



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN**  
**TELECOMUNICACIONES Y REDES**

“ANÁLISIS DE LAS MEDICIONES DE DRIVE TEST REALIZADAS POR LA SUPERTEL EN LA RED DE SERVICIO MÓVIL AVANZADO DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA PARA PROPONER MEJORAS EN LOS NIVELES DE COBERTURA Y CALIDAD DE SERVICIO”

**TESIS DE GRADO**

**Previo a la obtención del título de:**

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA TELECOMUNICACIONES Y  
REDES**

**Presentado por:**

**GABRIELA PAULINA FERNÁNDEZ OROZCO**

**Riobamba – Ecuador**

**2013**

En primer lugar agradezco a Dios por guiar cada paso que doy, a la Escuela de Ingeniería Electrónica Telecomunicaciones y Redes, y de manera especial a la SUPERTEL (Delegación Regional Centro), ya que de una u otra forma colaboraron en la culminación del presente proyecto de tesis.

Gabriela Fernández

Dedico el presente proyecto de tesis a mis padres, por haber depositado toda su confianza en mí. También a mi “Suquita” querida porque aunque ya no esté presente, siempre vivirá en mi corazón.

Gabriela Fernández



“Yo, Gabriela Paulina Fernández Orozco soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta tesis y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO”

.....

Gabriela Paulina Fernández Orozco

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<b>SUPERTEL</b>	Superintendencia de Telecomunicaciones
<b>PTT</b>	Push To Talk
<b>CEPT</b>	European Conference of Postal and Telecommunications Administrations
<b>ETSI</b>	European Telecommunications Standards Institute
<b>SMG</b>	Special Mobile Group
<b>UMTS</b>	Universal Mobile Telecommunications System
<b>PLMN</b>	Public Land Mobile Network
<b>MS</b>	Mobile Station
<b>BST</b>	Base Station Transceiver
<b>MSC</b>	Mobile Switching Center
<b>BSC</b>	Base Station Controller
<b>PSTN</b>	Public Switched Telephone Network
<b>BSS</b>	Base Station Subsystem
<b>FDMA</b>	Acceso Múltiple por División de Frecuencia
<b>TDMA</b>	Acceso Múltiple por División de Tiempo
<b>CDMA</b>	Acceso Múltiple por División de Código
<b>GSM</b>	Global System Mobile
<b>WCDMA</b>	Wideband Code Division Multiple Access
<b>AMPS</b>	Advance Mobile Phone System
<b>TACS</b>	Total Access Communication System
<b>UIT</b>	Unión Internacional de Telecomunicaciones
<b>RCC</b>	Reverse Control Channel
<b>FVC</b>	Forward Voice Channel
<b>BVC</b>	Backward Voice Channel
<b>FCC</b>	Forward Control Channel
<b>FSK</b>	Frequency Shift Keying
<b>SAT</b>	Supervisory Audio Tone
<b>ST</b>	Signaling Tone
<b>HLR</b>	Home Location Register
<b>VLR</b>	Visitor Location Register
<b>QoS</b>	Quality of Service

<b>IMTS</b>	Improved Mobile Telephone Service
<b>SCPS</b>	Single Channel Per Carrier
<b>MIN</b>	Mobile Identification Number
<b>NMT</b>	Nordic Mobile Telephony
<b>RF</b>	Radio Frequency
<b>DTCH</b>	Digital Traffic Channel
<b>DAMPS</b>	Digital Advanced Mobile Phone System
<b>CSD</b>	Circuit Switched Data
<b>TIA</b>	Telecommunications Industry Association
<b>HSCSD</b>	High Speed Circuit Switched Data
<b>GPRS</b>	General Packet Radio System
<b>EDGE</b>	Enhanced Data Rates for GSM Evolution
<b>3GPP</b>	Third Generation Partnership Project
<b>HSUPA</b>	High Speed Uplink Packet Access
<b>TTI</b>	Transmission Time Interval
<b>LTE</b>	Long Term Evolution
<b>IVR</b>	Interactive Voice Response
<b>RSCP</b>	Received Signal Code Power
<b>SAMM</b>	Sistema Automático de Control de Redes Móviles
<b>UAR</b>	Unidades Administrativas Regionales
<b>DIC</b>	Dirección de Imagen y Comunicación
<b>TCH</b>	Traffic Channel
<b>TCH/FS</b>	Full rate Speech
<b>TCH/HS</b>	Half rate Speech
<b>CCH</b>	Control Channels
<b>BCH</b>	Broadcast Channel
<b>BCCH</b>	Broadcast CCH
<b>FCCH</b>	Frequency CCH
<b>SCH</b>	Synchronization CCH
<b>CCCH</b>	Common CCH
<b>PCH</b>	Paging CCH
<b>RACH</b>	Random Access CCH
<b>AGCH</b>	Access Grant CCH
<b>DCCH</b>	Dedicated CCH

<b>SDCCH</b>	Stand alone CCH
<b>SACCH</b>	Slow Associated CCH
<b>FACCH</b>	Fast Associated CCH



## ÍNDICE GENERAL

PORTADA  
AGRADECIMIENTO  
DEDICATORIA  
FIRMAS RESPONSABLES Y NOTA  
RESPONSABILIDAD DEL AUTOR  
INDICES  
INTRODUCCION

### CAPÍTULO I

1	MARCO REFERENCIAL .....	5
1.1	Antecedentes .....	5
1.2	Objetivos .....	19
1.2.1	Objetivo general .....	19
1.2.2	Objetivos específicos .....	19
1.3	Justificación.....	20
1.4	Hipótesis.....	21
2	MARCO TEÓRICO.....	22
2.1	SERVICIO MÓVIL AVANZADO .....	22
2.1.1	Introducción .....	22
2.1.2	HISTÓRIA .....	23
2.2	Telefonía Celular.....	26
2.2.1	Estructura del Sistema Celular.....	26
2.2.2	Proceso de una llamada .....	29
2.2.3	Célula o Celda .....	31
2.2.4	Clúster o Racimo .....	41
2.2.5	Cobertura.....	41
2.2.6	Capacidad.....	43
2.2.7	Reúso de Frecuencias .....	44
2.2.8	Interferencia co-canal .....	46
2.2.9	Señalización .....	46
2.2.10	Cambio de BST o Handover.....	48
2.2.11	HLR.....	48
2.2.12	VLR.....	49
2.2.13	Área de Localización .....	49
2.2.14	Registro .....	49
2.2.15	Roaming o Itinerancia .....	49

2.2.16	Topología de la Red Celular .....	50
2.2.17	Calidad .....	51
2.3	Subsistemas de una Red Celular .....	52
2.3.1	Radio .....	52
2.3.2	Conmutación .....	52
2.3.3	Transmisión.....	52
2.3.4	Operación y Mantenimiento .....	53
2.3.5	Explotación.....	53
3	EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE SERVICIO MÓVIL AVANZADO .....	54
3.1	Introducción .....	54
3.2	PRIMERA GENERACIÓN .....	55
3.2.1	Características .....	56
3.2.2	Topología y Operación de la Red .....	57
3.2.3	Sistemas Principales de Primera Generación .....	62
3.3	SEGUNDA GENERACIÓN .....	64
3.3.1	Características .....	64
3.3.2	Topología y Operación de la Red. ....	66
3.3.3	Sistemas Principales de Segunda Generación.....	73
3.4	GENERACIÓN 2.5.....	76
3.4.1	Características .....	77
3.4.2	Topología y Operación de la Red. ....	78
3.4.3	Sistemas Principales de 2.5G.....	79
3.5	TERCERA GENERACIÓN .....	82
3.5.1	Características .....	82
3.5.2	Topología y Operación de la Red. ....	84
3.5.3	Asignación del Espectro para IMT-2000.....	86
3.5.4	Interfaces de aire IMT-2000 .....	86
3.5.5	Sistemas Principales de 3G.....	88
3.6	GENERACIÓN 3.5G .....	92
3.6.1	HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) .....	92
3.6.2	HSUPA (High Speed Uplink Packet Access) .....	94
3.7	CUARTA GENERACIÓN.....	95
3.7.1	LTE (Long Term Evolution) .....	95
3.7.2	UMB (Ultra Mobile Broadband) .....	95

4	CONCESIONES Y PARAMETROS DE CALIDAD .....	98
4.1	ANTECEDENTES GENERALES .....	98
4.2	SITUACIÓN ACTUAL EN EL ECUADOR .....	101
4.3	Operadoras de SMA .....	103
4.3.1	CONECEL S.A. (CLARO).....	103
4.3.2	OTECEL S.A. (MOVISTAR) .....	105
4.3.3	CNT (CNT-ALEGRO).....	108
4.4	Bandas de Frecuencias Asignadas al SMA.....	110
4.5	QoS PARA SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES .....	111
4.5.1	Calidad .....	112
4.5.2	Calidad de Servicio (QoS).....	112
4.5.3	Puntos de Vista sobre la QoS.....	112
4.5.4	Necesidad de QoS del cliente .....	115
4.5.5	QoS ofrecida por el proveedor de servicio.....	115
4.5.6	QoS conseguida o entregada por el proveedor de servicio.....	116
4.5.7	QoS percibida por el cliente .....	116
4.5.8	Anexo 5 del contrato de renovación del SMA .....	117
4.6	UBICACIÓN DE RADIOBASES EN RIOBAMBA .....	129
4.6.1	Operadora CLARO (CONECEL S.A).....	129
4.6.2	Mapas de radiobases CONECEL S.A.....	130
4.6.3	Operadora MOVISTAR (OTECEL S.A).....	132
4.6.4	Mapas de radiobases OTECEL S.A.....	133
4.6.5	OPERADORA CNT (CNT-ALEGRO).....	134
4.6.6	Mapa de radiobases CNT .....	134
5	MÉTODO DE MEDICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD TÉCNICOS.....	135
5.1	Introducción .....	135
5.2	Sistemas de Medida usados por la SUPERTEL.....	136
5.3	Forma y Frecuencia de las Mediciones.....	141
5.4	Programación y Tecnologías del SAMM .....	142
5.5	Parámetros de Calidad.....	143
5.6	Fases para el Control de la Calidad de Servicio en Ciudades y Poblaciones. ....	143
5.7	Informes y Reportes .....	146
5.8	Instructivo de Control.....	147

5.8.1	Configuración de Scripts de Mediciones (Work Orders) .....	147
5.8.2	Mediciones realizadas con los RTU's.....	147
5.9	Mediciones en la ciudad de Riobamba .....	150
5.9.1	Porcentaje de Llamadas Establecidas .....	150
5.9.2	Tiempo de establecimiento de llamada .....	156
5.9.3	Porcentaje de llamadas caídas.....	160
5.9.4	Zona de cobertura .....	164
5.9.5	Calidad de conversación.....	169
5.9.6	Porcentaje de mensajes cortos con éxito .....	174
5.9.7	Tiempo promedio de entrega de mensajes cortos .....	178
5.10	Análisis en Capa 3.....	182
5.10.1	Proceso de una Llamada .....	185
5.10.2	Errores .....	188
6	PROPUESTAS DE MEJORAS EN LOS NIVELES DE COBERTURA Y CALIDAD DE SERVICIO.....	190
6.1	Incumplimientos.....	190
6.2	Visión de Llamadas Caídas en GSM .....	191
6.2.1	Descripción.....	191
6.2.2	Causas de errores.....	193
6.2.3	Propuestas de mediciones.....	196
6.2.4	Propuestas físicas .....	198
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	201
	RESUMEN .....	206
	SUMARY .....	208
	BIBLIOGRAFÍA.....	210
	ANEXOS .....	213

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Fig.II. 1 Sistema Celular	27
Fig.II. 2 Celdas Celulares	31
Fig.II. 3 Dos Niveles de Split	33
Fig.II. 4 Estructuras de las Células	35
Fig.II. 5 Áreas de las Células	36
Fig.II. 6 Localización de la BST	37
Fig.II. 7 Ubicación de BST con Antena Omnidireccional	38
Fig.II. 8 Ubicación de BST con Antena Sectorizada a 60°	38
Fig.II. 9 Reuso de Frecuencias entre dos Clústers Adyacentes	45
Fig.II. 10 Topología de una Red Celular	50
Fig.III. 1 Características de las Generaciones Celulares	55
Fig.III. 2 Sistema Celular de Primera Generación	61
Fig.III. 3 Sistema Celular de Segunda Generación	72
Fig.III. 4 Sistema Celular 2.5G	79
Fig.III. 5 Red GSM y GPRS	80
Fig.III. 6 Sistema Celular de Tercera Generación	84
Fig.III. 7 Países y Operadoras con Tecnología UMTS/HSPA	93
Fig.III. 8 Evolución de HSDPA	94
Fig.IV. 1 Porcentaje de Líneas Activas en el Ecuador	102
Fig.IV. 2 Número de Abonados según su tipo	102
Fig.IV. 3 Bandas de Frecuencias Concesionadas para CONECEL S.A	105
Fig.IV. 4 Bandas de Frecuencias Concesionadas para OTECEL S.A	107
Fig.IV. 5 Bandas de Frecuencias Concesionadas para CNT-ALEGRO	110
Fig.IV. 6 Bandas Concesionadas para el SMA	111
Fig.IV. 7 Matriz de QoS para las Comunicaciones	113
Fig.IV. 8 Cuatro Puntos de Vista sobre QoS	114
Fig.IV. 9 Criterios de los Parámetros de Calidad	117
Fig.IV. 10 Radiobases CONECEL-GSM	130
Fig.IV. 11 Radiobases CONECEL-UMTS	131
Fig.IV. 12 Radiobases OTECEL-GSM	133
Fig.IV. 13 Radiobases OTECEL-UMTS	133
Fig.IV. 14 Radiobases CNT-CDMA	134
Fig.V. 1 Instalación de la RTU	137
Fig.V. 2 Ubicación de las tarjetas del SMA	137
Fig.V. 3 Ranuras para la colocación de antenas	138
Fig.V. 4 Software para ubicación del mapa	138
Fig.V. 5 Configuración de la RTU	139

Fig.V. 6 Zonas de la ciudad de Riobamba	140
Fig.V. 7 Ingreso a TEMS Automatic-Presentation 2.3.2.0	140
Fig.V. 8 RTU's de pruebas	141
Fig.V. 9 Matriz de pruebas	142
Fig.V. 10 Proceso de elaboración del informe SAMM	146
Fig.V. 11 Ingreso al servidor 172.20.1.84	151
Fig.V. 12 SAMM1-Llamadas establecidas	152
Fig.V. 13 Campos ingresados para llamadas establecidas	152
Fig.V. 14 Forma de escoger la operadora	153
Fig.V. 15 Llamadas establecidas generadas	153
Fig.V. 16 Campos ingresados para tiempo de llamadas	156
Fig.V. 17 Forma de escoger los parámetros de medición	157
Fig.V. 18 Resultados de llamadas menores o igual a 12 segundos	157
Fig.V. 19 Campos ingresados para llamadas caídas	160
Fig.V. 20 Forma de escoger los parámetros de medición	161
Fig.V. 21 Resultados de llamadas caídas	161
Fig.V. 22 Conexión remota	164
Fig.V. 23 Ingreso al software TEMS Presentation	165
Fig.V. 24 Parámetros ingresados para GSM	165
Fig.V. 25 Logfiles	166
Fig.V. 26 Parámetros filtrados para cobertura	166
Fig.V. 27 Cobertura de la zona1-OTECCEL	167
Fig.V. 28 Creación del archivo kml	167
Fig.V. 29 Macro cobertura V3	168
Fig.V. 30 Mapa de cobertura para la zona1	168
Fig.V. 31 SAMM4-Calidad de conversación	170
Fig.V. 32 Campos ingresados para MOS	171
Fig.V. 33 Forma de escoger la operadora-MOS	171
Fig.V. 34 Resultado de MOS	171
Fig.V. 35 SAMM2-Mensajes cortos con éxito	175
Fig.V. 36 Campos ingresados para mensajes cortos con éxito	175
Fig.V. 37 Forma de escoger la operadora	176
Fig.V. 38 Campos ingresados para tiempo de entrega de mensajes	179
Fig.V. 39 Forma de escoger la operadora	179
Fig.V. 40 Canales de GSM	182
Fig.V. 41 Pasos de una llamada en GSM	185
Fig.V. 42 Errores en establecimiento de llamadas	187
Fig.V. 43 Eventos en el software TEMS Presentation	187
Fig.VI. 1 Tiempo de espera para GSM	192

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla III. 1 Características principales de los sistemas 1G	63
Tabla III. 2 Características principales de los sistemas 2G	76
Tabla IV. 1 Porcentaje de líneas activas en Ecuador	101
Tabla IV. 2 Tamaño de muestras	127
Tabla IV. 3 Radiobases CONCEL-GSM	129
Tabla IV. 4 Radiobases CONECL-UMTS	130
Tabla IV. 5 Radiobases OTECEL-GSM	132
Tabla IV. 6 Radiobases OTECEL-UMTS	132
Tabla IV. 7 Radiobases CNT-CDMA	134
Tabla V. 1 Porcentaje de parámetros de calidad técnicos	143
Tabla V. 2 Valores objetivo en ciudades	147
Tabla V. 3 Valores objetivo en carreteras	149
Tabla V. 4 Cronograma de mediciones en carreteras	150
Tabla V. 5 Cronograma de pruebas	150
Tabla V. 6 Llamadas establecidas-zona1	154
Tabla V. 7 Llamadas establecidas-zona2	154
Tabla V. 8 Llamadas establecidas-zona3	154
Tabla V. 9 Llamadas establecidas-zona4	155
Tabla V. 10 Llamadas establecidas-zona5	155
Tabla V. 11 Llamadas establecidas-zona6	155
Tabla V. 12 Tiempo de establecimiento de llamadas-zona1	158
Tabla V. 13 Tiempo de establecimiento de llamadas-zona2	158
Tabla V. 14 Tiempo de establecimiento de llamadas-zona3	158
Tabla V. 15 Tiempo de establecimiento de llamadas-zona4	159
Tabla V. 16 Tiempo de establecimiento de llamadas-zona5	159
Tabla V. 17 Tiempo de establecimiento de llamadas-zona6	159
Tabla V. 18 Llamadas caídas-zona1	162
Tabla V. 19 Llamadas caídas-zona2	162
Tabla V. 20 Llamadas caídas-zona3	162
Tabla V. 21 Llamadas caídas-zona4	163
Tabla V. 22 Llamadas caídas-zona5	163
Tabla V. 23 Llamadas caídas-zona6	163
Tabla V. 24 Porcentaje de cobertura-GSM	169
Tabla V. 25 Porcentaje de cobertura-WCDMA	169
Tabla V. 26 MOS-zona1	172
Tabla V. 27 MOS-zona2	172
Tabla V. 28 MOS-zona3	172

Tabla V. 29 MOS-zona4	173
Tabla V. 30 MOS-zona5	173
Tabla V. 31 MOS-zona6	173
Tabla V. 32 Mensajes con éxito-zona1	176
Tabla V. 33 Mensajes con éxito-zona2	177
Tabla V. 34 Mensajes con éxito-zona3	177
Tabla V. 35 Mensajes con éxito-zona4	177
Tabla V. 36 Mensajes con éxito-zona5	178
Tabla V. 37 Mensajes con éxito-zona6	178
Tabla V. 38 Tiempo de entrega de mensajes-zona1	180
Tabla V. 39 Tiempo de entrega de mensajes-zona2	180
Tabla V. 40 Tiempo de entrega de mensajes-zona3	181
Tabla V. 41 Tiempo de entrega de mensajes-zona4	181
Tabla V. 42 Tiempo de entrega de mensajes-zona5	181
Tabla V. 43 Tiempo de entrega de mensajes-zona6	182



## INTRODUCCIÓN

En éste proyecto de tesis se analizan las mediciones de drive test realizadas por la SUPERTEL en la red de Servicio Móvil Avanzado de la ciudad de Riobamba, la misma que permite mejorar los niveles de cobertura y calidad de servicio, teniendo en cuenta que los operadores de nuestro país tratan de aumentar sus servicios a un mayor número de usuarios, cuya estrategia es brindarles mayor cobertura y más servicios al menor costo posible.

Actualmente los operadores tienen como objetivo aumentar la calidad de servicio brindados a su gran número de usuarios para lo cual han optado por desarrollar las tecnologías GSM Y WCDMA que constituyen las dos tecnologías de comunicaciones móviles con mayor éxito a nivel mundial.

Para el análisis la SUPERTEL realiza las mediciones a través de drive test's, con equipos especializados y teléfonos de ingeniería, en donde se procederá a la verificación de los parámetros establecidos por las operadoras y la publicidad ofertada a sus clientes.

# CAPÍTULO I

---

## 1 MARCO REFERENCIAL

### 1.1 Antecedentes

En la actualidad ha sido impresionante el crecimiento de la telefonía móvil, La SUPERTEL indica que hay más de 17 millones de móviles y de acuerdo al INEC existen más de 14.5 millones de habitantes, es decir una penetración mayor al 100% de telefonía móvil en el Ecuador. El teléfono móvil es uno de los avances tecnológicos que ha cambiado nuestra forma de concebir la comunicación y, en muchos casos, hasta nuestros propios hábitos de vida. Hoy en día utilizamos nuestro teléfono celular para múltiples usos, no solo para realizar llamadas telefónicas sino para acceder a múltiples

aplicaciones entre ellas los servicios multimedia y el Internet. En tecnologías de servicio móvil avanzado 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 sean mejor aprovechados de tal forma que los costos no incrementen de forma exponencial para el proveedor y el cliente y poder satisfacer eficientemente las necesidades. Con las tecnologías existentes, se pretende hacer un uso eficiente de los recursos de red y mejorar la calidad del servicio que recibe el usuario. Para lo cual, en primera instancia debemos conocer la arquitectura de la red para poder hacer el análisis básico requerido del sistema. Y así poder obtener el throughput y delay del mismo, ya que son parámetros elementales del rendimiento de la red para determinar la tasa media de éxito de la entrega de mensajes en un canal de comunicación.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo general**

- ✓ Analizar el funcionamiento de la Red de Servicio Móvil Avanzado en la ciudad de Riobamba obtenido a través de mediciones de Drive Test para el análisis, detección de problemas y propuestas de mejoras en los niveles de cobertura y calidad de servicio.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- ✓ Estudiar detenidamente el funcionamiento de la red de SMA de la ciudad de Riobamba, referente a niveles de cobertura y calidad de servicio.

- ✓ Analizar los parámetros obtenidos en las mediciones de drive test como caída de llamadas, llamadas no concretadas, etc.
- ✓ Determinar las zonas de cobertura que no satisfacen los requerimientos de calidad de acuerdo con las mediciones de Binning proporcionadas por la SUPERTEL.
- ✓ Plantear posibles alternativas en los parámetros físicos o lógicos para mejorar la cobertura y por ende la calidad de servicio en la red SMA de la ciudad de Riobamba.

### **1.3 Justificación**

Debido a que existen zonas en donde no se satisfacen adecuadamente con los requerimientos de cobertura y calidad de servicio en la ciudad de Riobamba y de acuerdo con la Base de Datos de mediciones del sistema automático de control de calidad de SMA (SMM) de la SUPERTEL, el desarrollo de éste trabajo está encaminado a realizar pruebas de Drive Test a fin de tener mejoras y promover el óptimo rendimiento de la red de servicio móvil avanzado actual en la ciudad de Riobamba. La herramienta de campo Drive Test permite detectar posibles anomalías que se suscitan en una red de acceso tales como: caídas de llamadas, interferencias, llamadas no concretadas, fallas de acceso, entre otras y se podrán proponer ajustes en los parámetros físicos o lógicos de la red de acceso, para poder solucionar estos problemas y así lograr que las operadoras móviles den un servicio óptimo a los usuarios cumpliendo con los indicadores de grado de servicio considerados por los organismos de regulación y control.

## 1.4 Hipótesis

### ✓ Variable dependiente

Mejorar los niveles de cobertura y calidad de servicio.

El análisis de las mediciones de drive test realizadas por la SUPERTEL en la red de Servicio Móvil Avanzado de la ciudad de Riobamba inciden en el mejoramiento de los niveles de cobertura y calidad de servicio.

### ✓ Variable Independiente

Análisis de las mediciones de drive test realizadas por la SUPERTEL en la red de Servicio Móvil Avanzado de la ciudad de Riobamba.

## **CAPÍTULO II**

---

### **2 MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 SERVICIO MÓVIL AVANZADO**

##### **2.1.1 Introducción**

El servicio telefónico móvil ha evolucionado en gran manera desde su aparición en los inicios de la década de 1940. En sus inicios el alto costo y el bajo ancho de banda espectral asignado para las comunicaciones móviles retardó su crecimiento. En la actualidad los avances tecnológicos han influido definitivamente en la reducción de costos de uso de la telefonía móvil, adicionalmente soportan mayor cantidad de servicios de telecomunicaciones.

Es lógico que las innovaciones tecnológicas obliguen a cambios regulatorios a fin de controlar los servicios de telecomunicaciones soportados por estas mejoras tecnológicas para que el usuario tenga el mayor provecho de estos servicios.

Para comprender los conceptos actuales que se manejan en el servicio móvil, se requiere recurrir, a la historia y los conceptos anterior que son aún usados en la actualidad.

## **2.1.2 HISTÓRIA**

### **2.1.2.1 PRIMEROS PASOS<sup>1</sup>**

Para la década de 1940 se habían desarrollado un sistema móvil analógico, el cual consistía en una radio base de gran potencia de emisión que cubría una gran área usando canales semidúplex para la comunicación entre usuarios en un esquema conocido como PTT (Push ToTalk). A medida que el tiempo pasaba, se evidenció la necesidad de conceder mayor espectro destinado para las comunicaciones móviles, libreando una gran porción del mismo que era utilizado para transmisión de señales de televisión, para poder utilizarlo en aplicaciones de comunicación móvil.

La tecnología se ocupaba de optimizar el uso espectral a fin de obtener mayor lucro y atraer mayor cantidad de usuarios. En base a ingeniería, se propusieron alternativas que optimizarían el uso del espectro y abaratarían costos y que actualmente permiten brindar múltiples servicios móviles.

---

<sup>1</sup> Fuente: Tomasi, Wayne. Sistemas de Comunicaciones Electrónicas (4ta ed). México: Pearson Education, 2003. Capítulo 20

Para los inicios de 1980, se inició la explotación de telefonía celular que empleaba esquemas de modulación analógicos en lo que se conocía como primera generación de la telefonía celular. Alrededor del mundo se propusieron estándares que se caracterizaban por no ser compatibles entre sí, tal era el caso de AMPS (Advance Mobile PhoneSystem), TACS (Total Access CommunicationSystem), Radiocom 2000, entre otros.

#### **2.1.2.2 De GSM a LTE<sup>2</sup>**

Se crea la necesidad de desarrollar un sistema que supere los problemas que se presentaban en la primera generación (1G), especialmente los relacionados con la compatibilidad. La CEPT (European Conference of Postal and Telecommunications Administrations) desarrolla GSM, cuyas siglas originalmente significaban Groupe Spécial Mobile y evolucionaron a Global System for Mobile communications. Este sistema se conoce como segunda generación (2G).

En 1989 la responsabilidad de desarrollar estándares de GSM pasa de la CEPT a la ETSI (European Telecommunications Standards Institute) quienes conformarían el grupo principal de trabajo GSM conformado por 4 subgrupos de trabajo: GSM1, GSM2, GSM3 y GSM4.

En 1991, se creó el grupo SMG (Special Mobile Group) y los subgrupos SM1, SM2, SM3 y SM4 con tareas similares a las de GSM1 a GSM4, con la diferencia de que se trataba de un estudio de la etapa posterior a GSM. Con el tiempo se

---

<sup>2</sup> Fuente: Hernando, José María. Comunicaciones Móviles (2da ed). Madrid: Editorial Universitaria Ramón Areces. 2004. Capítulos 1 y 6.



adicionarían dos entre los cuales se incluye un subgrupo dedicado al desarrollo de UMTS (Universal Mobile Telecommunications System).

Las mejoras tecnológicas que se llevarían a cabo en las redes 2G se basarían en los estándares GSM originales. Tecnologías como EDGE, GRPS, EGPRS, entre otras lo que hacían era modificar la tecnología de conmutación empleada anteriormente.

Con el tiempo, la tendencia a comunicación universal entre personas ha empujado a una evolución mayor en los sistemas de comunicación personal. En este contexto aparece la tecnología correspondiente a la tercera generación (3G). Con sistemas como UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) se busca la comunicación entre personas independientemente de su localización geográfica, la tecnología de los terminales o el medio de transmisión.

La llegada de LTE al mercado marcaría una nueva etapa en la comunicación móvil ofreciendo una mayor velocidad de la alcanzada hasta la época. Si bien LTE y LTE-Advance, para fines comerciales, suelen ser promocionadas como tecnología de cuarta generación (4G), en diciembre de 2011 la SUPERTEL, como organismo técnico de control y en vista de la divergencia de criterios en cuanto a la categorización de las tecnologías mencionadas, hace un requerimiento a la UIT<sup>3</sup> para informar las tecnologías inalámbricas y su versión que son catalogadas como tecnologías de cuarta generación 4G. A lo cual la UIT respondió que el término 4G aún no se ha

---

<sup>3</sup> Fuente: Oficio SLT-2011-00906, 14 de Noviembre del 2011. Requerimiento de información de 4G de la Supertel a la UIT.

definido y que LTE-Advance y Wireless MAN-Advance se identifican como IMT-Advance, es decir que es una evolución de IMT-2000, que es un sistema de 3G.

## 2.2 Telefonía Celular<sup>4</sup>

### 2.2.1 Estructura del Sistema Celular

Una red celular consiste tanto de secciones basadas en radio como en tierra. A tal red se la conoce comúnmente como red pública móvil terrestre (**PLMN** por sus siglas en inglés – Public Land Mobile Network). La red compuesta de los siguientes elementos:

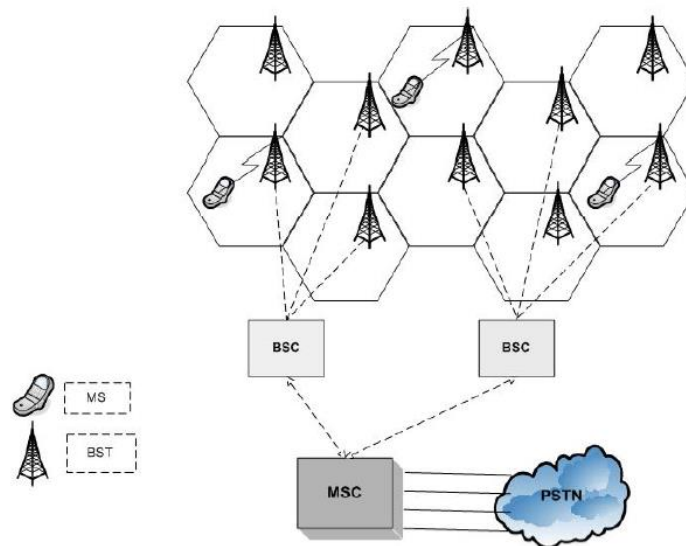
- ✓ Estación móvil (**MS** por sus siglas en inglés – Mobile Station): un dispositivo usado para comunicarse en una red celular.
- ✓ Estación transceptora base o radio base (**BST** por sus siglas en inglés – Base Station Transceiver): un transmisor/receptor usado para transmitir/recibir señales de la sección de radio de la red.
- ✓ Centro conmutador móvil (**MSC** por sus siglas en inglés – Mobile Switching Center): El corazón de la red el cual establece y mantiene las llamadas que se hacen en la red.
- ✓ Controlador de estación base (**BSC** por sus siglas en inglés – Base Station Controller): controla las comunicaciones entre un grupo de BSTs y un único MSC.
- ✓ Red de telefonía pública conmutada (**PSTN** por sus siglas en inglés – Public Switched Telephone Network). La sección terrestre de la red.

---

<sup>4</sup> Fuente: [http://profesores.fi-b.unam.mx/victor/LTesis\\_Patricia\\_Sanchez.pdf](http://profesores.fi-b.unam.mx/victor/LTesis_Patricia_Sanchez.pdf), Nov. 2012.

Las BSTs y su BSC controlantes, a menudo se refieren colectivamente como el subsistema estación base (**BSS** por sus siglas en inglés – Base Station Subsystem): Para usar en forma eficiente el espectro de radio<sup>5</sup>, se reutilizan las mismas frecuencias en celdas no adyacentes. Una región geográfica se divide en celdas.

Cada celda tiene una BST que transmite datos a través de un vínculo de radio a las MSs dentro de una celda. Un grupo de BSTs están conectadas a una BSC. Un grupo de BSCs están a su vez conectadas a un MSC a través de vínculos de microondas o líneas telefónicas. El MSC se conecta a la PSTN, la cual deriva las llamadas a otras estaciones móviles o teléfonos terrestres. En la Fig.II. 1 se muestra como éstos elementos se relacionan unos con otros dentro de la red.



**Fig.II. 1** Sistema celular<sup>6</sup>

<sup>5</sup> El Espectro Radioeléctrico está formado por las ondas electromagnéticas propagadas por el espacio, es decir, sin una guía artificial, en las frecuencias comprendidas entre 9 kHz y 3.000 GHz.

<sup>6</sup> Fuente: [http://profesores.fi-b.unam.mx/victor/LTesis\\_Patricia\\_Sanchez.pdf](http://profesores.fi-b.unam.mx/victor/LTesis_Patricia_Sanchez.pdf), Nov. 2012.

Debido a la limitación del espectro radioeléctrico se debe manejar el mismo, buscando la mayor eficiencia en su uso, esto implica buscar métodos mediante los cuales se puedan atender más usuarios usando las mismas porciones del espectro. Esta manera de planificar el acceso se conoce como técnica de acceso múltiple o de multiacceso<sup>7</sup>.

En general se consideran cuatro métodos de multiacceso:

- a) Acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA). Consiste en la canalización del ancho de banda asignado para poder asignar un determinado canal durante todo el tiempo a un usuario de la red.
- b) Acceso múltiple por división de tiempo (TDMA). Esta técnica permite a varios usuarios compartir un mismo canal dividiendo la señal en intervalos de tiempo de duración definida, llamados slots, de esta manera cada usuario puede aprovechar todo el ancho de banda disponible durante su periodo de transmisión. Posteriormente las ranuras de tiempo de un mismo usuario se recolectan y conforman una trama.
- c) Acceso múltiple por división de código (CDMA). Este tipo de comunicaciones asigna códigos específicos a cada conversación para garantizar su privacidad. Estos códigos cumplen con ciertas propiedades como la ortogonalidad, que es lo que garantiza que las conversaciones no se interfieran entre sí. En la realidad, la interferencia no es nula, pero

---

<sup>7</sup> Multiacceso es el que permite a varios usuarios, cada uno desde su terminal, hacer uso de un mismo ordenador simultáneamente.

de debe considerar un límite en su valor para garantizar la calidad de conversación.

- d) Acceso múltiple por división espacial (SDMA). Consiste en usar las mismas frecuencias portadoras en regiones que se encuentren a una distancia adecuada para evitar la interferencia entre si. Es uno de los fundamentos de la telefonía celular.

En la práctica, se utilizan varias técnicas de acceso simultáneamente.

Para la misma EM se eligen frecuencias diferentes en los enlaces de subida y bajada para evitar interferencias. Cada una de estas portadoras se escoge de una sub-banda inferior y una sub-banda superior, respectivamente. La sub-banda inferior se asigna al enlace ascendente ya que en baja frecuencia la atenuación por propagación es menor y así se optimiza el uso de la energía de EM.

### **2.2.2 Proceso de una llamada**

La siguiente descripción de una móvil haciendo una llamada a otra estación móvil explica mejor la tecnología subyacente en un sistema de red celular.

En una estación móvil (MS) inicia una llamada enviando un pedido de inicio de llamada a su estación base (BST) más cercana. Este pedido se envía en un canal especial, el canal de control inverso, (RCC por sus siglas en inglés – Reverse Control Channel). La estación base envía el pedido, que contiene el número de teléfono de la parte llamada, al MSC. El MSC valida el pedido y usa el número para hacer una conexión a la parte siendo llamada a través de la PSTN. Primero se conecta a él mismo al MSC de la parte siendo llamada,

luego el MSC instruye a las estaciones base y móvil que colocó la llamada para cambiar a los canales de voz. La estación móvil que inició la llamada está entonces conectada con la estación llamada usando canales de voz hacia adelante y hacia atrás sin usar (FVC, BVC por sus siglas en inglés – Forward Voice Channel, Backward Voice Channel).

Los pasos que tienen lugar cuando una estación móvil recibe una llamada entrante son:

Las estaciones móviles analizan continuamente el canal hacia adelante (FCC por sus siglas en inglés – Forward Control Channel) por señales de búsquedas desde las estaciones base.

Cuando un MSC recibe un pedido para una conexión a una estación móvil en su área, envía un mensaje de “Broadcast<sup>8</sup>” a todas las estaciones base bajo su control. Este contiene el número de la estación móvil que está siendo llamada. Las estaciones base luego emiten el mensaje en todos los canales de control hacia adelante (FCC). La estación móvil correcta reconoce la búsqueda, identificándose en el canal de control inverso (RCC). El MSC recibe el reconocimiento a través de la estación base, e instruye a las estaciones base y móvil a cambiar a un canal de voz sin utilizar. Se transmite entonces un mensaje de datos sobre el FVC, que le indica al teléfono móvil que suene. Los pasos explicados suceden lo suficientemente rápido como para que el usuario no experimente ninguna demora perceptible entre el pedido de inicio de una llamada y la llamada realmente establecida.

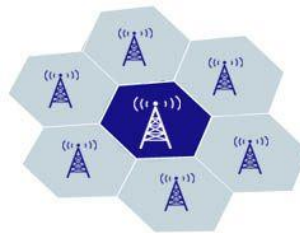
---

<sup>8</sup> Broadcast es la transmisión de los paquetes que serán recibidos por todos los dispositivos en una red.

### 2.2.3 Célula o Celda

Célula es cada una de las unidades básicas de cobertura en que se divide un sistema celular. Cada célula contiene un transmisor el cual puede estar en el centro de la célula, si las antenas utilizan un modelo de radiación omnidireccional<sup>9</sup>; o en un vértice de la misma, si las antenas tienen un diagrama directivo. Además transmite un subconjunto del total de canales disponibles para la red celular a instalar. Cada célula tiene un número de radiocanales de frecuencia asignado, además de varios canales de tráfico, tendrá uno o más canales de señalización o control para la gestión de los recursos de radio y la movilidad de las estaciones móviles a ella conectados.

Las células son en teoría de forma hexagonal, como se muestra en la Fig.II. 2. La red se encuentra diseñada para que los tamaños de las células sean relativos al número de usuarios; por lo tanto, entre mayor número de usuarios, las células son más pequeñas y hay un mayor número de ellas para cubrir el área, como sería en las zonas urbanas; en las zonas rurales, las células son de mayor área y el número de ellas en menor.



**Fig.II. 2**Celdas celulares<sup>10</sup>

<sup>9</sup> La Radiación Omnidireccional es aquella que radia o capta por igual en todas direcciones, es decir, en los 360°.

<sup>10</sup> Fuente: <http://xpertsfactory.blogspot.com/2012/10/funcionamiento-de-la-red-celular.html>, Nov. 2012.

La forma hexagonal, en relación a la cobertura circular, presenta la ventaja de no dejar espacios vacíos entre la cobertura de distintas celdas.

### **2.2.3.1 Cell-Splitting**

Cuando el número de usuarios se incrementa y se acerca al máximo número al que se puede dar servicio por célula a un punto tal que la calidad del servicio es afectada, las células pueden ser subdivididas en células más pequeñas, éste proceso es conocido como *Cell-Splitting*. Si esto no se realiza de forma planeada, la “obstrucción” se puede incrementar. Esta obstrucción ocurre cuando un usuario desea hacer una llamada y el sistema está saturado y no puede hacer que ésta sea completada.

Una medida del cumplimiento del sistema telefónico es la medida de obstrucciones que ocurren dentro del sistema. Para prevenir la obstrucción en el sistema, desde la PSTN es ocupada la división de células. Esto también obedece a la demanda del área, si esta tiene una gran demanda, hay más número de células de menor tamaño, si esta no tiene un tráfico denso, es menor el número de células, y estas de mayor tamaño.

En principio, en el Cell-Splitting cada célula tiene el mismo número de canales que en la célula original. Cada célula, por lo tanto, es capaz de soportar el mismo número de usuarios que la célula original. Sin embargo, es necesario reducir la potencia de salida del transmisor de la BST para minimizar la interferencia co-canal<sup>11</sup>.

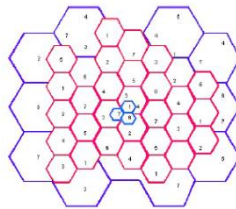
---

<sup>11</sup> Interferencia co-canal ocurre cuando la misma frecuencia de portadora de dos transmisores separados físicamente, llegan a un mismo receptor al mismo tiempo.



Por el proceso de división de células, el número potencial de usuarios puede ser incrementado sin la necesidad de un ancho de banda extra. Por supuesto, más BST's son necesarias para cada nueva célula, pero el costo de la infraestructura adicional se ve compensado con el incremento de usuarios.

Una vez que estas células pequeñas tienen más suscriptores de los que pueden para proveer el servicio adecuado, otro Split tiene lugar. De esta manera, una célula es dividida en cuatro células más pequeñas, y las nuevas células son traslapadas en una célula adyacente sin dividir, como se muestra en la Fig.II. 3.



**Fig.II. 3** Dos niveles de split<sup>12</sup>

Existen restricciones de la división de células en el aspecto económico y práctico, el costo del sistema de incrementa si el tamaño de las células se decrementa. En la práctica las células más pequeñas tienen un tamaño aproximado de 2 km de diámetro en áreas urbanas; las células en áreas rurales son típicamente de 15 km de radio.

Aún así, la dificultad de las tareas de ingeniería es tener células traslapadas para que no existan huecos en el área de cobertura, pero con la mínima interferencia.

<sup>12</sup> Fuente: [http://profesores.fi-b.unam.mx/victor/LTesis\\_Patricia\\_Sanchez.pdf](http://profesores.fi-b.unam.mx/victor/LTesis_Patricia_Sanchez.pdf), Nov. 2012.

En áreas urbanas densas las células son pequeñas de tamaño, la interferencia co-canal puede ser un serio problema. Esto puede ser minimizado por el uso de antenas direccionales<sup>13</sup> en la BST. Típicamente, tres o seis antenas son usadas, cubriendo un área de 120° o 60°. Asumiendo que sean 3 antenas, cada BST sirve de manera eficiente tres células y el tamaño del clúster se incrementa de siete a veintiuno. El uso de antenas direccionales reduce el costo de infraestructura debido a que son muchas menos las BST's requeridas; esto, en turno, facilita la dificultad de obtener sitios adecuados para las BST's.

### **2.2.3.2 Geometría Celular**

Después de haber diseñado el patrón deseado de célula, incluyendo el espacio de separación para prevenir la interferencia co-canal, es necesario planear el correcto posicionamiento del equipo de la BST y la selección del equipo necesario para servir cada llamada, para lograr que se lleven a cabo las ventajas consideradas en el diseño de dicho patrón celular.

Para llevar a cabo este fin y poder hacer una planeación adecuada para el desarrollo del tráfico en la red celular, es conveniente utilizar un patrón estructurado geométricamente en vez de usar un patrón irregular y amorfo. Esto principalmente porque una estructura irregular puede darnos funcionalidad en una primera etapa de desarrollo del sistema.

Sin embargo si consideramos el desarrollo del sistema a futuro y el incremento de tráfico y usuarios en la red, esta estructura resulta impráctica, debido al uso ineficiente que se hace del espectro radioeléctrico y la interferencia co-canal

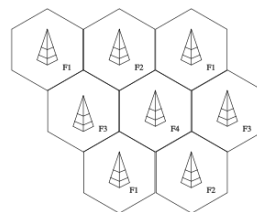
---

<sup>13</sup> Las Antenas Direccionales son utilizadas ampliamente en la recepción de señales televisivas, comúnmente en frecuencias de 30Mhz a 3Ghz.

que se produce entre las células, provocando así el poder llevar a cabo la reutilización de frecuencias.

Estas dificultades propician que el diseño del patrón celular se dirija hacia una estructura regular. Proponiendo en primera instancia el uso de una geometría circular con antenas omnidireccionales. Aunque un círculo es la forma de célula recomendada, teóricamente las consideraciones de la transmisión sugieren que una célula es un diseño impráctico debido a que éste proporciona áreas ambiguas con cualquiera de las dos: múltiple difusión o no difusión.

Para asegurar una completa área de cobertura, una serie de polígonos regulares han sido adoptados en el diseño del sistema celular. De los polígonos regulares, escoger un triángulo equilátero, rectángulo y hexágono, elimina el problema de cobertura múltiple o huecos en el área de cobertura. Cualquiera de estos tres puede ser adoptado para el diseño de células. Estas estructuras de polígonos regulares hacen más fácil ver donde una célula termina y empieza otra, como se muestra en la Fig.II. 4.

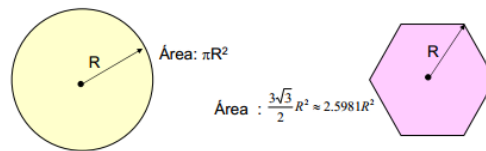


**Fig.II. 4** Estructuras de las células<sup>14</sup>

Por razones económicas, el hexágono ha sido el escogido por las compañías. Para entender el motivo de esta decisión, hay que considerar el peor de los

<sup>14</sup> Fuente: <http://falconvoy.blogspot.com/2011/04/origen-de-la-celularitis.html>, Nov. 2012.

casos de los puntos en la red celular, el punto más lejano desde la BST. Es decir si asumimos que el centro de la célula es el punto de excitación, los puntos vértices son el peor caso ya que éstos poseen la distancia máxima desde el centro de la célula. Restringiendo la distancia desde el centro al vértice para  $R$  unidades para una calidad de transmisión satisfactoria, puede fácilmente demostrarse que el hexágono tiene la máxima área de cobertura, sobrepasando en un 20% al área de cobertura de la célula rectangular y en un 100% al área cubierta por la célula con geometría de triángulo equilátero como se muestra en la Fig.II. 5.



**Fig.II. 5** Áreas de las células<sup>15</sup>

Consecuentemente, un área hexagonal requiere menos células, y por lo tanto son necesarias menos BST's. Así, un sistema basado en la estructura celular hexagonal es justamente lo necesario para los propósitos de diseño desde un punto de vista analítico y teórico. En la vida real, el hexágono podría ser visto idealmente como un círculo o un patrón de cobertura distorsionado. El área central de cobertura está dividida en seis sectores que corresponde al incremento de tráfico. La sectorización es conseguida por el uso de antenas direccionales en las BST's.

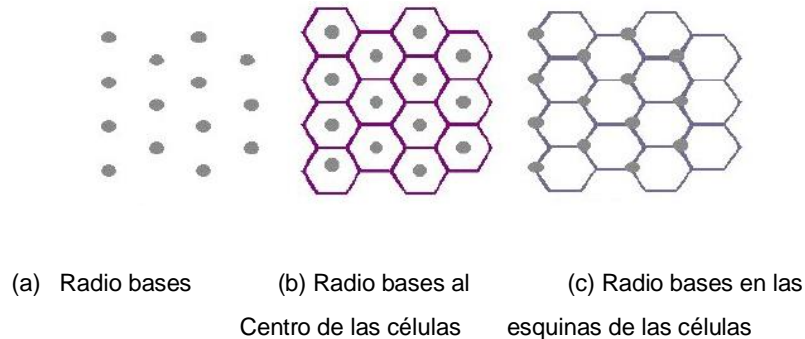
15

Fuente: [http://departamento.pucp.edu.pe/ingenieria/images/documentos/seccion\\_telecomunicaciones/Capitulo%20%20Generalidades%20de%20Redes%20Celulares.pdf](http://departamento.pucp.edu.pe/ingenieria/images/documentos/seccion_telecomunicaciones/Capitulo%20%20Generalidades%20de%20Redes%20Celulares.pdf), Nov. 2012.

### 2.2.3.3 Localización de la Radiobase (BST)

Si suponemos un arreglo regular de BST's, como el que se encuentra en la Figura 2.6 (a), podemos considerar entonces la asignación de dicha BST dentro de las células de dos maneras:

- ✓ La BST puede ser ubicada en el centro de la célula como se puede ver en la Figura 2.6 (b). En este caso, las frecuencias asignadas a la célula son radiadas de forma omnidireccional, o bien,
- ✓ La BST se encuentra localizada en las esquinas de manera alternativa del hexágono regular como se muestra en la Fig.II. 6 (c). Para este caso, son utilizadas las antenas direccionales a  $120^\circ$  y la BST emite energía en tres direcciones para suministrar asilamiento espacial entre tres células.

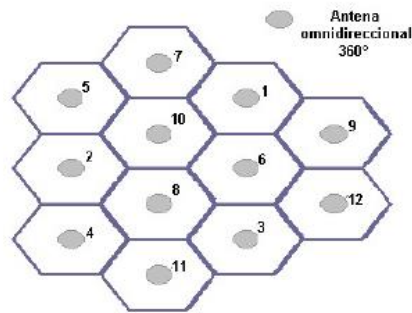


**Fig.II. 6** Localización de la BST<sup>16</sup>

Para reducir el costo inicial de un sistema, las antenas omnidireccionales son generalmente utilizadas en lugar de antenas direccionales como se muestra en la Fig.II. 7. Conforme el sistema va evolucionando, los costos ahorrando pueden ser alcanzados por no incrementar el número de BST's; las antenas omnidireccionales situadas en las antiguas BST's, son remplazadas por antenas

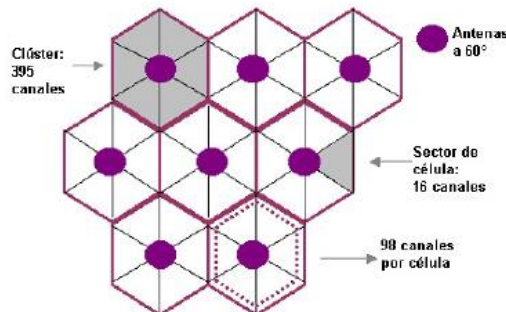
<sup>16</sup> Fuente: [http://profesores.fi-b.unam.mx/victor/LTesis\\_Patricia\\_Sanchez.pdf](http://profesores.fi-b.unam.mx/victor/LTesis_Patricia_Sanchez.pdf), Dic. 2012.

direccionales.



