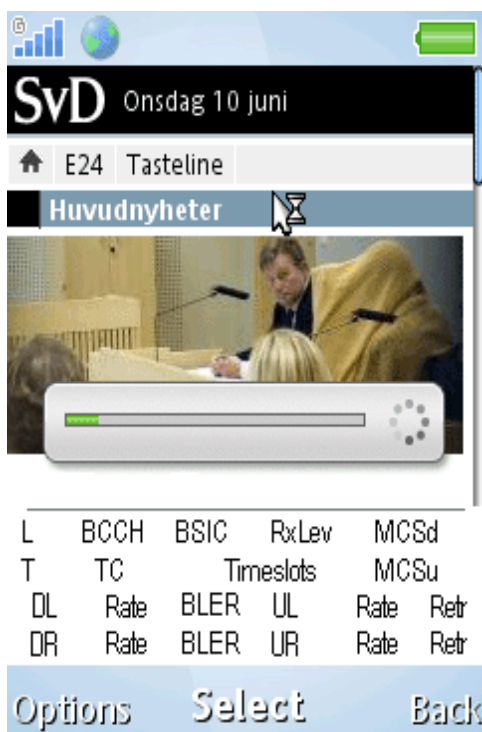
Rate: Velocidad instantánea descendente en kbit/s o Mbit/s de los canales de transporte

BLER: Porcentaje bloques de datos decodificados erróneamente en el *downlink* de los canales de transporte.

Línea 4, derecha: “UT” (*uplink, Canales de transporte*)

Rate: Velocidad instantánea ascendente en kbit/s o Mbit/s Total de los canales de transporte.

- *GPRS WAP browser view*: Presenta un subconjunto de datos correspondientes a GPRS durante navegación WAP, estos datos incluyen información de la celda de servicio, la cantidad de *timeslots* utilizados, y los esquemas de codificación.



Línea 1

L: Canal Lógico: B para BCCH.

BCCH ARFCN de la celda de servicio.

BSIC: *Base Station Identity Code*

RxLev: Intensidad de la Señal Recibida.

MCSd: Esquema de codificación en *downlink* {MCS1 ... MCS9} usado para EGPRS.

Línea 2

T: Tipo de canal de tráfico.

TC: Canal de tráfico, (TCH ARFCN) o canal de control dedicado (SDCCH ARFCN) o Canal de tráfico dedicado para paquetes (PDTCH ARFCN).

Figura. III.17. GPRS WAP browser view

Línea 2

Timeslots: Información acerca de los *timeslots* usado en el enlace *uplink* y *downlink*. Los *timeslots* son representados por los número del 0–7, y aquellos que se hallan en uso se sustituyen por las flechas de la siguiente manera:

- Flecha hacia arriba: *Timeslot* usado en el *uplink*.
- Flecha hacia abajo: *Timeslot* usado en el *downlink*.
- Flecha en doble sentido: *Timeslot* bidireccional usado en *uplink* y *downlink*.

Ejemplo: 0↓↓↑↑567 significa que el *timeslot* 1, 2, 3, y 4 se están utilizando en el *downlink* y el *timeslot* es usado en el *uplink*.

MCSu: Esquema de codificación en *uplink* {MCS1 ... MCS9} usado para EGPRS.

Línea 3, izquierda: “DL” (*downlink*, LLC)

Rate: Velocidad instantánea descendente en kbit/s o Mbit/s Total en LLC.

BLER: Porcentaje bloques de datos decodificados erróneamente en el *downlink* del LLC.

Línea 3, derecha: “UL” (*uplink*, LLC)

Rate: Velocidad instantánea ascendente en kbit/s o Mbit/s Total en LLC.

Retr: Porcentaje bloques de datos retransmitidos en el LLC *uplink*.

Línea 4, izquierda: “DL” (*downlink*, RLC/MAC)

Rate: Velocidad instantánea descendente en kbit/s o Mbit/s Total en RLC/MAC.

BLER: Porcentaje bloques de datos decodificados erróneamente en el *downlink* del RLC/MAC.

Línea 4, derecha: “UL” (*uplink*, RLC/MAC)

Rate: Velocidad instantánea ascendente en kbit/s o Mbit/s Total en RLC/MAC.

Retr: Porcentaje bloques de datos retransmitidos en el RLC/MAC *uplink*.

El TEMS Pocket, en lo referente a aplicaciones de datos, nos permite conocer parámetros relacionados fundamentalmente en el enlace descendente, en una comunicación establecida, así como la señalización de las capas 2 y 3; luego de realizar las mediciones, los parámetros son exportados para el post-procesamiento.

c) **Metodología para las Mediciones de Cobertura.** Las mediciones de cobertura, tanto en 3G como en 2G, se realizaron con el teléfono móvil en estado libre “*idle*”, es decir sin ningún tipo de acción de voz o datos; mediante esta medición se evaluaron parámetros referentes al nivel de potencia recibido, para lo cual:

- Parámetro que indica la cobertura del terminal móvil en GSM es el RxLev.
- Parámetro que indica la cobertura del terminal móvil en UMTS es RSCP y Ec/No.

3.2.2 Recolección de datos de las mediciones realizadas

Una vez ya definidas las rutas a seguir, la metodología de medición tanto de las llamadas de prueba, aplicaciones de datos y cobertura; se procedió con la respectiva monitorización de la interfaz aire a fin de realizar el post-procesamiento. Es necesario recalcar en este punto que una de las características del TEMS Pocket es presentarnos información general de la red móvil en la cual el teléfono se halla operando; la información es mostrada tanto en modo WCDMA y GSM según sea el caso, como se detalla a continuación:

- **MCC:** *Mobile Country Code*, de la celda de servicio.
- **MNC:** *Mobile Network Code*, de la celda de servicio.
- **LAC:** *Location Area Code*, de la celda de servicio.
- **RAC:** *Routing Area Code*, de la celda de servicio.
- **(U)ARFC:** WCDMA: UARFCN de la celda de Servicio; GSM: BCCH ARFCN de la celda de Servicio.

Es necesario interpretar la información de cada uno de los parámetros antes mencionados a fin de conocer características más relevantes de la celda de servicio ya sea en modo GSM o WCDMA, a continuación se realiza tal interpretación:

- **MCC:** Representa el código del país del móvil y se halla conformado por tres dígitos.
- **MNC:** Representa la identificación de la operadora de red móvil del país que sirve al usuario, formado por 2 o 3 dígitos.

En la Tabla. III.6, se muestra información correspondiente al MCC y MNC.

MCC	MNC	MARCA	OPERADORA
740	00	Movistar	Otecel
740	01	Porta	Concel
740	00	Alegro	Telecsa

Tabla. III.6. Información MCC y MNC

Como se puede apreciar en la tabla anterior, para el caso de Ecuador el MCC asignado es el 740, en cambio el MNC varía de acuerdo a la operadora que brinda el servicio; ambos códigos son definidos en [9]. El TEMS Pocket nos brinda tal información con el fin de comprobar lo dicho anteriormente; hay que señalar en el caso de Alegro, el TEMS Pocket nos muestra el MNC con código 00, correspondiente a Movistar, esto se debe a como se explicó en apartados anteriores, Alegro opera en la plataforma GSM como un operador móvil virtual o MVNO, haciendo uso de la infraestructura de Movistar.

El MCC, MNC y MSN (el número del abonado móvil, de 9 o 10 dígitos), forman la denominada IMSI (Identidad Internacional de Abonado Móvil), la cual representa la identidad única para el abonado móvil y se halla almacenada en la tarjeta USIM o SIM según sea el caso. A continuación se da a conocer el LAC y el RAC de cada operadora:

OPERADORA	2G		3G	
	LAC	RAC	LAC	RAC
Movistar	11501	90	30101	122
Porta	15701	0	50240	241
Alegro	11501	90	---	---

Tabla. III.7. Información LAC y RAC

En la Tabla. III.8, se puede observar las ARFCN del canal BCCH obtenidas de la monitorización en el campus de la E.S.P.E a través del TEMS Pocket; una vez determinadas las ARFCN se procedió a realizar el cálculo correspondiente para determinar el valor de frecuencia de las portadoras, teniendo como consideración lo estipulado en el *3GPP TS 45.005 sección 2*, mediante las siguientes fórmulas, correspondientes a las bandas de operación asignadas a las operadoras móviles en el Ecuador:

- *GSM 850*: $F_{uplink} = 824.2 + 0.2 * (n - 128)$; donde $128 \leq n \leq 251$.
- *PCS 1900*: $F_{uplink} = 1850.2 + 0.2 * (n - 512)$; donde $512 \leq n \leq 810$.

Donde n representa el ARFCN.

2G / GSM					
MOVISTAR		PORTA		ALEGRO	
ARFCN	Frecuencia (MHz)	ARFCN	Frecuencia (MHz)	ARFCN	Frecuencia (MHz)
221	842.8	137	826	222	843
230	844.6	145	827.6	230	844.6
245	847.6	146	827.8	244	847.4
247	848	234	845.4	592	1866.2
592	1866.2	238	846.2	597	1867.2
597	1867.2			794	1906.6
793	1906.4			796	1907

Tabla. III.8. Determinación de la Frecuencia de Portadora en base al ARFCN

Se puede concluir que:

- En el caso de Movistar, trabaja en la banda B y D (*up-link*).
- Porta hace uso de la banda A (*up-link*).
- Alegro hace uso de la banda B y D, al estar implementado como un MVNO.

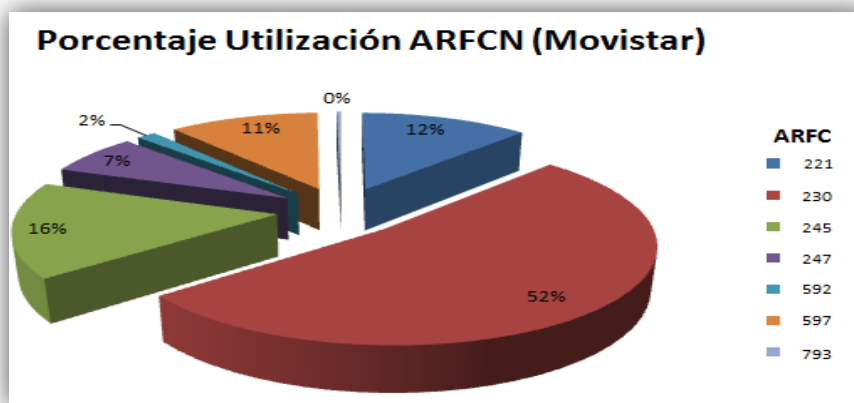


Figura. III.18. Porcentaje Utilización ARFCN (Movistar)

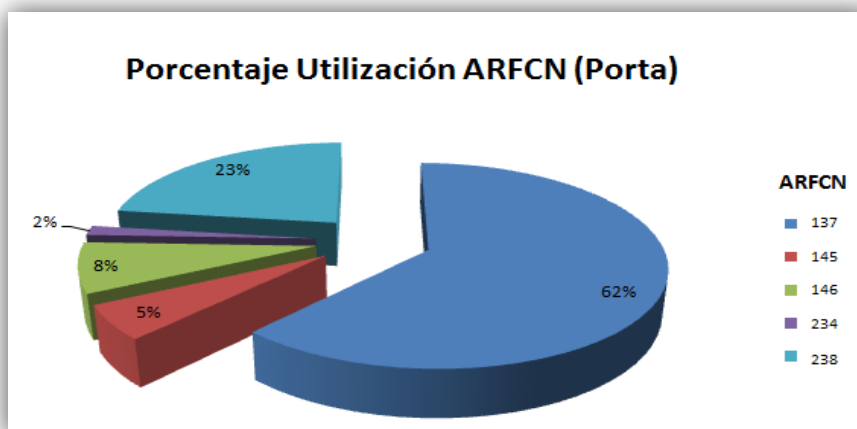


Figura. III.19. Porcentaje Utilización ARFCN (Porta)

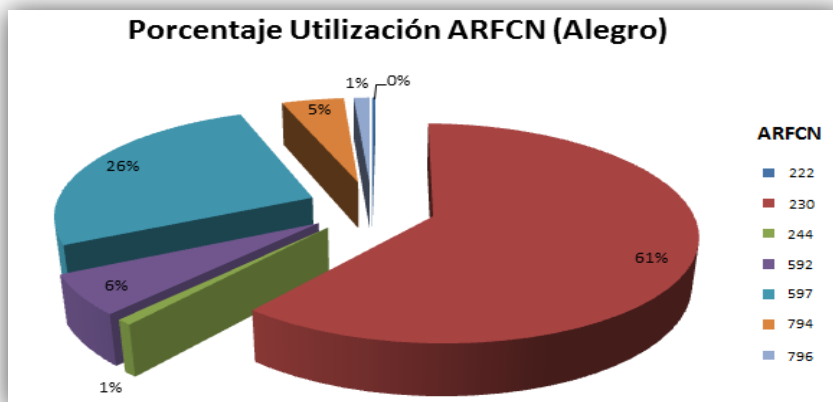


Figura. III.20. Porcentaje Utilización ARFCN (Alegro)

En lo referente a la monitorización de 3G, en la Tabla. III.10, se puede observar las UARFCN de la celda de servicio obtenidas de las mediciones realizadas en el campus de la E.S.P.E a través del TEMS Pocket; una vez determinadas las UARFCN se procedió a realizar el cálculo correspondiente para determinar el valor de frecuencia de las portadoras, teniendo como consideración lo estipulado en el 3GPP TS 25.101 sección 5.4.3 “Channel number”, mediante la siguiente fórmulas, correspondientes a las bandas de operación asignadas a las operadoras móviles en el Ecuador:

$$Downlink: N_D = 5 * F_{DL} - F_{DL_{offset}}, \text{ para el rango de: } F_{DL_{low}} \leq F_{DL} \leq F_{DL_{high}}$$

Donde N_D representa el UARFCN, tomando en consideración lo presentado en la Tabla. III.9:

Band	DOWNLINK (DL) UE receive, Node B transmit			Downlink (DL) UARFCN	
	UARFCN formula offset	Carrier frequency (F_{DL}) range [MHz]		General	Additional
	F_{DL_Offset} [MHz]	F_{DL_low}	F_{DL_high}		
V	0	871.4	891.6	4357 to 4458	1007, 1012, 1032, 1037, 1062, 1087

Tabla. III.9. Información Parámetros UARFCN, 3GPP TS 25.101

3G / WCDMA			
MOVISTAR		PORTA	
<i>UARFCN</i>	<i>Frecuencia (MHz)</i>	<i>UARFCN</i>	<i>Frecuencia (MHz)</i>
4424	884.8	4387	877.4

Tabla. III.10. Determinación de la Frecuencia de Portadora en base al UARFCN

En base a lo anterior, Se puede concluir que:

- Movistar, trabaja en la banda B´.
- Porta hace uso de la banda A´.

Cabe mencionar, que solamente se hace uso de una portadora de radio en lo referente a 3G, esto se debe a las características descritas en el Capítulo I, con respecto a la tecnología WCDMA.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE LA MONITORIZACIÓN

4.1 SOFTWARE DE POST-PROCESAMIENTO TEMS INVESTIGATION 10.0.2

El software de post-procesamiento TEMS Investigation 10.0.2, es una herramienta que permite el análisis a nivel de la interfaz aire de las redes móviles celulares; el TEMS Investigation dentro de los estándares 3GPP, soporta las siguientes plataformas:

- GSM/GPRS/EGPRS en las bandas de frecuencia: 850, E-900, 1800, y 1900 MHz.
- WCDMA/HSPA, en la Banda 1 (2100 MHz), Banda 2 (1900 MHz), Banda 3(1800 MHz), Banda 4 (2100 MHz), Banda 5 (850 MHz), Banda 6 (800MHz), Banda 8 (900 MHz).
- LTE en las Bandas 12–14 (700 MHz), Banda 5 (850 MHz), Banda 3 (1800 MHz), Banda 2 (1900 MHz), Banda 4 (2100 MHz), Banda 7(2600 MHz).

El TEMS Investigation permite el análisis de llamadas de voz y video-llamadas, así como una variedad de servicios de datos a través de conexiones con conmutación de paquetes (PS) y/o conmutación de circuitos (CS); este software combina en un solo producto las siguientes opciones:

- Recolección de datos,
- Análisis en tiempo real y
- Post-procesamiento.

De esta última opción haremos uso para el análisis de la monitorización realizada en el campus de la E.S.P.E. El TEMS Investigation se halla conformado por dos módulos, *Data Collection* y *Route Analysis*:

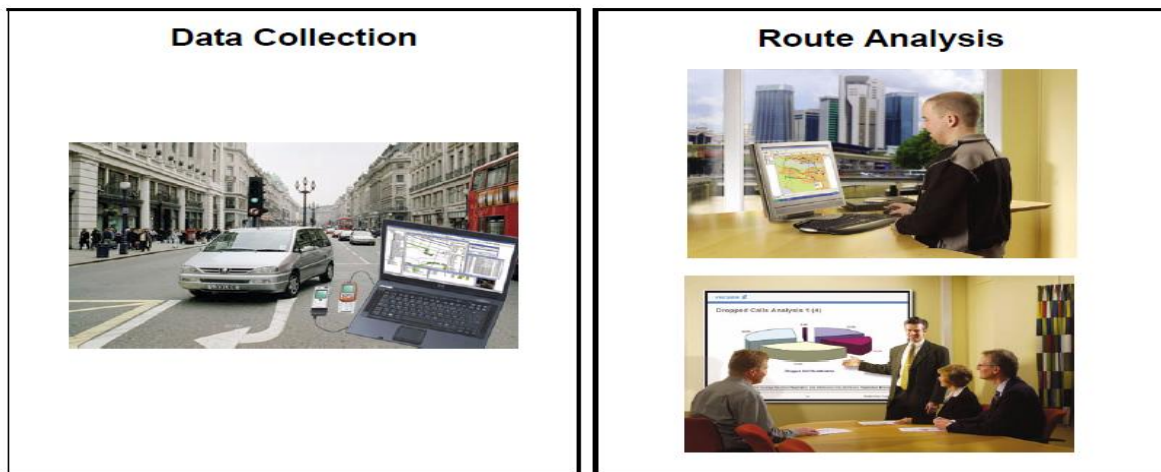


Figura. IV.1. Módulo *Data Collection* y *Route Analysis*

- *Data Collection*: Es la parte del TEMS Investigation que actúa como interfaz entre los teléfonos móviles y otros aparatos de medida, permitiendo la recolección de datos, y la grabación de archivos *logfile*s. También permite la presentación y análisis de un solo archivo *logfile* a la vez.
- *Route Analysis*: Este módulo permite el análisis de múltiples archivos *logfile*s, procedentes del TEMS™ Pocket.

4.1.1 Descripción de las principales características del TEMS Investigation

Una vez instalado el TEMS Investigation, el módulo *Data Collection*, puede ser ejecutado desde Inicio → Programas → Ascom → TEMS Products → TEMS Investigation 10.0 Data Collection; una vez inicializada la aplicación se nos presenta la siguiente ventana, observada en la Figura. IV. 3, dentro de esta ventana se cuenta con:

a) Área de trabajo e información. Es la entidad que alberga las ventanas y configuraciones usadas en el módulo *Data Collection* llamada área de trabajo. Solamente un área de trabajo puede ser abierta a la vez, para gestionar de mejor manera las presentaciones del *Data Collection*, se puede dividir el área de trabajo en varias ventanas de trabajo, hasta un máximo de diez ventanas pueden ser activadas simultáneamente en el área de trabajo.

b) Barra de Herramientas. A través de la barra de herramientas todas las funciones más importantes pueden ser accedidas de una forma rápida y sencilla.

c) Navegador. Desde el navegador, se puede acceder con mayor facilidad a las ventanas de presentación, además se puede modificar los rangos de presentación de la información y de esta manera optimizar el post-procesamiento. El navegador es usado especialmente para la configuración del área de trabajo al inicializar el módulo en cuestión.

d) Barra de Menú. Contiene con una mayor descripción las funciones que pueden ser encontradas en la barra de herramientas, así como el Navegador y las ventanas de presentación.

e) **Barra de Estado.** La barra de estado, nos brinda información a través de símbolos y pequeños mensajes los cuales indican el estado actual de la aplicación.

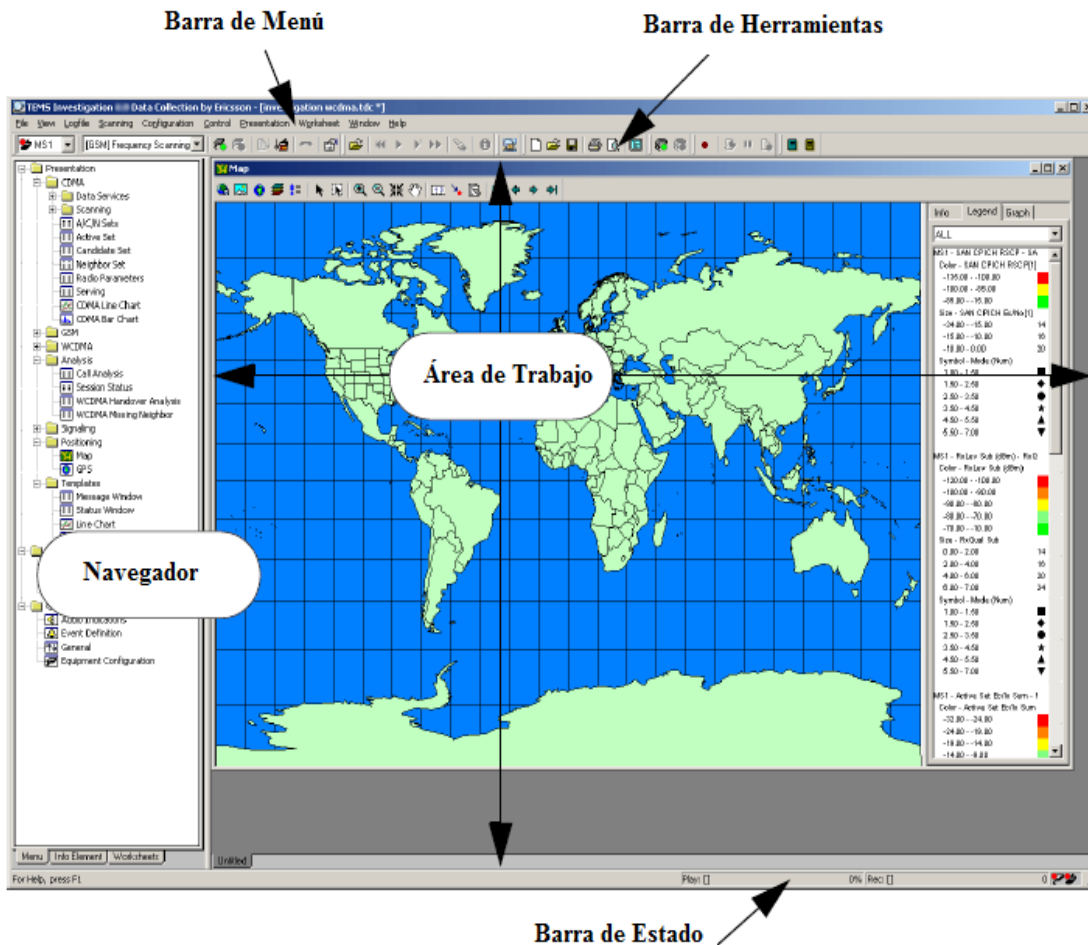




Figura. IV.2. Ventana Inicialización *Data Collection*

Además el TEMS Investigation *Data Collection* puede trabajar en dos modos diferentes, uno para prueba y registro, y el otro para análisis en base a archivos *logfiles* previamente generados a través del TEMS Pocket, los dos modos son mutuamente excluyentes.

Las funciones de mayor importancia para el post-procesamiento se hallan inmersas en la Barra de Herramientas, y nos permiten la generación de reportes de los archivos *logfiles* que serán sometidos al análisis a fin de determinar y conocer los parámetros recolectados a lo largo de la monitorización realizada en el campus de la E.S.P.E, y de esta manera poder interpretarlos; la función más utilizada para la generación de reportes es:

 Generación de Reportes, encargada de la generación de reportes en base a uno o varios archivos *logfiles*.

Mediante el módulo *Data Collection*, tenemos la posibilidad de acceder al *Route Analysis*, esto se logra a través del icono  que se halla en la barra de herramientas.

4.1.1.1 Formatos de Presentación en el TEMS Investigation. El TEMS Investigation se halla equipado con los siguientes formatos de presentación:

- a) **Ventana de Mensajes:** Es usada en la presentación de una lista de mensajes a nivel de Capa 3 y 2; la cual nos informa el modo de operación del móvil, así como la ocurrencia de errores en los eventos realizados por la red celular; a continuación se muestra la ventana de mensajes a nivel de capa 3.

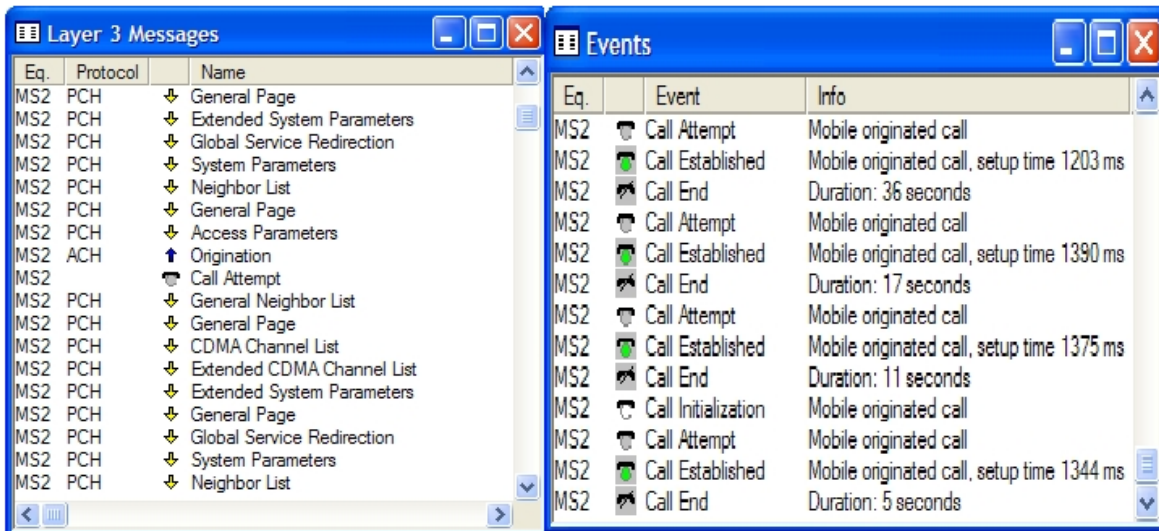


Figura. IV.3. Ventana de Mensajes

En la Figura. IV.4, se muestra información referente al nombre y dirección (*uplink/downlink*) de cada mensaje así como el protocolo del cual proviene el mensaje. Un filtrado de información permite al usuario seleccionar el tipo de mensaje a ser mostrados. Haciendo *clic* en cualquiera de los mensajes presentados en la Ventana de Mensajes se puede obtener detalles generales de él.

b) Línea de Gráficos: El formato de presentación con línea de gráficos nos permite visualizar información de acuerdo al parámetro seleccionado a través del tiempo, también muestra en qué punto el evento ha ocurrido. La ventana de línea de gráficos es subdividida en una serie de paneles sincronizados, como se puede apreciar en la siguiente figura.

