



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Gestión de problemas con el  
servicio de telefonía móvil  
reportados por usuarios finales**

**INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES**

Que para obtener el título de  
**Ingeniera en Telecomunicaciones**

**P R E S E N T A**

Verónica César Zapata

**ASESOR DE INFORME**

M. en I. Juventino Cuellar González



**Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2017**

*Gracias...*

*A mis padres:*

*Catalina Verónica Zapata García.*

*Aarón César Gómez.*

*Por quien soy.*

*A mi mamá:*

*Ofelía García Villanueva.*

*Por su amor incondicional.*

*A mis abuelitos:*

*Roberto Zapata Flores.*

*Juana Gómez Síles.*

*Dionisio César Uribe.*

*A mis amigos, quienes me hicieron reír en los momentos menos esperados y oportunos.*

*A la Facultad de ingeniería, por confiar en mi a pesar de mis errores.*

*A la Universidad Nacional Autónoma de México.*

*"I wish you could see it  
through my crooked eye"*

*– Sergio Pizzorno*

# Índice

|   |    |
|---|----|
| Introducción.....   | 1  |
| Objetivos .....   | 2  |
| Capítulo I.    Compañía Operadora del Servicio (COS) .....                                    | 3  |
| I.I    Generalidades de la Compañía Operadora del Servicio (COS) .....                        | 3  |
| I.I.I    Productos .....  | 3  |
| I.I.II    Soluciones .....  | 4  |
| I.I.III    Servicios .....  | 4  |
| I.II    Customer Problem Management .....   | 7  |
| I.III    Proveedor de Servicios de Telefonía celular.....                                     | 9  |
| Capítulo II.    Telefonía Móvil .....   | 11 |
| II.I    Breve historia de la telefonía móvil .....  | 11 |
| II.II    Fundamentos y funcionamiento de la telefonía móvil .....                             | 13 |
| II.II.I    Sistema de Telefonía Celular .....   | 14 |
| II.II.II    Interferencia, Modelos de Propagación, Potencias y Pérdidas por trayectoria ..... | 16 |
| II.II.III    Elementos de la red de telefonía celular .....                                   | 20 |
| II.II.IV    Técnicas de acceso .....  | 21 |
| II.II.V    Evolución del sistema de telefonía celular.....                                    | 23 |
| II.III    Segunda Generación - 2G .....   | 25 |
| II.III.I    IS-95 (Interim Standard 95) o cdmaOne .....                                       | 28 |
| II.III.II    GSM.....   | 31 |
| II.II.III    Otros sistemas de telefonía celular de 2G .....                                  | 33 |
| II.III.IV    2.5 G y 2.75 G .....   | 33 |
| II.IV    Tercera Generación – 3G (IMT 2000).....  | 35 |
| II.IV.I    CDMA2000 1x.....   | 36 |
| II.IV.II    UMTS (Universal Mobile Telephone Service) .....                                   | 41 |
| II.IV.III    3G Long Term Evolution (3.9G) - Release 8 .....                                  | 44 |
| II.V    Cuarta Generación – 4G (IMT Advanced – LTE Advanced) .....                            | 51 |
| II.VI    Evaluación de calidad de la señal de telefonía celular.....                          | 55 |
| Capítulo III.    Customer Problem Management .....  | 58 |
| III.I    Customer Care .....  | 59 |
| III.I.I    Customer Wireless Case (CWC) .....   | 59 |
| III.II    Red Cascades.....   | 61 |

|                                       |   |     |
|---------------------------------------|---|-----|
| III.III                               | Tipos de Problemas.....   | 63  |
| Capítulo IV.                          | Investigación y herramientas para la solución de los reportes ..... | 67  |
| IV.I                                  | Investigación del problema reportado .....                          | 68  |
| IV.I.I                                | Problemas conocidos .....   | 69  |
| IV.I.I                                | Mapeo .....   | 72  |
| IV.I.III                              | Estadísticas de Desempeño (Key Performance Indicators) .....        | 73  |
| IV.I.IV                               | Alarmas .....   | 76  |
| IV.I.V                                | Backhaul .....  | 78  |
| IV.II                                 | Herramientas de investigación .....                                 | 80  |
| Capítulo V.                           | Customer Wireless Case.....   | 116 |
| V.I                                   | Customer Wireless Case .....  | 116 |
| V.I.I                                 | Tipos de problemas con el servicio .....                            | 118 |
| V.II                                  | Casos .....   | 119 |
| V.II.I                                | Caso 1 .....  | 119 |
| V.II.II                               | Caso 2 .....  | 131 |
| V.II.III                              | Caso 3 .....  | 140 |
| V.II.IV                               | Caso 4 .....  | 151 |
| V.II.V                                | Caso 5 .....  | 159 |
| V.II.VI                               | Caso 6 .....  | 175 |
| Capítulo VI.                          | Red Cascades.....   | 185 |
| VI.I                                  | Casos .....   | 186 |
| VI.I.I                                | Caso 1 .....  | 186 |
| VI.I.II                               | Caso 2 .....  | 196 |
| VI.I.III                              | Caso 3 .....  | 204 |
| Capítulo VII.                         | Conclusiones .....  | 210 |
| Bibliografía .....                    |   | 212 |
| Lista de Referencias a imagenes ..... |   | 216 |



## Índice de figuras

|  |    |
|--|----|
| Figura 2.1 Memorándum de telefonía móvil de los Laboratorios Bell de 1947. ....        | 11 |
| Figura 2.2 Mobile Telephony A (MTA) de Ericsson (1956). ....                           | 12 |
| Figura 2.3 Bandas del Espectro Radioeléctrico.....                                     | 13 |
| Figura 2.4 Diagrama de células y clusters.....   | 14 |
| Figura 2.5 Proceso de hand off.....  | 15 |
| Figura 2.6 Fenómeno de trayectoria múltiple. ....                                      | 18 |
| Figura 2.7 Patrones de radiación de una antena de telefonía celular. ....              | 18 |
| Figura 2.8 Cobertura teórica de las tres antenas de cada sector de una célula. ....    | 19 |
| Figura 2.9 Segmentos de la red de telefonía celular. ....                              | 21 |
| Figura 2.10 Técnicas de acceso más utilizadas. ....                                    | 23 |
| Figura 2.11 AMPS.....  | 24 |
| Figura 2.12 Red Circuit Switched.....  | 26 |
| Figura 2.13 Red 2G.....  | 27 |
| Figura 2.14 Canales IS-95.....   | 30 |
| Figura 2. 15 Tipos de soft hand off. ....  | 31 |
| Figura 2.16 Canales lógicos y físicos GSM.....   | 32 |
| Figura 2.17 Conmutación de paquetes. ....  | 34 |
| Figura 2.18 Esquema del modelo OSI aplicado a CDMA2000. ....                           | 37 |
| Figura 2.19 Arquitectura de la red CDMA2000.....                                       | 40 |
| Figura 2.20 Canales WCDMA. ....  | 41 |
| Figura 2.21 Arquitectura de la red 3G – UMTS.....                                      | 43 |
| Figura 2.22 Arquitectura EPC – SAE.....  | 45 |
| Figura 2.23 Arquitectura EPS.....  | 47 |
| Figura 2.24 Arquitectura de la red de telefonía celular incluyendo 2G, UTRAN, EPS..... | 51 |
| Figura 2.25 Tipos de LTE CA.....   | 53 |
|  |    |
| Figura 4.1 Site Finder .....   | 81 |
| Figura 4.2 Sitios más cercanos a la ubicación reportada.....                           | 82 |
| Figura 4.3 Estadísticas por hora (últimas 72 horas).....                               | 83 |
| Figura 4.4 Glance .....  | 84 |
| Figura 4.5 Mapa de una dirección reportada .....                                       | 84 |
| Figura 4.6 PRTS .....  | 86 |
| Figura 4.7 Detalles del sitio.....   | 87 |
| Figura 4.8 Gráfica de conexiones fallidas del sitio .....                              | 88 |
| Figura 4.9 Detalles de un Sitio Clearwire .....  | 89 |
| Figura 4.10 A Day in the Life .....  | 89 |
| Figura 4.11 Call Event and CFC Analysis .....  | 90 |
| Figura 4.12 InterTechnology Data Usage distribution .....                              | 90 |
| Figura 4.13 Mapa de llamadas procesadas por el sitio.....                              | 91 |
| Figura 4.14 Mapeo de la ubicación reportada.....                                       | 92 |
| Figura 4.15 Ventanas de Mantenimiento en Patrol .....                                  | 93 |
| Figura 4.16 Mapeo y Topología de la red en Patrol.....                                 | 93 |
| Figura 4.17 Gráficas de desempeño del sitio en Patrol .....                            | 94 |
| Figura 4.18 Alarmas en Patrol.....   | 95 |
| Figura 4.19 Desempeño del eNodeB .....   | 95 |
| Figura 4.20 Mapa de Coverage Tool .....  | 97 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura 4.21 Mapa de voz en Coverage Tool.....  | 98  |
| Figura 4.22 Mapa de datos en Coverage Tool .....   | 98  |
| Figura 4.23 Mapa de Direct Connect en Coverage Tool .....                                    | 98  |
| Figura 4.24 Resultados en Mobile CDR.....  | 99  |
| Figura 4.25 Llamadas fallidas.....   | 100 |
| Figura 4.26 Lista de sitios por BTS en BSM .....   | 101 |
| Figura 4.27 Neighbor list.....   | 102 |
| Figura 4.28 Comando para procesamiento de llamadas .....                                     | 102 |
| Figura 4.29 Comandos de procesamiento de llamadas en LSM .....                               | 103 |
| Figura 4.30 Entorno Secure CRT y sesión ssh para sitios Ericsson .....                       | 104 |
| Figura 4.31 seRF de un sitio Ericsson.....   | 106 |
| Figura 4.32 Secure CRT para sitios ALU .....   | 106 |
| Figura 4.33 Control & Display para sitios ALU .....  | 106 |
| Figura 4.34 Vista del estado de las antenas, TDUs y TFUs en Secure CRT para sitios ALU ..... | 107 |
| Figura 4.35 Procesamiento de llamadas en Secure CRT para sitios ALU .....                    | 107 |
| Figura 4.36 Vista de las tarjetas de sitios ALU .....  | 107 |
| Figura 4.37 Vista de los radios de sitios ALU .....  | 108 |
| Figura 4.38 Acceso a la línea de comandos .....  | 108 |
| Figura 4.39 Alarmas en sitios ALU .....  | 108 |
| Figura 4.40 Equipment Network.....   | 109 |
| Figura 4.41 Sesión SSH.....  | 110 |
| Figura 4.42 Conexiones activas (Usuarios) en el nodo .....                                   | 110 |
| Figura 4.43 Topology. Lista de nodos .....   | 111 |
| Figura 4.44 Alarmas en OSS RC.....   | 111 |
| Figura 4.45 Spirent.....   | 112 |
| Figura 4.46 Resultado de la prueba de conexión de Backhaul en Spirent.....                   | 112 |
| Figura 4.47 Ticket Search.....   | 113 |
| Figura 4.48 MyGeoposition .....  | 114 |
| Figura 4.49 Google Earth .....   | 114 |
| Figura 4.50 Vista de la elevación del terreno en Google Earth.....                           | 115 |
|  |     |
| Figura 5.1 Mapa del caso 1 .....   | 120 |
| Figura 5.2 Cobertura de los sitios A, B y C .....  | 120 |
| Figura 5.3 Mapa de cobertura del caso 1 - Voz .....  | 121 |
| Figura 5.4 Mapa de cobertura del caso 1 - LTE.....   | 121 |
| Figura 5.5 Mapa del caso 2 .....   | 132 |
| Figura 5.6 Cobertura de los sitios 1 y 2.....  | 132 |
| Figura 5.7 Cobertura del Aeropuerto para EVDO .....  | 133 |
| Figura 5.8 Cobertura del Aeropuerto para Voz .....   | 133 |
| Figura 5.9 Fragmentos del seRF en Secure CRT del sitio 1 .....                               | 136 |
| Figura 5.10 Mapa del caso 3.....   | 142 |
| Figura 5.11 Mapa de cobertura del caso 3 .....   | 142 |
| Figura 5.12 Cobertura de la Dirección 1 para LTE.....  | 142 |
| Figura 5.13 Usuarios activos en el eNodeB .....  | 148 |
| Figura 5.14 Reset al nodo A3 por medio de la terminal AMOS .....                             | 150 |
| Figura 5.15 Mapa del caso 4.....   | 152 |
| Figura 5.16 Mapa de Cobertura del caso 4.....  | 152 |
| Figura 5.17 Cobertura del caso 4 para Voz .....  | 153 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 5.18 Recorrido de la I-76 en Google Maps .....                         | 160 |
| Figura 5.19 Mapa del caso 5 con sitios .....                                  | 160 |
| Figura 5.20 Cobertura de los sitios del área de fallas .....                  | 161 |
| Figura 5.21 Cobertura de Voz para el caso 5 .....                             | 161 |
| Figura 5.22 Estatus del sitio Y en Secure CRT .....                           | 166 |
| Figura 5.23 Estatus del sitio Z en Secure CRT .....                           | 166 |
| Figura 5.24 Estatus del sitio X en Secure CRT .....                           | 166 |
| Figura 5.25 Información del sitio X en Site Topology .....                    | 168 |
| Figura 5.26 Neighbor List del sitio X sector $\alpha$ en Site Topology.....   | 169 |
| Figura 5.27 Neighbor List del sitio X sector $\beta$ en Site Topology.....    | 169 |
| Figura 5.28 Información del sitio Y en Site Topology.....                     | 170 |
| Figura 5.29 Neighbor List del sitio Y sector $\alpha$ en Site Topology.....   | 170 |
| Figura 5.30 Información del sitio Y sector $\beta$ en Site Topology.....      | 171 |
| Figura 5.31 Información del sitio Z en Site Topology.....                     | 171 |
| Figura 5.32 Neighbor List del sitio Z sector $\alpha$ en Site Topology.....   | 172 |
| Figura 5.33 Neighbor List del sitio Y sector $\gamma$ en Site Topology.....   | 172 |
| Figura 5.34 Modificación de las Neighbor List del sitio X en Secure CRT ..... | 173 |
| Figura 5.35 Modificación de las Neighbor List del sitio Y en Secure CRT ..... | 174 |
| Figura 5.36 Modificación de las Neighbor List del sitio Z en Secure CRT.....  | 174 |
| Figura 5.37 Mapa de sitios del caso 6.....                                    | 176 |
| Figura 5.38 Cobertura de los sitios más cercanos .....                        | 176 |
| Figura 5.39 Cobertura de voz en el área.....                                  | 177 |
| Figura 5.40 Cobertura de LTE en el área.....                                  | 177 |
| Figura 5.41 Mapas de cobertura del sitio A y B .....                          | 183 |

|   |                                     |
|---|-------------------------------------|
| Figura 6.1 Mapa de la zona en Call Detector .....                       | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Figura 6.2 Información del sitio A en Call Detector .....               | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Figura 6.3 Información del sitio B en Call Detector .....               | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Figura 6.4 Información del sitio C en Call Detector .....               | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Figura 6.5 Información del sitio D en Call Detector .....               | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Figura 6.6 Información del sitio E en Call Detector .....               | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Figura 6.7 Información del sitio F en Call Detector .....               | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Figura 6.8 Información del sitio X en Call Detector .....               | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Figura 6.9 Mapa Call detector sitio X sector 2 .....                    | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Figura 6.10 Mapa del área en Call detector.....                         | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Figura 6.11 Fragmento del estado del sitio X en Secure CRT .....        | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Figura 6.12 Proceso del Wilt del sitio X sector 2 en Secure CRT.....    | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Figura 6.13 Proceso del Blossom del sitio X sector 2 en Secure CRT..... | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Figura 6.14 Alarmas en Secure CRT .....                                 | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Figura 6.15 Información del sitio A3 en Call Detector .....             | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Figura 6.16 Mapa Call detector .....                                    | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Figura 6.17 Alarmas en Secure CRT .....                                 | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Figura 6.18 Estado del sitio en Secure CRT .....                        | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |

## Índice de tablas

|  |     |
|--|-----|
| Tabla 2.1 Frecuencias de GSM .....   | 31  |
| Tabla 2.2 Bandas LTE .....   | 48  |
|  |     |
| Tabla 5.1 Sitios más cercanos .....  | 120 |
| Tabla 5.2 Registros de llamadas en PRTS del caso 1 .....                         | 122 |
| Tabla 5.3 Registros de llamadas en CDR del caso 1 .....                          | 122 |
| Tabla 5.4 Alarmas en LSM.....  | 125 |
| Tabla 5.5 Neighbor List del sitio A del caso 1 .....                             | 125 |
| Tabla 5.6 Valores obtenidos por el técnico del caso 1 .....                      | 128 |
| Tabla 5.7 Pruebas por sector del caso 1 .....                                    | 129 |
| Tabla 5.8 Pruebas por sector del caso 1 .....                                    | 129 |
| Tabla 5.9 Estadísticas de desempeño para el sitio A después del soft reset ..... | 130 |
| Tabla 5.10 Alarmas en BSM .....  | 131 |
| Tabla 5.11 Sitios más cercanos .....   | 132 |
| Tabla 5.12 Registros de conexiones en PRTS del caso 2 .....                      | 133 |
| Tabla 5.13 Pruebas de señal en el Aeropuerto .....                               | 138 |
| Tabla 5.14 Desempeño del sitio 1 en PRTS .....                                   | 139 |
| Tabla 5.15 Sitios más cercanos .....   | 141 |
| Tabla 5.16 Registros de conexiones del MDN1 en PRTS del caso 3 .....             | 143 |
| Tabla 5.17 Registros de conexiones del MDN2 en PRTS del caso 3 .....             | 143 |
| Tabla 5.18 Registros de conexiones del MDN3 en PRTS del caso 3 .....             | 144 |
| Tabla 5.19 eNodeB A en OSS RC .....  | 148 |
| Tabla 5.20 eNodeB A en OSS RC .....  | 148 |
| Tabla 5.21 Sitios más cercanos .....   | 152 |
| Tabla 5.22 Registros de llamadas en CDR .....                                    | 153 |
| Tabla 5.23 Cantidad de llamadas por sitio en CDR .....                           | 154 |
| Tabla 5.24 Detalles de las llamadas en CDR .....                                 | 154 |
| Tabla 5.25 Sitios más cercanos .....   | 160 |
| Tabla 5.26 Registros de llamadas en MCDR del caso 5 .....                        | 162 |
| Tabla 5.27 Llamadas por sitio en MCDR .....                                      | 163 |
| Tabla 5.28 Detalles de llamadas en MCDR .....                                    | 163 |
| Tabla 5.29 Sitios más cercanos .....   | 176 |
| Tabla 5.30 Registros de conexiones en PRTS.....                                  | 178 |
|  |     |
| Tabla 6.1 Detalles de llamadas para el sitio A .....                             | 187 |
| Tabla 6.2 Alarmas históricas del nodo D en LSM .....                             | 192 |
| Tabla 6.3 Pruebas del Técnico de Campo .....                                     | 195 |
| Tabla 6.4 Detalles de llamadas para el sitio X.....                              | 197 |
| Tabla 6.5 Detalles de llamadas para el sitio A3 .....                            | 205 |

## Índice de gráficas

|   |     |
|---|-----|
| Gráfica 5.1 Desempeño del sitio A por hora del 20 al 22/02.....                           | 123 |
| Gráfica 5.2 Desempeño del sitio A por día del mes de febrero .....                        | 123 |
| Gráfica 5.3 Desempeño de $A_{\alpha}$ por hora.....                                       | 123 |
| Gráfica 5.4 Desempeño del sitio B por hora.....   | 123 |
| Gráfica 5.5 Desempeño del sitio B por día del mes de febrero .....                        | 123 |
| Gráfica 5.6 Desempeño del sitio C por hora del 20 al 22/02.....                           | 123 |
| Gráfica 5.7 Desempeño del sitio C por día del mes de febrero .....                        | 124 |
| Gráfica 5.8 Desempeño del sitio D por hora del 20 al 22 de febrero .....                  | 124 |
| Gráfica 5.9 Desempeño del sitio D por día del mes de febrero.....                         | 124 |
| Gráfica 5.10 Desempeño del sitio E por hora del 20 al 22 de febrero.....                  | 124 |
| Gráfica 5.11 Desempeño del sitio E por día del mes de febrero .....                       | 124 |
| Gráfica 5.12 Desempeño del sitio A durante el monitoreo de 24 hrs .....                   | 131 |
| Gráfica 5.13 Desempeño del sitio 1 por hora del 1 al 4 de marzo.....                      | 135 |
| Gráfica 5.14 Desempeño del sitio 1 por día .....  | 135 |
| Gráfica 5.15 Desempeño del sitio 1 sector 3 por hora del 3 al 4 de marzo.....             | 135 |
| Gráfica 5.16 Desempeño del sitio 2 por hora del 1 al 4 de marzo.....                      | 135 |
| Gráfica 5.17 Desempeño del sitio 2 por día.....   | 135 |
| Gráfica 5.18 Desempeño del sitio A por hora del 5 al 7 de febrero .....                   | 145 |
| Gráfica 5.19 Desempeño del sitio A3 por día .....   | 145 |
| Gráfica 5.20 Desempeño del sitio A3 sector 3 del 7 de febrero .....                       | 146 |
| Gráfica 5.21 Desempeño del sitio A3 2500 por hora del 5 al 7 de febrero .....             | 146 |
| Gráfica 5.22 Desempeño del eCSFB del sitio A3 (1900) por hora del 5 al 7 de febrero ..... | 146 |
| Gráfica 5.23 Desempeño del eCSFB del sitio A3 (2500) por hora del 5 al 7 de febrero ..... | 146 |
| Gráfica 5.24 Desempeño del sitio B3 2500 (por hora) del 5 al 7 de febrero .....           | 146 |
| Gráfica 5.25 Desempeño del sitio B3 2500 (por día) .....                                  | 146 |
| Gráfica 5.26 Desempeño del sitio C3 (2500) por hora del 5 al 7 de febrero .....           | 147 |
| Gráfica 5.27 Desempeño del sitio C3 (2500) por día .....                                  | 147 |
| Gráfica 5.28 Desempeño del sitio D3 (2500) por hora del 5 al 7 de febrero .....           | 147 |
| Gráfica 5.29 Desempeño del sitio D3 (2500) por día.....                                   | 147 |
| Gráfica 5.30 Desempeño del sitio E3 (2500) por día del 5 al 7 de febrero .....            | 147 |
| Gráfica 5.31 Desempeño del sitio E3 (2500) por día .....                                  | 147 |
| Gráfica 5.32 Desempeño del sitio E3 (2500) por día .....                                  | 151 |
| Gráfica 5.33 Desempeño del sitio E3 (2500) por día .....                                  | 151 |
| Gráfica 5.34 Desempeño del sitio 1 por hora.....  | 155 |
| Gráfica 5.35 Desempeño del sitio 1 por día.....   | 155 |
| Gráfica 5.36 Desempeño del sitio 1 sector 3 por hora .....                                | 155 |
| Gráfica 5.37 Desempeño del sitio 2 por hora.....  | 155 |
| Gráfica 5.38 Desempeño del sitio Y por hora del 17 al 19 de marzo.....                    | 164 |
| Gráfica 5.39 Desempeño del sitio Y por día.....   | 164 |
| Gráfica 5.40 Desempeño del sitio Y, sector 1 por hora del 19 de marzo.....                | 164 |
| Gráfica 5.41 Desempeño del sitio Y sector 2 por hora del 19 de marzo .....                | 164 |
| Gráfica 5.42 Desempeño del sitio Z por hora del 17 al 19 de marzo.....                    | 165 |
| Gráfica 5.43 Desempeño del sitio Z por día.....   | 165 |
| Gráfica 5.44 Desempeño del sitio Z sector 1 por hora del 19 de marzo.....                 | 165 |
| Gráfica 5.45 Desempeño del sitio Z sector 3 por hora del 19 de marzo.....                 | 165 |
| Gráfica 5.46 Desempeño del sitio X por hora del 17 al 19 de marzo.....                    | 165 |
| Gráfica 5.47 Desempeño del sitio X por día .....  | 165 |

|  |     |
|--|-----|
| Gráfica 5.48 Desempeño del sitio A por hora del 24 al 27 de febrero .....    | 179 |
| Gráfica 5.49 Desempeño del sitio A por día .....                             | 179 |
| Gráfica 5.50 Desempeño del sitio A Sector 3 por hora del 27 de febrero ..... | 179 |
| Gráfica 5.51 Desempeño del sitio B por hora del 24 al 27 de febrero .....    | 179 |
| Gráfica 5.52 Desempeño del sitio B por día .....                             | 179 |
| Gráfica 5.53 Desempeño del sitio B Sector 1 por hora del 27 de febrero ..... | 179 |
| Gráfica 5.54 Desempeño del sitio C por hora del 24 al 27 de febrero.....     | 180 |
| Gráfica 5.55 Desempeño del sitio C por día .....                             | 180 |
| Gráfica 5.56 Desempeño del sitio D por hora del 24 al 27 de febrero .....    | 180 |
| Gráfica 5.57 Desempeño del sitio D por día .....                             | 180 |
|  |     |
| Grafica 6.1 Desempeño del sitio A de los últimos 6 meses .....               | 191 |
| Grafica 6.2 Desempeño del sitio B de los últimos 6 meses .....               | 191 |
| Grafica 6.3 Desempeño del sitio C de los últimos 6 meses .....               | 192 |
| Grafica 6.4 Desempeño del sitio D de los últimos 6 meses .....               | 192 |
| Grafica 6.5 Desempeño del sitio E de los últimos 6 meses.....                | 192 |
| Grafica 6.6 Desempeño del sitio F de los últimos 6 meses.....                | 192 |
| Grafica 6.7 Desempeño del sitio X por hora .....                             | 200 |
| Grafica 6.8 Desempeño del sitio X sector 1 por hora .....                    | 200 |
| Grafica 6.9 Desempeño del sitio X sector 2 por hora .....                    | 200 |
| Grafica 6.10 Desempeño del sitio X sector 3 por hora .....                   | 200 |
| Grafica 6.11 Desempeño del sitio A3 por hora.....                            | 208 |

## Introducción

La telefonía celular (o móvil) es, actualmente, una de las industrias más importantes y fructíferas dentro de las telecomunicaciones. De acuerdo al *The Mobile Economy 2017*, presentado en marzo por el *Global System Mobile Association Intelligence (GSMA Intelligence)* durante el *Mobile World Congress 2017*, en el 2016 existían 4,832 millones de suscripciones al servicio de telefonía celular a nivel mundial, y se prevé que para el 2020 habrá 5,691 millones de suscriptores, comprobando así la importancia y el crecimiento de esta industria. Por supuesto, dar servicio a tal cantidad de suscriptores (usuarios finales) obliga a que los proveedores y operadores del servicio de telefonía celular realicen grandes esfuerzos para satisfacer las necesidades de sus suscriptores con el mejor servicio, a precios razonables y que permitan al usuario final acceder sin problemas a la red en cualquier lugar, en cualquier momento. Los esfuerzos van desde realizar optimizaciones y actualizaciones en la red de telefonía, hasta saber escuchar a sus suscriptores cuando experimentan problemas con el servicio; además, el proveedor del servicio debe estar consciente de la importancia que representa la movilidad para sus suscriptores, no solo dentro del mismo país, si no, por todo el mundo.

Para un proveedor del servicio, estar a cargo de todas estas obligaciones significa mantener un gran número de áreas dentro de la empresa que se encarguen de cada una de éstas; sin embargo, esto no es eficiente ya que se traduce en más gastos de operación, además de que no asegura el manejo de una red completamente confiable que cumpla con las exigencias de sus usuarios y asegure un buen desempeño, capacidad, cobertura y excelente calidad en el servicio. Para evitar estos gastos, y asegurar a sus suscriptores una red confiable, los proveedores del servicio hacen uso de compañías operadoras de la red que proveen servicios de gestión de redes de comunicación móvil a costos eficientes. Éstas cuentan con equipos expertos responsables de las actividades de operación y mantenimiento de la red; además de que se encargan de mantener los estándares de calidad, mejorando así las expectativas del usuario.

Una de estas compañías operadoras permitió desarrollar mi experiencia laboral, la cual conduce este informe y que denominaré en adelante: Compañía Operadora del Servicio (COS). COS lleva en el mercado de las telecomunicaciones más de 140 años, y ofrece los Servicios de Gestión de Redes entre su amplio portafolio de Productos, Soluciones y Servicios. COS proporciona el servicio a través sus Centros de Operaciones de Red Globales o *Global Network Operation Center (GNOC por sus siglas en inglés)*, el cuál es responsable de operar, manejar y monitorear las telecomunicaciones del proveedor de servicios en Estados Unidos, y los servicios ofrecidos a los usuarios finales. El GNOC a su vez cuenta con el Service Desk, el cual contiene al área de *Customer Problem Management* encargado de analizar cualquier tipo de problema que un suscriptor experimente, dar seguimiento a este y encontrar su solución en menos de 24 horas.

Este reporte explica cada una de las actividades que realicé durante mi estancia en *Customer Problem Management (CPM)* para asegurar que los servicios ofrecidos por el proveedor a los usuarios finales estén continuamente disponibles y funcionando en óptimas condiciones. El reporte también incluye distintos ejemplos de los problemas recibidos, en los que los usuarios describen las fallas que experimentaban en la red, además de la investigación, las herramientas utilizadas y el proceso que seguía para resolver el problema del usuario. Algunos de estos ejemplos describen problemas de capacidad, cobertura, interferencia, entre otros; que necesitan de los conocimientos, conceptos y habilidades para identificar

las funciones de cada uno de los elementos que conforman a la red de telefonía celular, adquiridos durante la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones para el análisis y detección oportuna del problema, así como para encontrar su solución.

## Objetivos

El objetivo principal de este informe es obtener el título de Ingeniera en Telecomunicaciones por medio de la descripción de las actividades profesionales que realicé durante mi estancia en el área *Customer Problem Management* (CPM), las cuales aseguraron que los servicios ofrecidos por el proveedor a los usuarios finales, estén continuamente disponibles y funcionando en óptimas condiciones; todo esto haciendo uso de los conocimientos relacionados a la telefonía móvil, modelos de propagación, redes de datos, patrones de radiación, entre otros, adquiridos durante la carrera de Ingeniería en telecomunicaciones. Este objetivo se logrará cumpliendo con los puntos a continuación:

- Mencionar las ofertas que la Compañía Operadora del Servicio (COS) hace a sus clientes, y explicar las funciones de las áreas dedicadas a los Servicios de Gestión, entre ellas, *Customer Problem Management*.
- Definir las actividades realizadas en *Customer Problem Management*, enfocadas en la solución de los problemas de usuarios de la red del proveedor de servicios localizado en Estados Unidos de América.
- Describir los fundamentos, conceptos y la evolución de la telefonía celular; los cuales servirán para realizar el análisis de los problemas experimentados por los usuarios.
- Describir los tipos de reportes que *Customer Problem Management* maneja, su clasificación de acuerdo a: la descripción del problema del usuario con el servicio y al medio por el que son tratados.
- Presentar las diferentes herramientas utilizadas por *Customer Problem Management*; describir su función y su aporte para la identificación, investigación y corrección del problema.
- Identificar la causa del problema del usuario por medio de la investigación y análisis de resultados realizados por *Customer Problem Management*, además de la corrección del problema o seguimiento necesario para su corrección, todo esto utilizando los conocimientos básicos adquiridos durante la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones.



## Capítulo I. Compañía Operadora del Servicio (COS)

### I.1 Generalidades de la Compañía Operadora del Servicio (COS)

La Compañía Operadora del Servicio (COS) es una compañía mundialmente reconocida por sus contribuciones al sector de las telecomunicaciones por más de 140 años. Actualmente es uno de los líderes en servicios de comunicación y tecnología; y se encuentra entre los proveedores líderes de productos, soluciones y servicios del sector de telecomunicaciones. También es líder en tecnologías móviles 2G, 3G, 4G y 5G; y provee soporte para redes con más de 2 billones de suscriptores. Su amplio portafolio comprende: infraestructura para redes fijas y móviles, software, banda ancha y soluciones multimedia para operadores, empresas e industria de los medios.

Su sede se encuentra en Estocolmo, Suecia y actualmente cuenta con alrededor de 116,500 empleados en todo el mundo. Fue fundada en 1876 en Estocolmo cuando estableció un pequeño taller desde el cuál la compañía logró transmitir señales a través de un telégrafo (de su propio diseño) al telégrafo de los Ferrocarriles Estatales de Suecia. Desde entonces, su principal motor es el sector de las telecomunicaciones.

El portafolio de la compañía permite a la industria de las telecomunicaciones y otros sectores, incrementar la eficiencia de sus clientes para con los usuarios finales, mejora la experiencia del usuario final llevando así al crecimiento del cliente, permitiéndole tomar nuevas y mejores oportunidades de negocio; todo esto basándose en las nuevas tecnologías y sus aplicaciones en la vida cotidiana. El amplio portafolio de la empresa ofrece: Productos, Soluciones y Servicios.