**Fig.II. 7** Ubicación de BST con antena omnidireccional<sup>17</sup>

Hay dos tipos comunes de antenas direccionales utilizadas; cualquiera de las dos, la antena que emite a  $120^\circ$  o la antena sectorizada a  $60^\circ$ , como se muestra en la Fig.II. 8. Para las células sectorizadas con antenas a  $60^\circ$ , la ubicación de la BST original no tiene que cambiarse.



**Fig.II. 8** Ubicación de BST con antena sectorizada a  $60^\circ$ <sup>18</sup>

#### 2.2.3.4 Mínimo Radio de la Célula.

Generalmente cuando se diseña una red, las células donde se considera habrá un mayor tráfico son divididas desde un principio, y posteriormente se prosigue

<sup>17</sup> Fuente: [http://profesores.fi-b.unam.mx/victor/LTesis\\_Patricia\\_Sanchez.pdf](http://profesores.fi-b.unam.mx/victor/LTesis_Patricia_Sanchez.pdf), Dic. 2012.

<sup>18</sup> Ibídem

en dividir el resto de las células grandes en células de menos tamaño. El proceso de división de células es semejante a dividir el radio original de la célula a la mitad. De esta manera, el área de la nueva célula es un cuarto del área de la célula original. Partiendo de que la capacidad de tráfico es proporcional al número de nuevas células, cada división incrementa la capacidad por un factor de cuatro. Así la máxima capacidad de tráfico puede ser fijada por el último tamaño de la célula. Considerando que cada división incrementa tanto la complejidad del sistema así como la capacidad, el costo por cliente sigue sin cambiar. Aunque la división de célula no ocasiona un costo adicional al usuario, este proceso no puede seguir indefinidamente debido que entre más pequeñas células se tengan se requerirán más procesos de “handover<sup>19</sup>” de una célula a otra cuando el móvil se desplace dentro del área de cobertura. Esto hace necesario requerimientos de hardware adicionales al MSC. Combinando los requerimientos del MSC con los estrictos requerimientos de tolerancia de las BST's a cerca de un cuarto de radio de la célula, el límite mínimo práctico de radio por célula actualmente utilizado es de una milla.

#### **2.2.3.5 Máximo Radio de una Célula**

Ajustar al máximo radio para una célula dentro de la cual se mantenga una calidad satisfactoria de transmisión sin una indebida penalidad financiera es generalmente el objetivo durante la planeación inicial del sistema celular. El máximo radio de una célula es limitado por la potencia generada por la BST y el móvil, esto asociado con las ganancias de la antena y el contorno del terreno.

---

<sup>19</sup> Handover es el sistema utilizado en comunicaciones móviles celulares con el objetivo de transferir el servicio de una estación base a otra cuando la calidad del enlace es insuficiente.

Para una ganancia fija de la antena y un efecto de propagación fijo, el radio de la célula puede ser incrementado para transmitir a mayor potencia. Esta técnica puede ser satisfactoriamente utilizada a alguna extensión y el tamaño del amplificador de potencia<sup>20</sup> (PA) puede ser incrementado. No obstante, asociado con el incremento del tamaño del PA se tienen problemas de generación de ruido adicional, enfriamiento y consumo de la potencia. Obviamente, en el caso del móvil, el consumo de potencia no debe exceder ciertos valores. En las BST's, tanto como en el móvil la generación de alta potencia impone especiales consideraciones de enfriamiento para el PA. En suma, un transmisor de alta potencia no es muy usado cuando el tráfico se incrementa y las células iniciales son divididas en células más pequeñas. Por otro lado, las antenas de las BST's incrementan su ganancia proporcionando los mismos beneficios que incrementar la capacidad del PA. En un sistema celular, la ganancia efectiva puede ser incrementada por aumentos en el tamaño de la antena o en su altura. Comparado con el incremento en la capacidad del PA, consiguiendo una alta ganancia de la antena por colocar la antena en un lugar más elevado, es relativamente barato. La altura de la antena es normalmente limitada a 100 por encima del suelo, y la ganancia de la antena es limitada de 6-10 dBi. Asumiendo que el tamaño de PA, la ganancia de la antena y su altura en la BST están fijados, el máximo valor del radio de la célula puede llegar a ser determinado por el contorno de la razón S/N<sup>21</sup> deseado.

---

<sup>20</sup> Un amplificador de potencia convierte la potencia de una fuente de corriente continua usando el control de una señal de entrada, a potencia de salida en forma de señal.

<sup>21</sup> La relación señal/ruido se define como el margen que hay entre la potencia de la señal que se transmite y la potencia del ruido que la corrompe. Este margen es medido en decibelios.



#### **2.2.4 Clúster o Racimo**

Lo forman un conjunto de células. Entre todas, agrupan la práctica totalidad de las frecuencias disponibles por la red celular. Sumando varios racimos es como se alcanza la cobertura final del sistema celular, reutilizándose de esta manera las mismas frecuencias en todos los racimos.

#### **2.2.5 Cobertura**

Se entiende por cobertura la zona desde la cual un terminal móvil puede comunicarse con las estaciones base y viceversa. La cobertura es el primer parámetro en que se piensa al diseñar una red de comunicaciones móviles.

En primer lugar, la cobertura o el alcance de radio de una red es la composición del alcance de radio de la suma de todas sus estaciones base. A la hora de planificar una red, desde el punto de vista de la cobertura, el primer dato que se necesita saber es la zona que se desea cubrir, o zona de servicio. Si se parte de ésta única hipótesis, dado un área a cubrir, sería necesario un número de células tal que la suma de las áreas cubiertas por dichas células, a una altura determinada  $h$  y transmitiendo a su máxima potencia, fuera igual al área a cubrir.

Ahora bien, debemos tener en cuenta que no basta con realizar el cálculo de potencia en el sentido estación base a móvil; también es necesario que el móvil, en función de su capacidad de transmisión, pueda llegar hasta la estación de base. Por ello, la cobertura de la red debe planificarse teniendo en cuenta las condiciones de transmisión en las que se encuentra el móvil, es a lo que se

denomina realizar un balance de enlace. Actualmente, las redes se diseñan teniendo en cuenta varios tipos de estaciones móviles: la máxima cobertura se ofrece para terminales instalados en vehículos, con antena exterior, y también se realizan provisiones para equipos portátiles en el exterior y en interior de vehículos, sin antena externa.

Debido a las características particulares del trayecto radioeléctrico, únicamente puede hablarse de cobertura en un sentido estadístico. Esto implica que, las áreas que se representan teóricamente cubiertas, lo están en un determinado porcentaje de ubicaciones y de tiempo. Hasta aquí todo es aplicable a casi cualquier sistema que tenga la radio como medio de transmisión. Lo que diferencia a un sistema celular es que, en zonas de alta densidad de tráfico, es capaz de utilizar más eficientemente que otros sistemas el limitado espectro radioeléctrico que tiene asignado. Esto implica un diseño de red radio denominado "celular", que es lo que le da el nombre al sistema.

El truco consiste en dividir el área a cubrir en un número de células suficientemente grande, que permita la reutilización de frecuencias. Desde el punto de vista de cobertura, lo que esta división en pequeñas células implica es que la cobertura de cada célula va a estar limitada por interferencias; es decir, el diseño se hará de forma tal que las células que utilizan los mismos radiocanales emitan a una potencia suficientemente baja para no interferirse entre si y, a su vez, no interferir a las estaciones móviles a los que están dando servicio. En definitiva, el máximo alcance de una célula sólo se podrá conseguir en lugares de poca densidad de tráfico, que no son los más adecuados para este tipo de sistemas.

## 2.2.6 Capacidad

Es la cantidad de tráfico que puede soportar este tipo de sistemas. El diseño de una red celular está pensado para soportar una gran capacidad de tráfico, gracias a que se comparten los canales y a la subdivisión celular (cell-splitting).

La capacidad por cada bloque de canales distribuido en una célula se calcula mediante la aplicación de la fórmula de Erlang<sup>22</sup>, es decir, como un sistema de llamadas perdidas (si colas), en el cual, una línea permanentemente ocupada corresponde a 1E y, una línea permanentemente libre corresponde a 0E. La palabra Erlang significa Extra Relatively Language.

El Erlang B es la fórmula de ingeniería de tráfico telefónico usada cuando el tráfico es aleatorio y se pierden las llamadas (es decir, este es el que utiliza el sistema celular). El Erlang B asume el bloqueo de llamadas y las distribuye automáticamente hacia otra ruta, haciendo desaparecer el bloqueo. El sistema debe ser capaz de ofrecer el servicio a varios miles de unidades móviles en el área de cobertura con un número organizado de canales. También existe el Erlang C, ésta fórmula de ingeniería de tráfico telefónico es usada cuando el tráfico es aleatorio y se mantienen las colas. El Erlang C asume todas las llamadas, reteniéndolas hasta que una línea esté disponible. Matemáticamente, el Erlang se define como:

$$E = \lambda * th$$

### Ecuación 2.1

---

<sup>22</sup> Erlang fue un matemático danés (1878-1929) inventor de la teoría del tráfico telefónico. Su nombre vino a denominar la unidad adimensional que expresa la intensidad o densidad del tráfico telefónico "E" y de sus modalidades.

Donde,

$\lambda$  = número de llamadas entrantes en una unidad de tiempo (arrival rate) expresado en llamadas/hora.

$t_h$  = es el promedio del tiempo de espera (holding) expresado en horas por llamada.

Por tanto 1 Erlang = 1 línea ocupada en una hora.

La capacidad de tráfico que aporta un sistema de tipo celular es en función del número de canales utilizado, o ancho de banda disponible, del tamaño de las células y de la configuración en racimos o clústers. La capacidad será mayor cuanto mayor ancho de banda se disponga, cuanto menor sea la célula y cuantas menos células sean necesarias por clúster. Este último parámetro estará fuertemente ligado a la relación de interferencia co-canal que el sistema sea capaz de soportar. Respecto al tamaño de la célula, este estará limitado por la capacidad del protocolo de gestión de la movilidad y por la velocidad a la que se desplacen las estaciones móviles en la zona de servicio.

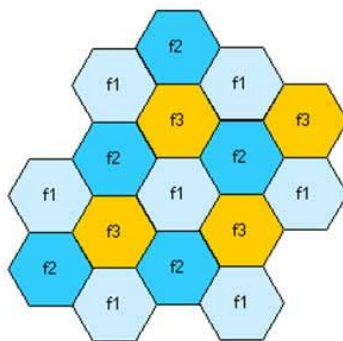
El diseño de la capacidad de los sistemas se realiza por zonas, tomando cada estación de base independientemente, suponiendo el caso de tráfico más desfavorable, es decir, el tráfico en la hora cargada.

### **2.2.7 Reúso de Frecuencias**

Esta es la técnica que permite diferenciar a los sistemas de concentración de canales frente al resto. Se trata de tomar todo el grupo de frecuencias asignado a la red y, dividiendo el grupo en varios subgrupos – células y ordenándolo

según una estructura celular o racimo.

Se puede construir grandes redes con las mismas frecuencias sin que estas interfieran entre sí. Es decir, el reuso de frecuencias en los canales discretos asignados para células específicas implica que dichas frecuencias asignadas a una célula pueden ser usadas de nuevo en cualquier célula con una separación de la célula con esas frecuencias, por una distancia suficiente como para prevenir la interferencia co-canal que deteriora la calidad en el servicio, como se muestra en la Fig.II. 9.



**Fig.II. 9** Reuso de frecuencias<sup>23</sup>

Conforme el número de usuarios aumenta, los canales asignados originalmente a la célula pueden ser continuamente reasignados, con el propósito de satisfacer la demanda de los usuarios. El uso múltiple del mismo canal en células con una separación geográfica asegura que el espectro sea utilizado de manera eficiente. Para obtener el número de reutilización de frecuencias (N) se lleva a cabo la Planeación de Frecuencias. Generalmente se utiliza el Plan N=7 que es un clúster de 7 células. Otros arreglos son posibles y del tamaño de los

<sup>23</sup> Fuente: <http://rj45.mx/5067/el-abc-de-la-telefonía-celular-parte-1/>, Dic. 2012.

clústers determina la distancia de separación entre células con rehúso de frecuencias, sin embargo en caso de ser necesario, un número de canales limitado puede ser asignado a cada célula.

### **2.2.8 Interferencia co-canal**

Es la interferencia causada por las células que reutilizan la misma frecuencia nominal.

### **2.2.9 Señalización**

Es toda comunicación dedicada a controlar os recursos del sistema para permitir la comunicación. Al hablar de comunicaciones celulares, se va a tratar de forma diferente la señalización asociada a la transmisión de radio y la relativa a la propia estructura de red. Ambos tipos de señalización sirven para los mismos propósitos, y solo se diferencian por el tipo de entidades a las que ponen en comunicación.

Funcionalmente, se podría distinguir entre:

- ✓ Señalización destinada a la gestión de los recursos de radio;
- ✓ Señalización destinada a la gestión de la movilidad; y,
- ✓ Señalización destinada al establecimiento de la comunicación, que, además, puede ser común con otros sistemas de comunicación y, en particular, debe ser compatible con las redes fijas a las que las redes celulares se conectan.

Cuando el usuario móvil realiza una llamada, el contacto inicial se realiza a través del canal de control. La señalización se realiza intercambiando paquetes

de datos (modulados en FSK) que ocupan la totalidad del canal de control. La BST asignará un canal de voz (una pareja de frecuencias) a la nueva conversación y ambos, BST y terminal móvil, conmutarán al canal de voz mientras dure la conversación.

Para realizar tareas de supervisión, se envían dos tonos dentro del canal vocal pero fuera de banda:

- ✓ El primero es el SAT (Supervisory Audio Tone), un tono que es enviado por la BST y que debe ser devuelto por el terminal móvil mientras la conversación está en curso. La pérdida de potencia en la recepción del SAT le indica a la BST que la señal es muy débil, bien por acercarse a la frontera de la célula (por tanto deberá proceder a un handover), o bien por otras razones (desconexión).
- ✓ El segundo es el ST (Signaling Tone) que se usa, por ejemplo, al final de una conversación para indicar que el terminal ha sido colgado.

Cuando se pierde el SAT puede desencadenarse el proceso de handover. Para ello la MSC pide a las BST adyacentes que monitoricen el nivel de señal del canal de voz correspondiente, asumiendo que el móvil ha entrado a entrado en la zona de cobertura de aquella BST cuya señal sea recibida con mayor amplitud. Si la conexión es posible en la nueva BST (quedan canales sin usar) la MSC, a través de la BST, le indicará al móvil la nueva frecuencia a utilizar. Para ello, se interrumpe la señal de voz por un momento (unos 400 ms) y se le envía un mensaje de señalización al móvil. Esta interrupción es apenas distinguible durante una conversación, pero si se están transmitiendo datos se

producirán una pérdida de información. Esta es una de las razones que ha llevado a la introducción de sistemas más avanzados como GSM.

### **2.2.10 Cambio de BST o Handover**

Es el proceso de pasar una comunicación de un mismo móvil de un canal a otro. Es lo que diferencia a un sistema celular de otro tipo de sistemas de radiocomunicaciones de concentración de enlaces. En función de la relación entre los canales origen y destino de la comunicación, los handover, también conocidos como hand off pueden clasificarse en:

- ✓ Handover Intercelular: si el canal destino se encuentra sobre otra frecuencia distinta a la del origen, pero en la misma célula.
- ✓ Handover InterBSC: cuando hay cambio de célula pero ambas células se encuentran dentro del mismo sistema controlador de estación base.
- ✓ Handover InterMSC: cuando hay cambio de célula y de controlador de estaciones base (BSC), pero ambos BSC dependen de la misma central de conmutación móvil (MSC).
- ✓ Handover entre MSC's: cuando hay cambio de célula y ambas células dependen de MSC's distintas.

### **2.2.11 HLR**

Son las siglas de "Home Location Register" o base de datos donde se contiene toda la información del usuario pertinente para la provisión del servicio de telefonía móvil. Los sistemas de altas y bajas de los operadores actuarán contra esta base de datos para actualizar las características del servicio de cada



cliente. También hay en el HLR información actualizada sobre la situación actual de sus estaciones móviles.

#### **2.2.12 VLR**

Corresponde a las siglas “Visitor Location Register” o base de datos donde se contiene toda la información del usuario necesaria para la provisión de los servicios durante la utilización de los mismos. El VLR tiene una copia de parte de los datos del HLR, referidos a aquellos clientes que se han registrado en la zona controlada por dicho VLR.

#### **2.2.13 Área de Localización**

Está formada por un conjunto de células, y determina el área donde se encuentra el móvil y las células a través de las cuales se emitirá un mensaje de búsqueda para este móvil, en caso de llamadas entrantes al mismo.

#### **2.2.14 Registro**

Es el proceso mediante el cual un móvil comunica a la red que está disponible para realizar y recibir llamadas. La red, por su parte, llevará a cabo una serie de intercambios de información con sus bases de datos antes de permitir o “registrar” al móvil. Gracias a este registro, la red sabrá en cada momento dónde localizar dicho móvil en caso de llegarle una llamada entrante.

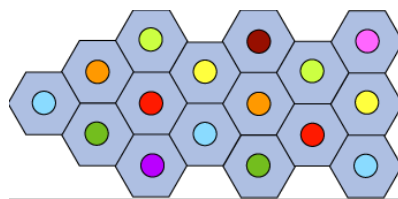
#### **2.2.15 Roaming o Itinerancia**

Es la capacidad que ofrece una red móvil para poder registrarse en cualquier VLR de la red. El usuario tiene que ser capaz de utilizar su unidad móvil a través

de diferentes áreas de coberturas y por los diferentes sistemas celulares que ofrecen el servicio. Un usuario que está en esta situación es conocido como roamer. Actualmente, el concepto de roaming está comúnmente asociado al registro de un móvil en una red distinta de la propia. En los sistemas modernos, el teléfono móvil recibe una identificación del sistema del operador al encenderse. Si en ese momento, el teléfono móvil detecta que la identificación del sistema no es la de su operador, es porque está en “roaming”; es decir, está usando los servicios de otro operador, con lo cual se puede usar un teléfono móvil en diferentes países.

### 2.2.16 Topología de la Red Celular

La topología celular está compuesta por áreas circulares o hexagonales, como se muestra en la Fig.II. 10.



**Fig.II. 10** Topología de una red celular<sup>24</sup>

La topología celular es un área geográfica dividida en regiones o celdas para los fines de la tecnología inalámbrica. En esta tecnología no existen enlaces físicos, solo hay ondas electromagnéticas<sup>25</sup>. La ventaja obvia de una topología celular (inalámbrica) es que no existe ningún medio tangible aparte de la atmósfera

<sup>24</sup> Fuente: <http://invea.wordpress.com/>, Dic. 2012.

<sup>25</sup> Una onda electromagnética es la forma de propagación de la radiación electromagnética a través del espacio.

terrestre o el del vacío del espacio exterior (y los satélites). Las desventajas son que las señales se encuentran presentes en cualquier lugar de la celda, de ese modo, pueden sufrir disturbios y violaciones de seguridad. Como norma, las topologías basadas en celdas se integran con otras topologías, ya sea que usen la atmósfera o los satélites.

### **2.2.17 Calidad**

La calidad del servicio debe ser comparable con el servicio de telefonía convencional. El nivel de calidad lo establece el Grado de Servicio GOS, también conocido como QoS (Quality of Service). El GOS puede ser definido como el número de llamadas perdidas o que no se llevaron a cabo, de manera relativa al número de llamadas intentadas.

En la práctica, el GOS es expresado como la porción de llamadas que no pudieron llevarse a cabo durante la hora pico de servicio debido a la falta de canales. El GOS debe ser típicamente de 2% y si es posible mejor. Esto significa que como máximo 2 llamadas en promedio de cada 100 pueden ser bloqueadas, o considerarse como pérdidas en horas pico de servicio, durante las horas no pico el servicio no debe tener problemas para llevar a cabo todas las llamadas. A par de la calidad en el servicio, también para los usuarios el costo y los aspectos económicos al contratarlo juegan un papel importante en su decisión, por tanto debe ser accesible al público en general.

## **2.3 Subsistemas de una Red Celular**

### **2.3.1 Radio**

El subsistema de radio, o la radio, es el que realiza el enlace entre los terminales móviles y las redes terrenas. El diseño de esta red es tremendamente importante en la configuración de una red celular, y gran parte del éxito o fracaso de la calidad de una red pasa por la planificación adecuada de este subsistema.

### **2.3.2 Conmutación**

La conmutación o estructura de red es el subsistema encargado de llevar las comunicaciones por tierra desde la estación base a la que se conecta el móvil hasta su conexión con la red destino de la llamada (generalmente la red fija) o hacia otra estación base a la que se encuentra conectado otro móvil. Se incluyen dentro de los sistemas de red todas aquellas bases de datos que apoyan a las distintas funciones del sistema.

### **2.3.3 Transmisión**

Es la estructura de enlaces que soporta las comunicaciones entre los diversos elementos de red. Es un elemento importante en la planificación, dado que implica grandes costos de explotación, y al que no se presta la debida importancia por ser poco llamativo cuando se explican las funcionalidades y capacidades de una red celular. Este subsistema es común a cualquier red de telecomunicaciones.

### **2.3.4 Operación y Mantenimiento**

Otro de los subsistemas importantes en una red celular es el subsistema de operación y mantenimiento. Suele quedar fuera de todos los planes de estudio, dado que el funcionamiento teórico de la red no necesita de éste subsistema. No obstante, no sería posible mantener en un correcto funcionamiento una red de telecomunicaciones sin un sistema de operación y mantenimiento que permita detectar y corregir o, al menos, ayudar a corregir los posibles fallos que se producen a diario en cualquier red.

### **2.3.5 Explotación**

Al igual que el anterior, el subsistema de explotación no suele aparecer en los libros de texto. Es más, los fabricantes de equipos de red dotan a estos de un interfaz hacia el subsistema de explotación, que debe ser comprado o, en el mejor de los casos, desarrollado a medida para el operador. El subsistema de explotación es el que permitirá al operador cobrar por el uso de su red, así como administrar la base de datos de sus clientes y configurar sus perfiles de usuario en función de las políticas comerciales desarrolladas.

## CAPÍTULO III

---

### 3 EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE SERVICIO MÓVIL AVANZADO<sup>26</sup>

#### 3.1 Introducción

La tecnología celular ha evolucionado desde la década de los 50 a través de la implementación del primer sistema *Mobile Telephone Service* (MTS<sup>27</sup>), el cual fue instalado en un vehículo, posteriormente a su evolución *Improved Mobile Telephone Service* (IMTS<sup>28</sup>); sistemas que poseían restricciones respecto a la movilidad, capacidad, servicios y la calidad de la voz. Posteriormente el

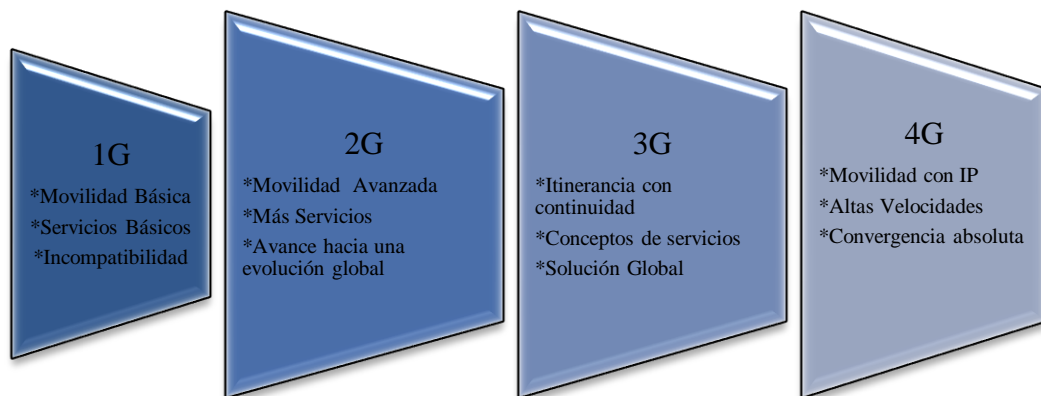
---

<sup>26</sup> Fuente: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/975/1/T-ESPE-029589.pdf>, [http://profesores.fi-b.unam.mx/victor/LTesis\\_Patricia\\_Sanchez.pdf](http://profesores.fi-b.unam.mx/victor/LTesis_Patricia_Sanchez.pdf)

<sup>27</sup> MTS era una de las normas móviles telefónicas más tempranas. si un usuario llamara, la llamada sería encaminado a un operador móvil, completándose la llamada.

<sup>28</sup> IMTS fué presentado en 1964 como un reemplazo a MTS y mejorado la mayor parte del sistema.

desarrollo del primer sistema celular comercial surgió en la década de los 70. Las distintas fases de evolución de las tecnologías de comunicación móvil se manifiestan a través de diferentes generaciones, las cuales poseen características propias que las diferencian entre sí como se muestra en la Fig.III. 1.



**Fig.III. 1** Características de las generaciones celulares

### 3.2 PRIMERA GENERACIÓN

El liderazgo del despliegue tecnológico celular fue tomado por Japón a través de la comercialización del primer sistema celular en Tokio en 1979 por la empresa NTT<sup>29</sup>. La primera generación de la telefonía móvil se caracterizaba por la utilización de técnicas de transmisión analógica y el ofrecimiento únicamente de servicios de voz., además de su limitación en la capacidad de *roaming* por la incompatibilidad entre sistemas, los altos costos de los terminales y la escasa capacidad de la red en términos de canales.

<sup>29</sup> Nippon Telegraph and Telephone Corporation también conocida como NTT es una empresa de telecomunicaciones líder en el mercado.

Los principales sistemas que pertenecían a esta fase del desarrollo celular fueron NMT, AMPS y TACS.

### 3.2.1 Características

Las características esenciales que definen a los sistemas celulares de primera generación son las siguientes:

- ✓ Telefonía analógica y para transmisión exclusiva de voz: Se utilizaban ondas de radio para establecer la comunicación. La voz se transmitía sin ningún tipo de codificación por lo que era muy sencillo interceptar conversaciones.
- ✓ Baja Capacidad: Las señales de radio analógicas hacen un aprovechamiento ineficaz de los recursos del espectro de radio ya que cada portadora de radio viene asociada a un único usuario (SCPC<sup>30</sup> *Single Channel Per Carrier*) empleando un radiocanal para cada conversación y limitando el rehusó de las frecuencias de radio. Por lo anterior, los sistemas no permite ofrecer un número elevado de abonados en el interior de un área limitada.
- ✓ Falta de estandarización internacional: Las interfaces son propietarias, no hay compatibilidad entre los diferentes estándares desarrollados durante esta generación.
- ✓ El *roaming* está limitado debido a la inseguridad de los sistemas analógicos, a los accesos no autorizados por los países que adoptan el mismo estándar y a causa de la incompatibilidad técnica para los países

---

<sup>30</sup> SCPC es un sistema de transmisión por satélite con un vehículo separado para cada canal, a diferencia de la división de frecuencia que combina varios canales en una única compañía.



que adoptan estándares diversos. Es decir su cobertura es limitada y solo regional (en grandes ciudades y carreteras principales).

- ✓ La seguridad en el acceso a los sistemas y a las conversaciones es baja ya que el sistema no tiene mecanismos con autenticación de las terminales móviles. Por tanto se produjo la clonación de la programación de los códigos de los aparatos telefónicos, lo que implicaba facilidad para usar de forma no autorizada y abusiva las líneas telefónicas celulares de terceros.
- ✓ Calidad: Debido al número limitado de frecuencias disponibles y la falta de algoritmos de codificación aptos para proteger la señal de molestias y de interferencias co-canal, frecuentemente la calidad fónica era apenas suficiente. La falta de nitidez en la transmisión a causa de la interferencia era notable.
- ✓ Los aparatos telefónicos demandaban gran potencia, requerían pilas grandes y generaban mucho calor.
- ✓ Los costos del sistema eran elevados para los operadores

### **3.2.2 Topología y Operación de la Red**

La operación básica de un sistema celular analógico es la siguiente:

Cuando la estación móvil es encendida, ésta se inicializa a sí misma haciendo una búsqueda de un conjunto predeterminado de canales de control e identifica el canal de mayor potencia. Durante el modo de inicialización, la estación móvil escucha los mensajes enviados por el canal de control para obtener la información de identificación y establecimiento del sistema.

Después de la inicialización, la estación móvil entra en modo de espera y se mantiene así hasta recibir una llamada entrante y verifica si el usuario ya ha iniciado la llamada. Cuando la llamada comienza a ser recibida o es iniciada, la MS entra en modo de acceso al sistema con lo cual intenta acceder vía un canal de control al mismo. Cuando obtiene el acceso al canal de control envía un mensaje inicial de designación del canal de voz y abre dicho canal de voz.

La MS entonces cambia al canal de voz designado y entra en modo de conversación. Como la estación móvil opera sobre un canal de voz, el sistema usa modulación FM<sup>31</sup> similar a la transmisión comercial de radio FM. Para enviar mensajes de control sobre el canal de voz, la información de voz es substituida por un mensaje de *burst* corto o bien los mensajes de control son enviados a lo largo de la señal de audio. Cuando una estación móvil intenta obtener servicio de un sistema celular se conoce como acceso. Las MS's compiten por el canal de control para obtener el acceso a un sistema celular. El acceso es establecido cuando un comando es recibido por la estación móvil indicando que el sistema requiere darle el servicio o bien como el resultado de una solicitud del usuario para realizar una llamada.

La estación móvil obtiene el acceso mediante el monitoreo del estatus de espera/ocupado del canal de control, dicho monitoreo se realiza antes y durante la transmisión del mensaje de intento de acceso al sistema. Si el canal está disponible, la estación móvil comienza a transmitir y la estación base monitorea el estatus de ocupación del canal de manera simultánea. Las

---

<sup>31</sup> La modulación de frecuencia consiste en variar la frecuencia de la onda portadora de acuerdo con la intensidad de la onda de información.

transmisiones deben comenzar con un tiempo límite preescrito después de que la estación móvil encuentra que el acceso al canal de control está libre o bien que el intento de acceso es detenido, asumiendo que posiblemente otra estación móvil ganó la atención del receptor del canal de control de la estación base. Si el intento de acceso es exitoso, el sistema envía un mensaje de asignación del canal a la estación móvil, para que ésta tome el canal de voz asignado.

Cuando un suscriptor marca un número en la estación móvil para iniciar una llamada, se le conoce como origen. Una llamada origen envía un mensaje de intento de acceso al sistema celular que contiene los dígitos marcados, el sistema identifica la información y si permite el servicio se asigna un canal de voz, enviando un mensaje al móvil al cual se asigno el canal de voz, siempre y cuando esté disponible. Si el intento de acceso falla la estación móvil espera una cantidad de tiempo aleatoria antes de intentar el acceso nuevamente.

La estación móvil usa un algoritmo de generación numérica aleatoria interno para determinar el tiempo de espera. El diseño del sistema minimiza la oportunidad de que se presenten colisiones repetidas entre distintas estaciones móviles que estén intentando acceder al canal del control, ya que cada una espera un intervalo de tiempo aleatorio distinto antes de intentar el acceso nuevamente, aún si colisionaron la primera vez en un tiempo simultaneo de intento de acceso.

Para recibir llamadas, el móvil es notificado de una llamada entrante mediante un proceso llamado *paging*<sup>32</sup>. Un *page* es un mensaje del canal de control que contiene el número de identificación móvil (MIN- *Mobile Identification Number*) o número telefónico de la estación móvil deseada. Cuando la estación móvil determina que ha recibido un mensaje de *paging* ésta responde automáticamente con un mensaje de acceso al sistema que indica que su intento de acceso al sistema es el resultado de un mensaje de *paging* y la estación móvil comienza a sonar para alertar al cliente de una llamada telefónica entrante. Cuando el cliente responde la llamada la estación móvil transmite una solicitud de servicio al sistema para responder la llamada. Esto lo hace enviando el número telefónico y un número electrónico serial para proveer al usuario una identidad.

Después de que la estación móvil ha sido cambiada a un radiocanal de voz, ésta envía sobre todo voz u alguna otra información del cliente. Periódicamente los mensajes de control deben ser enviados entre la estación base y la estación móvil. Estos mensajes de control permiten que la estación móvil ajuste su nivel de potencia, cambie sus frecuencias. Para conservar la batería, la estación base puede permitir que la estación móvil solo transmita cuando ésta cense que el usuario está hablando. Cuando haya silencio, la estación móvil puede dejar de transmitir por periodos breves de tiempo, cuando el usuario comienza a hablar otra vez el transmisor es encendido nuevamente. Este proceso se conoce como transmisión discontinua. En la Fig.III. 2 se muestra un sistema celular analógico básico que posee dos tipos de radiocanales: canales de

---

<sup>32</sup> El Paging es un sistema que tiene como meta principal la transmisión inalámbrica de mensajes breves a una terminal portátil.

control y canales de voz. Los canales de control utilizan modulación FSK<sup>33</sup> (*Frequency Shift Keying*) para enviar mensajes de control (datos) entre la estación móvil y la estación base. Los canales de voz típicamente usan modulación FM (*Frequency Modulation*) con breves picos de información para permitir los mensajes de control durante la conversación. Las estaciones base tienen dos antenas, una de transmisión y otra de recepción. Las antenas con receptor dual incrementan la capacidad de recepción de la señal de radio de las estaciones móviles, la cual tiene mucho menor nivel de potencia de transmisión que los transmisores en la estación base. Las estaciones base son conectadas al centro de conmutación móvil (MSC) típicamente mediante una línea telefónica de alta velocidad o bien por un sistema de radio de microondas. Esta interconexión debe permitir que la información de voz así como la de control sea intercambiada entre el sistema de conmutación y la estación base. El MSC es conectado a la red telefónica para permitir que las estaciones móviles sean conectadas a las líneas telefónicas estándar (PSTN<sup>34</sup>).

---

<sup>33</sup> FSK es una técnica de transmisión digital de información binaria, utilizando dos frecuencias diferentes. La señal moduladora solo varía entre dos valores de tensión discretos formando un tren de pulsos donde un cero representa un "1" y el otro representa el "0".

<sup>34</sup> PSTN es el conjunto de elementos constituido por todos los medios de transmisión y conmutación necesarios para enlazar dos equipos terminales mediante un circuito físico y que desaparece una vez que se ha completado la misma.

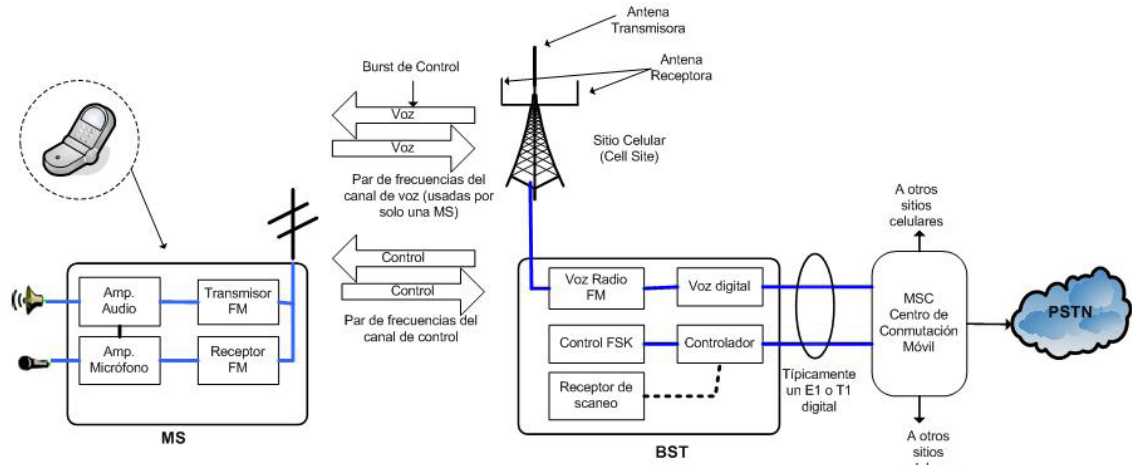


Fig.III. 2 Sistema celular de primera generación<sup>35</sup>

### 3.2.3 Sistemas Principales de Primera Generación

En el desarrollo de esta generación de telefonía celular existieron diversos sistemas analógicos, aunque la tecnología o sistema predominante de esta generación es AMPS (Advanced Mobile Phone System). A continuación se indican los principales sistemas de 1G.

#### 3.2.3.1 NMT (Nordic Mobile Telephony)

En el año de 1981 se introdujo en los países escandinavos el sistema NMT, cuyas variantes NMT 450 y NMT 900 operaban en las bandas de frecuencia de 450 y 900 MHz respectivamente. Esta tecnología empleaba la técnica de acceso múltiple FDMA<sup>36</sup> y la duplexión por división en frecuencia (FDD<sup>37</sup>) para proporcionar una transmisión bidireccional, sin embargo presentaba

<sup>35</sup> Fuente: [http://profesores.fi-b.unam.mx/victor/LTesis\\_Patricia\\_Sanchez.pdf](http://profesores.fi-b.unam.mx/victor/LTesis_Patricia_Sanchez.pdf), Dic. 2012.

<sup>36</sup> FDMA es una técnica de multiplexación usada en múltiples protocolos de comunicaciones, tanto digitales como analógicos.

<sup>37</sup> FDD es la multiplexación de frecuencia utilizada en los transceptores radio que utiliza dos canales, uno de bajada y otro de subida con una cierta separación en el espectro para evitar interferencias entre ellos.

deficiencias en cuanto a seguridad debido a que el tráfico no era encriptado. NMT 450 utilizaba 200 canales con un ancho de banda de 25 KHz y NMT 900 empleaba 1999 canales de 12.5 KHz, la transmisión de la información de señalización a 1200 bps por el mismo canal para la voz provocaba ruido.

### 3.2.3.2 AMPS (Advanced Mobile Phone System)

En USA, desarrollado por la compañía Motorola, en el año de 1983 empezó su operación el estándar AMPS cuyo funcionamiento se basaba en la división del espacio geográfico en una red de celdas, el acceso múltiple FDMA y la utilización de transmisión full dúplex. Empleaba la banda de frecuencia de 800 MHz con un total de 832 canales de 30 KHz cada uno.

### 3.2.3.3 TACS (Total Access Communication System)

En el Reino Unido en 1985 se implementó el sistema TACS, éste trabajaba en el rango de frecuencia de 900 MHz y empleaban la técnica de acceso múltiple FDMA. TACS utilizaba 600 o 1000 canales con un ancho de banda de 25 KHz, además poseía diferentes versiones como ETACS (*Extended TACS*), NTACS (*Narrowband TACS*) y JTACS (*Japanese TACS*). En la Tabla III. 1 se indican las características principales de los sistemas de primera generación.

TECNOLOGÍA		AÑO	PAÍS QUE ADOPTÓ LA TECNOLOGÍA	FRECUENCIAS	ACCESO MÚLTIPLE	CANALES/AB
NMT	NMT 450	1981	Escandinavia	450 MHz	FDMA	200 canales/25 KHz
	NMT 900	1981	Escandinavia	900 MHz	FDMA	1999 canales/12,5 KHz
AMPS		1983	USA	800 MHz	FDMA	832 canales/30 KHz
TACS		1985	Reino Unido	900 MHz	FDMA	600-1000 canales/25 KHz

**Tabla III. 1** Características principales de los sistemas 1G<sup>38</sup>

<sup>38</sup> Fuente: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/975/1/T-ESPE-029589.pdf>, Dic. 2012.

### 3.3 SEGUNDA GENERACIÓN

La introducción de la tecnología digital surgió en respuesta a la insuficiente capacidad de los sistemas analógicos para atender la creciente demanda de los usuarios, necesidad que también propició en los organismos internacionales el deseo de estandarización para superar la incompatibilidad y avanzar hacia una solución global, originándose la aparición de la 2G.

Los sistemas que pertenecen a esta generación ofrecen además del servicio tradicional de voz, servicios adicionales como el de mensajería (SMS), el buzón de voz y la transmisión de datos a bajas velocidades, además de proveer seguridad en la comunicación, sin embargo por ser un proceso de estandarización semi-global limita la capacidad de *roaming*.

Entre los sistemas que pertenecen a esta generación se encuentran TDMA, CDMA, PDC, sin embargo el sistema de mayor auge ha sido el *Sistema Global para Comunicaciones Móviles (GSM)* el cual ha sobrepasado las expectativas técnicas y comerciales.

#### 3.3.1 Características

Las características esenciales que definen a los sistemas celulares de segunda generación son:

- ✓ Telefonía digital.



- ✓ Utiliza la conmutación de circuitos (*Circuit Switched Data*<sup>39</sup>) con tasas de 9.6 kbps.
- ✓ Servicios de voz e introducción de servicios de datos básicos.
- ✓ Existencia de estandarización internacional. Se garantiza la compatibilidad entre los sistemas de países distintos permitiendo a los abonados usar sus propias terminales en aquellos países que hayan adoptado el mismo estándar digital y que hayan estipulado un acuerdo con su proveedor de servicios.
- ✓ Ampliación de cobertura regional a través del *roaming* transnacional. El *roaming* no está limitado a las áreas cubiertas por un cierto sistema; las llamadas pueden ser tasadas usando el mismo número personal también cuando un abonado se traslada de un país a otro. Este uso es limitado solo a los países con el mismo estándar digital.
- ✓ 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), también gracias a la codificación, el *interleaving*<sup>40</sup>, las estaciones móviles están en grado de ofrecer una mejor calidad, aún en condiciones de propagación variable.
- ✓ Mayor capacidad: 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 desarrollan mejor el espectro de radio, permitiendo el tener celdas también con pequeños diámetros (de cientos de metros).

---

<sup>39</sup> CSD es la forma original de transmisión de datos desarrollada para los sistemas de telefonía móvil basados en el acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) como el GSM.

<sup>40</sup> El InterLeaving es una técnica para la mejora del ancho de banda.

De este modo el sistema puede servir en un área determinada, a un número elevado de abonados.

- ✓ Los costos de estos sistemas para los operadores son relativamente bajos. De hecho en un sistema digital el número limitado de radiocanales, permite el uso de un número inferior de receptores de radio para BTS, con el consiguiente ahorro de dinero en términos de espacio, aparatos y tiempo de instalación.
- ✓ Esta generación ha significado el primer acercamiento entre la telefonía móvil e informática.
- ✓ Los sistemas de 2G en realidad nacen como respuesta a la saturación del espectro reservado para las comunicaciones celulares de 1G, ya que introduce nuevas bandas de frecuencia. En general la tecnología TDMA<sup>41</sup> logra multiplicar por tres el número de usuarios que podían atenderse con la tecnología FDMA y CDMA<sup>42</sup> multiplica por 5 éste número.

### **3.3.2 Topología y Operación de la Red.**

Para poder llevar a cabo la conversión de los sistemas analógicos a los sistemas digitales, algunas tecnologías celulares permiten el uso de móviles de modo dual o multimodo. Estas estaciones móviles son capaces de operar sobre un radiocanal ya sea analógico o digital, dependiendo de cual esté disponible, aunque la mayoría de las MS's de modo dual se inclinan por el uso de

---

<sup>41</sup> TDMA es una técnica que permite la transmisión de señales digitales y cuya idea consiste en ocupar un canal de transmisión y lograr un mejor aprovechamiento del medio de transmisión.

<sup>42</sup> CDMA es una técnica digital de acceso múltiple por división de códigos, en el intervalo de frecuencias entre los 800 y los 1.900 MHz.

radiocanales digitales. Esto les permite aprovechar la capacidad adicional y las nuevas características de la telefonía digital tales como los mensajes cortos y la calidad digital en la voz.

Los sistemas digitales de telefonía celular utilizan alguna de las formas de modulación PM (*Phase Modulation*) para transferir información de voz digital y datos. Aunque algunos sistemas analógicos son capaces de proporcionar muchos de los servicios que los sistemas digitales ofrecen, los sistemas digitales además ofrecen flexibilidad en muchas de sus características que pueden ser creadas por cambios en el software. La tendencia por tanto a finales de los 90's, fue la conversión de los sistemas analógicos a sistemas digitales.

Los sistemas digitales son caracterizados por su tecnología de acceso (TDMA o CDMA.). La tecnología de acceso determina como la información digital es transmitida hacia y desde el sistema celular.

Los sistemas celulares digitales pueden generalmente servir a varios suscriptores simultáneamente sobre un mismo radiocanal. Dependiendo del tipo de sistema los sistemas digitales tienen anchos de banda de los 30 kHz a 1.25 MHz y el rango de suscriptores puede variar de 3 a 20 usuarios. Para lograr esto casi todos los sistemas digitales comparten la característica fundamental de digitalizar y comprimir la información de voz. Esto permite que un solo radiocanal sea dividido en varios subcanales o canales de comunicación y cada canal de comunicación pueda brindar el servicio a un solo suscriptor.

Ya que cada usuario generalmente usa el sistema celular por solo unos pocos minutos al día, varios clientes pueden compartir uno de esos canales de comunicación durante el día. Como una regla, de 20 a 32 suscriptores pueden compartir un canal de comunicación; así que si por ejemplo un radiocanal tiene 8 subcanales y un cluster de células contiene 25 radiocanales, este racimo puede soportar de 4000 a 6400 suscriptores.

Los sistemas digitales utilizan dos tipos de canales de comunicación básicamente, canales de control y canales de voz. Un canal de control en un sistema digital es comúnmente uno de los subcanales del radiocanal. Esto permite que el sistema digital combine un canal de control con uno o más canales de voz sobre un mismo radiocanal. La porción del radiocanal que es dedicada como canal de control porta solo señales y mensajes digitales que permiten a la estación móvil recuperar la información de control del sistema y competir por el acceso al mismo. Los otros subcanales del radiocanal portan información de voz y datos.

La operación básica de un sistema celular digital involucra la iniciación del teléfono cuando este es encendido, la espera por los mensajes de *paging* y espera (*idle*<sup>43</sup>), el intento de acceso al sistema cuando es requerido y el modo de conversación (o datos). En comparación con los sistemas analógicos, los sistemas digitales tienen más canales de control y de comunicación, lo cual puede resultar contraproducente ya que a la MS puede tomarle mayor tiempo realizar la búsqueda entre todos estos canales. Para poder direccional rápidamente una MS hacia un canal de control disponible, los sistemas

---

<sup>43</sup> El estado idle significa que cierto dispositivo no está trabajando, es decir está en reposo.

digitales utilizan varios procesos para ayudar a la MS a encontrar el canal de control disponible. Esto incluye que la MS memorice su última ubicación del canal de control, y con esto ir construyendo una tabla de ubicaciones de canales de control aunado a un mecanismo para apuntar a la ubicación de un canal de control en alguno de los canales operativos.

Una vez que la MS digital ha inicializado, entra en un modo de espera donde da tiempo a recibir alguna llamada entrante o a que el usuario inicie una llamada. Cuando una llamada comienza a ser recibida o iniciada, la MS entra al sistema en modo de acceso para intentar acceder al sistema vía un canal de control. Una vez que obtiene el acceso, el canal de control envía un mensaje de designación de una canal de tráfico digital indicando un canal de comunicaciones abierto. Este canal puede estar sobre un *time slot* diferente en la misma frecuencia o sobre el mismo *time slot*<sup>44</sup> en una frecuencia diferente. El teléfono digital entonces toma el canal de comunicación designado y entra en modo de conversación. Como la MS opera sobre una canal de voz digital, el sistema digital comúnmente utiliza alguna forma de modulación de fase, para enviar y recibir la información.

Las MS's digitales usualmente tienen la habilidad de validar sus identidades de forma más segura durante el acceso que las MS's analógicas. Esto es posible mediante un proceso llamado autenticación. El proceso de autenticación comparte la información de datos secreta entre la estación móvil y el sistema celular. Si la autenticación es exitosa el sistema envía un mensaje de

---

<sup>44</sup> Time Slot es un intervalo de tiempo continuamente repetido o un periodo de tiempo en el que dos dispositivos son capaces de interconectarse.

asignación a la MS para que cambie a un nuevo canal de comunicación y la conversación pueda ser iniciada.

Después de que la estación móvil ha sido comandada para tomar un radiocanal de voz, este envía la voz digitalizada o los datos del cliente. Periódicamente son enviados mensajes de control entre la estación base y la estación móvil. Los mensajes de control pueden comandar a la MS para ajustar su nivel de potencia, cambiar las frecuencias o requerir algún servicio especial. Para enviar canales de control mientras la MS digital está transmitiendo voz digital, la información de voz es remplazada por un pico corto o también el mensaje de control puede ser enviado a lo largo junto con las señales de voz (llamada señalización baja o *slow signaling*).

La mayoría de las MS's digitales automáticamente conservan la vida de su batería ya que solo transmiten por cortos periodos de tiempo (*bursts*). Además las MS's digitales tienen la capacidad de transmisión discontinua que permite la inhibición del transmisor durante los periodos de silencio del usuario. Cuando un usuario comienza a hablar otra vez el transmisor es encendido nuevamente. La combinación de ahorro de potencia permite a algunas estaciones móviles conservar de 2 a 5 veces la vida de la batería en modo de transmisión.

La tecnología digital incrementa la eficiencia del sistema por la digitalización de la voz, compresión de la conversación (codificación<sup>45</sup>), canal de codificación y el uso de la modulación espectral eficiente de la señal de radio. El estándar de digitalización de la voz en la PSTN produce una tasa de datos de 64 kbps.

---

<sup>45</sup> Se llama codificación a la transformación de la formulación de un mensaje a través de las reglas o normas de un código o lenguaje predeterminado.