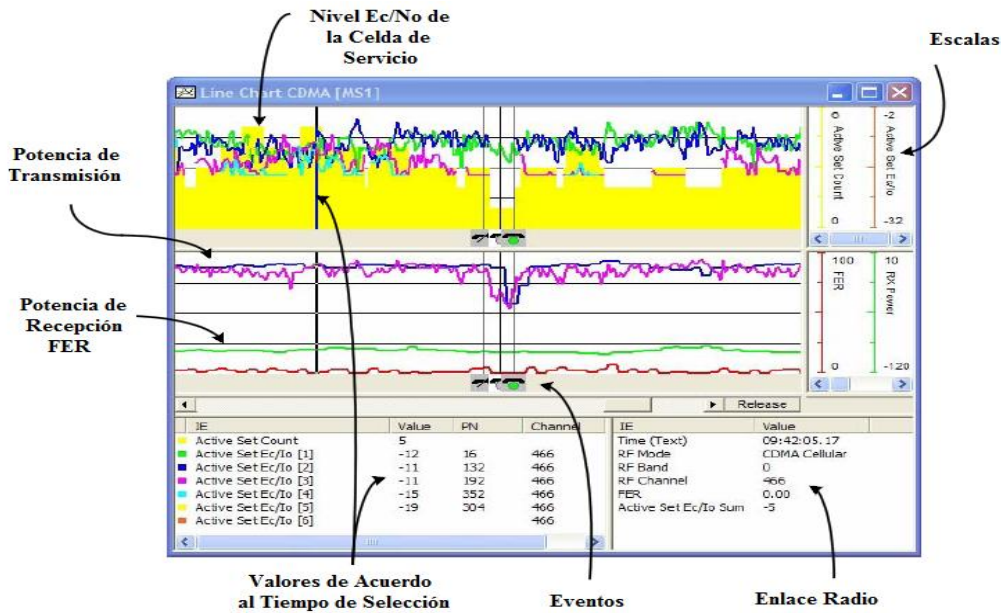


Figura. IV.4. Presentación Línea de Gráficos

c) **Mapa:** Las rutas de las pruebas de campo puede ser presentadas gráficamente en un mapa geográfico a fin de determinar el área de investigación. Los datos de medición y los eventos se representan en forma simbólica en el mapa. Un panel independiente a la derecha, nos brinda información auxiliar acerca de la leyenda del mapa.

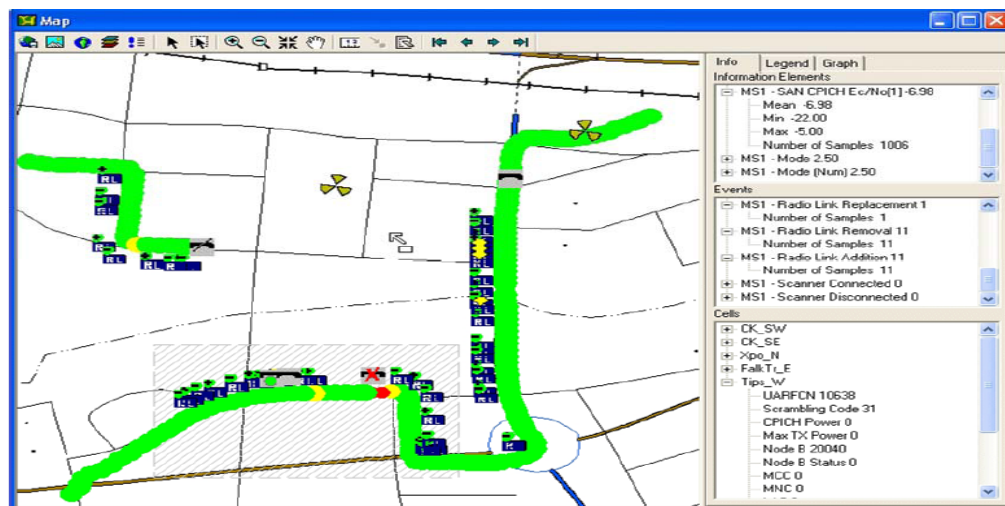


Figura. IV.5. Presentación en Mapa

d) Ventana de Estado: La ventana de estado, presenta información acerca de los elementos que conforman la red móvil en forma de tablas. Existe una gran variedad de ventanas diseñadas para la presentación de información en forma particular como por ejemplo nivel de la señal de recepción o calidad de voz. Hay que tener en cuenta que cualquier elemento de información disponible en el TEMS Investigation puede ser observado en la ventana de estado.

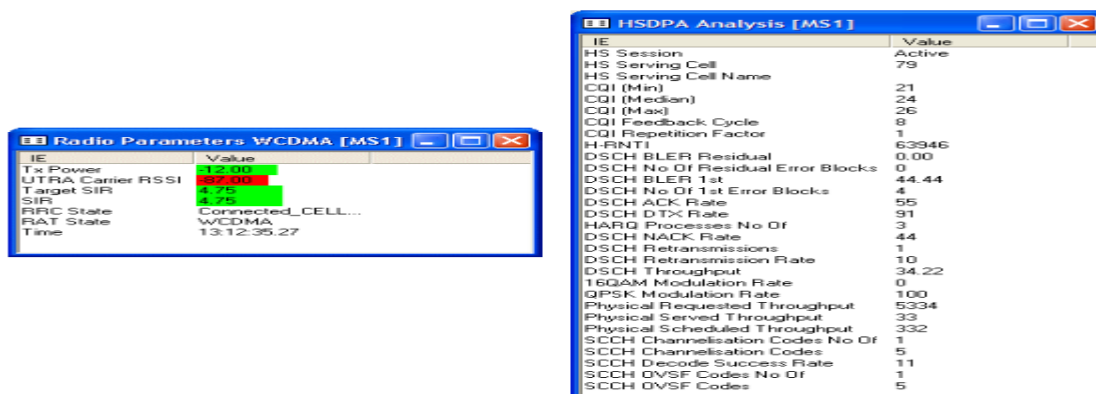


Figura. IV.6. Presentación en Ventana de Estado

e) Ventana de Contador de Eventos: La ventana de contador de eventos realiza un seguimiento del número de veces que un evento ha ocurrido. El conjunto de eventos para mostrar el resultado es completamente configurable por el usuario; además los contadores pueden ser restaurados por el usuario en cualquier momento.

Event Name	EQ 1	EQ 2	EQ 3	EQ 4	Total
HS Serving Cell HO	5				5
HS Serving Cell HO Failure					
Location Area Update					
Location Area Update Fail...					
Measurement Report 1	20	3			23
Measurement Report 2	2	2			4
Measurement Report 3					
Measurement Report 6					
Radio Link Addition	6	2			8
Radio Link Addition Failure					
Radio Link Removal	5	1			6

Figura. IV.7. Presentación Ventana Contador de Eventos

Todas estas herramientas de presentación se hallan disponibles en ambos modos, es decir en el *Data Collection* y *Route Analysis*, y trabajan de forma idéntica para ambas aplicaciones. La ventana de estado se actualiza constantemente, mientras que la presentación en el mapa y la línea de gráficos acumulan información y muestran el historial de la sesión de pruebas. Todas las ventanas de presentación se encuentran sincronizadas, es decir cuando el usuario selecciona un instante de tiempo arbitrario en el mapa o en la línea de gráficos, la ventana de estado se actualizan automáticamente para mostrar el resultado del parámetro deseado en ese instante de tiempo.

4.2 PÁRAMETROS DE ANÁLISIS DE LAS MEDICIONES REALIZADAS EN EL CAMPUS DE LA E.S.P.E

Hay que señalar que se generaron en base al TEMS Pocket los siguientes archivos *logfile*s como resultado de la monitorización realizada en el campus de la E.S.P.E.

TIPO DE PRUEBA DE CAMPO	PLATAFORMA UTILIZADA
Cobertura (Teléfono modo IDLE)	2G (GSM) / 3G (WCDMA)
Llamadas de Prueba	2G (GSM) / 3G (WCDMA)
Navegación WAP	2.5G (GPRS, EDGE) / 3G (WCDMA, HSDPA)

Tabla. IV.1. Tipos de Prueba de Campo Realizadas

En la Tabla. VI.1, se presenta un resumen de las pruebas de campo realizadas, así como la plataforma seleccionada, hay que señalar que dichas pruebas fueron realizadas para las tres operadoras que brindan servicio en el Ecuador y se las realizó siguiendo las rutas establecidas en el Capítulo III, sección 3.2.1.1.

4.2.1 Determinación de los parámetros post-procesamiento

La calidad del servicio es uno de los factores que más influye en los usuarios a la hora de elegir una operadora de telefonía móvil. Por esta razón las operadoras deben constantemente monitorizar la calidad del servicio que ofrecen a sus usuarios, con el fin de recibir una retroalimentación para encontrar los puntos débiles de la red y optimizar el diseño y de esta forma incrementar la calidad del servicio, a fin de obtener un alto grado de satisfacción de los usuarios. A continuación se da a conocer los parámetros seleccionados para el análisis de la *QoS* de las operadoras móviles en el campus de la E.S.P.E.

4.2.1.1 La accesibilidad de la red. Se refiere a la disponibilidad de recursos de red suficientes para conectarse a un servicio, dentro de este aspecto se halla la intensidad de campo en área de cobertura de la celda.

- **Intensidad de campo en el área de cobertura de la celda.** La relación entre la intensidad de señal medida y la posición geográfica del teléfono móvil de prueba determinará la zona geográfica de cobertura del servicio ofrecido. La falta de cobertura temporal o permanente de la red en una determinada ubicación es una de las causas más frecuentes de pérdidas de calidad por parte de la red móvil. El parámetro que indica la cobertura de un terminal móvil es el RxLev en la plataforma GSM y el RSCP en la plataforma UMTS.

a) RxLevel. Indica la potencia promedio recibida en el terminal, en un periodo de tiempo de 480 ms, este parámetro es usado para medir la accesibilidad de la red, determinando un límite de -104 dBm, para identificar las zonas que no tienen cobertura del servicio. Cada vez que se asigna un canal al UE debe realizar mediciones del nivel de señal, estos niveles de señal deben ser empleados como un criterio en los procesos de control de potencia.

b) RSCP: El RSCP “*Received Signal Code Power*” representa la suma de energía después de la correlación y el proceso de *descrambling*. El punto de referencia para el RSCP es el conector de la antena en el UE, si se hace uso de una transmisión en diversidad en el canal de medida, el RSCP de cada antena se mide por separado y luego se realiza la suma de la potencia recibida en cada antena. El RSCP, usualmente su unidad de medida es en dBm dentro de un ancho de banda de 3.84 MHz. En la tecnología UMTS FDD, los mensajes RSCP son transmitidos como un valor entero en el rango de -120 dBm a -25 dBm.

4.2.1.2 La accesibilidad del servicio. Incluye los aspectos relacionados con la disponibilidad del servicio: tiempo de acceso, fuera de servicio, etc. En este segundo caso se incluyen parámetros como:

- **Tiempo promedio de espera para establecer una llamada.** Es el tiempo promedio medido en segundos, transcurrido entre el instante en que el usuario/cliente acciona el pulsador de envío de llamada luego de marcar el número seleccionado y la recepción del tono de control de llamada; el valor objetivo de este parámetro debe ser $\geq 95\%$ de la cantidad de llamadas establecidas hasta en 10 segundos para llamadas dentro de la misma red [10]. Se pueden presentar los siguientes eventos por los cuales no se establece la comunicación y no se considera como llamada establecida:
 - El sistema encamina la llamada al buzón de voz, estando prendido y desocupado el terminal llamado.
 - Se recibe tono de ocupado, estando desocupado y listo para recibir llamadas del terminal llamado.
 - El sistema no envía ninguna señalización.

4.2.1.3 La integridad del servicio. Se refiere a la calidad ofrecida durante el uso del servicio: caídas, calidad de voz, *throughput*, etc. Este aspecto incluye parámetros como:

- **La caída del servicio.** La caída de un servicio significa la imposibilidad de continuar accediendo a él tras establecerse la comunicación en un primer momento, siempre y cuando la imposibilidad sea motivada por cualquier causa ajena a la voluntad de sus usuarios y siempre que éstos se encuentren en todo momento en la zona de cobertura de la red, en este punto tenemos:

a) Porcentaje de llamadas caídas o bloqueadas. Este porcentaje es determinado de acuerdo al número de llamadas caídas o bloqueadas, con respecto al número total de llamadas establecidas. Una llamada será considerada como caída cuando luego de establecida no puede mantenerse por causas atribuibles a la red en evaluación, la evaluación de este parámetro se lo realiza tomando en consideración lo siguiente:

- Valor objetivo $\leq 2\%$ para celdas de Zona A, aquella con radiobases adyacentes en todo el perímetro de su área de servicio.
- Valor objetivo $\leq 5\%$ para celdas de Zona B, aquella con radiobases adyacentes las cuales no cubren el perímetro total de su área de servicio.
- Valor objetivo $\leq 7\%$ para celdas de Zona C, aquella sin radiobases adyacentes.

El objetivo de este parámetro es obtener una medida de la capacidad de la red móvil usada por el abastecedor de servicio a fin de mantener una llamada una vez que se haya establecido correctamente. Este parámetro mide faltas en cobertura, problemas con la calidad de la señal, la congestión de red y fallos de la red [10].

- **La efectividad del servicio.** Es el porcentaje de accesos al servicio realizados y completados satisfactoriamente, frente a la totalidad de los accesos realizados.

a) Porcentaje de llamadas logradas o completadas. Es el número de llamadas que lograron conexión con el usuario llamado, respecto al número de intentos de llamadas, en el periodo de medición, se consideran llamadas establecidas a los siguientes casos [10]:

- El usuario llamado contesta.
 - El Terminal llamado está ocupado. En este caso el destino es el tono de ocupado, la casilla de voz del abonado o un dispositivo interceptor.
 - El Terminal llamado está ocupado o se encuentra fuera del área de servicio, con lo cual se nos en ruta al casillero de voz.
 - El Terminal llamado recibe la llamada pero no contesta, en este caso el destino es el casillero de voz o un dispositivo de voz.
 - El Terminal se encuentra con el servicio restringido por falta de pago o a petición del abonado, en este caso el destino es el casillero de voz.
 - El usuario ha marcado un número no existente, el destino es el anuncio grabado correspondiente.
 - El Terminal llamado timbra, no contesta la llamada y se desconecta.
- **Calidad de la señal de voz.** Permite valorar la calidad de la señal de voz recibida por el UE en cada instante, y constituye por tanto una indicación del estado de la calidad de la red. En el caso de GSM se indica con el parámetro RxQual y FER, y en UMTS con el parámetro Ec/No.

a.1) RxQual. Reporta los valores del BER (*Bit Error Rate*) de acuerdo a la escala que se muestra en la Tabla. IV.2.

En áreas problemáticas obteniendo los valores de RxQual podemos localizar los puntos en donde obtenemos una señal baja y en consecuencia se caen las llamadas, siendo que 0 nos indica la calidad más alta y 7 la calidad más baja. Cuando realizamos pruebas de campo en zonas problemáticas se puede localizar fácilmente los puntos en donde se tienen problemas, monitorizando RxQual, lógicamente queremos identificar la causa del RxQual defectuoso, este puede ser debido al RxLev bajo por la baja relación portadora-ruido, o interferencia co-canal.

Clase de RX QUAL	BER	Calidad
0	< 0.2 %	Buena calidad
1	0.2 - 0.4 %	
2	0.4 - 0.8 %	
3	0.8 - 1.6 %	
4	1.6 - 3.2 %	
5	3.2 - 6.4 %	Mala calidad
6	6.4 -12.8 %	
7	> 12.8 %	

Tabla. IV.2. Escala de RXQUAL

a.2) FER (Frame Error Rate). El FER se define como la razón entre las tramas “no recibidas” y las tramas totales generadas, donde las tramas no recibidas pueden deberse a dos motivos principales, tramas que exceden un determinado límite de retardo en consecuencia son descartadas y tramas recibidas con número excesivo de errores. Por lo general las tramas no deben sobrepasar un retardo máximo de 250ms con un FER < 2%. Es un indicador muy importante porque tiene una estrecha relación con la calidad de la voz recibida por los usuarios.

b) Ec/No. Representa la relación de la energía por chip (Ec) recibida dividida para la densidad de potencia (No) en la banda de operación usualmente expresado en dB. El Ec/No es idéntico a la relación CPICH RSCP/UTRA Carrier RSSI. Este parámetro dentro de las redes UMTS es usado junto a RSCP para la determinación de posibles causas en lo referente a llamadas caídas.

- **Calidad de la transmisión de datos.** Permite valorar la calidad en la transmisión de archivos (datos). Se mide mediante la tasa de error BLER, que mide la calidad del canal establecido por la cantidad de errores que se producen en la transmisión de datos, además dentro de este parámetro se toma en consideración la confiabilidad, la cual describe la máxima probabilidad de un control erróneo en el enlace de radio (RLC) que se le da a la capa LLC. En la mayoría de los casos las aplicaciones de datos no aceptan errores y solicitan retransmisiones. Para evitar más retardos las retransmisiones en la capa RLC, se emplea un sistema de *ACKs* para pedir retransmisiones (cuando llega una trama sin errores el receptor envía un mensaje de reconocimiento “*ACK*” para que el transmisor sepa que la trama ha llegado de forma correcta).
- **La velocidad de acceso a un servicio o velocidad de transmisión (*throughput*).** Es la cantidad de bits por segundo que se miden en una determinada transmisión durante el tiempo que dura la conexión, además el *throughput* mide la cantidad de datos que se le pasa a la capa de control de enlace lógico (LLC) por unidad de tiempo. Esta medida sólo es relevante cuando la cantidad de datos que está siendo transmitida es lo suficientemente grande y puede ser medida con facilidad por la red durante un flujo de bloque temporal (TBF).

4.3 ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS

En base a los parámetros previamente establecidos, a continuación se presentan los resultados obtenidos luego del post-procesamiento a través del TEMS Investigation y el análisis correspondiente de dichos resultados.

Esta sección es dividida en dos partes, la primera se presentan y analizan los resultados obtenidos de cada una de las operadoras al hacer uso de 2G (GSM) / 2.5G (GPRS) en lo referente a servicios de voz y datos respectivamente; la segunda parte se halla compuesta por los resultados y el análisis correspondiente a 3G (WCDMA) / 3.5G (HSDPA) tanto en servicios de voz y datos, proporcionados por las operadoras que hacen uso de esta plataforma.

Hay que señalar que el TEMS Investigation, en lo referente a llamadas de prueba se basa en el siguiente diagrama de estados:

Las llamadas originadas en el móvil, son representadas por los estados 1-4-10; mientras las llamadas terminadas en el móvil son representadas por los estados 6-9-7-8-10. En base al diagrama de estados, el TEMS Investigation, realiza la clasificación de las llamadas de prueba de acuerdo al evento asociado a ella; donde se destacan:

❖ **Intento de Llamadas (*Call Attempt*):** Este evento es generado en las siguientes circunstancias:

1. (GSM), Desde el estado NULL se envía un mensaje de tipo *Channel Request* indicando la presencia de una llamada.
2. (WCDMA) El estado NULL envía un mensaje *RRC Connection Request*, indicando la presencia de una llamada.

❖ **Asignación de Llamadas (*Call Setup*):** Este evento es generado en la siguiente circunstancia:

1. Un mensaje de conexión recibido en el estado CALL INIT, una vez que ha sido asignado un canal en GSM, o se ha producido una *RRC Connection Setup Complete Received* en WCDMA.

❖ **Llamada Establecida (*Call Established*):** Este evento es generado cuando se entra en el estado ACTIVE a través del mensaje *Connect*.

❖ **Llamada Terminada (*Call End*):** Este evento es generado en las siguientes circunstancias:

1. Cuando un mensaje *Release* es enviado o recibido por el teléfono, causando el retorno hacia el estado NULL, y la desconexión de la llamada, sin ningún tipo de evento relacionado con llamadas bloqueadas o caídas generadas durante la llamada.

❖ **Llamada Bloqueada (*Blocked Call*):** Este evento es generado si la llamada es anormalmente terminada antes que el evento de Establecimiento de Llamada sea generado.

❖ **Llamada Pérdida (*Dropped Call*):** Este evento es generado si la llamada es terminada después que se ha establecido la llamada.

4.3.1 INTERFAZ AIRE GSM

4.3.1.1 Análisis y Presentación de Resultados de la Operadora Movistar. La monitorización de la operadora Movistar, fue realizada de acuerdo a las dos rutas establecidas en el Capítulo III, sección 3.2.1.1; para servicios de voz, para lo cual se estableció la metodología de llamadas de prueba, descrita en el Capítulo III, sección 3.2.1.3. La Tabla. IV.3, nos da a conocer la cantidad de llamadas de prueba que fueron realizadas a lo largo de las rutas, además la tabla nos brinda información de los eventos asociados a dichas llamadas.

	Intentos de Llamadas	Asignación de Llamadas	Llamadas Establecidas	Llamadas Terminadas	Llamadas Bloqueadas	Llamadas Pérdidas
Ruta 1	17	17	14	17	0	0
Ruta 2	52	50	44	50	2	0
Total	69	67	58	67	2	0

Tabla. IV.3. Llamadas de Prueba de la operadora Movistar 2G

Se registraron un total de 69 intentos de llamadas, de las cuales 58 fueron establecidas satisfactoriamente, 9 llamadas no fueron establecidas debido a que el terminal llamado estaba ocupado, por lo cual el destino es la casilla de voz del abonado, en este caso las 9 llamadas se las considera llamadas logradas o completas, ya que la asignación del canal de tráfico fue satisfactoria, además se registraron 2 llamadas bloqueadas, es decir estas llamadas fueron anormalmente terminada antes que el evento de Establecimiento de Llamada sea generado.

Integridad del Servicio

- **Porcentaje de llamadas caídas o bloqueadas.** Con respecto a este parámetro, se obtuvo el siguiente resultado:

$$\%ll C = \frac{\# ll C}{\# ll i} * 100 = \frac{2}{69} * 100 = 2.89\%$$

Donde: % ll C: Porcentaje de llamadas caídas o bloqueadas.

ll C: Número de llamadas caídas o bloqueadas.

ll i: Número de intentos de llamadas.

Del resultado anterior, se puede observar que en un 0.89% se excede el valor objetivo para el cumplimiento de este parámetro, el cual se halla fijado en $\leq 2\%$ [10], motivo por el cual se produjeron llamadas bloqueadas; hay que señalar que las dos llamadas bloqueadas se produjeron en la ruta que cubre el interior del campus de la E.S.P.E, y fueron localizadas en los exteriores de la biblioteca y de la residencia universitaria.

- **Porcentaje de llamadas logradas o completadas.** En este aspecto, de los 69 intentos de llamadas realizadas, 67 fueron terminados correctamente, con lo cual el porcentaje de las llamadas que lograron conexión con el usuario llamado dentro de la red de la operadora es de 97.1%, cumpliendo de forma satisfactoria con el valor objetivo $\geq 90\%$.

La Tabla. IV.4, nos brinda información acerca de la distribución de las llamadas de prueba de acuerdo a la celda de servicio, así como información relevante de dicha celda.

Celda	MCC	MNC	LAC	CI	Intento de Llamadas	Llamadas Fallidas	Llamadas Caídas o Bloqueadas
740 00 10500 10003	740	0	10500	10003	1	0	0
740 00 11501 10460	740	0	11501	10460	12	0	0
740 00 11501 11460	740	0	11501	11460	39	0	1
740 00 11501 11469	740	0	11501	11469	2	0	1
740 00 11501 10082	740	0	11501	10082	9	0	0
740 00 11501 13206	740	0	11501	13206	1	0	0
740 00 11501 13460	740	0	11501	13460	2	0	0
740 00 11501 14460	740	0	11501	14460	1	0	0

Tabla. IV.4. Llamadas de Prueba e Información de la Red Móvil, Movistar 2G

- **Calidad de Voz.** Dentro de este contexto, hay que tomar en consideración que GSM hace uso del codificador de voz AMR (*Adaptive Multi-Rate*), el cual es un formato de compresión de audio optimizado para la codificación de voz. AMR define un conjunto fijo de tasas de voz y códigos de canal, además opera tanto en canales *full-rate* así como en canales *half-rate*. La cualidad importante de AMR es que realiza un proceso de adaptación al canal radio y a la carga de tráfico, seleccionando el *codec* apropiado para cada momento. AMR también gestiona dinámicamente el ancho de banda seleccionando entre ocho diferentes tasas de bits; en la monitorización los anchos de banda utilizados fueron de 12.2kb/s utilizando por lo tanto los canales TCH/H + ACCHs, y 7.40kb/s por medio de los canales TCH/F + FACCH/F y SACCH/F.
- **RxQual.** Mediante este parámetro, representamos la tasa de errores de bit (BER), para lo cual se toma en consideración lo presentado en la Tabla. VI.2; a continuación se presenta la gráfica obtenida del nivel de RxQual del proceso de monitorización.

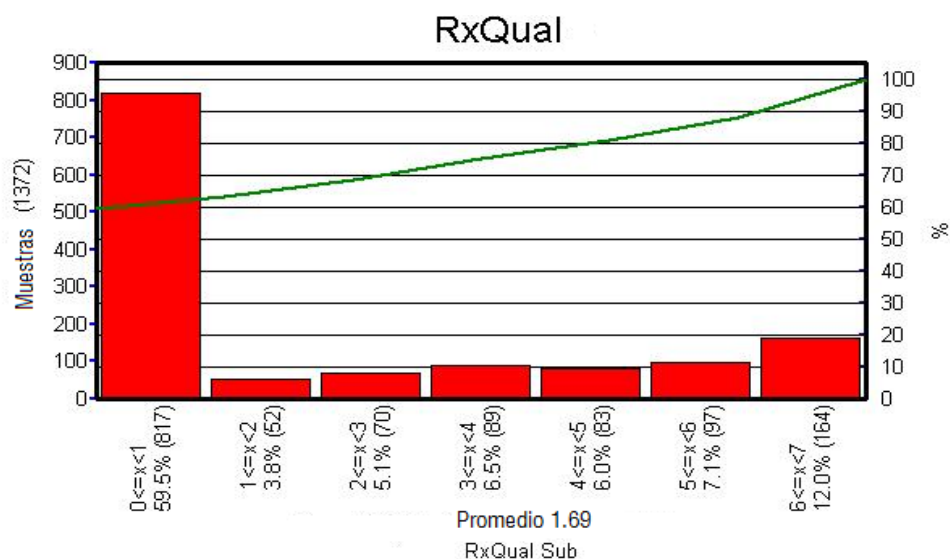


Figura. IV.9. RxQual obtenido en la ruta 1 y 2, Movistar 2G

Para la determinación del nivel de calidad o RxQual presente se toma en consideración la siguiente fórmula:

$$\% \text{Buen nivel RxQual} = \frac{\# \text{ Muestras en clase 0 - 5}}{\# \text{ Total de Muestras}} * 100 = \frac{1111}{1372} * 100 = 80.97\%$$

El valor obtenido, nos indica un nivel no tan aceptable de RxQual, motivo por el cual se produjeron 2 llamadas bloqueadas, el porcentaje de 80.97%, se debe tomar muy en cuenta ya que hay zonas propensas a registrar llamadas caídas o bloqueadas.