#### I.1.1 Productos

LME ofrece una amplia variedad de productos en movilidad, ancho de banda, almacenamiento en la nube y medios de comunicación. Algunos de estos productos son:

- Activación de aplicaciones para servicios básicos y con valor agregado: Reducción de tiempos, personalización de negocio y monetización, localización de servicios, comercio electrónico, autenticación y/o plataformas para habilitar servicios.
- Cloud System: La compañía permite a los negocios transformar sus operaciones de Tecnologías de la Información (TI) y telecomunicaciones gradualmente para que puedan responder al cambio vertiginoso y continuo del mercado y así proveer el servicio efectivamente al cliente y usuarios finales, todo esto manteniendo costos competitivos. La compañía ofrece: *Cloud Management*, Infraestructura de sitio para telecomunicaciones y TI, Seguridad de Datos y Plataformas.
- Comunicaciones a nivel *Core*: La compañía ofrece productos para servicios de voz, mensajería, servicios multimedia IP, y comunicación empresarial de acceso fijo y móvil. Entre los productos más destacados están: *CDMA Core-N*, *Fixed Switching*, *IP Multimedia System*, *Mobile Switching*, *Signal Routing*.
- Infraestructura y componentes para Sitios de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), entre los que se encuentran los Módulos de Alimentación/Potencia y Redes de comunicación inteligentes.

- Redes IP y Transporte: Redes ópticas o de microondas, packet core, productos de ruteo y conmutación que sean simples, inteligentes y que además permitan manejar el crecimiento de las redes y aseguren una suave transición a IP. Entre los productos que ofrece se encuentran: Sistemas *Evolved Packet Core* (EPC), accesos fijos, IP Edge, IP Metro and Backhaul, redes de microondas, switch multiservicio, transporte óptico, proveedores de servicio *Software Defined Network* (SDN) y router virtual.
- Procesos operacionales, competencias y soluciones para manejar y administrar los servicios y redes de los clientes e innovación de negocios: Aseguramiento, facturación y gestión de ingresos, operación, administración y mantenimiento de redes móviles, seguridad de datos, administración de redes y nube, optimización para planes de construcción, administración de los datos de usuario.
- Sistemas de Radiocomunicaciones: Redes escalables punto a punto (hardware y software) diseñadas para adaptarse a todos los escenarios de tráfico a medida que las redes crecen en escala y complejidad.
- TV y medios.

### I.I.II Soluciones

Dentro del catálogo que la empresa provee, se encuentran soluciones para:

- Industria de medios: Inversiones constantes que permiten a los propietarios de contenido, emisoras y proveedores de servicios de televisión ofrecer su mayor potencial a los consumidores de televisión.
- Seguridad Pública: Desarrolla soluciones rápidas, confiables y eficientes en cuanto a costo para las autoridades encargadas de la protección pública.
- Operadores de Telecomunicaciones: Ofrece soluciones completas en TI y comunicaciones para operadores de telecomunicaciones de todos los tamaños para permitir una buena operación, eficiencia y servicios con valor integrado.
- Transporte: Ofrece movilidad en problemas de transporte, envíos marítimos y terrestres y sistemas de transporte inteligente.
- Servicios Públicos: Ofrece transformar los servicios públicos mediante la construcción de nueva inteligencia sobre infraestructura heredada creando nuevas oportunidades competitivas para impulsar la innovación de servicios.

### I.I.III Servicios

Los servicios globales que la compañía ofrece se concentran en apoyar a los proveedores del servicio en el crecimiento de sus negocios mejorando su ingreso neto de suscriptores al ser más eficientes operacionalmente y al evolucionar la red sin problemas para cumplir con las demandas actuales y futuras. Entre los servicios que la empresa provee se encuentran:

- Desarrollo de aplicaciones y modernización.
- Consultoría y transformación.
- Servicios de aprendizaje.

- Servicios de gestión de redes de comunicación móvil.

El panorama de las telecomunicaciones está evolucionando y una de las principales ofertas son los Servicios de Gestión de Redes de Comunicaciones Móviles, los cuales serán el principal foco de este reporte. COS ha desarrollado un rango de modelos de Servicios de Gestión que satisface las amplias y variadas necesidades de los clientes. Estos modelos, mejoran la habilidad de los proveedores de servicio de cumplir con las expectativas de sus clientes al asegurar un buen desempeño, capacidad y cobertura de redes y servicios; también permiten a los proveedores mayor competitividad a través de una combinación equilibrada entre el costo, desempeño y capacidades:

- Mejorar: la eficiencia de costo en las operaciones de la red, el desempeño de la red/servicio y la experiencia del cliente.
- Capacidad para: Transformación de redes (manejo y cambio progresivo de operaciones con equipo *Legacy*; o introducir nuevas tecnologías), *Small Cells* (Creciente demanda por utilizar servicios de gestión para proporcionar *small cells* como servicio para interiores o áreas exteriores altamente densas, por ejemplo, áreas públicas), Seguridad (Asegurar que los procesos, staff y sistemas estén correctamente equipados para lidiar con las más actuales amenazas de seguridad).

Con el incremento en la demanda de Servicios de Gestión para alcanzar la eficiencia de costos y la más alta calidad en servicio, los proveedores de servicios alrededor del mundo se percatan del valor de delegar el manejo de las redes a compañías especializadas para así enfocarse en su negocio y suscriptores. Por ello, la empresa ha creado los Centros de Servicios Globales (*Global Service Center - GSC*).

#### *1.1.III.1 Global Service Center (GSC)*

Actualmente, COS cuenta con cuatro Centros de Servicios Globales (*Global Service Center - GSC*) distribuidos estratégicamente en México, Rumania, India y China. Los GSC entregan servicios para las regiones de la empresa de acuerdo a las demandas de cada una. Todos los servicios responden al portafolio de servicios globales. Al crear estos centros, la misión de la compañía es lograr calidad, productividad y eficiencia de costo en sus ofertas de servicio. Los centros soportan demandas globales y regionales, y proveen experiencia en un amplio rango de servicios tales como consultoría, integración, soporte y operación de redes.

El GSC en México es una parte fundamental dentro del esquema de la compañía a nivel global al proveer servicios a través de la región permitiendo expandir las operaciones de la compañía con costos eficientes y beneficiando el negocio de sus clientes con experiencia y preparación mundial. El GSC opera remotamente y entrega servicios principalmente a Norteamérica y Latinoamérica. Su principal objetivo es fomentar la eficiencia, reducir costos, mejorar procesos y escalaciones de red a través de las herramientas adecuadas a fin de proporcionar apoyo a los operadores y proveedores a través de la región.

#### Objetivos del GSC:

- Asegurar la existencia y sustentabilidad del Mecanismo Global de Entrega de Servicios de la empresa.
- Apoyar las operaciones regionales *Off-shore*, es decir, fuera del territorio geográfico del GSC.
- Contribuir positivamente al negocio de las operaciones por región de la empresa.

- Proveer servicios y recursos de calidad sin problemas a las Operaciones de los clientes de la región a costos que beneficiarán su rentabilidad.
- Llevar a la industrialización de servicios a escala a través de automatización y procesos evolucionados.

Roles y Responsabilidades:

- Entregar servicios de calidad basados en la demanda.
- Ser la mayor fuente de recursos para un nuevo producto e introducción de las actividades de servicio y pruebas tempranas.
- Asegurar una estructura integrada de competencias para facilitar la optimización de las habilidades.
- Crear, mantener y satisfacer todos los acuerdos regionales y globales.
- Proveer servicios con calidad en línea con el costo y tiempo estimados.
- Responsable del manejo de recursos operacionales en la unidad.

Delegando actividades no básicas a compañías especializadas que centran sus actividades básicas en este negocio, los proveedores de servicio pueden concentrarse en sus suscriptores, ventas a clientes y actividades de mercadeo. El resultado para el proveedor es la calidad mejorada y costos reducidos.

Cada uno de los GSC contiene a un Centro de Operaciones de Red Globales – *Global Network Operation Center* (GNOC).

#### *1.1.III.II Global Network Operations Center (GNOC)*

El Centro de Operaciones de Red Globales (GNOC) en México es una organización que ofrece operaciones de Servicios de gestión de redes de comunicación móvil con una amplia gama de tecnologías de diferentes tamaños y compleja infraestructura a los principales proveedores de servicios de telecomunicación en todo el mundo. El GNOC mantiene a un equipo multi disciplinario con la capacidad de servir en múltiples plataformas con múltiples clientes y tecnologías, empleando profesionales bilingües de varias disciplinas y especializaciones los cuales están altamente capacitados en herramientas avanzadas para el manejo de redes y servicio al cliente. Al hacer uso de su GNOC, la compañía expande sus capacidades de operación en la región.

El GNOC contiene la Operación de Servicios de Gestión - *Managed Service Operation* (MS OPS) que es la organización responsable de operar, manejar y monitorear las telecomunicaciones del cliente y su infraestructura TI (servicios y recursos) y los servicios ofrecidos a los usuarios finales, de acuerdo al contrato. El alcance de la compañía cubre las siguientes áreas:

- Cumplimiento de operaciones: 1er y 2do nivel.
- Aseguramiento de operaciones.
- Service Desk.

El modo de operar del GNOC es un conjunto de procesos estándar establecidos por la compañía que provee el flujo de actividades unificado para clientes con equipo de múltiples marcas (denominado multi vendor) que cubren ambientes de telecomunicaciones y TI, y da soporte con calidad a costos eficientes.

Actualmente dependemos en gran medida de redes para conectarnos con otros: socialmente, a negocios, servicios, y más. Por ello, los proveedores deben mantener la calidad del servicio y el valor agregado que los diferencie de la competencia promoviendo la lealtad del usuario final. Los proveedores pueden cumplir con estos retos al formar equipos con operadores expertos en Servicios de gestión que asuman la responsabilidad de actividades como diseño, construcción, operación y mantenimiento día con día de las operaciones de red.

El principal objetivo de las estrategias de la empresa para la prestación de servicios son todas las organizaciones y personas trabajando bajo los procesos establecidos globalmente para impulsar el crecimiento y desarrollo del cliente y por ende la compañía. Una parte fundamental para ambos es la retroalimentación que el cliente pueda proveer a partir de los resultados del manejo de las redes por parte de la compañía a través del Servicio prestado. La retroalimentación establece líneas de servicio y flujos de entrega del servicio para mayor rapidez, eficiencia y continuidad punto a punto. Las capacidades de entrega dependen de la cercanía de nuestro cliente con las personas que trabajan como consultores identificando y comprendiendo lo que él necesita. Las líneas de servicio y flujos de entrega describen el manejo y operación de un conjunto definido de servicios.

En general, el proceso de formación del GNOC comienza con la venta/adquisición del servicio que asegura en el contrato que los Términos y Condiciones sean claros y estén de acuerdo a las directrices comerciales. A continuación, se lleva a cabo la entrega de las operaciones y asignaciones al GNOC para ejecutar en el proyecto del cliente. Este es un paso importante para el *Service Desk* que se explicará más adelante. Posteriormente se reciben las especificaciones del cliente de acuerdo al proyecto las cuales aseguran lo que se ha acordado con el cliente.

El enfoque más importante es en los clientes y mercados que permiten a la compañía establecer el contexto estratégico para el trabajo a través de la retroalimentación. Es por esto que una de las áreas de mayor importancia dentro del GNOC y el GSC sea el *Service Desk*.

Dentro del GNOC, el *Service Desk* se encarga de dar seguimiento a las necesidades y sugerencias del cliente y sus usuarios finales. Una de las áreas internas del *Service Desk* que se encarga de los usuarios finales es *Customer Problem Management (CPM)* – Gestión de Problemas del Cliente. Las directrices de CPM se definen durante la entrega de operaciones y asignaciones al GNOC. Estas deben describir claramente el alcance, tiempo y presupuestos de CPM.

## I.II Customer Problem Management

*Customer Problem Management (CPM)* – Gestión de Problemas del Cliente es una parte fundamental de la empresa que se localiza dentro del área de Servicios de Gestión. CPM es responsable de la ejecución de actividades que aseguren que los servicios ofrecidos por el proveedor a los usuarios finales estén continuamente disponibles y funcionando de acuerdo al nivel establecido por el *Service Level Agreement* (SLA – Acuerdo de Nivel de Servicio). CPM lleva a cabo todas las actividades relacionadas al manejo de problemas de red del usuario final proactiva y reactivamente. Inicia escalaciones del manejo del problema multi usuario al segundo nivel de operaciones (como resultado del análisis de tendencias de faltas). También es responsable de los problemas detectados que puedan estar afectando al usuario final por

otros procesos o a través del análisis de la red incluyendo proactivamente informar al cliente y resolviendo los problemas específicos para llegar a la satisfacción del cliente.

CPM recibe los reportes de problemas por dos vías: por el *Customer Care Center* del proveedor de servicio, o por medio de una aplicación en el dispositivo móvil; y se enfoca en la resolución de estos para lograr la satisfacción del cliente y ofrece un status significativo en la reparación y/o actividad de restablecimiento.

*Customer Care* es un call center que recibe los reportes de problemas con el servicio o dispositivo directamente del usuario final. Entre los reportes que *Customer Care* recibe se encuentran: Fallas de servicio en el área, llamadas bloqueadas, llamadas caídas, falla en el de servicio de internet, fallas de dispositivo, interrupción del servicio debido a incumplimiento de pagos o problemas con la cuenta, retraso en mensajes de texto, mensajes de texto duplicados, falla en el servicio *Push to Talk*, falla en el servicio wifi calling, hora en pantalla equivocada, fallos en el servicio 3G y 4G en general, mala calidad de audio en llamadas, entre otros. El trabajo del Call Center es diferenciar si el problema del cliente es de dispositivo, cuenta o red. Una vez que se identifica que el problema está relacionado a fallas en la red, *Customer Care* envía el reporte al equipo de CPM con información fundamental del cliente y la clara descripción del problema. CPM entonces, se encarga de realizar una investigación en la red e identificar la falla que está causando el problema del cliente. Para el caso de los reportes con la aplicación en el dispositivo, el reporte generado por la aplicación no es para un solo usuario final, si no para 5 o más que generalmente experimentan el mismo problema con la misma tecnología. Cuando se reciben 5 o más quejas en un plazo menor a 24 horas, se genera un reporte de sitio que indica que una radio base está teniendo problemas de servicio; a la vez, se genera también una Alerta de Servicio y se especifican los Servicios Impactados de acuerdo a lo que los 5 o más usuarios reportaron en la aplicación.

Entre las actividades realizadas en CPM se encuentran procesos para solucionar problemas de la red (alarmas en los equipos de red, funcionamiento de la red y cobertura del área en la que se ha reportado el problema); análisis de las redes 2G, 3G, 4G y su desempeño durante un determinado intervalo de tiempo; inicialización de acciones correctivas en alarmas o desempeño de la red de acuerdo a los procesos establecidos previamente; análisis inicial y localización de faltas para usuarios finales del servicio con el objetivo de encontrar y llevar a cabo la solución dentro de las primeras 24 horas; seguimiento del proceso de solución del problema y constante revisión del estatus.

Para la correcta evaluación del problema del cliente, CPM requiere un conjunto de información del cliente y problema de acuerdo a lo que se está reportando. La información fundamental para comenzar con la investigación de fallas en la red es:

- Dirección: Preferentemente, debe ser específicamente de dónde se está experimentando el problema, o explicar que el problema se experimenta en un área menor a 5 millas alrededor de la dirección de referencia.
- Número Telefónico: Número o números que están siendo afectados, se requiere para localizar las Radio bases más utilizadas por el usuario final y cuáles son las que presentan los problemas a través de las llamadas fallidas (bloqueadas, caídas o con ciertos códigos de problema).
- Descripción del problema: Se requiere de una clara descripción del problema que el usuario final está experimentando. De ser posible, proveer el área afectada, horario en el que se experimenta el problema.
- Ejemplos de Llamadas: Ejemplos de llamadas en las que se haya experimentado el problema; estos ejemplos deben contener: Número que realiza la llamada, Número que recibe la llamada, hora y

día de la llamada y número de troncal por el que se realizó la llamada. *Customer care* puede recolectar esta información a través de una herramienta específica para los registros de llamadas de todos los usuarios de la red. Los ejemplos de llamadas son fundamentales cuando los usuarios finales reportan problemas con calidad de audio.

- *Debug/Test de velocidades* (tasas de transmisión): El usuario final debe realizar el *debug* y/o test a través de una aplicación o página de internet. *Customer Care* debe indicar al usuario cómo llevarlo a cabo y solicitar los valores que el *debug/test* arroje. Es imperativo que el usuario realice estas pruebas en la dirección en la que está reportando el problema y que provea valores válidos para continuar correctamente con la investigación.

La falta de alguno de estos puntos en el reporte que provee *Customer Care*, causará que el reporte se regrese requiriendo que se proporcione la información completa para poder comenzar con la investigación. Una vez que la información proporcionada por el cliente esté completa, CPM procede con el análisis del problema reportado. Las principales acciones que CPM debe realizar son:

- Identificar el problema del usuario (Servicio nulo, Llamadas caídas o bloqueadas, tasas de transmisión bajas, mala calidad de audio).
- Identificar el servicio afectado (Voz, Mensajería, Datos, Phone connect).
- Tecnología afectada (CDMA, EVDO, 1xData, LTE, LTE 2.5).
- Identificar el área y dirección afectada (Con herramientas de mapeo).
- Numero de dispositivos afectados y si el dispositivo tiene registrados intentos de conexión en el área.