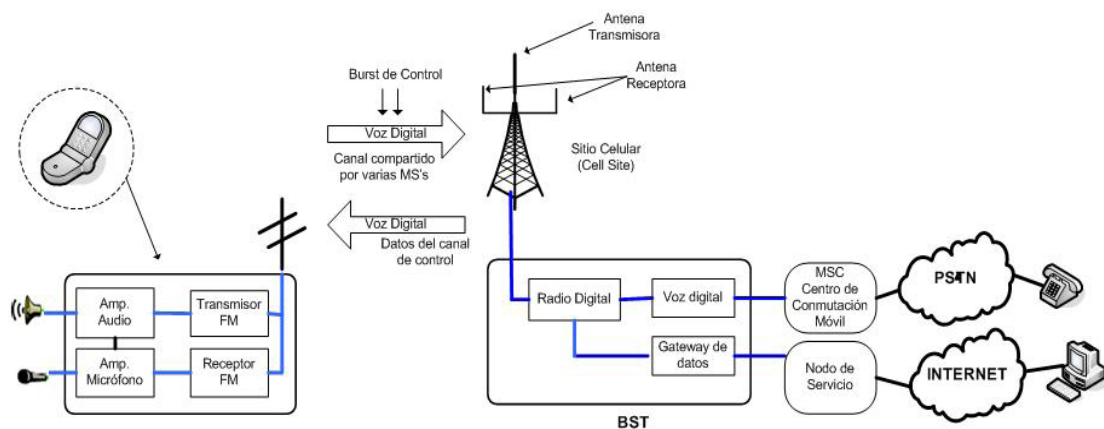
Debido a que transmitir una señal digital vía radio requiere 1 Hz de ancho de banda por cada bps, una señal de voz digital no comprimida podría requerir más de 64 kHz de ancho de banda.

Sin la compresión, este ancho de banda haría la transmisión digital menos eficiente que la FM usada en los sistemas analógico, que utiliza solamente 25-30 kHz para un solo canal de voz. Por lo tanto, los sistemas digitales comprimen la información de la conversación usando un codificador de voz. La codificación de la conversación quita redundancia en la señal digital, procura ignorar los patrones de los datos que no son característicos de la voz humana.

La digitalización de la voz y codificación de la conversación toman tiempo de proceso. Típicamente, los frames de conversación son digitalizados cada 20 ms y son introducidos al codificador de conversación. El proceso de compresión, la alineación del tiempo con el radiocanal y la descompresión en el extremo receptor retrasan la señal de voz. Este retraso combinado puede añadir de 50–100 ms de retraso. Aunque tal retraso usualmente no es notable en una comunicación *dúplex*, esto puede causar un eco sorprendente cuando el *speaker* es utilizado o de otra forma el tono de la señal es tan alto que los usuarios pueden escucharse a sí mismos. Sin embargo un supresor de eco puede ser usado en el MSC para procesar la señal y remover el eco.

Una vez que la información digital de la conversación es comprimida, los bits de información de control son añadidos con bits adicionales para protección de errores que pueden ser introducidos durante la radiotransmisión. La señal digital combinada (voz e información de control digital comprimida) es enviada

al modulador de radio donde es convertida a una señal digital de RF<sup>46</sup>. La conversión eficiente a la señal de RF constantemente involucra alguna forma de PSM<sup>47</sup> (*Phase Shift Modulation*). La Fig.III. 3 muestra un sistema celular digital básico. Este diagrama muestra que generalmente existe solo un tipo de radiocanal digital llamado canal de tráfico digital (DTCH *Digital Traffic Channel*). El radiocanal digital es subdividido en canales de control y canales de voz digitales. Ambos tipos de canal utilizan el mismo tipo de modulación digital para enviar los datos de control y de voz entre la estación móvil y la estación base.



**Fig.III. 3** Sistema celular de segunda generación<sup>48</sup>

Cuando se utiliza para voz, la señal digital es una señal comprimida que proviene de un codificador de voz. Cuando la conversación está en curso, algunos de los bits son dedicados para información de control. De forma similar a los sistemas analógicos, las estaciones base de los sistemas digitales tienen dos antenas que incrementan la capacidad de recibir señales débiles de las

<sup>46</sup> El término radiofrecuencia, se aplica a la porción menos energética del espectro electromagnético, situada entre unos 3 kHz y unos 300 GHz.

<sup>47</sup> PSM es una forma de modulación que representa la información como variaciones en la fase instantánea de una onda de portador.

<sup>48</sup> Fuente: [http://profesores.fi-b.unam.mx/victor/LTesis\\_Patricia\\_Sanchez.pdf](http://profesores.fi-b.unam.mx/victor/LTesis_Patricia_Sanchez.pdf), Dic. 2012.



estaciones móviles. Las estaciones móviles son conectadas al centro de conmutación móvil (MSC) mediante una línea telefónica de alta velocidad o un sistema de microondas. Esta interconexión puede permitir que la información digital comprimida (directamente del codificador de voz) aumente el número de los canales de voz que se pueden compartir en una sola línea de conexión. El MSC es conectado a la red telefónica para permitir a las estaciones móviles conectarse a los teléfonos de telefonía fija.

### **3.3.3 Sistemas Principales de Segunda Generación**

Las tecnologías predominantes de esta generación son:, TDMA (Time Division Multiplexing Access, IS-136/IS-54), CDMA (Code Division Multiple Access, IS-95) y PDC (Personal Digital Communications), GSM (Global System for Mobile Communications). A continuación se indican los principales sistemas de 2G.

#### **3.3.3.1 TDMA IS-54 e IS-136**

Esta tecnología desarrollada en el año de 1992 se caracteriza por emplear la técnica de acceso múltiple TDMA, donde los usuarios transmiten en la misma frecuencia pero en diferentes intervalos de tiempo.

IS-54 (*Interim Standard 54*) o también conocido como DAMPS (*Digital Advanced Mobile Phone System*) es un sistema que emplea tecnología digital y complementa las técnicas TDMA y FDMA, propiciando el incremento de la capacidad de cada celda, debido a la división de los canales de 30 KHz de la tecnología AMPS en 3 time slots, además la utilización de la compresión digital de la voz permitió dotar al sistema de mayor seguridad.

IS-136 (*Interim Standard 136*) agregó un canal extra al diseño híbrido de IS-54 e introduce nuevas funcionalidades con la implementación de los mensajes de texto y transmisión de datos a través de la conmutación de circuitos (CSD, *Circuit Switched Data*). Su tasa efectiva de transmisión es de 48.6 kbps para las seis ranuras de tiempo. Esta tecnología empleaba los rangos de frecuencia de 800 y 900 MHz, y sus regiones de operación fueron América del Norte y Sur, el Caribe y Asia.

### 3.3.3.2 CDMA IS-95

Está basada en la técnica CDMA constituyéndose la base para el desarrollo de la tecnología de acceso radio de la red UMTS<sup>49</sup>. *CDMAone* o también conocido como *IS-95*, adoptado por la TIA (*Telecommunications Industry Association*) en 1993, emplea un ancho de banda de portadora de 1.25 MHz y soporta servicios de datos con una tasa de transmisión de 14.4 kbps.

Este sistema provee ventajas adicionales como el incremento de la capacidad al permitir 131 conexiones simultáneas en comparación con las 48 conexiones de GSM, mejoramiento de la calidad, de la cobertura y de la eficiencia espectral, un menor consumo de potencia y al basarse en la técnica *Spread Spectrum*<sup>50</sup> permite mejorar aspectos relacionados con la seguridad y privacidad. CDMA comparte con GSM la banda de frecuencia de 1900 MHz y su expansión comercial comprende las regiones de América del Sur, África Central y Asia.

---

<sup>49</sup> UMTS es un estándar que se empleará en la llamada tercera generación de telefonía móvil, que permitirá disponer de banda ancha en telefonía móvil y transmitir un volumen de datos importante por la red.

<sup>50</sup> Spread Spectrum es una técnica que es utilizada por sus propiedades en cuanto a inmunidad para interferencias y a sus posibilidades de encriptación.

### **3.3.3.3 PDC (Personal Digital Celular)**

PDC es un estándar desarrollado por Japón que emplea la técnica TDMA con un ancho de banda de canal de 25 KHz y opera en los rangos de frecuencia de los 800 MHz y 1500 MHz. PDC-P la evolución de este sistema permite la transferencia de datos a tasas de transmisión de hasta 28.8 kbps.

### **3.3.3.4 GSM (Global System Mobile)**

El *Sistema Móvil Global* GSM inicialmente fue desarrollada a partir de 1982 por un grupo de trabajo definido por la CEPT (*Conference of European Post and Telecommunications*), responsabilidad que fue adquirida por la ETSI (*European Telecommunication Standards Institute*) hasta que en el año de 1990 se produjo la primera especificación técnica, comercializándose el primer sistema en Finlandia en 1991.

GSM complementa las técnicas de acceso múltiple FDMA y TDMA, donde el ancho de banda de 25 MHz empleado para el enlace ascendente y descendente es dividido en 125 portadoras de 200 KHz cada una que a su vez contienen 8 time slots. Las frecuencias de operación de las variantes de este sistema son 900 MHz (GSM 900) y 1800 MHz (GSM 1800) empleadas en Europa, 1900 MHz (GSM 1900) empleada en América del Norte y del Sur y 850 MHz (GSM 850) utilizada en USA, Sudamérica y Asia.

Este sistema ofrece adicionalmente a los servicios de voz, los servicios de datos mediante la conmutación de circuitos con tasas de transmisión simétricas de 9.6 kbps. La implementación en esta tecnología, de nodos conocidos como

plataformas de *Servicios de Valor Agregado* (SVA<sup>51</sup>) como el *Centro de Servicios de Mensajes Cortos* (SMSC) y el *Sistema de Mensajería de Voz* (VMS) permiten la introducción de servicios como el buzón de voz, y el exitoso servicio de SMS, además de brindar soporte a las llamadas prepago y *roaming* internacional. En la Tabla III. 2 se muestran las características principales de 2G.

TECNOLOGÍA		AÑO	PAÍS QUE ADOPTÓ LA TECNOLOGÍA	FRECUENCIAS	AB POR CANAL
TDMA	IS-54	1992	América del Norte y del Sur, Caribe y Asia	800 MHz - 900MHz	30 KHz
	IS-136	1992	América del Norte y del Sur, Caribe y Asia	800 MHz - 900MHz	30 KHz
CDMA IS-95		1993	América del Sur, África Central y Asia	1900 MHz	1,25 MHz
PDC		1991	Japón	800 MHz - 1500MHz	25 KHz
GSM	GSM 850	1980	Europa, Asia, Australia, América, África	850 MHz	200 KHz
	GSM 900	1980	Europa, Asia, Australia, América, África	900 MHz	200 KHz
	GSM 1800	1980	Europa, Asia, Australia, América, África	1800 MHz	200 KHz
	GSM 1900	1980	Europa, Asia, Australia, América, África	1900 MHz	200 KHz

**Tabla III. 2** Características principales de los sistemas 2G<sup>52</sup>

### 3.4 GENERACIÓN 2.5

La generación 2.5G originada únicamente con propósitos comerciales es considerada una etapa intermedia entre la 2G y 3G que efectúa mejoras a la infraestructura de red de las tecnologías de segunda generación permitiendo el ofrecimiento de servicios de datos basados en la conmutación de paquetes y por lo tanto mayores velocidades de transmisión.

<sup>51</sup> SVA son servicios prestados por terceras empresas que hacen uso de los operadores móviles para ofrecer sus servicios.

<sup>52</sup> Fuente: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/975/1/T-ESPE-029589.pdf>, Dic. 2012.

### 3.4.1 Características

Los sistemas que se ubican dentro de la generación 2.5G hacen su aparición en 1998 y se caracterizan por:

- ✓ Ofrecer características extendidas para ofrecer capacidades adicionales que los sistemas 2G.
- ✓ Utilizar conmutación de voz y datos.
- ✓ Utilizar protocolos estándar similares a los utilizados en Internet, que facilitan el uso del Internet Móvil como:
  - a) *Bluetooth*: Es una tecnología de radio de corto alcance que permite la conexión inalámbrica entre varios dispositivos móviles, personales y de trabajo. Sustituye a las conexiones inalámbricas, y permite un volumen de datos mucho mayor. El Bluetooth permite una conexión a Internet de forma inalámbrica entre un portátil y una estación móvil y el uso de las manos libres inalámbricas. El radio de cobertura máximo es de 10 m., el suficiente para equipos personales, aunque puede llegar a tener un alcance de 100 m. La velocidad máxima de transmisión de datos se sitúa sobre los 723kbps.
  - b) *WAP (Wireles Access Protocol)*: Es un protocolo basado en los estándares de Internet que ha sido desarrollado para permitir a teléfonos celulares navegar a través de Internet. Con la tecnología WAP se pretende que desde cualquier teléfono celular WAP se pueda acceder a la información que hay en Internet así como realizar operaciones de comercio electrónico.

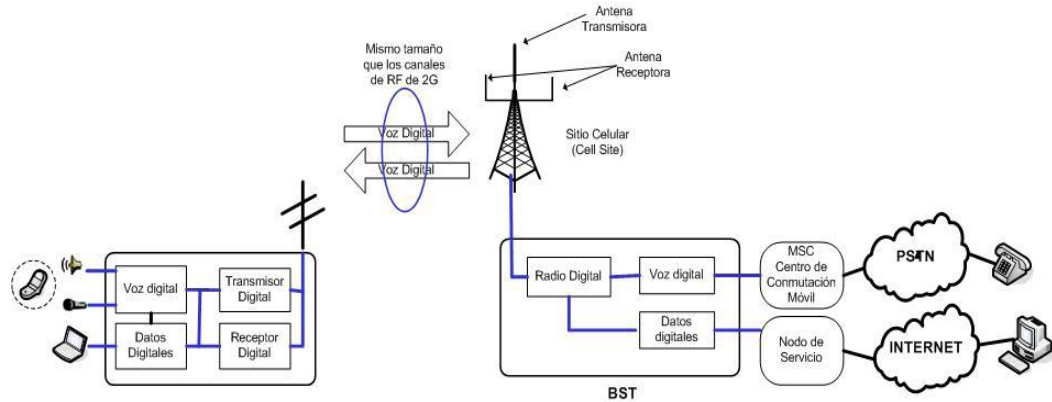
- ✓ Ser los sistemas de transición entre la 2G y la 3G, ya que es la forma más adecuada para actualizar a 3G en vez de ir directamente, por ser más rápida y económica.

### **3.4.2 Topología y Operación de la Red.**

Las tecnologías celulares basadas en paquetes (llamadas comúnmente - la generación 2.5G) son las tecnologías de la 2G que se han mejorado para prever el uso de servicios de comunicación avanzados.

Los sistemas celulares digitales basados en conmutación y transmisión de paquetes tienen como objetivo primordial el colaborar en la transición de la industria que posee actualmente una capacidad “limitada” de servicios hacia una industria con una capacidad mucho más avanzada. De las tecnologías de telecomunicaciones celulares anteriores, los sistemas 2.5G utilizaron la tecnología de radio digital mejorada para aumentar sus tarifas 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.

La Fig.III. 4 muestra que a la arquitectura original de 2G de los sistemas celulares digitales solo se aumentaron algunos elementos que permiten ofrecer características similares a las que ofrecen los sistemas de 3G.



**Fig.III. 4** Sistema celular 2.5G.<sup>53</sup>

El ancho de banda del canal digital existente de la 2G es reutilizado. En algunos casos, la tecnología de la modulación se cambia dependiendo del sistema específico, para lograr tasas de transferencia de datos más altas. En todos los casos, el canal de tráfico digital se aumenta para permitir la capacidad de interacción con el conmutador de circuitos y de paquetes de datos durante la transmisión. Esto se ve, en más canales del control y canales de voz. Como puede observarse el radiocanal se puede conectar con la red de comunicaciones móviles existente para el servicio de voz o bien puede ser conectado, con una red de datos como Internet para ofrecer los servicios de comunicación multimedia.

### 3.4.3 Sistemas Principales de 2.5G

Las tecnologías pertenecientes a esta generación son: HSCSD (*High Speed Circuit Switched Data*), GPRS (*General Packet Radio System*), EDGE (*Enhanced Data Rates for Global Evolution*). A continuación se indican los principales sistemas de 2.5G.

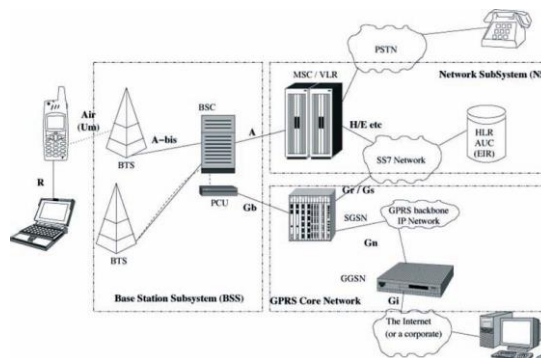
<sup>53</sup> Fuente: [http://profesores.fi-b.unam.mx/victor/LTesis\\_Patricia\\_Sanchez.pdf](http://profesores.fi-b.unam.mx/victor/LTesis_Patricia_Sanchez.pdf), Dic. 2012.

### 3.4.3.1 HSCSD (High Speed Circuit Switched Data)

La tecnología conocida como *Datos por Conmutación de Circuitos a Alta Velocidad* (HSCSD) al optimizar la codificación de canal y utilizar más de un canal de tráfico para la misma conexión permite el incremento de la velocidad en la transmisión de datos hasta un máximo de 57,6 kbps (4 time slots/por cada uno 14.4 kbps). La desventaja de este sistema es el uso ineficiente de los recursos radioeléctricos y al no ser compatible con el protocolo IP no permite el acceso a Internet.

### 3.4.3.2 GPRS (General Packet Radio Service)

El *Servicio General de Radio por Paquetes* (GPRS) introduce mejoras en la red GSM para permitir la transferencia de datos a través de la conmutación de paquetes para lo cual efectúa actualizaciones en el software de este sistema y además añade 2 nodos de servicios específicos: *Nodo de Servicio de Soporte GPRS* (SGSN) y el *Nodo de Soporte de Pasarela GPRS* (GGSN). ) tal como se muestra en la siguiente Fig.III. 5.



**Fig.III. 5** Red GSM y GPRS<sup>54</sup>

<sup>54</sup> Fuente: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/975/1/T-ESPE-029589.pdf>, Dic. 2012.



Los diferentes esquemas de codificación empleados por esta tecnología proveen velocidades desde 9.05 kbps hasta 21.4 kbps ofreciendo una velocidad teórica máxima de 171.2 kbps (8 time slots/ por cada uno 21.4 kbps). En la práctica se utilizan de dos a cuatro time slots para el enlace descendente y de uno a dos para el enlace ascendente.

GPRS permite utilizar servicios como el de SMS y WAP que tradicionalmente se lo brindaba a través de la conmutación de circuitos (CS<sup>55</sup>) a través de conmutación de paquetes (PS<sup>56</sup>), además se puede interconectar con redes de datos como Internet. La mayor ventaja de este sistema es la eficiencia espectral, al proporcionar conexiones asimétricas para el uplink y el downlink, a pesar de no garantizar una QoS, ya que siendo limitados los recursos de radio, el tráfico GPRS de prioridad secundaria dispone únicamente de éstos cuando no sean utilizados por los servicios de voz.

#### **3.4.3.3 EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution)**

La tecnología conocida como *Datos Mejorados para la Evolución de GSM* (EDGE) o EGRPS (GPRS mejorado) está especificada para rehusar la estructura de canal, el ancho de banda y los mecanismos de GPRS y HSCSD, sin embargo implementa mejoras en la codificación de canal y la modulación, y al utilizar la técnica 8PSK se incrementa la tasa de transmisión con respecto a GPRS en un factor de 3. EDGE mejora las aplicaciones disponibles como el acceso inalámbrico a Internet, correo electrónico y transferencia de archivos.

---

<sup>55</sup> La conmutación de circuitos es un tipo de conexión que realizan los diferentes nodos de una red para lograr un camino apropiado para conectar dos usuarios de una red de telecomunicaciones.

<sup>56</sup> La conmutación de paquetes es el envío de datos en una red de computadoras.

Las velocidades obtenidas con el uso de este sistema es hasta de 59.2 kbps por time slot dependiendo del esquema de codificación, proporcionando una tasa teórica máxima de 473,6 kbps (velocidades promedio de 100 a 130 kbps), con lo cual cumple los requisitos de velocidad mínima de un sistema 3G, lo que le ha permitido formar parte de la familia IMT-2000. Actualmente se ha optado por considerar a EDGE una tecnología complementaria a las redes de acceso de UMTS.

#### **3.4.3.4 IS-95B**

El despliegue inicial de esta tecnología fue en el año 1999 en Corea. IS-95B es la evolución del sistema IS-95A, que incluye mejoras en el acceso, y es considerado de generación 2.5 G porque provee servicios de datos por conmutación de paquetes a tasas de transmisión teóricas máximas de 115,2 kbps, aunque prácticamente se han obtenido valores hasta de 64 kbps.

### **3.5 TERCERA GENERACIÓN**

#### **3.5.1 Características**

La Tercera Generación llega en el año 2001 y se caracteriza por:

- ✓ 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 más altas velocidades de información. Se alcanzarán velocidades de hasta 384 Kbps permitiendo una movilidad total a usuarios viajando a 120 kilómetros por hora en ambientes exteriores y alcanzará una velocidad máxima de 2 Mbps permitiendo una

movilidad limitada a usuarios caminando a menos de 10 kilómetros por hora en ambientes estacionarios de corto alcance o en interiores.

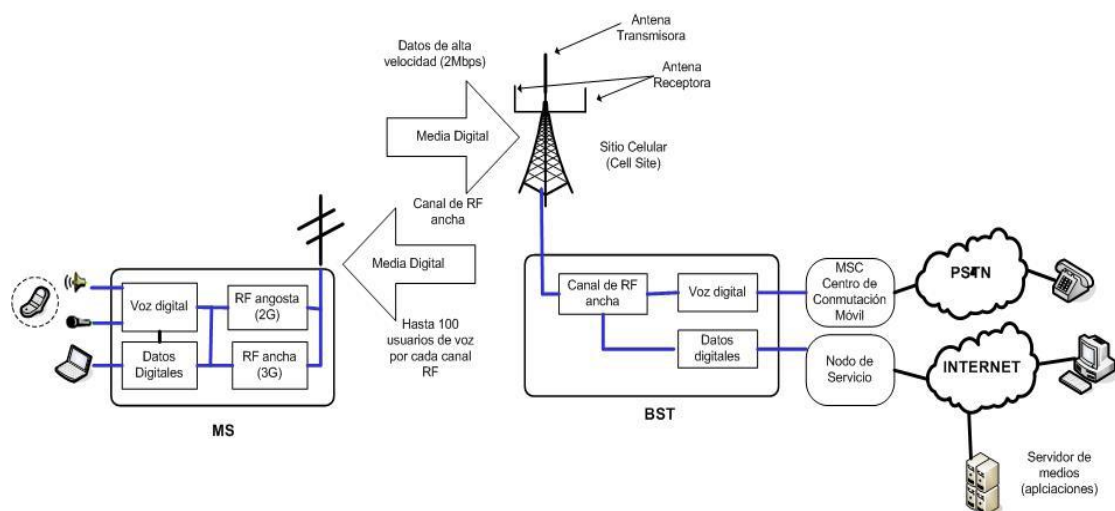
- ✓ Cobertura Global. Itinerancia internacional entre diferentes operadores (Roaming Internacional).
- ✓ Transmisión de datos simétrica y asimétrica.
- ✓ Las MS dispondrán de grandes *displays* (esta será la característica más llamativa) con navegadores y mejor resolución. Estos terminales coexistirán con otros muy sencillos orientados a voz para el usuario no interesado por sofisticados servicios o quizá no dispuesto a pagarlos.
- ✓ Servicios de conmutación de paquetes y en modo circuito, tales como tráfico Internet
- ✓ IP y video en tiempo real.
- ✓ Calidad de voz comparable con la calidad ofrecida por sistemas alámbricos.
- ✓ Mayor capacidad y mejor eficiencia del espectro con respecto a los sistemas actuales.
- ✓ Capacidad de proveer servicios simultáneos a usuarios finales y terminales.
- ✓ Los sistemas de tercera generación deberán proveer soporte para aplicaciones multimedia como: voz en banda estrecha a servicios multimedia en tiempo real y banda ancha, navegación por la *World Wide Web* (WWW), correo electrónico multimedia, comercio electrónico móvil, videoteléfono, videoconferencia interactiva, audio y música, aplicaciones

multimedia especializadas como telemedicina y supervisión remota de seguridad.

- ✓ En relación a la cantidad de usuarios que podría albergar 3G, se dice para este año habrá más de 1,150 millones de usuarios en el mundo.

### 3.5.2 Topología y Operación de la Red.

Los sistemas celulares digitales de 3G son tecnologías celulares que utilizan radiocanales de banda ancha en comparación con los de banda angosta utilizados en la 2G. En la Fig.III. 6 se muestra un sistema celular de banda ancha, que permite el uso de tasas de transmisión de datos de alta velocidad mediante la utilización de radiocanales decenas de veces más anchos que los utilizados en la 2G. Este sistema también utiliza servidores de comunicación para ayudar a administrar las sesiones multimedia.



**Fig.III. 6** Sistema celular de tercera generación<sup>57</sup>

<sup>57</sup> Fuente: [http://profesores.fi-b.unam.mx/victor/LTesis\\_Patricia\\_Sanchez.pdf](http://profesores.fi-b.unam.mx/victor/LTesis_Patricia_Sanchez.pdf), Dic.2012.

Además del uso de radiocanales de banda ancha y los servicios de datos mejorados, este diagrama muestra que los sistemas de 3G utilizan típicamente los mismos sistemas de conmutación en su red de voz.

Los requerimientos de la tercera generación inalámbrica son definidos en el proyecto internacional IMT-2000 desarrollado por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU). El IMT-2000 define los requerimientos para la transmisión de datos a alta velocidad, los servicios basados en IP (*Internet Protocol*), el *roaming* global y las comunicaciones multimedia. Como parte de este proyecto se han desarrollado básicamente 2 propuestas de sistema global: WCDMA (*Wideband Code Division Multiple Access*) y CDMA2000. Los objetivos primarios de ITU para IMT-2000 son:

- ✓ La eficacia operacional, particularmente para los datos y servicios de multimedia.
- ✓ Flexibilidad y transparencia en la provisión de servicio global.
- ✓ La tecnología conveniente para reducir la falta de telecomunicaciones, es decir ofrecer un costo accesible para millones de personas en el mundo que todavía no tienen teléfono.
- ✓ La incorporación de toda una variedad de sistemas.
- ✓ Alto nivel de calidad, comparable con la de una red fija.
- ✓ La conexión móvil-móvil y móvil-fijo.
- ✓ La prestación de servicios por más de una red en cualquier zona de cobertura.

### **3.5.3 Asignación del Espectro para IMT-2000**

La asignación de espectro para IMT-2000 se realizó en la Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones 1992, asignando 230 MHz en las bandas 1885-2025 MHz y 2110-2200 MHz. Adicionalmente debido a la demanda de servicios y aplicaciones en tiempo real en la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones WRC-2000 se proporciona tres bandas extras: 806-960 MHz, 1710-1885 MHz y 2500-2690 MHz. IMT-2000 comprende también una componente satelital que facilitará los aspectos de roaming internacional, así como la obtención de comunicaciones en lugares donde no haya disponibilidad de sistemas terrestres, complementando las celdas macro, micro y pico.

### **3.5.4 Interfaces de aire IMT-2000**

Uno de los elementos más importantes para la definición de las características operativas del IMT-2000, es la selección de la Tecnología de Transmisión y Radio (RTT), también denominada interfaz de aire, parte del sistema que transporta una llamada entre la estación base o móvil y la terminación del usuario. Las distintas interfaces propuestas ante la Unión Internacional de telecomunicaciones están basadas en CDMA que se acompañan de tres modalidades de operación, cada una de las cuales podría perfectamente funcionar sobre la red base de GSM sobre la red base CdmaOne.

Las especificaciones técnicas de las RTT terrestres se definieron como sigue:

- ✓ IMT-2000 CDMA *Direct Spread* (UTRA W-CDMA)

- ✓ IMT-2000 CDMA *Multi-Carrier* (CDMA-2000)
- ✓ IMT-2000 CDMA TDD (UTRA TD-CDMA)
- ✓ IMT-2000 TDMA *Single-Carrier* (UWC-136)
- ✓ IMT-2000 FDMA/TDMA (DECT).

Una de las ideas generales del IMT-2000 es brindar servicios en cualquier parte del mundo a través del empleo de diversas tecnologías integradas en un solo sistema, ajustándose a diferentes entornos geográficos y densidades de tráfico. Por lo tanto, se ha establecido una estructura de capas de células, clasificándose en cuatro categorías, las cuales pueden funcionar simultáneamente dentro de una misma área geográfica.

- ✓ Megacélulas: tienen radios desde 100 hasta 500 Km. Ofrecen amplia cobertura para zonas con baja capacidad de tráfico a través del uso de satélites no geoestacionarios. Soportan velocidades de estaciones móviles elevadas.
- ✓ Macrocélulas: tienen radios desde 1 hasta 35 Km. Se emplean para ofrecer coberturas en lugares rurales, carreteras y poblaciones cercanas.
- ✓ Microcélulas: tienen radios desde 50 m hasta 1 Km. Ofrecen servicio a usuarios fijos o que se muevan lentamente con elevada densidad de tráfico.
- ✓ Picocélulas: tienen radios menores a 50 m. Ofrecen coberturas localizadas en interiores.

### 3.5.5 Sistemas Principales de 3G

Las tecnologías pertenecientes a esta generación son: WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access), CDMA 2000 (Code Division Multiple Access), TD-SCDMA (Time Division Synchronous CDMA), UMTS (Universal Mobile Telecommunications Systems). A continuación se indican los principales sistemas de 3G.

#### 3.5.5.1 WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access)

Es un sistema celular digital de 3G que utiliza radiocanales que tienen un plan de canales cuyo ancho de banda es de 5 MHz. WCDMA es la tecnología que se adoptará ampliamente para la interfaz aire de los sistemas de tercera generación. Dentro de 3GPP, WCDMA es llamado UTRA- FDD (*Universal Terrestrial Radio Access -Frequency Division Duplex*) y UTRA -TDD (*Time Division Duplex*), el nombre WCDMA será utilizado para cubrir ambos tipos de operación FDD<sup>58</sup> y TDD<sup>59</sup>. La banda de frecuencias utilizada es de 2 GHz con algunas pequeñas variaciones en algunos países. La diferencia básica entre FDD y TDD es que FDD usa diferentes bandas de frecuencia para el *downlink* y el *uplink*, mientras que TDD usa la misma banda de frecuencias para ambos enlaces tanto de subida como de bajada.

Mientras que el diseño original de los sistemas digitales celulares se optimizó para transportar voz, la 3G requiere una red radio optimizada para un ancho de banda variable constituido por voz y datos. La consecuencia del mayor ancho

---

<sup>58</sup> FDD es una técnica en la cual la banda de frecuencia de es usada transmitir y otro usado para recibir.

<sup>59</sup> TDD es una técnica para separar las señales salientes de las de retorno. Emula comunicaciones full duplex sobre un enlace half duplex.



de banda es una mayor capacidad y calidad. WCDMA proporciona capacidad según la demanda e incrementa de forma notable la eficiencia del espectro. La mejora en la propagación multitrayecto contribuye a una mejor calidad de conexión y, por tanto, a una mayor capacidad, mayor cobertura y menor potencia de transmisión de la MS. Así mismo, el enlace ascendente incrementa considerablemente su capacidad y ofrece una célula de mayor rango. Se podrán manejar un mayor número de llamadas simultáneas en menos emplazamientos de células, resultando esto en menores costos de operación. El WCDMA se adaptará a todos los entornos, interior y exterior, rural y urbano y soportará antenas que puedan adaptarse a radio de largo alcance para servicios de bits de alta velocidad, sin incrementar los niveles de potencia.

En WCDMA no es necesario sincronizar las BST por un sistema radio externo, operado por un tercero. De esta forma se facilita el montaje de emplazamientos interiores al no necesitar antenas exteriores y se reducen los costos de emplazamiento; además, el operador tiene el control independiente de su propia red. La arquitectura del sistema GSM en sus distintas fases será también la base para la red básica del sistema de 3G WCDMA, de esta forma se minimizarán los costos de su implantación. La mayor parte de los operadores iniciales serán miembros de la comunidad GSM.

#### **3.5.5.2 CDMA 2000 (Code Division Multiple Access)**

Es una familia de estándares que representa la evolución del sistema CDMA IS-95 y que ofrece protocolos de transmisión de paquetes mejorados que proporcionan servicios avanzados de datos de alta velocidad. La tecnología

CDMA 2000 opera en los mismos canales de 1.25 MHz utilizados por IS-95 y ofrece compatibilidad con éste sistema. El sistema CDMA 2000 es supervisado por el 3GPP2<sup>60</sup> (*Third Generation Partnership Project 2*). El 3GPP2 es un estándar que se centra en el desarrollo de especificaciones globales para sistemas de 3G que usan ANSI/TIA/EIA-41 *Cellular Radio Intersystem Signaling*. Dentro de esta familia de estándares encontramos el CDMA2000 1xEVDO y CDMA2000 1xEVDV.

#### **3.5.5.2.1 Evolution Data Only (1xEVDO)**

La evolución de sistemas existentes solo para datos 1xEVDO es una versión procedente del sistema CDMA2000 1xRTT. Usa el mismo ancho de banda del radiocanal al igual que el sistema IS-95 original y proporciona servicios de canales de voz múltiples y una tasa de datos media. La versión 1xEVDO cambia la tecnología de modulación que permite tasas de transmisión de datos de hasta 2.5 Mbps. El sistema 1xEVDO actualiza el sistema de control de transmisión de datos con lo cual se transfieren *bursts* de datos en lugar de llevar a cabo una transmisión continua de voz y datos.

#### **3.5.5.2.2 Evolution Data and Voice (1xEVDV)**

La evolución de sistemas existentes para voz y datos, 1xEVDV, es una versión también procedente del sistema CDMA2000 1xRTT. El sistema 1xEVDV proporciona transmisión de voz y datos a alta velocidad en el mismo canal de

---

<sup>60</sup> 3GPP2 es una colaboración entre asociaciones de telecomunicaciones para hacer una tercera generación a escala mundial aplicable (3G) la especificación de sistema de teléfono móvil en la amplitud del proyecto de IMT-2000 DEL ITU.

ancho de banda existente en el sistema IS-95. La tasa de transmisión máxima utilizada es de 2.7 Mbps.

### **3.5.5.3 TD-SCDMA (Time Division Synchronous CDMA)**

A pesar de que WCDMA y CDMA2000 dominaran el mercado de 3G, en China se está desarrollando un estándar conocido como TD-SCDMA el cual ofrece servicios de voz y datos por conmutación de paquetes y circuitos, con tasas de transmisión de 2 Mbps. Este estándar usa la técnica de Duplexación por División de Tiempo (*TDD-Time Division Duplex*) en la cual las señales transmisora y receptora son enviadas en la misma frecuencia pero en distintos instantes de tiempo. Los *time slots* sobre la portadora de radio pueden ser ubicados ya sea simétricamente para servicios de voz o asimétricamente para servicios de datos y las tasas de bits en las dos direcciones de transmisión pueden diferir significativamente.

### **3.5.5.4 UMTS (Universal Mobile Telecommunications Systems)**

Europa presenta en el Sistema Universal de telecomunicaciones móviles (Universal Mobile Telecommunications System), UMTS su alternativa de comunicación 3G que cumple con el estándar IMT-2000 llevando a la comunicación a un nuevo nivel de independencia de la localización del usuario y permitiéndole personalizar los contenidos y acceder a aplicaciones multimedia a una velocidad muy alta y que se pueda asignar bajo demanda con un máximo de 2 Mbps.

En contraste con GSM, se ha procurado no ahondar excesivamente en las especificaciones sobre los servicios para estimular la creación de nuevas aplicaciones. En realidad las especificaciones solo se centran en los mecanismos básicos para constituir un servicio.

Enmarcados en un ámbito netamente conceptual, se tienen dos elementos básicos importantes que se deben considerar:

- ✓ VHE (Virtual Home Environment). El usuario percibe cualquier como suya independientemente de lo que sea o no.

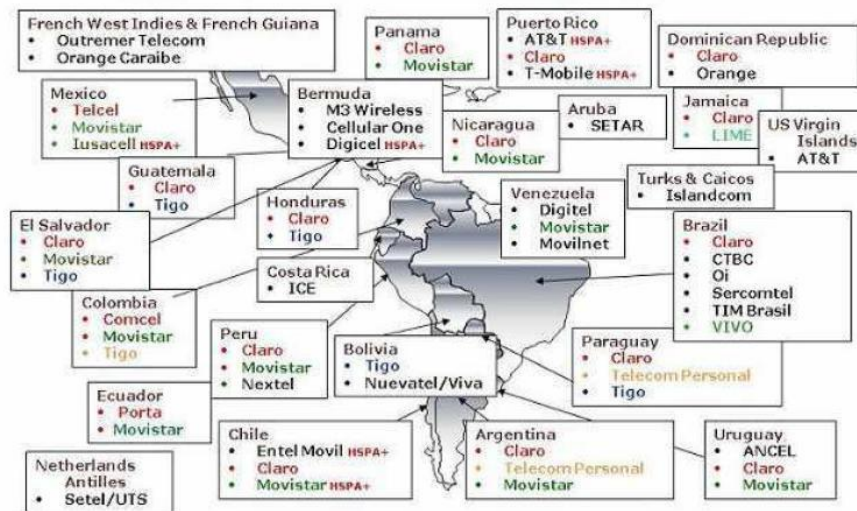
Como se mencionó anteriormente, la evolución no para aquí, son embargo se definen las generaciones 2G y 3G debido a que son las que se encuentran vigentes actualmente en nuestro país.

### **3.6 GENERACIÓN 3.5G**

Es la optimización de UMTS/WCDMA, incluidas en las especificaciones de 3GPP, ideal para comunicación ubicua.

#### **3.6.1 HSDPA (High Speed Downlink Packet Access)**

Es una tecnología catalogada como 3.5G, actualmente se encuentra en 200 países con más de 1000 millones de usuarios que utilizan esta tecnología en sus comunicaciones móviles. En América existen 64 redes UMTS-HSPA en servicio en 27 países tal como se muestra en la Fig.III. 7.



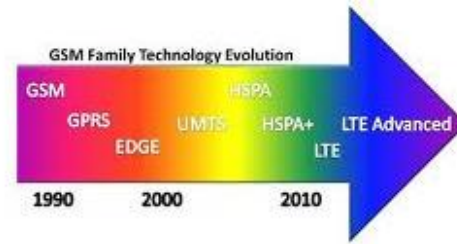
**Fig.III. 7**Países y operadores con tecnología UMTS/HSPA<sup>61</sup>

HSDPA presenta una mejora en el enlace de bajada con el objetivo de ofrecer servicios multimedia mediante una red de conmutación de paquetes. Entre los servicios multimedia que HSDPA ofrece están:

- ✓ Flujo de video con gran cantidad.
- ✓ Rápidas descargas de imágenes de alta resolución y archivos de gran tamaño.
- ✓ Correo electrónico y juegos interactivos.
- ✓ Excepcional claridad de voz
- ✓ Comunicación inclonable e inviolable.
- ✓ Roaming internacional automático.

En la Fig.III. 8 se presenta un esquema de los próximos pasos de la evolución de HSDPA.

<sup>61</sup> Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/3738/1/CD-3533.pdf>, Dic. 2012.



**Fig.III. 8** Evolución de HSDPA.<sup>62</sup>

### 3.6.2 HSUPA (High Speed Uplink Packet Access)

Esta tecnología permite tener una mayor velocidad en el enlace de subida y se la considera como una evolución o actualización de HSDPA definido en el organismo de estandarización 3GPP (3rd Generation Partnership Project). HSUPA aumenta su capacidad de transferir datos debido a que existe un canal dedicado denominado E-DCH<sup>63</sup> (Enhanced Dedicated Channel) el cual tiene un funcionamiento similar a la tecnología HSDPA, por ejemplo más cortos TTI<sup>64</sup> (Transmission Time Interval), mejorado así el rendimiento del enlace de subida.

Con HSUPA se estima que la tasa de transferencia de datos en el enlace de subida puede alcanzar los 5.76 MBPS. La combinación de las dos tecnologías, HSDPA y HSUPA se la denomina HSPA (High Speed Packet Access).

<sup>62</sup> Fuente: <http://lgblog.es/tecnologia-lte-4g-moviles-lg/>, Dic. 2012.

<sup>63</sup> E-DCH es un canal de transporte usado en la tecnología 3G para mejorar la capacidad y el rendimiento de datos y reducir los retrasos de canales dedicados en el uplink.

<sup>64</sup> TTI es un parámetro en UMTS relacionado con encapsulation de datos de más alto se encaman en marcos para la transmisión sobre la capa de radioenlace elemental

### 3.7 CUARTA GENERACIÓN

Son tecnologías totalmente IP <sup>65</sup> , que brindan varios servicios como videoconferencia, televisión móvil, juegos interactivos, etc.

Los sistemas 4G se enfocan a servicios de video de alta calidad, con tasas de transferencia de datos de alrededor de 100 Mbps en una estación móvil y 1 Gbps en una estación fija.

#### 3.7.1 LTE (Long Term Evolution)

Estandarizada por el 3GPP, se presenta como la evolución de la tecnología celular UMTS, como interfaz aire utiliza OFDMA<sup>66</sup> (Frequency Division Multiple Access) en downlink y SC FDMA<sup>67</sup> (Single Carrier Frequency Division Multiple Access) para uplink, además presenta un core IP y flexibilidad para operar en una amplia variedad de anchos de banda.

Entre los servicios que LTE ofrece están: juegos on line, acceso a video de alta definición, video bajo demanda, videoconferencia, videotelefonía, etc

#### 3.7.2 UMB (Ultra Mobile Broadband)

Es el proyecto del 3GPP2 para mejorar el estándar CDMA 2000 y al igual que LTE se basa en el protocolo TCP/IP, sin embargo actualmente no tiene acogida entre fabricantes y operadores los cuales se han manifestado por optar por LTE

---

<sup>65</sup> El protocolo IP es parte de la capa de Internet del conjunto de protocolos TCP/IP.

<sup>66</sup> OFDMA se utiliza para conseguir que un conjunto de usuarios de un sistema de telecomunicaciones puedan compartir el espectro de un cierto canal para aplicaciones de baja velocidad.

<sup>67</sup> SC FDMA es un esquema de Acceso múltiple por división de frecuencia. Al igual que otros esquemas de acceso múltiple, se ocupa de la asignación de varios usuarios a un recurso de comunicación compartida.

o WiMAX<sup>68</sup> (Worldwide Interoperability for Microwave Acces) como tecnologías 4G.

El desarrollo de la 4G y su introducción por parte de los operadores de telefonía celular, dependerá de los siguientes factores:

- ✓ El auge de la utilización de Internet a través de medios inalámbricos.
- ✓ Proliferación de dispositivos móviles tales como PDA's (*Personal Digital Assistant*) y computadoras personales.
- ✓ La disponibilidad de servicios de valor agregado a través del Internet móvil, como por ejemplo las transacciones bursátiles y/o bancarias, reservaciones, compras, etc. integrándose de esta forma el *Comercio Móvil*.

Las tecnologías que pueden ser decisivas en el desarrollo de los sistemas de 4G son:

- ✓ ATM<sup>69</sup> (Modo de Transferencia Asíncrono) como red dorsal de la Red Universal
- ✓ La tecnología de antenas adaptivas e inteligentes para aprovechar la dimensión espacial de los métodos de acceso al medio.
- ✓ La tecnología de modulación/transmisión inalámbrica de multicanalización en frecuencia con portadoras ortogonales OFDM para lograr una eficiencia espectral óptima.

---

<sup>68</sup> WIMAX es un concepto parecido a WiFi, pero con mayor cobertura y ancho de banda.

<sup>69</sup> El modo de transferencia asincrónica ATM hace referencia a una serie de tecnologías relacionadas de software, hardware y medios de conexión.



- ✓ La tecnología de radios programables (“Software Radios”) la cual permitirá que una estación móvil pueda hacer *handover*<sup>70</sup> desde una célula perteneciente a un tipo de red, hacia otra célula perteneciente a otra red con tecnología inalámbrica diferente.

El objetivo de integrar WLAN en las redes públicas es que los usuarios que tengan acceso a una LAN inalámbrica privada puedan reutilizar la misma configuración base (por ejemplo, un PDA o un PC portátil con una tarjeta inalámbrica Wi-Fi) para acceder, tanto en entornos públicos como privados, a sus redes corporativas de datos. Tales accesos serán posibles con el mismo rendimiento, independientemente de cuál sea la localización del usuario en cada momento. Además es una alternativa de acceso en los puntos altamente poblados, denominados “*hot spots* <sup>71</sup>”, donde reside temporalmente una apreciable cantidad de personas con necesidad de establecer, al mismo tiempo, comunicaciones de voz y/o datos y donde la red UMTS no es lo suficientemente eficiente.

Se piensa que el servicio WLAN estará disponible prácticamente en todos los entornos, lo que permitirá proporcionar el servicio de datos mediante paquetes de manera continua entre las dos alternativas de acceso antes mencionadas, con la consiguiente variación de velocidad entre ambas formas de acceso, ya que las velocidades entre las WLAN’s sobre todo en el aspecto de transmisión de datos son superiores a las obtenidas con tecnologías celulares de 3G.

---

<sup>70</sup> Se denomina Handover al sistema utilizado en comunicaciones móviles celulares con el objetivo de transferir el servicio de una estación base a otra cuando la calidad del enlace es insuficiente.

<sup>71</sup> Hot Spots es un sitio que ofrece el acceso a Internet sobre una red local inalámbrica.

## CAPÍTULO IV

---

### 4 CONCESIONES Y PARAMETROS DE CALIDAD<sup>72</sup>

#### 4.1 ANTECEDENTES GENERALES

El 20 de marzo de 1990 IETEL<sup>73</sup> contrata a la firma Teleconsult<sup>74</sup> para que lleve a cabo una consultoría sobre telefonía celular y red pública de datos. La empresa norteamericana entregó los estudios de ingeniería el 5 de julio de 1991 a IETEL que aprobaría el Reglamento para la Concesión de Telefonía Celular mediante la Resolución 92-011.

---

<sup>72</sup> Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4530/1/CD-4147.pdf>

<sup>73</sup> IETEL es el Instituto Ecuatoriano de Telecomunicaciones fue una entidad que regulaba las redes telefónicas de Ecuador entre 1972 y 1992, año en que transformó en EMETEL.

<sup>74</sup> TELECONSUL, Consultoría Integral de Telecomunicaciones.

El 7, 8 y 9 de abril de 1992 se convoca a concurso de las bandas de frecuencia ubicadas en el rango de los 850 MHz, lo que corresponde a A-A' (824-835 MHz 845-846.5 MHz) y B-B' (869-880 MHz 890-891.5 MHz) y permitiendo una cobertura inicial del territorio para: Quito, Guayaquil, Cuenca y la carretera entre Quito, Guayaquil por la vía de Santo Domingo, Quevedo y Babahoyo.

El 9 de junio de 1992 se entregan 6 ofertas para la adjudicación de las bandas de frecuencia, las cuales serían calificadas el 4 de agosto de 1992. Las empresas que prestaron sus propuestas fueron: MOVITEL S.A., OPETEL S.A., ECUADOR CELLULAR ONE S.A., OPTEL S.A. y OTECEL S.A. El 10 de agosto de 1992 se aprueba la Ley Especial de Telecomunicaciones, de la cual se pueden rescatar dos aspectos principales:

- a) Se consagra el monopolio de los servicios de telecomunicaciones, siendo el único proveedor el Estado.
- b) Se crea la SUPTEL<sup>75</sup> como el ente de regulación y control único del sector.

Una vez creada la SUPERTEL, IETEL le entrega toda la documentación del concurso a la SUPERTEL<sup>76</sup>; entidad que, el 19 de abril de 1993 emite el Reglamento para el Servicio de Telefonía Celular y convalida todo el proceso del concurso. La SUPTEL emite el 29 de abril de 1993 el Reglamento de Servicio de Telefonía Celular, en el cual consta la disposición transitoria siguiente: "Cuando una disposición contenida en las Bases esté en contraposición con lo establecido con el presente Reglamento, prevalecerá la disposición contenida

---

<sup>75</sup> SUPTEL, Superintendencia de Telecomunicaciones.

<sup>76</sup> SUPERTEL, Superintendencia de Telecomunicaciones.

en el Reglamento.” De esta manera, se invalidan algunos puntos que fueron planteados en las bases del concurso, especialmente en los concernientes al área de cobertura.

El 27 de mayo de 1993, la SUPTEL define el nivel en el cual deben considerarse las propuestas en base a la oferta económica realizada por los concursantes, como consecuencia de esto se descalifica a CELLULAR ONE S.A. Y OPTEL S.A. El 14 de junio de 1993 se inician las negociaciones con CONECEL S.A y OTECEL S.A., lo que terminó con la firma de los contratos de concesión del STMC<sup>77</sup> el 26 de agosto de 1993 para CONECEL S.A. y el 29 de noviembre de 1993 para OTECEL S.A. En estos contratos se incluyeron, además de la cobertura publicada en el concurso los siguientes sitios: las carreteras de Quito-Ibarra, Quito-Latacunga, Guayaquil-Salinas y las regiones: El Triunfo-Babahoyo hasta Quevedo, El Triunfo a Machala, El Triunfo-Cuenca, Valles, Cumbayá, Sangolquí, San Rafael, Paute, Chordelec y Yunguilla. Las Ciudades: Salinas, Daule, Milagro, Machala y los alrededores de Santo Domingo de los Colorados, Quevedo y Babahoyo.

El 30 de agosto de 1995 se promulga la Reforma a la Ley Especial de Telecomunicaciones, en la cual se dispone la creación de la Secretaría Nacional de telecomunicaciones, en la cual se dispone la creación de la SENATEL<sup>78</sup> la cual se encargaría de ejecutar e implementar las políticas de regulación de telecomunicaciones y el CONATEL<sup>79</sup> que se encargaría de

---

<sup>77</sup> STMC, Sistema de Telefonía Móvil Celular.

<sup>78</sup> SENATEL, Secretaría Nacional de Telecomunicaciones.

<sup>79</sup> CONATEL, Consejo Nacional de Telecomunicaciones.

administrar y regular las telecomunicaciones siendo el representante ante la UIT<sup>80</sup> como el administrador de las telecomunicaciones del Ecuador.