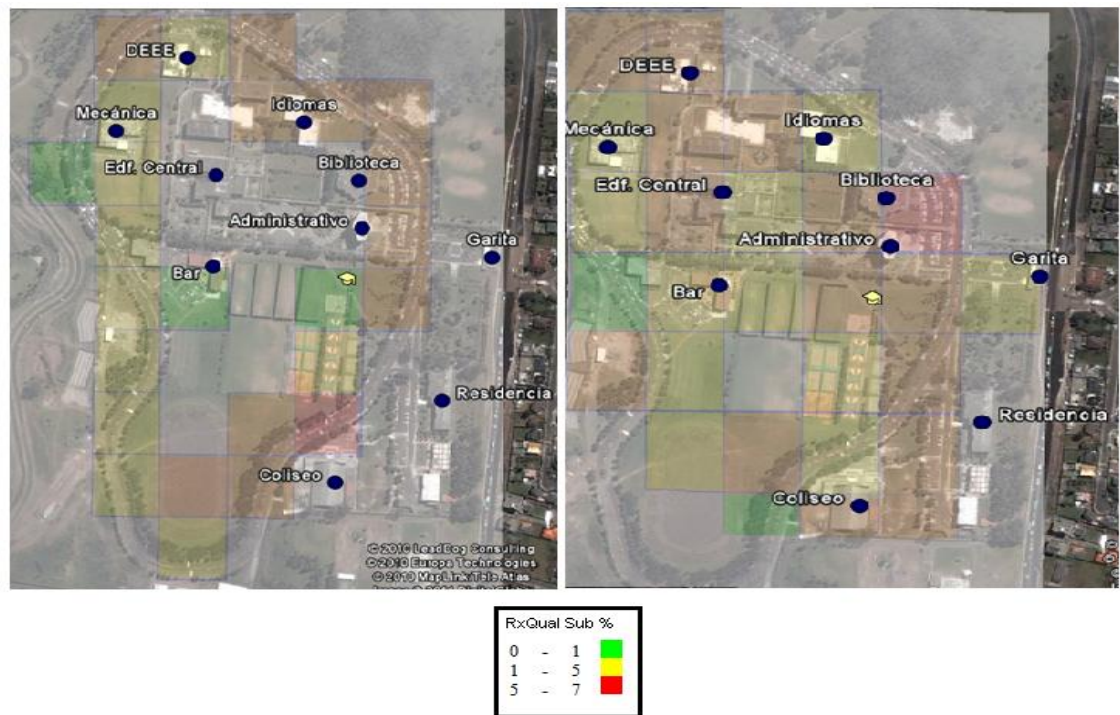


Figura. IV.10. RxQual campus de la E.S.P.E, Movistar 2G

- **FER (*Frame Error Rate*):** La tasa de error de trama (FER), se halla altamente correlacionada con la calidad de voz final que el usuario percibe. La calidad de voz es inversamente proporcional a los valores de FER. Este indicador evalúa el porcentaje de muestras que tuvieron un FER mayor o igual a umbrales específicos, estos umbrales pueden ser 1%, 2.1% y 4.2%, y donde se obtuvo los siguientes resultados:

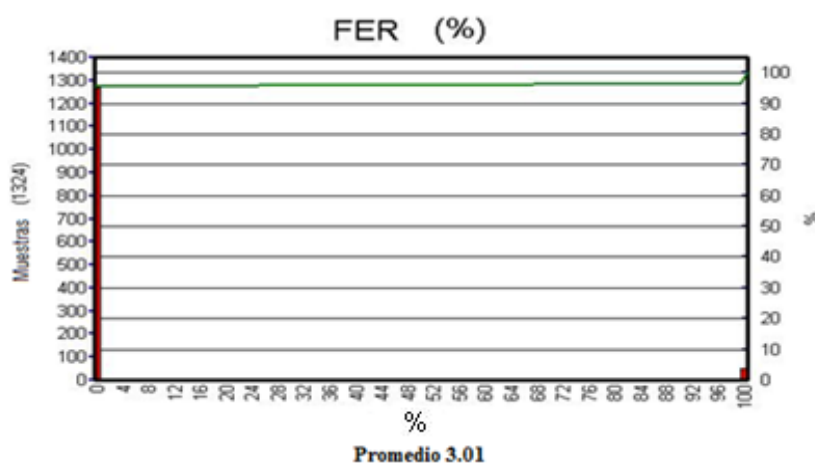


Figura. IV.11. FER obtenido en la ruta 1 y 2, Movistar 2G

En esta tesis se evalúa el porcentaje de muestras con $FER < 4.2\%$, que es lo que comúnmente se conoce como porcentaje de muestras con buen FER, y de acuerdo a la Figura. VI.11, se llega a determinar que existe un promedio de FER igual al 3.01%, motivo por el cual se puede considerar que existe un buen FER.

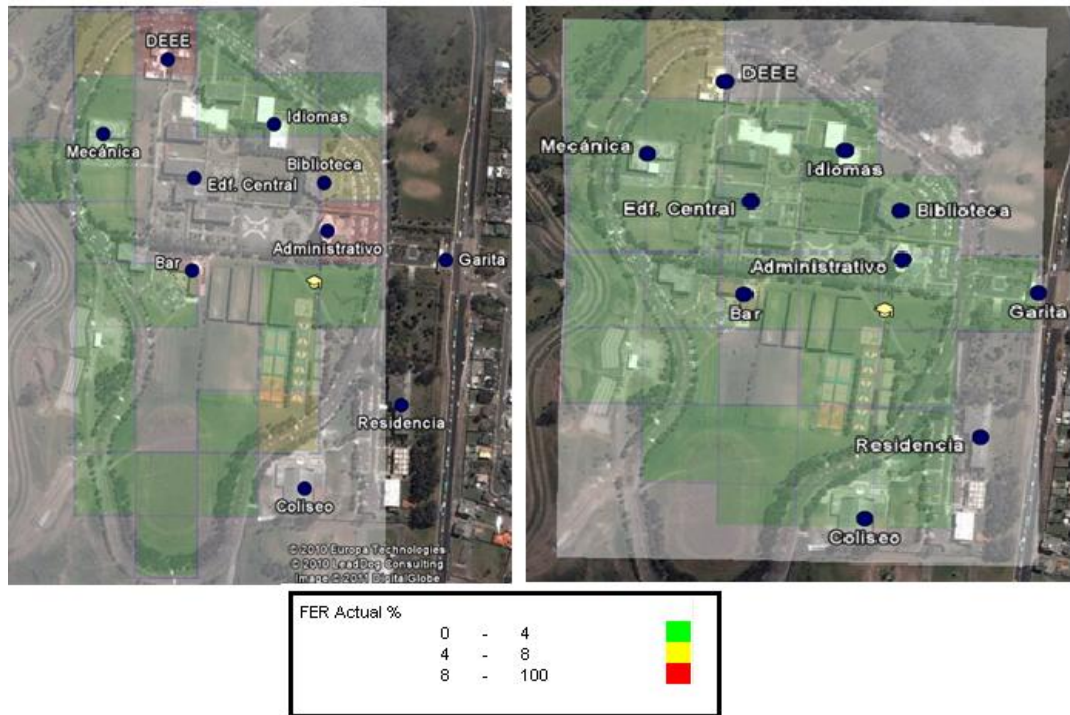


Figura. IV.12. FER campus de la E.S.P.E, Movistar 2G

Accesibilidad del Servicio

- **Tiempo promedio de espera para establecer una llamada.** Para este parámetro se considero un tiempo de establecimiento de llamada menor a 10 segundos [10], y se obtuvo lo siguiente:

$$%C = \frac{lle}{ill} * 100 = \frac{64}{67} * 100 = 95.52\%$$

El valor obtenido, es muy aceptable en cuanto a este parámetro, por cuanto supera el valor objetivo $\geq 95\%$.

Accesibilidad de la Red

- **Intensidad de campo en el área de cobertura.** Dentro de este parámetro, lo que se toma en consideración es que el nivel de señal mínimo proporcionado por una radiobase pueda garantizar un nivel adecuado de servicio.
- **RxLev (Nivel de Recepción):** En este contexto el valor objetivo del RxLev a cumplir es ≥ -93 dBm [10], al ser considerada la E.S.P.E como una zona rural y con un 95% de los casos medidos en el área de interés, en base a lo mencionado se obtuvo los siguientes resultados:

Ruta 1:

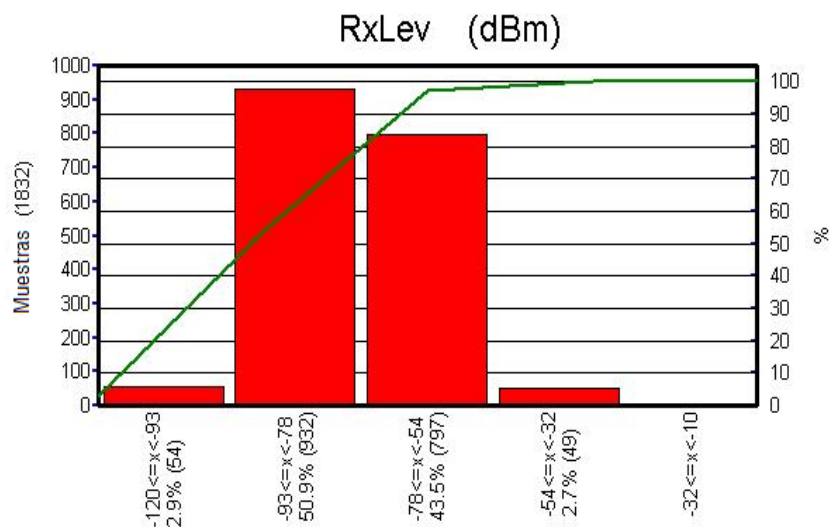


Figura. IV.13. RxLev obtenido en la ruta 1, Movistar 2G

De acuerdo a la Figura. VI.13, y en base a la siguiente fórmula, tenemos:

$$\%Cobertura = \frac{\# Muestras \geq -93 \text{ dBm}}{\# Muestras} * 100 = \frac{1778}{1832} * 100 = 97.05\%$$

Se llega a concluir, que el *RxLevel* se halla dentro de lo establecido en lo referente al nivel de recepción necesario para establecer la cobertura.

Ruta 2:

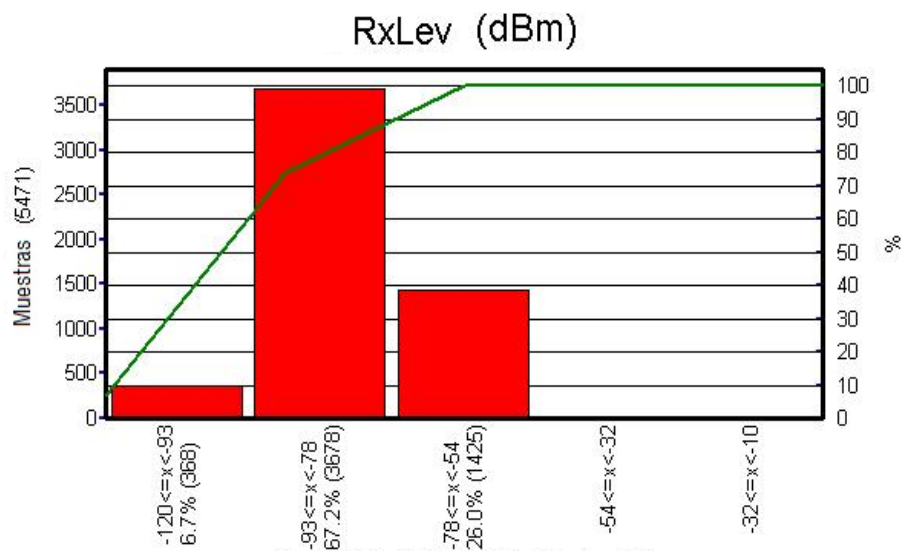


Figura. IV.14. RxLev obtenido en la ruta 2, Movistar 2G

De acuerdo a la Figura. VI.14, tenemos:

$$\%Cobertura = \frac{\# Muestras \geq -93 \text{ dBm}}{\# Muestras} * 100 = \frac{5103}{5471} * 100 = 93.27\%$$

No se llega a cumplir el valor objetivo, es decir no se supera el 95% dentro del área de cobertura de la celda, con lo cual existen zonas que no presentan los niveles adecuados para tener una intensidad de señal aceptable.

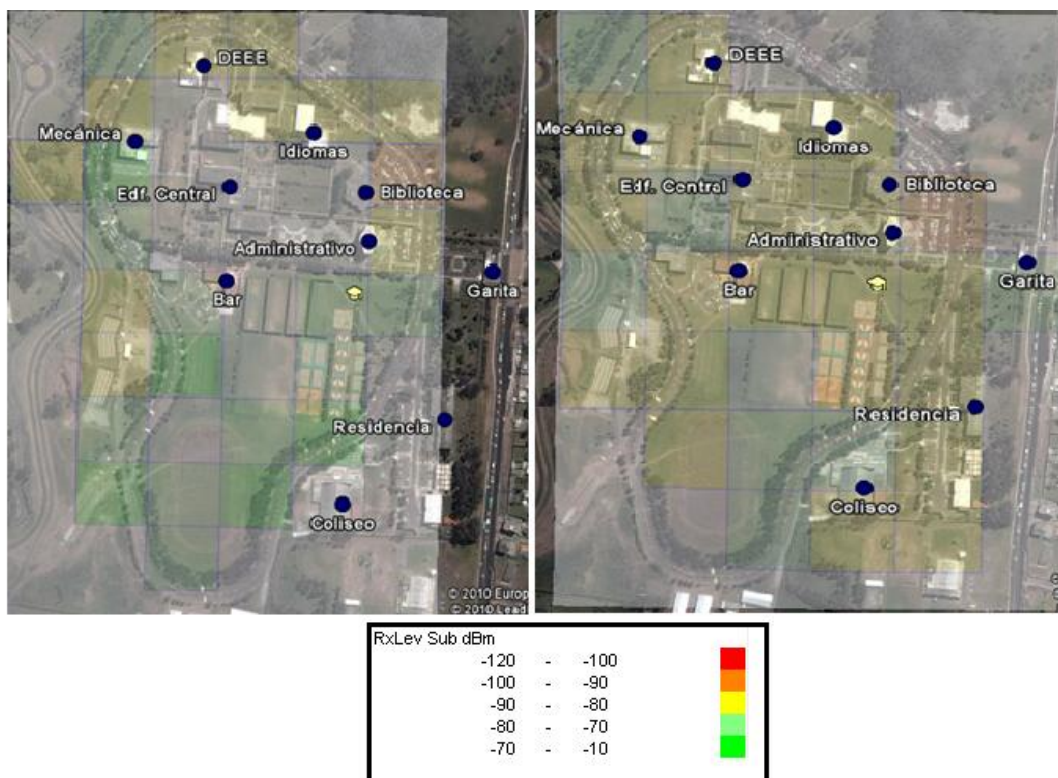


Figura. IV.15. RxLev campus de la E.S.P.E, Movistar 2G

A continuación se realiza la clasificación de acuerdo al nivel de cobertura, donde se toma en cuenta el RxQual junto a RxLev, para el caso de la operadora Movistar.

MCC/MNC = 740 00	RxQual ≤ 2	2 < RxQual ≤ 4	4 < RxQual ≤ 6	RxQual > 6	Nivel de Cobertura	Porcentaje
RxLev ≥ -70	26,04	1,04	2,08	0,00	Nivel 1	26,04
-70 > RxLev ≥ -85	44,79	6,25	3,13	1,04	Nivel 2	52,08
-85 > RxLev ≥ -100	9,38	2,08	2,08	2,08	Nivel 3	18,75
RxLev < -100	0,00	0,00	0,00	0,00	Nivel 4	3,12
					Total	100,00

Tabla. IV.5. Clasificación de acuerdo al nivel de cobertura, Ruta 1 y 2, Movistar 2G

4.3.1.2 Análisis y Presentación de Resultados de la Operadora Alegro. La monitorización de la operadora Alegro, se la realizó de acuerdo a las dos rutas establecidas en el Capítulo 3, sección 3.2.1.1; para servicios de voz y de acuerdo a la Tabla. VI.6 se obtuvieron los siguientes resultados.

	Intentos de Llamadas	Asignación de Llamadas	Llamadas Establecidas	Llamadas Terminadas	Llamadas Bloqueadas	Llamadas Pérdidas
Ruta 1	19	18	17	19	0	0
Ruta 2	52	52	51	52	0	0
Total	71	70	68	71	0	0

Tabla. IV.6. Llamadas de Prueba de la operadora Alegro 2G

Se registraron un total de 71 intentos de llamadas, de las cuales 68 fueron establecidas satisfactoriamente y las 3 restantes no fueron establecidas debido a que el terminal llamado estaba ocupado, por lo cual el destino es la casilla de voz del abonado; no se registro ninguna llamada bloqueada o caída.

Integridad del Servicio

- **Porcentaje de llamadas caídas o bloqueadas.** No se produjeron eventos que me den como resultado llamadas bloqueadas o pérdidas, con lo cual el porcentaje de llamadas caídas es 0%, cumpliendo satisfactoriamente con el valor objetivo $\leq 2\%$.
- **Porcentaje de llamadas logradas o completadas.** En este aspecto, de los 71 intentos de llamadas realizadas, los 71 fueron terminadas correctamente, con lo cual el porcentaje de las llamadas que lograron conexión con el usuario llamado dentro de la red de la operadora es del 100%, es decir se cumple satisfactoriamente con el valor objetivo $\geq 90\%$.

La Tabla. VI. 7, nos brinda información acerca de la distribución de las llamadas de prueba de acuerdo a la celda de servicio, así como información relevante de dicha celda.

Celda	MCC	MNC	LAC	CI	Intento de Llamadas	Llamadas Fallidas	Llamadas Caídas o Bloqueadas
740 00 10500 15338	740	0	10500	15338	1	0	0
740 00 10500 13003	740	0	10500	13003	4	0	0
740 00 11501 10460	740	0	11501	10460	11	0	0
740 00 11501 10082	740	0	11501	10082	7	0	0
740 00 11501 10460	740	0	11501	10460	8	0	0
740 00 11501 11460	740	0	11501	11460	22	0	0
740 00 11501 11469	740	0	11501	11469	5	0	0
740 00 11501 12082	740	0	11501	12082	6	0	0
740 00 11501 11460	740	0	11501	11460	5	0	0
740 00 11502 11198	740	0	11502	11198	2	0	0

Tabla. IV.7. Llamadas de Prueba e Información de la Red Móvil, Alegro 2G

- **Calidad de Voz.** En el caso de Alegro en la plataforma GSM se hace uso del codificador de voz AMR, por lo cual en la monitorización, los anchos de banda utilizados fueron de 12.2kb/s utilizando los canales TCH/H + ACCHs, y 7.40kb/s por medio de los canales TCH/F + y SACCH/F.

- **RxQual:** Se obtuvo la siguiente gráfica como resultado de la monitorización.

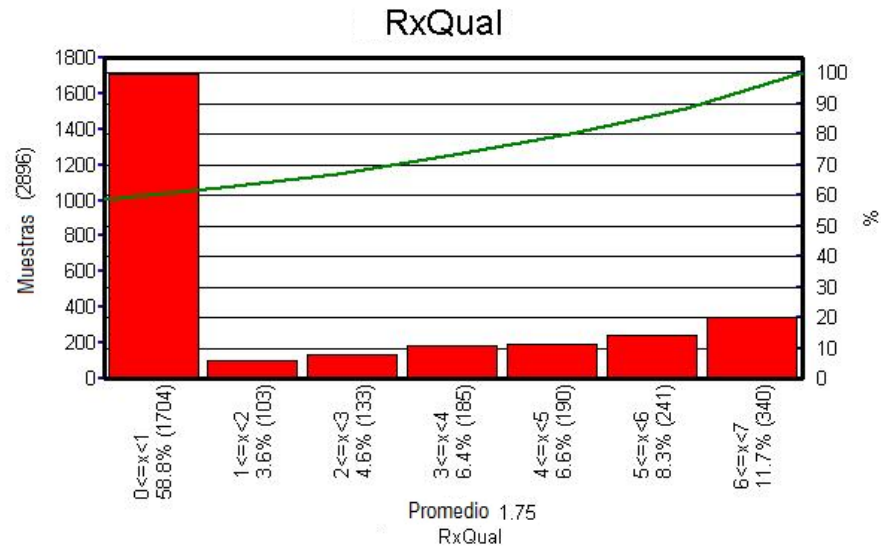


Figura. IV.16. RxQual obtenido en la ruta 1 y 2, Alegro 2G

Para la determinación del nivel de calidad o RxQual presente se toma en consideración lo siguiente:

$$\% \text{Buen nivel RxQual} = \frac{\# \text{ Muestras en clase } 0 - 5}{\# \text{ Total de Muestras}} * 100 = \frac{2315}{2896} * 100 = 79.94\%$$

El valor obtenido, nos indica un nivel no tan aceptable de RxQual, el porcentaje de 79.94%, se debe tomar muy en cuenta ya que hay zonas propensas a registrar llamadas caídas o bloqueadas.

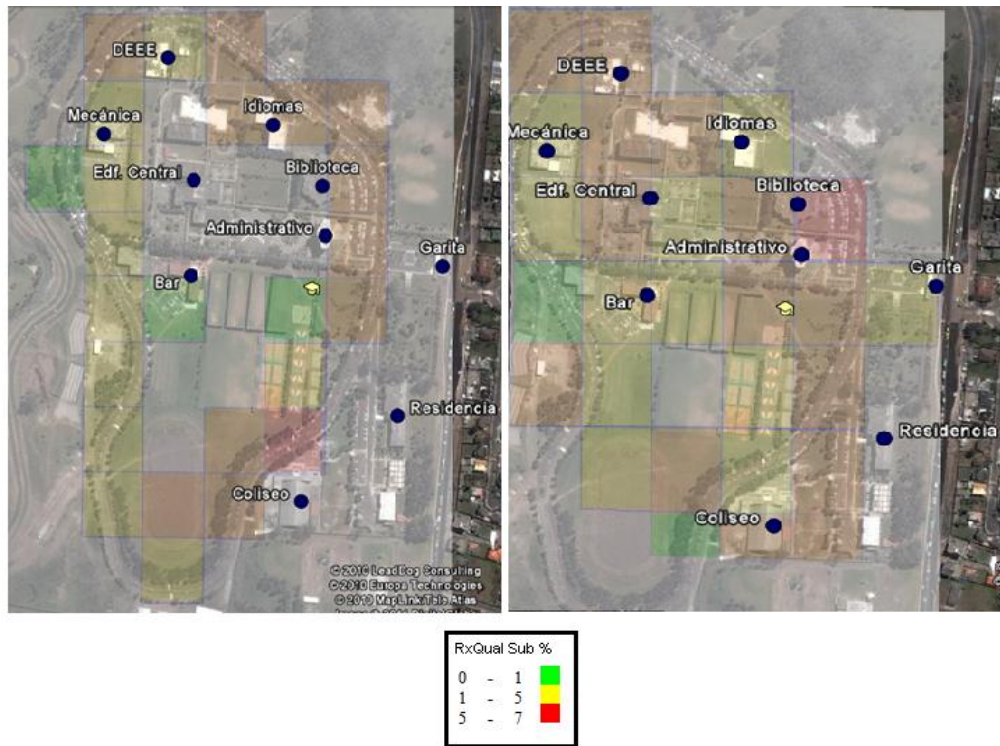


Figura. IV.17. RxQual campus de la E.S.P.E, Alegro 2G

- **FER (Frame Error Rate):** Respecto a la tasa de error de trama (FER), se obtuvo lo siguiente:

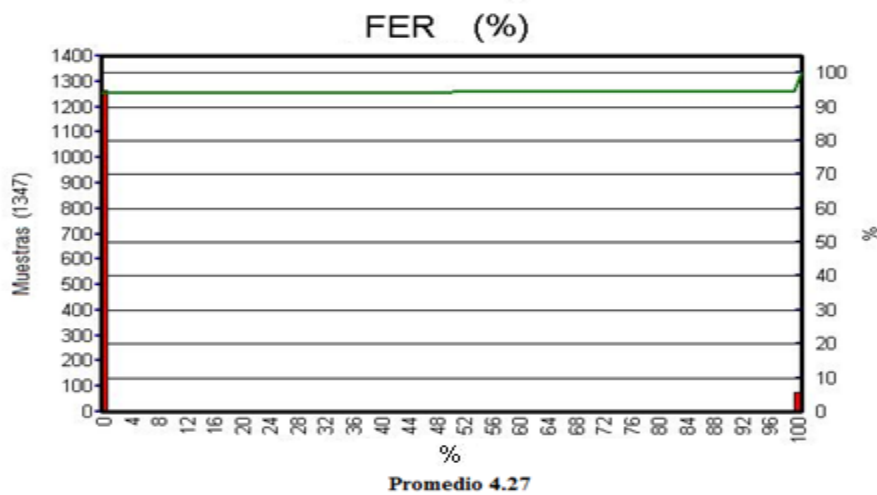


Figura. IV.18. FER obtenido en la ruta 1 y 2, Alegro 2G

De acuerdo a la Figura. VI.18, existe un promedio de FER igual a 4.27%, con lo cual se considera la existencia de un buen FER.

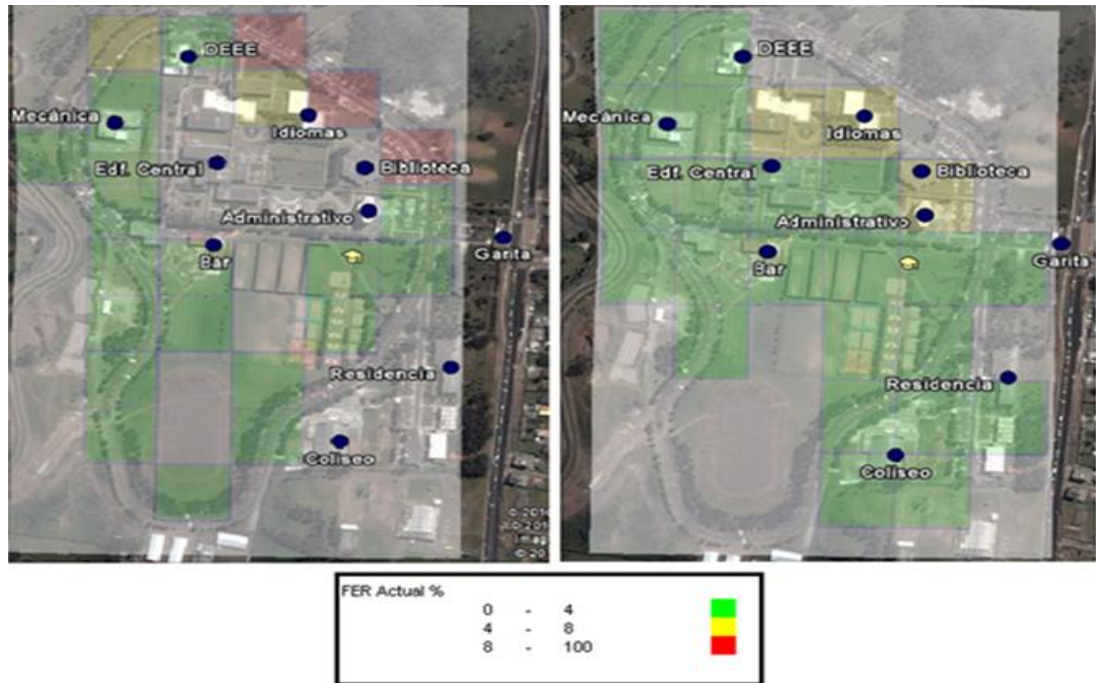


Figura. IV.19. FER campus de la E.S.P.E, Alegre 2G

Accesibilidad del Servicio

- **Tiempo promedio de espera para establecer una llamada.** El tiempo de establecimiento de la llamada debe ser menor a 10 segundos [10], según este criterio tenemos:

$$\%C = \frac{lle}{ill} * 100 = \frac{67}{71} * 100 = 94.36\%$$

El valor obtenido, es altamente aceptable en cuanto a este parámetro, ya que se acerca al valor objetivo $\geq 95\%$.