CPM no investiga todos los tipos de problemas de usuario reportados. El principal enfoque está en problemas de voz, datos, problemas de cobertura, pérdida de señal y cambios de cobertura. También puede recibir reportes de problemas de calidad de audio en las llamadas, problemas con mensajes de texto (duplicados o retrasados), problemas con la hora mostrada en pantalla del dispositivo, problemas con buzón de voz y *Airave*; sin embargo, una vez identificado este tipo de problemas CPM se encarga de enganchar a la agencia adecuada para resolver el problema y dar seguimiento y validación de la acción correctiva.

Todas las acciones que CPM lleva a cabo para la resolución del problema del usuario final están adecuadamente especificadas en los procesos que el proveedor de servicios y la compañía han establecido para el manejo de su red. CPM cumple con estos procesos para asegurar que la red del cliente y la satisfacción del usuario final no se vean afectadas y mantengan los niveles de calidad establecidos. Para evaluar el trabajo de CPM, el proveedor de servicio califica el número de reportes que se solucionaron en el tiempo establecido por estos procesos dependiendo de cada caso. Una vez evaluado, la empresa provee retroalimentación a CPM para poder mantener una relación saludable punto a punto y la línea de servicio adecuada entre el proveedor de servicios y la compañía.

### I.III Proveedor de Servicios de Telefonía celular

Es una empresa de telecomunicaciones norteamericana que provee servicios inalámbricos y es una de las principales empresas globales de internet. Es el tercer mayor proveedor de redes inalámbricas en los

Estados Unidos de Norteamérica y sirve a aproximadamente 50 millones de usuarios. La empresa también ofrece servicios de voz, mensajería y banda ancha a través de varios subsidiarios y acceso masivo a sus redes inalámbricas a operadores de redes virtuales móviles.

Su sede se encuentra en Overland Park, Kansas, Estados Unidos y actualmente opera redes inalámbricas en múltiples bandas de frecuencia de su propiedad utilizando múltiples interfaces de radio. Algunos de los productos que el proveedor ofrece a sus usuarios son Voz, Mensajería y Datos (3G y 4G), *Phone Connect*, *Direct Connect*, *Machine to machine (M2M) Data* vía datos 3G, *Mobile Broadband Hotspot* (3G, 4G), *Wifi Calling*, *Wifi Connect* y *Airave*:

- *Phone Connect*: Es un dispositivo fijo inalámbrico de voz de doble banda (800/1900 MHz) que provee servicio comparable al de una línea fija para negocios u hogares.
- *Direct Connect*: Es la alternativa que el proveedor ofrece a los dispositivos *Push to talk* sobre tecnología EVDO (3G) el cual es un método de comunicación entre líneas *half dúplex*.
- *Machine to Machine (M2M)*: Es la solución que ofrece a negocios proveedores o con necesidad de Internet de las cosas.
- *Hotspot*: Ya sea en una tableta adquirida directamente con el proveedor o con un dispositivo diseñado para este propósito, es la opción que ofrece para conexión a internet a través de su red inalámbrica 3G/4G.
- *Wifi Calling*: Es una característica que permite hacer y recibir llamadas, además de enviar y recibir mensajes a través de una conexión inalámbrica a internet.
- *Wifi Connect*: Es un router que ayuda en la optimización del Wifi Calling. Soporta las bandas 2.4 GHz y 5 GHz de la banda Wifi. Busca reemplazar la clásica conexión a un router de un proveedor de servicio de internet o *Internet Service Provider (ISP)*.
- *Airave*: Es una solución que asegura cobertura en interiores o áreas pequeñas donde la señal de red es pobre. La *femtocelda* actúa como una base personal que provee servicios de voz y 3G para los dispositivos móviles de la empresa. Requiere de conexión a internet para poder procesar las llamadas.



## Capítulo II. Telefonía Móvil

Es inevitable negar que las comunicaciones móviles, hoy en día, tienen un papel crucial dentro de la sociedad. Los conceptos de una sociedad intercomunicada a nivel mundial y una red que albergue cantidades masivas de información y que esté al alcance de cualquier habitante del mundo, no son nuevos. Desde el siglo XIX, se ha tenido esta idea que ha tomado forma desde entonces y hoy la conocemos como redes de comunicación. Una rama muy importante dentro de todo este desarrollo es la telefonía móvil, que actualmente no solo se refiere a llamadas de voz, también incluye acceso a internet, mensajería instantánea, streaming, entre otros. El desarrollo de la telefonía móvil se ha enfocado en tener redes confiables, que cumplan con las exigencias de sus usuarios: “en cualquier lugar, a cualquier hora” y que aseguren un buen desempeño con excelente calidad en el servicio. Sin embargo, se ha recorrido un camino bastante largo y con significantes mejoras en cuanto a cobertura, tasas de transmisión y simplicidad de la red de acceso.

### II.1 Breve historia de la telefonía móvil

Los primeros registros sobre la telefonía móvil comenzaron en 1942 con patentes estadounidenses de un “Sistema Secreto de Radio Comunicaciones”, y continuaron durante 1946 y 1947 en los Laboratorios Bell con un memorándum (mostrado en la figura 2.1) y los primeros intentos de dar servicio de telefonía como lo conocemos actualmente, instalando primero un transmisor de alta potencia para cubrir una extensa área que no soportó el tráfico de una ciudad, para después instalar una red de varios transmisores de baja potencia que daban cobertura a una pequeña y definida área dentro de una ciudad creando así el concepto de las células en la telefonía celular como se le conoce actualmente.

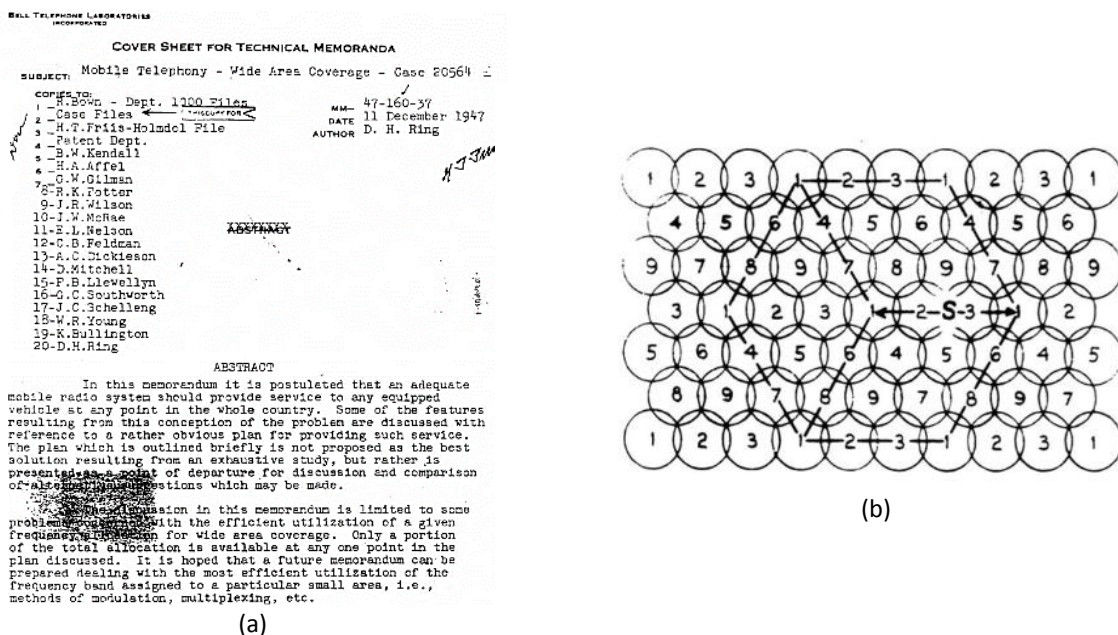


Figura 2.1 Memorándum de telefonía móvil de los Laboratorios Bell de 1947. En *Programa en C&I de la ITU Curso de Capacitación en Pruebas de Terminales Móviles* (p. 5), por ITU Academy, 2014.

El desarrollo de la telefonía celular no solo se centró en Estados Unidos; durante los años 50 se realizaron varias investigaciones alrededor del mundo (principalmente Europa y Asia) y a finales de esta década se registraron varias patentes de los primeros teléfonos móviles. Por ejemplo, en 1956 Ericsson lanzó su primer sistema móvil basado en señalización de pulsos, con un rango de frecuencia de 160 MHz, conocido como *Mobile Telephony A* o *MTA* (figura 2.2); una característica importante del MTA es que pesaba 40 kg, por lo que sólo podía ser instalado en vehículos. Como se indica en el memorándum de la figura 2.1a, los dispositivos con los que esta red de transmisores se utilizaba, se encontraban equipados dentro de los vehículos, dando paso a la telefonía móvil y el concepto de comunicación en cualquier lugar que se encuentre dentro de la cobertura de los transmisores.



Figura 2.2 *Mobile Telephony A (MTA)* de Ericsson (1956). En Chapter One. First Networks: OG, por Ericsson, 2017.

Por otro lado, en 1957, Leonid I. Kuprivanovich desarrolló el modelo de teléfono portátil KL-1 que tenía un alcance de 20 a 30 kilómetros; este modelo derivó en el teléfono Altai, que dio servicio comercial principalmente a hospitales y médicos en la Unión Soviética durante los años 60; durante la misma década, un nuevo sistema lanzado por Bell Systems en Estados Unidos de Norteamérica, llamado *Improved Mobile Telephone Service (IMTS)*, trajo consigo varias mejoras como mayor ancho de banda. En 1973, Motorola fue la empresa pionera en el diseño de dispositivos celulares como los conocemos ahora; Martin Cooper realizó la primera llamada desde el primer radio teléfono que él mismo creó para Motorola en Nueva York; sin embargo, fue hasta 1983 que se comenzaron las operaciones comerciales de la telefonía celular en Estados Unidos.

Durante el final de los años 70 y principios de los 80 comenzaron las primeras redes comerciales en Japón, Suecia, Finlandia, y Estados Unidos. En 1979, Japón y los Países Nórdicos utilizaron la red de la compañía *Nippon Telegraph and Telephone Corporation (NTT)* con dispositivos móviles Ericsson y Mobira, en un sistema celular similar a *Advanced Mobile Phone System (AMPS)*. En Estados Unidos, las primeras redes comerciales fueron instaladas en Chicago durante 1978 y en 1983 comenzaron a operar comercialmente con dispositivos móviles Motorola principalmente.

A partir de este momento, el desarrollo vertiginoso de los sistemas de comunicación de telefonía móvil se ha llevado a cabo con el solo fin de comunicar y dar servicio a millones de usuarios en todo el mundo. Esta necesidad ha obligado a mejorar e innovar el servicio a través de tecnologías que sean capaces de permitir el acceso a todo aquel que posea un dispositivo móvil en cualquier lugar, a cualquier hora.

## II.II Fundamentos y funcionamiento de la telefonía móvil

Como principio, las compañías de redes de telefonía celular utilizan el espectro radioeléctrico para proveer el servicio. El espectro radioeléctrico es la gama de frecuencias radioeléctricas utilizadas para las radiocomunicaciones y abarca desde los 3 kHz hasta los 3000 GHz; gran parte de la radiación de esta banda es creada artificialmente por los sistemas de radiocomunicaciones y emitidas al espacio por antenas. De acuerdo al Reglamento de Radiocomunicaciones de la Union Internacional de Telecomunicaciones (UIT), este espectro se divide en nueve bandas, mostradas en la figura 2.3: *Very Low Frequency* (VLF), *Low Frequency* (LF), *Medium Frequency* (MF), *High Frequency* (HF), *Very High Frequency* (VHF), *Ultra High Frequency* (UHF), *Super High Frequency* (SHF), *Extremely High Frequency* (EHF) y la banda 12; de tal manera que se haga el mejor uso de estas, ya que es un recurso escaso que debe manejarse para asegurar el acceso eficiente y equitativo a los servicios que hacen uso de él. Para los sistemas de telefonía inalámbrica y los sistemas de telefonía móvil se emplea la banda UHF, generalmente desde los 800 hasta los 2600 MHz, dependiendo de la región, tecnología y división de cada país.

| Número de la banda | Símbolos (en inglés) | Gama de frecuencias (excluido el límite inferior, pero incluido el superior) | Subdivisión métrica correspondiente | Abreviaturas métricas para las bandas |
|--------------------|----------------------|--|-------------------------------------|---------------------------------------|
| 4                  | VLF                  | 3 a 30 kHz   | Ondas miriamétricas                 | B.Mam                                 |
| 5                  | LF                   | 30 a 300 kHz   | Ondas kilométricas                  | B.km                                  |
| 6                  | MF                   | 300 a 3 000 kHz  | Ondas hectométricas                 | B.hm                                  |
| 7                  | HF                   | 3 a 30 MHz   | Ondas decamétricas                  | B.dam                                 |
| 8                  | VHF                  | 30 a 300 MHz   | Ondas métricas                      | B.m                                   |
| 9                  | UHF                  | 300 a 3 000 MHz  | Ondas decimétricas                  | B.dm                                  |
| 10                 | SHF                  | 3 a 30 GHz   | Ondas centimétricas                 | B.cm                                  |
| 11                 | EHF                  | 30 a 300 GHz   | Ondas milimétricas                  | B.mm                                  |
| 12                 |                      | 300 a 3 000 GHz  | Ondas decimilimétricas              |                                       |

Figura 2.3 Bandas del Espectro Radioeléctrico. En *Reglamento de Radiocomunicaciones: Artículo 2. Sección I: Bandas de frecuencias y longitudes de onda* (p 27), por la Union Internacional de Telecomunicaciones, 2012.

El espectro radioeléctrico alberga tantos usos como le es posible; es un recurso finito y valioso que se comparte con diversas industrias dentro de las telecomunicaciones, desde internet hasta el uso militar. La telefonía móvil tiene que compartir, con diferentes industrias, una estrecha gama de frecuencias asignada para su uso; esto la ha obligado a buscar soluciones capaces de: albergar grandes cantidades de usuarios, usar eficientemente el espectro, dar cobertura y acceso al usuario, tener adaptación al crecimiento de la densidad de tráfico, y por supuesto, calidad de servicio.

Antes del desarrollo de la tecnología celular, la capacidad de tráfico mejoraba gracias a la división de frecuencias y la adición de canales disponibles. Sin embargo, esto reducía el ancho de banda total disponible para cada usuario afectando la calidad del servicio. La tecnología celular permitió la división de áreas geográficas en lugar de la división de frecuencias, llevando a un uso más eficiente del espectro. Esta reutilización geográfica de los canales de radio es conocida como reutilización de frecuencias y es la solución, siempre y cuando se tenga la distancia adecuada entre áreas y frecuencias. Los canales pueden reusarse a ciertas distancias, dependiendo de la relación entre la distancia que separa diferentes áreas y la potencia de los transmisores de cada área; de otra manera, dos equipos celulares cercanos que usen la misma frecuencia experimentarían interferencia. Esto se da a través de los parámetros que definen a un sistema de telefonía celular: Célula, *cluster*, reutilización de frecuencias, subdivisión o sectorización de células y transferencia de llamadas o *Hand off*.

### II.II.I Sistema de Telefonía Celular

El concepto de célula fue introducido en 1970 con el objeto de incrementar el número de canales de comunicación simultáneos. La idea básica era reusar un canal con diferentes células, sin embargo, el mismo canal no puede ser utilizado en células vecinas, pues genera interferencias entre canal. Por lo tanto, la asignación de canales debe ser espaciada geográficamente para mantener la interferencia a niveles tolerables. Si se utilizan en muchas células se obtiene una ganancia en la capacidad del sistema. Si las células pueden reducirse en tamaño se incrementa la capacidad del sistema.

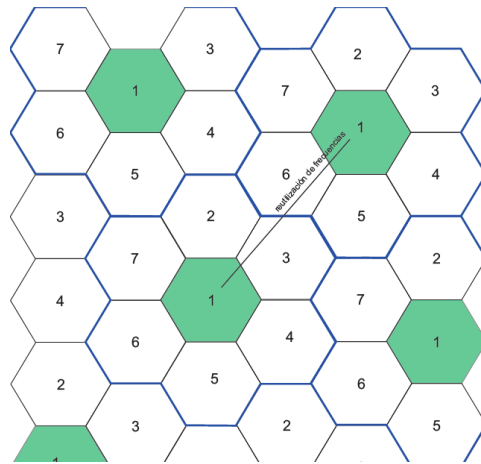


Figura 2.4 Diagrama de células y clusters. Construida a partir de *Apuntes Redes Celulares Inalámbricas*, 2015.

En una red celular, las células se organizan generalmente en grupos de  $X$  células (dependiendo de la tecnología) para formar un *cluster* (conjunto azul en la figura 2.4). Hay un sitio o sitio base al centro de cada célula, que alberga a las antenas transmisoras/receptoras y equipo de *switcheo*. El tamaño de cada celda depende de la densidad de suscriptores en el área; por ejemplo, en un área densamente poblada, la capacidad de la red puede ser mejorada al reducir el tamaño de la célula o al agregar más células superpuestas. Esto incrementa el número de canales disponible sin incrementar el número actual de las frecuencias utilizadas. El número simultáneo de llamadas telefónicas depende del ancho de banda asignado y el ancho de banda de cada llamada.