## 4.2 SITUACIÓN ACTUAL EN EL ECUADOR

El sector de las telecomunicaciones móviles en el Ecuador representa uno de los principales contribuyentes tributarios para el Estado debido a que en los últimos años se ha venido aportando con una cantidad importante de impuestos. A pesar de no ser un mercado completamente penetrado, el monto de sus ingresos es bastante elevado, sin considerar los avances tecnológicos que día a día afectan el comportamiento del consumidor en cuanto al aumento de la demanda de los diferentes servicios que ofrecen las operadoras. La inversión que realizan las operadoras debe atender un mercado de consumo masivo. Ecuador actualmente tiene tres operadoras que manejan el servicio de telecomunicaciones celulares, las cuales son: CONECEL S.A., OTECEL S.A. y CNT-ALEGRO S.A. En la Tabla IV. 1 se muestra la distribución de líneas activas de las tres operadoras de SMA en el Ecuador.

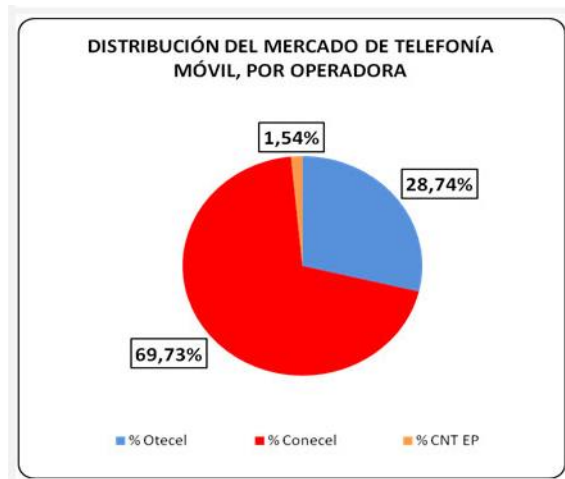
Operador	Líneas activas prestadas a través de terminales de usuario	Líneas activas prestadas a través de terminales de uso público	Total de líneas activas
<b>CONECEL S.A. – Claro</b>	11.427.524	34,831	11.462.355
<b>OTECCEL S.A. – Movistar</b>	4,710,090	45.475	4.755.565
<b>CNT EP. - Alegro</b>	251.635	21,026	272.661
Total en el Ecuador	16,389,249	102,163	16,490,581

**Tabla IV. 1** Porcentaje de líneas activas en Ecuador<sup>81</sup>

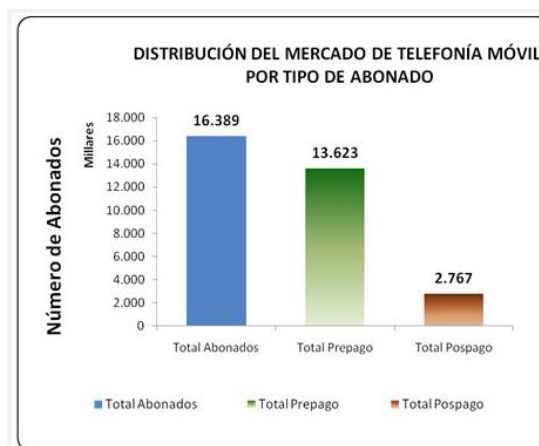
<sup>80</sup> UIT, Unión Internacional de las Telecomunicaciones.

<sup>81</sup> Fuente: [www.supertel.gob.ec](http://www.supertel.gob.ec), Dic. 2012

En las Fig.IV. 1 y IV. 2 se muestran los porcentajes de la distribución del mercado de telefonía móvil por cada una de las operadoras que brindan su servicio en el Ecuador, así también el número de abonados según su tipo.



**Fig.IV. 1** Porcentaje de líneas activas en el Ecuador<sup>82</sup>



**Fig.IV. 2** Número de abonados según su tipo<sup>83</sup>

<sup>82</sup> Fuente: [www.supertel.gob.ec](http://www.supertel.gob.ec), Dic. 2012.

<sup>83</sup> *Ibíd*em

### **4.3 Operadoras de SMA<sup>84</sup>**

#### **4.3.1 CONECEL S.A. (CLARO)**

La empresa de telefonía móvil, CONECEL<sup>85</sup> S.A, inició en el Ecuador con el nombre comercial de Porta, forma parte de la multinacional mexicana América Móvil. Es la compañía con mayor líneas activas a nivel nacional, por ende es la que más ingresos genera en nuestro país, ofrece servicios de internet móvil, telefonía móvil y más servicios móviles avanzados, de acuerdo a sus títulos habilitantes que son prestados y facturados por CONECEL S.A. también presta servicios adicionales de televisión por suscripción, internet fijo, telefonía fija y demás servicios fijos y de valor agregado, conforme a sus títulos habilitantes que son prestados y facturados por ECUADORTELECOM S.A<sup>86</sup>..

El 16 de Febrero de 2011, en la ciudad de Guayaquil fue anunciado que Porta a partir del segundo trimestre del año 2011 pasará a llamarse CLARO. Dicha empresa ha venido evolucionando desde 1990, al ser comprada por el magnate Carlos Slim, las estrategias de CLARO están bien definidas como buena marca, precios competitivos, kits y mejora de la calidad.

En 1993 CONECEL inicia con la tecnología AMPS, la cual se limitaba a servicios de voz, como buzón de voz, llamada en espera, entre otros. En el año de 1997 al igual que OTECEL S.A. anuncia la operación en sus redes de la

---

<sup>84</sup> Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/3738/1/CD-3533.pdf>

<sup>85</sup> CONECEL, Consorcio Ecuatoriano de Telecomunicaciones.

<sup>86</sup> ECUADORTELECOM, antes también conocida como Ecutel es la representación jurídica de Claro en Ecuador.

tecnología TDMA. Esta tecnología era completamente digital es decir que codificaba la voz en paquetes de datos digitales, brindaba mayor duración en la batería del terminal de usuario, mayor seguridad al momento de mantener una conversación, usaba menor ancho de banda, logrando así que mas llamadas puedan establecerse dentro de una misma celda. Es así que en el 2001 brinda el servicio de mensajería instantánea vía mensajes escritos ilimitadamente.

El servicio TDMA empezó a demostrarse en agosto de 2007, retirando todas las celdas del país por disposición de la SUPERTEL y a comienzos de octubre de 2007 se dio de baja a la central telefónica que operaba la antigua red.

CONECEL S.A. lanzó en mayo de 2003 la tecnología mundial GSM en la versión de 850 MHz y ocasionó la migración de clientes a esta nueva red con equipos nuevos que funcionaban con el novedoso chip o tarjeta SIM. En el mismo año CONECEL finaliza con la instalación y configuración del portador de datos GPRS, que permite el uso de MMS<sup>87</sup> y WAP<sup>88</sup>, mensajes multimedia y navegación en portales de Internet para teléfonos celulares. A partir de 2004 se comienza a ofrecer el servicio de Internet móvil para computadoras mediante un módem, brindando movilidad a los usuarios de computadoras portátiles.

La tecnología UMTS es el siguiente paso que CLARO da en busca de mejoras en sus servicios, los usuarios de esta red según la SUPERTEL se registran desde diciembre del 2008. El 26 de agosto del 2008 terminó el contrato de

---

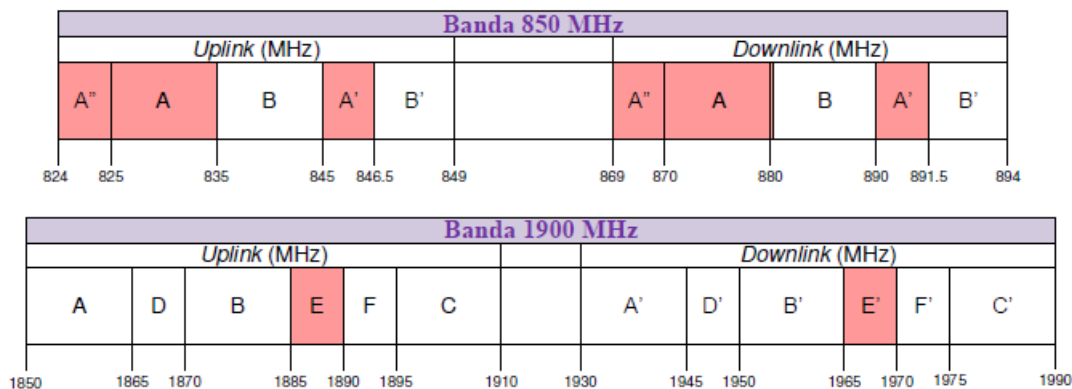
<sup>87</sup> MMS, por sus siglas en inglés Multimedia Messaging System o sistema de mensajería multimedia.

<sup>88</sup> WAP, por sus siglas en inglés Wireless Application Protocol o protocolo de aplicaciones inalámbricas.



concesión firmado en 1993, por lo que se realizaron negociaciones para ampliarlo 15 años más, lo cual se dio mediante la resolución 455 del CONATEL, tomada en la sesión del 14 de agosto del 2008.

GSM y UMTS son las tecnologías de CONECEL aunque constantemente implementan nuevos servicios para explotar su infraestructura y así llegar con sus servicios a un gran número de clientes. CONECEL funciona en las bandas A, en las bandas E en 1900MHz, con el grupo de frecuencias comprendido en los rangos: 824 a 835 MHz, 845 a 846.5 MHz, 869 a 880 MHz, 890 a 891.5 MHz, en la banda de 850 MHz y en los rangos de 1885 a 1890 MHz, 1965 a 1970 MHz, en la banda de 1900 MHz, como se muestra en la Fig.IV. 3.



**Fig.IV. 3.**Bandas de frecuencias concesionadas para CONECEL S.A.<sup>89</sup>

#### 4.3.2 OTECEL S.A. (MOVISTAR)

La empresa de telefonía móvil OTECEL S.A., inició en Ecuador con el nombre comercial BellSouth, en la actualidad Telefónica Móviles Ecuador, es conocida

<sup>89</sup> Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/3738/1/CD-3533.pdf>, Dic. 2012.

como Movistar la cual es una empresa proveedora de servicios de telefonía móvil de Ecuador subsidiaria del grupo Telefónica.

En 1993 que OTECEL S.A. al igual que CONECEL S.A. firman los contratos de concesión para prestar servicios de telecomunicaciones móviles celulares (STMC), cuando esta empresa se llamaba Cellular Power. OTECEL comenzó con la tecnología AMPS. Entre 1996 y 1997 se firman los contratos ratificatorios, modificatorios y codificatorios de los contratos de concesión para prestar servicios de STMC con OTECEL S.A. y CONECEL S.A.

En 1996 bajo bajo el nombre comercial de BellSouth migra a la red TDMA, mientras que la migración a la red CDMA se dio a finales del año 2002 y en el año 2003 lanza la tecnología CDMA 2000 1x.

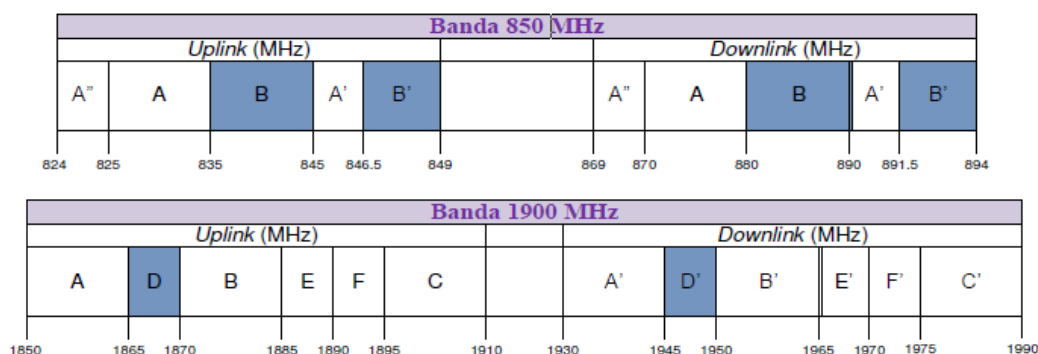
El 14 de octubre del 2004 se dio el acontecimiento más importante en el mercado de telefonía móvil por la compra de BellSouth por parte de Telefónica Móviles. En Ecuador el proceso de transición fue tranquilo produciéndose solamente un cambio en el nombre comercial, sin suponer para los clientes ningún cambio, pues no se alteraron los planes tarifarios, contratos, terminales, las ofertas, promociones o los números asignados.

Años más tarde, la SUPERTEL, considera que las tecnologías de acceso AMPS y TDMA, al haber sido desarrolladas en los inicios de la telefonía móvil celular y no haber experimentado un desarrollo tecnológico como es el caso de CDMA y GSM, tienen características técnicas que no garantizan la

inviolabilidad y secreto de las telecomunicaciones, razón por la cual dispuso a las operadoras de Telefonía Móvil OTECEL S.A. y CONECEL S.A. que retiren de operación las tecnologías AMPS y TDMA. Movistar comenzó a desmontar el servicio en diciembre de 2008 por lo que actualmente no se activan de estas líneas.

Movistar inició sus operaciones en abril del 2005 y es precisamente en este año que instala su red GSM en la banda de los 850 MHz, después que Telefónica Móviles Ecuador ya la había adquirido con el 100% de las acciones de OTECEL S.A., actualmente Movistar es la segunda mayor operadora de telefonía móvil del Ecuador operando en las redes CDMA, GSM y UMTS.

Actualmente OTECEL S.S. funciona en las bandas B en 850 MHz y en las bandas D en 1900 MHz, con el grupo de frecuencias comprendido entre los siguientes rangos: 835 a 845 MHz, 846.5 a 849 MHz, 891.5 a 894 MHz, en la banda de 850 MHz y en los rangos de 1865 a 1870 MHz, 1945 a 1950 MHz, en la banda de 1900 MHz como se muestra en la Fig.IV. 4.



**Fig.IV. 4**Bandas de frecuencias concesionadas para OTECEL S.A.<sup>90</sup>

<sup>90</sup> Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/3738/1/CD-3533.pdf>, Dic. 2012.

### 4.3.3 CNT (CNT-ALEGRO)

La empresa de telefonía móvil CNT-ALEGRO inició en Ecuador con el nombre comercial de Alegro, en la actualidad es una compañía filial de CNT<sup>91</sup> opera los servicios de telefonía móvil celular, servicio de internet, servicios portadores y de valor agregado.

CNT-ALEGRO se conformó en marzo del 2003 empezando a operar como tal en diciembre del mismo año, fue creada por Andinatel y Pacifictel para prestar el servicio de telefonía móvil. Hasta octubre del 2004, la compañía era propiedad al 50 % de Andinatel y Pacifictel, después de recibir la autorización del Fondo de Solidaridad, Pacifictel se deshizo de su participación en la operadora móvil, quedando Andinatel como propietaria única de la compañía. Cada mes, Alegro recibía 800 mil dólares de Andinatel y lo mismo de Pacifictel. A su vez, Pacifictel invirtió 40 millones de dólares en la constitución de TELECSA<sup>92</sup>, lo mismo que Andinatel. Actualmente Andinatel y Pacifictel se unieron en CNT junto con Alegro, por lo que toma el nombre comercial de CNT-ALEGRO.

En diciembre del 2003, Alegro PCS inició como operador de SMA con la tecnología CDMA 1X (EV-DO), en la banda de 1900 MHz. En el primer cuarto del 2005, Alegro PCS tenía listo su servicio de internet inalámbrico NIU Internet Total, el primero en el país, el cual ofrecía una velocidad de 70 kbps promedio

---

<sup>91</sup> CNT, Corporación Nacional de Telecomunicaciones.

<sup>92</sup> TELECSA, concesionaria del Estado Ecuatoriano para la prestación del Servicio de Telefonía Móvil Avanzado, es subsidiaria de Andinatel desde el 2003.

con los mismos terminales que los usados para los servicios de voz y SMS. En octubre del 2006 tenía listo el servicio de NIU banda ancha, que en zonas de cobertura CDMA EV-DO promedia los 400 kbps, algo inalcanzable para los otros operadores y en zonas de cobertura CDMA 1X promedio las 70 kbps que es la misma velocidad del servicio comercializado como NIU Internet Total a través de los terminales telefónicos. Hubo otro seceso que consistió en el cambio de la administración de la consultora VIAdvisors, la cual pasó a ser administrada por el Fondo de Solidaridad que tenía a cargo además la empresa eléctrica y CNT.

No obstante que CDMA es una tecnología más eficiente para la transmisión de datos y soportar mayor número de llamadas en una misma cantidad e espectro, el éxito comercial de GSM en la región llevó a CNT-ALEGRO en diciembre del 2007 a tener un arreglo con Movistar alquilándole la red de acceso de radio. RAN, para convertirse de esta manera en un operador móvil virtual MVNO<sup>93</sup> y prestar también servicios de GSM, sin incurrir en los altos costos de montar una red paralela más aún cuando se estimaba que en próximos años las redes GSM serían reemplazadas por redes de tercera generación. Con esta operación, pudo empezar a ofrecer servicios en la zona de cobertura de Movistar, mucho más amplia que la propia en CDMA 2000.

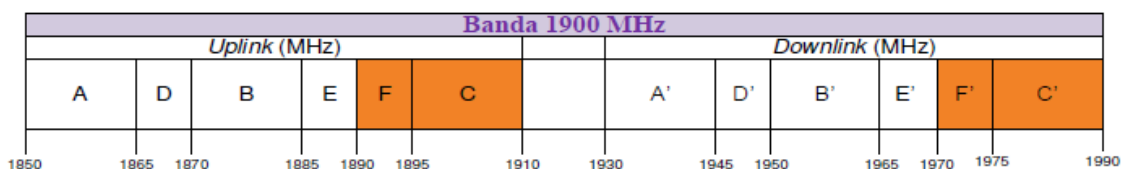
Sin embargo al momento CNT-ALEGRO cuenta con menos de un 3% de abonados de telefonía móvil en el Ecuador, razón por la cual CNT decidió

---

<sup>93</sup> MVNO por sus siglas en inglés Mobile Virtual Network Operator u Operador Móvil Virtual es una compañía de telefonía móvil que no posee una concesión de espectro de frecuencia.

fusionarse con Alegro para empezar a vender servicios de internet y telefonía móvil fija. CNT-ALEGRO es la operadora de telefonía móvil en el Ecuador que cuenta con menos líneas activas.

Actualmente CNT-ALEGRO opera en las bandas C y F en 1900 MHz con el grupo de frecuencias comprendido entre los siguientes rangos: 1890 a 1895 MHz, 1895 a 1910 MHz, 1970 a 1975 MHz y 1975 a 1990 MHz, como se muestra en la Fig.IV. 5.



**Fig.IV. 5**Bandas de frecuencias concesionadas para CNT-ALEGRO<sup>94</sup>

#### 4.4 Bandas de Frecuencias Asignadas al SMA.

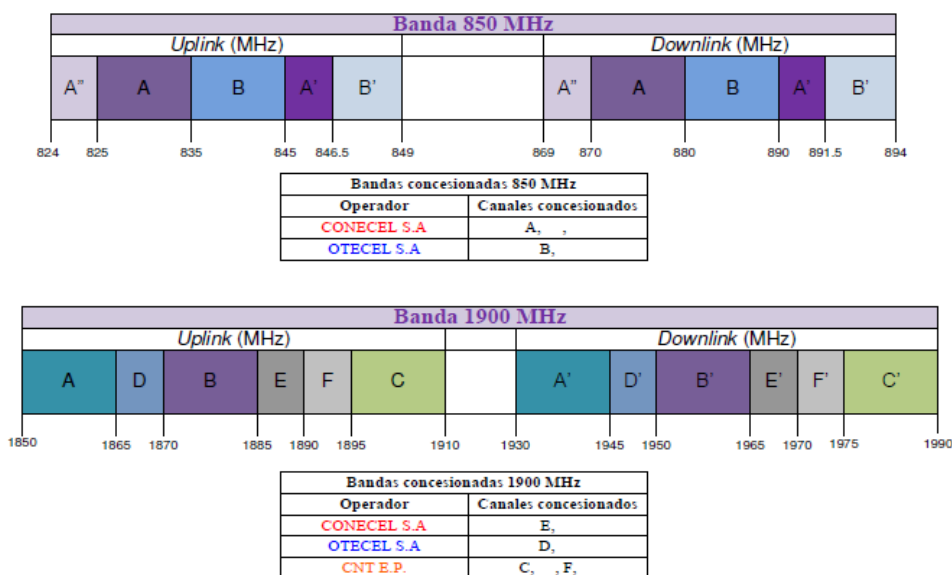
En el PNF<sup>95</sup> del Ecuador, actualizado en marzo del 2008, establece en la nota EQA.85 que en las bandas 824-849 MHz, 869-894 MHz, 1710-2025 MHz y 2110-2200 MHz, operen sistemas IMT (International Mobile Telecommunications) para los servicios fijo y móvil.

El PNF del Ecuador define a los sistemas IMT, como el nombre raíz que engloba tanto a las IMT-2000 como a las IMT-Avanzadas de forma colectiva. Adicionalmente define a los sistemas IMT-2000 como sistemas móviles de

<sup>94</sup> Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/3738/1/CD-3533.pdf>, Dic. 2012.

<sup>95</sup> PNF, Plan Nacional de Frecuencias.

tercera generación que proporcionan acceso a una amplia gama de servicios de telecomunicaciones, sustentados por las redes de telecomunicaciones fijas y a otros servicios específicos de los usuarios, mientras que a los sistemas IMT-Avanzados, los define como sistemas componentes de sistemas y aspectos conexos que incluyan las nuevas interfaces radioeléctricas que soporten las nuevas capacidades de los sistemas posteriores a las IMT-2000. De las bandas de frecuencias que establece la nota EQA.85, actualmente en el Ecuador se encuentran concesionados los bloques de frecuencias detallados en la Fig.IV. 6.



**Fig.IV. 6**Bandas de frecuencias concesionadas para el SMA<sup>96</sup>

#### 4.5 QoS PARA SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES<sup>97</sup>

La calidad de servicio tiene aplicación en todo el territorio nacional, el cumplimiento para todos los prestadores de los servicios de

<sup>96</sup> Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/3738/1/CD-3533.pdf>, Dic. 2012.

<sup>97</sup> Fuente: UIT-T G1000

telecomunicaciones: Telefonía Fija, Telefonía Móvil, Servicios de mensajes cortos, Servicios portadores y Provisión de Internet son de carácter obligatorio. Para ello se ha establecido parámetros de calidad de servicio tanto para telefonía como para Internet, para lo cual estos parámetros tienen su método de medición y un valor objetivo que deben alcanzar.

#### **4.5.1 Calidad**

Las características de una entidad que inciden en su capacidad para satisfacer las necesidades explícitas e implícitas. Deben ser observables. Una vez definidas las características se convierte en parámetros expresados en valores numéricos.

#### **4.5.2 Calidad de Servicio (QoS<sup>98</sup>)**

La totalidad de las características de un servicio de telecomunicaciones que determinan su capacidad para satisfacer las necesidades explícitas e implícitas del usuario del servicio.<sup>99</sup>

#### **4.5.3 Puntos de Vista sobre la QoS**

En la matriz de definición de la QoS de la Fig.IV. 7 se presentan criterios para juzgar la calidad de las funciones de comunicación que todo servicio debe soportar. Ahora bien, incluso esta matriz se puede ver con perspectivas diferentes:

- ✓ Las necesidades de QoS del cliente.

---

<sup>98</sup> QoS, por sus siglas en inglés Quality of Service o Calidad de Servicio.

<sup>99</sup> ITU-T E.800, "DEFINICIONES DE TÉRMINOS RELATIVOS A LA CALIDAD DE SERVICIO"



- ✓ Las ofertas de QoS del proveedor de servicio.
- ✓ La QoS conseguida u ofrecida.
- ✓ La calificación de la QoS en las encuestas de cliente.

El modelo es básicamente una matriz con una lista de funciones de servicio en el eje y criterios de calidad en el eje x. Las funciones de servicio son elementos de calidad de funcionamiento identificables, que al estar reunidos abarcan todos los aspectos de un servicio de telecomunicaciones. A través de las 77 celdas de la matriz, se puede determinar el tipo de criterio de calidad aplicable a cada función de servicio.

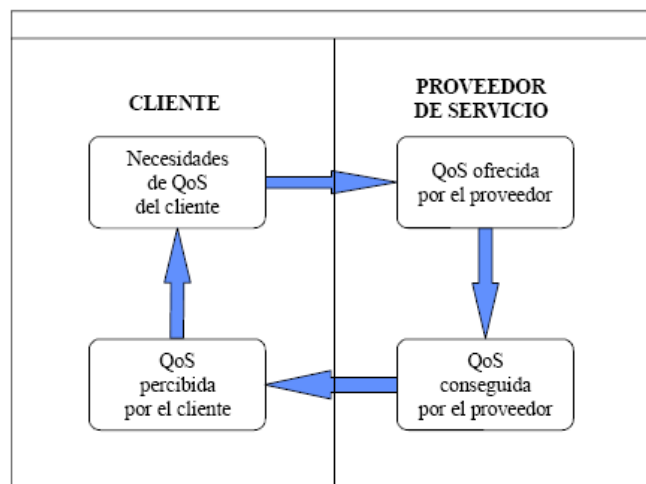
		Criterios de calidad de servicio						
		Velocidad 1	Precisión 2	Disponibilidad 3	Fiabilidad 4	Seguridad 5	Simplicidad 6	Flexibilidad 7
Función de servicio								
GESTIÓN DE SERVICIO	Ventas y actividades precontractuales 1							
	Prestación 2							
	Alteración 3							
	Atención al cliente 4							
	Reparaciones 5							
	Cese 6							
CALIDAD DE LA CONEXIÓN	Establecimiento de conexión 7							
	Transferencia de información 8							
	Liberación de conexión 9							
Facturación 10								
Gestión de la red/ servicio por el cliente 11								

**Fig.IV. 7**Matriz de QoS para las comunicaciones<sup>100</sup>

<sup>100</sup> Fuente: UIT-T G1000

El punto de partida son las necesidades de QoS del cliente. Una vez establecidas las necesidades, se las puede tratar aisladamente, contienen la información para que el proveedor de servicio determine la QoS que ofrece. En otro caso puede ser que el proveedor no esté en condición de ofrecer a los clientes la QoS que necesitan. En la Fig.IV. 8 se muestra la relación entre el cliente y los proveedores de servicio.

El nivel de calidad ofrecido depende de las consideraciones como costo de la calidad, aspectos estratégicos comerciales del proveedor, índice de calidad y otros factores.



**Fig.IV. 8** Cuatro puntos de vista sobre QoS.<sup>101</sup>

La necesidad del cliente incide en la selección de sistemas de supervisión para determinar la QoS conseguida, a fin de elaborar informes sobre dicha calidad.

<sup>101</sup> Fuente: UIT-T G1000

La combinación de las relaciones constituye la base de una gestión práctica y efectiva de la calidad de servicio, y mejora cuando los cuatro puntos de vista para un servicio determinado empiezan a converger.

#### **4.5.4 Necesidad de QoS del cliente**

La necesidad de QoS del cliente define el nivel de calidad que se exige en un determinado servicio, y se puede expresar en lenguaje corriente. Al cliente no le interesa saber cómo se presta el servicio ni los aspectos del diseño interno de la red, pues sólo le importa la calidad total del servicio de extremo a extremo. Desde el punto de vista del cliente, la calidad de servicio se expresa mediante parámetros que:

- ✓ Se centran en los efectos percibidos por el usuario, más que en sus causas dentro de la red.
- ✓ Tienen en cuenta todos los aspectos del servicio desde el punto de vista del cliente.
- ✓ El proveedor de servicio puede garantizar al cliente e incluirlos en el contrato.
- ✓ Se describen en términos independientes de la red y se establece un lenguaje común, que comprende tanto el usuario como el proveedor de servicio.

#### **4.5.5 QoS ofrecida por el proveedor de servicio**

La QoS ofrecida por el proveedor de servicio es una declaración del nivel de calidad que él espera ofrecer al cliente, y que se expresa mediante valores

atribuidos a los parámetros. Esta forma de calidad de servicio es útil para la planificación y para los acuerdos de nivel de servicio. El proveedor de servicio puede expresar la QoS ofrecida en lenguaje corriente para el cliente, y en el lenguaje técnico para su uso en la industria. Se puede utilizar la QoS ofrecida por el proveedor de servicio en los documentos de planificación para especificar los sistemas de medición y establecer las bases de los acuerdos de nivel de servicio.

#### **4.5.6 QoS conseguida o entregada por el proveedor de servicio**

La QoS que consigue el proveedor de servicio es una declaración del nivel de calidad real alcanzado y entregado al cliente, y se expresa mediante valores asignados a parámetros, que deben ser idénticos a los especificados para la QoS ofrecida, de forma que se los pueda comprar para evaluar el nivel de calidad de funcionamiento logrado.

#### **4.5.7 QoS percibida por el cliente**

La QoS percibida por los usuarios o clientes es una declaración en la que se expresa el nivel de calidad que ellos creen haber experimentado, y que se expresa normalmente en función del grado de satisfacción y no en términos técnicos. Esta calidad de servicio se mide con encuestas a los clientes y sus comentarios sobre los niveles de servicio, y puede ser utilizada por el proveedor de servicio para determinar la satisfacción del cliente en cuanto a la calidad de servicio.

Los parámetros de QoS se han definido con un lenguaje sencillo y de fácil comprensión para los usuarios y operadores y están determinados de tal forma que puedan ser fácilmente comparables los niveles de QoS alcanzados por éstos. De acuerdo a la metodología empleada para identificar los parámetros de QoS, éstos se identifican por la función y el criterio de la Fig.IV. 9.

FUNCIÓN GENERAL	FUNCIÓN ESPECÍFICA	CRITERIO
1. GESTIÓN DE SERVICIO	1. Ventas y actividades precontractuales 2. Prestaciones 3. Alteración 4. Atención al cliente 5. Reparaciones 6. Cese	1. Velocidad 2. Precisión 3. Disponibilidad 4. Fiabilidad
2. CALIDAD DE LA CONEXIÓN	1. Establecimiento de la conexión 2. Transferencia de la información 3. Liberación de la conexión	5. Seguridad 6. Simplicidad 7. Flexibilidad
3. FACTURACIÓN	1. Facturación	
4. GESTIÓN DE LA RED/SERVICIO POR EL CLIENTE	1. Gestión de la red/servicio por el cliente	

**Fig.IV. 9** Criterios de los parámetros de calidad<sup>102</sup>

La definición de los parámetros y la metodología de la medición se basaron en la Norma de Calidad de los Servicios de Telecomunicaciones elaborada por el CONATEL en Quito, Junio del 2006, en la cual se establecen las condiciones a cumplirse en cada uno de los parámetros.

#### **4.5.8 Anexo 5 del contrato de renovación del SMA**

De acuerdo al anexo 5<sup>103</sup> de los actuales contratos de concesión suscritos con las operadoras: OTECEL S.A y CONECEL S.A, vigentes desde el 30 de noviembre del 2008, se describen los siguientes parámetros de calidad:

<sup>102</sup> Fuente: UIT-T G1000

<sup>103</sup> Contrato de Renovación del SMA para OTECEL S.A. y CONECEL S.A., 2008.

- ✓ Relación con el cliente
- ✓ Porcentaje de reclamos generales
- ✓ Tiempo promedio de resolución de reclamos
- ✓ Tiempo promedio de espera por respuesta de operador humano
- ✓ Porcentaje de reclamos de facturación y debito
- ✓ Porcentaje de llamadas establecidas
- ✓ Tiempo de establecimiento de llamada
- ✓ Porcentaje de llamadas caídas
- ✓ Zona de cobertura
- ✓ Calidad de conversación
- ✓ Porcentaje de mensajes cortos con éxito
- ✓ Tiempo promedio de entrega de mensajes cortos

Cabe destacar que para la operadora CNT EP, se analizan los mismos parámetros anteriores de acuerdo al oficio 0852-S-CONATEL-2012 del 28 de junio del 2012.

#### **4.5.8.1 Porcentaje de llamadas establecidas (código 5.6)**

##### **4.5.8.1.1 Definición**

Es el porcentaje de las llamadas establecidas exitosamente respecto al número de intentos de llamadas, en un periodo de medición.

De acuerdo al Anexo 5 de los contratos de concesión se considera una llamada establecida exitosamente en los siguientes casos:

- a. El terminal llamado contesta
- b. El terminal llamado está ocupado. En este caso el destino adecuado es el tono de ocupado o la casilla de voz del cliente.
- c. El terminal llamado está apagado o se encuentra fuera del área de servicio, este caso el destino adecuado es el anuncio grabado correspondiente o casilla de voz.
- d. El terminal llamado recibe la llamada pero no contesta y se encamina a la casilla de voz.
- e. El terminal llamado se encuentra con el servicio restringido por falta de pago o a petición del cliente. En este caso el destino adecuado es el anuncio grabado correspondiente o casilla de voz.
- f. El usuario ha marcado un número que no existe. El destino es el anuncio grabado correspondiente.
- g. El terminal llamado timbra, no contesta la llamada y desconecta.

No se considerarán llamadas establecidas las que, por causas inherentes a la red de Sociedad Concesionaria son encaminadas al buzón de mensajes o a un sistema de respuesta interactiva (IVR)<sup>104</sup>.

Las mediciones son aplicables a las llamadas que se originan y terminan en la misma red de la Sociedad Concesionaria.

#### **4.5.8.1.2 Criterio de Calidad**

##### **Disponibilidad**

---

<sup>104</sup> IVR por sus siglas en inglés Interactive Voice Response o Respuesta Intecativa de Voz.

#### 4.5.8.1.3 Valor Objetivo

El valor objetivo de éste parámetro de acuerdo al Anexo 5 de los actuales contratos de concesión para las operadoras CONECEL S.A., OTECEL S.A. Y CNT EP es:

$$\%llamadas\ establecidas \geq 95\% \qquad \text{Ec. 4.1}$$

El cálculo del índice de calidad de este parámetro se lo realiza de la siguiente manera:

$$\%llcom = \frac{llcom}{ill} * 100 \qquad \text{Ec. 4.2}$$

Donde  $\%llcom$  es el porcentaje de llamadas establecidas en la red,  $llcom$  es el número de llamadas establecidas exitosamente en la red e  $ill$  es el número total de intentos de llamada en la red durante el período de medición.

#### 4.5.8.2 Tiempo de establecimiento de llamada (código 5.7)

##### 4.5.8.2.1 Definición

Es el Intervalo de tiempo medido en segundos que transcurre entre el instante en que el usuario acciona el pulsador de envío de llamada, luego de marcar el número seleccionado y, la recepción del tono de control de llamada. Se mide como el porcentaje de llamadas que se establecen dentro de un intervalo de tiempo definido.



#### 4.5.8.2.2 Criterio de Calidad

Velocidad

#### 4.5.8.2.3 Valor Objetivo

El valor objetivo de éste parámetro de acuerdo al Anexo 5 de los actuales contratos de concesión para las operadoras CONECEL S.A., OTECEL S.A. Y CNT EP es:

$$\%C \geq 95\% \qquad \text{Ec. 4.3}$$

El cálculo del índice de calidad de este parámetro se lo realiza de la siguiente manera:

$$\%C = \frac{lle}{tll} * 100 \qquad \text{Ec. 4.4}$$

Donde, % C es el porcentaje de cumplimiento, lle es el total de llamadas establecidas antes de doce (12) segundos de las llamadas establecidas dentro de la red de la Sociedad Concesionaria y tll es el total de llamadas establecidas.

#### 4.5.8.3 Porcentaje de Llamadas caídas (código 5.8)

##### 4.5.8.3.1 Definición

Es el porcentaje de llamadas caídas, con respecto al número total de llamadas establecidas, en un mes. Una llamada será considerada como caída cuando luego de establecida no puede mantenerse por causas atribuibles a la red en evaluación.

Las causas para la interrupción de este servicio pueden ser niveles anormales de potencia, de nivel de ruido, distorsión de la señal, tasa de errores o puede deberse a la inhabilitación de las entidades empleadas en la provisión de este servicio, o por motivos externos como una alta demanda del servicio. Algunos factores que afectan en la retención de una llamada son los siguientes:

- ✓ El UE muestra bajo Ec/Io pero el escáner indica un buen Ec/Io, el UE selecciona un nuevo código scrambling que no ha sido detectado previamente en el conjunto activo, el Ec/Io mejora. El problema se da debido al “*Missing neighbour*” o “Vecino faltante” ya que el escáner puede detectar una fuerte señal interferente, que al no ser definida como vecina el UE no puede detectarla y la llamada cae.
  
- ✓ Bajo Ec/Io en el UE y en el escáner, bajo RSCP<sup>105</sup> en el UE y en el escáner, el UE transmite en la máxima potencia. El problema se da debido a que hay baja cobertura. El umbral de handover Ec/Io debe activar un handover intrafrecuencia, si no se detecta ningún vecino, se debe efectuar un handover intrasistema. Si el UE no es capaz de detectar ningún vecino el enlace de radio a la celda servidora falla. El control de potencia no puede mejorar la calidad de la señal debido a la máxima potencia de transmisión del UE/Nodo B. La llamada cae.

#### **4.5.8.3.2 Criterio de Calidad**

##### Precisión

---

<sup>105</sup> RSCP, por sus siglas en inglés Received Signal Code Power o Señal Recibida por Código de Potencia.

#### 4.5.8.3.3 Valor Objetivo

El valor objetivo de éste parámetro de acuerdo al Anexo 5 de los actuales contratos de concesión para las operadoras CONECEL S.A., OTECEL S.A. Y CNT EP es:

$$\%llcA \leq 2\% \quad \text{Ec. 4.5}$$

$$\%llcB \leq 5\% \quad \text{Ec. 4.6}$$

$$\%llcC \leq 7\% \quad \text{Ec. 4.7}$$

Donde  $\%llcA$ ,  $\%llcB$  y  $\%llcC$  representa el porcentaje de llamadas caídas por cada tipo de celda:

- ✓ **Tipo A:** Aquella con Radiobases adyacentes<sup>106</sup> en todo el perímetro de su área de servicio.
- ✓ **Tipo B:** Aquella con Radiobases adyacentes las cuales no cubren el perímetro total de su área de servicio.
- ✓ **Tipo C:** Aquella sin Radiobases adyacentes.

El cálculo del índice de calidad de este parámetro se lo realiza de la siguiente manera:

$$\%llcA = \frac{llcA}{lleA} * 100 \quad \text{Ec. 4.8}$$

$$\%llcB = \frac{llcB}{lleB} * 100 \quad \text{Ec. 4.9}$$

$$\%llcC = \frac{llcC}{lleC} * 100 \quad \text{Ec.4.10}$$

---

<sup>106</sup> Radiobases Adyacentes son aquellas cuyos parámetros de operación garantizan la continuidad en una llamada.

Donde  $\%llcA$ ,  $\%llcB$ ,  $\%llcC$  es el porcentaje de llamadas caídas para cada tipo de celda,  $llc$  es el total de llamadas caídas para cada tipo de celda y  $lle$  es el total de llamadas establecidas para cada tipo de celda durante el período de medición.

#### **4.5.8.4 Zona de Cobertura (código 5.9)**

##### **4.5.8.4.1 Definición**

Es el área que la Sociedad Concesionaria informa al usuario, dentro de la cual se tendrá un nivel de señal que permita la prestación del servicio concesionado, de conformidad con los valores objetivos establecidos.

##### **4.5.8.4.2 Criterio de Calidad**

Precisión

##### **4.5.8.4.3 Valor Objetivo**

El valor objetivo de éste parámetro de acuerdo al Anexo 5 de los actuales contratos de concesión para las operadoras CONECEL S.A., OTECEL S.A. Y CNT EP define el valor objetivo del parámetro zona de cobertura como un porcentaje de mediciones cuyos valores sean superiores o iguales a un nivel mínimo de señal. Este porcentaje corresponde a:

$\%c \geq 95\%$  para zonas urbanas Ec.4.11

$\%c \geq 90\%$  para zonas rurales y carreteras Ec. 4.12

El cálculo del índice de calidad de este parámetro se lo realiza de la siguiente manera:

$$\%c = \frac{ns}{n} * 100 \quad \text{Ec.4.13}$$

Donde, %c es el porcentaje de cobertura por tecnología y por tipo de zona (urbana o rural y carreteras), ns es el número de muestras con nivel de señal en el canal de control del equipo terminal superiores o iguales al nivel mínimo de acuerdo a la tecnología y por tipo de zona, n es el número de muestras válidas por tecnología y por tipo de zona, p es la posición del equipo terminal y v es la velocidad del equipo terminal, las cuales se determinan en el momento de la medición de acuerdo a la posición y velocidad con que se efectúa la prueba.

Los niveles mínimos de acuerdo a la tecnología y para zona urbana son:

$$ns(GSM) \geq -85 \text{ dBm (Rx Level sobre el canal de control)} \quad \text{Ec. 4.14}$$

$$ns(CDMA/UMTS) \geq -14 \text{ dB (Ec/Io sobre el canal de control)} \quad \text{Ec. 4.15}$$

Los niveles mínimos de acuerdo a la tecnología y para zona rural y carretera son:

$$ns(GSM) \geq -98 \text{ dBm (Rx Level sobre el canal de control)} \quad \text{Ec.4.16}$$

$$ns\left(\frac{CDMA}{UMTS}\right) \geq -17 \text{ dB (Ec/Io sobre el canal de control)} \quad \text{Ec.4.17}$$

Donde Rx Level es el nivel de recepción y Ec/Io es la energía por chip/Ruido

#### 4.5.8.5 Calidad de Conversación (código 5.10)

##### 4.5.8.5.1 Definición

Es una medida de la calidad extremo a extremo de la conversación de una llamada de servicio de voz dentro de la red de la Sociedad Concesionaria.

##### 4.5.8.5.2 Criterio de Calidad

Precisión

##### 4.5.8.5.3 Valor Objetivo

El valor objetivo de éste parámetro de acuerdo al Anexo 5 de los actuales contratos de concesión para las operadoras CONECEL S.A., OTECEL S.A. Y CNT EP es:

$$MOS \geq 3 \quad \text{Ec.4.18}$$

El número de llamadas de prueba que deberán originarse desde cada ciudad se determinará de la siguiente manera:

$$n = \frac{Z^2 p(1-p)}{e^2} \quad \text{Ec.4.19}$$

Donde n es el tamaño de la muestra, Z es 1.96 para garantizar un nivel de confianza del 95%, p es 0.5 para maximizar el tamaño de la muestra y es la precisión o error de muestre dependiendo del tamaño de la población. En base a esto se definen los siguientes tamaños de muestras, como se muestra en la Tabla IV. 2.

Población por ciudad	E	n
Mayor a 400000	3%	1067
50000 a 400000	4%	600
20000 a 50000	5%	384

**Tabla IV. 2** Tamaño de muestras<sup>107</sup>

El cálculo del índice de calidad de este parámetro se lo realiza de la siguiente manera:

$$MOS = \frac{\sum_{i=1}^n Cax}{n} \quad \text{Ec.4.20}$$

En donde MOS<sup>108</sup> es la calidad de la conversación, Ca es la calificación del evaluador en cada llamada y n es el número total de llamadas de prueba.

#### **4.5.8.6 Porcentaje de Mensajes Cortos con Éxito (código 5.11)**

##### **4.5.8.6.1 Definición**

Porcentaje del número de mensajes cortos recibidos exitosamente por el usuario destino, con respecto al número total de mensajes cortos enviados por el usuario origen, dentro de la misma red del operador, en un mes.

##### **4.5.8.6.2 Criterio de Calidad**

Disponibilidad

##### **4.5.8.6.3 Valor Objetivo**

<sup>107</sup> Fuente: SUPERTEL-Delegación Regional Centro

<sup>108</sup> MOS, por sus siglas en inglés Mean Opinion Score.

El valor objetivo de éste parámetro de acuerdo al Anexo 5 de los actuales contratos de concesión para las operadoras CONECEL S.A., OTECEL S.A. Y CNT EP es:

$$\%Mr \geq 95\% \qquad \text{Ec.4.21}$$

El cálculo del índice de calidad de este parámetro se lo realiza de la siguiente manera:

$$\%Mr = \frac{Mr}{Me} * 100 \qquad \text{Ec. 4.22}$$

Donde  $\%Mr$  es el porcentaje de mensajes cortos recibidos exitosamente,  $Mr$  es el número de mensajes cortos recibidos exitosamente y  $Me$  es el número total de mensajes cortos enviados, durante el período de medición.

#### **4.5.8.7 Tiempo Promedio de Entrega de Mensajes Cortos (código 5.12)**

##### **4.5.8.7.1 Definición**

Es el tiempo promedio medido en segundos, transcurrido entre el envío de un mensaje corto por parte del usuario de origen y la recepción del mensaje por parte del usuario destino, en la misma red del operador.

##### **4.5.8.7.2 Criterio de Calidad**

Velocidad

##### **4.5.8.7.3 Valor Objetivo**

El valor objetivo de éste parámetro de acuerdo al Anexo 5 de los actuales contratos de concesión para las tres operadoras es:



$$Tm \leq 30 \text{ segundos}$$

Ec. 4.23

El cálculo del índice de este parámetro se lo realiza de la siguiente manera:

$$Tm = \frac{\sum_{i=1}^{Me} Tti}{Me}$$

Ec.4.24

Donde,  $Tm$  es el tiempo promedio de envío de mensajes cortos en segundos,  $Tti$  es el tiempo transcurrido desde que el mensaje corto  $i$  es enviado hasta que ha sido recibido por el usuario destino, medido en segundos; y  $Me$  es el total de mensajes cortos enviados, durante el período de medición.