Accesibilidad de la Red

- Intensidad de campo en el área de cobertura.

- **RxLev (Nivel de Recepción):** En este parámetro se obtuvo los siguientes resultados:

Ruta 1:

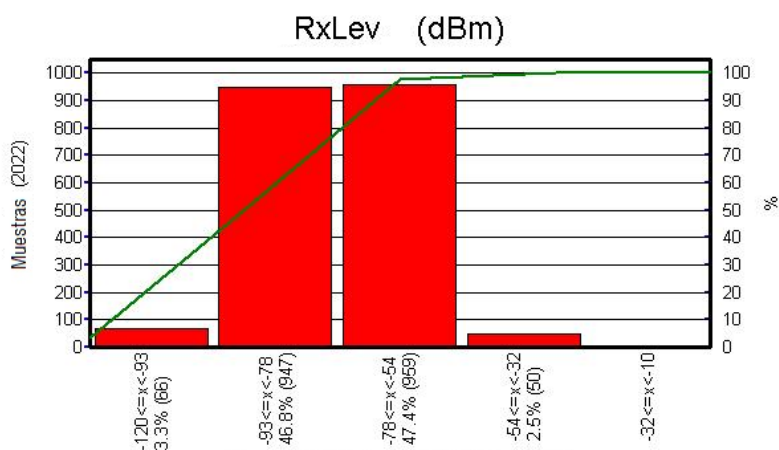
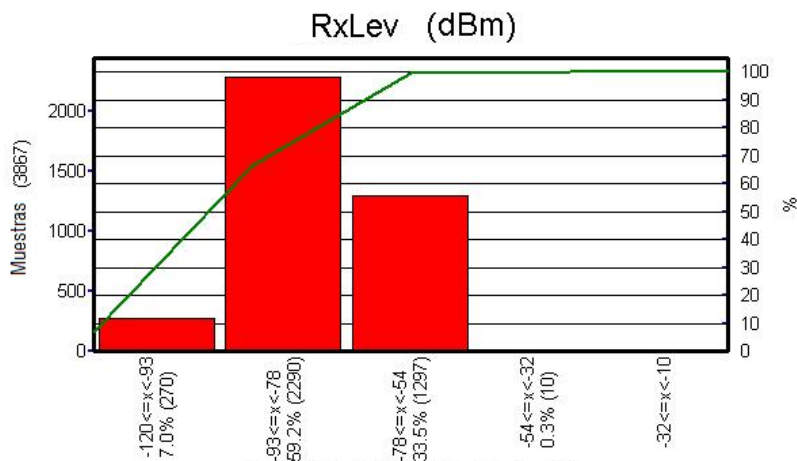


Figura. IV.20. RxLev obtenido en la ruta 1, Alegre 2G

De acuerdo a la Figura. VI.20, tenemos:

$$\%Cobertura = \frac{\# Muestras \geq -93 \text{ dBm}}{\# Muestras} * 100 = \frac{1956}{2022} * 100 = 96.73\%$$

Se concluye, que se halla dentro de lo establecido de acuerdo al valor objetivo en lo referente al nivel de recepción necesario para establecer la cobertura.

Ruta 2:**Figura. IV.21. RxLev obtenido en la ruta 1, Alegro 2G**

De acuerdo a la Figura. VI.21, tenemos:

$$\%Cobertura = \frac{\# Muestras \geq -93 \text{ dBm}}{\# Muestras} * 100 = \frac{3597}{3867} * 100 = 93.01\%$$

No se llega a cumplir el valor objetivo, es decir no se supera el 95% dentro del área de cobertura de la celda, con lo cual existen zonas que no presentan los niveles adecuados para tener una intensidad de señal aceptable.

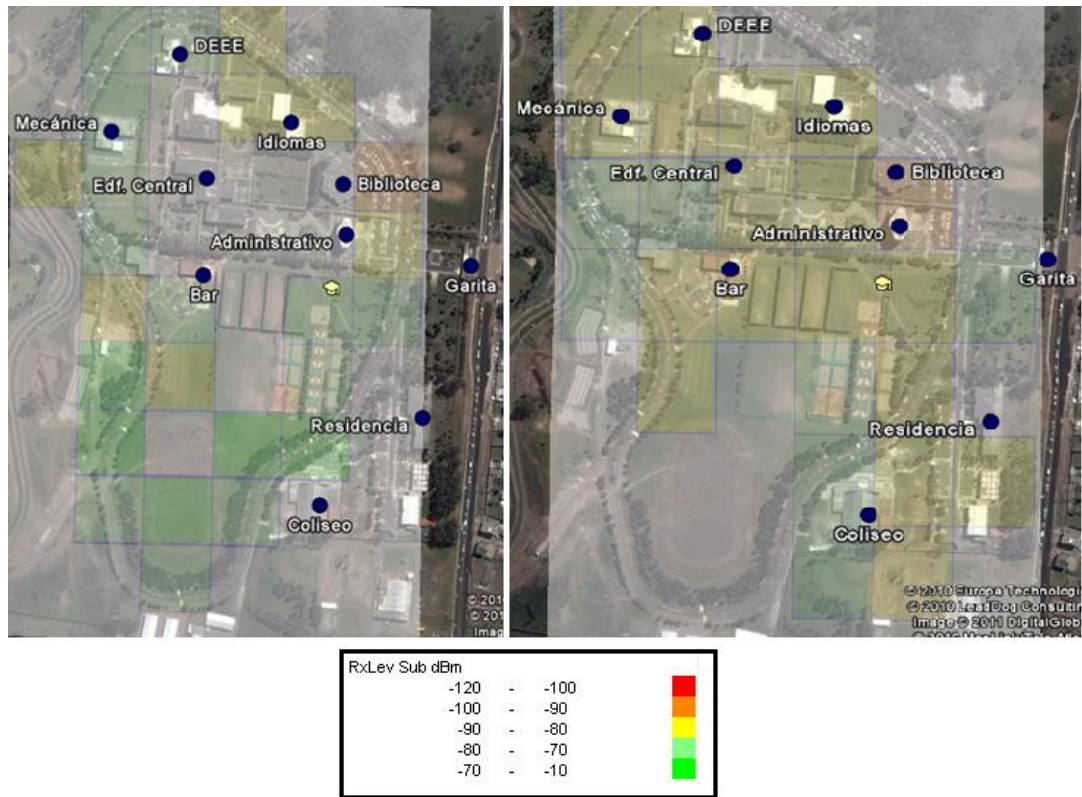


Figura. IV.22. RxLev campus de la E.S.P.E, Alegro 2G

Clasificación de acuerdo al nivel de cobertura, RxQual junto a RxLev.

MCC/MNC = 740 00	RxQual ≤ 2	2 < RxQual ≤ 4	4 < RxQual ≤ 6	RxQual > 6	Nivel de Cobertura	Porcentaje
RxLev ≥ -70	24.79	0.83	1.65	0.00	Nivel 1	24.79
-70 > RxLev ≥ -85	47.93	6.61	2.48	0.83	Nivel 2	55.37
-85 > RxLev ≥ -100	9.92	0.00	2.48	2.48	Nivel 3	16.53
RxLev < -100	0.00	0.00	0.00	0.00	Nivel 4	3.31
					Total	100.00

Tabla. IV.8. Clasificación de acuerdo al nivel de cobertura, Ruta 1 y 2, Alegro 2G

4.3.1.3 Análisis y Presentación de Resultados de la Operadora Porta. La monitorización de la operadora Porta, se la realizó de forma similar a dos operadoras anteriormente analizadas, en lo referente a las rutas a seguir, en la Tabla. VI. 9, se muestran los resultados obtenidos:

	Intentos de Llamadas	Asignación de Llamadas	Llamadas Establecidas	Llamadas Terminadas	Llamadas Bloqueadas	Llamadas Pérdidas
Ruta 1	21	21	21	21	0	0
Ruta 2	45	45	45	45	0	0
Total	66	66	66	66	0	0

Tabla. IV.9. Llamadas de Prueba de la operadora Porta 2G

Se registraron un total de 66 intentos de llamadas y el correspondiente establecimiento de todas ellas.

Integridad del Servicio

- **Porcentaje de llamadas caídas o bloqueadas.** No se produjeron eventos que me den como resultado llamadas bloqueadas o pérdidas, con lo cual el porcentaje de llamadas caídas es 0%, cumpliendo satisfactoriamente con el valor objetivo $\leq 2\%$.
- **Porcentaje de llamadas logradas o completadas.** De los 66 intentos de llamadas realizadas, los 66 fueron terminados correctamente, con lo cual el porcentaje de las llamadas que lograron conexión con el usuario llamado dentro de la red de la operadora es del 100%, es decir se cumple satisfactoriamente con el valor objetivo $\geq 90\%$.

La Tabla. VI.10, nos brinda información acerca de la distribución de las llamadas de prueba de acuerdo a la celda de servicio, así como información relevante de dichas celdas.

Celda	MCC	MNC	LAC	CI	Intento de Llamadas	Llamadas Fallidas	Llamadas Caídas o Bloqueadas
740 01 15701 1821	740	1	15701	1821	43	0	0
740 01 15701 30631	740	1	15701	30631	10	0	0
740 01 15701 851	740	1	15701	851	6	0	0
740 01 15701 30281	740	1	15701	30281	7	0	0

Tabla. IV.10. Llamadas de Prueba e Información de la Red Móvil, Porta 2G

- **Calidad de Voz.** El codificador utilizado es AMR, por lo cual en la monitorización los anchos de banda utilizados fueron de 12.2kb/s utilizando los canales TCH/H + ACCHs, y 7.40kb/s por medio de los canales TCH/F + FACCH/F y SACCH/F.
- **RXQual:** Se obtuvo la Figura. VI.23 como resultado de la monitorización.

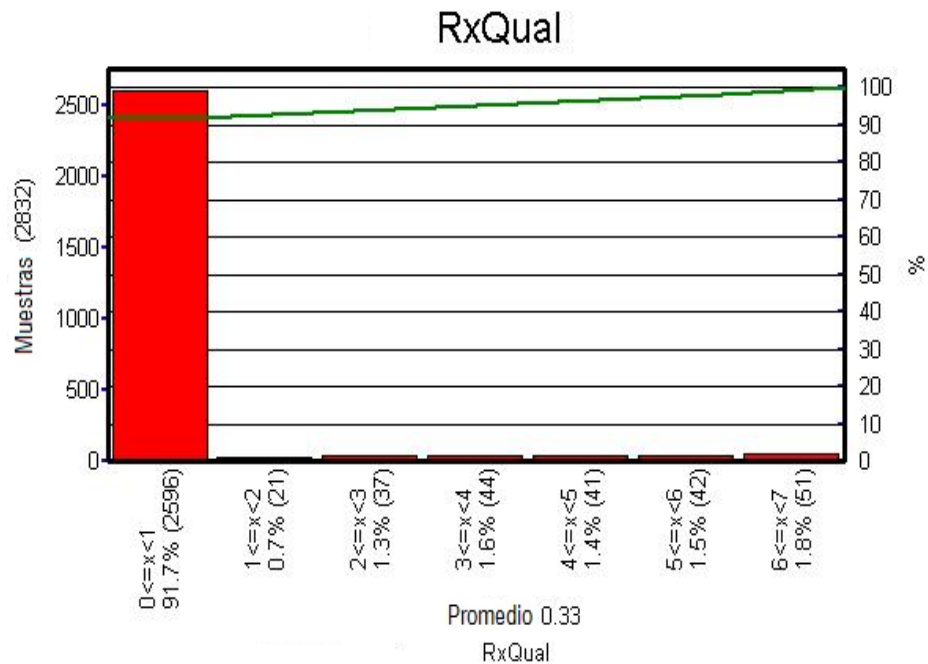


Figura. IV.23. RxQual obtenido en la ruta 1 y 2, Porta 2G

Para la determinación del nivel de calidad o RxQual presente se toma en consideración:

$$\% \text{Buen nivel RxQual} = \frac{\# \text{ Muestras en clase } 0 - 5}{\# \text{ Total de Muestras}} * 100 = \frac{2739}{2832} * 100 = 96.71\%$$

El valor obtenido, nos indica un alto nivel de RxQual, el porcentaje de 96.71%, no presenta zonas en las cuales se llegue a registrar llamadas caídas o bloqueadas.

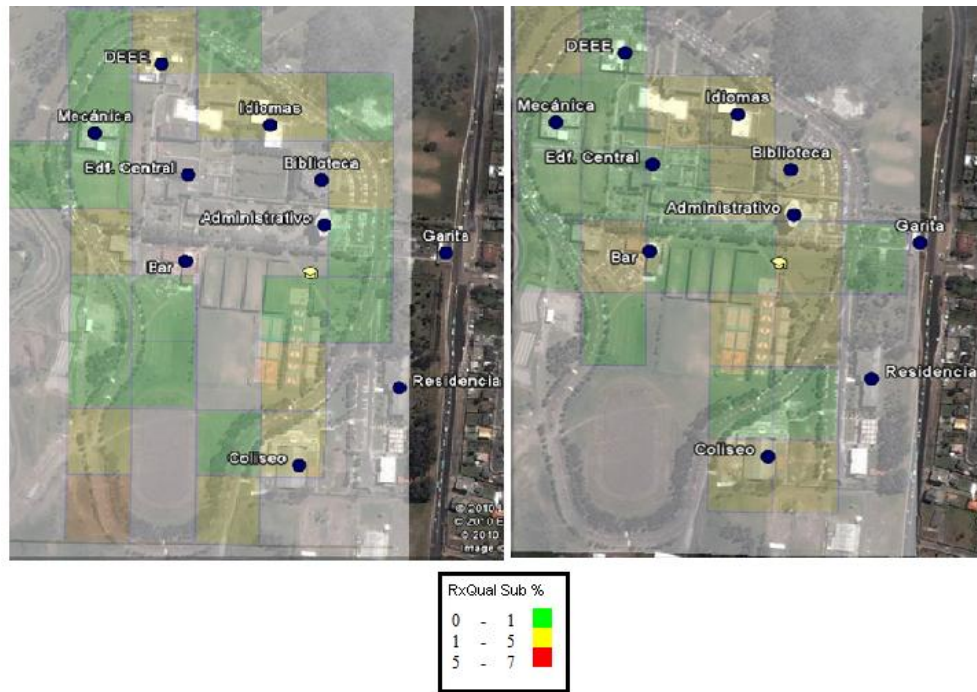


Figura. IV.24. RxQual campus de la E.S.P.E, Porta 2G

- **FER (Frame Error Rate):** Respecto a la tasa de error de trama (FER), se obtuvo lo siguiente:

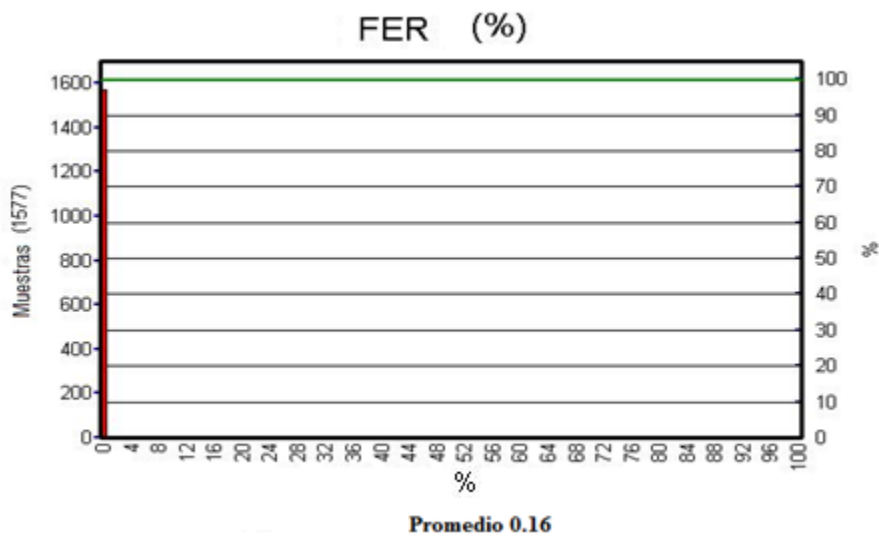


Figura. IV.25. FER obtenido en la ruta 1 y 2, Porta 2G

De acuerdo a la Figura. VI.25, existe un promedio de FER igual a 0.16%, he aquí la gran diferencia con respecto a las otras dos operadoras, ya que el FER influye directamente en la calidad de la voz en una llamada, y la operadora Porta presenta un excelente FER y como resultado la calidad de voz es óptima.

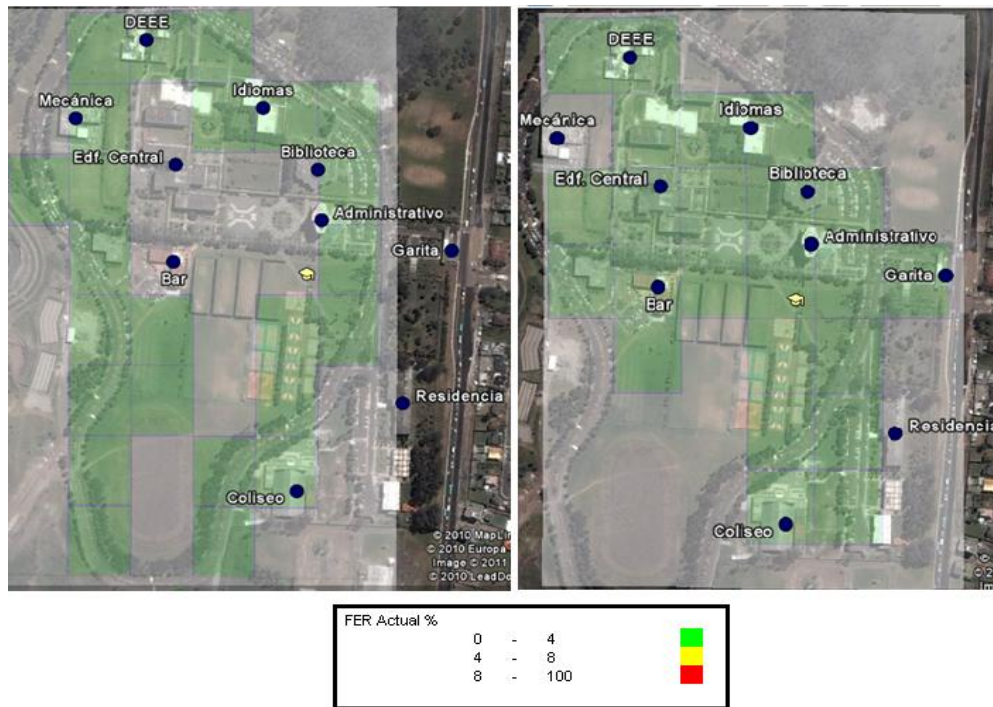


Figura. IV.26. FER campus de la E.S.P.E, Porta 2G

Accesibilidad del Servicio

- **Tiempo promedio de espera para establecer una llamada.** El tiempo de establecimiento de la llamada debe ser menor a 10 segundos, según este criterio tenemos:

$$\%C = \frac{lle}{ill} * 100 = \frac{66}{66} * 100 = 100\%$$

El valor obtenido, es perfecto en lo referente a este parámetro, ya que todas las llamadas se establecen antes de los 10 segundos, y el promedio de tiempo en el que se establecieron todas las llamadas bordea los 6 segundos.

Accesibilidad de la Red

- **Intensidad de campo en el área de cobertura.**
- **RxLev (Nivel de Recepción):** En este parámetro se obtuvo los siguientes resultados:

Ruta 1:

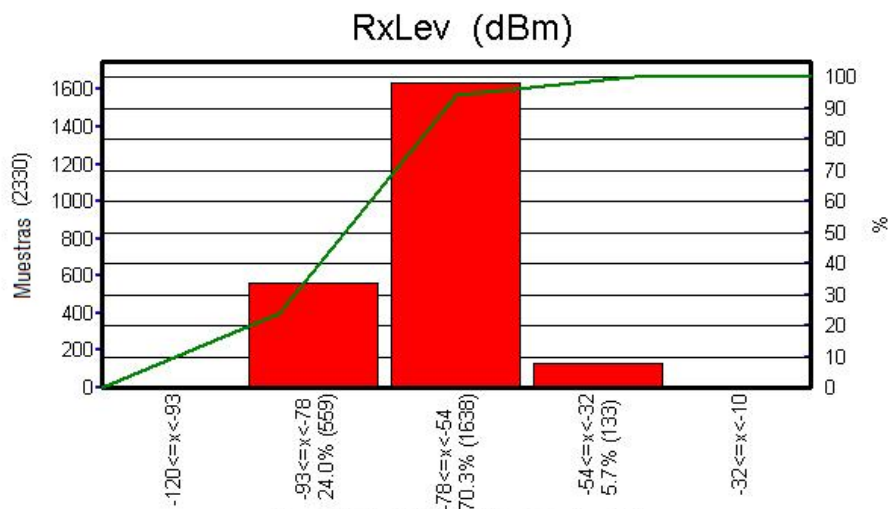


Figura. IV.27. RxLev obtenido en la ruta 1, Porta 2G

De acuerdo a la Figura. VI.27, tenemos:

$$\%Cobertura = \frac{\# Muestras \geq -93 \text{ dBm}}{\# Muestras} * 100 = \frac{2330}{2330} * 100 = 100\%$$

Se concluye que se halla dentro de lo establecido, presentando un nivel perfecto de cobertura.

Ruta 2:

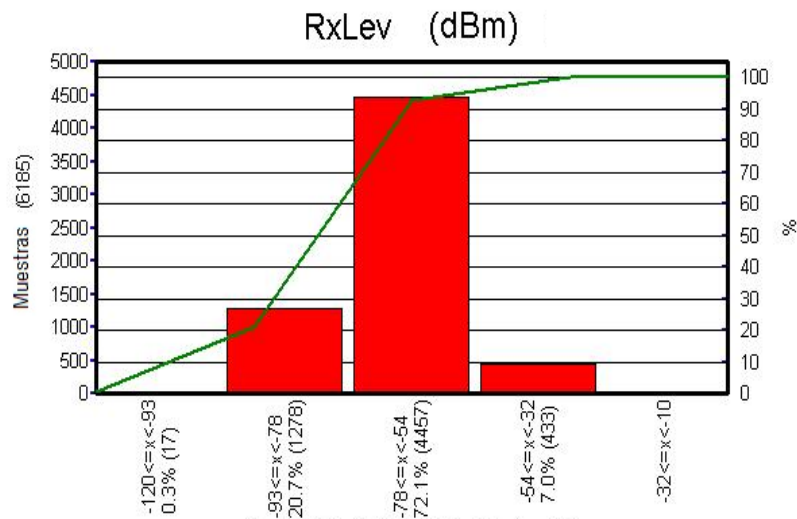


Figura. IV.28. RxLev obtenido en la ruta 2, Porta 2G

De acuerdo a la Figura. VI.28, tenemos:

$$\%Cobertura = \frac{\# Muestras \geq -93 \text{ dBm}}{\# Muestras} * 100 = \frac{6185}{6185} * 100 = 100\%$$

El porcentaje obtenido cumple a satisfacción el valor objetivo planteado por lo cual se presenta un nivel perfecto de cobertura.

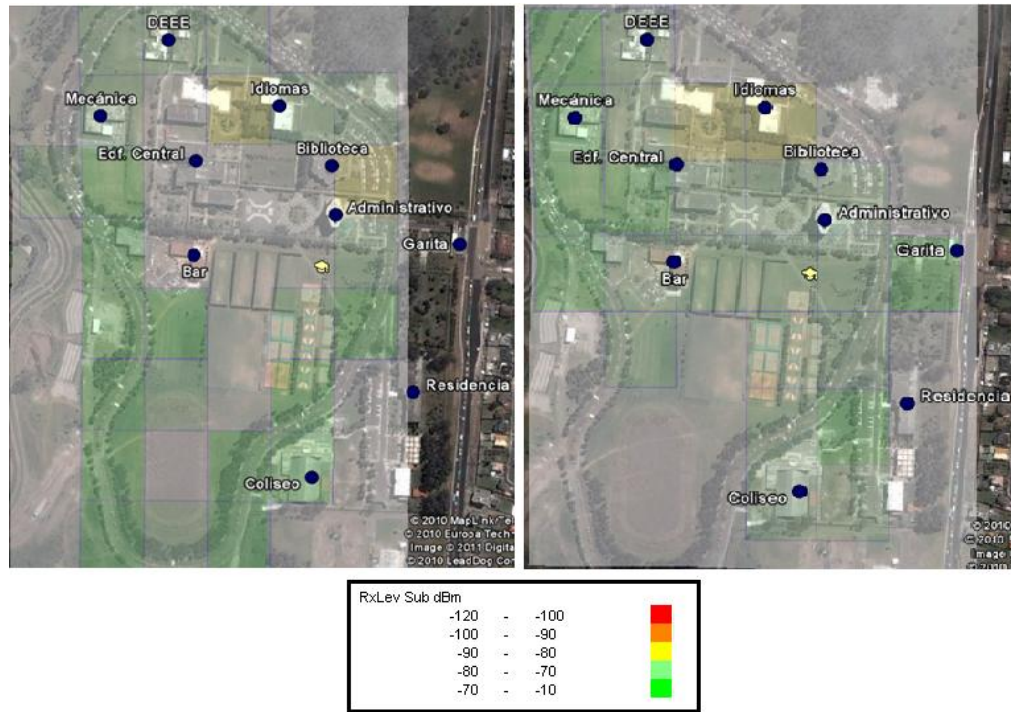


Figura. IV.29. RxLev campus de la E.S.P.E, Porta 2G

Clasificación de acuerdo al nivel de cobertura, a través de RxQual y RxLev:

MCC/MNC = 740 01	RxQual ≤ 2	2 < RxQual ≤ 4	4 < RxQual ≤ 6	RxQual > 6	Nivel de Cobertura	Porcentaje
RxLev ≥ -70	64.04	0.56	0.00	0.00	Nivel 1	64.04
-70 > RxLev ≥ -85	35.39	0.00	0.00	0.00	Nivel 2	35.95
-85 > RxLev ≥ -100	0.00	0.00	0.00	0.00	Nivel 3	0.00
RxLev < -100	0.00	0.00	0.00	0.00	Nivel 4	0.00
					Total	100.00

Tabla. IV. 11. Clasificación de acuerdo al nivel de cobertura, Ruta 1 y 2, Porta 2G

4.3.2 INTERFAZ AIRE GPRS/EGPRS

Realizada la monitorización de la interfaz aire para servicios de datos y mediante el post-procesamiento se observó que las operadoras Movistar y Porta brindan servicio de datos a través de las plataformas GPRS y EGPRS (EDGE), en este sentido hay que señalar que la plataforma de acceso seleccionada de forma automática por el terminal móvil fue EDGE, en cada una de las operadoras mencionadas anteriormente. La plataforma EDGE para la mejora de velocidades medias posee las siguientes características:

- Nueva Modulación por Desplazamiento de Fase Octogonal (8-PSK).
- Nuevos Esquemas de Codificación de Modulación (MCS), estos métodos de codificación de canales permiten el uso de más bits en intervalos físicos del mismo tamaño.