La reutilización de frecuencias implica un sistema celular que tenga un total de  $Z$  canales dúplex disponibles para ser utilizados. Si a cada célula se le asignan  $k$  canales ( $k < Z$ ), y si los  $Z$  canales se dividen en  $N$  células dentro de un grupo único y disjunto de canales, donde cada célula tiene el mismo número de canales, el número total de canales de radio disponible es:

$$X = ZN \quad (ec\ 1)$$

Las  $N$  células que usan un conjunto complementario de frecuencias disponibles son un *cluster*. Si este *cluster* se repite  $M$  veces dentro de un sistema, el número total de canales de radio disponibles se puede considerar como una medida de capacidad:

$$C = MN \quad (ec\ 2)$$

La capacidad de un sistema se puede definir como el número de circuitos o llamadas simultáneas en la célula. A  $N$  también se le conoce como tamaño del *cluster*. Si  $N$  se reduce mientras que el tamaño de la

célula permanece constante, se requerirán más *clusters* para cubrir un área dada y por tanto se logra una mayor capacidad. Cuanto mayor sea  $N$ , mayor va a ser la distancia entre radio bases con el mismo grupo de canales, menor será su interferencia, pero la capacidad del sistema será menor también. Lo deseable es usar el valor más pequeño de  $N$  posible para maximizar la capacidad dentro del área de cobertura.

Otra forma de incrementar la capacidad del sistema es subdividir o sectorizar las células. La sectorización consiste en dividir una vista de sitio de célula omnidireccional ( $360^\circ$ ) en rebanadas que no se superpongan, llamadas sectores, pero que dan cobertura a la misma área. Aunque en la práctica se utilizan antenas direccionales, se observa que la forma de las células es un hexágono, esto se debe a que es la única forma que puede llenar un plano sin dejar huecos de cobertura.

Una característica básica de los sistemas celulares es que permite la movilidad de los usuarios. La radio base constantemente rastrea a los suscriptores dentro de la célula por medio del *Global Positioning System (GPS)*; cuando alguien realiza una llamada, la radio base conoce la posición exacta del usuario. La capacidad de seguimiento del usuario se conoce como *roaming*, esto se deriva en que la red da la posibilidad al usuario de moverse a voluntad por la red o redes de varios operadores, ya que es capaz de localizar la radio base más cercana a partir de la ubicación. Siguiendo este concepto de movilidad, si el usuario se encuentra viajando y debe pasar de la zona de cobertura de la célula 1 a la zona de cobertura de la célula 2, cuando el usuario llega al borde de cobertura de la célula 1 mientras mantiene una llamada, la radio base automáticamente transfiere la llamada (*hand off*) a la célula continua (2) y la llamada es asignada a un nuevo canal en la nueva célula.

El *hand off*, ilustrado en la figura 2.5, es el proceso por el cual se transfiere una comunicación de un canal de voz de una célula a un nuevo canal de voz, en la misma célula o en otra, cuando el canal se presenta fallas (ya sea por problemas técnicos, por el movimiento del usuario o bien porque la calidad de la llamada se degrada a un nivel por debajo del establecido). Con esto, el servicio que el operador provee es continuo y sin que sea perceptible el cambio de célula.

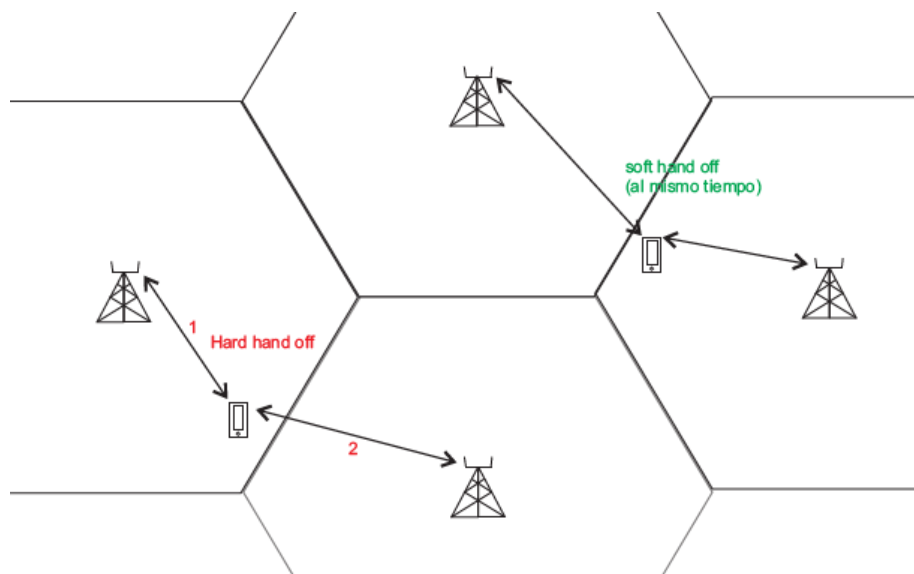


Figura 2.5 Proceso de hand off. Construida a partir de *LTE/SAE System Overview Student Book y System Description - WCDMA RAN*, por Ericsson, 2015.

El proceso se lleva a cabo por etapas; en la primera, se requiere de medios para detectar la necesidad de cambiar de célula mientras la llamada se encuentra en modo dedicado, en la segunda se realiza la conmutación de canal a canal sin que el usuario se percate. El *hand off* puede realizarse de dos maneras:

- *Hard hand off* (hand off duro): Cuando la transferencia de la llamada se realiza en un momento determinado sin que exista un periodo de transición. Esto puede presentar inconvenientes en el servicio si los parámetros de transmisión no han sido verificados antes de ordenar el cambio. Requiere de menos procesamiento por parte de la red y no es transparente al usuario, es decir, es posible detectar una interrupción durante la llamada.
- *Soft hand off* (hand off blando): Cuando los dos canales están conectados simultáneamente al equipo del usuario durante un corto periodo de tiempo. En cuanto los valores del enlace de radio frecuencia entre el equipo del usuario y el nuevo canal son aceptables, el canal inicial libera al equipo. Este tipo de *hand off* requiere del periodo de transición que emplea más recursos y procesamiento del sitio, sin embargo, si es transparente al usuario.

Para la asignación de canales, se toma en cuenta particularmente cómo se gestionan las llamadas durante el hand off:

- Asignación de canales fija: A cada célula se le asigna un conjunto predeterminado de canales. Cualquier llamada producida dentro de la célula, solo puede ser servida por los canales inutilizados dentro de esa célula en particular. Si todos los canales de esta célula están ocupados, la llamada no se procesa y se considera como bloqueada y el usuario no recibe el servicio.
- Asignación de canales dinámica: Los canales no se asignan permanentemente; cada vez que se solicitan recursos para una llamada, la radio base pide un canal al *Mobile Switching Center (MSC)* el cuál cede un canal a la célula que lo requiere siguiendo un algoritmo que tiene en cuenta factores como la frecuencia del canal, distancia de reutilización, entre otros.

II.II.II Interferencia, Modelos de Propagación, Potencias y Pérdidas por trayectoria  
 Previamente se menciona que la asignación de canales debe ser diseñada dependiendo del espacio geográfico entre las células para mantener la interferencia a niveles tolerables. La interferencia tolerable se cuantifica calculando la Relación Señal a Interferencia – *Signal to Interference Ratio (SIR)*; esta relación está definida como la relación del promedio de la señal deseada en el receptor contra la potencia promedio total de interferencia en el receptor. El SIR debe ser más grande que el umbral determinado para que el sistema opere adecuadamente. El cálculo del SIR se da sobre el promedio de la señal recibida; asumamos que cada estación base localizada en el centro de cada célula transmite con potencia  $P_T$ , la potencia promedio de la señal recibida  $P_R$ , a una distancia  $d$  (en metros) es:

$$P_R = \frac{P_T}{d^\eta} \quad (\text{ec } 3)$$

Donde  $\eta$  es el factor de atenuación con  $2 < \eta < 4$  y  $\eta = 2$  es el espacio libre.

La Relación Señal a Interferencia (SIR) es entonces:

$$SIR = \frac{P_R}{I} = \frac{\frac{P_T}{d^\eta}}{\sum P_{interferencias}} \quad (\text{ec } 4)$$

Por lo que, dependiendo del factor de reutilización de frecuencias y la distancia entre las células, se obtendrá un comportamiento del SIR. Si el factor de reutilización y la distancia aumentan, la interferencia disminuye y el SIR aumenta.

Otro parámetro comúnmente utilizado en telefonía celular es la Relación Señal a Interferencia más Ruido o *Signal to Interference plus Noise Ratio (SINR)* o que se utiliza para medir la calidad de la conexión. La potencia de transmisión se degrada con la distancia, a esto se le conoce, dentro de las redes inalámbricas, como pérdida por trayectoria; además de estas pérdidas y las interferencias que se presenten, es importante tomar en cuenta otros factores como el ruido de fondo, de ahí que el SINR agregue el concepto de ruido a la relación entre la potencia recibida y la interferencia:

$$SIR = \frac{P_R}{I} = \frac{\frac{P_T}{d^n}}{\sum P_{interferencias} + N} \quad (ec 5)$$

Los modelos de propagación son una de las partes más difíciles del diseño de las redes celulares. Deben ser capaces de predecir las pérdidas de potencia en diversos ambientes, predecir la intensidad promedio de la señal a una distancia dada del transmisor y la variabilidad de la intensidad de la señal en puntos particulares dentro de un área, predecir las pérdidas por trayectoria y la propagación multi trayectoria. También deben considerar que, al pertenecer a las comunicaciones móviles, estas pueden realizarse en interiores o exteriores, donde un transmisor o receptor es capaz de moverse. La mayoría de estos modelos se han elaborado de forma estadística, basados en medidas tomadas específicamente para sistemas de comunicación propuestos o asignación de espectro. Para estos modelos se toman varias mediciones que se promedian para entonces calcular la potencia recibida a cierto punto en función de la distancia. Entre las características a considerar dentro de la propagación de señales de telefonía celular se encuentran: reflexión, difracción, dispersión, fluctuaciones, desvanecimiento, velocidad de movimiento del usuario móvil, longitud de onda, por mencionar algunas.

Uno de los modelos de propagación sugiere un ambiente en el que no hay obstáculos entre el transmisor y receptor, es decir, que haya línea de vista. Este tipo de modelos ayudan en telefonía celular cuando no hay muchos obstáculos entre la radio base y el equipo del usuario, esto puede darse en campo abierto o en zonas poco pobladas y con edificios de baja altura. Como se menciona previamente, la propagación en un ambiente celular debe considerar: reflexión, difracción, dispersión y retardo, además la potencia recibida medida tiene como factor de atenuación  $\eta = 3$  o  $4$  (localidades muy pobladas o con demasiados obstáculos, urbes y suburbios).

La propagación de estas señales ocurre principalmente a partir de la dispersión en las superficies de las construcciones de los alrededores y mediante la difracción sobre y/o alrededor de ellas. El punto importante por advertir es que la energía llega a la antena de recepción por más de una trayectoria dando paso al fenómeno de trayectoria múltiple en el que diversas ondas de radio entrantes llegan a su destino provenientes de diferentes direcciones y con diferentes retardos de tiempo.

Las Pérdidas por Trayectoria (figura 2.6) se refieren a la reducción de la potencia de la señal en el receptor en relación con la potencia transmitida y son proporcionales a la distancia. Se debe tomar en cuenta a los obstáculos entre el transmisor y el receptor tales como paredes, pisos, objetos en movimiento, entre otros, que degradan la señal al variarla varios grados. A estas pérdidas también se les conoce como atenuación.



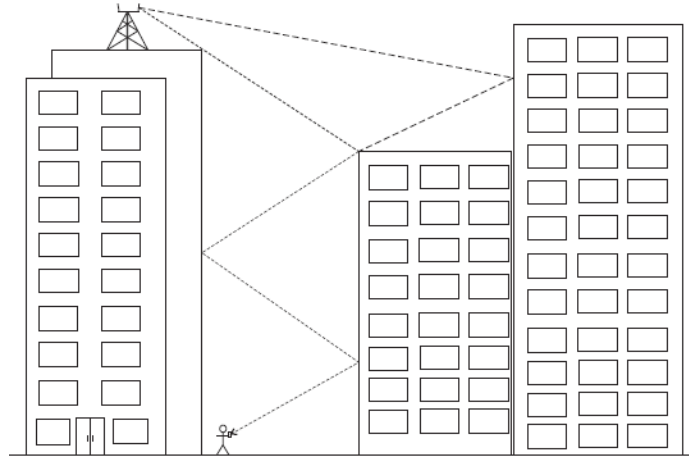


Figura 2.6 Fenómeno de trayectoria múltiple. Construida a partir de *Sistemas de Comunicación* (p. 550) por S. Haykin, 2002.

Las antenas y radio bases se deben instalar donde no haya obstáculos entre esta y los usuarios dentro de su zona de cobertura, generalmente en zonas altas. En esos casos, las antenas utilizadas son direccionales, con patrón de radiación similar al mostrado en la figura 2.7, y deben estar orientadas adecuadamente para cubrir en su totalidad el área de servicio de un sitio, además de que la orientación es fundamental en zonas urbanas.

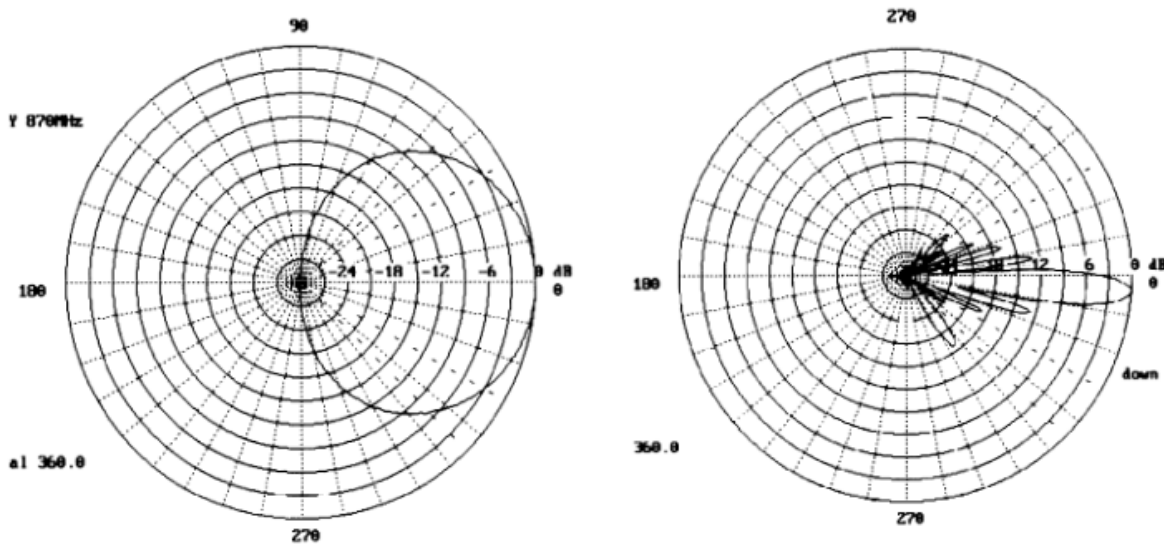


Figura 2.7 Patrones de radiación de una antena de telefonía celular. En *Ejemplo de diseño e implementación de una estación base GSM/UMTS* (p. 22), por V.M Fernández Salmeron, (2010).

La potencia de transmisión de una radio base depende del tipo de la antena, de la cantidad de canales, la ganancia de la antena, la cantidad de obstáculos, la distancia entre radio bases y del área a la que debe dar cobertura. La intensidad media de la señal nos permite predecir la mínima potencia necesaria para irradiar desde el transmisor de modo que se proporcione una calidad aceptable de la cobertura sobre el área a la que se dará servicio.



La radio base cuenta, generalmente, con tres antenas para dar cobertura a toda el área para la que fue diseñada. Cada sector da cobertura a una determinada área correspondiente a 120° de azimut, dando un total de 360° de cobertura (figura 2.8).

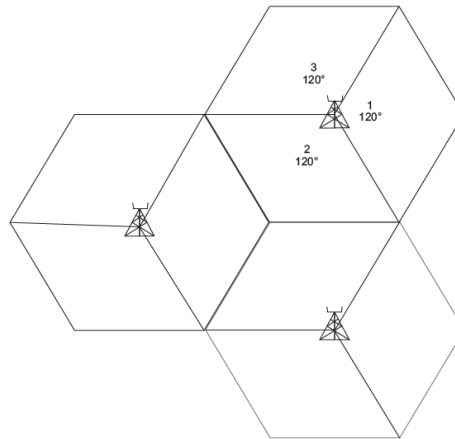


Figura 2.8 Cobertura teórica de las tres antenas de cada sector de una celda. Construida a partir de *System Description - WCDMA RAN*, por Ericsson, 2015.