## 4.6 UBICACIÓN DE RADIOBASES EN RIOBAMBA

### 4.6.1 Operadora CLARO (CONECEL S.A)

RADIOBASE	PROVINCIA	CANTÓN	DIRECCIÓN	LATITUD	LONGITUD	TECNOLOGÍA
BRIGALAPAG	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	Av. Antonio José de Sucre, vía Riobamba-Guano, cerca de la UNACH	01 39'23,90"S	78 38'42,80"W	GSM
DAVALOS	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	Calle Morona Esquina Chimborazo	01 40'14,30"S	78 38'25,80"W	GSM
ELGALPON	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	Calle Argentinos, edificio Acropolis.	01 39'46,48"S	78 39'26,28"W	GSM
ESPOCH	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	Escuela Politécnica del Chimborazo (ESPOCH), sector de la Facultad de Ciencias	01 39'18,40"S	78 40'41,52"W	GSM
LOMADEQUITO	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	Juan Montalvo y Argentinos	01 40'01,50"S	78 39'06,30"W	GSM
PARQMALDONADO	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	José Orozco 2230 y Eugenio Espejo	01 40'16,80"S	78 38'53,00"W	GSM
RIOBAMBA2	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	Calle 10 de Agosto y García Moreno esquina. Edificio Costales.	01 40'16,37"S	78 39'06,48"W	GSM
RIOESTACION	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	Calle Boyaca y Juan Montalvo (Esquina) Edif. El	01 40'24,20"S	78 39'25,60"W	GSM
SANTAFAZ	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	Calle Olmedo y Benalcazar (Discoteca Blank & White)	01 40'34,50"S	78 38'54,50"W	GSM
UNACH	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	Universidad Nacional del Chimborazo	01 40'52,50"S	78 38'26,88"W	GSM
EL ALTAR	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	Av 11 De Noviembre y Av Gustavo Garzon. Sector El Altar. Casa No. 6.	01 38'58,30"S	78 39'55,00"W	GSM
LATERAL	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	Av. Pedro Vicente Maldonado SIN segundo rompe velocidades en la vía Guayaquil.	01 39'31,90"S	78 41'03,80"W	GSM
RIOBAMBA	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	Cerro Shuyocucho-Riobamba	01 41'46,79"S	78 39'59,04"W	GSM
TERMINALRIO	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	Riobamba, Calle Virgilio Corral, # 17 Manzana 2A	01 39'53,00"S	78 39'59,50"W	GSM
SANJUANRIO	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	Parroquia San Juan, comunidad Larca Loma	01 38'15,10"S	78 47'40,90"W	GSM

**Tabla IV. 3** Radiobases-CONECEL-GSM<sup>109</sup>

<sup>109</sup> Fuente: SUPERTEL-Delegación Regional Centro

RADIOBASE	PROVINCIA	CANTÓN	DIRECCIÓN	LATITUD	LONGITUD	TECNOLOGÍA
BRIGALAPAW08	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	Av. Antonio José de Sucre, vía Riobamba-Guano, cerca de la UNACH	01 39'23,90"S	78 39'23,90"W	UMTS
DAVALOSW08	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	Calle Morona Esquina Chimborazo	01 40'14,30"S	78 38'25,80"W	UMTS
ELGALPONW08	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	Calle Argentinos, edificio Acropolis.	01 39'46,48"S	78 39'26,28"W	UMTS
ESPOCHW08	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	Escuela Politécnica del Chimborazo (ESPOCH), sector de la Facultad de Ciencias	01 39'18,40"S	78 40'41,52"W	UMTS
RIOBAMBAZW08	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	Calle 10 de Agosto y García Moreno esquina. Edificio Costales.	01 40'16,97"S	78 39'06,48"W	UMTS
SANTAFAZW08	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	Calle Olmedo y Benalcazar (Discoteca Blank & White)	01 40'34,50"S	78 38'54,50"W	UMTS
UNACHW08	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	Universidad Nacional del Chimborazo	01 40'52,50"S	78 38'26,88"W	UMTS
SUPTELRIOW08	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	Av. Leopoldo Freire, vía a Chambo a 100 m de la Jefatura Provincial de Tránsito de Chimborazo.	01 41'57,70"S	78 37'30,00"W	UMTS
EL ALTARW08	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	Av 11 De Noviembre y Av Gustavo Garzon. Sector El Altar. Casa No. 6.	01 38'58,30"S	78 39'55,00"W	UMTS
TERMINALRIOW08	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	Riobamba, Calle Virgilio Corral, # 17 Manzana 2A	01 39'53,00"S	78 39'59,50"W	UMTS
ZONAINDUSW08	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	Riobamba, Av. Celso Augusto Rodríguez y calle París	01 40'42,70"S	78 38'10,80"W	UMTS
LATERALW08	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	Av. Pedro Vicente Maldonado S/N segundo rompe velocidades en la vía Guayaquil.	01 39'31,90"S	78 41'03,80"W	UMTS
LAMIRANEW	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	Cerro la Mira	01 30'32,30"S	78 35'01,70"W	UMTS
REPRIOBAMBA	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	Langos, San Miguel	01 41'37,60"S	78 40'57,20"W	UMTS

Tabla IV. 4Radiobases-CONECEL-UMTS<sup>110</sup>

4.6.2 Mapas de radiobases CONECEL S.A.

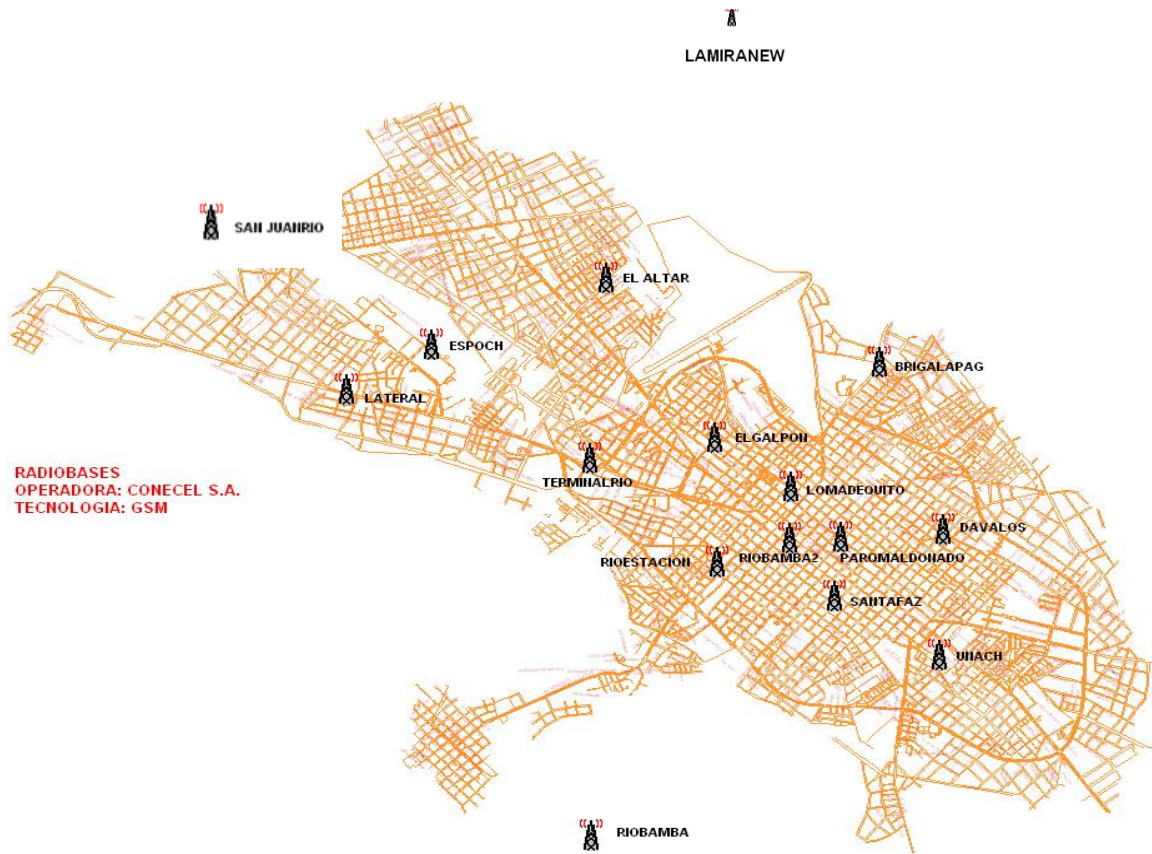


Fig.IV. 10Radiobases CONECEL-GSM<sup>111</sup>

<sup>110</sup> Fuente: SUPERTEL-Delegación Regional Centro

<sup>111</sup> Ibídem

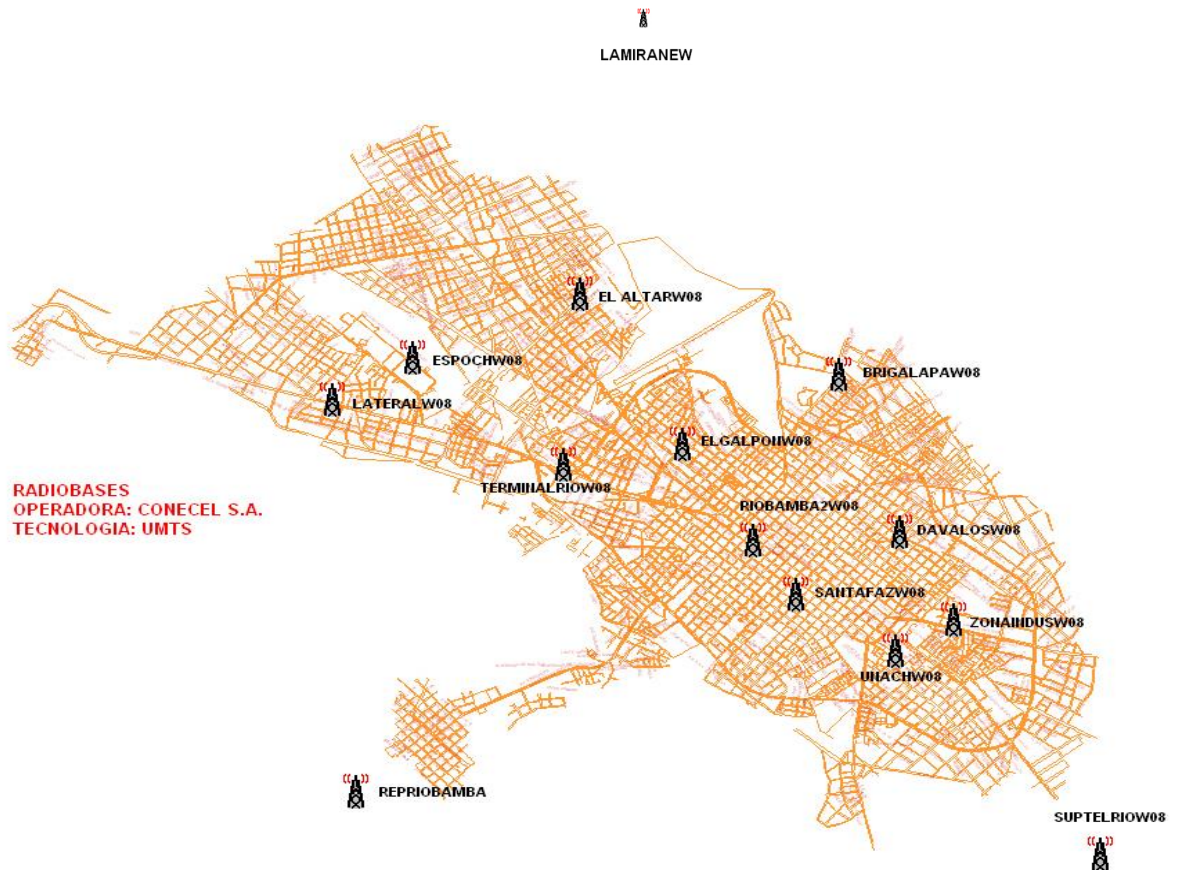


Fig.IV. 11 Radiobases CONECEL-UMTS<sup>113</sup>

---

<sup>113</sup> Fuente: SUPERTEL-Delegación Regional Centro

### 4.6.3 Operadora MOVISTAR (OTECEL S.A)

RADIOBASE	PROVINCIA	CANTÓN	DIRECCIÓN	LATITUD	LONGITUD	TECNOLOGÍA
ENTRADA_A_RIOBAMBA	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	Av._Principal_Riobamba_y_Saint_Amand_L_Hotel_Los_Alamos	0139'20,90"S	78'39'55,60"W	GSM
ESPOCH	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	Urb._Corazón_de_la_Patria_Mz_F_Lote_2	0139'22,09"S	78'40'48,05"W	GSM
PARQ_INDUST_RIOBAMBA	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	Celso_Rodríguez_y_Bolívar_Bonilla_Fábrica_INPAPEL	0140'47,08"S	78'37'58,02"W	GSM
RIELES_DE_RIOBAMBA	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	Calle_virgilio_corrales_y_Av._Milton_Reyes_MZ_F_Lote_nro_1	0139'48,60"S	78'39'56,80"W	GSM
RIOBAMBA_CENTRO	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	España 2122 y Guayaquil.	0140'16,38"S	78'39'05,37"W	GSM
RIOBAMBA_ESTE	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	Calle_Ayacucho_entre_Carabobo_y_Juan_Montalvo	0139'58,30"S	78'39'02,80"W	GSM
RIOBAMBA_LA_FLORIDA	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	Calle_2_de_Agosto_y_5_de_junio_Esq.	0140'50,70"S	78'39'16,20"W	GSM
RIOBAMBA_LA_VASIA	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	Calle_Espejo_3567_y_Monseñor_María_de_la_Torre_sector_La_Vasija	0139'54,10"S	78'38'33,30"W	GSM
RIOBAMBA_NORTE	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	Calle_Duchicela_entre_Daniel_Borja_y_Elicio_Flor	0139'48,20"S	78'39'36,70"W	GSM
RIOBAMBA_OESTE	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	Av._Juan_de_La_Valle_y_14_de_Agosto	0140'28,20"S	78'39'32,80"W	GSM
UNACH	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	Campus_Unach_vía_Guano	0139'06,00"S	78'38'30,00"W	GSM
VILLA_MARIA	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	Av._Juan_de_La_Valle_y_14_de_Agosto	0140'36,10"S	78'38'35,60"W	GSM
BRIGADA_GALAPAGOS	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	Barrio_Pedro_Vicente_Maldonado_Calle_Capitán_Edmundo_Chiriboga(sin_número_de_lote)_junto_al_Hostal_Apolo.	0139'32,70"S	78'38'58,30"W	GSM
ESPOCH2	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	Urbanización_Corazón_de_la_Patria_Manzana_F_Lote_2.	0139'23,20"S	78'40'49,30"W	GSM
PARQ_INDUST_RIOBAMBA2	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	Calle Celso Rodríguez y Bolívar Bonilla Esquina.	0140'48,00"S	78'37'58,00"W	GSM
RIOPAMBA	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	Av. Pedro Vicente Maldonado (sin número de lote) y Av. 11 de Noviembre.	0139'43,02"S	78'40'34,00"W	GSM
RIOBAMBA	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	Loma_Puchalín	0141'36,00"S	78'39'48,00"W	GSM
RIOBAMBA_CENTRO2	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	Calle Garcia Moreno y 10 de Agosto Edf. Costales.	0140'17,70"S	78'39'06,30"W	GSM
RIOBAMBA_ESTE2	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	Calle_Ayacucho_entre_calles_Juan_Montalvo_y_Carabobo.	0139'58,80"S	78'39'02,90"W	GSM
RIOBAMBA_LA_PRADERA	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	Calles Río Curaray y Río Paute, Lote "J", Urbanización La Pradera 2.	0138'26,01"S	78'40'27,08"W	GSM
RIOBAMBA_LAS_INDUST	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	AV_Circunvalación_entre_las_calles_loja_y_la_vía_a_cerro_neqro	0140'05,10"S	78'38'15,01"W	GSM

Tabla.IV. 5 Radiobases-OTECEL-GSM<sup>114</sup>

RADIOBASE	PROVINCIA	CANTÓN	DIRECCIÓN	LATITUD	LONGITUD	TECNOLOGÍA
ENTRADA_A_RIOBAMBA	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	Av._Principal_Riobamba_y_Saint_Amand_L_Hotel_Los_Alamos	0139'20,90"S	78'39'55,60"W	UMTS
ESPOCH	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	Urb._Corazón_de_la_Patria_Mz_F_Lote_2	0139'22,09"S	78'40'48,05"W	UMTS
RIOBAMBA_CENTRO	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	España 2122 y Guayaquil.	0140'16,38"S	78'39'05,37"W	UMTS
RIOBAMBA_ESTE	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	Calle_Ayacucho_entre_Carabobo_y_Juan_Montalvo	0139'58,30"S	78'39'02,80"W	UMTS
RIOBAMBA_LA_FLORIDA	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	Calle_2_de_Agosto_y_5_de_junio_Esq.	0140'50,70"S	78'39'16,20"W	UMTS
RIOBAMBA_LA_VASIA	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	Calle_Espejo_3567_y_Monseñor_María_de_la_Torre_sector_La_Vasija	0139'54,10"S	78'38'33,30"W	UMTS
RIOBAMBA_NORTE	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	Calle_Duchicela_entre_Daniel_Borja_y_Elicio_Flor	0139'48,20"S	78'39'36,70"W	UMTS
RIOBAMBA_OESTE	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	Av._Juan_de_La_Valle_y_14_de_Agosto	0140'28,20"S	78'39'32,80"W	UMTS
UNACH	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	Campus_Unach_vía_Guano	0139'06,00"S	78'38'30,00"W	UMTS
VILLA_MARIA	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	Av._Juan_de_La_Valle_y_14_de_Agosto	0140'36,10"S	78'38'35,60"W	UMTS
BRIGADA_GALAPAGOS	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	Barrio_Pedro_Vicente_Maldonado_Calle_Capitán_Edmundo_Chiriboga(sin_número_de_lote)_junto_al_Hostal_Apolo.	0139'32,70"S	78'38'58,30"W	UMTS
PARQ_INDUST_RIOBAMBA	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	Celso_Rodríguez_y_Bolívar_Bonilla_Fábrica_INPAPEL	0140'47,08"S	78'37'58,02"W	UMTS
RIOBAMBA_LA_PRADERA	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	Calles Río Curaray y Río Paute, Lote "J", Urbanización La Pradera 2.	0138'26,01"S	78'40'27,08"W	UMTS
RIOBAMB_SARAGURO_SUR	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	Calle Barcelona y Reino Unido, junto a la Casa Comunal	0141'11,03"S	78'38'58,04"W	UMTS
COL_SAN_VICENTE_DE_PAUL	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	Tarqui 1853 y Virraruel	0140'34,09"S	78'38'58,07"W	UMTS
RIOBAMBA_ESTACION	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	Miguel Ángel Leon y Daniel Leon Borja Esquina 33-21, Edificio Cordova	0140'05,08"S	78'39'19,01"W	UMTS

Tabla IV. 6 Radiobases-OTECEL-UMTS<sup>115</sup>

<sup>114</sup> Fuente: SUPERTEL-Delegación Regional Centro

<sup>115</sup> Ibídem

4.6.4 Mapas de radiobases OTECEL S.A.



Fig.IV. 12Radiobases OTECEL-GSM<sup>116</sup>



Fig.IV. 13Radiobases OTECEL-UMTS<sup>117</sup>

<sup>116</sup> Fuente: SUPERTEL-Delegación Regional Centro.

<sup>117</sup> Ibídem.

#### 4.6.5 OPERADORA CNT (CNT-ALEGRO)

RADIOBASE	PROVINCIA	CANTÓN	DIRECCIÓN	LATITUD	LONGITUD	TECNOLOGÍA
RIO ESTADIO	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	Autachi entre Av. Daniel Leon Borja y Av. Manuel Elicio	01°39'45,36"S	78°39'35,17"W	CDMA
ESPOCH	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	Cdla. Los Olivos y Camilo Ponce	01°39'23,33"S	78°40'46,49"W	CDMA
RIO CENTRO	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	Tarqui entre primera constituyente y veloz	01°40'24,13"S	78°38'51,25"W	CDMA

Tabla IV. 7 Radiobases-CNT-CDMA<sup>118</sup>

#### 4.6.6 Mapa de radiobases CNT



Fig.IV. 14 Radiobases CNT-CDMA<sup>119</sup>

<sup>118</sup> Fuente: SUPERTEL-Delegación Regional Centro

<sup>119</sup> Ibídem.

## CAPÍTULO V

---

### **5 MÉTODO DE MEDICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD TÉCNICOS.<sup>120</sup>**

#### **5.1 Introducción**

Garantizar que el usuario reciba niveles de calidad satisfactorios es totalmente indispensable, basándose con los acuerdos establecidos con los entes de regulación y control en el sector de las telecomunicaciones. La SUPERTEL tiene la tarea importante de velar continuamente por los intereses de todos los usuarios, las mediciones realizadas por dicha entidad generan información

---

<sup>120</sup> Fuente: Guía de procedimiento Para efectuar el control de la calidad del Servicio Móvil Avanzado (SMA) utilizando el SAMM del 13 de Septiembre del 2012

detallada de los problemas de calidad de servicio, ya que estas mediciones se describen en cada una de las zonas de la ciudad de Riobamba.

Las operadoras cumplen un papel importante dentro de éste análisis, ya que deben asegurar el correcto funcionamiento de la red para poder determinar su posicionamiento en el mercado. En este capítulo se describe el sistema de medición empleado para la evaluación de la calidad de servicio, seguido de la matriz de pruebas utilizado para efectuar mediciones en ambiente real de los parámetros de calidad mediante la utilización de las herramientas de medida que dispone la Intendencia Regional Centro para la obtención, presentación y análisis de valores objetivos prácticos de estos parámetros.

## **5.2 Sistemas de Medida usados por la SUPERTEL**

La medición de la calidad del servicio móvil puede efectuarse de acuerdo a un método concreto para otorgar resultados más fiables, permitiendo la detección de ciertos problemas, de tal forma que se puedan dar las respectivas soluciones.

Actualmente la tarea del control de los parámetros de QoS del SMA, que lleva a cabo la Intendencia Regional Centro es realizada a través de la ejecución de un método conocido como "*Drive Test*" que consiste en la realización de un recorrido en un vehículo para monitorear los parámetros de red de las operadoras móviles, la velocidades máximas de los recorridos son: 40 km/h en ciudades y 60 km/h en carreras. Se utiliza equipamiento especializado, emulando el comportamiento de un usuario común, y con el objetivo de verificar la calidad de servicio. El equipamiento consta de: El vehículo de la SUPERTEL

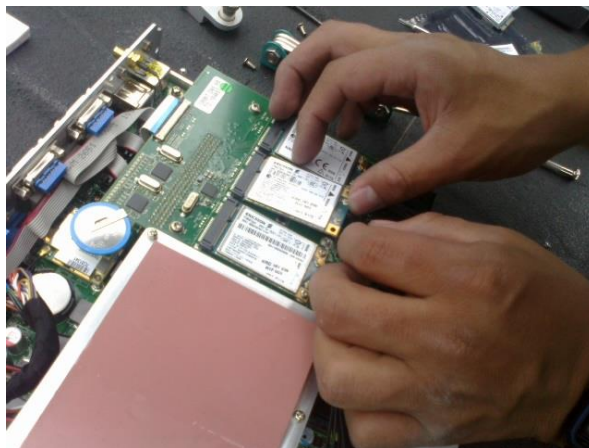


(Delegación Regional Centro) en el cual se instala la RTU que es prácticamente un CPU de un computador, como se puede ver en la Fig.V. 1.



**Fig.V. 1** Instalación del RTU<sup>121</sup>

En el interior del RTU están las tres tarjetas que corresponden a las tres operadoras del Servicio Móvil Avanzado, como se muestra en la Fig.V. 2, adicional existe una tarjeta para datos.



**Fig.V. 2** Ubicación de las tarjetas del SMA<sup>122</sup>

---

<sup>121</sup> Fuente: SUPERTEL-Delegación Regional Centro

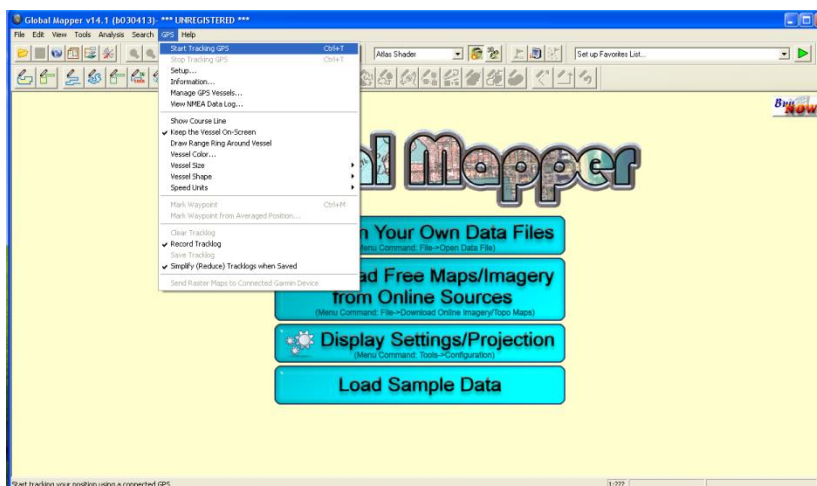
<sup>122</sup> Ibídem

Existen dos antenas, las cuales van distribuidas para todas las tarjetas, como se muestra en la Fig.V. 3.



**Fig.V. 3**Ranuras para la colocación de antenas<sup>123</sup>

Adicional a dicho equipamiento se utiliza una laptop conectada a un GPS para poder tener las coordenadas exactas del recorrido, en la laptop cargamos el mapa de la ciudad usando como referencia el software “Global Mapper”, el cual también tiene conexión con el GPS como se muestra en la Fig.V. 4.

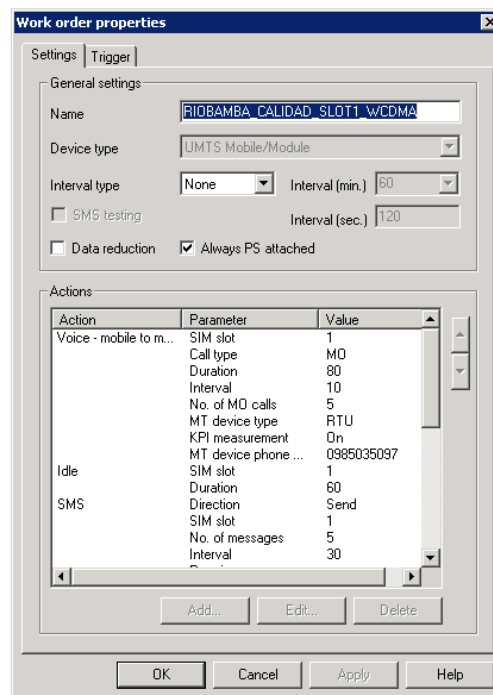


**Fig.V. 4**Software para ubicación del mapa<sup>124</sup>

<sup>123</sup> Fuente: SUPERTEL-Delegación Regional Centro

<sup>124</sup> Ibídem.

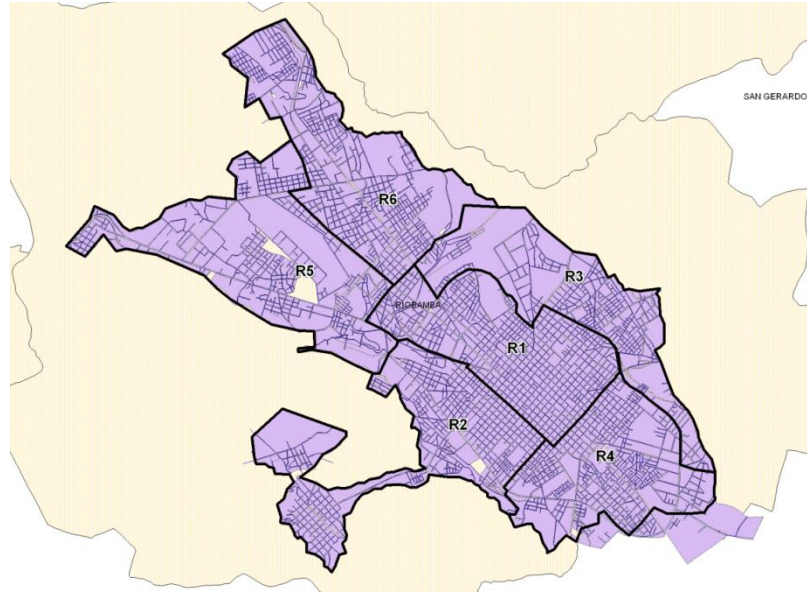
Las RTU's deben ser configuradas correctamente, de acuerdo a las pruebas que se vayan a realizar y de acuerdo a la tecnología, para nuestro estudio utilizamos el software: TEMS Automatic 8.3.2.0 Operator Console y definimos que vamos a realizar pruebas de voz, mensajes, calidad de voz y datos, como se muestra en la Fig.V. 5.



**Fig.V. 5** Configuración del RTU<sup>125</sup>

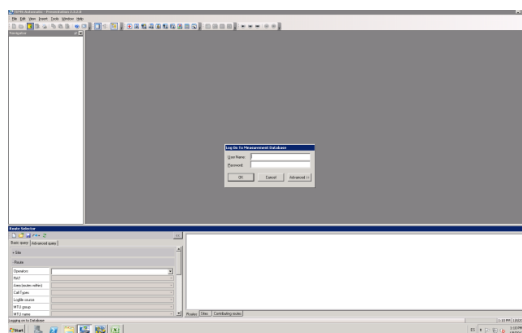
Una vez definido el mapa de la zona geográfica como se puede ver en la Fig.V. 6 empieza el recorrido y se procede a evaluar la señal y la calidad recibida en cada posición.

<sup>125</sup> Fuente: SUPERTEL-Delegación Regional Centro



**Fig.V. 6** Zonas de la ciudad de Riobamba<sup>126</sup>

La correcta conexión y configuración de los equipos permite que las mediciones se almacenen en un servidor con la dirección 172.20.1.84, para su posterior procesamiento a través de herramientas de software: TEMS Automatic-Presentation 2.3.2.0 para determinar la señal recibida en las 6 zonas de la ciudad de Riobamba, como se muestra en la Fig.V.7



**Fig.V. 7** Ingreso a TEMS Automatic-Presentation 2.3.2.0<sup>127</sup>

<sup>126</sup> Fuente: SUPERTEL-Delegación Regional Centro

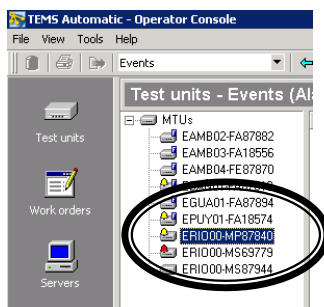
<sup>127</sup> Ibídem

### 5.3 Forma y Frecuencia de las Mediciones

La Resolución ST-2009-0219 del 16 de julio del 2009, establece: con fecha 25 de octubre de 2011, se firmó el Acta de Recepción Única y Definitiva del Contrato PRC-2010-084 para la adquisición, instalación y puesta en marcha de un sistema autónomo de control de redes móviles para la superintendencia de telecomunicaciones del Ecuador (SAMM), sistema con el cual se procederá a realizar las mediciones. El alcance está determinado para todas las Unidades Administrativas Regionales (UAR) de la Superintendencia de Telecomunicaciones. Se establecen dos formas de medición:

- ✓ Mediciones con equipos instalados en puntos fijos (RTUs fijos); y,
- ✓ Mediciones con equipos instalados en vehículos (RTUs móviles).

En la Delegación Regional Centro actualmente se realizan los controles diarios en: Riobamba, Ambato, Baños, Puyo y Guaranda, para el caso de nuestro estudio se tomaron en cuenta las RTU's de la ciudad de Riobamba como se muestra en la Fig.V. 8.



**Fig.V. 8** RTU's de pruebas<sup>128</sup>

<sup>128</sup> Fuente: SUPERTEL-Delegación Regional Centro

Las mediciones por medio de los RTUs fijos, se realizan en forma permanente, de conformidad con una matriz de pruebas, están programadas mensualmente en cada UAR. Las mediciones por medio de los RTUs móviles, se realizan de conformidad con las actividades programadas mensualmente en cada UAR. como se puede ver en la Fig.V. 9.

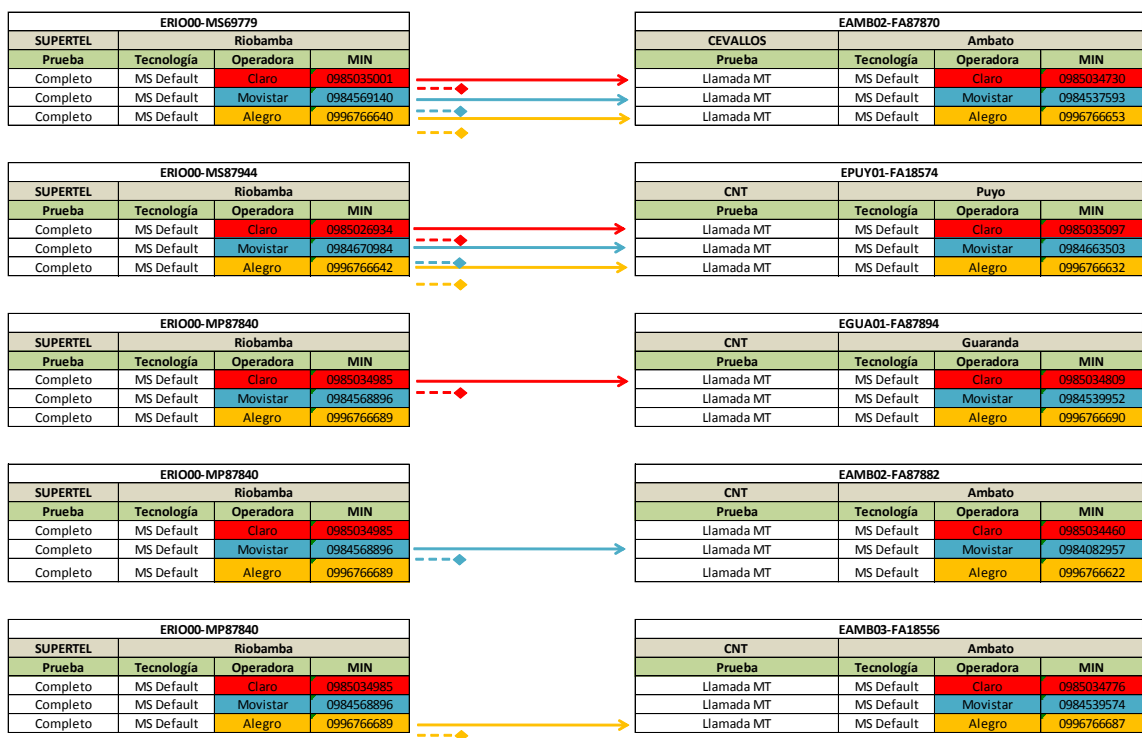


Fig.V. 9 Matriz de pruebas<sup>129</sup>

### 5.4 Programación y Tecnologías del SAMM

Las actividades de monitoreo de las redes del SMA por medio del SAMM, deben programarse, considerando el cronograma inicial de mediciones elaborado en el mes de enero de cada año entre las administraciones regionales y DPS. Para obtener los resultados de los informes del SAMM debe

<sup>129</sup> Fuente: SUPERTEL-Delegación Regional Centro

tomarse en cuenta el procedimiento de Operación y Mantenimiento del SAMM (Anexo 2), así como la redistribución de los RTUs (cambio de sitio fijo, o cambio de sitio fijo a sitio móvil), de conformidad con las necesidades de cada UAR.

Las tecnologías que soporta el SAMM son: GSM/GPRS/EDGE y UMTS.

## 5.5 Parámetros de Calidad

Los porcentajes de los parámetros de calidad están establecidos de conformidad con lo establecido en los contratos de concesión correspondientes de los operadores de SMA, como se puede ver en la Tabla V. 1. Cabe destacar que las pruebas realizadas son ON\_NET.

Parámetros de calidad ON_NET	Valor Objetivo
Porcentaje de Llamadas Establecidas	≥ 95%
Tiempo de Establecimiento de Llamadas	≤ 12 seg
Porcentaje de Llamadas caídas	RBSs tipo A ≤ 2%, RBSs tipo B ≥ 5%, RBSs tipo C ≤ 7%
Zona de Cobertura	Urbana ≥ 95% Rural o Carretera ≥ 90%
Calidad de Conversación	MOS ≥ 3
Porcentaje de Mensajes Cortos con Éxito	≥ 95%
Tiempo Promedio de Entrega de Mensajes Cortos	≤ 30 seg

**Tabla V. 1** Porcentaje de los parámetros de calidad técnicos<sup>130</sup>

## 5.6 Fases para el Control de la Calidad de Servicio en Ciudades y Poblaciones.

### FASE 1.- MEDICIONES DE CALIDAD CON EL SAMM

<sup>130</sup> Fuente: SUPERTEL-Delegación Regional Centro

- ✓ Definición de la matriz de pruebas mensual
- ✓ Configuración de Scripts
- ✓ Definición de la ventana de medición (Trigger)
- ✓ Generación de Pruebas (carga de los Scripts en los RTUs)

## FASE 2.- ANÁLISIS DE RESULTADOS

- ✓ Elaborar los reportes de mediciones con las herramientas del SAMM
- ✓ Verificar que las mediciones cumplan con los valores objetivos establecidos contractualmente
- ✓ Elaborar los Informes de resultados
- ✓ Análisis con el Teme Presentation, de los problemas de calidad presentados.

## FASE 3.- COMUNICACIÓN DE RESULTADOS

- ✓ Los informes de resultados se deben remitir cada 24 días a la Dirección de Imagen y Comunicación Institucional de la Superintendencia de Telecomunicaciones (DIC), a las operadoras del SMA y registrarlos en la carpeta correspondiente.
- ✓ Adicionalmente, el lunes de cada semana se debe presentar el “Informe Resumido Semanal”
- ✓ Cuando se presenten problemas de calidad, relacionados a los valores objetivos de los indicadores contractuales, adicionalmente a los



informes, las UAR deben remitir una comunicación a las operadoras del SMA.

- ✓ Si los reportes del SAMM presentan los mismos problemas de calidad de manera permanente, igualmente se deben remitir los informes a las operadoras de SMA, para enfatizar la existencia del problema, y socializar las respuestas emitidas por la operadora; en estos casos, no hace falta emitir nuevas disposiciones
- ✓ En caso de que el inconveniente haya sido solucionado; es decir, no exista un nuevo reporte del SAMM detectando el problema notificado, el caso inmediatamente deberá ser cerrado

#### FASE 4.- VERIFICACIÓN DE LAS SOLUCIONES IMPLEMENTADAS

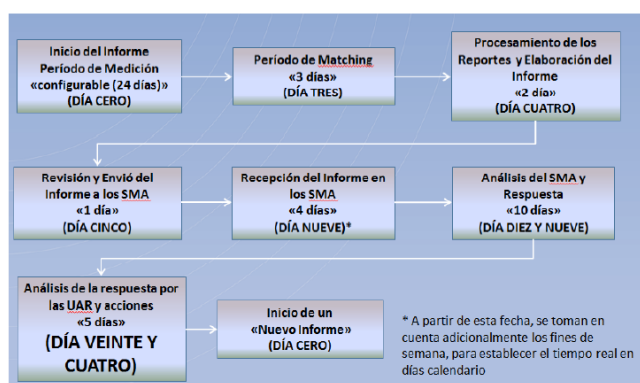
- ✓ Las UAR tienen que realizar un seguimiento de cada uno de las disposiciones que se emitan, a fin de verificar las soluciones que implementen las operadoras del SMA cuando se presenten los problemas de calidad de servicio.
- ✓ La verificación debe realizarse configurando una matriz de pruebas para realizar las mediciones necesarias que permitan evaluar las soluciones implementadas.
- ✓ En los casos relacionados con los “Reportes de Cobertura”, cuando las soluciones no hayan sido implementadas, se debe disponer a las operadoras de SMA que modifiquen los mapas de cobertura.

## FASE 5.- PROCESOS ADMINISTRATIVOS SANCIONATORIOS

- ✓ Cuando las UAR determinen que las operadoras no ha dado cumplimiento con las disposiciones emitidas, para la solución de los problemas de calidad, se deberá remitir un informe a las unidades jurídicas regionales, a fin de que se inicien los procesos administrativos.
- ✓ Se procede con el registro de boletas y resoluciones.

### 5.7 Informes y Reportes

Los informes de calidad de servicio, deben acoger de acuerdo a los Reportes de operación del sistema autónomo de redes móviles SAMM y al informe ejecutivo semanal. Los reportes de operación del SAMM, se deben emitir cada 24 días por cada una de las operadoras del SMA por separado, se debe presentar el resultado de la evaluación del informe anterior con las acciones implementadas por la operadora para dar solución a los problemas encontrados. El proceso debe seguir como se muestra en la Fig.V. 10.



**Fig.V. 10**Proceso de elaboración del informe SAMM<sup>131</sup>

<sup>131</sup> Fuente: SUPERTEL-Delegación Regional Centro

El informe ejecutivo semanal se debe remitir a la Intendencia Técnica de Control el lunes de cada semana, debe contener los resultados de las mediciones realizadas con dos semanas de anticipación, para que los logfiles puedan realizar el proceso de match.

## **5.8 Instructivo de Control**

### **5.8.1 Configuración de Scripts de Mediciones (Work Orders).**

Las Work Orders (WO) con las que operan los RTU's del SAMM deben configurarse teniendo en cuenta que los RTU's siempre trabajan en pares, es decir en RTU debe generar una llamada o un mensaje y otro RTU debe recibir la llamada o el mensaje. Los RTU's deben configurarse con una WO en MT (Mobile Terminated), para poder recibir llamadas ya que cuando un RTU está en MT no puede realizar función adicional. Las mediciones de cobertura (RTU con una WO con rutinas de idle), solo deben ser implementadas para los RTU's que se encuentren instalados en vehículos (RTU's móviles), ya que para los parámetros de cobertura se debe forzar a trabajar en una sola tecnología, para realizar las pruebas de IDLE. Al menos el 90% de las pruebas de voz y mensajes que se realicen, deben ser On\_Net y un RTU puede mandarse un mensaje a sí mismo si es necesario.

### **5.8.2 Mediciones realizadas con los RTU's.**

- ✓ En las ciudades con un único RTU fijo se debe medir cobertura y los resultados deben entenderse como el comportamiento del sector de la radiobase en donde está instalado el RTU y se puede identificar por

medio del Cell ID. Si la ciudad tiene varias zonas de medición, los RTUs deben estar instalados en zonas de medición diferentes.

- ✓ Dependiendo del número de RTUs disponibles, las UAR, deben destinar los RTUs móviles, principalmente para las mediciones de cobertura, donde los recorridos para las mediciones de cobertura, serán definidos por cada UAR, en el cronograma de inspecciones mensuales. Para las pruebas de cobertura, se debe controlar, que la velocidad de los vehículos, no exceda los límites contractuales establecidos y que las WO de los RTUs móviles, deben estar exclusivamente realizando pruebas de Idle.
- ✓ El procedimiento para determinar las zonas de medición en ciudades, se debe realizar las mediciones con los vehículos de las UAR, donde se tengan instalados RTUs. Se debe dividir la ciudad en zonas de 4 Km<sup>2</sup> por lo menos, de tal forma que la medición que se realice sea lo suficientemente detallada como para que el usuario pueda conocer si tiene o no cobertura en la zona que sea de su interés. Además se debe determinar el tipo de población (Urbana / Rural), según la información de división Política Administrativa elaborada por el INEC. El recorrido se lo hará sin repetir la misma trayectoria.

La determinación de valores objetivo para determinar el porcentaje en ciudades es como se muestra en la Tabla V. 2.

Valores Objetivo para determinar el porcentaje de cobertura			
Tecnología:	GSM (RxLevel) sobre el canal de control	WCDMA (Ec/Io) sobre el canal de control	Valor Objetivo
Urbano:	- 85 dBm	-14 dB	95%
Zonas rurales:	-98 dBm	-17 dB	90%

**Tabla V. 2**Valores objetivo en ciudades<sup>132</sup>

La determinación de valores objetivo para determinar el porcentaje en carretera es como se muestra en la Tabla V. 3.

Valores Objetivo para determinar el porcentaje de cobertura			
Tecnología:	GSM (RxLevel) sobre el canal de control	CDMA/WCDMA (Ec/Io) sobre el canal de control	Valor Objetivo
Urbano:	-98 dBm	-17 dB	90%

**Tabla V. 3**Valores Objetivo en Carreteras<sup>133</sup>

Si una Carretera del plan de expansión no cumple con el porcentaje de cobertura inicial señalada en el Plan de Expansión de los Contratos de Concesión de las operadoras, se deberá notificar a la Unidad Jurídica de la Administración Regional en el plazo máximo de 15 días laborables después de efectuada la medición, a fin de que se inicie el Proceso Administrativo Sancionatorio correspondiente.

Para carretera medida no coincida con la señalada en el Plan de Expansión de los Contratos de Concesión de las operadoras se deberá remitir el informe a la DPS, a fin de que se adopten las medidas pertinentes ante CONATEL. A partir del

<sup>132</sup> Fuente: SUPERTEL-Delegación Regional Centro

<sup>133</sup> Ibídem

mes de septiembre de 2012, se procederá con las mediciones de carreteras, por medio del SAMM, como se muestra en la Tabla V. 4.

	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
<b>CARRETERAS</b>				
Quito Latacunga Ambato Riobamba				
Riobamba Azogues Cuenca				
Riobamba Pallatanga Guayaquil				
Fco. De Orellana Loreto Tena Puyo				
Ambato Guaranda Babahoyo				
Ambato Baños Puyo				

**Tabla V. 4** Cronograma de mediciones de carreteras<sup>134</sup>

## 5.9 Mediciones en la ciudad de Riobamba

Las pruebas para todos los parámetros de calidad técnicos se realizaron en las siguientes fechas y horas como se muestra en la Tabla V. 5

	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5	ZONA 6
2 de Octubre del 2012	12:22-14:22 15:35-17:45					
3 de Octubre del 2012	10:50-13:16 16:00-17:35					
4 de Octubre del 2012				15:40-17:15		
5 de Octubre del 2012			13:34-13:53 15:02-16:55	09:36-13:15		
8 de Octubre del 2012		12:45-14:00 15:05-17:20	09:32-12:26			
13 de Noviembre del 2012						10:50-13:14 14:24-16:00
14 de Noviembre del 2012					16:17-17:00	
15 de Noviembre del 2012					09:07-10:46	
30 de Noviembre del 2012					10:29-13:30	
05 de Diciembre del 2012					10:28-12:06	14:24-16:00

**Tabla V. 5** Cronograma de Pruebas

### 5.9.1 Porcentaje de Llamadas Establecidas

Se consideran como llamadas establecidas, cuando el número llamado contesta y se establece la comunicación.

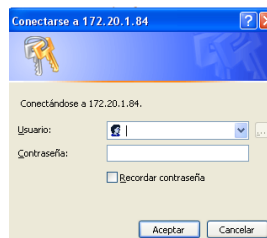
<sup>134</sup> Fuente: SUPERTEL-Delegación Regional Centro

Las llamadas de prueba se realizaron de la siguiente manera:

- ✓ Las rutas están definidas de acuerdo con las 6 zonas de la ciudad de Riobamba, de al menos 4 Km<sup>2</sup>, en condiciones normales.
- ✓ El recorrido se lo realizó sin repetir la misma trayectoria, en lo posible.
- ✓ Las llamadas cortas tienen una duración de 45 segundos y 30 segundos entre llamadas.
- ✓ El terminal de destino es un número de prueba.
- ✓ La velocidad máxima del vehículo es 40 Km/h.

#### 5.9.1.1 Procesamiento de Información

Los parámetros de calidad se ejecutan conectándose al servidor: 172.20.1.84, ingresamos un usuario y contraseña como se muestra en la Fig.V. 11.



**Fig.V. 11** Ingreso al servidor 172.20.1.84<sup>135</sup>

Para cada uno de los parámetros de calidad, se generan archivos que los guardamos como hojas de Microsoft Excel como se muestra en la Fig.V. 12. Las llamadas establecidas corresponden al SAMM1. Para cada operadora realizamos el mismo procedimiento que es como sigue: Marcamos nuestra hoja de Excel generada e insertamos una tabla dinámica.

<sup>135</sup> Fuente: SUPERTEL-Delegación Regional Centro

Logfile Name	Call Handling	Number A	Number B	Start Date
000072798287840\8Y84FA_121002_015933.LZM	Blocked Call	0984568896	0996766622	02/10/2012
000072798287840\90IK1V_121002_030959.LZM	Blocked Call	0984568896	0985034460	02/10/2012
000072798287840\95YILY_121002_053725.LZM	Blocked Call	0984568896	0984082957	02/10/2012

**Fig.V. 12**SAMM1-Llamadas establecidas<sup>136</sup>

Las pruebas realizadas son ON\_NET, insertamos los campos: “Number A” y “Number B” que son los dos números que van a realizar las llamadas, “Logfile Name” que va a realizar un conteo general para poder sacar nuestro porcentaje y “Call Handling” que determina el establecimiento, bloqueo, señalización o caídas de las llamadas, como se muestra en la Fig.V. 13.

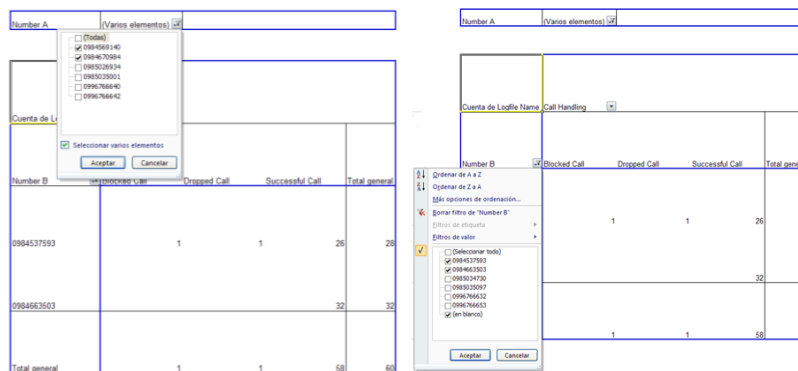
**Fig.V. 13**Campos ingresados para llamadas establecidas<sup>137</sup>

Por ejemplo: para llamadas establecidas realizadas el 2 de Octubre de 12:22-14:22 de la operadora OTECEL en la zona 1 procedemos a filtrar los números de OTECEL en “Number A” y “Number B”, como se muestra en la Fig.V. 14.

<sup>136</sup> Fuente: SUPERTEL-Delegación Regional Centro

<sup>137</sup> Ibídem





**Fig.V. 14** Forma de escoger la Operadora<sup>138</sup>

A continuación se generan una llamada bloqueada, una llamada caída y 58 llamadas satisfactorias de un total de 60 llamadas, como se muestra en la Fig.V. 15

	Blocked Call	Dropped Call	Successful Call	Total general
098453793	1	1	26	28
0984663503			32	32
<b>Total general</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>58</b>	<b>60</b>

**Fig.V. 15** Llamadas establecidas generadas<sup>139</sup>

Sumamos los totales y dividimos las llamadas satisfactorias para el total de llamadas y multiplicamos por 100. Realizamos los mismos pasos para las 6 zonas de la ciudad de Riobamba con sus horas y fechas, y con cada una de las operadoras, nos arrojan los siguientes porcentajes de llamadas establecidas:

<sup>138</sup> Fuente: SUPERTEL-Delegación Regional Centro

<sup>139</sup> Ibídem

ZONA1		OTECEL		CONECEL		CNT	
FECHA	HORA	Successfull Call	Total General	Successfull Call	Total General	Successfull Call	Total General
2 de Octubre	12:22-14:22	58	60	53	54	59	61
2 de Octubre	15:20-17:45	67	68	59	60	69	69
3 de Octubre	10:50-13:16	77	77	62	62	70	71
3 de Octubre	16:00-17:35	53	55	41	42	48	48
	<b>TOTAL</b>	<b>255</b>	<b>260</b>	<b>215</b>	<b>218</b>	<b>246</b>	<b>249</b>
	<b>PORCENTAJE DE LLAMADAS ESTABLECIDAS</b>		<b>98,08%</b>		<b>98,62%</b>		<b>98,80%</b>

**Tabla V. 6**Llamadas establecidas-zona1

ZONA2		OTECEL		CONECEL		CNT	
FECHA	HORA	Successfull Call	Total General	Successfull Call	Total General	Successfull Call	Total General
8 de Octubre	12:45-14:00	19	40	35	36	39	40
8 de Octubre	15:05-17:20	41	76	56	58	76	76
	<b>TOTAL</b>	<b>60</b>	<b>116</b>	<b>91</b>	<b>94</b>	<b>115</b>	<b>116</b>
	<b>PORCENTAJE DE LLAMADAS ESTABLECIDAS</b>		<b>51,72%</b>		<b>96,81%</b>		<b>99,14%</b>

**Tabla V. 7**Llamadas establecidas-zona2

ZONA3		OTECEL		CONECEL		CNT	
FECHA	HORA	Successfull Call	Total General	Successfull Call	Total General	Successfull Call	Total General
5 de Octubre	13:34-13:53	5	10	10	10	10	10
5 de Octubre	15:02-16:55	28	59	60	61	57	58
8 de Octubre	09:32-12:26	50	96	76	76	98	98
	<b>TOTAL</b>	<b>83</b>	<b>165</b>	<b>146</b>	<b>147</b>	<b>165</b>	<b>166</b>
	<b>PORCENTAJE DE LLAMADAS ESTABLECIDAS</b>		<b>50,30%</b>		<b>99,32%</b>		<b>99,40%</b>

**Tabla V. 8**Llamadas establecidas-zona3

ZONA4		OTECEL		CONECEL		CNT	
FECHA	HORA	Successfull Call	Total General	Successfull Call	Total General	Successfull Call	Total General
4 de Octubre	15:40-17:15	48	48	47	48	46	48
5 de Octubre	09:36-13:15	55	109	116	117	105	107
	<b>TOTAL</b>	<b>103</b>	<b>157</b>	<b>163</b>	<b>165</b>	<b>151</b>	<b>155</b>
	<b>PORCENTAJE DE LLAMADAS ESTABLECIDAS</b>		<b>65,61%</b>		<b>98,79%</b>		<b>97,42%</b>

**Tabla V. 9**Llamadas establecidas-zona4

ZONA5		OTECEL		CONECEL		CNT	
FECHA	HORA	Successfull Call	Total General	Successfull Call	Total General	Successfull Call	Total General
14 de Noviembre	16:17-17:00	2	2	2	2	1	1
15 de Noviembre	09:07-10:46	6	7	6	6	4	4
30 de Noviembre	10:29-13:30	20	20	19	20	19	19
05 de Diciembre	10:28-12:06	12	13	10	10	10	10
	<b>TOTAL</b>	<b>40</b>	<b>42</b>	<b>37</b>	<b>38</b>	<b>34</b>	<b>34</b>
	<b>PORCENTAJE DE LLAMADAS ESTABLECIDAS</b>		<b>95,24%</b>		<b>97,37%</b>		<b>100,00%</b>

**Tabla V. 10**Llamadas establecidas-zona5

ZONA6		OTECEL		CONECEL		CNT	
FECHA	HORA	Successfull Call	Total General	Successfull Call	Total General	Successfull Call	Total General
13 de Noviembre	10:50-13:14	9	9	8	8	5	5
13 de Noviembre	14:24-16:00	6	6	6	6	4	4
05 de Diciembre	12:10-13:23	5	5	10	10	10	10
	<b>TOTAL</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>19</b>	<b>19</b>
	<b>PORCENTAJE DE LLAMADAS ESTABLECIDAS</b>		<b>100,00%</b>		<b>100,00%</b>		<b>100,00%</b>

**Tabla V. 11**Llamadas establecidas-zona6

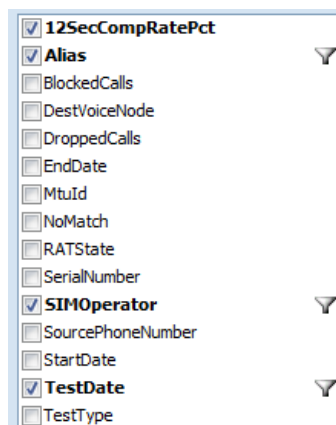
### 5.9.2 Tiempo de establecimiento de llamada

Para que una llamada sea considerada como establecida, la comunicación debe realizarse en un tiempo menor o igual a 12 segundos. Las llamadas de prueba se realizaron de la siguiente manera:

- ✓ Las rutas están definidas de acuerdo con las 6 zonas de la ciudad de Riobamba, de al menos 4 Km<sup>2</sup>, en condiciones normales.
- ✓ El recorrido se lo realizó sin repetir la misma trayectoria, en lo posible.
- ✓ Las llamadas cortas tienen una duración de 45 segundos y 30 segundos entre llamadas.
- ✓ El terminal de destino es un número de prueba.
- ✓ La velocidad máxima del vehículo es 40 Km/h.