Como en GPRS, la estructura física de la interfaz aire se mantiene invariable en lo que respecta al tiempo y a las tramas. Los cambios que introduce EDGE tienen lugar en los intervalos. Los nuevos MCS hacen posibles las velocidades de transmisión de datos que se muestran en la siguiente tabla.

MCS	Modulación	Velocidad binaria (kb/s)
MCS1	GMSK	8.8
MCS2	GMSK	11.2
MCS3	GMSK	14.8
MCS4	GMSK	17.6
MCS5	8-PSK	22.4
MCS6	8-PSK	27.2
MCS7	8-PSK	44.8
MCS8	8-PSK	54.4
MCS9	8-PSK	59.2

Tabla. IV.12. Modulación y Esquemas de codificación en EDGE

En base a lo expuesto, se realizó el correspondiente análisis de las operadoras Movistar y Porta, hay que señalar que las mediciones del servicio de datos a la operadora Movistar pueden ser considerados de igual forma para abonados de Telecsa S.A - Alegro debido a que se trata de la misma red de acceso, y los problemas de la operadora se reflejarían en problemas hacia abonados de ambas operadoras.

4.3.2.1 Análisis y Presentación de Resultados de la Operadora Movistar. En el caso de la operadora Movistar, para acceder a servicios de datos GPRS/EDGE, el APN (Nombre del Punto de Acceso) utilizado es *wap.movistar.com.ec*, el cual nos permitirá la navegación WAP a través del terminal, una vez realizadas las pruebas para datos, se obtuvieron los siguientes resultados:

Integridad del Servicio

La integridad del servicio hace referencia a la calidad ofrecida durante el uso del servicio, en este aspecto se incluyen los siguientes parámetros de análisis.

- **Velocidad de acceso a un servicio o velocidad de transmisión (*throughput*).** Es la cantidad de bits por segundo que se miden en una determinada transmisión de datos durante el tiempo que dura la conexión, en este sentido se obtuvo lo siguiente:

- **Downlink.**

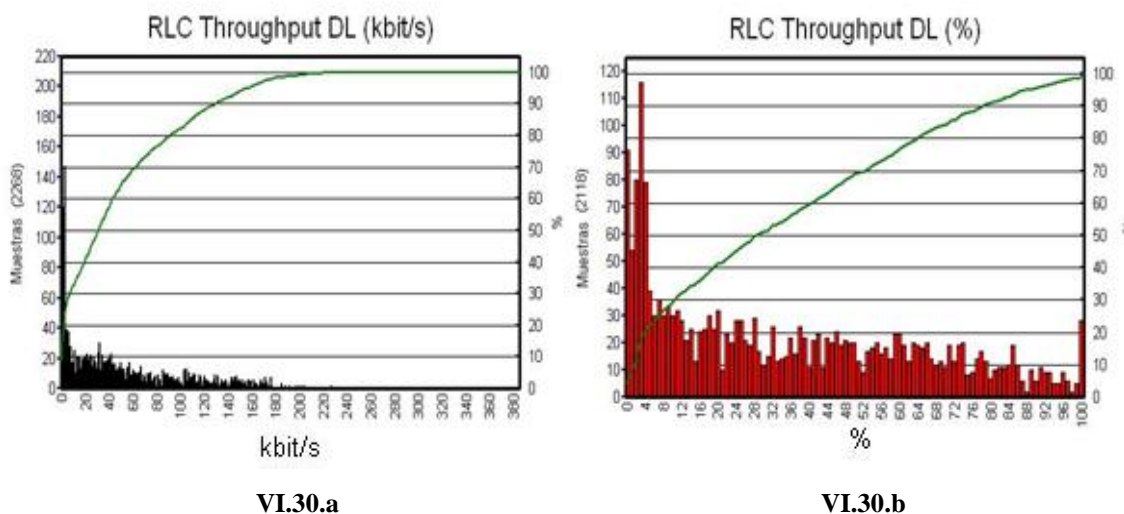


Figura. IV.30. Throughput, a nivel de la capa RLC (*downlink*), Movistar 2.5G

En la siguiente Tabla, se brinda un resumen acerca de los valores más sobresalientes obtenidos de la Figura. VI.30.

DOWNLINK	Promedio	Mediana	Desviación Estándar
RLC Throughput (kb/s)	48.66	32.25	51.26
RLC Throughput (%)	35.15	29.00	28.98

Tabla. IV.13. Throughput, a nivel de la capa RLC (*downlink*), Movistar 2.5G

RLC Throughput DL (kbit/s): En la Figura. VI.30.a podemos apreciar que el *throughput* tiene una amplitud de variación comprendida entre 0kb/s – 235.214kb/s, tomando en cuenta que según la Tabla. V.13, el promedio de *throughput* en el enlace descendente es de 48.66kb/s, lo cual nos indica una velocidad de transmisión baja en cuanto a la plataforma EDGE.

Además hay que considerar que el *throughput* depende en gran medida del esquema de codificación y de los *timeslot* utilizados durante las pruebas de servicios de datos, tales parámetros son seleccionados por el móvil en base a las condiciones radioeléctricas de la interfaz aire, en este sentido la Figura. VI.31, nos informa acerca de los esquemas de codificación utilizados, así como de los *timeslot* asignados.

RLC *Throughput* DL (%): Este parámetro nos brinda información acerca del porcentaje en el cual dicho valor se aproxima al valor teórico tomando en consideración: el esquema de codificación, y el número de *timeslots*. En este sentido solo en un 35.15% se llega a cumplir el valor teórico del *throughput* con respecto a las muestras obtenidas, esto nos indica una muy baja velocidad de transmisión de datos en el enlace descendente.

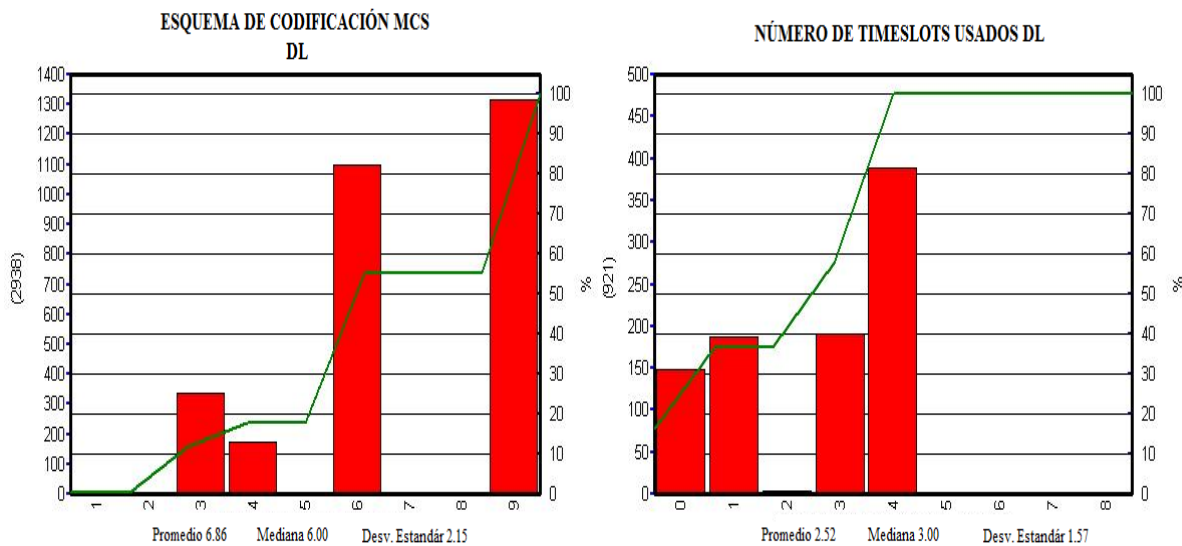


Figura. IV.31. MCS y número de Timeslots (*downlink*), Movistar 2.5G

- **Uplink.**

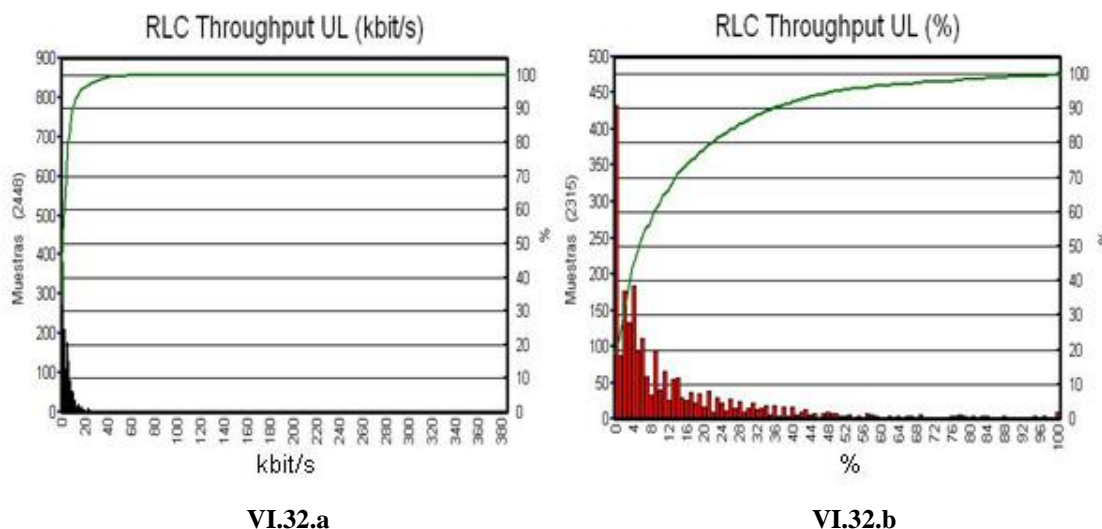


Figura. IV.32. Throughput, a nivel de la capa RLC (uplink), Movistar 2.5G

La siguiente tabla, se resumen los valores más sobresalientes de la Figura. VI.32.

UPLINK	Promedio	Mediana	Desviación Estándar
RLC Throughput kb/s	4.80	2.52	7.52
RLC Throughput (%)	13.27	6	17.93

Tabla. IV.14. Throughput, a nivel de la capa RLC (uplink), Movistar 2.5G

RLC Throughput UL (kbit/s): En el enlace ascendente el *throughput* tiene una amplitud de variación comprendida entre 0kb/s – 61.839kb/s, tomando en cuenta la Tabla. VI.14, el promedio de *throughput* en el enlace ascendente es de 4.80kb/s, y tomando en consideración el esquema de codificación y los *timeslot* utilizados presentados en la Figura. VI.33, se concluye que no existe una adecuada velocidad en el enlace ascendente a nivel de la capa RLC.

RLC Throughput UL (%): De acuerdo a la Tabla. VI.14, solamente en un 13.27% se llega a cumplir el valor teórico del *throughput* con respecto a las muestras obtenidas para el enlace ascendente, con lo cual existe una baja velocidad de transmisión.

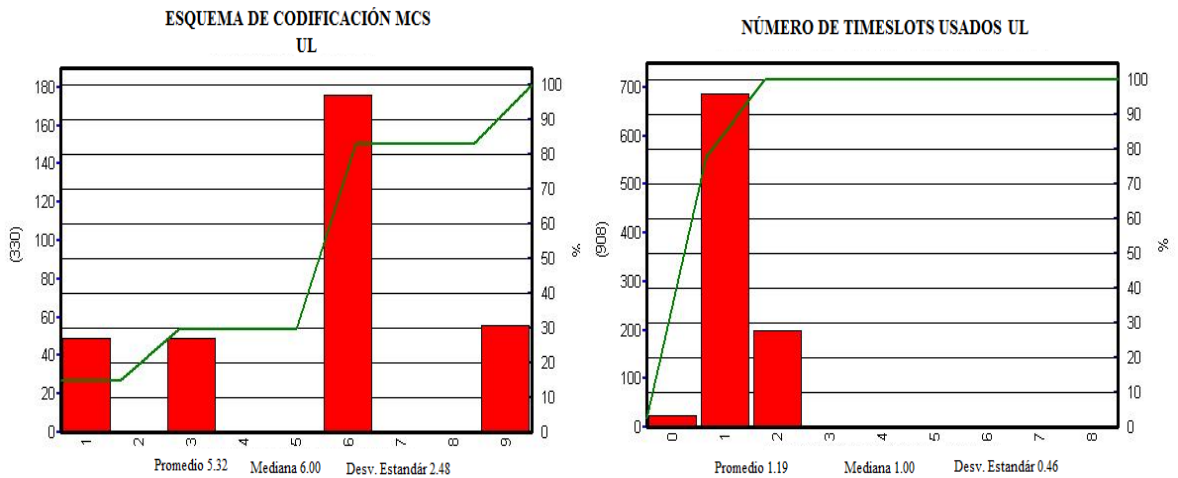


Figura. IV.33. MCS y número de Timeslots (*uplink*), Movistar 2.5G

- **La calidad de la transmisión de datos.** Permite valorar la calidad en la transmisión de archivos (datos). Se mide mediante el BLER, a nivel de la capa RLC.

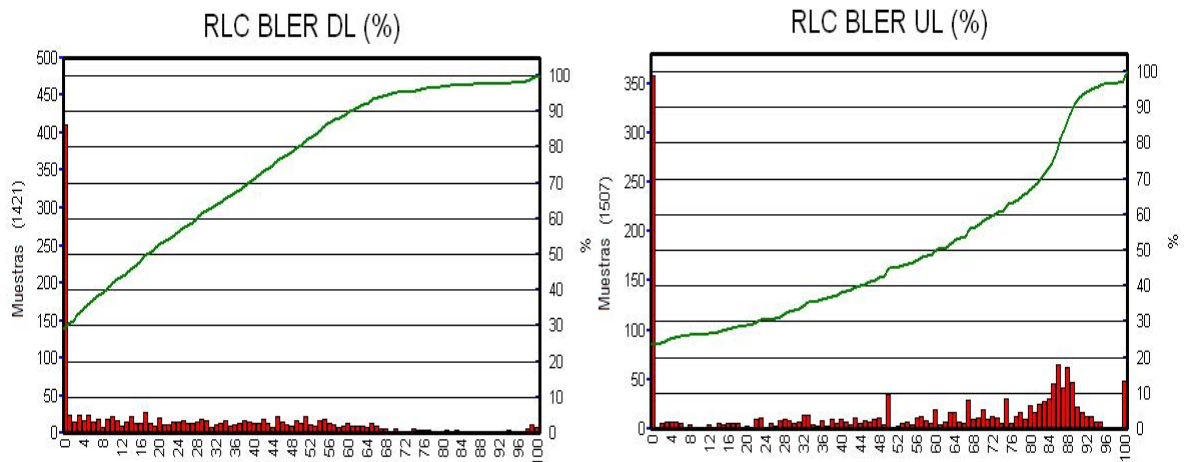


Figura. IV.34. BLER, a nivel de la capa RLC, Movistar 2.5G

		Promedio	Mediana	Desviación Estándar
DOWNLINK	RLC BLER (%)	22.45	14.00	24.65
UPLINK	RLC BLER (%)	49.68	60.00	35.93

Tabla. IV.15. BLER, a nivel de la capa RLC, Movistar 2.5G

RLC BLER DL (%): Este parámetro indica el porcentaje de bloques de datos RLC decodificados en forma errónea en el *downlink*, y de acuerdo a la Tabla. VI.15 se sitúa en un promedio del 22.45% lo cual es un porcentaje aceptable en cuanto a este parámetro, ya que en ningún instante existió caducidad de las páginas web a las cuales se ingresó en las pruebas de servicio de datos.

RLC BLER UL (%): Indica el porcentaje de bloques de datos RLC reenviados en el *uplink*, y de acuerdo a la Tabla. VI.15 se sitúa en un promedio del 49.68%, con lo cual se puede concluir que existe un porcentaje alto en cuanto al reenvío de paquetes.

4.3.2.2 Análisis y Presentación de Resultados de la Operadora Porta. Porta brinda el acceso a servicios de datos a través de las plataformas GPRS/EDGE, el APN (Nombre del Punto de Acceso) utilizado es *internet.porta.com.ec*, el cual nos permitirá la navegación WAP a través del terminal, realizadas las pruebas para datos, se obtuvieron los siguientes resultados:

Integridad del Servicio

- **Velocidad de acceso a un servicio o velocidad de transmisión (*throughput*).**
 - **Downlink.**

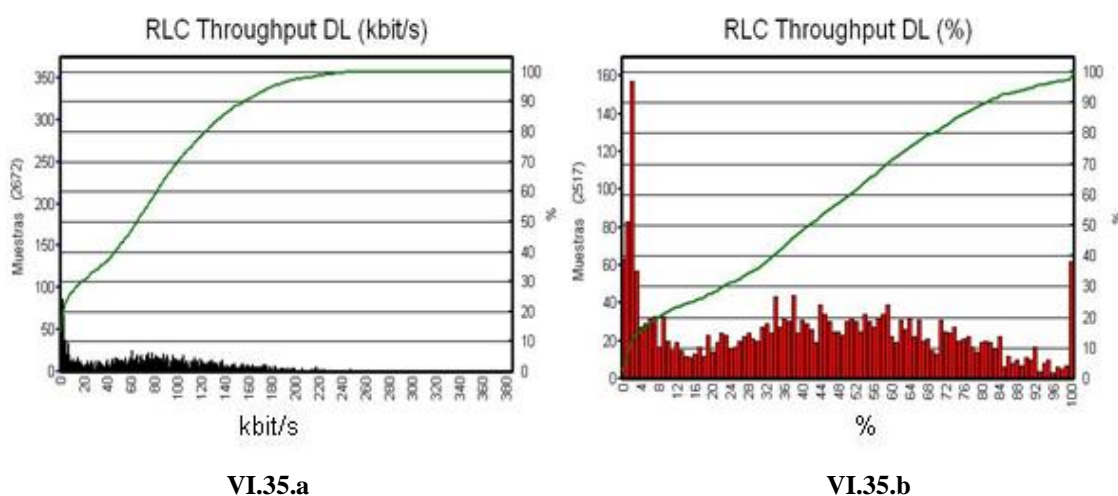


Figura. IV.35. Throughput, a nivel de la capa RLC (*downlink*), Porta 2.5G

DOWNLINK	Promedio	Mediana	Desviación Estándar
RLC Throughput (kb/s)	70.65	66.08	60.15
RLC Throughput (%)	41.94	42.00	28.70

Tabla. IV.16. Throughput, a nivel de la capa RLC (*downlink*), Porta 2.5G

RLC *Throughput* DL (kbit/s): La Figura. VI.35.a, observamos que el *throughput* en el enlace descendente tiene una amplitud de variación comprendida entre 0kb/s – 244.723kb/s, tomando en consideración la Tabla. VI.16, el promedio de *throughput* en el enlace descendente es de 70.65kb/s, lo cual indica una velocidad de transmisión aceptable y mucho mejor con respecto a la operadora Movistar al hacer uso de la plataforma EDGE; como puede observarse en la Figura. VI.36 se representa el esquema de codificación y de los *timeslot* asignados en las pruebas de servicios de datos, y en comparación con Movistar son similares los esquemas de codificación y *timeslot* utilizados, y a pesar de eso Porta presenta una mayor velocidad en la trasmisión de datos.

RLC *Throughput* DL (%): Con un porcentaje del 41.94% se llega a cumplir el valor teórico del *throughput* con respecto a las muestras obtenidas en el enlace descendente, es decir existe una mejor aproximación al valor teórico de acuerdo al esquema de codificación y *timeslot* asignados.

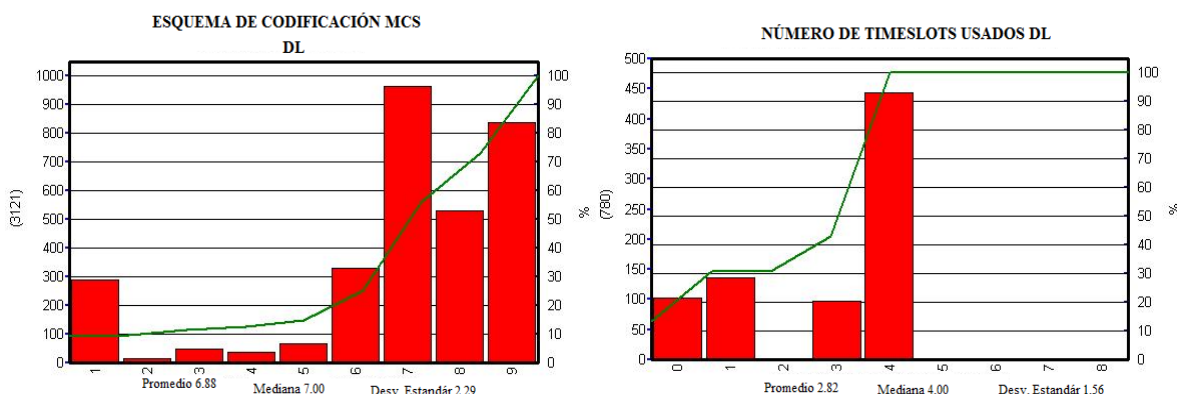


Figura. IV.36. MCS y número de Timeslots (*downlink*), Porta 2.5G

- **Uplink.**

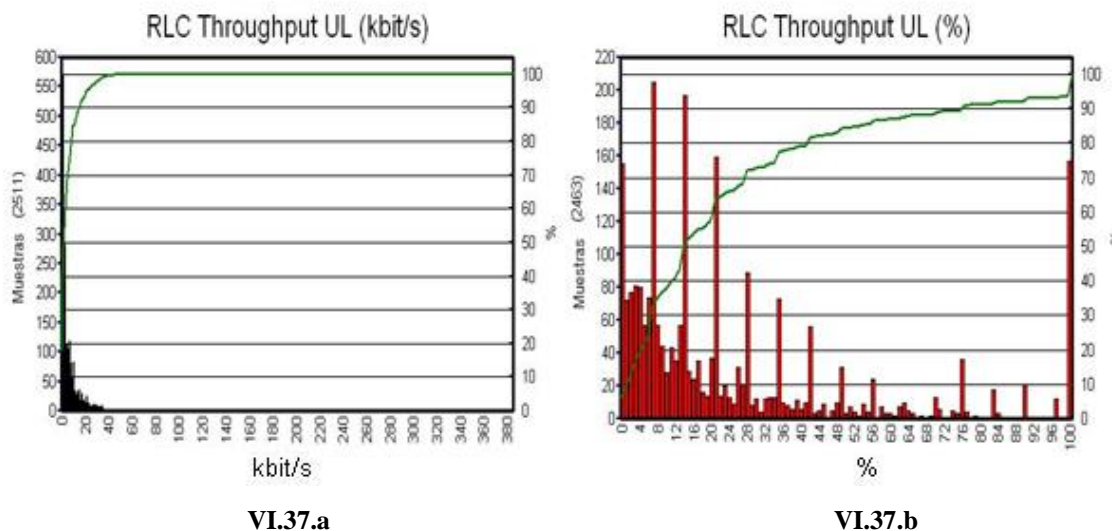


Figura. IV.37. Throughput, a nivel de la capa RLC (*uplink*), Porta 2.5G

UPLINK	Promedio	Mediana	Desviación Estándar
RLC Throughput kb/s	6.04	3.19	7.71
RLC Throughput (%)	25.74	14.00	28.03

Tabla. IV.17. Throughput, a nivel de la capa RLC (*uplink*), Porta 2.5G

RLC Throughput UL (kbit/s): El *throughput* en el enlace ascendente tiene una amplitud de variación comprendida entre 0kb/s – 51.743kb/s, tomando en cuenta la Tabla. VI.17, el promedio de *throughput* en el enlace ascendente es de 6.04kb/s, a pesar de que la amplitud de variación es menor que la presentada para Movistar, el promedio o la media es superior, esto se debe a un mejor aprovechamiento de los esquemas de codificación y los *timeslot*, los cuales son observados en la Figura. VI.38.

RLC Throughput UL (%): En la Tabla. VI.17, se observa que en un 25.74% se llega alcanzar el valor teórico del *throughput* con respecto a las muestras obtenidas para el enlace ascendente, a pesar de no ser un buen porcentaje resulta muy superior con respecto al obtenido en el caso de Movistar, lo cual fue reflejado en una mayor velocidad tanto en *downlink* como *uplink* para el servicio de datos.

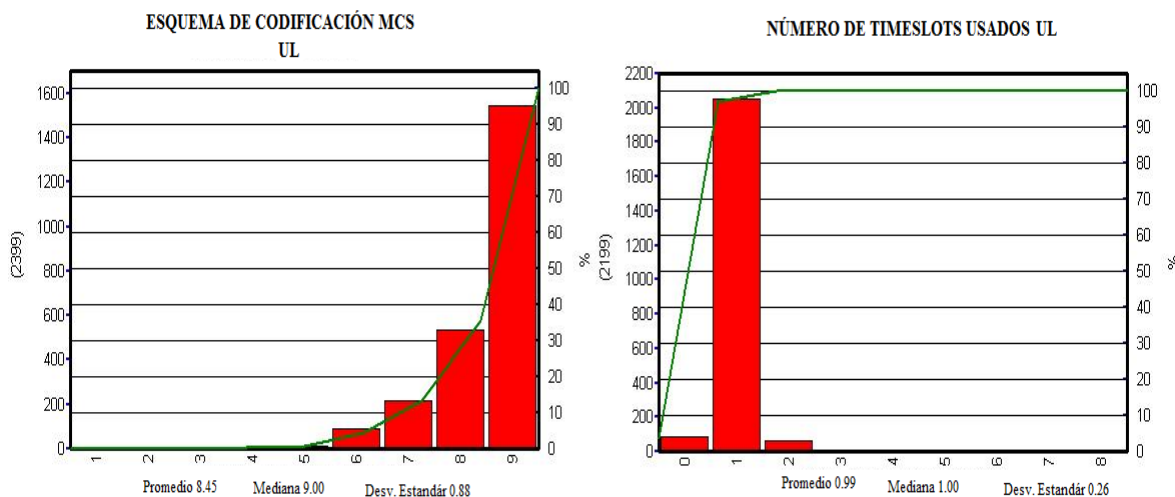


Figura. IV.38. MCS y número de Timeslots (*uplink*), Porta 2.5G

- La calidad de la transmisión de datos.