Por otro lado, la potencia que el dispositivo celular del usuario genera para realizar una buena conexión con la radio base depende mucho de la distancia a la que se encuentra. A mayor distancia, mayor será la potencia que deba generar para realizar la conexión. Por esto, en la definición matemática de la potencia de recepción se observa que la distancia es inversamente proporcional a esta. La potencia de recepción se ha modelado utilizando modelos teóricos y empíricos; en telefonía celular, los dos modelos a continuación son los más utilizados:

Modelo empírico:

$$P_R = \frac{P_T}{d^\eta} \quad (ec\ 6)$$

con factor de atenuación  $2 < \eta < 4$

$\eta = 2$  para espacio libre

$\eta = 4$  ciudades

Modelo teórico tomando como referencia el Modelo de los dos rayos:

$$P_R = \frac{P_T G_r G_t h_r^2 h_t^2}{d^4} \quad (ec\ 7)$$

Donde:

$P_R$  – Potencia recibida [W]

$P_T$  – Potencia de transmisión [W]

$G_r$  – Ganancia de la antena receptora

$G_t$  – Ganancia de la antena transmisora

$h_r$  – Altura de la antena receptora [m]

$h_t$  – Altura de la antena transmisora [m]

$d$  – distancia [km]

Un mecanismo importante dentro del sistema de telefonía celular es el control de potencia que regula la potencia de emisión del equipo del usuario, en función de la distancia a la radio base que se encuentra procesando la conexión.

### II.II.III Elementos de la red de telefonía celular

Un modelo ideal de la red de telefonía celular consiste en un arreglo de celdas hexagonales (como las mostradas la figura 2.4) con un sitio o radio base ubicado en el centro de cada celda. La función de estos sitios es actuar proveyendo una interfaz entre los suscriptores móviles y el núcleo de la red. En general, la operación de la telefonía móvil comienza cuando el Equipo del Usuario o *User Equipment (UE)* desea establecer una conexión con el sitio, quien, por medio de sus elementos, procesa la conexión y la envía, a través del núcleo de la red, al destino con el que el usuario quiere hacer contacto. Todos los sitios base están conectados a un punto central llamado *Mobile Telephony Switching Office (MTSO)*, también conocido como *Mobile Switching Center (MSC)*, ya sea por medio de líneas fijas (coaxial, Ethernet) o microonda. El MSC está generalmente conectado a la *Public Switching Telephone Network (PSTN)* que es la red de telefonía fija pública la cual no forma parte de la red de telefonía celular.

Las radio bases y el MSC, aunque son parte de la red de telefonía, no pertenecen a la mismo conjunto. La red de telefonía celular se puede dividir en 3 segmentos:

- *Radio Access Network (RAN)*: Es la red de acceso al sistema celular y es una de las dos partes que une a la red núcleo o *Core* con el equipo del usuario. Está conformada por antenas, elementos que procesan el tráfico y proveen todas las funcionalidades relacionadas a éste, y los sistemas de manejo de la subred que en su conjunto forman a los sitios o radio bases. Dependiendo de la tecnología, se tienen *Radio Network Controller (RNC)*, *Radio Base Station (RBS)* o *evolved Node B (eNodeB)*.
- Backhaul: Es la segunda parte que une a Core con el equipo del usuario y se encuentra conectada a RAN y Core. El backhaul también es conocido como Red de Retorno y en general, se utiliza para interconectar redes entre sí por medio de diferentes tipos de tecnologías, alámbricas o inalámbricas. Hay 3 tipos de enlaces de backhaul para tecnologías móviles:
  - Microonda/Ethernet: Se utiliza para conexiones punto a punto.
  - Líneas de cobre (cable coaxial): Conexiones T1/E1.
  - Fibra: Enlaces de fibra óptica.
- Core: Las funciones de la red núcleo o Core son el ruteo y conmutación de llamadas y conexiones de datos provenientes del equipo del usuario hacia redes externas, y viceversa. También provee movilidad y ubicación al nivel más alto del equipo del usuario. Esta red maneja servicios tanto *packet oriented* (datos) como *switched oriented* (voz). Al igual que en RAN, los elementos que se encuentran en esta sección, dependen de la tecnología implementada; ya sea MSC para 3G o *Mobility Management Entity (MME)* para LTE.

Como se menciona anteriormente, la estructura interna de RAN y Core (figura 2.9) puede cambiar dependiendo de la tecnología implementada en la red (2G, 3G o 4G), sin embargo, esta división se mantiene; incluso, los elementos correspondientes a cada tecnología pueden subsistir con elementos de otra. Más adelante se describirá cada una de estas tecnologías y sus diferencias. Otro elemento importante es el equipo del usuario:

- Equipo del Usuario o *User Equipment (UE)*: incluye todos los tipos de equipo utilizados por los usuarios. Generalmente, tienen la característica de ser multimodo, lo que los hace capaces de acceder a las redes 2G, 3G y 4G dependiendo de su disponibilidad. El equipo consiste de dos partes, el Equipo móvil o *Mobile Equipment (ME)* y el módulo de identificación del abonado o *Subscriber Identity Module (SIM)*. El ME es la terminal de radio utilizada para comunicación y la SIM es una tarjeta inteligente que contiene la identidad del suscriptor, realiza los algoritmos de autenticación y almacena las claves de autenticación y cifrado junto con información de suscripción del UE.

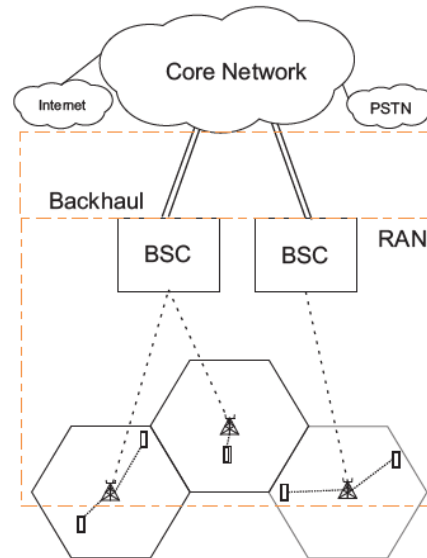


Figura 2.9 Segmentos de la red de telefonía celular. Construida a partir de *LTE/SAE System Overview Student Book y System Description - WCDMA RAN*, por Ericsson, 2015.

#### II.II.IV Técnicas de acceso

Uno de los requisitos de la red de telefonía celular es que sea capaz de manejar una gran cantidad de usuarios al mismo tiempo. El acceso múltiple es una técnica por medio de la cual muchos suscriptores pueden acceder simultáneamente y compartir el uso de un canal o grupo de frecuencias, a pesar de que sus transmisiones individuales puedan originarse desde áreas diferentes y lejanas, permitiendo el uso eficiente del ancho de banda. Una de las estrategias más importantes para aumentar el número de usuarios en un sistema celular radica en la técnica de acceso múltiple que este sistema emplee, el cual también debe evitar provocar interferencia entre los usuarios que comparten el canal. Los cuatro tipos básicos de acceso múltiple (ilustrados en la figura 2.10) son:

- Acceso Múltiple por División de Frecuencia (*Frequency Division Multiple Access - FDMA*): Es el sistema analógico más común y se utilizó en la primera generación de telefonía celular (sistema *AMPS - American Mobile Phone System*); en esta técnica, el espectro se divide en frecuencias creando sub bandas de frecuencia, cada frecuencia sólo puede ser usada por un usuario durante una llamada en un esquema de tiempo continuo. Para reducir la interferencia entre usuarios

asignados a bandas de canal adyacente, se utilizan bandas de seguridad entre estas. Las bandas de seguridad resultan necesarias debido a la imposibilidad de conseguir filtrado ideal para separar a los diferentes usuarios. Con FDMA, solo un usuario es asignado a un canal, por lo que el canal no está disponible para otras conversaciones hasta que la llamada termina o hasta que se traslada a otro canal. Una comunicación FDMA *full-dúplex* requiere dos canales, uno para transmisión y otro para recepción. FDMA fue implementada en la banda de 800 MHz utilizando un ancho de banda de 30 kHz por canal. Debido a la limitación en ancho de banda, esta técnica de acceso es muy ineficiente ya que se saturan los canales al aumentar el número de usuarios alrededor de una celda.

- Acceso Múltiple por División de Tiempo (*Time Division Multiple Access - TDMA*): En esta técnica a cada usuario se le asigna la ocupación espectral completa del canal, pero sólo por corto periodo de tiempo de la llamada. Para proveer seguridad contra interferencia e incertidumbre, se insertan ranuras de tiempo (time slots) entre los tiempos asignados para la llamada. Esta técnica mejora la capacidad del espectro al dividir cada frecuencia en fracciones de tiempo. Otros usuarios comparten el mismo canal a diferentes fracciones de tiempo. La radio base continuamente conmuta de usuario a usuario en el canal. TDMA es la tecnología dominante para la segunda generación de redes celulares. Los sistemas celulares bajo TDMA utilizan el espectro de manera similar a los sistemas FDMA, con cada radio base ocupando una frecuencia distinta para transmitir y recibir, cada una con igual duración. Este método de acceso requiere una sincronización precisa entre el terminal móvil y la estación base de radio.
- Acceso Múltiple por División de Código (*Code Division Multiple Access - CDMA*): CDMA se basa en el espectro “expandido”, que involucra la transformación de señales de banda estrecha a señales de banda amplia a las que se les asigna diferentes códigos, únicos y ortogonales entre sí, a cada una para su transmisión. Las llamadas se expanden sobre toda la banda de frecuencias y cada llamada tiene asignado un código único para diferenciarla de las otras llamadas que van sobre el mismo espectro. En esta tecnología, más ancho de banda es consumido con respecto a FDMA o TDMA, pero el cambiar ancho de banda por códigos produce una señal que es en efecto más robusta al ruido y así más fácil de detectar por el receptor, que conoce los parámetros (códigos) de la señal original transmitida. Si el receptor no está sintonizado a la frecuencia correcta o no conoce el código empleado, una señal de espectro disperso se detectaría solo como ruido de fondo. Debido a estas características de la tecnología la interferencia entre la señal procesada y otras señales, no esenciales o ajenas al sistema de comunicación, se reduce. Al ser conveniente para transmisiones encriptadas, se ha utilizado principalmente en el campo militar. CDMA incrementa la capacidad de espectro al permitir a los usuarios ocupar todos los canales al mismo tiempo y permite un *soft hand off*, lo que significa que el equipo del usuario se puede comunicar con varios sitios al mismo tiempo. La interfaz dominante de la tercera generación de telefonía móvil o IMT-2000 es una versión de banda ancha de CDMA.
- Acceso Múltiple por División del Espacio (*Space Division Multiple Access - SDMA*): En esta técnica, la asignación de recursos se consigue explotando la separación espacial de los usuarios individuales. En particular, se recurre a antenas de haces múltiples para separar las señales de radio apuntándolas a lo largo de diferentes direcciones. De este modo se permite que usuarios diferentes tengan acceso simultáneamente al canal en la misma frecuencia o en la misma franja de tiempo

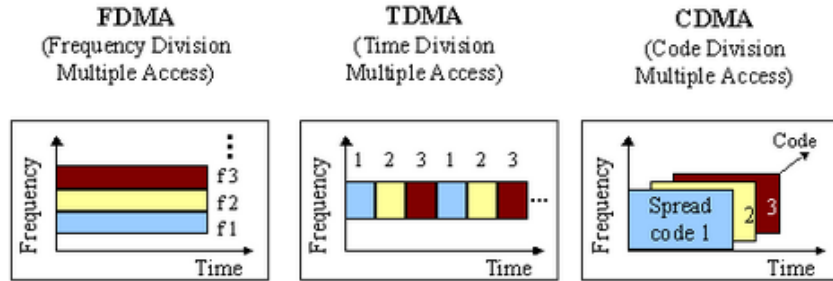


Figura 2.10 Técnicas de acceso más utilizadas. En *All about the technology 3G*, por International Telecommunication Union, 2011.

## II.II.V Evolución del sistema de telefonía celular

Hoy en día, las redes celulares permiten a todo aquel que posea un dispositivo móvil a comunicarse en cualquier lugar, a cualquier hora, con excelentes tasas de transmisión, calidad y disponibilidad; pero no siempre fue como la conocemos ahora. La siguiente lista muestra un resumen de las características de cada generación:

- |      |  |
|------|--|
| 1G   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Únicamente voz.</li> <li>• Teléfonos celulares analógicos.</li> <li>• Tecnologías: <i>Nordic Mobile Telephone (NMT)</i>, <i>Advanced Mobile Phone Service (AMPS)</i>.</li> </ul>                    |
| 2G   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Voz y datos.</li> <li>• Teléfonos celulares con fidelidad digital.</li> <li>• Tecnologías: <i>Global System for Mobile Communicatios (GSM)</i>, CDMA, TDMA.</li> </ul>                              |
| 2.5G | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2G mejorado.</li> <li>• Tasas de transmisión de datos más altas.</li> <li>• Tecnologías: <i>General Packet Radio Service (GPRS)</i>, <i>Enhaced Data rates for GSM Evolution (EDGE)</i>.</li> </ul> |
| 3G   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Voz, datos y video.</li> <li>• Videotelefonía / Navegación de internet.</li> <li>• 3G, <i>Wide-CDMA (WCDMA)</i>, <i>Universal Mobile Telephone Service (UMTS)</i>.</li> </ul>                       |
| 4G   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejoras a 3G/Protocolo de interoperabilidad.</li> <li>• Basado en IP.</li> <li>• Altas tasas de transmisión.</li> <li>• 4G, Mobile IP.</li> </ul>   |

### II.II.V.I Generación 0 - 0G

Los teléfonos celulares de la Generación 0 eran radio teléfonos disponibles como un servicio comercial conectado a la red de telefonía fija, los cuales contaban con su propio número telefónico. Por lo general se encontraban instalados en carros o camionetas debido a su peso y tamaño. Esta generación representa a la telefonía previa al sistema de telefonía celular y era utilizada por la policía, servicio de taxis, ambulancias.

II.II.V.II Primera Generación - 1G

La primera generación de telefonía móvil se caracterizó por ser analógica, procesar únicamente señales de voz, utilizar un sistema FDMA con División de Frecuencias Dúplex (FDMA/FDD), basarse en redes celulares para su funcionamiento y por el desarrollo de los primeros protocolos para el *hand off* de llamadas. Sin embargo, contaba con una pobre calidad de enlace ya que el *hand off* era impreciso debido a la poca capacidad del sistema y su baja tasa de transmisión. El diseño celular de este sistema permitía dar servicio a un área de hasta 40 km de radio (pequeñas células adyacentes que daban cobertura al área reutilizando frecuencias).

El sistema FDMA/FDD, se refiere a la técnica de acceso FDMA con División de Frecuencias Dúplex - *Frequency Division Duplex (FDD)*, que es el uso de dos frecuencias, alocadas en diferentes bandas, una para para transmisiones de subida y otro para transmisiones de bajada (*uplink, downlink*). Esta generación contaba también con estándares de interfaces comunes de aire (*Common Air Interface -CAI*), los cuales especificaban las interfaces de radio aplicadas en la telefonía celular.

La primera generación de la telefonía celular incluye, por ejemplo: *Nordic Mobile Telephony (NMT)*, *Advanced Mobile Phone Service (AMPS)*, *Total Access Communication System (TACS)*, por mencionar las más conocidas.

- AMPS

*Advanced Mobile Phone Service (AMPS)* se desarrolló en los Laboratorios Bell a mediados de 1970; en 1983 comenzó a utilizarse oficialmente en Estados Unidos, Canadá, Hong Kong, Nueva Zelanda, Tailandia y fue el primer servicio celular estandarizado en el mundo. AMPS utiliza un sistema de canales de frecuencia; el espectro de frecuencias asignado al Carrier se divide en N bandas de frecuencias, cada una de ellas asignada a diferentes usuarios activos. Para agregar protección entre estas bandas, se dejaba una banda libre como se ilustra en la figura 2.11:

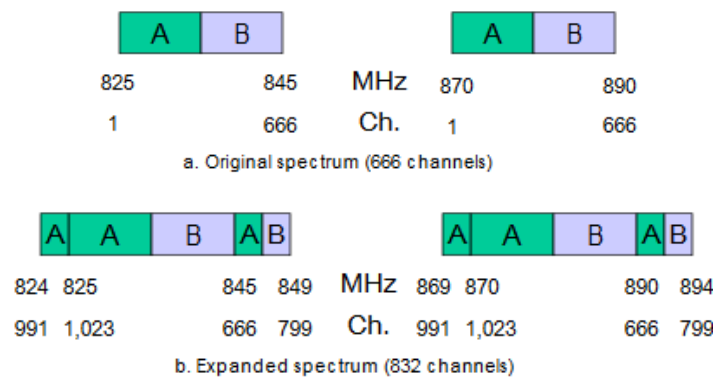


Figura 2.11 AMPS. En *First Generation Cellular* (p. 4), por D. Tipper, 2012.