#### 5.9.2.1 Procesamiento de Información

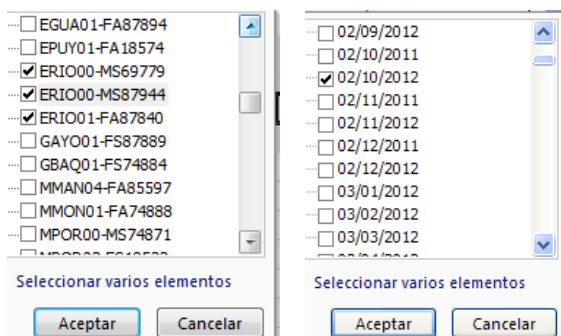
Nos conectamos a una base de datos en Excel, generamos una tabla dinámica y añadimos los siguientes campos como se muestra en la Fig.V. 16.



**Fig.V. 16** Campos Ingresados para tiempo de llamadas<sup>140</sup>

<sup>140</sup> Fuente: SUPERTEL-Delegación Regional Centro

Filtramos los siguientes datos: RTU's origen, fecha de medición, horas de mediciones, operadora que deseamos calcular las llamadas caídas, como se muestra en la Fig.V. 17.



**Fig.V. 17** Forma de escoger los parámetros de medición<sup>141</sup>

A continuación se generan los siguientes resultados de llamadas menores o igual a 12 segundos para cada operadora y en las fechas y horas que se realizaron las mediciones, como se muestra en la Fig.V. 18.

CONECEL		OTECEL		CNT EP	
12 SEG	TOTAL	12 SEG	TOTAL	12 SEG	TOTAL
2838	2858	2823	2845	2615	2888
3711	3790	2988	2996	0	0
4936	5006	4844	4856	4702	4932
3971	4065	3430	3436	0	0
4420	4441	4213	4406	4361	4400
3650	3733	2749	3077	0	0

**Fig.V. 18** Resultados de llamadas menores o igual a 12 segundos<sup>142</sup>

Procedemos a realizar al cálculo para cada una de las operadora y para cada una de las zonas de la ciudad de Riobamba en donde nos arrojan los siguientes porcentajes:

<sup>141</sup> Fuente: SUPERTEL-Delegación Regional Centro

<sup>142</sup> Ibídem

ZONA1		OTECEL		CONECEL		CNT	
FECHA	HORA	12 seg	Total General	12 seg	Total General	12 seg	Total General
2 de Octubre	12:22-14:22	75	76	65	69	71	71
2 de Octubre	15:20-17:45	81	81	62	68	75	76
3 de Octubre	10:50-13:16	76	79	70	70	79	80
3 de Octubre	16:00-17:35	64	65	76	77	66	70
	<b>TOTAL</b>	<b>296</b>	<b>301</b>	<b>273</b>	<b>284</b>	<b>291</b>	<b>297</b>
	<b>PORCENTAJE DE LLAMADAS EN MENOS DE 12 SEG</b>		<b>98,34%</b>		<b>96,13%</b>		<b>97,98%</b>

**Tabla V. 12** Tiempo de establecimiento de llamadas-zona1

ZONA2		OTECEL		CONECEL		CNT	
FECHA	HORA	12 seg	Total General	12 seg	Total General	12 seg	Total General
8 de Octubre	12:45-14:00	65	68	81	85	66	68
8 de Octubre	15:05-17:20	70	71	79	80	55	58
	<b>TOTAL</b>	<b>135</b>	<b>139</b>	<b>160</b>	<b>165</b>	<b>121</b>	<b>126</b>
	<b>PORCENTAJE DE LLAMADAS EN MENOS DE 12 SEG</b>		<b>97,12%</b>		<b>96,97%</b>		<b>96,03%</b>

**Tabla V. 13** Tiempo de establecimiento de llamadas-zona2

ZONA3		OTECEL		CONECEL		CNT	
FECHA	HORA	12 seg	Total General	12 seg	Total General	12 seg	Total General
5 de Octubre	13:34-13:53	56	60	86	86	79	80
5 de Octubre	15:02-16:55	55	57	75	79	80	82
8 de Octubre	09:32-12:26	60	60	72	73	81	83
	<b>TOTAL</b>	<b>171</b>	<b>177</b>	<b>233</b>	<b>238</b>	<b>240</b>	<b>245</b>
	<b>PORCENTAJE DE LLAMADAS EN MENOS DE 12 SEG</b>		<b>96,61%</b>		<b>97,90%</b>		<b>97,96%</b>

**Tabla V. 14** Tiempo de establecimiento de llamadas-zona3

ZONA4		OTECEL		CONECEL		CNT	
FECHA	HORA	12 seg	Total General	12 seg	Total General	12 seg	Total General
4 de Octubre	15:40-17:15	80	87	68	69	66	68
5 de Octubre	09:36-13:15	65	65	55	57	61	65
	<b>TOTAL</b>	<b>145</b>	<b>152</b>	<b>123</b>	<b>126</b>	<b>127</b>	<b>133</b>
	<b>PORCENTAJE DE LLAMADAS EN MENOS DE 12 SEG</b>		<b>95,39%</b>		<b>97,62%</b>		<b>95,49%</b>

**Tabla V. 15** Tiempo de establecimiento de llamadas-zona4

ZONA5		OTECEL		CONECEL		CNT	
FECHA	HORA	12 seg	Total General	12 seg	Total General	12 seg	Total General
14 de Noviembre	16:17-17:00	75	79	78	79	71	75
15 de Noviembre	09:07-10:46	76	77	75	76	66	68
30 de Noviembre	10:29-13:30	70	70	80	83	79	80
05 de Diciembre	10:28-12:06	79	78	88	90	60	63
	<b>TOTAL</b>	<b>300</b>	<b>304</b>	<b>321</b>	<b>328</b>	<b>276</b>	<b>286</b>
	<b>PORCENTAJE DE LLAMADAS EN MENOS DE 12 SEG</b>		<b>98,68%</b>		<b>97,87%</b>		<b>96,50%</b>

**Tabla V. 16** Tiempo de establecimiento de llamadas-zona5

ZONA6		OTECEL		CONECEL		CNT	
FECHA	HORA	12 seg	Total General	12 seg	Total General	12 seg	Total General
13 de Noviembre	10:50-13:14	62	65	70	76	64	66
13 de Noviembre	14:24-16:00	60	61	80	81	65	68
05 de Diciembre	12:10-13:23	70	74	70	70	80	83
	<b>TOTAL</b>	<b>192</b>	<b>200</b>	<b>220</b>	<b>227</b>	<b>209</b>	<b>217</b>
	<b>PORCENTAJE DE LLAMADAS EN MENOS DE 12 SEG</b>		<b>96,00%</b>		<b>96,92%</b>		<b>96,31%</b>

**Tabla V. 17** Tiempo de establecimiento de llamadas-zona6

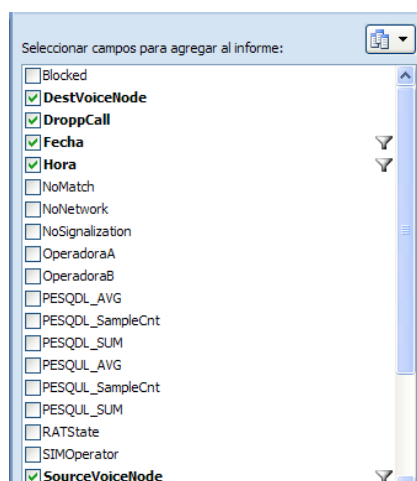
### 5.9.3 Porcentaje de llamadas caídas

Se pueden presentar los siguientes eventos por los cuales no se podría establecer la comunicación y se considerarán como llamadas no establecidas:

- ✓ El sistema enruta la llamada al buzón de voz o a un sistema de respuesta de voz interactiva (IVR), por motivos atribuibles a la red.
- ✓ El intento de llamada falló, se verifica cuando se recibe tono de congestión u ocupado, por razones atribuibles a la red.
- ✓ El sistema no envía ninguna señalización.
- ✓ Existe cruce de llamadas; es decir que la llamada es dirigida hacia otro número telefónico.

#### 5.9.3.1 Procesamiento de Información

Nos conectamos a una base de datos en Excel, generamos una tabla dinámica y añadimos los siguientes campos, como se muestra en la Fig.V. 19.

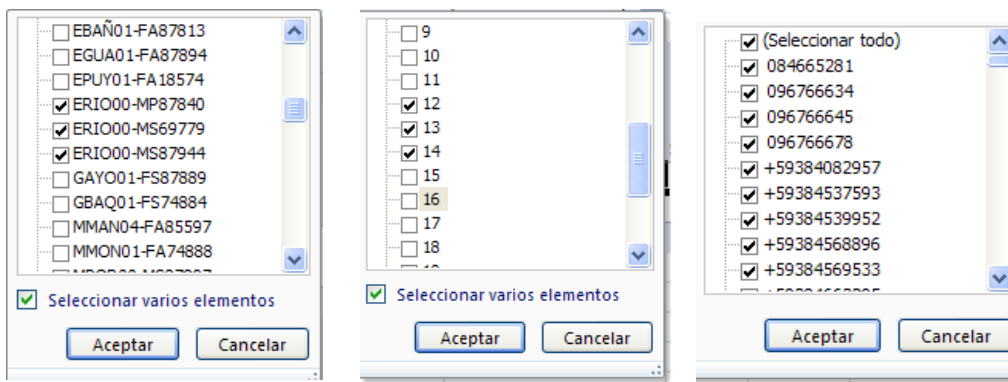


**Fig.V. 19** Campos ingresados para llamadas caídas<sup>143</sup>

<sup>143</sup> Fuente: SUPERTEL-Delegación Regional Centro



Filtramos los siguientes datos: RTU's origen, fecha de medición, horas de mediciones, operadora que deseamos calcular las llamadas caídas, como se muestra en la Fig.V. 20.



**Fig.V. 20** Forma de escoger los parámetros de medición<sup>144</sup>

A continuación se generan los siguientes resultados, como se muestra en la Fig.V. 21.

Rótulos de columna ▾		0985034730		0985035097		Sum of DroppCall ...	Sum of Success ...
Rótulos de fila ▾	Sum of DroppCall	Sum of Success	Sum of DroppCall	Sum of Success			
0985026934			0	35	0	35	
0985035001	1	29			1	29	
<b>Total general</b>	<b>1</b>	<b>29</b>	<b>0</b>	<b>35</b>	<b>1</b>	<b>64</b>	

**Fig.V. 21** Resultados de llamadas caídas<sup>145</sup>

Procedemos a realizar al cálculo para cada una de las operadora y para cada una de las zonas de la ciudad de Riobamba en donde nos arrojan los siguientes porcentajes:

<sup>144</sup> Fuente: SUPERTEL-Delegación Regional Centro

<sup>145</sup> Ibídem

ZONA1		OTECEL		CONECEL		CNT	
FECHA	HORA	Sum of DroppCall	Sum of Success	Sum of DroppCall	Sum of Success	Sum of DroppCall	Sum of Success
2 de Octubre	12:22-14:22	1	70	1	64	0	72
2 de Octubre	15:20-17:45	0	77	1	64	0	79
3 de Octubre	10:50-13:16	0	110	0	90	0	100
3 de Octubre	16:00-17:35	0	66	0	54	0	60
	<b>TOTAL</b>	<b>1</b>	<b>323</b>	<b>2</b>	<b>272</b>	<b>0</b>	<b>311</b>
	<b>PORCENTAJE DE LLAMADAS CAÍDAS</b>		<b>0,31%</b>		<b>0,74%</b>		<b>0,00%</b>

**Tabla V. 18**Llamadas caídas-zona1

ZONA2		OTECEL		CONECEL		CNT	
FECHA	HORA	Sum of DroppCall	Sum of Success	Sum of DroppCall	Sum of Success	Sum of DroppCall	Sum of Success
8 de Octubre	12:45-14:00	1	39	0	65	0	79
8 de Octubre	15:05-17:20	0	50	2	68	0	90
	<b>TOTAL</b>	<b>1</b>	<b>89</b>	<b>2</b>	<b>133</b>	<b>0</b>	<b>169</b>
	<b>PORCENTAJE DE LLAMADAS CAÍDAS</b>		<b>1,12%</b>		<b>1,51%</b>		<b>0,00%</b>

**Tabla V. 19**Llamadas caídas-zona2

ZONA3		OTECEL		CONECEL		CNT	
FECHA	HORA	Sum of DroppCall	Sum of Success	Sum of DroppCall	Sum of Success	Sum of DroppCall	Sum of Success
5 de Octubre	13:34-13:53	0	18	0	41	0	35
5 de Octubre	15:02-16:55	0	33	1	71	1	66
8 de Octubre	09:32-12:26	2	77	0	111	0	136
	<b>TOTAL</b>	<b>2</b>	<b>128</b>	<b>1</b>	<b>223</b>	<b>1</b>	<b>237</b>
	<b>PORCENTAJE DE LLAMADAS CAÍDAS</b>		<b>1,56%</b>		<b>0,45%</b>		<b>0,42%</b>

**Tabla V. 20**Llamadas caídas-zona3

ZONA4		OTECEL		CONECEL		CNT	
FECHA	HORA	Sum of DroppCall	Sum of Success	Sum of DroppCall	Sum of Success	Sum of DroppCall	Sum of Success
4 de Octubre	15:40-17:15	0	70	0	74	1	68
5 de Octubre	09:36-13:15	0	72	1	146	0	137
	<b>TOTAL</b>	<b>0</b>	<b>142</b>	<b>1</b>	<b>220</b>	<b>1</b>	<b>205</b>
	<b>PORCENTAJE DE LLAMADAS CAÍDAS</b>		<b>0,00%</b>		<b>0,45%</b>		<b>0,49%</b>

**Tabla V. 21**Llamadas caídas-zona4

ZONA5		OTECEL		CONECEL		CNT	
FECHA	HORA	Sum of DroppCall	Sum of Success	Sum of DroppCall	Sum of Success	Sum of DroppCall	Sum of Success
14 de Noviembre	16:17-17:00	0	9	0	7	0	10
15 de Noviembre	09:07-10:46	0	7	0	8	0	9
30 de Noviembre	10:29-13:30	0	30	1	24	0	25
05 de Diciembre	10:28-12:06	1	25	0	18	1	15
	<b>TOTAL</b>	<b>1</b>	<b>71</b>	<b>1</b>	<b>57</b>	<b>1</b>	<b>59</b>
	<b>PORCENTAJE DE LLAMADAS CAÍDAS</b>		<b>1,41%</b>		<b>1,75%</b>		<b>1,69%</b>

**Tabla V. 22**Llamadas caídas-zona5

ZONA6		OTECEL		CONECEL		CNT	
FECHA	HORA	Sum of DroppCall	Sum of Success	Sum of DroppCall	Sum of Success	Sum of DroppCall	Sum of Success
13 de Noviembre	10:50-13:14	0	13	0	15	0	14
13 de Noviembre	14:24-16:00	0	12	0	10	0	12
05 de Diciembre	12:10-13:23	0	16	0	11	1	17
	<b>TOTAL</b>	<b>0</b>	<b>41</b>	<b>0</b>	<b>36</b>	<b>1</b>	<b>43</b>
	<b>PORCENTAJE DE LLAMADAS CAÍDAS</b>		<b>0,00%</b>		<b>0,00%</b>		<b>0,00%</b>

**Tabla V. 23**Llamadas caídas-zona6

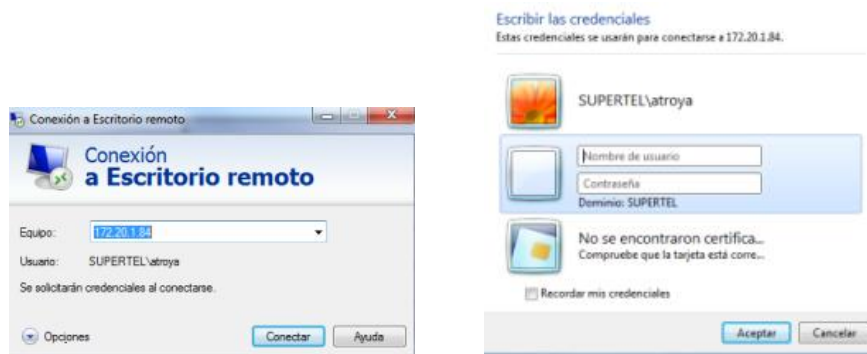
## 5.9.4 Zona de cobertura

Se pretende verificar los porcentajes de cobertura de las tres operadoras en la ciudad de Riobamba, en concordancia con lo establecido en el contrato de concesión correspondiente.

Los resultados obtenidos son presentados gráficamente sobre el mapa de la ciudad, con información de los niveles de recepción de la señal promediados cada 10 metros, utilizando el software TEMS PRESENTATION.

### 5.9.4.1 Procesamiento de Información

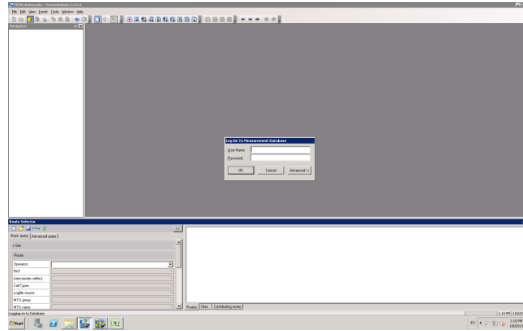
Este parámetro se ejecuta conectándose a una conexión remota con la siguiente dirección: 172.20.1.84, ingresamos un usuario y contraseña, como se muestra en la Fig.V. 22.



**Fig.V. 22** Conexión remota<sup>146</sup>

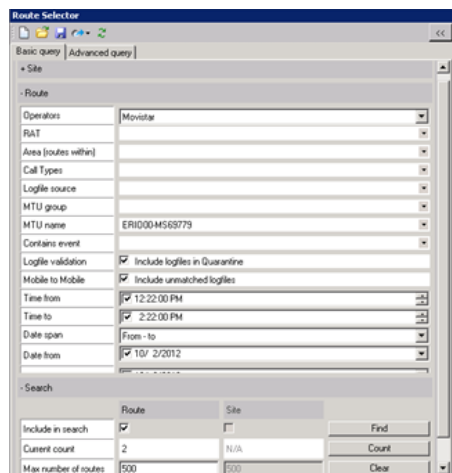
Ejecutamos el software TEMS PRESENTATION y nos enlazamos con la base de datos ingresando con el mismo usuario y contraseña, como se muestra en la Fig.V. 23.

<sup>146</sup> Fuente: SUPERTEL-Delegación Regional Centro



**Fig.V. 23** Ingreso al software TEMS Presentation<sup>147</sup>

Abrimos el mapa de la tecnología GSM. En la parte inferior tenemos la barra “Route Selector” en donde ingresamos la operadora, el MTU name, la hora y la fecha en que se realizaron las pruebas. Damos click en “Find” para empezar en conteo de los “LogFiles” que contienen la información, como se muestra en la Fig.V. 24.



**Fig.V. 24** Parámetros ingresados para GSM<sup>148</sup>

A continuación cargamos todos los “Logfiles” encontrados, como se muestra en la Fig.V. 25.

<sup>147</sup> Fuente: SUPERTEL-Delegación Regional Centro

<sup>148</sup> Ibídem

Select	Measurement Type	MSN	Logfile Name	Start Time	Stop Time
<input type="checkbox"/>	Voice Call M2M - MO	0984569140	00007279836...	10/2/2012 12:24:27 PM	10/2/2012 12:26:27...
<input type="checkbox"/>	Voice Call M2M - MO	0984569140	00007279836...	10/2/2012 12:58:43 PM	10/2/2012 1:00:42...
<input type="checkbox"/>	Voice Call M2M - MO	0984569140	00007279836...	10/2/2012 1:33:20 PM	10/2/2012 1:35:19...
<input type="checkbox"/>	Idle measurement	0984569140	00007279836...	10/2/2012 12:26:31 PM	10/2/2012 12:27:28...
<input type="checkbox"/>	Voice Call M2M - MO	0984569140	00007279836...	10/2/2012 2:12:02 PM	10/2/2012 2:14:01...
<input type="checkbox"/>	Load	0984569140	00007279836...	10/2/2012 12:27:31 PM	10/2/2012 12:30:12...
<input type="checkbox"/>	UnLoad	0984569140	00007279836...	10/2/2012 12:31:20 PM	10/2/2012 12:32:07...
<input type="checkbox"/>	DownLoad Logfile	0984569140	00007279836...	10/2/2012 12:30:15 PM	10/2/2012 12:31:13...
<input type="checkbox"/>	DownLoad Compressed Logfile	0984569140	00007279836...	10/2/2012 12:32:14 PM	10/2/2012 12:33:02...
<input type="checkbox"/>	Load All	0984569140	00007279836...	10/2/2012 12:33:05 PM	10/2/2012 12:34:03...
<input type="checkbox"/>	UnLoad All	0984569140	00007279836...	10/2/2012 12:34:10 PM	10/2/2012 12:34:58...
<input type="checkbox"/>	Export List To Excel	0984569140	00007279836...	10/2/2012 12:45:44 PM	10/2/2012 12:46:42...
<input type="checkbox"/>	Remove From DataBase	0984569140	00007279836...	10/2/2012 12:46:45 PM	10/2/2012 12:49:24...
<input type="checkbox"/>		0984569140	00007279836...	10/2/2012 12:50:32 PM	10/2/2012 12:51:19...

Fig.V. 25Logfiles<sup>149</sup>

En la parte derecha, en la barra “Theme Selector”, en el parámetro “GPS Position” filtramos: “Message Time” y “Speed” que son determinantes para obtener nuestro mapa de cobertura. En el caso de GSM, en el parámetro “GSM Idle mode” filtramos “Rxlevel” que determina el nivel de recepción y para el caso de WCDMA en el parámetro “WCDMA Serving Cell Information” filtramos “Serving CPICH EcNo” que determina la energía por chip/Ruido, como se muestra en la Fig.V. 26.

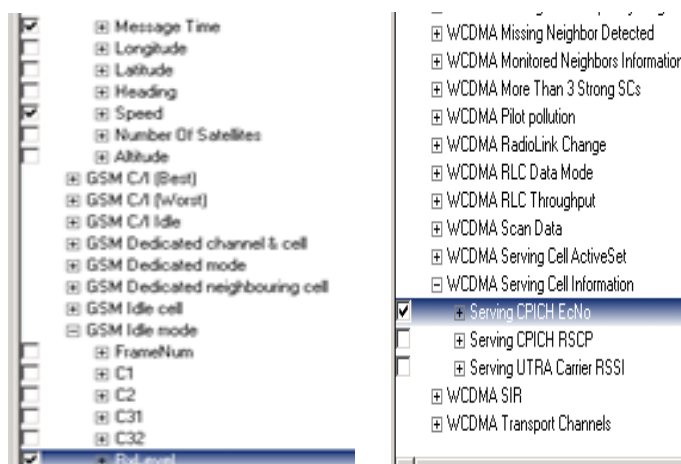
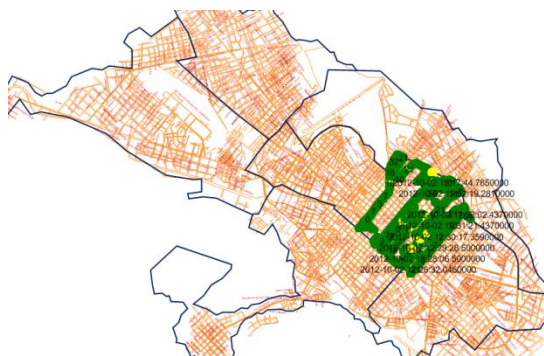


Fig.V. 26Parámetros filtrados para cobertura<sup>150</sup>

<sup>149</sup> Fuente: SUPERTEL-Delegación Regional Centro

<sup>150</sup> Ibídem

Por ejemplo: para la cobertura realizada el 2 de Octubre de 12:22-14:22 de la operadora OTECEL en la zona 1 se generan los siguientes puntos a los cuales podemos adjuntarles el mapa de la ciudad de Riobamba, así como también el mapa de las zonas, como se muestra en la Fig.V. 27.



**Fig.V. 27**Cobertura de la Zona 1-OTECCEL<sup>151</sup>

Procedemos a dar click derecho sobre el mapa, en la opción “Export” y luego en “Google Earth”, se nos van creando archivos con extensión kml, como se muestra en la Fig.V.28.



**Fig.V. 28**Creación del archivo kml<sup>152</sup>

Cada una de las horas en las que fueron realizadas las coberturas debe ser unida en una macro realizada en Excel que se denomina “Macro Cobertura

<sup>151</sup> Fuente: SUPERTEL-Delegación Regional Centro

<sup>152</sup> Ibídem

V3". En dicha macro se ingresa la operadora, tecnología, ciudad y zona. Se cargan todos los archivos a ser procesados, luego se determina si la prueba es válida y se nos genera el porcentaje de cobertura a analizar, como se muestra en la Fig.V. 29.

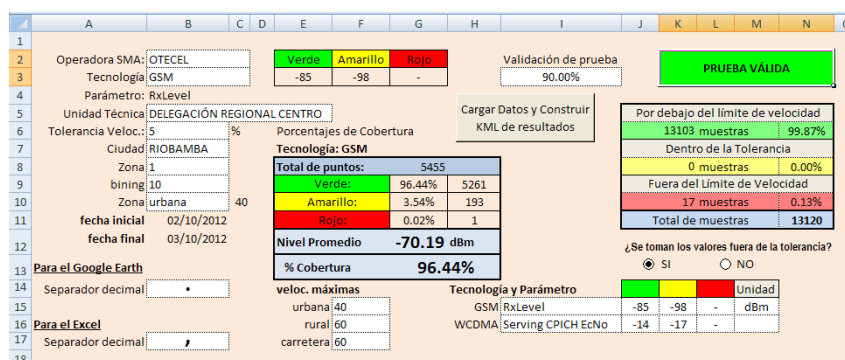


Fig.V. 29 Macro cobertura V3<sup>153</sup>

Abrimos nuestro mapa en el "Google Earth" en donde se puede ver cuántos puntos existen con buena cobertura, puntos en los que no hay buena cobertura y puntos en los que no existe cobertura, como se muestra en la Fig.V. 30.

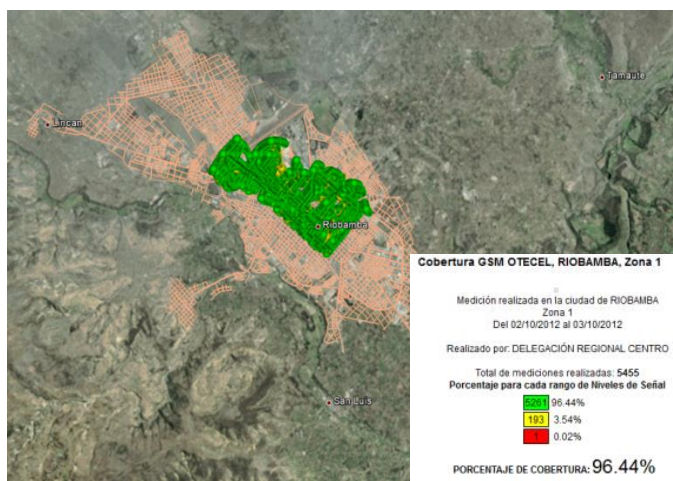


Fig.V. 30 Mapa de cobertura para la zona 1<sup>154</sup>

<sup>153</sup> Fuente: SUPERTEL-Delegación Regional Centro

<sup>154</sup> Ibídem



A continuación se muestran los resultados de los porcentajes de las zonas de la ciudad de Riobamba en las tecnologías GSM y WCDMA.

	OTECEL	CONECCEL	CNT
<b>GSM</b>	% Cobertura Total	% Cobertura Total	% Cobertura Total
ZONA 1	96,44%	94,75%	96,38%
ZONA 2	97,45%	91,11%	98,33%
ZONA 3	96,71%	88,81%	97,02%
ZONA 4	97,87%	94,70%	98,18%
ZONA 5	95,37%	88,06%	96,28%
ZONA 6	90,21%	94,41%	91,82%

**Tabla V. 24** Porcentajes de Cobertura-GSM

	OTECEL	CONECCEL	CNT
<b>WCDMA</b>	% Cobertura Total	% Cobertura Total	% Cobertura Total
ZONA 1	94,01%	95,88%	93,91%
ZONA 2	91,21%	94,46%	93,06%
ZONA 3	95,81%	96,04%	92,25%
ZONA 4	91,45%	98,51%	94,91%
ZONA 5	93,35%	97,48%	99,51%
ZONA 6	89,94%	90,09%	95,26%

**Tabla V. 25** Porcentajes de Cobertura-WCDMA

### 5.9.5 Calidad de conversación

Se realizaron llamadas de prueba mediante drive test, bajo las siguientes condiciones:

- ✓ Estación Móvil: el recorrido se lo hace sin repetir la misma trayectoria, en lo posible, y se considerará el área de cobertura de la operadora.
- ✓ Estación Móvil: las llamadas cortas tienen una duración mínima de 60 s

y con pausas de al menos 30 segundos entre llamadas.

- ✓ El terminal de destino será un terminal de la misma operadora que se encuentra en un lugar fijo donde se asegura que se cumple con los niveles de señal establecidos en el parámetro de zona de cobertura y que está libre de fuentes de ruido externo, en el terminal fijo es el lugar donde se procede a la calificación de MOS
- ✓ Velocidad máxima del vehículo: 40 Km/h

### 5.9.5.1 Procesamiento de Información

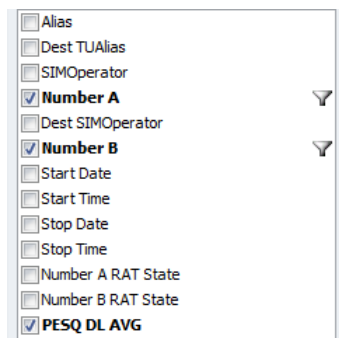
La calidad de conversación (MOS) corresponde al SAMM4. Para cada operadora realizamos el mismo procedimiento: Marcamos la hoja de Excel generada e insertamos una tabla dinámica, como se muestra en la Fig.V. 31.

Alias	Dest TUAlias	SIMOperator	Number A	Dest SIMOperator	Number B
ERIO00-MS87944	EPUY01-FA18574	OTECEL S.A.	0984670984	OTECEL S.A.	0984663503
ERIO00-MS87944	EPUY01-FA18574	OTECEL S.A.	0984670984	OTECEL S.A.	0984663503
ERIO00-MS87944	EPUY01-FA18574	OTECEL S.A.	0984670984	OTECEL S.A.	0984663503
ERIO00-MS87944	EPUY01-FA18574	OTECEL S.A.	0984670984	OTECEL S.A.	0984663503
ERIO00-MS87944	EPUY01-FA18574	OTECEL S.A.	0984670984	OTECEL S.A.	0984663503
ERIO00-MS87944	EPUY01-FA18574	OTECEL S.A.	0984670984	OTECEL S.A.	0984663503
ERIO00-MS87944	EPUY01-FA18574	OTECEL S.A.	0984670984	OTECEL S.A.	0984663503
ERIO00-MS87944	EPUY01-FA18574	OTECEL S.A.	0984670984	OTECEL S.A.	0984663503
ERIO00-MS87944	EPUY01-FA18574	OTECEL S.A.	0984670984	OTECEL S.A.	0984663503
ERIO00-MS87944	EPUY01-FA18574	OTECEL S.A.	0984670984	OTECEL S.A.	0984663503
ERIO00-MS87944	EPUY01-FA18574	OTECEL S.A.	0984670984	OTECEL S.A.	0984663503
ERIO00-MS87944	EPUY01-FA18574	OTECEL S.A.	0984670984	OTECEL S.A.	0984663503
ERIO00-MS87944	EPUY01-FA18574	OTECEL S.A.	0984670984	OTECEL S.A.	0984663503
ERIO00-MS87944	EPUY01-FA18574	OTECEL S.A.	0984670984	OTECEL S.A.	0984663503
ERIO00-MS87944	EPUY01-FA18574	OTECEL S.A.	0984670984	OTECEL S.A.	0984663503
ERIO00-MS87944	EPUY01-FA18574	OTECEL S.A.	0984670984	OTECEL S.A.	0984663503
ERIO00-MS87944	EPUY01-FA18574	OTECEL S.A.	0984670984	OTECEL S.A.	0984663503
ERIO00-MS87944	EPUY01-FA18574	OTECEL S.A.	0984670984	OTECEL S.A.	0984663503
ERIO00-MS87944	EPUY01-FA18574	OTECEL S.A.	0984670984	OTECEL S.A.	0984663503

**Fig.V. 31** SAMM4-Calidad de conversación<sup>155</sup>

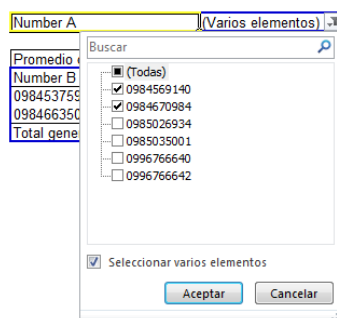
Las pruebas realizadas son ON\_NET, insertamos los campos: “Number A” y “Number B” que son los números que van a realizar las llamadas, “PESQ DL AVG” que determina la calidad de conversación total, como se muestra en la Fig.V. 32.

<sup>155</sup> Fuente: SUPERTEL-Delegación Regional Centro



**Fig.V. 32**Campos ingresados para MOS<sup>156</sup>

Por ejemplo: para la calidad de conversación realizada el 2 de Octubre de 12:22-14:22 de la operadora OTECEL procedemos a filtrar los números de OTECEL en “Number A” y “Number B”, como se muestra en la Fig.V. 33.



**Fig.V. 33**Forma de escoger la operadora-MOS<sup>157</sup>

Se determina el MOS, como se muestra en la Fig.V. 34.

Promedio de PESQ DL AVG	
Number B	Total
0984537593	3,2408
0984663503	3,345666667
Total general	3,298

**Fig.V. 34**Resultado de MOS<sup>158</sup>

<sup>156</sup> Fuente: SUPERTEL-Delegación Regional Centro

<sup>157</sup> Ibídem

<sup>158</sup> Ibídem

A continuación realizamos los mismos pasos para las 6 zonas, en donde nos arrojan los siguientes resultados de calidad de conversación:

ZONA1		OTECEL	CONECCEL	CNT
FECHA	HORA	Total General	Total General	Total General
2 de Octubre	12:22-14:22	3,30	3,36	3,59
2 de Octubre	15:20-17:45	3,22	3,33	3,40
3 de Octubre	10:50-13:16	3,30	3,42	3,65
3 de Octubre	16:00-17:35	3,36	3,39	3,58
	<b>TOTAL</b>	<b>13,18</b>	<b>13,50</b>	<b>14,22</b>
	<b>CALIDAD DE CONVERSACIÓN</b>	<b>3,30</b>	<b>3,38</b>	<b>3,56</b>

**Tabla V. 26MOS-Zona1**

ZONA2		OTECEL	CONECCEL	CNT
FECHA	HORA	Total General	Total General	Total General
8 de Octubre	12:45-14:00	3,28	3,55	3,78
8 de Octubre	15:05-17:20	3,24	3,38	3,56
	<b>TOTAL</b>	<b>6,52</b>	<b>6,93</b>	<b>7,34</b>
	<b>CALIDAD DE CONVERSACIÓN</b>	<b>3,26</b>	<b>3,47</b>	<b>3,67</b>

**Tabla V. 27MOS-Zona2**

ZONA3		OTECEL	CONECCEL	CNT
FECHA	HORA	Total General	Total General	Total General
5 de Octubre	13:34-13:53	3,43	3,37	3,60
5 de Octubre	15:02-16:55	3,21	3,41	3,41
8 de Octubre	09:32-12:26	3,26	3,48	3,60
	<b>TOTAL</b>	<b>9,90</b>	<b>10,26</b>	<b>10,61</b>
	<b>CALIDAD DE CONVERSACIÓN</b>	<b>3,30</b>	<b>3,42</b>	<b>3,54</b>

**Tabla V. 28MOS-Zona3**

ZONA4		OTECEL	CONECCEL	CNT
FECHA	HORA	Total General	Total General	Total General
4 de Octubre	15:40-17:15	3,23	3,45	3,04
5 de Octubre	09:36-13:15	3,40	3,42	3,58
	<b>TOTAL</b>	<b>6,63</b>	<b>6,87</b>	<b>6,62</b>
	<b>CALIDAD DE CONVERSACIÓN</b>	<b>3,32</b>	<b>3,44</b>	<b>3,31</b>

**Tabla V. 29MOS-Zona4**

ZONA5		OTECEL	CONECCEL	CNT
FECHA	HORA	Total General	Total General	Total General
14 de Noviembre	16:17-17:00	2,87	3,54	3,12
15 de Noviembre	09:07-10:46	2,69	3,58	3,34
30 de Noviembre	10:29-13:30	3,16	3,56	4,01
05 de Diciembre	10:28-12:06	3,33	3,63	4,08
	<b>TOTAL</b>	<b>12,05</b>	<b>14,31</b>	<b>14,55</b>
	<b>CALIDAD DE CONVERSACIÓN</b>	<b>3,01</b>	<b>3,58</b>	<b>3,64</b>

**Tabla V. 30MOS-Zona5**

ZONA6		OTECEL	CONECCEL	CNT
FECHA	HORA	Total General	Total General	Total General
13 de Noviembre	10:50-13:14	2,92	3,57	3,06
13 de Noviembre	14:24-16:00	2,80	3,53	3,27
05 de Diciembre	12:10-13:23	3,29	3,50	4,03
	<b>TOTAL</b>	<b>9,01</b>	<b>10,60</b>	<b>10,36</b>
	<b>CALIDAD DE CONVERSACIÓN</b>	<b>3,00</b>	<b>3,53</b>	<b>3,45</b>

**Tabla V. 31MOS-Zona6**

### 5.9.6 Porcentaje de mensajes cortos con éxito

La metodología para determinar este parámetro de calidad, se basa en la realización de pruebas de envío y recepción de SMS's, y es la siguiente:

Las pruebas de SMS se efectúan en escenarios totalmente controlados de tal forma que se desechan todas las posibilidades de que el SMS no llegue a su destinatario final por causas inherentes al usuario; es decir, se garantiza:

- ✓ Que los terminales se encuentran encendidos y dentro del área de cobertura de la operadora.
- ✓ Que el terminal llamado se encuentra desocupado.
- ✓ Que los terminales se encuentran activados y habilitados para enviar y recibir SMS's en la red de la operadora que se efectúa la evaluación.
- ✓ Que el terminal tiene la suficiente capacidad de memoria para recibir SMS's.
- ✓ Que tenga carga suficiente.

Se pueden dar los siguientes eventos en las pruebas que se realicen:

- ✓ El sistema indica que el SMS se ha enviado y el destinatario recibe el mensaje.
- ✓ El sistema indica que el SMS no se ha enviado, pero el destinatario sí recibe el mensaje.
- ✓ El sistema indica que el SMS se ha enviado pero el destinatario no recibe el mensaje.

- ✓ El sistema indica que el SMS no se ha enviado y el destinatario no recibe el mensaje.

### 5.9.6.1 Procesamiento de Información

El porcentaje de mensajes con éxito corresponden al SAMM2. Para cada operadora realizamos el mismo procedimiento: Marcamos la hoja de Excel generada e insertamos una tabla dinámica, como se muestra en la Fig.V. 35.

Alias	Number A	Number B	Start Date	Start Time
ERIO00-MS69779	0984569140	0984569140	02/10/2012	12:27:41
ERIO00-MS69779	0984569140	0984569140	02/10/2012	12:28:17
ERIO00-MS69779	0984569140	0984569140	02/10/2012	12:28:53
ERIO00-MS69779	0984569140	0984569140	02/10/2012	12:29:29
ERIO00-MS69779	0984569140	0984569140	02/10/2012	12:30:04
ERIO00-MS69779	0996766640	0996766640	02/10/2012	12:28:34
ERIO00-MS69779	0996766640	0996766640	02/10/2012	12:29:12
ERIO00-MS69779	0996766640	0996766640	02/10/2012	12:29:48
FRIO00-MS69779	0996766640	0996766640	02/10/2012	12:30:28

**Fig.V. 35**SAMM2-Mensajes cortos con éxito<sup>159</sup>

Las pruebas son ON\_NET, insertamos los campos: “Number A” y “Number B” que son los números que realizan las pruebas, “SMS Result” indica si el mensaje se envió, no se recibió o si fue satisfactorio, “Number RATState” que realiza el cálculo del porcentaje total, como muestra la Fig.V. 36

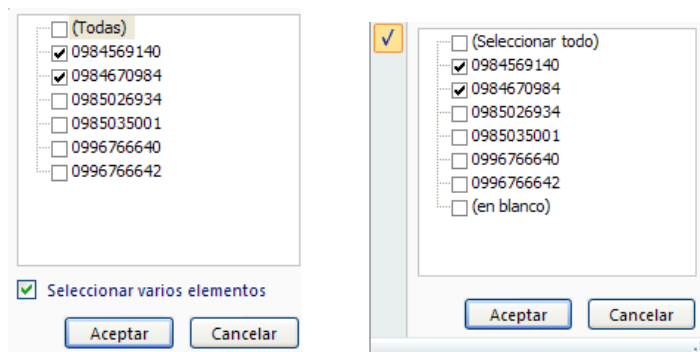
- Number A
- Number B
- Start Date
- Start Time
- Stop Date
- Stop Time
- Number A SIMOperator
- Number A RATState
- Number B SIMOperator
- Number B RATState
- Total Duration (ms)
- SMSResult

**Fig.V. 36**Campos ingresados para mensajes cortos con éxito<sup>160</sup>

<sup>159</sup> Fuente: SUPERTEL-Delegación Regional Centro

<sup>160</sup> Ibídem

Para el porcentaje de mensajes cortos con éxito realizado el 2 de Octubre de 12:22-14:22 de la operadora OTECEL procedemos a filtrar los números de OTECEL en “Number A” y “Number B”, como se muestra en la Fig.V. 37.



**Fig.V. 37** Forma de escoger la operadora<sup>161</sup>

Sumamos los totales y procedemos a dividir los mensajes satisfactorios para el total de mensajes y multiplicamos por 100. A continuación realizamos los mismos pasos para las siguientes horas, y con cada una de las operadoras, en donde nos arrojan los siguientes porcentajes de mensajes cortos con éxito:

ZONA1		OTECAL		CONECEL		CNT	
FECHA	HORA	Success	Total General	Success	Total General	Success	Total General
2 de Octubre	12:22-14:22	58	58	45	45	54	54
2 de Octubre	15:20-17:45	73	73	56	57	67	68
3 de Octubre	10:50-13:16	96	96	75	75	91	91
3 de Octubre	16:00-17:35	48	48	45	45	53	53
	<b>TOTAL</b>	<b>275</b>	<b>275</b>	<b>221</b>	<b>222</b>	<b>265</b>	<b>266</b>
	<b>PORCENTAJE DE MENSAJES CORTOS CON ÉXITO</b>		<b>100%</b>		<b>99,55%</b>		<b>99,62%</b>

**Tabla V. 32** Mensajes con éxito-zona1

<sup>161</sup> Fuente: SUPERTEL-Delegación Regional Centro



ZONA2		OTECEL		CONECEL		CNT	
FECHA	HORA	Success	Total General	Success	Total General	Success	Total General
8 de Octubre	12:45-14:00	42	42	37	37	37	37
8 de Octubre	15:05-17:20	76	76	70	70	68	71
	<b>TOTAL</b>	<b>118</b>	<b>118</b>	<b>107</b>	<b>107</b>	<b>105</b>	<b>108</b>
	<b>PORCENTAJE DE MENSAJES CORTOS CON ÉXITO</b>		<b>100%</b>		<b>100%</b>		<b>97,22%</b>

**Tabla V. 33** Mensajes con éxito-zona2

ZONA3		OTECEL		CONECEL		CNT	
FECHA	HORA	Success	Total General	Success	Total General	Success	Total General
5 de Octubre	13:34-13:53	10	10	10	10	10	11
5 de Octubre	15:02-16:55	51	51	55	55	53	53
8 de Octubre	09:32-12:26	96	97	77	77	85	89
	<b>TOTAL</b>	<b>157</b>	<b>158</b>	<b>142</b>	<b>142</b>	<b>148</b>	<b>153</b>
	<b>PORCENTAJE DE MENSAJES CORTOS CON ÉXITO</b>		<b>99,37%</b>		<b>100%</b>		<b>96,73%</b>

**Tabla V. 34** Mensajes con éxito-zona3

ZONA4		OTECEL		CONECEL		CNT	
FECHA	HORA	Success	Total General	Success	Total General	Success	Total General
4 de Octubre	15:40-17:15	45	47	50	52	49	49
5 de Octubre	09:36-13:15	114	117	117	118	125	126
	<b>TOTAL</b>	<b>159</b>	<b>164</b>	<b>167</b>	<b>170</b>	<b>174</b>	<b>175</b>
	<b>PORCENTAJE DE MENSAJES CORTOS CON ÉXITO</b>		<b>96,95%</b>		<b>98,24%</b>		<b>99,43%</b>

**Tabla V. 35** Mensajes con éxito-zona4

ZONA5		OTECEL		CONECEL		CNT	
FECHA	HORA	Success full Call	Total General	Successfull Call	Total General	Success full Call	Total General
14 de Noviembre	16:17-17:00	2	2	2	2	6	6
15 de Noviembre	09:07-10:46	6	6	8	9	12	12
30 de Noviembre	10:29-13:30	84	84	80	80	84	84
05 de Diciembre	10:28-12:06	45	46	40	40	47	47
	<b>TOTAL</b>	<b>137</b>	<b>138</b>	<b>130</b>	<b>131</b>	<b>149</b>	<b>149</b>
	<b>PORCENTAJE DE MENSAJES CORTOS CON ÉXITO</b>		<b>99,00%</b>		<b>99,24%</b>		<b>100,00%</b>

**Tabla V. 36** Mensajes con éxito-zona5

ZONA6		OTECEL		CONECEL		CNT	
FECHA	HORA	Success full Call	Total General	Successfull Call	Total General	Success full Call	Total General
13 de Noviembre	10:50-13:14	8	8	10	10	18	18
13 de Noviembre	14:24-16:00	6	6	6	6	11	11
05 de Diciembre	12:10-13:23	35	36	27	27	30	30
	<b>TOTAL</b>	<b>49</b>	<b>50</b>	<b>43</b>	<b>43</b>	<b>59</b>	<b>59</b>
	<b>PORCENTAJE DE MENSAJES CORTOS CON ÉXITO</b>		<b>98,00%</b>		<b>100,00%</b>		<b>100,00%</b>

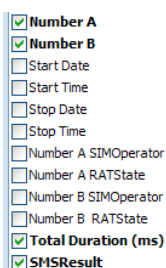
**Tabla V. 37** Mensajes con éxito-zona6

### 5.9.7 Tiempo promedio de entrega de mensajes cortos

Se toma el tiempo medido en segundos transcurrido entre el envío de un mensaje corto por parte del usuario origen y la recepción del mensaje por parte del usuario destino, en la misma red. Los mensajes enviados y recibidos en un tiempo mayor a 30 segundos, se incluyen en el grupo total de mensajes exitosos.

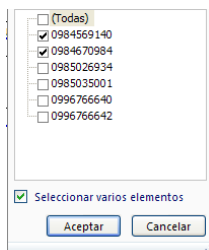
### 5.9.7.1 Procesamiento de Información

El porcentaje de mensajes con éxito corresponden al SAMM2. Para cada operadora realizamos el mismo procedimiento. Las pruebas realizadas son ON\_NET, insertamos los campos: “Number A” y “Number B” que son los dos números que van a realizar las pruebas, “SMS Result” que indica si el mensaje no se envió, no se recibió o si el envío fue satisfactorio y “Total Duration(ms)” que realiza el cálculo del tiempo total, como se muestra en la Fig.V. 38.



**Fig.V. 38** Campos ingresados para tiempo de entrega de mensajes<sup>162</sup>

Por ejemplo: para el tiempo promedio de entrega de mensajes cortos con éxito realizado el 2 de Octubre de 12:22-14:22 de la operadora OTECEL procedemos a filtrar los números de OTECEL en “Number A” y “Number B”, como se muestra en la Fig.V. 39.