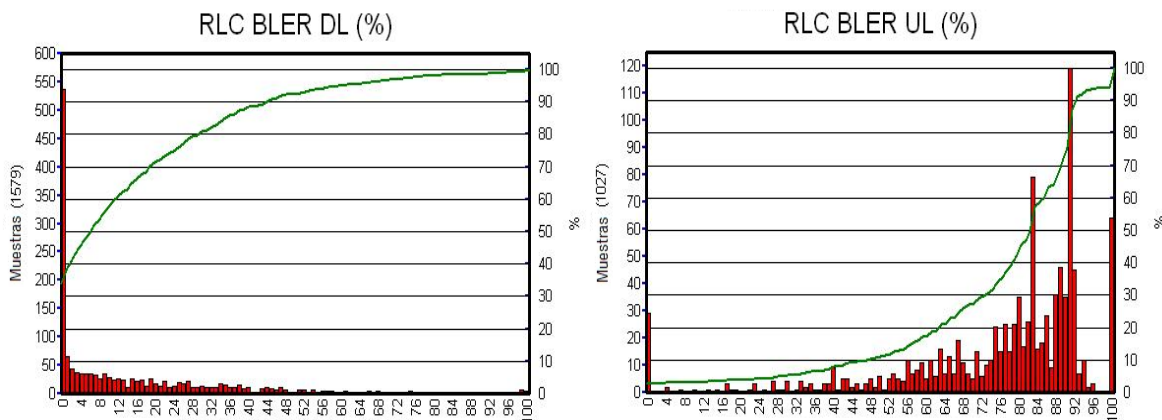


Figura. IV.39. BLER, a nivel de la capa RLC, Porta 2.5G

		Promedio	Mediana	Desviación Estándar
DOWNLINK	RLC BLER (%)	12.41	4	18.24
UPLINK	RLC BLER (%)	71.84	80	23.21

Tabla. IV.18. BLER, a nivel de la capa RLC, Porta 2.5G

RLC BLER DL (%): Con respecto a este parámetro y según la Tabla. VI.18, el BLER en el enlace descendente se halla en un promedio del 12.41% lo cual representa un porcentaje muy aceptable, lo cual quedo demostrado ya que en ningún instante existió caducidad de las páginas web en el *downlink*.

RLC BLER UL (%): De acuerdo a la Tabla. VI.18 se sitúa en un promedio del 71.84%, lo resulta un porcentaje alto en cuanto al reenvió de paquetes, lo cual nos indica que existe perdidas de paquetes de datos a nivel de la capa RLC, pero que estas son tratadas correctamente a través del reenvió a fin de precautelar la correcta navegación en la web durante las pruebas de servicio realizadas.

4.3.3 INTERFAZ AIRE WCDMA

4.3.3.1 Análisis y Presentación de Resultados de la Operadora Movistar. La monitorización de la operadora Movistar, en lo referente a la interfaz aire WCDMA, fue realizada de acuerdo a las dos rutas establecidas en el Capítulo III, sección 3.2.1.1.

Se estableció la metodología para llamadas de prueba, descrita en el Capítulo III, sección 3.2.1.3. La Tabla. VI.19, nos da a conocer la cantidad de llamadas de prueba así como información de los eventos asociados a dichas llamadas.

	Intentos de Llamadas	Asignación de Llamadas	Llamadas Establecidas	Llamadas Terminadas	Llamadas Bloqueadas	Llamadas Pérdidas
Ruta 1	17	17	16	17	0	0
Ruta 2	53	53	47	53	0	0
Total	70	70	63	70	0	0

Tabla. IV.19. Llamadas de Prueba de la operadora Movistar 3G.

Se registraron un total de 70 intentos de llamadas, de las cuales 63 fueron establecidas satisfactoriamente, 7 llamadas no fueron establecidas debido a que el terminal llamado estaba ocupado, por lo cual el destino es la casilla de voz del abonado, en este caso las 7 llamadas se las considera llamadas logradas o completas, ya que la asignación del canal de tráfico fue satisfactoria, y no se registraron llamadas bloqueadas o pérdidas.

Integridad del Servicio

- **Porcentaje de llamadas caídas o bloqueadas.** No se produjeron eventos que me den como resultado llamadas bloqueadas o pérdidas, con lo cual el porcentaje de llamadas caídas es 0%, cumpliendo satisfactoriamente con el valor objetivo $\leq 2\%$.

- **Porcentaje de llamadas logradas o completadas.** En este aspecto, de los 70 intentos de llamadas realizadas, los 70 fueron terminadas correctamente, con lo cual el porcentaje de las llamadas que lograron conexión con el usuario llamado dentro de la red de la operadora es del 100%, es decir se cumple satisfactoriamente con el valor objetivo $\geq 90\%$.

La Tabla. VI.20, nos brinda información acerca de la distribución de las llamadas de prueba de acuerdo a la celda de servicio, así como información relevante de dicha celda en lo referente a 3G.

Celda (UARFCN = 4424)	SC	UARFCN	Intento de Llamadas	Llamadas Fallidas	Llamadas Caídas o Bloqueadas	Tasa de éxito de <i>Soft handover</i> (Actualización Completa de Active Set)
SC334	334	4424	36	0	0	100%
SC335	335	4424	20	0	0	100%
SC349	349	4424	4	0	0	100%
SC373	373	4424	1	0	0	0,0%
SC382	382	4424	1	0	0	100%
SC389	389	4424	4	0	0	100%
SC464	464	4424	4	0	0	100%

Tabla. IV.20. Llamadas de Prueba e Información de la Red Móvil, Movistar 3G

- **Calidad de Voz.** Con lo que respecta a la calidad de voz en las llamadas, el TEMS Investigation ofrece el parámetro denominado SQI (*Speech Quality Index*), el cual representa la estimación de la calidad de la voz de enlace descendente en una red celular WCDMA, tal y como es percibido por un oyente humano. SQI ha sido desarrollado por Ericsson. El SQI-MOS para UMTS toma en consideración los siguientes parámetros:

- *Frame error rate* (FER), el porcentaje de tramas que han sido pérdidas en el enlace descendente, usualmente por condiciones adversas del enlace radio, cabe indicar que las tramas erradas pueden ocurrir cuando se produce *handover*, y estos son tratados como cualquier otro error de tramas por el algoritmo SQI-MOS. Se debe notar que en WCDMA, los errores de tramas debido a *handover* por lo general pueden evitarse gracias al mecanismo de *soft-handover*.
- El codificador de voz usado, puesto que la calidad de voz generalmente varía de acuerdo al códec seleccionado, en este sentido cada códec tienen sus debilidades y fortalezas respecto a las condiciones del canal, el SQI-MOS es usado para soportar los siguientes codecs:
 - WCDMA AMR-NB y AMR-WB con una tasa de 12.65 kbit/s:
 - Banda estrecha, 4.75, 5.15, 5.9, 6.7, 7.4, 7.95, 10.2, y 12.2;
 - Banda ancha, 6.60, 8.85, y 12.65.

Una medida común para la determinación de la calidad de voz es la escala de MOS (*Mean Opinion Score*), la cual se halla definida en el estándar ITU-T P.800 [11]. En una prueba de MOS, una persona es la encargada de escuchar pequeñas muestras de las llamadas de prueba, después de escuchar cada muestra se realiza la clasificación de las llamadas de acuerdo a la Tabla. VI.21; cabe indicar que el algoritmo SQI-MOS se halla implementado en el Sony Ericsson C905a, a través del TEMS Pocket, y es el encargado de realizar la clasificación de las llamadas.

CALIDAD DE VOZ	PUNTUACIÓN
Excelente	5
Buena	4
Regular	3
Pobre	2
Mala	1

Tabla. IV.21. SQI expresado en escala de MOS

Con lo explicado anteriormente, y una vez realizado el post-procesamiento de las llamadas de prueba en 3G de la operadora Movistar, se obtuvieron los siguientes resultados:

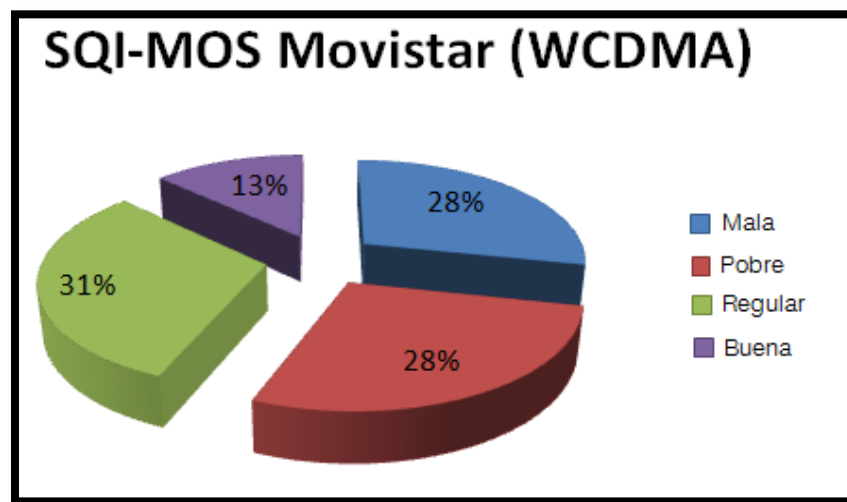


Figura. IV.40. SQI-MOS de la Operadora Movistar (WCDMA)

Como puede observarse en la Figura. VI.40, la calidad de voz resulta ineficiente durante las llamadas de prueba, puesto que en un 56% la calidad de voz se halla entre mala y pobre; en un 31% las llamadas tuvieron un nivel aceptable en cuanto a su calidad, y solamente el 13% de ellas tuvieron una calidad de voz buena; en ningún instante se tuvo un grado de excelente de la calidad de voz de las llamadas de prueba realizadas.

Accesibilidad del Servicio

- **Tiempo promedio de espera para establecer una llamada.** Se considera un tiempo de establecimiento de llamada menor a 10 segundos, y en base a esto se obtuvo:

$$\%C = \frac{ll_e}{ill} * 100 = \frac{63}{63} * 100 = 100\% .$$

El porcentaje obtenido, es excelente en cuanto al tiempo promedio para establecer una llamada, por cuanto supera el valor objetivo $\geq 95\%$.

Accesibilidad de la Red

- **Intensidad de campo en el área de cobertura.** Este parámetro toma en consideración el nivel de señal mínimo proporcionado por una radiobase para garantizar un nivel adecuado de servicio.
- **Received Signal Code Power (dBm):** El RSCP a cumplirse se halla dividido de la siguiente forma:
 - **Bueno:** RSCP \geq -88 dBm.
 - **Aceptable:** -95dBm \leq RSCP < -88dBm.
 - **Malo:** RSCP < -95dBm.

Donde hay que señalar que el valor objetivo del RSCP debe ser $\geq -95\text{dBm}$ a fin de garantizar el correcto nivel de intensidad en el área de cobertura, además al ser considerada la E.S.P.E como una zona rural se debe cumplir con un 95% con el valor objetivo en el área de interés, en base a lo mencionado se obtuvo los siguientes resultados:

Ruta 1:

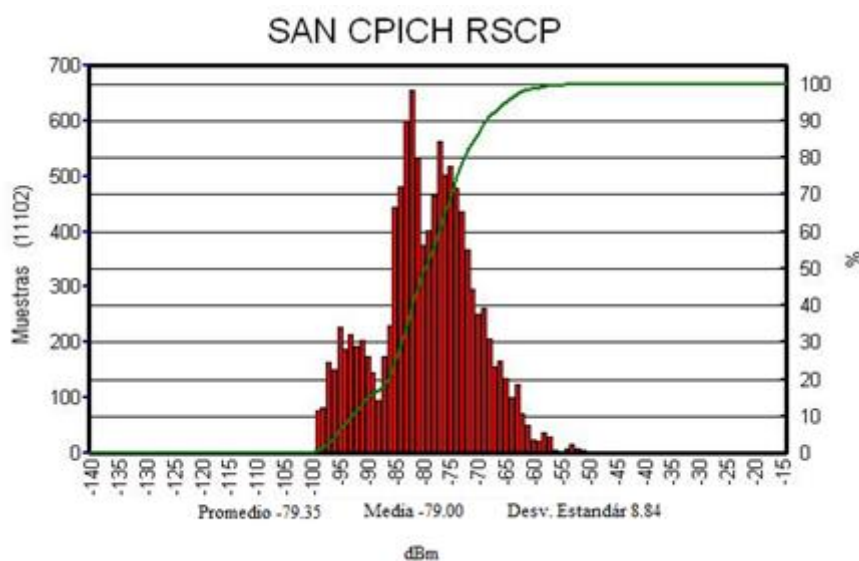
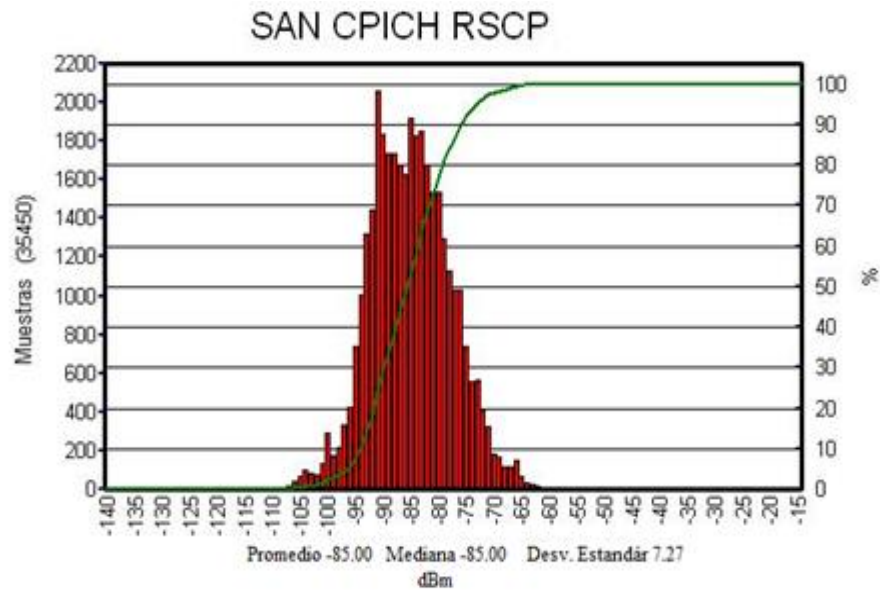


Figura. IV.41. RCSP obtenido en la ruta 1, Movistar 3G

De acuerdo a la Figura. VI.41, y en base a la siguiente fórmula, tenemos:

$$\%Cobertura = \frac{\# Muestras \geq -95 \text{ dBm}}{\# Muestras} * 100 = \frac{10499}{11102} * 100 = 94.56\%$$

No se llega a cumplir el valor objetivo, es decir no se supera el 95% dentro del área de cobertura de la celda, con lo cual existen zonas que no presentan los niveles adecuados para tener una intensidad de señal aceptable.

Ruta 2:**Figura. IV.42. RSCP obtenido en la ruta 2, Movistar 3G**

De acuerdo a la Figura. VI.42, tenemos:

$$\%Cobertura = \frac{\# Muestras \geq -95 \text{ dBm}}{\# Muestras} * 100 = \frac{33049}{35450} * 100 = 93.22\%$$

No se cumple con el valor objetivo, dentro del área de cobertura de la celda, con lo cual existen zonas que no presentan los niveles adecuados para tener una intensidad de señal aceptable.

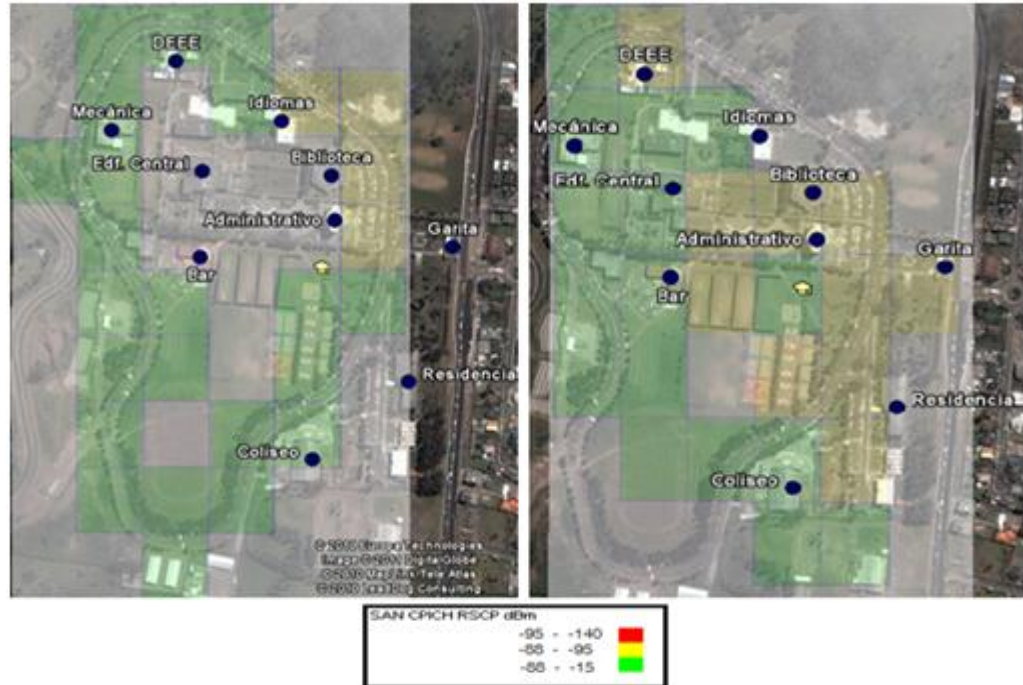
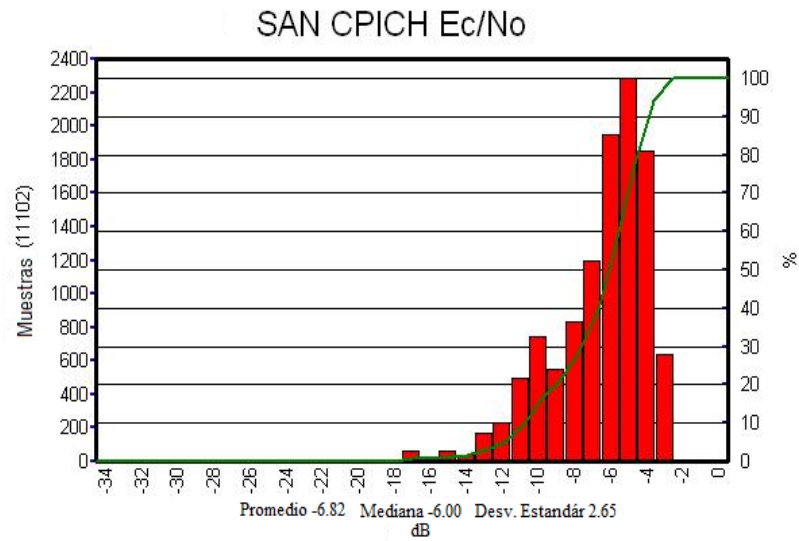


Figura. IV.43. RSCP campus de la E.S.P.E, Movistar 3G

- **Ec/No (dBm):** En lo referente a este parámetro se toma en consideración lo siguiente:
 - **Bueno:** $Ec/No \geq -10$ dB.
 - **Aceptable:** $-15 \text{ dB} \leq Ec/No < -10$ dB.
 - **Malo:** $Ec/No < -15$ dB.

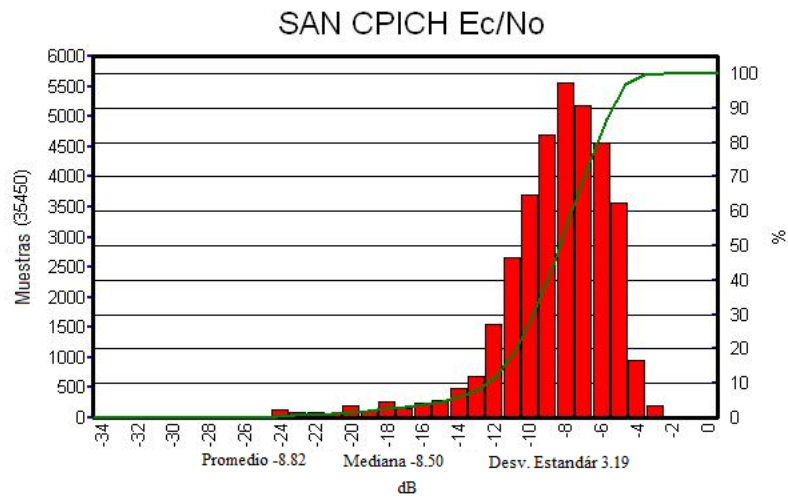
El valor objetivo a cumplir es de $Ec/No \geq -15$ dB a fin de garantizar la correcta relación señal–ruido.

Ruta 1:**Figura. IV.44. Ec/No obtenido en la ruta 1, Movistar 3G**

De acuerdo a la Figura. VI.44, y en base a la siguiente fórmula, tenemos:

$$\%Ec/No = \frac{\# Muestras \geq -15 \text{ dB}}{\# Muestras} * 100 = \frac{11101}{11102} * 100 = 99.99\%$$

Con respecto a este parámetro se cumple satisfactoriamente con el valor objetivo.

Ruta 2:**Figura. IV.45. Ec/No obtenido en la ruta 2, Movistar 3G**

De acuerdo a la Figura. VI.45, tenemos:

$$\% \frac{Ec}{No} = \frac{\# Muestras \geq -15 \text{ dB}}{\# Muestras} * 100 = \frac{34970}{35450} * 100 = 98.65\%$$

Se cumple satisfactoriamente con el valor objetivo.

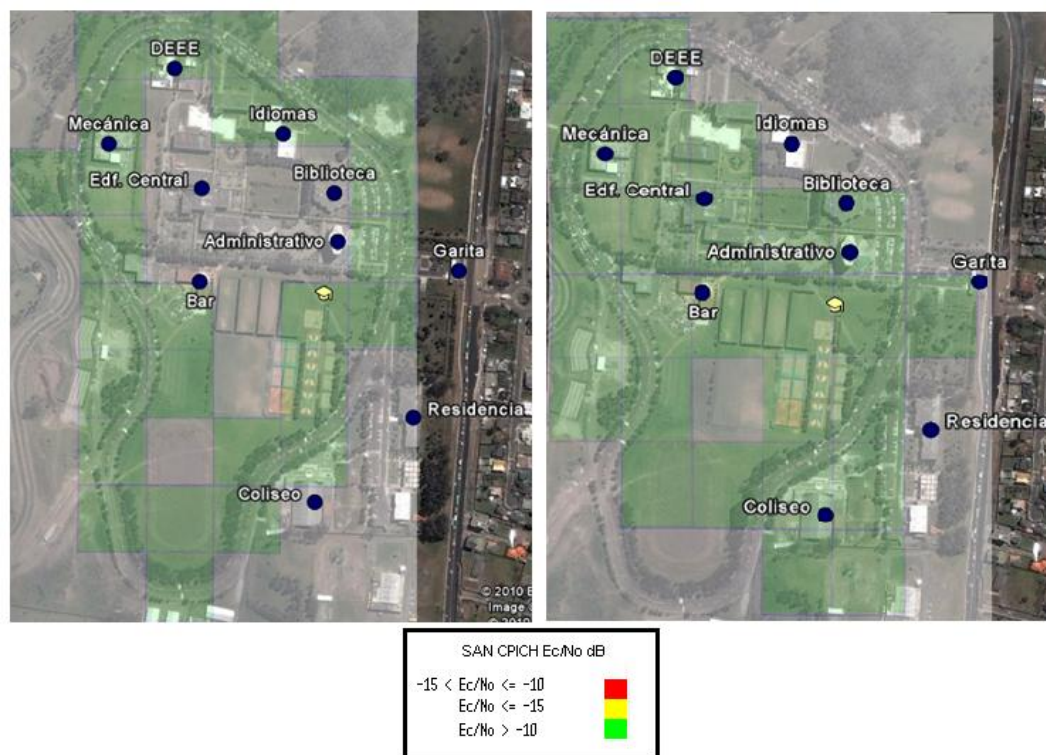


Figura. IV.46. Ec/No campus de la E.S.P.E, Movistar 3G

La Tabla. VI.22 muestra el porcentaje de distribución de acuerdo a los parámetros RSCP y Ec/No obtenidos de la monitorización.

UARFCN = 4424	RSCP >= -88	-88 > RSCP >= -95	-95 > RSCP >= -107	RSCP < -107	Nivel de Cobertura	Porcentaje
Ec/No >= -10	78,39	1,255	0,52	0	Nivel 1	78,39
-10 > Ec/No >= -15	13,08	2,895	1,2	0	Nivel 2	17,175
-10 > Ec/No >= -19	1,265	1,09	0,49	0	Nivel 3	2,845
Ec/No < -19	0,07	0	0,07	0	Nivel 4	0,14
					Total	100

Tabla. IV.22. RSCP vs Ec/No obtenido en la ruta 1 y 2, Operadora Movistar 3G

4.3.1.2 Análisis y Presentación de Resultados de la Operadora Porta. La monitorización de la interfaz aire WCDMA de la operadora Porta, fue realizada de acuerdo a las dos rutas establecidas en el Capítulo III, sección 3.2.1.1; y de acuerdo a la Tabla. VI.23, en la cual se informa la cantidad de llamadas de prueba que fueron realizadas, así como los eventos asociados a dichas llamadas, tenemos.

	Intentos de Llamadas	Asignación de Llamadas	Llamadas Establecidas	Llamadas Terminadas	Llamadas Bloqueadas	Llamadas Pérdidas
Ruta 1	20	20	20	20	0	0
Ruta 2	44	44	43	44	0	0
Total	64	64	63	64	0	0

Tabla. IV.23. Llamadas de Prueba de la operadora Porta 3G

Se registraron un total de 64 intentos de llamadas, de las cuales 63 fueron establecidas satisfactoriamente, 1 llamada no fue establecida debido a que el terminal llamado estaba ocupado, por lo cual el destino es la casilla de voz del abonado, en este caso la llamada se la considera llamada lograda o completada ya que la asignación del canal de tráfico fue satisfactoria, y no se registraron llamadas bloqueadas o pérdidas.

Integridad del Servicio

- **Porcentaje de llamadas caídas o bloqueadas.** No se produjeron eventos que me den como resultado llamadas bloqueadas o pérdidas, con lo cual el porcentaje de llamadas caídas es 0%, cumpliendo satisfactoriamente con el valor objetivo $\leq 2\%$.
- **Porcentaje de llamadas logradas o completadas.** En este aspecto, de los 64 intentos de llamadas realizadas, los 64 fueron terminadas correctamente, con lo cual el porcentaje de las llamadas que lograron conexión con el usuario llamado dentro

de la red de la operadora es del 100%, es decir se cumple satisfactoriamente con el valor objetivo $\geq 90\%$.

La Tabla. VI.24, nos brinda información acerca de la distribución de las llamadas de prueba de acuerdo a las celdas de servicio, así como información relevante de dichas celdas en lo referente a 3G.