AMPS opera con FDMA/FDD utilizando la banda de frecuencias de 800 a 900 MHz; 870 – 890 MHz, para circuitos de bajada (*downlink*) y 825 – 845 MHz para circuitos de subida (*uplink*). Estas bandas de 20 MHz se subdividen en 333 bandas cada una y las radio bases que se encuentran lo suficientemente lejos para poder reusar el mismo ancho de banda. Debido a que los dispositivos de usuario desarrollados para AMPS eran compatibles con cualquier radio base que manejara AMPS, se podía tener movilidad entre diferentes

proveedores de servicio. Entre sus limitaciones se encuentra: Baja capacidad de llamadas, espectro limitado y poca seguridad.

Una versión extendida de AMPS utiliza de 869 – 894 MHz, para circuitos de bajada (*downlink*) y 824 – 849 MHz para circuitos de subida (*uplink*). Estas bandas de 25 MHz se subdividen en 832 bandas de 30 kHz cada una, de las cuales 21 se reservan para control, y las demás subdivisiones en cada banda (*downlink* y *uplink*) se asignan a un usuario para las llamadas de voz. Cuenta con dos tipos de canales de control:

- Localización (paging): Es un mecanismo de difusión de mensajes que se utiliza para distribuir información a los dispositivos conectados a la radio base y configurar el canal sobre el que se establecerá la comunicación entre el equipo del usuario y la radio base.
  - De acceso: utilizado para la función complementaria de un dispositivo originando una llamada o para responder a una señal de localización.
- *Narrow AMPS (N-AMPS)*

N-AMPS se desarrolló como una mejora temporal de AMPS al triplicar la capacidad de los sistemas AMPS. Divide cada una de las 832 bandas de 30 kHz en 3, decrementando el ancho de banda a 10 kHz. Esto aumenta el número de usuarios, pero también la posibilidad de interferencias, ya que el ancho de banda de cada nuevo canal es reducido. N-AMPS combina procesamiento de voz con señalización digital. Este sistema se describe en la recomendación IS-91 de la UIT.

- Otras tecnologías

La primera generación de telefonía celular también incluye a los siguientes sistemas desarrollados en el mundo:

- *Total Access Communications Systems (TACS)*: Implementado en el Reino Unido principalmente. Las señales de voz se transmitían en forma de frecuencia modulada al proveedor del servicio. Un canal de control era usado en forma simultánea para habilitar el *hand off* a otro canal de comunicación de serlo necesario. Utilizaba canales de 25KHz.
- *Nordic Mobile Telephone (NMT)*: Se implementó en los países nórdicos principalmente y fue lanzada en 1981. Usaba canales de 12.5KHz y era un sistema *full-dúplex*, por lo que era posible transmitir y recibir al mismo tiempo. También permitía transferir datos con tasas de 600 a 1200 bits por segundo.
- *Nippon Telephone & Telegraph (NTT)*: Implementado en Japón.

Actualmente, las redes de telefonía celular operan las generaciones siguientes de telefonía de 2G a 4G y en algunos casos subsistiendo entre ellas en la misma infraestructura de una radio base. A continuación, se explica cada una de las siguientes generaciones con detalle, incluyendo su estructura y los elementos más importantes dentro del sistema.

## II.III Segunda Generación - 2G

La segunda generación de telefonía celular fue introducida a finales de 1980. Con el aumento de usuarios de telefonía móvil, la primera generación no fue capaz de soportar las grandes cantidades de tráfico con

el limitado espectro que tenía asignado, ni poseía la tecnología necesaria para dar servicio de calidad a los usuarios que lo demandaban. Para dar solución a algunos de estos problemas, la segunda generación introdujo a los sistemas digitales en la telefonía móvil, a diferencia de la primera generación que trabajaba con un sistema analógico. Los sistemas digitales basan sus procesos en valores discretos (señales digitales). Estos sistemas representaron ventajas en el ahorro significativo de ancho de banda, incremento en la capacidad de procesamiento de tráfico, mejora en la calidad de la señal, entre otros.

2G también introdujo a las redes de conmutación de circuitos (*Circuit Switched*), las cuales funcionan a partir de dos terminales (transmisor y receptor) que se comunican a través de un circuito único y específico, establecido antes del inicio de la comunicación y que se libera una vez terminada, dejándolo a disposición de otras terminales. Es decir, en este sistema, se utilizan conexiones punto a punto (equipo del usuario – radio base) durante las llamadas; para una comunicación *half duplex*, se asigna un canal, para una comunicación *full duplex*, se asignan dos canales. Se utiliza principalmente para llamadas de voz que requieren servicios en tiempo real sin mucho retardo. Como se muestra en la figura 2.12, si el usuario A quiere llamar al usuario E, primero necesita enviar una solicitud para que se le asigne un circuito que conecte con el usuario E, si no hay circuitos disponibles, la llamada se bloquea, en cambio, si hay circuitos disponibles, se establece la conexión hasta que alguno de los dos usuarios la termina; mientras tanto, ese circuito ya no estará disponible para otros usuarios. Este tipo de redes también se utiliza en la red telefónica fija.

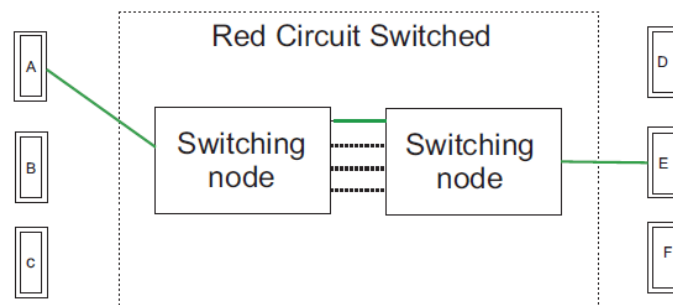


Figura 2.12 Red Circuit Switched. Construida a partir de *System Description - WCDMA RAN*, por Ericsson, 2015.

Otra característica de la segunda generación fue la utilización de TDMA y CDMA, lo que permitía hasta ocho usuarios utilizando los canales separados por 200 MHz, sin embargo, aún necesitaba de una gran brecha de espectro entre usuarios para evitar interferencias. Los protocolos de codificación utilizados en 2G fueron más sofisticados que en 1G al tener diferentes niveles de encriptación, lo que permitió agregar seguridad, además de que soportaban tasas de transmisión de voz más altas, aunque no lo suficientemente rápidas para comunicaciones de datos.

Para el caso de 2G, la arquitectura de la red (ilustrada en la figura 2.13) es bastante similar para la mayoría de los sistemas celulares. De acuerdo a la arquitectura básica, los principales elementos son el *Network Switching Subsystem (NSS)*, y la *Base Station Subsystem (BSS)*. El NSS está conformado por:

- *Mobile Switching Centre* o Centro de Conmutación de Servicios Móviles (*MSC*): Tiene la función de interconectar usuarios de diversas redes telefónicas (*Public Switched Telephone Network - PSTN*, *Public Land Mobile Network - PLMN*, *Integrated Services Digital Network - ISDN*) con los de la red móvil o entre la red móvil. Mantienen las bases de datos para tratar las peticiones de llamada de los usuarios.



- *Home Location Register* o Registro de localización local (*HLR*): Almacena los datos estáticos más significativos relativos al abonado móvil, cuando éste se registra en ella, así como los datos variables asociados a su movilidad.
- *Visitor Location Register* o Registro de posiciones de visitantes (*VLR*): Almacena toda la información sobre el abonado móvil que entra en su zona de cobertura temporalmente, lo que permite al MSC establecer llamadas tanto terminales como salientes.
- *Authentication Centre* o Centro de Autenticación (*AUC*): Asociado al HLR, diseñado para proteger la comunicación contra la intrusión y el fraude.
- *Equipment Identity Register* o Registro de identificación de Equipo (*EIR*): Encargado de controlar el acceso a la red, evitando el empleo de equipos móviles no autorizados.
- Centro de operación y mantenimiento (*OMC*): Realiza las funciones de operación y mantenimiento propias del sistema, estableciendo correctamente los parámetros que controlan los procedimientos de comunicación.

La *Base Station Subsystem* (*BSS*) se integra por:

- *User Equipment* o Equipo del usuario (*UE*): Se comunica con la red a través de una interfaz radio.
- *Base Transceiver Station* o Estación Transceptora base (*BTS*): Contiene a los transmisores y receptores radio para cubrir una determinada área geográfica (una o más celdas). También se le conoce como sitio o Radio base.
- *Base Station Controllers* o Controlador de estación base (*BSC*): Coordina la transferencia de llamadas entre distintas BTS, con el objetivo de mantener la continuidad y la potencias con que estas emiten, para evitar interferencia.

La red también tiene una extensión a la red de telefonía fija.

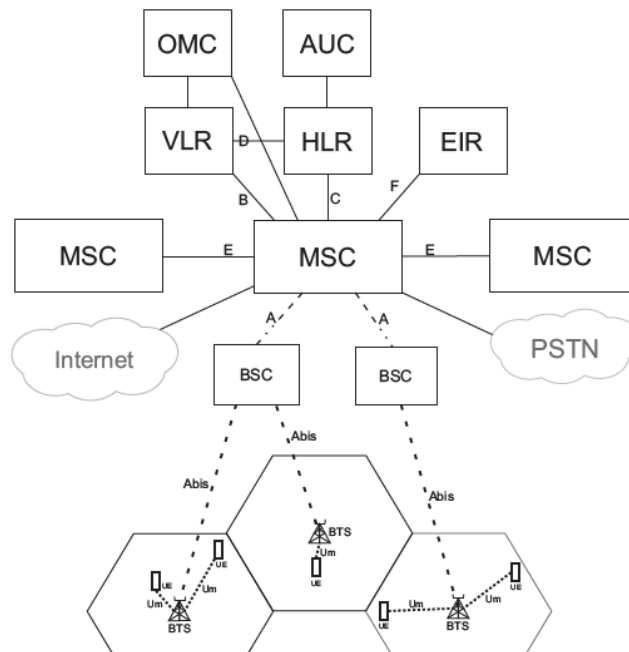


Figura 2.13 Red 2G. Construida a partir de *System Description - WCDMA RAN*, por Ericsson, 2015.

Este diseño permite que las interfaces entre los elementos de la red se puedan estandarizar. La interoperabilidad y estandarización de los sistemas de la segunda generación ha sido de suma importancia dentro de la telefonía móvil ya que ha permitido a los operadores emplear a diferentes fabricantes de equipo (MSC y BSC) sin que existan problemas de comunicación entre ellos. El enlace que se establece de la estación radio base al usuario es en enlace de bajada (*downlink*) mientras que en enlace del usuario hacia la estación base es el enlace de subida (*uplink*).

Todos los sistemas del BSS se han definido utilizando el modelo Open System Interconnecton (OSI):

- Capa 1 – Física: Permite la transmisión física (TDMA, CDMA, FDMA).
- Capa 2 – Enlace de Datos: Multiplexación de una o más conexiones de capa 2 en canales de control o señalización, detección de errores, control de flujo, aseguramiento de la calidad de transmisión, ruteo.
- Capa 3 – Red: Administración de la interfaz de aire, manejo de los datos de localización, identificación del suscriptor, administración de servicios agregados (SMS, ruteo de llamadas).

Las interfaces entre los elementos de la red son:

- Interfaz Um: Es la interfaz de radio utilizada entre el equipo del usuario y la radio base.
- Interfaz A: Es la interfaz entre la BSC el MSC y es una aplicación del sistema de señalización por canal común.
- Interfaz A-bis: Es la interfaz entre la BSC y la BTS.
- Interfaz B: Es la interfaz entre el MSC y el VLR.
- Interfaz C: Es la interfaz entre el MSC y el HLR.
- Interfaz D: Esta interfaz es entre el HLR y el VLR
- Interfaz E: Esta interfaz es entre MSCs.
- Interfaz E: Interfaz es entre el MSC y el EIR

Con 2G, los operadores comenzaron a ofrecer servicios auxiliares, como datos, fax y *Short Message Service (SMS)*. Las tecnologías predominantes de esta generación son: *Global System for Mobile Communications (GSM)*, *Interim Standard 95 (IS-95)* o *cdmaOne*, *Interim Standard 136 (IS-136)* o *Dual Mode AMPS* (conocido también como TIA/EIA136, ANSI-136 o D-AMPS) y *Personal Digital Communications (PDC)*, éste último utilizado en Japón; las cuales se describen a continuación:

### II.III.I IS-95 (Interim Standard 95) o cdmaOne

El IS-95 es un estándar, desarrollado por Qualcomm que describe un sistema inalámbrico completamente basado en CDMA. Incluye a las mejoras: IS-95A (Estándar provisional) y el IS-95B Phase I y II. En 1997 se renombró a esta tecnología como *cdmaOne*.

IS-95A se publicó en julio de 1993 y describe la estructura de los canales CDMA de 1.25 MHz, el control de potencia del sistema, el procesamiento de la llamada, *hand off*, y las técnicas de registro para la operación del sistema; también provee conexiones de datos por conmutación de circuitos a 14.4 kbps. IS-95B es la segunda fase que provee hasta 64 kbps en conexiones de datos utilizando conmutación de paquetes. A esta mejora se le conoce como 2.5G y se describirá más adelante.

Entre sus características, se encuentra que ocupa un par de canales de 1.25 MHz del espectro en cada enlace, uno para *downlink* (869-894MHz), otro para *uplink* (824-849 MHz). En IS-95 se transmite por *Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS)*, que es un método de codificación de canal (previo a la modulación) en espectro ensanchado, el cual utiliza un código de *chipping* (en CDMA, cada tiempo de bit se subdivide en  $m$  intervalos cortos llamados chips) para incrementar la tasa de transmisión, lo que resulta en un incremento en el ancho de banda; las señales son separadas utilizando un código específico para cada usuario. A cada estación se asigna un código único de  $m$  bits, o secuencia de chips. El receptor realiza una operación de correlación de tiempo para detectar la señal deseada por medio del código único asignado a esa conexión por el transmisor. El control de potencia ajusta frecuentemente la potencia para evitar fallas en la señal por problemas de proximidad; el receptor requiere cierto nivel de señal a ruido, cuando el receptor se aleja del transmisor, la señal transmitida se reduce y a medida que la interferencia (que es leída como ruido) crece sobre la señal recibida, esta se corrompe y eventualmente es inusable. Los demás códigos son descartados por el receptor y considerados como ruido. Con CDMA, múltiples usuarios comparten un canal de radio; además elimina la necesidad de planificar la reutilización de frecuencias, sin embargo, si requiere de la planificación para asignar secuencias de códigos. Por otro lado, la sincronización en CDMA es fundamental, ya que un retardo o adelanto puede comprometer la lectura del receptor, el cuál puede llegar a descartar la señal al no coincidir con el código asignado; por esa razón, se basa en señales de referencia difundidas por un sistema GPS.

Entre los códigos utilizados por los sistemas IS-95 se encuentran:

- Códigos Walsh: Son códigos ortogonales (las correlaciones cruzadas son iguales a cero), utilizados para crear canales lógicos en los canales físicos de *uplink* y *downlink*.
- Códigos de pseudo ruido – *Pseudo Noise Codes (PN)*: Se utilizan para distinguir transmisiones de diferentes celdas. Son básicamente un número pseudo aleatorio, tienen una distribución uniforme y son independientes unos de otros. Se eligen secuencias de código que no son estrictamente ortogonales, aunque tienen ciertas características de autocorrelación y correlación cruzada; con esto existe cierta interferencia en la detección y no es necesario que las señales de los usuarios lleguen al receptor de forma totalmente sincronizada.

IS-95 tiene los siguientes identificadores:

- Identificador del dispositivo móvil o *Mobile Identifier (MIN)*: Es el número asignado al usuario por el operador. De 34 bits.
- Número de serie electrónico o *Electronic Serial Number (ESN)*: Asignado por el fabricante al equipo móvil. De 32 bits.
- Identificador del sistema o *System Identifier (SID)*: Es asignado por los reguladores de sistemas de telecomunicaciones a un área de servicio. De 15 bits.
- Identificador de red o *Network Identifier (NID)*: Es el identificador del proveedor de servicio. De 16 bits.
- *Pseudo noise code offset (PN Offset)*: Es la una secuencia aleatoria aplicada a la radiobase. Códigos Walsh. De 9 bits.
- Zona de registro o *Registration Zone*: Es la ubicación del área definida por el proveedor de servicio. De 12 bits.

IS-95 define dos tipos de canales:

- Forward channels: que va de la radio base al equipo del usuario
- Reverse channels: que va del equipo del usuario a la radio base.