**Fig.V. 39** Forma de escoger la operadora<sup>163</sup>

<sup>162</sup> Fuente: SUPERTEL-Delegación Regional Centro

<sup>163</sup> Ibídem

El total general dividimos para 1000 para obtener el resultado en segundos. A continuación realizamos los mismos pasos para las siguientes horas, y con cada una de las operadoras, en donde nos arrojan los siguientes tiempos promedio de entrega de mensajes cortos:

ZONA1		OTECEL	CONECEL	CNT
FECHA	HORA	Total General(seg)	Total General(seg)	Total General(seg)
2 de Octubre	12:22-14:22	4,67	4,36	6,85
2 de Octubre	15:20-17:45	4,75	5,22	6,75
3 de Octubre	10:50-13:16	4,87	4,29	6,42
3 de Octubre	16:00-17:35	5,33	4,89	6,68
	<b>TOTAL</b>	<b>19,62</b>	<b>18,76</b>	<b>26,7</b>
	<b>TIEMPO PROMEDIO DE ENTREGA DE MENSAJES CORTOS</b>	<b>4,91</b>	<b>4,69</b>	<b>6,68</b>

**Tabla V. 38** Tiempo de entrega de mensajes-zona1

ZONA1		OTECEL	CONECEL	CNT
FECHA	HORA	Total General(seg)	Total General(seg)	Total General(seg)
2 de Octubre	12:22-14:22	4,67	4,36	6,85
2 de Octubre	15:20-17:45	4,75	5,22	6,75
3 de Octubre	10:50-13:16	4,87	4,29	6,42
3 de Octubre	16:00-17:35	5,33	4,89	6,68
	<b>TOTAL</b>	<b>19,62</b>	<b>18,76</b>	<b>26,7</b>
	<b>TIEMPO PROMEDIO DE ENTREGA DE MENSAJES CORTOS</b>	<b>4,91</b>	<b>4,69</b>	<b>6,68</b>

**Tabla V. 39** Tiempo de entrega de mensajes-zona2

ZONA3		OTECEL	CONECCEL	CNT
FECHA	HORA	Total General(seg)	Total General(seg)	Total General(seg)
5 de Octubre	13:34-13:53	4,70	6,23	6,22
5 de Octubre	15:02-16:55	4,87	4,72	7,06
8 de Octubre	09:32-12:26	4,72	4,28	6,44
	<b>TOTAL</b>	<b>14,29</b>	<b>15,23</b>	<b>19,72</b>
	<b>TIEMPO PROMEDIO DE ENTREGA DE MENSAJES CORTOS</b>	<b>4,76</b>	<b>5,08</b>	<b>6,57</b>

**Tabla V. 40** Tiempo de entrega de mensajes-zona3

ZONA4		OTECEL	CONECCEL	CNT
FECHA	HORA	Total General(seg)	Total General(seg)	Total General(seg)
4 de Octubre	15:40-17:15	4,77	4,85	6,84
5 de Octubre	09:36-13:15	4,92	4,32	6,64
	<b>TOTAL</b>	<b>9,69</b>	<b>9,17</b>	<b>13,48</b>
	<b>TIEMPO PROMEDIO DE ENTREGA DE MENSAJES CORTOS</b>	<b>4,85</b>	<b>4,59</b>	<b>6,74</b>

**Tabla V. 41** Tiempo de entrega de mensajes-zona4

ZONA5		OTECEL	CONECCEL	CNT
FECHA	HORA	Total General(seg)	Total General(seg)	Total General(seg)
14 de Noviembre	16:17-17:00	4,80	3,21	0,00
15 de Noviembre	09:07-10:46	3,79	3,86	0,61
30 de Noviembre	10:29-13:30	3,95	3,40	5,83
05 de Diciembre	10:28-12:06	3,32	3,39	5,64
	<b>TOTAL</b>	<b>15,86</b>	<b>13,86</b>	<b>12,08</b>
	<b>TIEMPO PROMEDIO DE ENTREGA DE MENSAJES CORTOS</b>	<b>3,97</b>	<b>3,47</b>	<b>3,02</b>

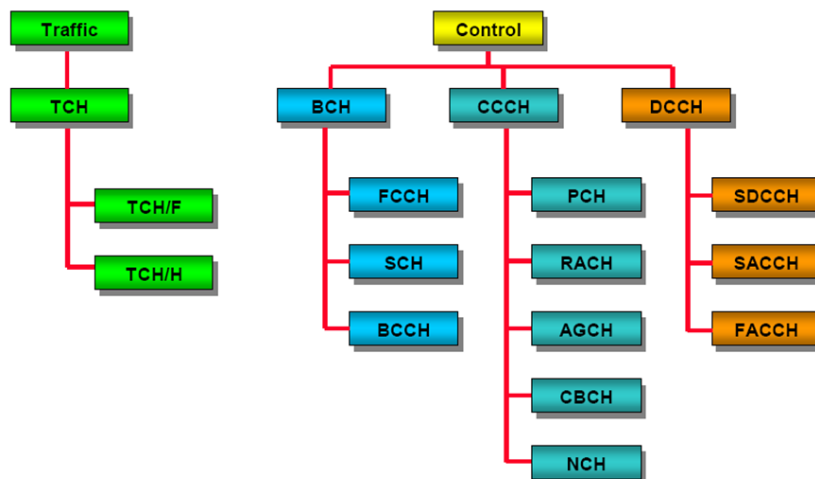
**Tabla V. 42** Tiempo de entrega de mensajes-zona5

ZONA6		OTECEL	CONECEL	CNT
FECHA	HORA	Total General(seg)	Total General(seg)	Total General(seg)
13 de Noviembre	10:50-13:14	3,67	3,14	3,02
13 de Noviembre	14:24-16:00	4,58	3,29	3,10
05 de Diciembre	12:10-13:23	3,38	3,23	5,71
	<b>TOTAL</b>	<b>11,63</b>	<b>9,66</b>	<b>11,83</b>
	<b>TIEMPO PROMEDIO DE ENTREGA DE MENSAJES CORTOS</b>	<b>3,88</b>	<b>3,22</b>	<b>3,94</b>

**Tabla V. 43** Tiempo de entrega de mensajes-zona6

### 5.10 Análisis en Capa 3<sup>164</sup>

Tomando como referencia la Tecnología GSM, se tiene tipos de canales de tráfico y de control que existen en dicha tecnología, como se muestra en la Fig.V. 40.



**Fig.V. 40** Canales de GSM<sup>165</sup>

<sup>164</sup> Fuente: <http://www.slideshare.net/kirank29/gsm-and-umts-protocols-and-callflow>, Enero. 2012.

<sup>165</sup> Ibídem

- ✓ **TCH:** Traffic Channel. Se tienen 6 distintos tipos de canal de tráfico TCH. Se trata de los canales de fonía y de datos a velocidades de 2,4 a 9,6 kb/s.

**TCH/FS:** Full rate Speech. Es la forma de codificación para un canal de voz de 13 kbps o datos a 12,6 o 3,6 kbps.

**TCH/HS:** Half rate Speech. Es un canal físico para voz a tasa nominal de 13 kbps o datos a 6 o 3,6 kbps.

- ✓ **CCH:** Control Channels. Es utilizado para diversas funciones de control.

**BCH:** Broadcast Channel. El canal broadcasting BCH permite diversas aplicaciones y está embebido en un canal de tráfico. Es utilizado solo en la dirección forward.

**BCCH:** Broadcast CCH. El BCCH es emitido regularmente para todos los móviles activos para señalar la disponibilidad de canales, informar de congestión, identificación y localización.

**FCCH:** Frequency CCH. Contiene información de frecuencias. El FCCH se encuentra disponible para el cambio de frecuencia del móvil con 124 bits cada 235 mseg (permite la sintonía del oscilador del usuario respecto de la base). La trama se compone de: Start de trama (3 bits); secuencia todos cero (142); Stot (3) y banda de guarda (8,25 bits).

**SCH:** Synchronization CCH. El SCH continúa luego del FCCH en el TS:0 para ajuste de frecuencia y sincronismo de trama. Se

emite el número de trama y el código de identificación de la estación base. La estructura de trama de SCH es: Start de trama (3 bits); Datos criptografiados (39 bits); bits de training (64 bits); Datos criptografiados (39 bits); Stop de trama (3 bits); período de guarda (8,25 bits).

**CCCH:** Common CCH. Los canales PCH y AGCH son forward, en tanto que RACH es reverse.

**PCH:** Paging CCH. El PCH es un canal utilizado para la función de búsqueda en llamadas entrantes desde la PSTN y para información de mensaje de textos (paging) en caracteres ASCII.

**RACH:** Random Access CCH. RACH es el único canal Reverse para identificación y acceso de llamada saliente. Se utiliza como confirmación del canal PCH. El acceso a RACH se realiza mediante un Slotted Aloha, consistente en un pedido de acceso al canal.

**AGCH:** Access Grant CCH. Se aplica como cierre del diálogo con el móvil antes de llevar a off el canal de control. Por otro lado, es usado como respuesta a RACH.

**CBCH:** Transmisión no frecuente de difusiones.

**DCCH:** Dedicated CCH Estos canales son dedicados al canal de tráfico. Todos son bidireccionales con igual formato.



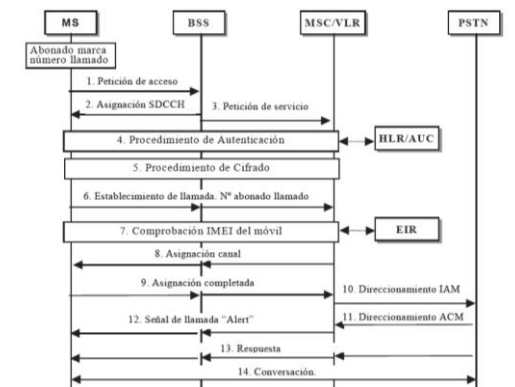
**SDCCH:** Stand alone CCH. SDCCH es utilizado para muy baja tasa de datos para roaming, autenticación y criptografía.

**SACCH:** Slow Associated CCH. SACCH se usa como canal de tasa lenta para decisiones de control (potencia de transmisión) y mediciones.

**FACCH:** Fast Associated CCH. Las funciones de FACCH son similares a SACCH pero de mayor urgencia: para la autenticación y comandos de handover.

### 5.10.1 Proceso de una Llamada

Los pasos para el establecimiento de una llamada son como se muestran en la Fig.V. 41.



**Fig.V. 41** Pasos de una llamada en GSM<sup>166</sup>

1. El usuario compone el número del abonado llamado y pulsa "SEND".  
Petición de canal al BSS por el canal RACH. Incluye ARFCN del BSC.

<sup>166</sup> Fuente: <http://www.slideshare.net/kirank29/gsm-and-umts-protocols-and-callflow>, Enero. 2012.

2. BSC asigna un canal SDCCH entre la MS y la BSS y lo comunica a MS por AGCH.
3. BSC realiza una petición de servicio hacia la MSC/VLR.
4. MSC/VLR efectúa proceso de autenticación del móvil, si este ya se ha registrado. En caso contrario MSC/VLR pide las claves al HLR/AUC y se continúa el proceso.
5. Procedimiento de cifrado. Entre el móvil y la MSC.
6. MS envía mensaje de establecimiento de llamada hacia MSC/VLR, incluyendo el número del abonado.
7. MSC/VLR solicita vía del BSC, el Indicador internacional del Equipo Móvil a MS. El móvil responde transmitiendo el IMEI, que se comprueba en el EIR.
8. MSC/VLR envía mensaje de Asignación de canal al BSS, y esta al MS.
9. Se contestan con mensajes de Asignación Completada, y ya se dispone de canales de tráfico reservados entre el móvil y la MSC/VLR. Se libera SDCCH y se asigna SACCH.
10. MSC/VLR envía hacia la RTC un mensaje de Petición de direccionamiento. RTC encamina la llamada hacia el abonado llamado.
11. RTC envía hacia MSC/VLR un mensaje de Direccionamiento completado.
12. MSC/VLR envía un mensaje de Señal de llamada al móvil y este aplica tono de llamada.
13. MSC/VLR queda a la espera de recibir desde la RTC el mensaje de respuesta. Cuando se recibe se envía al móvil vía BSS.

14. Al recibirlo al móvil, interrumpe tono de llamada y pasa a fase de conversación.

Al hacer el análisis del porcentaje de llamadas establecidas, existen ciertas causas por las que una llamada no se puede completar satisfactoriamente, como se muestra en la Fig.V. 42.

03_172824.LZM	00007279828794	Successful	0996766642	0996766632	03/10/2012	17:25:19	-1.66901	-78.6412	17:25:23	03/10/2012	17:26:38	-1.66695	-78.6412	WCDMA	OK
03_172828.LZM	00007279828794	Blocked Call	0984670984	0984663503	03/10/2012	17:25:55	-1.66824	-78.6421	17:25:59	03/10/2012	17:25:59	-1.66824	-78.6421	WCDMA	User busy
03_172828.LZM	00007279828794	Blocked Call	0996766689	0985034776	03/10/2012	17:26:06	-1.66457	-78.6595	17:26:14	03/10/2012	17:26:14	-1.66457	-78.6595	WCDMA	OK

Fig.V. 42 Errores en establecimiento de llamadas<sup>167</sup>

Obteniendo el LogFile name se puede analizar los errors en el software TEMS Presentation, en donde se marcan los eventos en los cuales las llamadas no se pudieron establecer correctamente, como se muestra en la Fig.V. 43.

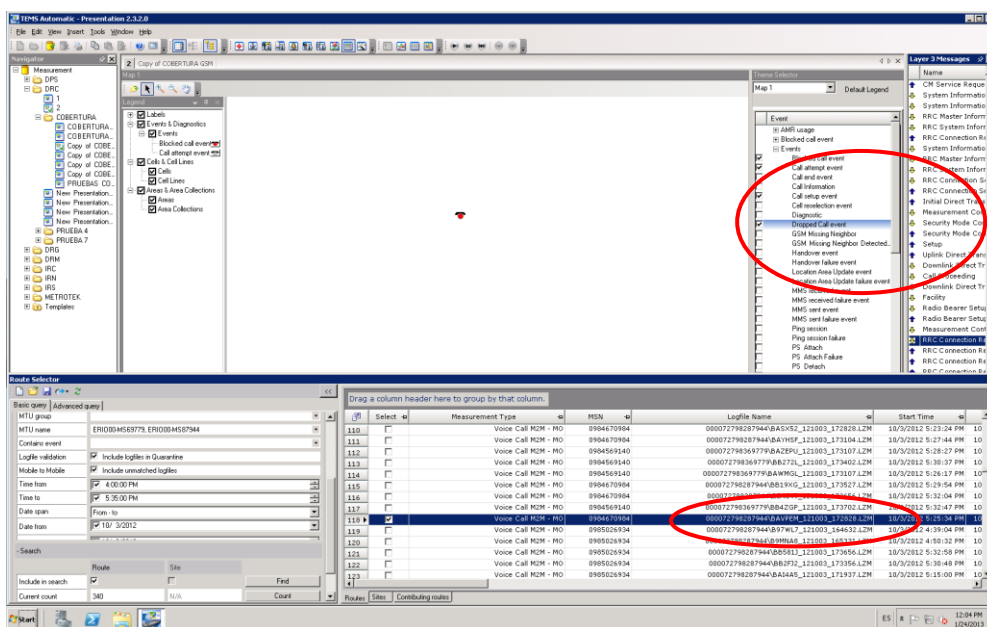


Fig.V. 43 Eventos en el software TEMS Presentation<sup>168</sup>

<sup>167</sup> Fuente: SUPERTEL-Delegación Regional Centro

<sup>168</sup> Ibídem

### 5.10.2 Errores

Las causas de errores que se determinan en el software TEMS Presentation son:

- ✓ **“User Buzy”**: esta causa ocurre cuando el usuario llamado ha indicado la inhabilidad de aceptar otra llamada. El equipo del usuario es compatible con la llamada.
- ✓ **“T-303 Expiry no Connection”**: este es un temporizador que supervisa el tiempo entre el envío de establecimiento de comunicación a la MSC-B. Si T303 expira, el procedimiento de cesión GSM es terminado y T303 es puesto en O&M.
- ✓ **“No User Responding”**: esta causa es usada cuando un usuario no responde a un mensaje de establecimiento de llamada con una alerta o con una indicación dentro del período prescrito de tiempo asignado (definido por el vencimiento de temporizador T303).
- ✓ **“Unassigned Number”**: esta causa indica que el destino solicitado por la estación móvil no puede ser alcanzado porque, aunque el número está en un formato válido, actualmente no es asignado.
- ✓ **“No Route to Destination”**: esta causa indica que el usuario llamado no puede ser alcanzado porque la red por la cual la llamada ha sido encaminada no sirve al destino deseado.
- ✓ **“Operator Determined Barring”**: esta causa indica que la MS ha tratado de tener acceso a un servicio al cual el operador de red o el proveedor de servicio no están preparados para permitir la conexión.

- ✓ **“Call Rejected Due to Feature at the Destination”**: esta causa es devuelta cuando la llamada es rechazada debido a una falla en el destino. Esta causa sólo es generada por la red, no es generada por la MS.
- ✓ **“destination out of order”**: esta causa indica que el destino indicado por la estación móvil no puede ser alcanzado porque el interfaz al destino no funciona correctamente. El término "no funcionando correctamente" indica que un mensaje señalado fue incapaz de ser entregado al usuario.
- ✓ **“no circuit/channel available”**: esta causa indica que no hay circuito apropiado o un canal disponible para manejar la llamada.
- ✓ **“network out of order”**: esta causa indica que la red no está funcionando correctamente y que la condición es probable que dure un período relativamente largo de tiempo, por ejemplo, inmediatamente vuelva a intentar la llamada no es probable que tenga éxito.
- ✓ **"Temporary Failure"**: esta causa indica que la red no está funcionando correctamente y que la condición no es probable que dure un largo período de tiempo; por ejemplo, la estación móvil puede intentar otro intento de llamada casi inmediatamente.
- ✓ **"Switching Equipment Congestion"**: esta causa indica que el equipo de conmutación está experimentando un período de alto tráfico.

## **CAPÍTULO VI**

---

### **6 PROPUESTAS DE MEJORAS EN LOS NIVELES DE COBERTURA Y CALIDAD DE SERVICIO.**

#### **6.1 Incumplimientos**

En el capítulo 5 se determinaron los valores reportados por las tres operadoras del SMA en el Ecuador, se determinó ciertos problemas en los que no se cumplen con los porcentajes mínimos establecidos en el Anexo 5, corresponden a llamadas establecidas, en las zonas 2, 3, 4 citadas en el capítulo 5 y en la cobertura de todas las zonas dependiendo de la operadora y la tecnología.

## 6.2 Visión de Llamadas Caídas en GSM

Para la red GSM la tasa de llamadas caídas es un índice importante al momento de medir la calidad de la red. A continuación se analizan las causas de las caídas de llamadas y se describen varias formas de soluciones con el propósito de reducir la tasa de llamadas caídas y así poder mejorar la calidad de la red.

### 6.2.1 Descripción

Hay dos tipos de llamada que se describen a continuación:

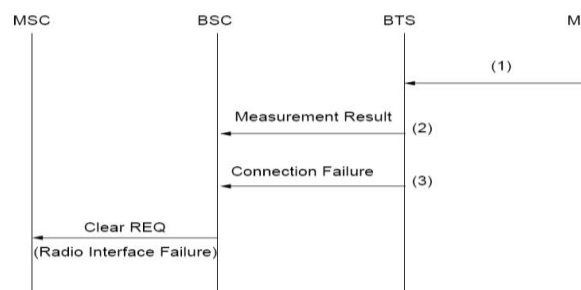
- ✓ Llamada caída referente a SDCCH: Indica que la llamada caída se produce cuando la BSC asigna un SDCCH a una MS, pero un TCH no se ha asignado correctamente aún.
- ✓ Llamada perdida referente a TCH: Indica que la llamada caída se produce después de que la BSC asigna un TCH a una EM con éxito.

Hay tres causas en las llamadas caídas, que se citan a continuación:

- ✓ Fallo en el enlace de radio: que se produce en el curso de la comunicación y hace que los mensajes no puedan ser recibidos.
- ✓ T303 o tiempo de espera: indica que la MS no puede ocupar un canal de la celda de destino o debe retornar al canal original.
- ✓ Error del sistema: se presenta cuando se da una falla en los equipos.

Durante una conversación, cuando la calidad de la voz de una MS es inaceptable y no se puede mejorar a través de control de potencia de radiofrecuencia o handover, la MS tendrá en cuenta que el enlace de radio está

defectuoso y podría desechar ese enlace, lo que causa las llamadas caídas. Como se indica en la especificación de GSM, hay un contador S en la MS. Tan pronto como se inicia una conversación, el contador asigna un valor inicial, que es el parámetro "Tiempo de espera de Enlace de Radio". Si la MS falla para decodificar un mensaje SACCH con período de 120 ms, 1 se restará de S. Por el contrario, cada vez que la MS recibe un mensaje SACCH correctamente, se añade 2 a S, pero el valor de S no puede ser mayor que el valor inicial. Cuando S es 0, el MS reporta falla de radioenlace. Los pasos (1) y (2) muestran que la comunicación en el canal SDCCH/TCH se ha establecido, mientras que el paso (3) no puede decodificar el bloque de mensaje SACCH (enlace ascendente/descendente), por lo tanto se produce el error T303 referente al tiempo de espera de enlace de radio, como se muestra en la Fig.VI. 1.



**Fig.VI. 1** Tiempo de espera para GSM<sup>169</sup>

En el curso de una intra-BSS o inter-BSS handover, BSC reserva TCH de la celda de inicio el handover de T303. Este temporizador se utiliza para reservar un canal durante un tiempo largo para que la MS pueda volver al canal. Sin embargo, si se pierde la conexión, se libera el canal. Cuando BSS envía una

<sup>169</sup> Fuente: <http://www.slideshare.net/kirank29/gsm-and-umts-protocols-and-callflow>, Enero. 2012.



orden de handover a la MS, el temporizador empieza a realizar la función de temporización. Después de que la BSC recibe un mensaje de handover completo de la celda de destino o un mensaje de fallo de handover de la celda de origen, el temporizador se restablecerá, tras el envío de una orden de mensaje BSC de traspaso a BTS; si no hay mensajes que se reciban después de la expiración T303, BSC tendrá en cuenta que el fracaso de enlace de radio se produce en la celda de origen.

### **6.2.2 Causas de errores.**

#### **❖ Cobertura.**

##### **✓ Cobertura Discontinua.**

La caída de llamadas es causada por la BTS aislada. Como la señal es débil y la calidad es mala en el borde de la BTS, la cesión a otra celda no puede ser puesta en práctica, y así se producen las llamadas caídas. Si la BTS se encuentra en el lugar en el que la forma del terreno es complejo y el entorno de propagación de radio es complicado, se produce la caída de llamadas debido a una cobertura discontinua.

##### **✓ Cobertura mala en el interior.**

Esto ocurre en lugares donde se encuentran muchos edificios, las llamadas caídas se producen fácilmente, debido a la alta atenuación en la transmisión.

✓ **Sobrepaso de Cobertura.**

Debido a algunas razones, la cobertura de una celda en servicio se sobrepasa de la cobertura definida. Por ejemplo, la potencia de la celda A es tan alta que una MS ocupa todavía las señales de la celda A después de que se mueve fuera de la cobertura de la celda adyacente B que ha sido definida por la celda A y llega a C. Sin embargo, la celda A no tiene definida la celda C como una celda adyacente, lo que ocasiona que la MS no puede encontrar una celda adecuada cuando intenta conectarse con la celda C.

✓ **Falta de Cobertura.**

Puede ser causado por algún fallo del equipo en una celda. Por ejemplo, la antena está obstruida o el portador BCCH (amplificador de potencia) está defectuoso.

❖ **HANDOVER.**

✓ Parámetros con errores:

Por ejemplo, si el nivel de la celda de handover se ajusta para que sea demasiado bajo, algunas MS serán entregadas a la celda adyacente cuando el nivel de ésta es un poco más fuerte que la celda origen durante un tiempo. Pero después de este tiempo, si la señal de la celda adyacente es débil, y no existen celdas disponibles, pueden ocurrir llamadas caídas.

✓ Celda adyacente indefinida:

Si una celda adyacente no se ha definido todavía, la MS mantendrá la comunicación con la celda en servicio hasta que se salga de su cobertura. En este momento, se producirá de llamada caída ya que no existen celdas con señales más fuertes.

✓ Existencia de celdas adyacentes con la misma frecuencia BCCH.

✓ Congestión del tráfico.

✓ Desequilibrio de tráfico: puede causar fallo de handover debido a la falta de transferencia de canal disponible para el BTS destino. Cuando el restablecimiento del canal de hadover también falla, se produce una llamada perdida.

✓ El reloj de la BTS: cuando está fuera de sincronización, puede causar fallo de handover.

❖ **Interferencia.**

Existe interferencia co-canal, interferencia de canal adyacente y la interferencia inter-modulación. Cuando la MS recibe señales en la celda de servicio con una fuerte interferencia co-canal o canal adyacente, puede crear una MS que no puede demodular con precisión o BTS no puede recibir correctamente los informes de medición de la MS.

Cuando el índice de interferencia es tan malo que supere el umbral, las conversaciones de red serán fallidas, por lo que la conversación será de mala calidad y pueden ocurrir llamadas caídas.

- ❖ **Error en el enlace ascendente/descendente causado por el sistema de antenas.**
- ✓ La instalación incorrecta de la antena: cuando la antena de Tx entre dos celdas se instala en forma invertida, tendrá el nivel de la señal de enlace ascendente menor que el enlace descendente, por lo tanto causa la caída de llamadas.
- ✓ Diferentes azimut: causará cobertura diferente, en consecuencia, aunque el usuario puede recibir la señal BCCH, no puede ocupar SDCCH enviado por otra antena cuando se origina una llamada, por lo tanto se producen llamadas caídas.

### **6.2.3 Propuestas de mediciones.**

- ✓ Las mediciones de los parámetros de calidad técnicos realizados por la SUPERTEL deben realizarse considerando que los factores climáticos ambientales y físicos sean los adecuados, ya que éstos factores influyen directamente en el desempeño general del sistema.
- ✓ Se deben realizar planificaciones e inspecciones técnicas en el establecimiento de los parámetros bajo los cuales se realizan las mediciones para controlar los cambios en las características que se emplean en las mediciones a realizarse.
- ✓ Los RTU's deben ser configurados correctamente de acuerdo a las definiciones que constan en los contratos del SMA.

- ✓ Se debería instalar equipos de la SUPERTEL en los mismos lugares de los equipos que pertenecen a las operadoras del SMA, de tal manera que los datos obtenidos por las operadoras puedan ser enviados, analizados y comparados por la SUPERTEL, a fin de determinar que no existan diferencias, teniendo en cuenta que la fuente de la información y el tratamiento de los datos adquiridos son los mismos.
  
- ✓ Con el fin de brindar a los usuarios un mayor conocimiento sobre los valores actuales tomados de los parámetros de calidad, se debería poner esta información en conocimiento público en las páginas tanto de las operadoras del SMA como en la del ente regulador. Éste proceso servirá para que las operadoras opten por brindar una mejor calidad de servicio a sus usuarios.
  
- ✓ De acuerdo al análisis realizado en el Anexo 5 se determinaron los porcentajes resultantes, en dicho análisis constan llamadas, mensajes, y calidad de voz. Una propuesta muy importante es que en el Anexo 5 se incluya el análisis de datos ya que éstos también forman parte de los servicios que las Operadoras del SMA brindan a sus clientes y también deberían ser evaluados.
  
- ✓ Tomando en cuenta que las pruebas que realiza actualmente la SUPERTEL se las realiza con las tecnologías GSM y WCDMA. Se debería tomar en consideración un proyecto en el cual se realice un

análisis y desempeño de una red LTE y las consideraciones que deberían tener las Operadoras del SMA y los Organismos de Regulación y Control para su correcto funcionamiento, ya que ésta tecnología nos brinda mayores tasas de transmisión.

#### **6.2.4 Propuestas físicas**

- ✓ Se deben realizar pruebas en cada operadora del SMA para determinar las áreas que están por debajo de la cobertura. Para los BTS aislados, la cobertura se puede formar mediante la adición de BTSs o ampliar la cobertura original a través de otras maneras, tales como la mejora de la potencia de transmisión máxima de BTS, el ajuste de azimut, inclinación, altura de antena, etc.
  
- ✓ Hay que tomar en cuenta la opción de realizar pruebas de re-sintonización de canales que consiste en hacer mediciones similares a las de drive test, para descubrir si cada canal cumple con las características planteadas para tener una buena cobertura. Al realizar dichas pruebas se puede realizar también una re-calibración de potencia en las antenas de acuerdo a las necesidades.
  
- ✓ Para garantizar la calidad de la comunicación interior, las señales que llegan del exterior deben ser lo suficientemente fuertes. Si la calidad de la comunicación interior no se puede mejorar en gran medida mediante la mejora de la potencia de transmisión máxima de BTS, el ajuste de

azimut, inclinación y altura de la antena, la adición de BTS's puede ser útil para aumentar la cobertura en interiores, tales como edificios.

- ✓ Considerando la zona en la cual no se satisface con los porcentajes mínimos establecidos en el Anexo 5, las operadoras del SMA deben tener la opción de colocar una nueva radio base con el fin de cubrir toda la zona analizada y satisfacer las necesidades de los usuarios.
- ✓ Para la celda donde puede producirse un sobrepaso de cobertura, se deben definir todas sus celdas adyacentes potenciales para reducir las caídas de llamadas y así las operadoras puedan brindar calidad de servicio a sus clientes.
- ✓ Se deben comprobar los parámetros que afectan el handover como: la configuración de los niveles, la duración y el nivel de acceso mínimo a la celda adyacente. Para disminuir la caída de llamadas, el nivel de acceso mínimo de la celda adyacente de handover se podría mejorar de -100 dBm a -95 dBm.
- ✓ Se debe hacer el control de la cobertura de la celda mediante el ajuste de los parámetros de ingeniería, tales como: la inclinación, el azimut de la antena y calibración del reloj. Las operadoras deben realizar inspecciones continuas en sus redes, con el fin de disminuir errores al momento de realizar mediciones de calidad de servicio.

- ✓ Consultar las zonas donde se produce la interferencia de acuerdo al nivel de señal recibido. Entonces se deberá ajustar la BTS relacionados con la potencia de transmisión para evitar interferencias.
  
- ✓ Se deberá eliminar la interferencia causada por el equipo. Las operadoras deben tener la opción de verificar si las BTS trabajan con normalidad a través de mantenimiento remoto.
  
- ✓ Se debe asegurar que la frecuencia BCCH de la celda de servicio es la esperada y la antena de transmisión está instalada correctamente antes de las mediciones de los parámetros de calidad en cada operadora.
  
- ✓ Asegurarse de que el conector de la antena y la alimentación estén en buen estado. Además se debe tener en cuenta que las operadoras serán las responsables de observar las alarmas de transmisión y alimentación.
  
- ✓ Comprobar si la puesta a tierra de los equipos está bien realizada, por lo tanto, disminuir las llamadas caídas, garantizando la calidad de transmisión.
  
- ✓ Observar si hay muchas llamadas caídas causadas por la transmisión a través de la medición del tráfico, por ejemplo en la medición del desempeño TCH observar si la tasa de disponibilidad TCH es anormal.



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

1. Hoy en día la tecnología crece a pasos agigantados, por este motivo nos vemos en la necesidad de acoplarnos al medio. El uso de GSM y UMTS permiten a los usuarios finales gozar de servicios de voz, mensajes y datos en tiempo real gracias al incremento de banda ancha, lo cual constituye un pilar importante hacia la convergencia a redes totalmente IP.
2. Las operadoras del SMA en el Ecuador buscan brindar una mejor calidad de servicio a sus clientes, para lo cual la tecnología de cuarta generación LTE cuenta con una plataforma muy concreta para pensar en una transformación importante en las redes, consiguiendo que sus servicios y aplicaciones se basen en una tecnología en un entorno totalmente IP, ya que se pueden tener velocidades de acceso entre 100 Mbps en movimiento y 1 Gbps en reposo.
3. Con el análisis realizado, se concluye que la cantidad de usuarios ha aumentando significativamente en los últimos años y lo seguirán haciendo al igual que se incrementa el tráfico de voz y datos, por tal motivo es importante la implementación de sistemas que tengan la capacidad de acuerdo a las necesidades de los usuarios.

4. La Calidad de Servicio es muy importante, ya que determina el grado de satisfacción de los usuarios al recibir un servicio extremo a extremo y es atribuible al correcto funcionamiento de la red NP.
5. El establecimiento de los valores objetivo de los parámetros de calidad de servicio, corresponde a la negociación de los Organismos de Regulación de las Telecomunicaciones con las operadoras de SMA, no se encuentran definidos en recomendaciones internacionales.
6. Para la evaluación de los parámetros de calidad se utilizó un método conocido como “drive test” que consiste en la realización de un recorrido en un vehículo para monitorear los parámetros de red de las operadoras móviles a través del uso de equipamiento especializado, emulando el comportamiento de un usuario común, sin embargo para lograr una precisión adecuada se requiere de un gran número de muestras y sus resultados son atribuibles a la ruta escogida.
7. De acuerdo a los parámetros de calidad técnicos analizados, se determina que existen zonas de la ciudad de Riobamba en las que no se cumple con los porcentajes mínimos establecidos para llamadas establecidas y cobertura. Las causas son atribuibles a

interferencias, fallas de handover, fallas de cobertura, fallas de transmisión, errores en los enlaces ascendente/descendente.

8. La SUPERTEL como organismo de control, tiene la potestad de verificar el correcto cumplimiento de los parámetros de calidad establecidos en el Anexo 5 de los actuales contratos de concesión suscritos con las operadoras OTECEL S.A y CONECEL S.A, vigentes desde el 30 de noviembre del 2008 y la operadora CNT EP de acuerdo al Anexo D, del 28 de junio del 2012.

## RECOMENDACIONES

1. Al determinar los porcentajes de los parámetros de calidad en las 6 zonas de la ciudad de Riobamba, realizados con las pruebas de “drive test”, se recomienda a los Organismos de Regulación y Control hacer una comparación de los resultados obtenidos entre dos software diferentes, para de ésta manera obtener un resultado más concreto de la ubicación en donde se producen los errores en el establecimiento de llamadas y coberturas.
2. A fin de garantizar la calidad de servicio a los usuarios, es recomendable que los Organismos de Regulación y Control y las Operadoras del SMA, puedan establecer acuerdos para realizar estudios posteriores en donde se puedan incluir los elementos de red de las tecnologías en las que se están realizando las pruebas.
3. Las mediciones y pruebas que realiza constantemente la Delegación Regional Centro se enfocan a llamadas, mensajes y calidad de voz, se recomienda que dichas mediciones y pruebas también se las realice para datos, ya que éstos también forman parte de los servicios que las Operadoras del SMA brindan a sus clientes y también deberían ser evaluados.

4. Considerando que la tecnología está avanzando cada vez más, sería recomendable que para las pruebas y mediciones que realiza actualmente la SUPERTEL, tomen en consideración un proyecto en el cual se realice un análisis y desempeño de una red LTE y las consideraciones que deberían tener las Operadoras del SMA y los Organismos de Regulación y Control para su correcto funcionamiento, ya que ésta tecnología nos brinda mayores tasas de transmisión, teniendo en cuenta que el objetivo principal es establecer una buena comunicación independientemente de la ubicación geográfica de los usuarios.
  
5. Con las pruebas y mediciones obtenidas con el “drive test”, pueden existir resultados que no están acorde con lo esperado, estos pueden darse por la mala recepción de satélites en el GPS, los cuáles influyen en la obtención del recorrido total, razón por la cual se recomienda que las condiciones climáticas sean las apropiadas y el GPS sea más preciso.
  
6. Se recomienda a las Operadoras del SMA que realicen inspecciones trimestrales en sus redes, con el fin de disminuir los fallos al momento de realizar pruebas y mediciones de calidad de servicio.

## RESUMEN

Se realizó el análisis de las mediciones de drive test realizadas por la Superintendencia de Telecomunicaciones (Delegación Regional Centro) en la red de servicio móvil avanzado de la ciudad de Riobamba para proponer mejoras en los niveles de cobertura y calidad de servicio que beneficiará a los usuarios.

Para la recopilación de información se utilizó el método analítico, para analizar los parámetros de calidad técnicos que son: tiempo de establecimiento de llamadas, porcentaje de llamadas caídas, zona de cobertura, calidad de conversación, porcentaje de mensajes cortos con éxito y tiempo promedio de entrega de mensajes cortos y determinar en qué zonas de la ciudad de Riobamba y en que operadora existen problemas. La zona1 consta de: centro de la ciudad, las retamas, los pinos, didonato, la estación, la merced, santa rosa, san alfonso, san francisco, zona2: la primavera, los shyris, yaruquíes, cementerio, zona 3: los eucaliptos, camilo ponce, unach, paseo shopping, zona4: mercado mayorista, la policía, pucará, la dolorosa, los altares, cdla. politécnica, cdla. primera constituyente, sixto durán, bellavista, villa maría, zona5: epoch, lucha de los pobres, ciudadela de los maestros, zona6: la cerámica, los álamos, las retamas, riobamba norte, la saboya, cdla. Ing. Civiles.

Resultados de llamadas establecidas para Movistar: zona2: 51.72%, zona3: 50.30% y zona 4: 65.61%. Resultados de cobertura en la tecnología GSM (Global System Mobile) para Movistar: zona6: 90.21%, Claro: zona1. 94.75%, zona2: 91.11%, zona3: 88.81%, zona4: 94.70%, zona5: 88.06%, zona6: 94.41%, CNT: zona6: 91.82%. Resultados de cobertura en la tecnología WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access) para Movistar: zona1: 94.01%, zona2: 91.21%, zona4: 91.45%, zona5: 93.35%, zona6: 89.94%, Claro: zona2: 94.46%, zona6: 90.09%, CNT: zona1: 93.91%, zona2: 93.06%, zona3: 92.25%, zona4: 94.91%, en donde el mínimo porcentaje que deben alcanzar en los dos parámetros es 95%.

Concluyo que la cantidad de usuarios han ido aumentando significativamente en los últimos años y lo seguirán haciendo al igual que incrementa el tráfico de voz y datos, por tal motivo es importante la implementación de sistemas que tengan la capacidad de acuerdo a las necesidades de los usuarios.

Recomiendo que para las pruebas y mediciones que realiza actualmente la Superintendencia de Telecomunicaciones, tomen en consideración un proyecto en el cual se realice un análisis y desempeño de una red LTE (Long Term Evolution), ya que se puede tener velocidades de acceso entre 100 Mbps en movimiento y 1 Gbps en reposo.

## SUMMARY

It was made an analysis of the drive test measurements carried out by the Telecommunications Superintendence (Regional Delegation Center) on the network of advanced mobile service of the city of Riobamba to propose improvements in the levels of coverage and quality of service for the benefit of the users.

For the information compilation the analytical method was used, to analyze the technical parameters of quality that are: time of establishment of calls falls, area of coverage, quality of conversation, percentage of short messages successfully and average time of delivery of short messages and to determine in what areas of the city of Riobamba and in what operator there are problems. The zone 1 consists of: Center of the city, "Las Retamas", "Los Pinos", "Didonato", "La Estación", "La Merced", "Santa Rosa", "San Alfonso", "San Francisco"; zone 2: "La Primavera", "Los Shyris", "Yaruquíes", "Cementerio"; zone 3: "Los Eucaliptos", "Camilo Ponce", "Unach", "Paseo Shopping"; zone 4: "Mercado Mayorista", "La Policía", "Pucará", "La Dolorosa", "Los Altares", "Politécnica Cdla", "Primera Constituyente Cdla", "Sixto Durán", "Bellavista", "Villa María"; zone 5: "Espoch", "Lucha de los Pobres", "De los profesores Cdla"; zone 6: "La Cerámica", "Los Álamos", "Las Retamas", "Riobamba Norte", "La Saboya", "Ing. Civil Cdla".

Results of calls for Movistar: zone 2: 51.72%, zone 3: 50.30% and zone 4: 65.61%. Results of coverage on the GSM (Global System Mobile) technology for Movistar: zone 6: 90.21%, Claro: zone 1: 94.75%, zone 2: 91.11%, zone 3: 88.81%, zone 4: 94.70%, zone 5: 88.06%, zone 6: 94.41%, CNT: zone 6: 91.82%. Results of coverage in the WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access) technology for Movistar: zone 1: 94.01%, zone 2: 91.21%, zone 4: 91.45%, zone 5: 93.35%, zone 6: 84.94%, Claro: zone 2: 94.46%, zone 6: 90.09%, CNT: zone 1: 93.91%, zone 2: 93.06%, zone 3: 92.95%, zone 4: 94.91%, where the minimum percentage to be achieved in the two parameters is 95%.



I conclude that the number of users have been increasing significantly in recent years and they will continue growing, as well as the voice traffic and data, for this reason it is important the implementation of systems that have the capacity to meet the needs of the users.

I recommend for the test and measurements that the Supervision of Telecommunications conducts at present, take into consideration a project in which an analysis and performance of a network LTE (Long Term Evolution) be executed, since it is possible to have access speeds between 100 Mbps in movement, and 1Gbps in rest.

## BIBLIOGRAFÍA

1. **CALERO, F.**, Revista., Servicios de Tercera Generación., Superintendencia de Telecomunicaciones., 2008., Pp: 38.
2. **FUENTES, M.**, Estudio técnico para la recomendación de los parámetros de calidad de servicio SMA sobre redes móviles UMTS en el Ecuador., Facultad de Ingeniería., Ing. Electrónica y Telecomunicaciones., Escuela Politécnica del Ejercito., Sangolquí-Ecuador., **TESIS.**, 2010., Pp: 9-25.
3. **HURTADO, C.**, Estudio de factibilidad para la implementación de LTE (Long Term Evolution) en el Ecuador., Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica., Ing. en Electrónica y Telecomunicaciones., Escuela Politécnica Nacional., Quito-Ecuador., **TESIS.**, 2011., Pp: 16-19.
4. **JIMÉMEZ, J.**, Propuesta de optimización de los parámetros de calidad de servicio en base al análisis de los contratos de Servicio Móvil Avanzado de CONECEL S.A. y OTECEL S.A. (2008)., Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica., Ing. Electrónica y Telecomunicaciones., Escuela Politécnica Nacional., Quito-Ecuador., **TESIS.**, 2012., Pp: 1-3, 23-25.
5. **OROZCO, N.**, Estudio de factibilidad para la migración del sistema móvil UMTS/HSPA a LTE., Facultad de Ingeniería., Ing. Electrónica y Telecomunicaciones., Escuela Politécnica del Ejercito., Sangolquí-Ecuador., **TESIS.**, 2011., Pp: 98-106.
6. **SÁNCHEZ, P.**, Análisis del desempeño de las redes celulares GSM-GPRS., Facultad de Ingeniería., Ing. en Telecomunicaciones., Universidad Nacional Autónoma de México., México DF-México., **TESIS.**, 2005., Pp: 9-52.