Celda (UARFCN = 4387)	SC	UARFCN	Intento de Llamadas	Llamadas Fallidas	Llamadas Caídas o Bloqueadas	Tasa de éxito de Soft handover (Actualización Completa de Active Set)
SC240	240	4387	11	0	0	100%
SC389	389	4387	48	0	0	100%
SC415	415	4387	5	0	0	100%

Tabla. IV.24. Llamadas de Prueba e Información de la Red Móvil, Porta 3G

- **Calidad de Voz.** A través de las llamadas de prueba en 3G de la operadora Porta, y en base a la Tabla. VI.21 se obtuvieron los siguientes resultados:

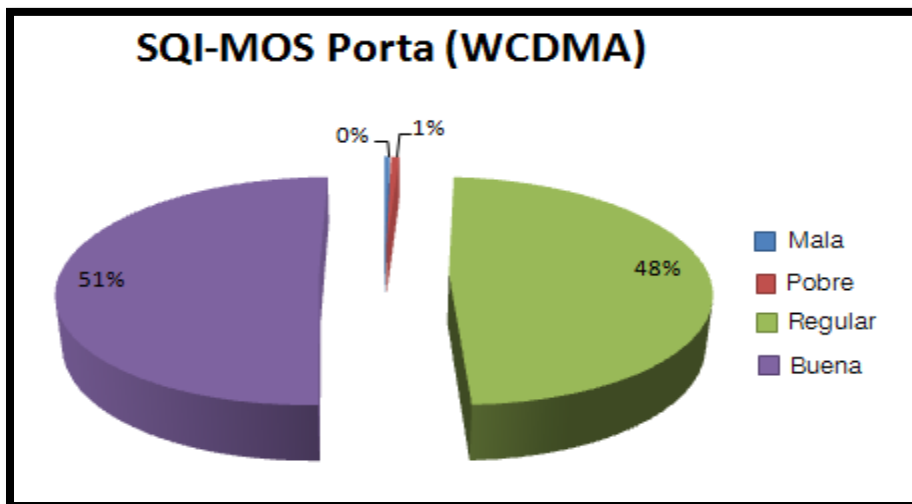


Figura. IV.47. SQI-MOS de la Operadora Porta (WCDMA)

Como puede observarse en la Figura. VI.47, la calidad de voz resulta muy buena durante las llamadas de prueba, puesto que en un 51% la calidad de voz es buena, mientras que un 48% es regular lo cual se percibió claramente con respecto a la operadora Movistar. Además existe un bajo porcentaje en cuanto a una calidad de voz pobre o mala, con lo cual Porta posee un nivel muy aceptable en cuanto a la calidad de voz de las llamadas de prueba.

Accesibilidad del Servicio

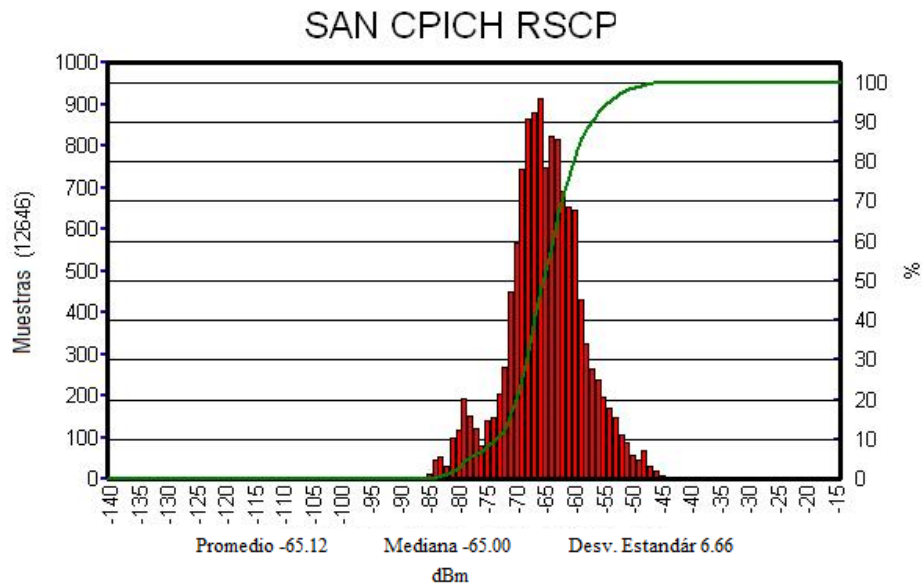
- **Tiempo promedio de espera para establecer una llamada.** Un tiempo de establecimiento de la llamada menor a 10 segundos, donde se obtuvo lo siguiente:

$$\%C = \frac{lle}{ill} * 100 = \frac{63}{63} * 100 = 100\%$$

El valor obtenido, es excelente en cuanto a este parámetro, por cuanto supera el valor objetivo $\geq 95\%$.

Accesibilidad de la Red

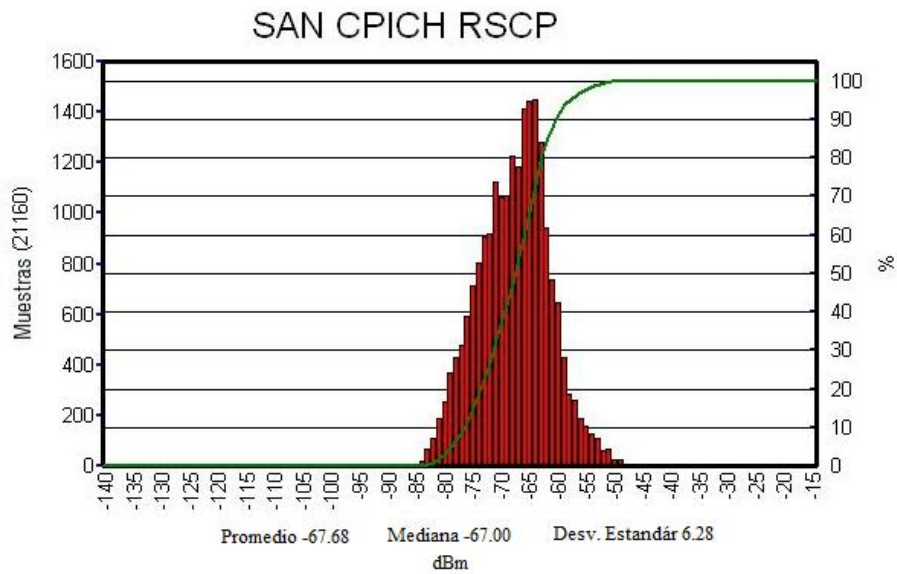
- **Intensidad de campo en el área de cobertura.**
 - **Received Signal Code Power (dBm):** El RSCP debe ser ≥ -95 dBm en el 95% de los casos.

Ruta 1:**Figura. IV.48. RCSP obtenido en la ruta 1, Porta 3G**

De acuerdo a la Figura. VI.48, y en base a la siguiente fórmula, tenemos:

$$\%Cobertura = \frac{\# Muestras \geq -95 \text{ dBm}}{\# Muestras} * 100 = \frac{12646}{12646} * 100 = 100\%$$

Se cumple satisfactoriamente el valor objetivo, es decir se supera el 95% dentro del área de cobertura de la celda.

Ruta 2:**Figura. IV.49. RSCP obtenido en la ruta 2, Porta 3G**

De acuerdo a la Figura. VI.49, tenemos:

$$\%Cobertura = \frac{\# Muestras \geq -95 \text{ dBm}}{\# Muestras} * 100 = \frac{21160}{21160} * 100 = 100\%$$

Se cumple con el valor objetivo, de forma satisfactoria.

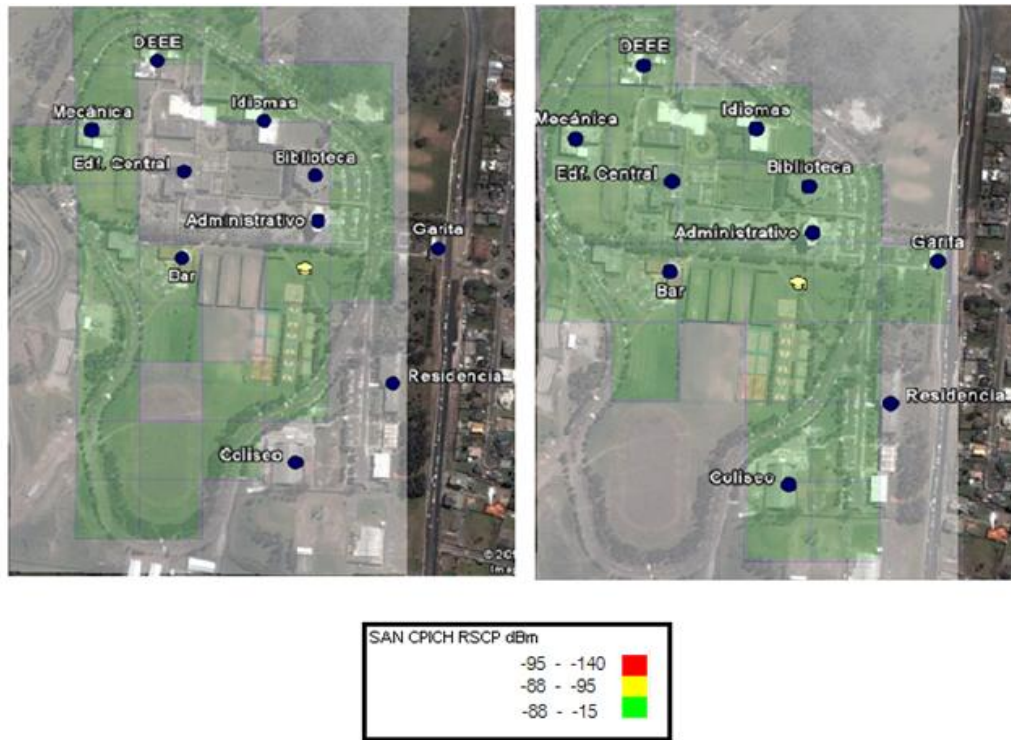


Figura. IV.50. RSCP campus de la E.S.P.E, Porta 3G

- **Ec/No (dBm):** El valor objetivo de $Ec/No \geq -15dB$ a fin de garantizar la correcta relación señal–ruido.

Ruta 1:

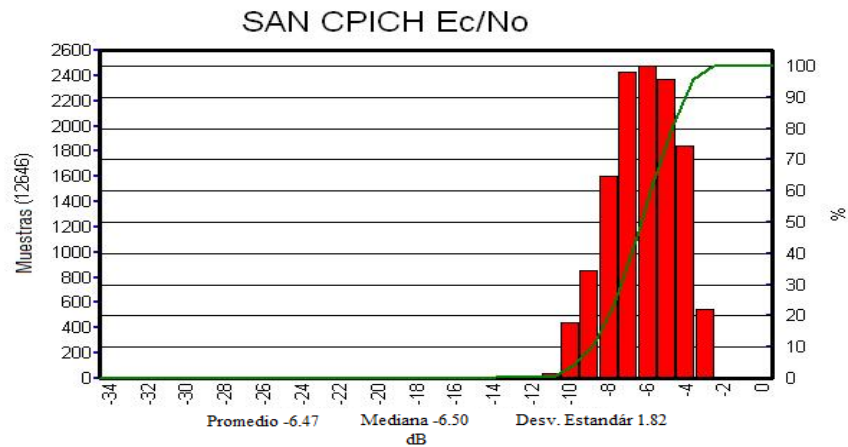


Figura. IV.51. Ec/No obtenido en la ruta 1, Porta 3G

De acuerdo a la Figura. VI.51, y en base a la siguiente fórmula, tenemos:

$$\% \frac{Ec}{No} = \frac{\# Muestras \geq -15 dB}{\# Muestras} * 100 = \frac{12624}{12646} * 100 = 99.82\%$$

Con respecto a este parámetro se cumple satisfactoriamente.

Ruta 2:

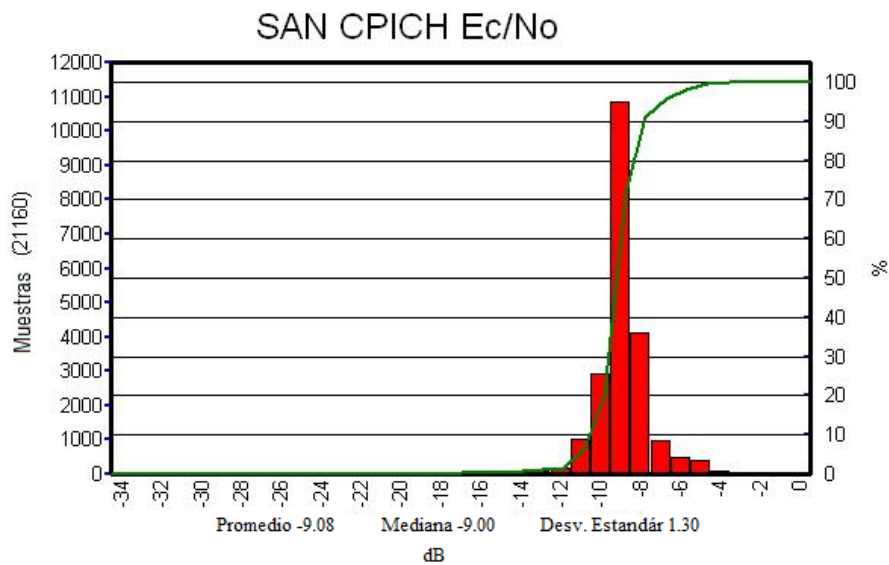


Figura. IV.52. Ec/No obtenido en la ruta 2, Porta 3G

De acuerdo a la Figura. VI.52, tenemos:

$$\% \frac{Ec}{No} = \frac{\# Muestras \geq -15 dB}{\# Muestras} * 100 = \frac{21002}{21160} * 100 = 99.25\%$$

Se cumple satisfactoriamente.

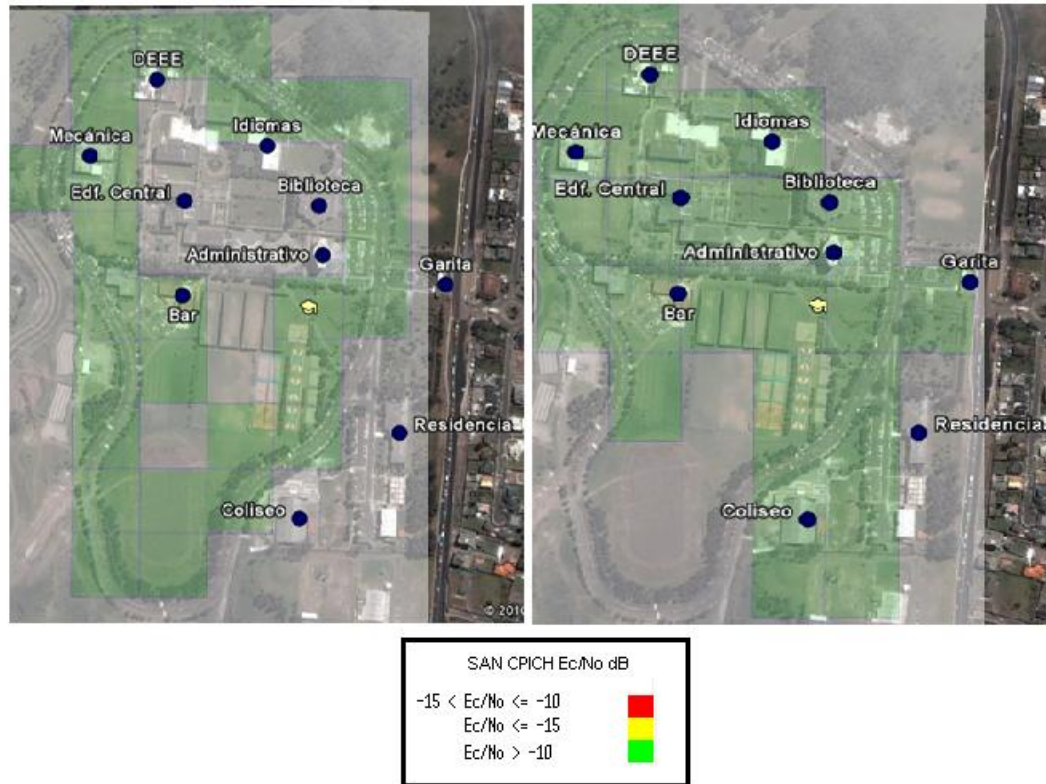


Figura. IV.53. Ec/No campus de la E.S.P.E, Porta 3G

La Tabla. VI.25 muestra el porcentaje de distribución de acuerdo a los parámetros RSCP y Ec/No obtenidos de la monitorización.

UARFCN = 4387	RSCP >= -88	-88 > RSCP >= -95	-95 > RSCP >= -107	RSCP < -107	Nivel de Cobertura	Porcentaje
Ec/No >=						
-10	88,545	0	0	0	Nivel 1	88,545
-10 > Ec/No						
>= -15	11,36	0	0	0	Nivel 2	11,36
-10 > Ec/No						
>= -19	0,2	0	0	0	Nivel 3	0,2
Ec/No < -19	0	0	0	0	Nivel 4	0
					Total	100

Tabla. IV.25. RSCP vs Ec/No obtenido en la ruta 1 y 2, Operadora Porta 3G

4.3.4 INTERFAZ AIRE HSDPA

La ventaja más destacada de HSDPA, tal como la percibe directamente el usuario final, es un flujo de transmisión de datos de unos cinco órdenes de magnitud mayor, es decir, una velocidad punta de más de 10Mb/s, esta ventaja depende del tipo de modulación utilizada para la configuración de los recursos de radio; dado que también intervienen en la velocidad máxima alcanzable factores como la cobertura de la celda, la movilidad del UE, la distancia del UE de la estación base y el número de usuarios simultáneos, en la práctica la velocidad punta máxima de transmisión de datos puede quedar muy lejos del objetivo, a continuación se presentan los resultados obtenidos para servicios de datos mediante la interfaz aire WCDMA/HSDPA de las operadoras Movistar y Porta.

4.3.4.1 Análisis y Presentación de Resultados de la Operadora Movistar. El APN para servicios de datos es *wap.movistar.com.ec*, como podemos notar es el mismo que para el caso de 2.5G.

Integridad del Servicio

- **Velocidad de acceso a un servicio o velocidad de transmisión (*throughput*).** La velocidad de transmisión representa la cantidad de bits por segundo que se miden durante el tiempo que dura la conexión, para la plataforma HSDPA se toma en consideración el *throughput* del canal de transporte HS-DSCH el cual tiene la característica de que puede compartirse entre varios dispositivos móviles, el motivo de la elección de este canal de transporte para determinar el *throughput* surge debido a que el TEMS Pocket se basa en las mediciones de este canal y además este se halla inmerso entre la capa física de radio y la capa de radioenlace dentro del modelo de referencia de protocolos de la interfaz aire UTRAN. Una vez aclarada tal situación se presenta los resultados siguientes:

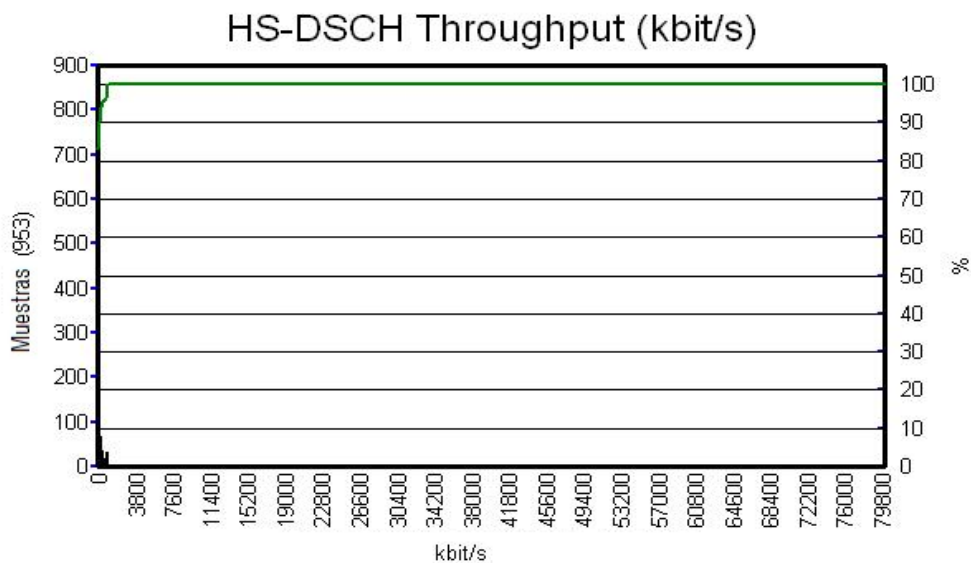


Figura. IV.54. HS-DSCH Throughput, Movistar 3.5G

En la siguiente tabla, se brinda un resumen acerca de los valores más sobresalientes obtenidos de la Figura. VI.54.

DOWNLINK	Promedio	Mediana	Desviación Estándar
HS-DSCH Throughput (kb/s)	118.59	8.97	236.92

Tabla. IV.26. HS-DSCH Throughput, Movistar 3.5G

- HS-DSCH Throughput (kbit/s):** En la Figura. VI. 54 se observa que el *throughput* tiene una amplitud de variación comprendida entre 0kb/s – 1024kb/s, pero hay que señalar que el promedio a lo largo de las rutas es de 118.59kb/s, lo cual nos indica una velocidad de transmisión baja en el enlace descendente con lo cual no se llega a cumplir lo establecido en teoría respecto a las tasas de transferencia de HSDPA, en la Figura. VI.55 se observa el *throughput* por zonas distribuidas a lo largo del campus de la E.S.P.E.

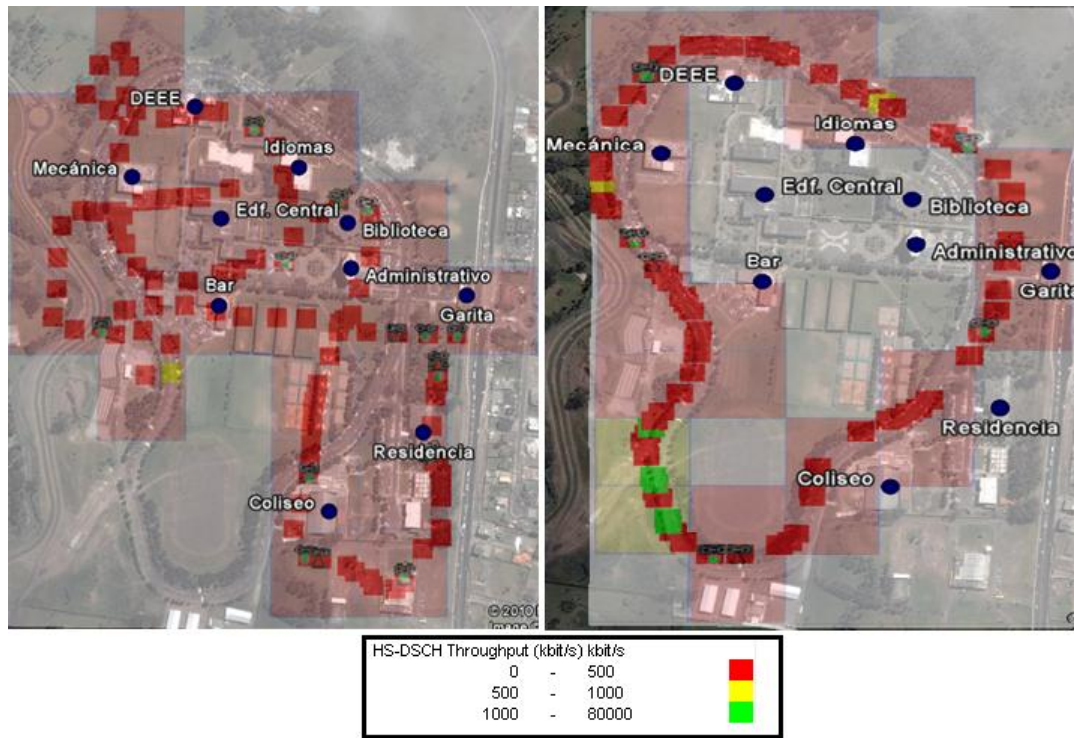


Figura. IV.55. HS-DSCH Throughput zonificado, Movistar 3.5G

Hay que tomar en consideración que HSDPA introduce el concepto de modulación adaptiva, cuyo principal objetivo es compensar la inestabilidad del canal radioeléctrico ajustando los parámetros de transmisión.

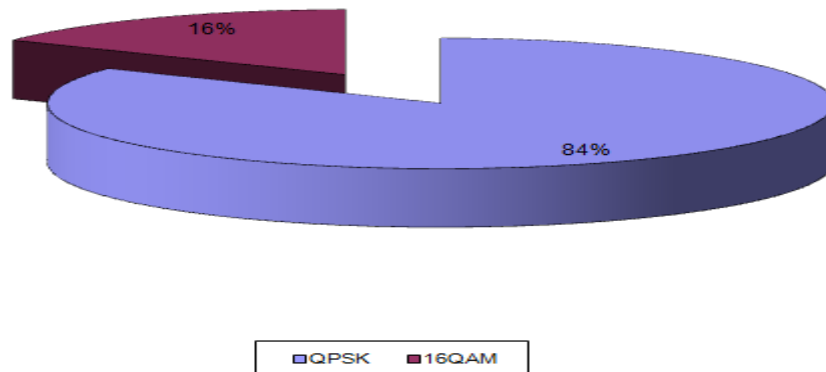


Figura. IV.56. Distribución del esquema de modulación HSDPA, Movistar 3.5G

Otro aspecto a tomar en cuenta, es la transmisión de información de control relacionada con la retransmisión (ACK/NACK), en donde se obtuvo lo siguiente:

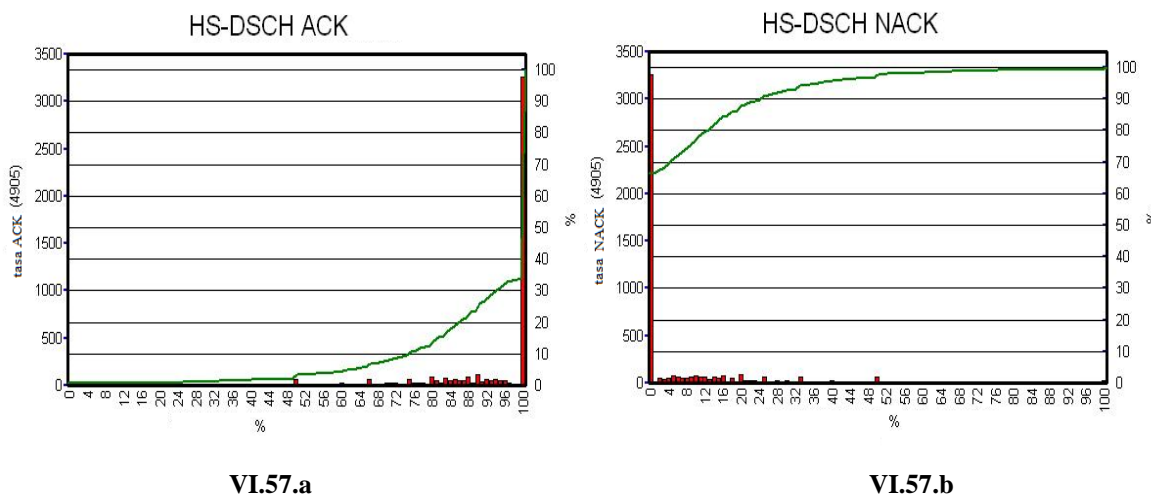


Figura. IV.57. HS-DSCH ACK y NACK, Movistar 3.5G

- **HS-DSCH ACK Rate (%)**: Representa la relación $ACK / (NACK + ACK)$ en el canal de transporte HS-DSCH.
- **HS-DSCH NACK Rate (%)**: Representa la relación $NACK / (NACK + ACK)$ en el canal de transporte HS-DSCH.

		Promedio	Mediana	Desviación Estándar
HS-DSCH	ACK Rate (%)	92.50	100.00	15.18
HS-DSCH	NACK Rate (%)	7.26	0.00	15.00

Tabla. IV.27. HS-DSCH ACK y NACK, Movistar 3.5G

- **La calidad de la transmisión de datos.** Permite valorar la calidad en la transmisión de datos, y es medido mediante el BLER, a nivel del canal de transporte HS-DSCH.

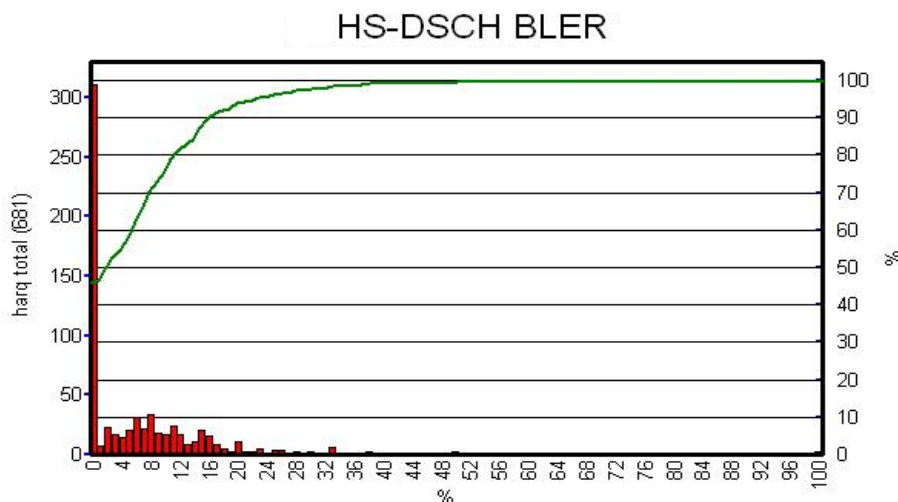


Figura. IV.58. HS-DSCH BLER, Movistar 3.5G

		Promedio	Mediana	Desviación Estándar
HS-DSCH	BLER (%)	6.73	2.99	10.03

Tabla. IV.28. HS-DSCH BLER, Movistar 3.5G

- HS-DSCH BLER DL (%):** Representa el porcentaje de bloques errados de datos del HS-DSCH, durante la primera transmisión, y de acuerdo a la Tabla. VI.28 observamos que existe un porcentaje aceptable en cuanto a este parámetro; otra de las características relevante de HSDPA es la solicitud de retransmisión automática híbrida (HARQ) la cual nos garantiza una recepción de paquetes de datos sin errores en este sentido el terminal móvil es el encargado de determinar la presencia o no del HARQ. Para este caso el proceso del HARQ fue solicitado en 681 ocasiones dando como resultado la navegación web de forma eficiente y la siguiente figura, en donde se expresa el BLER Residual que es el porcentaje de decodificación sin éxito después del HARQ, el cual resultado en un 0%.

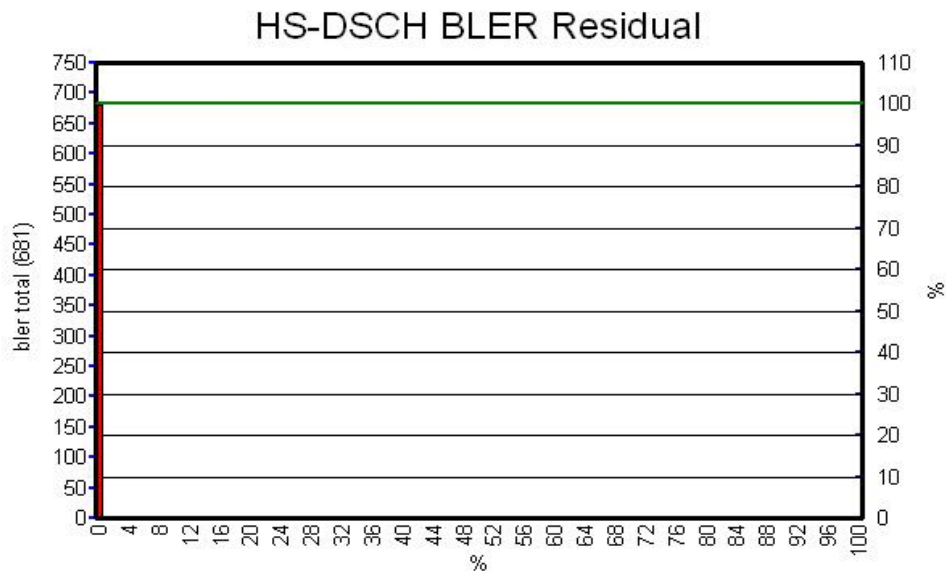


Figura. IV.59. HS-DSCH BLER Residual, Movistar 3.5G

4.3.4.2 Análisis y Presentación de Resultados de la Operadora Porta. El APN para acceder a servicios de datos es *internet.porta.com.ec*, el cual nos permite la navegación WAP a través del terminal, y con lo cual se obtuvieron los siguientes resultados.

Integridad del Servicio

- **Velocidad de acceso a un servicio o velocidad de transmisión (*throughput*).** En este contexto tenemos lo siguiente:

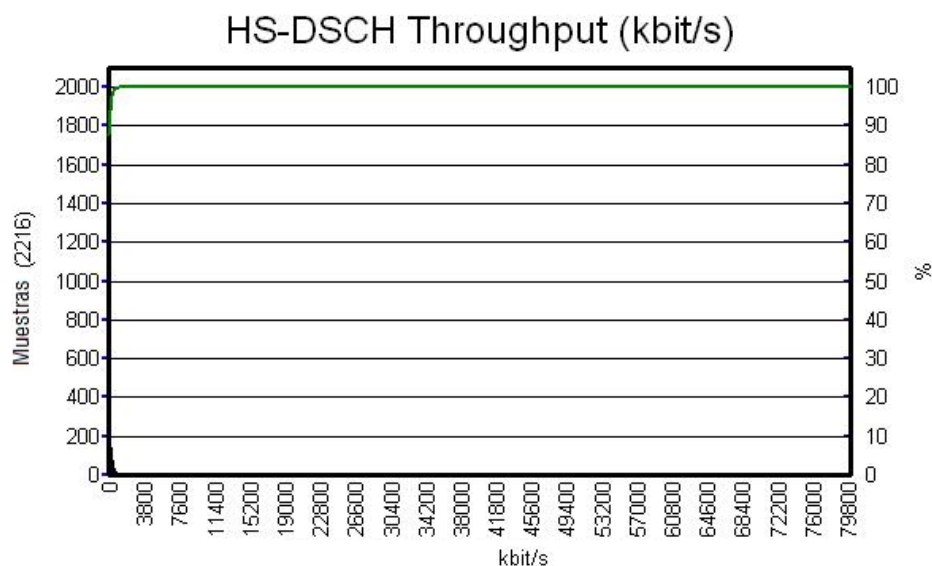


Figura. IV.60. HS-DSCH Throughput, Porta 3.5G

En la siguiente tabla, se brinda un resumen acerca de los valores más sobresalientes obtenidos de la Figura. VI.60.

DOWNLINK	Promedio	Mediana	Desviación Estándar
HS-DSCH Throughput (kb/s)	74.22	0.57	159.44

Tabla. IV.29. HS-DSCH Throughput, Porta 3.5G

- HS-DSCH Throughput (kbit/s):** De acuerdo a la Figura. VI.60 el *throughput* tiene una amplitud de variación comprendida entre 0kb/s – 943kb/s, con un promedio de 74.22kb/s a lo largo de las rutas, lo cual da a conocer una velocidad de transmisión baja y menor que la obtenida por Movistar en el enlace descendente con lo cual no se llega a cumplir lo establecido en teoría respecto a las tasas de transferencia de HSDPA, en la Figura. VI.61 se observa el *throughput* por zonas distribuidas a lo largo del campus de la E.S.P.E.

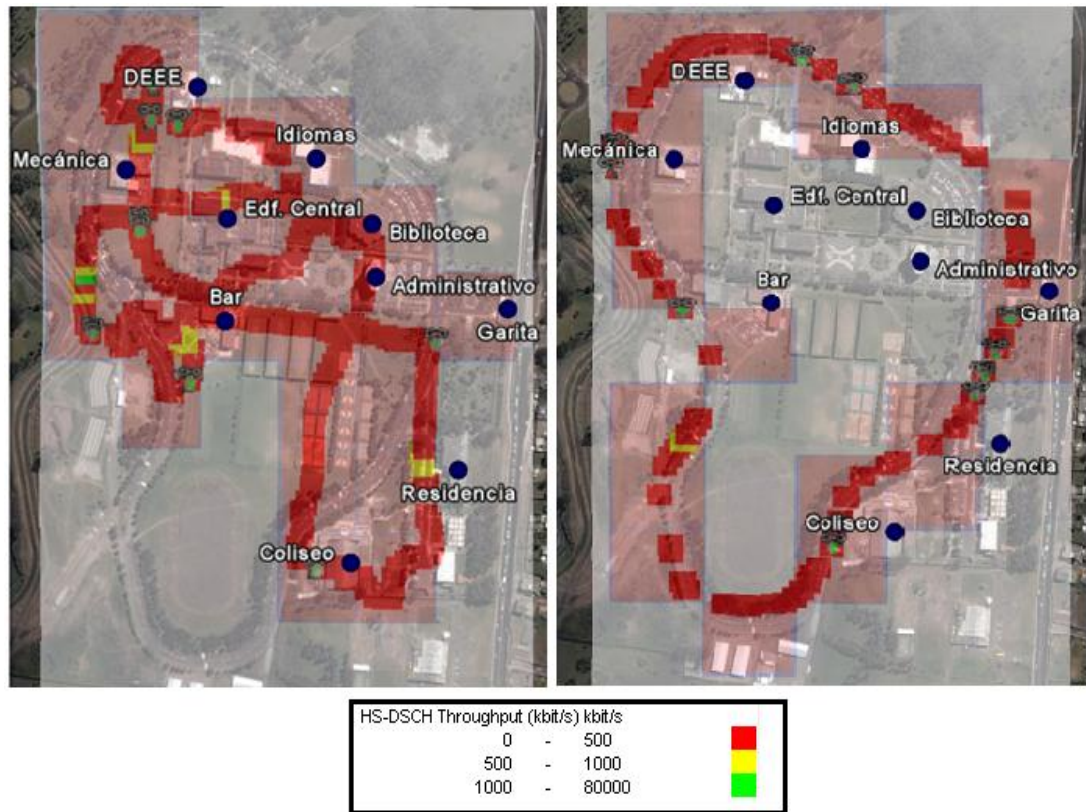


Figura. IV.61. HS-DSCH Throughput zonificado, Porta 3.5G

Con respecto a la modulación adaptiva por parte de HSDPA tenemos:

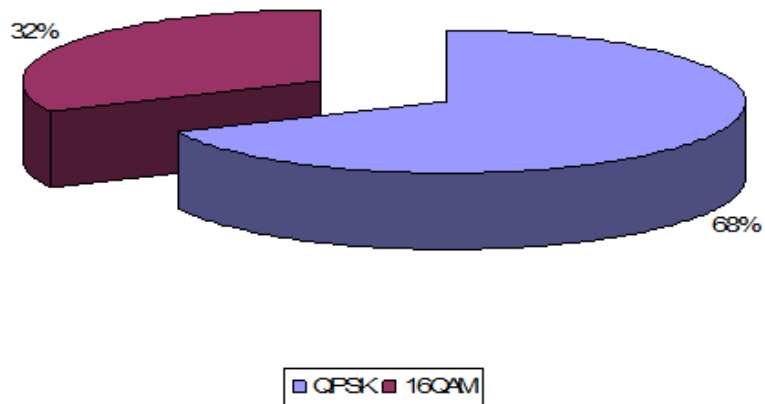


Figura. IV.62. Distribución del esquema de modulación HSDPA, Porta 3.5G

Con relación a la transmisión de información de control relacionada con la retransmisión (ACK/NACK), se obtuvo:

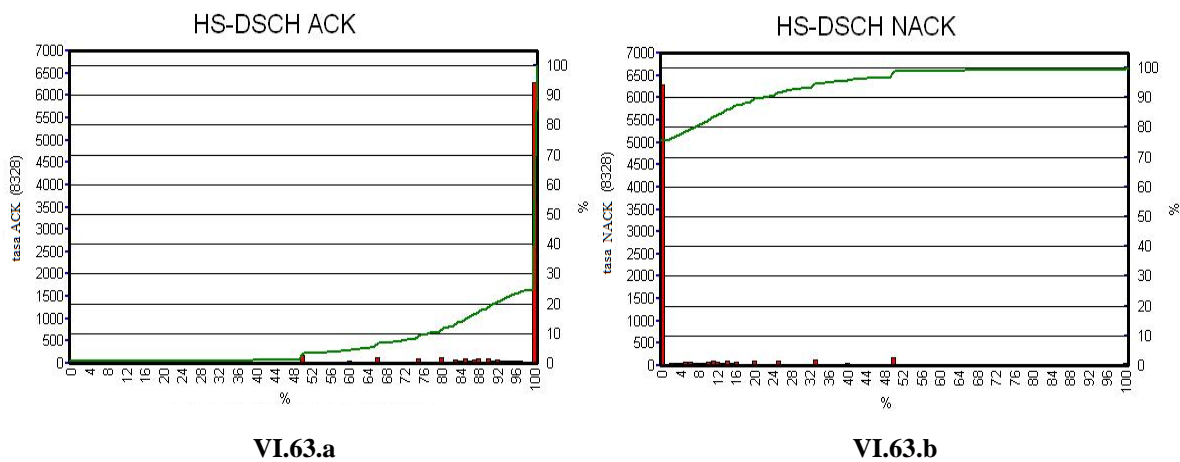


Figura. IV.63. HS-DSCH ACK y NACK, Porta 3.5G

- **HS-DSCH ACK Rate (%):** Relación ACK / (NACK + ACK) en HS-DSCH.
- **HS-DSCH NACK Rate (%):** Relación NACK / (NACK + ACK) en HS-DSCH.

		Promedio	Mediana	Desviación Estándar
HS-DSCH	ACK Rate (%)	94.03	100.00	14.21
HS-DSCH	NACK Rate (%)	5.80	0.00	14.05

Tabla. IV.30. HS-DSCH ACK y NACK, Porta 3.5G

- **La calidad de la transmisión de datos.**

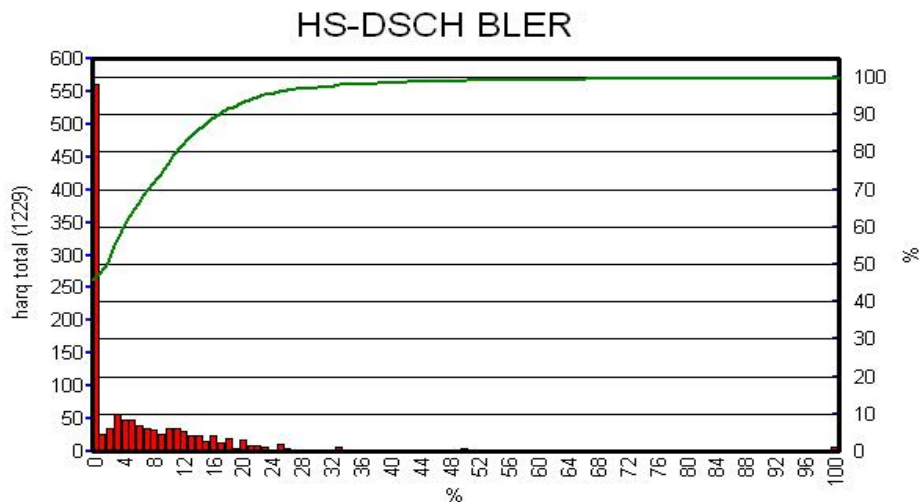


Figura. IV.64. HS-DSCH BLER, Porta 3.5G

		Promedio	Mediana	Desviación Estándar
HS-DSCH	BLER (%)	6.68	2.91	10.99

Tabla. IV.31. HS-DSCH BLER, Porta 3.5G

- HS-DSCH BLER DL (%):** El porcentaje de bloques errados de datos del HS-DSCH, durante la primera transmisión, es de 6.68% lo cual es un porcentaje aceptable en cuanto a este parámetro; con respecto a la retransmisión automática híbrida (HARQ) fue solicitado dicho proceso en 1229, lo cual representa el doble de veces que el caso de Movistar; la siguiente figura nos da a conocer el porcentaje de decodificación sin éxito después del HARQ, el cual resultado en un 0%.

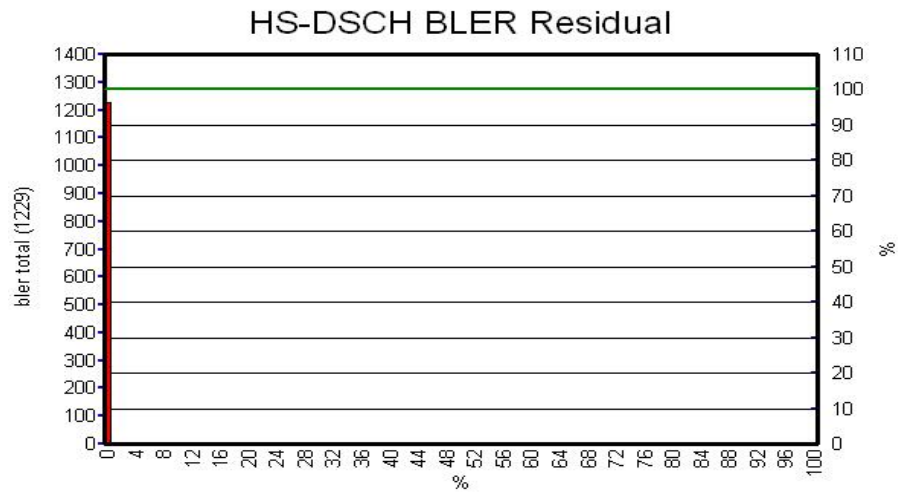


Figura. IV.65. HS-DSCH BLER Residual, Porta 3.5G

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- En la monitorización realizada a nivel de la interfaz aire a través del TEMS Pocket, se evidencio problemas en cuanto a la accesibilidad de la red, e integridad del servicio; especialmente en servicios de datos tanto en las plataformas EGPRS y HSDPA.
- Analizando los mapas de las rutas seguidas en el campus de la E.S.P.E luego del post-procesamiento y con respecto al parámetro cobertura, es posible determinar las zonas que presentan bajos índices de desempeño y de esta manera clasificarlas a fin de tener una visión general de las áreas propensas a registrar llamadas caídas o bloqueadas, así como también problemas en velocidades de transmisión para el caso de servicios de datos.
- Realizando el análisis de las mediciones junto al análisis del diseño de la red es posible determinar el problema que causa un mal desempeño de la red, como altos niveles de interferencia, bajos niveles de potencia o exceso de tráfico en una región, en la cual la infraestructura instalada no es capaz de atender.

- Mediante el análisis de los indicadores de calidad del servicio, vistos en el capítulo cuatro, se obtiene una calificación del desempeño en el campus de la E.S.P.E, permitiendo a la operadora obtener una imagen de la percepción de los usuarios con respecto al servicio móvil celular, y de esta forma la operadora determinará si está cumpliendo con los objetivos propuestos o si debe implementar mejoras en la red para incrementar su desempeño. Un organismo regulador también puede valerse de estos índices para realizar intervenciones a las operadoras a fin de controlar la QoS a nivel de servicios de voz y datos.
- Hoy en día está cobrando vigencia el uso de la telefonía 3G, donde se impondrá Video-Llamada y Video-*Streaming*. Las operadoras estarán en la obligación de verificar constantemente la calidad ofrecida en estos servicios, ya que de ellos depende la satisfacción del usuario en cuanto a estos servicios.
- La evaluación del rendimiento de los servicios de datos se presenta como uno de los grandes retos en el despliegue y mantenimiento de las redes.
- El proyecto se ha enfocado en la forma en que se puede realizar un estudio acerca de cómo llevar a cabo la toma de medidas en las redes celulares y su posterior análisis.
- Uno de los principales aportes de la monitorización de la interfaz aire es mostrar los elementos, relaciones y dependencias más importantes de las variables que participan de los procesos de servicio de voz y datos por la red móvil celular, lo que permiten predecir el nivel de QoS hacia el usuario.

- El TEMS Investigation y el TEMS Pocket, son herramientas muy útiles que nos permiten la realización de diagnósticos sobre la interfaz aire en tiempo real y sobre el terreno de plataformas GSM, GPRS, WCDMA y HSDPA.
- En áreas problemáticas obteniendo los valores de RxQual, FER para el caso de la plataforma GSM y el SQI-MOS para la plataforma WCDMA, podemos localizar los puntos en donde obtenemos una calidad de voz baja y en consecuencia se catalogan como zonas propensas a registrar llamadas caídas o bloqueadas.
- Al realizar las pruebas de campo en zonas problemáticas con un teléfono celular de ingeniería, se pueden localizar fácilmente los puntos en donde se tienen problemas al monitorizar el RxQual, FER o SQI-MOS de acuerdo a la plataforma celular utilizada, lógicamente queremos identificar la causa del RxQual, FER, o SQI-MOS defectuoso, este puede ser debido al RxLev o RSCP bajo por la baja relación portadora-ruido, o interferencia co-canal.
- Por medio del análisis de la monitorización de la interfaz aire, se comprueba que una red, a pesar de ya estar totalmente constituida tiene vulnerabilidades. Por esto, las redes siempre deben estar en constante revisión y hacer modificaciones de ser necesario; además mediante las pruebas de campo y la detección de problemas en la red celular se pueden realizar cambios debido al crecimiento de tráfico e interferencias.

5.2 RECOMENDACIONES

- Es recomendable que las operadoras evalúen constantemente su red para garantizar un óptimo servicio al usuario.

- Se recomienda a los organismos de control en telecomunicaciones, elaborar una propuesta más profunda sobre el marco legal necesario para el funcionamiento y supervisión de los servicios de telefonía celular acordes a la realidad actual del Ecuador.
- La medida de la calidad de servicio es necesaria para garantizar que el usuario reciba un buen nivel en los servicios que contrata y que estos vayan acorde con los organismos de regulación del Ecuador encargados de velar por los intereses de los usuarios.
- Al realizar las pruebas de campo se puede tener diferentes comportamientos, ya que depende del tráfico que en ese momento están manejando los nodos B o BTS, por esta razón se recomienda realizar las pruebas de campo en horas donde el tráfico es alto (horas pico), con el propósito de obtener muestras con un mejor performance en la red, debido a que en la monitorización verificamos la calidad de la señal y la cobertura de la misma.
- Se recomienda, como complemento a este proyecto de grado, la monitorización a través de recorridos que abarquen los interiores de construcciones que conforman el campus de la E.S.P.E, para lo cual es necesario la adquisición de la licencia del TEMS Pocket Professional la opción de medición en interiores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- SENDÍN, Alberto, *Fundamentos de los Sistemas de Comunicaciones Móviles*, Tomo I, segunda edición, McGraw-Hill, España abril 2004, pag.560.
- KAARANEN, Heikki, *Redes UMTS Arquitectura, movilidad y servicios*, Tomo I, Segunda edición, Alfaomega, México agosto 2006, pag.555.
- HOLMA, Harry, *WCDMA for UMTS*, Tomo I, tercera edición, John Wiley & Son, Finlandia abril 2004, pag.447.
- <http://www.eroocdb.dk/Docs/doc98/official/pdf/ECCREP103.PDF>, Mayo 2007. *Electronic Communications Committee, UMTS Coverage Measurements.*
- <http://www.inec.gob.ec/preliminares/somos.html>, *Datos preliminares del censo de población y vivienda 2010.*
- http://www.conatel.gob.ec/site_conatel/, *DGSST-Senatel.*
- http://www.conatel.gob.ec/site_conatel/, *Resolución 496-21.*
- www.itu.int, *Recomendaciones UIT.*
- www.itu.int, *Land Mobile Numbering Plan E.212.*
- <http://www.conatel.gob.ec/>, *Norma de Calidad de los Servicios de Telecomunicaciones 2006, CONATEL.*

- <http://www.telefonica.com>, *Las Telecomunicaciones y la Movilidad en la Sociedad de la Información*.
- <http://www.ericsson.com/>, *Ericsson, Manual C905a*.
- <http://www.ascom.com/en>, *Manual TEMS*.
- http://www.telefonica.es/sociedaddelainformacion/html/publicaciones_home.shtml, Telefónica, Sociedad de la Información. Publicaciones. Las Telecomunicaciones de nueva generación. España 2004. Tomado de Internet.
- FER, RXQUAL, and DTX DL Rate Measurements in TEMS™ Investigation GSM, Ericsson TEMS Technical Paper.
- User Description, Speech Quality Supervision, Ericsson AB 1999, 2004, 2005.
- J. C. Francis y M. Abu El-Ata, *Benchmarking Mobile Network QoS*.
- 3GPP TS 23.207 (Release 6), *End-to-end Quality of Service (QoS) concept and architecture*.
- UIT-T Rec. E.600 (03/93) *Términos y Definiciones de Ingeniería de tráfico*.
- UIT-T Rec. E.800 (08/94) *Términos y Definiciones relativos a la Calidad de Servicio y a la Calidad de Funcionamiento de la Red, incluida la Seguridad de Funcionamiento*.

ANEXOS

ANEXO 1

Eventos del TEMS™ Pocket 7.0.

EVENT GROUP	EVENT
CC Events	Call Attempt
	Call Established
	Dropped Call
	Blocked Call
	Call End
MM Events	Location Area Update: Attempt
	Location Area Update: Success
	Location Area Update: Failure
	Location Area Update: Reject
	MM Service Unregistered
	MM Service Home
	MM Service Equivalent
	MM Service Roaming
	Authentication Reject
	Authentication Failure
SM Events	PDP Context Activation: Attempt
	PDP Context Activation: Complete
	PDP Context Activation: Reject
	PDP Context Deactivation: Attempt
	PDP Context Deactivation: Complete
	PDP Context Deactivation: Failed
GMM Events	Attach: Attempt
	Attach: Complete
	Attach: Reject
	Detach: Attempt
	Detach: Complete
	Routing Area Update: Attempt
	Routing Area Update: Complete
	Routing Area Update: Reject
RR Events	Assignment Failure
	Handover Failure
	Intracell Handover Failure
	Immediate Assignment Reject
	Immediate Assignment Fail
	Data Link TO
	Retransmit Packet Resource
	Packet Access Fail
	RL Timeout
	RR Service No Service

	RR Service GSM
Session Events	FTP Transfer Start
	FTP Transfer End
	FTP Transfer Fail
	GPS Connected
	GPS Disconnected
	GPS Location Found
	GPS Location Lost
	Voice Call Start
	Voice Call End
	Voice Call Failed
	Video Call Start
	Video Call End
	Video Call Failed
IRAT Events, G2U	Cell Change Attempt
	Cell Change Success
	Cell Change Failure
	Handover to UTRAN Attempt
	Handover to UTRAN Success
	Handover To UTRAN Failure
IRAT Events, U2G	Cell Change Attempt
	Cell Change Success
	Cell Change Failure
	Handover From UTRAN Attempt
	Handover From UTRAN Success
	Handover From UTRAN Failure
RRC Events	RRC Service WCDMA
	Radio Link Failure
	Active Set Update Failure
	RRC Connection Failure
	RRC Protocol Error
	Inter-frequency Handover
	Inter-frequency Handover Failure
	Inter-Frequency Cell Reselection

ACTA DE ENTREGA

El proyecto fue entregado en el Departamento de Eléctrica y Electrónica y reposa en la Escuela Politécnica del Ejército desde:

Sangolquí, a _____

Sr. Juan Carlos Minango Negrete

AUTOR

Sr. Ing. Gonzalo Olmedo Ph.D

COORDINADOR DE CARRERA

Sr. Dr. Jorge Carvajal

SECRETARIO ACADÉMICO