## 7. TECNOLOGÍA UMTS

[http://www.umtsforum.net/mostrar\\_tecnologia.asp?u\\_action=display&u\\_log=4](http://www.umtsforum.net/mostrar_tecnologia.asp?u_action=display&u_log=4)

[http://asignaturas.diatel.upm.es/ccmm/Documentacion/TecnologiaUMTS\\_2009\\_p1.pdf](http://asignaturas.diatel.upm.es/ccmm/Documentacion/TecnologiaUMTS_2009_p1.pdf)

**2012-11-15**

## 8. TECNOLOGÍA GSM

<http://ocw.upm.es/teoria-de-la-senal-y-comunicaciones-1/comunicaciones-moviles-digitales/contenidos/Presentaciones/GSM-07.pdf>

<http://es.scribd.com/doc/7353216/04-Sistemas-Movilcelular-Gsm>

**2012-11-21**

## 9. 3GPP

<http://www.itu.int/itudoc/itu-t/workshop/rio/s3p1.pdf>

[http://www.etsi.org/deliver/etsi\\_ts/122200\\_122299/122228/05.05.00\\_60/ts\\_122228v050500p.pdf](http://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/122200_122299/122228/05.05.00_60/ts_122228v050500p.pdf)

**2012-12-04**

## 10. OPERADORAS DE SERVICIO MÓVIL AVANZADO EN ECUADOR

[http://es.wikipedia.org/wiki/Movistar\\_Ecuador](http://es.wikipedia.org/wiki/Movistar_Ecuador)

[http://es.wikipedia.org/wiki/Claro\\_Ecuador](http://es.wikipedia.org/wiki/Claro_Ecuador)

[http://es.wikipedia.org/wiki/Corporaci%C3%B3n\\_Nacional\\_de\\_Telecomunicaciones](http://es.wikipedia.org/wiki/Corporaci%C3%B3n_Nacional_de_Telecomunicaciones)

**2012-12-13**

**11. SITUACIÓN ACTUAL DEL SERVICIO MÓVIL AVANZADO EN ECUADOR**

<http://www.SUPERTEL.gob.ec>

<http://www.conate.gob.ec>

**2012-12-18**

**12. CALIDAD DE SERVICIO EN LAS COMUNICACIONES**

<http://www.itu.int/rec/T-REC-G.1000-200111-l/es>

**2012-12-24**

# **ANEXOS**

## **ANEXO 1**

Mapas de Coberturas de la ciudad de Riobamba

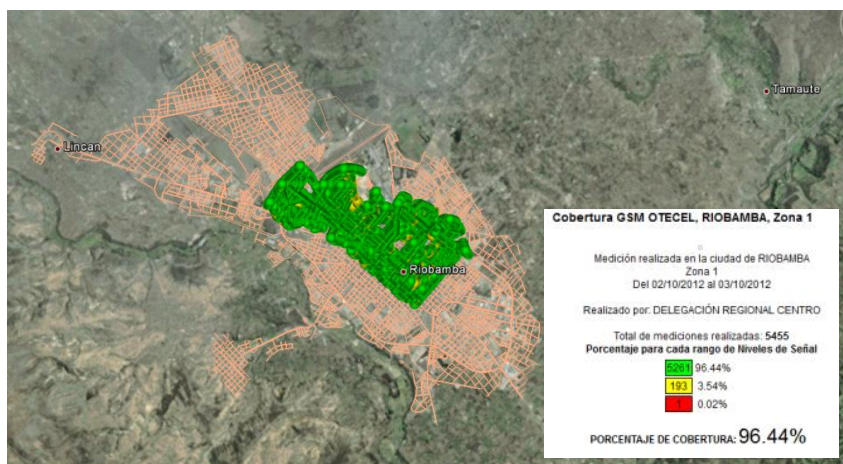
## **ANEXO 2**

Procedimiento de Control de SMA (SAMM)

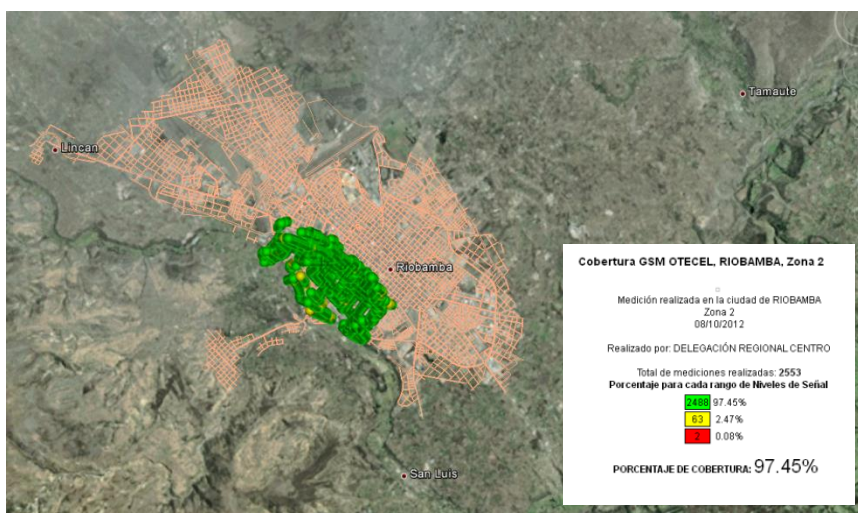
# **ANEXO 1**

# COBERTURA-GSM

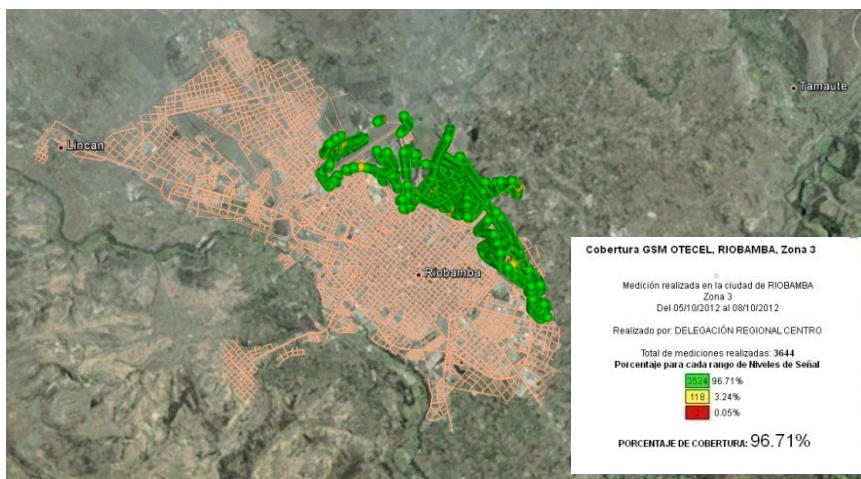
## OTECEL-ZONA 1



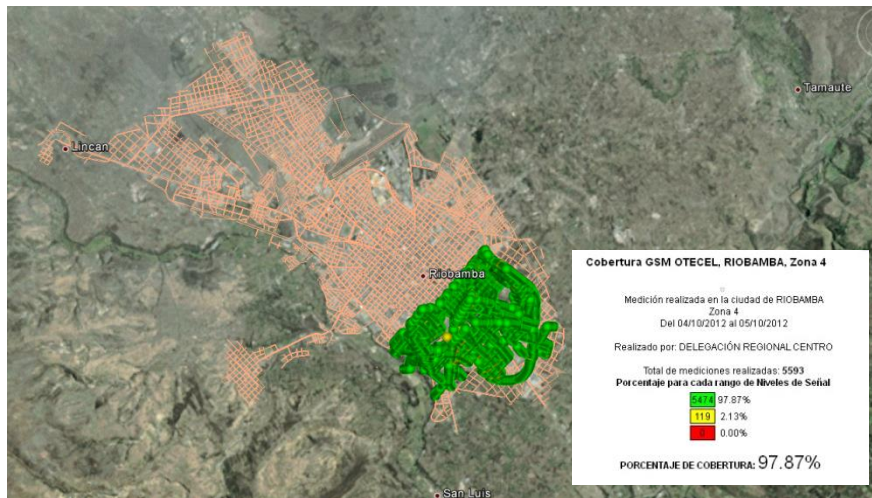
## OTECEL-ZONA 2



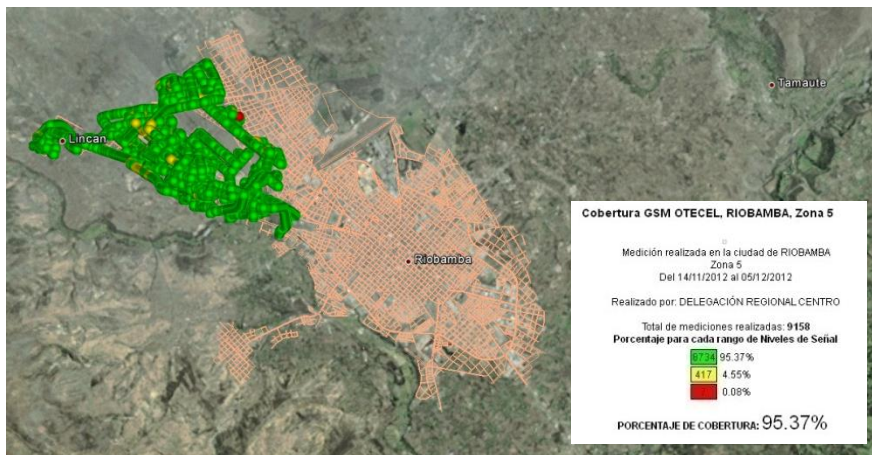
## OTECEL-ZONA 3



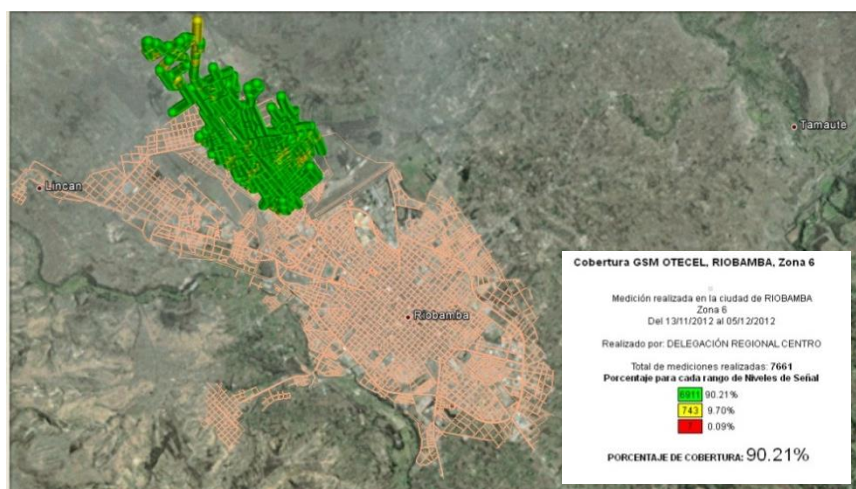
## OTECEL-ZONA 4



## OTECEL-ZONA 5

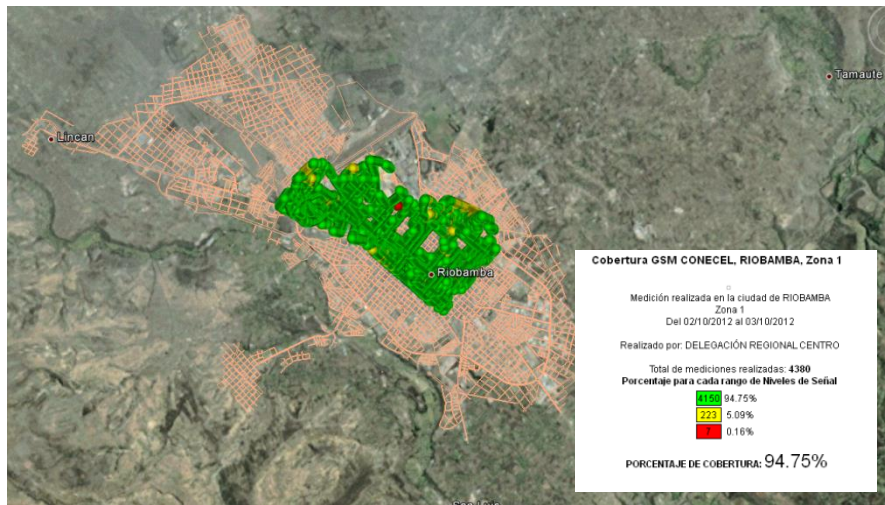


## OTECEL-ZONA 6

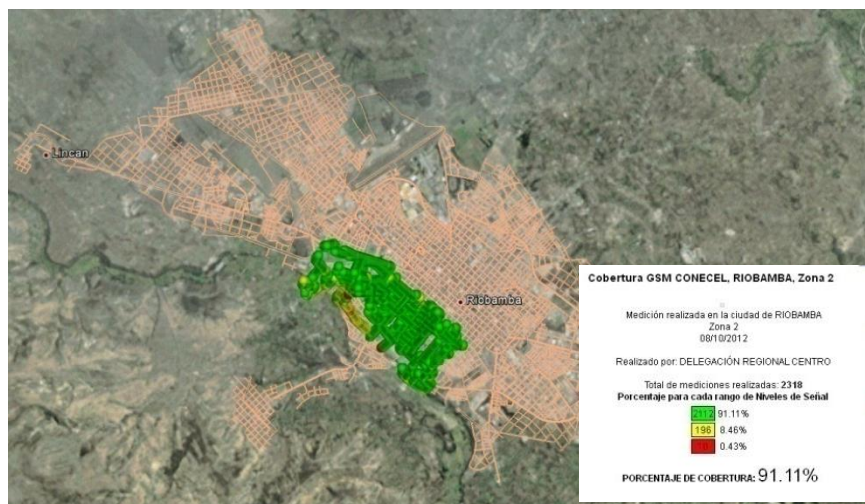




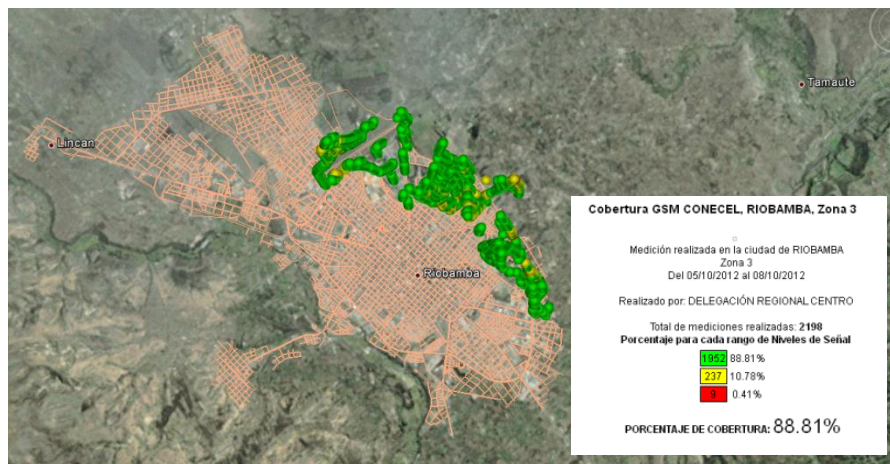
## CONECEL-ZONA 1



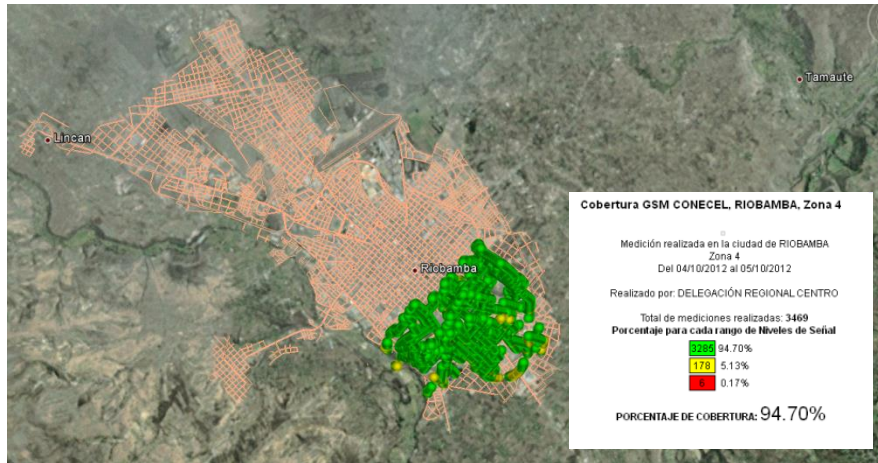
## CONECEL-ZONA 2



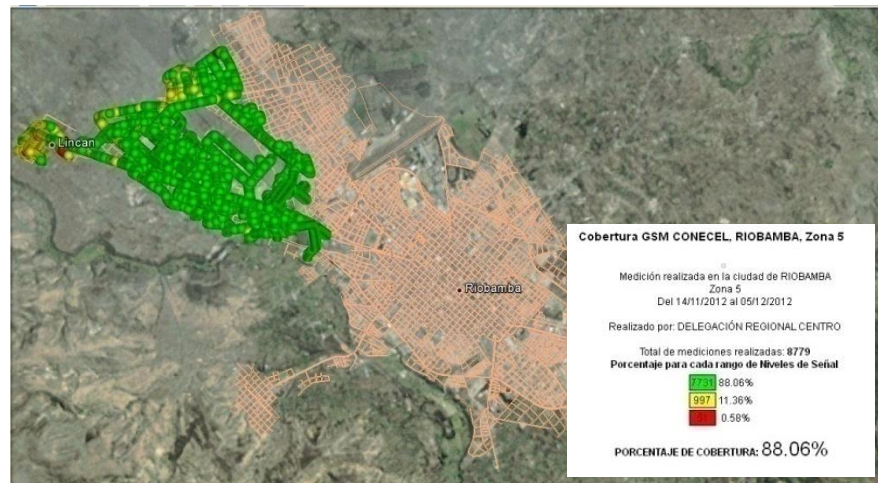
## CONECEL-ZONA 3



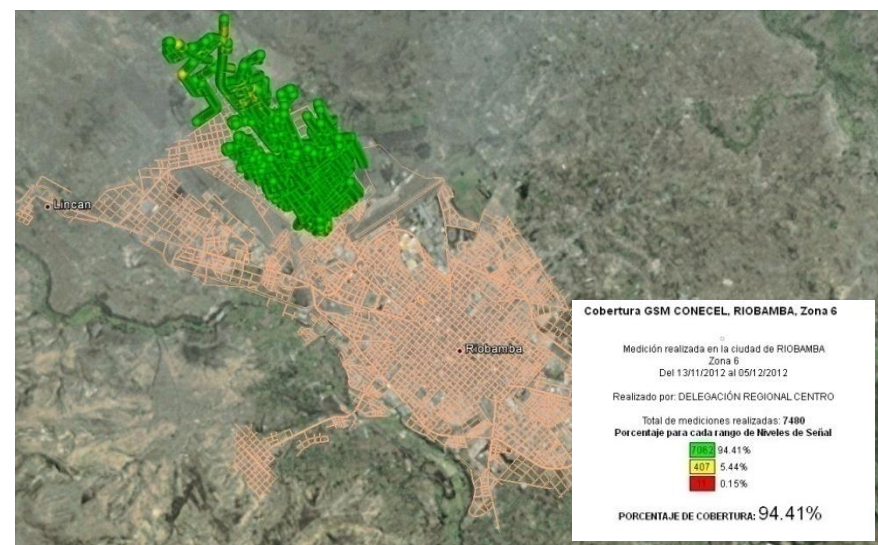
## CONECEL-ZONA 4



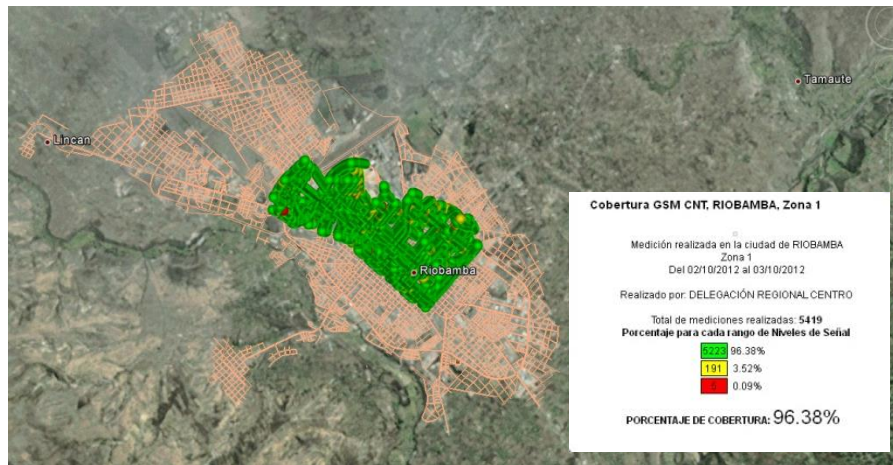
## CONECEL-ZONA 5



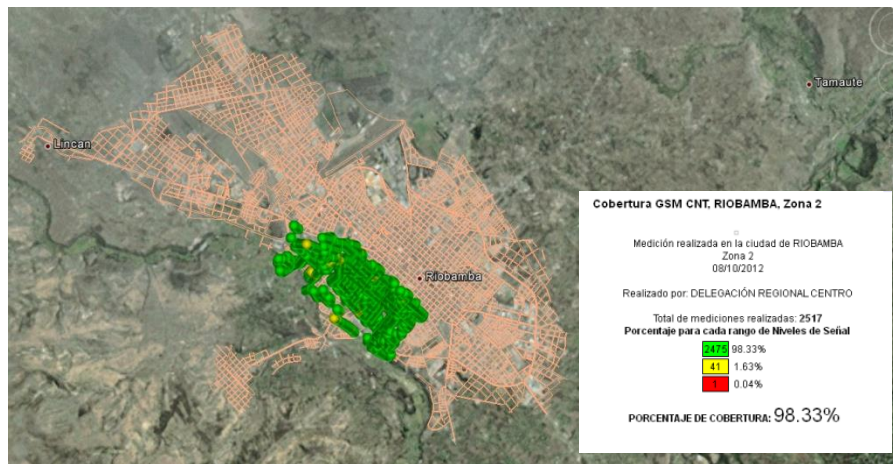
## CONECEL-ZONA 6



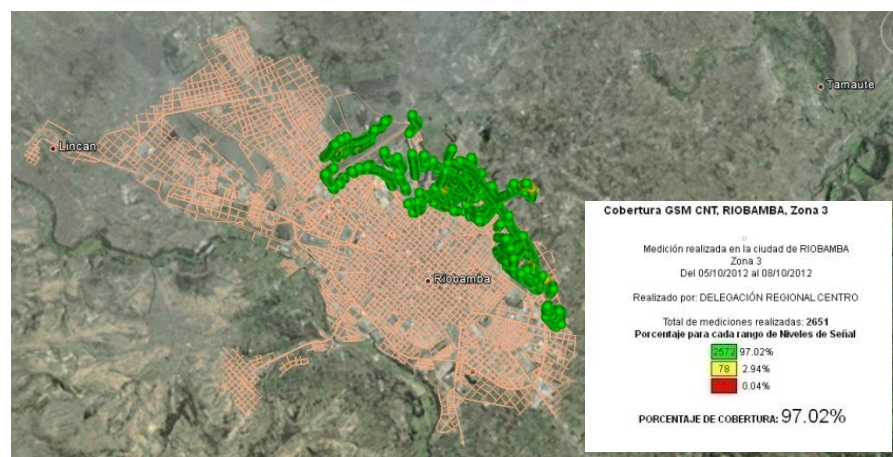
## CNT-ZONA 1



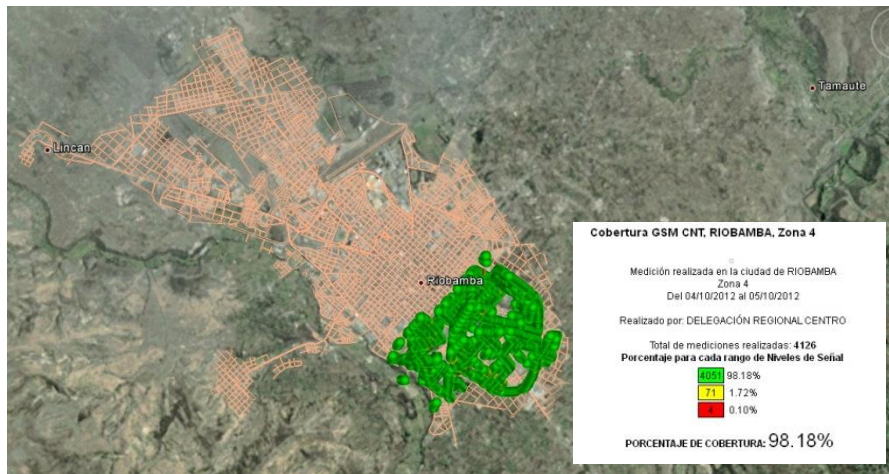
## CNT-ZONA 2



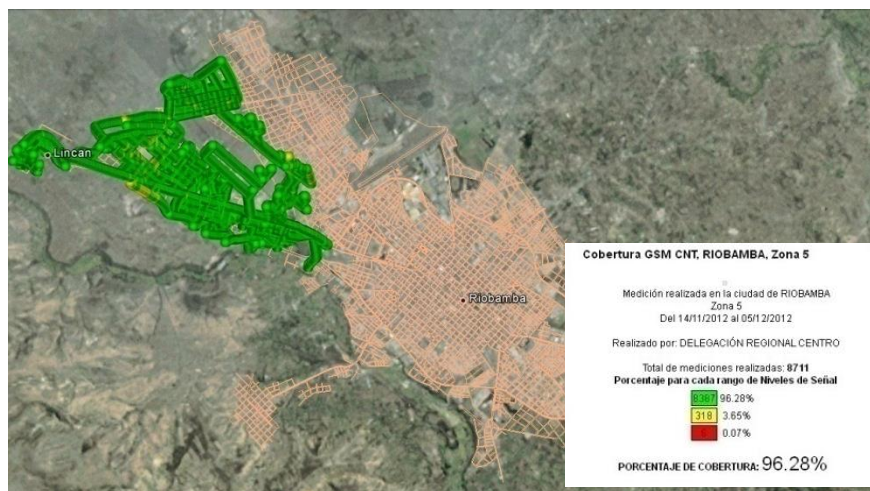
## CNT-ZONA 3



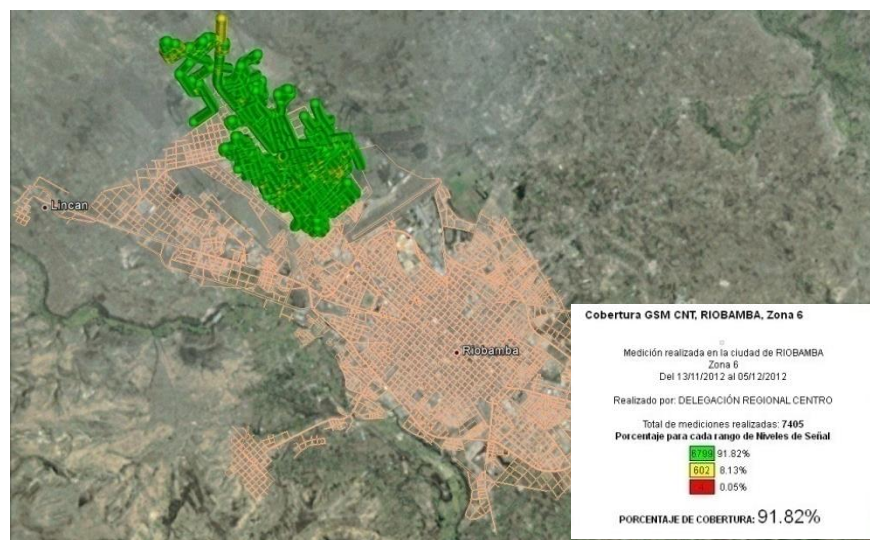
## CNT-ZONA 4



## CNT-ZONA 5

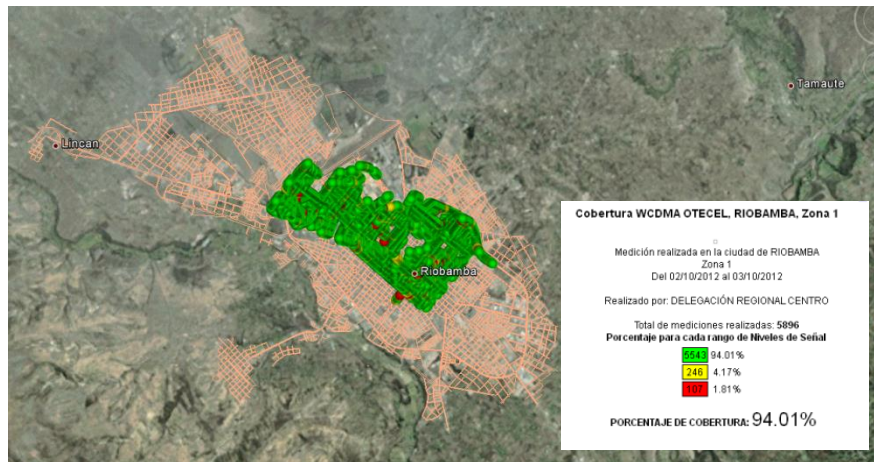


## CNT-ZONA 6

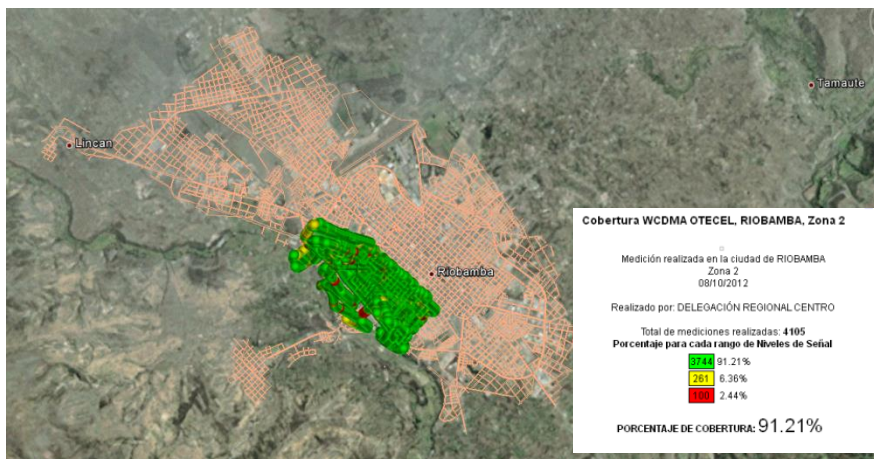


# COBERTURA-WCDMA

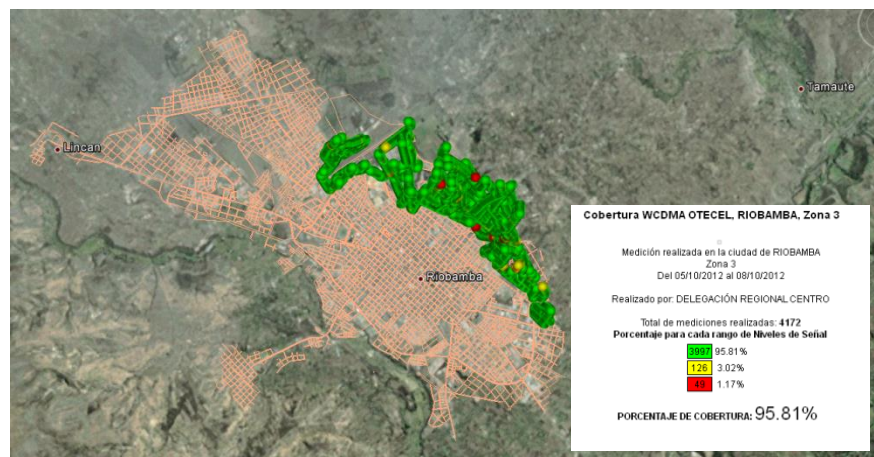
## OTECEL-ZONA 1



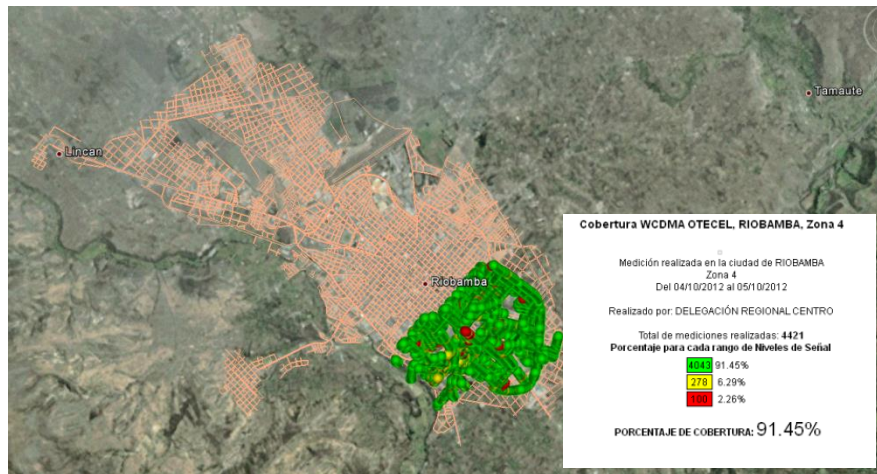
## OTECEL-ZONA 2



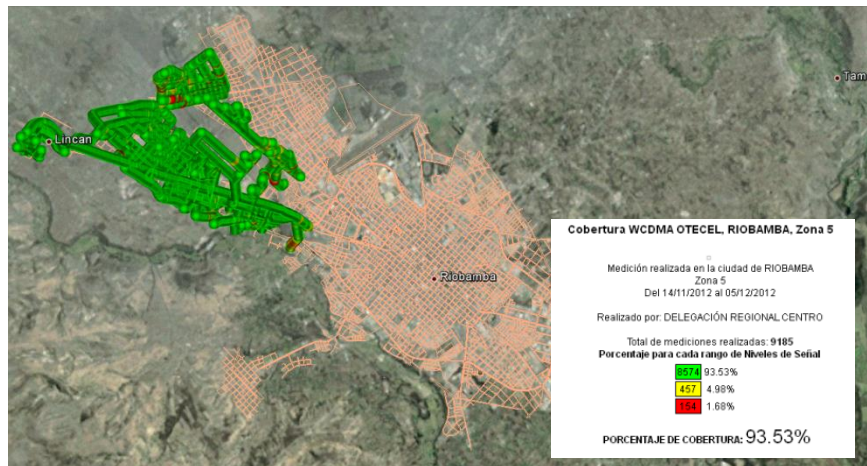
## OTECEL-ZONA 3



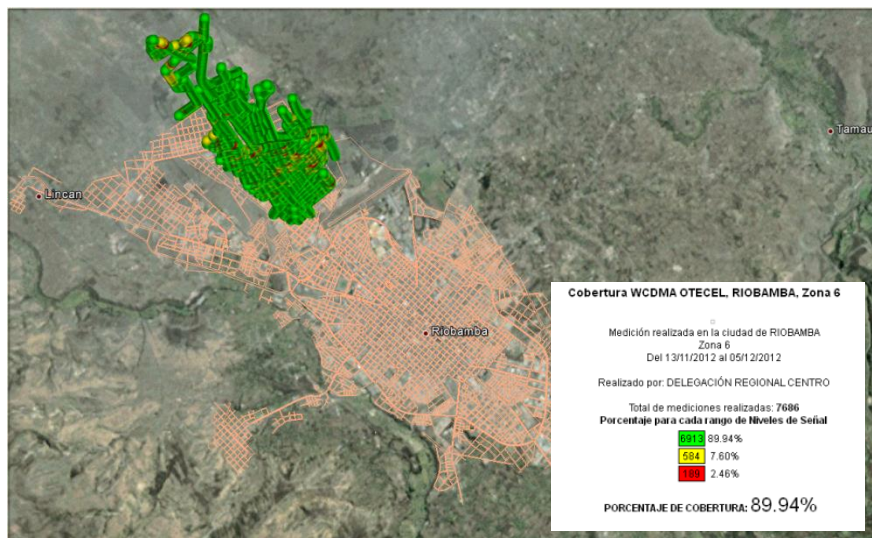
## OTECEL-ZONA 4



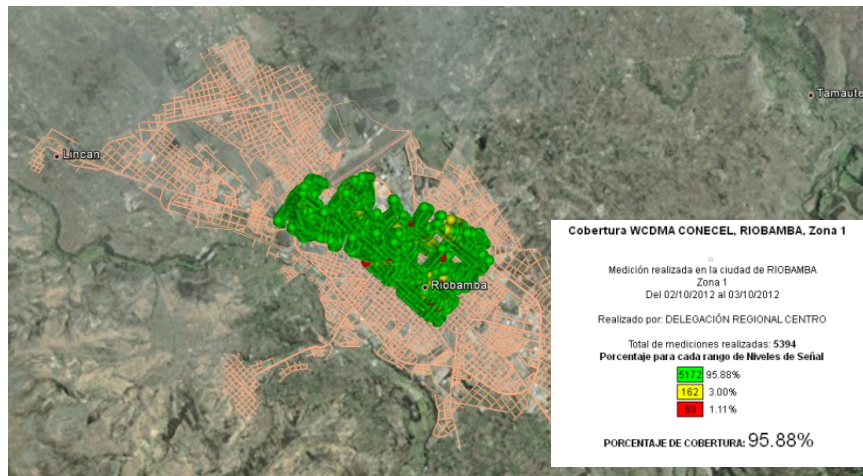
## OTECEL-ZONA 5



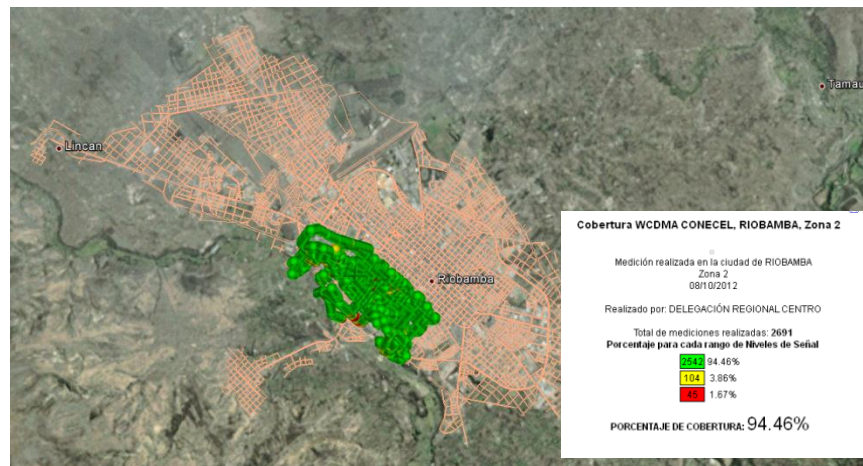
## OTECEL-ZONA 6



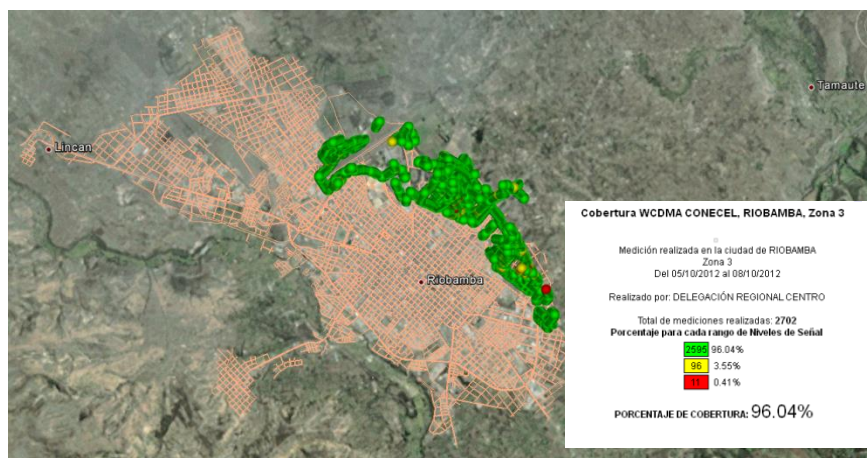
## CONECEL-ZONA 1



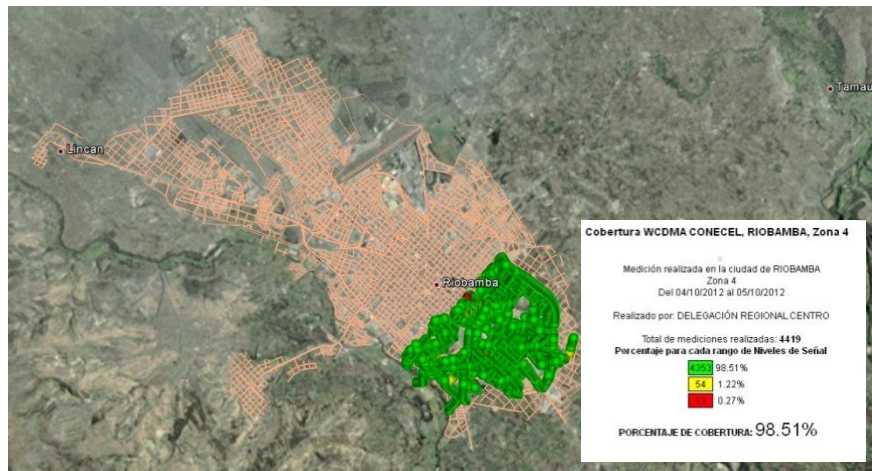
## CONECEL-ZONA 2



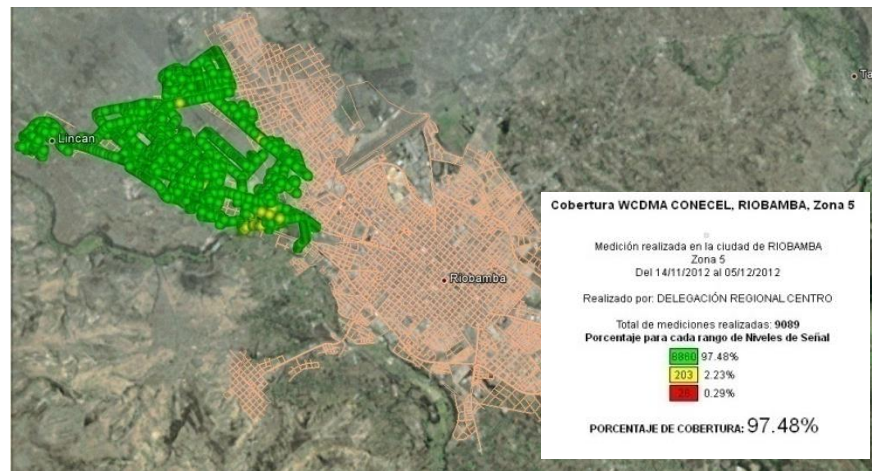
## CONECEL-ZONA 3



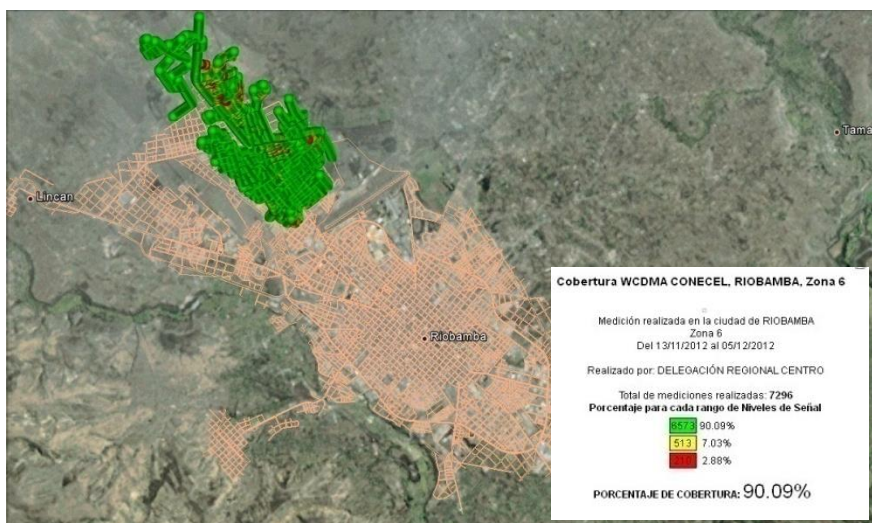
## CONECEL-ZONA 4



## CONECEL-ZONA 5

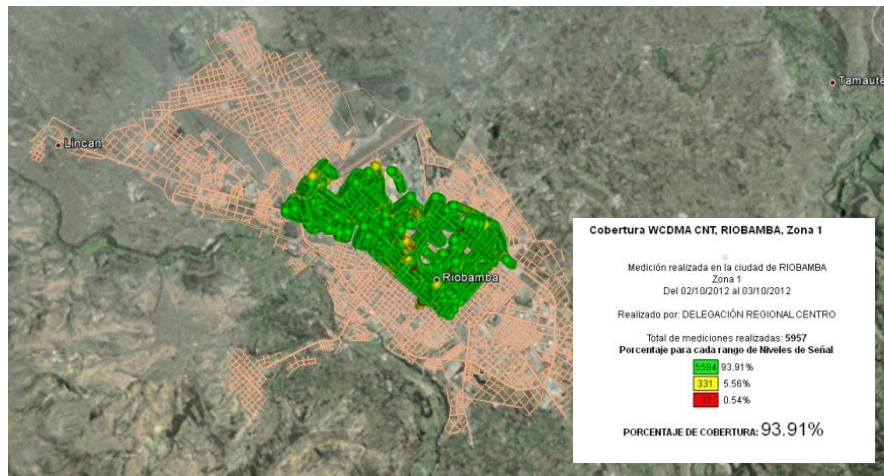


## CONECEL-ZONA 6

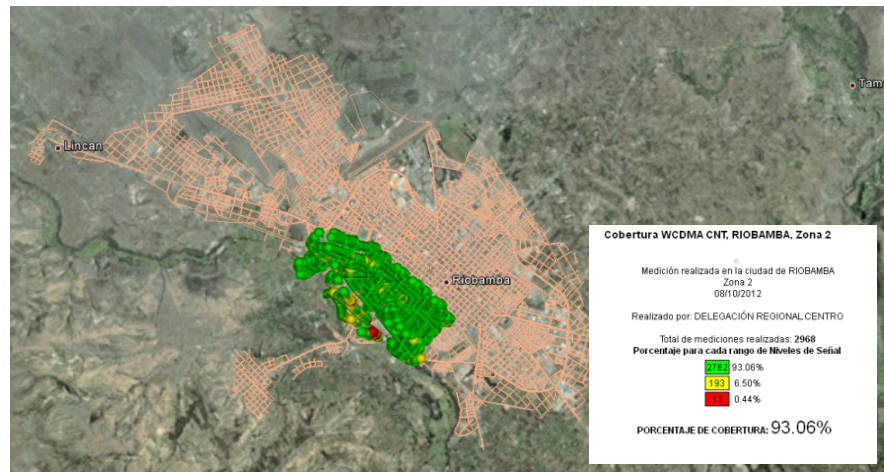




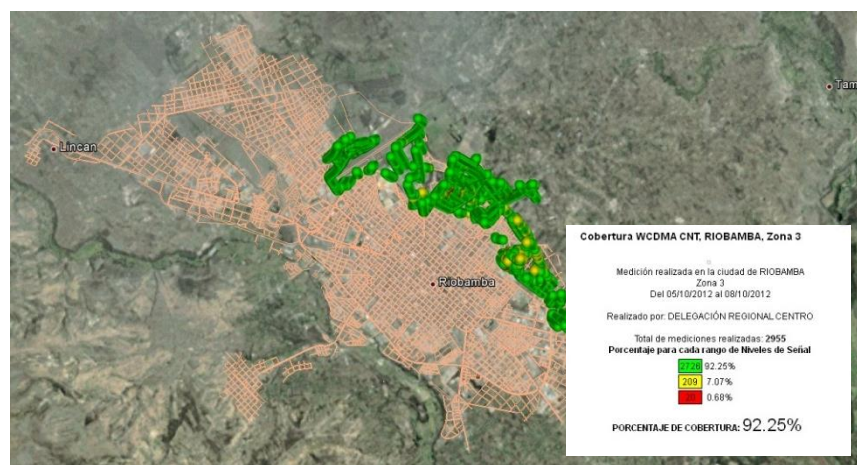
## CNT-ZONA 1



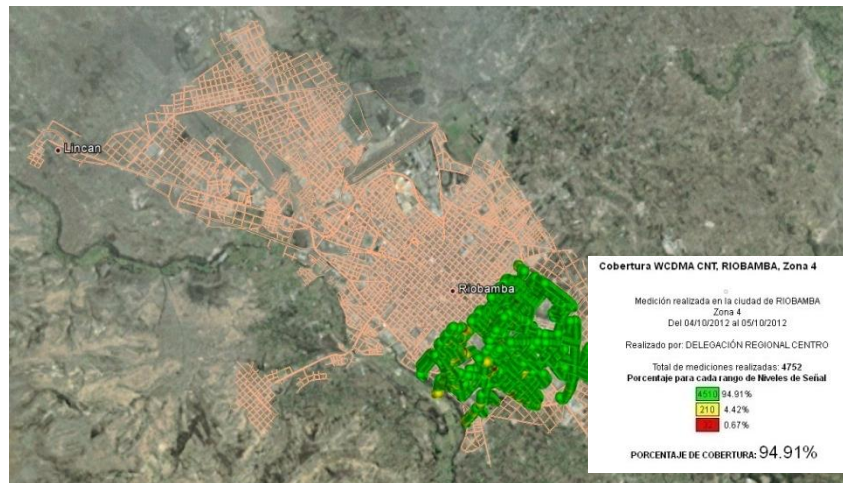
## CNT-ZONA 2



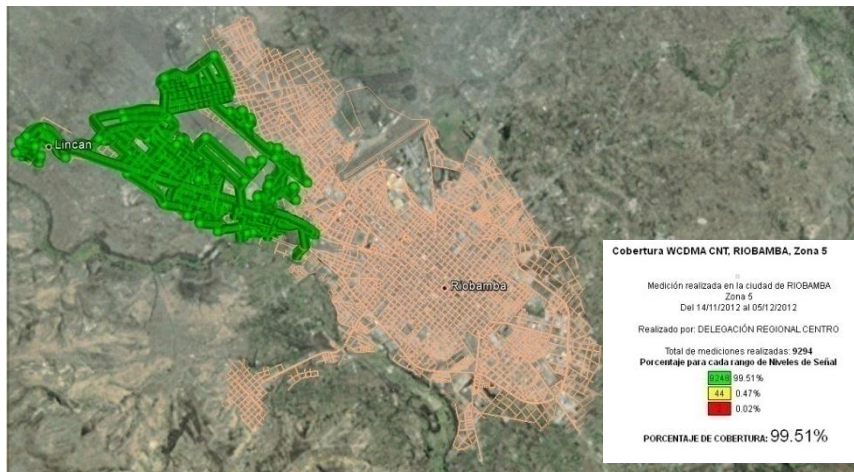
## CNT-ZONA 3



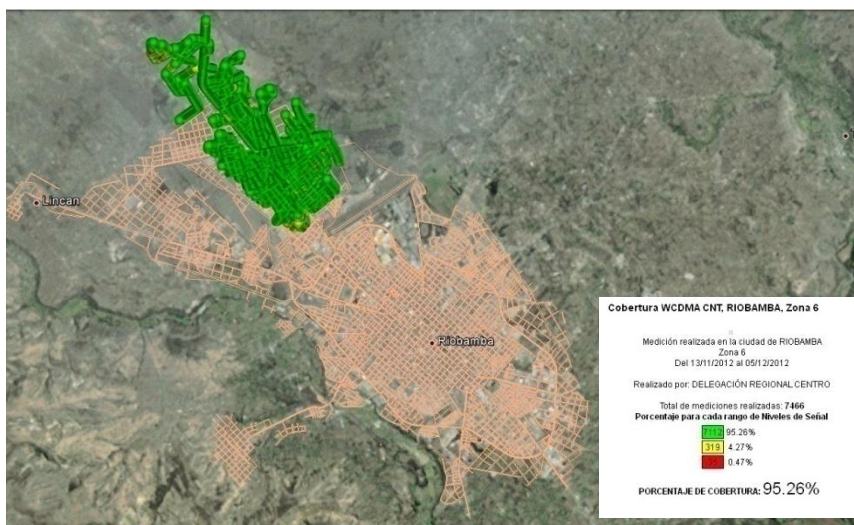
## CNT-ZONA 4



## CNT-ZONA 5



## CNT-ZONA 6



# **ANEXO 2**

## **Contenido**

1. PERIODO DE MEDICIÓN
2. MATRIZ DE PRUEBAS UTILIZADO
3. ANÁLISIS COMPARATIVO

# 1. PERIODO DE MEDICIÓN

Se determina la fecha en que se realizaron las mediciones

# 2. MATRIZ DE PRUEBAS UTILIZADO

## ORIGEN DE LAS PRUEBAS

## DESTINO DE LAS PRUEBAS

ERIO00-MS69779			
SUPERTEL	Riobamba		
Prueba	Tecnología	Operadora	MIN
Completo	MS Default	Claro	0985035001
Completo	MS Default	Movistar	0984569140
Completo	MS Default	Alegro	0996766640

EAMB02-FA87870			
CEVALLOS		Ambato	
Prueba	Tecnología	Operadora	MIN
Llamada MT	MS Default	Claro	0985034730
Llamada MT	MS Default	Movistar	0984537593
Llamada MT	MS Default	Alegro	0996766653

ERIO00-MS87944			
SUPERTEL	Riobamba		
Prueba	Tecnología	Operadora	MIN
Completo	MS Default	Claro	0985026934
Completo	MS Default	Movistar	0984670984
Completo	MS Default	Alegro	0996766642

EPUY01-FA18574			
CNT		Puyo	
Prueba	Tecnología	Operadora	MIN
Llamada MT	MS Default	Claro	0985035097
Llamada MT	MS Default	Movistar	0984663503
Llamada MT	MS Default	Alegro	0996766632

ERIO00-MP87840			
SUPERTEL	Riobamba		
Prueba	Tecnología	Operadora	MIN
Completo	MS Default	Claro	0985034985
Completo	MS Default	Movistar	0984568896
Completo	MS Default	Alegro	0996766689

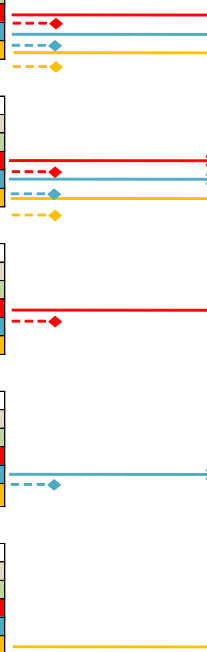
EGUA01-FA87894			
CNT		Guaranda	
Prueba	Tecnología	Operadora	MIN
Llamada MT	MS Default	Claro	0985034809
Llamada MT	MS Default	Movistar	0984539952
Llamada MT	MS Default	Alegro	0996766690

ERIO00-MP87840			
SUPERTEL	Riobamba		
Prueba	Tecnología	Operadora	MIN
Completo	MS Default	Claro	0985034985
Completo	MS Default	Movistar	0984568896
Completo	MS Default	Alegro	0996766689

EAMB02-FA87882			
CNT		Ambato	
Prueba	Tecnología	Operadora	MIN
Llamada MT	MS Default	Claro	0985034460
Llamada MT	MS Default	Movistar	0984082957
Llamada MT	MS Default	Alegro	0996766622

ERIO00-MP87840			
SUPERTEL	Riobamba		
Prueba	Tecnología	Operadora	MIN
Completo	MS Default	Claro	0985034985
Completo	MS Default	Movistar	0984568896
Completo	MS Default	Alegro	0996766689

EAMB03-FA18556			
CNT		Ambato	
Prueba	Tecnología	Operadora	MIN
Llamada MT	MS Default	Claro	0985034776
Llamada MT	MS Default	Movistar	0984539574
Llamada MT	MS Default	Alegro	0996766687



### 3. ANÁLISIS COMPARATIVO

Período de medición:				
UAR: Delegación Regional Centro				
Parámetro Contractual	VALORES OBJETIVOS	OTECEL S.A.	CONECEL S.A.	CNT E.P.
Porcentaje de Llamadas Establecidas	≥ 95.00%			
Porcentaje de Llamadas establecidas en menos de 12 segundos	≥ 95.00%			
Porcentaje de Llamadas Caídas	A (≤ 2%)			
	B (≤ 5%)			
	C (≤ 7%)			
Tiempo de entrega de SMS	≤ 30 (seg)			
Porcentaje de SMS Exitosos	≥ 95.00%			
MOS	≥ 3			

#### NOTAS:

- i. Los reportes de resultados de operación del SAMM, se encuentran en la carpeta “REPORTES AUTOMATIZADOS”, en el link:

<http://suptel-sam/Reports/Pages/Folder.aspx>

- ii. Los informes se deben grabar en la carpeta:

\\suptel-ac\Unidades\SAMMFASE DE OPERACIÓN\ INFORMES EJECUTIVOS

- iii. Para la codificación de los informes:

Resumen Ejecutivo SAMM-RE-XXX-YYYY-ZZZZZ

XXX: Son las sigas de la Unidad Administrativa Regional

YYYY: Corresponde al año

ZZZZZ: Número Cronológico asignado al informe

Ejemplo: Resumen Ejecutivo SAMM-RE-DPS-2012-00087