Estos canales, se dividen a su vez en múltiples canales por frecuencia:

- *Pilot Channel* (Canal Piloto): Provee una referencia a todas las señales (beacon). Es transmitido constantemente por la radio base. También se utiliza para medir el RSSI (Received Signal Strength Indicator) para el hand off y abrir un loop para el control de potencia. El equipo del usuario procesa el canal piloto para encontrar a la señal más potente en el área al hacer un barrido de todos los PN offset, y así rastrear el canal de sincronización.
- *Sync Channel* (Canal de Sincronización): Utilizado para obtener información de temporización. La radio base se sincroniza por medio del GPS.
- *Paging Channel* (Canal de localización): Utilizado para localizar al equipo del usuario cuando tiene una llamada entrante.
- *Traffic Channel* (Canal de tráfico): Es el canal que lleva el tráfico de voz o datos.
- *Access Channel* (Canal de acceso): Es el canal de señalización.

La figura 2.14, muestra la composición de los canales Forward y Reverse:

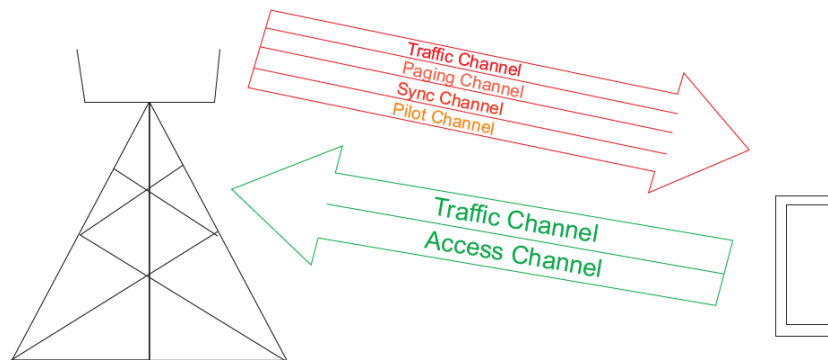


Figura 2.14 Canales IS-95. Construida a partir de *System Description - WCDMA RAN*, por Ericsson, 2015.

En IS-95, el MSC realiza un *soft hand off*. Si el equipo del usuario se aleja de la radio base, el equipo continuará incrementando su potencia de transmisión para mantenerse en contacto con la radio base; en cuanto entra a una región en la que puede detectar la señal de dos o más radio bases (generalmente en la orilla de cobertura de estas), el equipo rastrea la señal piloto de todas las radio bases vecinas que puede detectar y se conectará con todas simultáneamente a través del MSC, además, permanece en este estado mientras el MSC estima la calidad de las señales, hasta que la señal de una de las radio bases predomina. El dispositivo mantiene una lista de canales piloto que puede detectar y los clasifica en 4 categorías:

- *Active set*: son los canales piloto que se están utilizando actualmente por el equipo móvil (hasta tres pilotos).
- *Candidate set*: son los canales piloto que no se encuentran en el Active set, pero que tienen suficiente potencia de señal para demodulación.
- *Neighbour set*: son los canales piloto de las radio bases vecinas indicadas por la red a través del canal de paging.
- *Remaining set*: Todos los demás canales piloto en el sistema.

Después de la clasificación, se selecciona la que tiene mejor señal; entonces, el equipo de usuario se mantiene conectado a ésta y suelta la conexión con las otras radio bases, realizando así un *soft hand off*. Existen tres tipos de *soft hand off*:

- *Softer* (Figura 2.15a): Es el hand off que se realiza entre dos sectores de la misma célula
- *Soft* (Figura 2.15b): Entre sectores de dos células vecinas
- *Soft-softer* (Figura 2.15c): Se realiza entre dos sectores de la misma célula y un sector de la célula vecina.

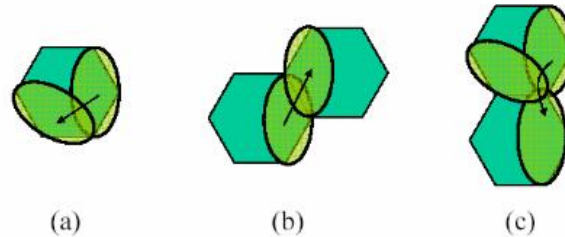


Figura 2. 15 Tipos de soft hand off. En *IS-95 (cdmaOne)* (p. 37), por D. Tipper, 2012.

Para el envío de mensajes SMS en un sistema IS-95, se utiliza un *pagging*, donde se conoce un número limitado de celdas donde el teléfono se encuentra, durante el proceso, se envían mensajes a todas las celdas registradas hasta que el equipo del usuario responde.

### II.III.II GSM

*Global System for Mobile Communicactions* (GSM) se desarrolló en Europa como una iniciativa de la Comisión Europea, de los Operadores de telecomunicaciones y de los Fabricantes de equipo de Comunicaciones de Europa; fue el primer sistema digital operado comercialmente de la segunda generación en 1991 y se ha utilizado en todos los países europeos, además de otros continentes. GSM se volvió muy popular debido a que proveía una mejora en la calidad de voz, y al ser un estándar internacional, hizo posible el uso de sólo un teléfono móvil alrededor del mundo. Entre los servicios que GSM ofrece se encuentra: voz, datos, SMS, fax, reenvío de llamadas, identificador de llamadas, buzón de voz, e-mail, soporte para roaming internacional, servicios inteligentes (manejo de fraudes y pre pago), entre otros; dando a los proveedores la posibilidad de ofrecer un nuevo y amplio rango de servicios.

La UIT asignó a GSM las bandas de frecuencia mostradas en la tabla 2.1:

Tabla 2.1 Frecuencias de GSM

|         | Uplink          | Downlink        |
|---------|-----------------|-----------------|
| GSM900  | 890 – 915 MHz   | 935 – 960 MHz   |
| GSM1800 | 1710 – 1785 MHz | 1805 – 1880 MHz |
| GSM1900 | 1850 – 1910 MHz | 1930 – 1990 MHz |

El método de acceso de GSM es una combinación de TDMA y FDMA. La parte de FDMA involucra la división por frecuencia del ancho de banda asignado de 25MHz en 124 portadoras espaciadas a 200 kHz, donde

una o más de estas portadoras son asignadas a una radio base, posteriormente, cada una de estas portadoras se divide por tiempo utilizando un esquema TDMA, creando así dos tipos de canales: físicos y lógicos.

Un canal físico es el medio sobre el cuál la información es llevada, en este caso, el canal físico es una fracción de la portadora; un canal lógico consiste en la información que el canal físico lleva. Una portadora puede llevar hasta ocho usuarios simultáneamente al dividirla en ocho periodos de tiempo, llamados time slots, por lo que cada canal físico ocupa a la portadora un octavo de tiempo. Los time slots se organizan en una secuencia de 0 a 7. Cada repetición de esta secuencia se denomina trama de TDMA. Cada usuario en llamada telefónica ocupa un time slot (y un canal físico) dentro de la trama hasta que la llamada termina u ocurre un *hand off*. Ver figura 2.16:

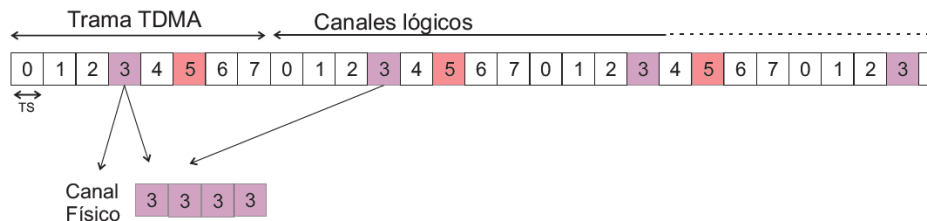


Figura 2.16 Canales lógicos y físicos GSM. Construida a partir de *GSM Channels*, por M. S. Iqbal, 2008.

A la información que un time slot lleva se le denomina burst; cada burst, que ocupa su time slot asignado dentro de la trama de TDMA, lleva 156.25 bits y proporciona un único canal físico que lleva un número variable de canales lógicos entre el equipo del usuario y la BTS. Un burst es una secuencia de bits que dura aproximadamente 0.577 ms, los ocho burst generan una trama TDMA la cual dura 4.165 ms. Varios canales lógicos son asignados a los canales físicos. La organización de los canales lógicos depende de la aplicación y dirección del flujo de información (uplink/downlink o bidireccional). Un canal lógico puede ser de tráfico (*Traffic Channel - TCH*), o de señalización; los canales de tráfico llevan voz y datos, los canales de señalización o control llevan información para la sincronización y señalización entre el equipo del usuario y la radio base.

GSM utiliza la modulación *Gaussian Minimum Shift Keying* o *Gaussian filtered Minimum Shift keying (GMSK)* que es una forma de modulación para sistemas digitales de radiocomunicación, la cual no tiene discontinuidad de fase y provee transmisión de datos con el uso eficiente del espectro. A diferencia de otros tipos de modulación *Phase Shift Keying (PSK)*, GMSK no extiende sus bandas laterales fuera de la portadora provocando interferencia a los canales vecinos.

La modulación GSMK está basada en *Minimum Shift Keying (MSK)*, la cuál es una forma de modulación por desplazamiento de frecuencia en fase continua. En estos tipos de modulación no hay discontinuidades de fase porque los cambios de frecuencia ocurren en los puntos de cambio a cero lógico de la portadora. Esto se debe a que la diferencia de frecuencia entre el 0 lógico y 1 lógico de la señal resultante es siempre igual a la mitad de la tasa de transmisión de datos.

Esto puede reducirse pasando a la señal de datos a través de un filtro pasa bajas gaussiano (respuesta en forma gaussiana a un impulso) antes de la modulación lo que suaviza las transiciones de fase de la señal durante la transmisión y así reducir el ancho de banda necesario. Los requerimientos de este filtro son

que debe hacer un corte acentuado, tener un ancho de banda estrecho y su respuesta al impulso no debe mostrar un rebasamiento. De esta manera, la señal MSK se convierte en modulación GSMK.

### II.II.III Otros sistemas de telefonía celular de 2G

#### II.II.III.I Interim Standard 136 (IS-136)

En Estados Unidos, se desarrolló el sistema IS-136 D-AMPS (Dual Mode AMPS) como una solución a la incompatibilidad de TDMA con la asignación de espectro del sistema anterior ocupado por la tecnología AMPS, también contaba con 30 kHz de ancho de banda por canal. Se introdujo en 1991 y su principal objetivo era proteger la gran inversión que los proveedores de servicio invirtieron en la tecnología AMPS. Los servicios de D-AMPS se lanzaron en más de 70 países (En marzo de 1999, había casi 22 millones de dispositivos TDMA), por lo que no representaba una buena estrategia un cambio abrupto en el sistema.

#### II.II.III.II Personal Digital Cellular (PDC)

Es el segundo estándar más grande de telefonía móvil, a pesar de que es exclusivamente utilizado en Japón donde se introdujo en 1994. Al igual que en GSM, se basa en TDMA.

#### I.II.III.III Personal Handyphone System (PHS)

Es un Sistema digital utilizado en Japón; fue lanzado en 1995 como una alternativa más barata a los sistemas celulares. Tiene áreas de cobertura menores a las de la telefonía celular, además de que su calidad es limitada en vehículos en movimiento.

### II.III.IV 2.5 G y 2.75 G

Una vez más, la generación de telefonía celular implementada (2G), no logró soportar la gran demanda de los usuarios y proveedores del servicio, quienes encontraron múltiples aplicaciones de la red; simultáneamente, la comercialización de los dispositivos móviles y la popularización de internet volvieron, de cierto modo, obsoleta a la segunda generación, obligando a la red de telefonía celular a adoptar las mejoras de la tercera generación, la cual apenas iba tomando forma.

Una de las mejoras de la tercera generación a 2G fue la implementación de una red de conmutación de paquetes (*Packet Switched*) para uso exclusivo de la transmisión de datos, adicional a la red de conmutación de circuitos, que permite a varios usuarios compartir un solo canal. 2G, como se menciona anteriormente, utiliza redes de conmutación de circuitos (*Circuit Switched*), donde el equipo del usuario y la radio base se comunican a través de un circuito exclusivo para un solo usuario; esto resultaba ineficiente ya que un canal transmitía una pequeñísima parte de la información total.

La conmutación de paquetes no requiere que se establezca una conexión antes de transmitir ya que, a diferencia de la conmutación de circuitos, los canales se encuentran disponibles para varios usuarios. Como se muestra en la figura 2.17, si el usuario A quiere enviar información al usuario G y al mismo tiempo

el usuario C está enviando información al usuario E, ambos usuarios acceden al mismo canal, donde la información es enviada a través de paquetes de bits, los cuales incluyen un encabezado que indica a la fuente y el destino del paquete. Ese encabezado es detectado por elementos en la red, los cuales determinan la ruta que se debe tomar para llegar al destino. Hacer eficientes los canales de comunicación disponibles al: hacer uso de un solo canal para varios usuarios, y utilizar parte de la infraestructura 2G con este nuevo método, se traduce en una reducción de costo por el servicio. Una desventaja de la conmutación de paquetes es que, si el número de usuarios incrementa a tal grado que la red no es capaz de procesar todos los paquetes enviados, esta se congestiona provocando que se descarten algunos de estos paquetes y la información no llegue completa al destino.

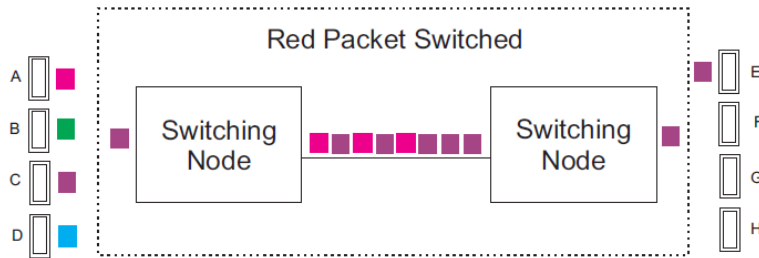


Figura 2.17 Conmutación de paquetes. Construida a partir de *System Description - WCDMA RAN*, por Ericsson, 2015.

Entre las tecnologías más comunes de 2.5G se encuentran:

- IS-95B cdmaOne: Desarrollado para CDMA como la continuación al IS-95.
- *General Packet Radio Service (GPRS)*: Desarrollado para el sistema GSM, que provee transferencia de datos a tasa moderada usando canales TDMA no utilizados en la red GSM.

#### II.III.IV.I IS-95B (Interim Standard 95B)

IS-95B es la segunda fase de IS-95, provee hasta 64 kbps en conexiones de datos utilizando conmutación de paquetes. Fue publicada en 1995 y define un estándar de compatibilidad para sistemas CDMA PCS (*Personal Communications Service*) 1.8 y 2.0 GHz. Se utilizó como un paso intermedio entre 2G y 3G, volviendo factible la migración de los proveedores del servicio a 3G.

#### II.III.IV.II GPRS (General Packet Radio Service)

GPRS es la mejora de GSM a la transferencia de datos, la cual agrega protocolos de conmutación de paquetes, acorta el tiempo de configuración para las conexiones ISP, y hace viable el cobrar por la cantidad de datos enviados en lugar de cobrar por el tiempo de conexión. GPRS soporta tasas de transmisión de datos flexibles al igual que una conexión continua a la red.

Al implementar la red de conmutación de paquetes, fue necesario agregar nuevos elementos a la tecnología GSM como *Servicing GPRS (SGSN)* y *Gateway GPRS (GGSN)*; a esta parte de la red encargada de manejar los datos es conocida como red core de paquetes o *Packet Core Network*. Adicional al SGSN y GGSN, la red también contiene routers IP, servidores firewall y *Domain Name Servers (DNS)*. Esto permite



el acceso inalámbrico a internet alcanzando hasta 150 kbps en óptimas condiciones. GMSK sigue siendo el método de modulación de GSM.

#### II.III.IV.III EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution)

EDGE es la tecnología que mejora el ancho de banda de la transmisión de datos en GPRS. Esto se hizo al utilizar métodos de codificación más sofisticados sobre internet y así incrementar la tasa de transmisión de datos.

Implementar EDGE fue relativamente fácil y requirió cambios menores al hardware y software de la red ya que utiliza la misma estructura de trama de TDMA, canales lógicos y ancho de banda de portadora de 200 kHz de la red GSM; además de usar GMSK, EDGE usa *8 Phase Shift Keying (8PSK)* para los cinco niveles superiores de nueve esquemas totales de modulación y codificación. En los cuatro primeros niveles se utiliza GMSK. La utilización de 8PSK produce una palabra de 3 bits por cada cambio en la fase de la portadora. Con esto se triplica el ancho de banda disponible que brinda GSM.

EDGE también agrega una nueva tecnología que no se encuentra en GPRS, la Redundancia Incremental, la cual, en vez de retransmitir los paquetes de información alterados, envía más información redundante que se combina en el receptor, lo cual incrementa la probabilidad de una decodificación correcta.

### II.IV Tercera Generación – 3G (IMT 2000)

A estas alturas, la tecnología de la telefonía celular dependía básicamente de en qué parte del mundo se localizaba un usuario. La tecnología utilizada en Europa no era la misma que en Estados Unidos o Asia, lo que causaba que un usuario tuviera que utilizar un dispositivo e identificador exclusivo para la parte del mundo en la que se encontrara, lo cual no resulta eficiente ni amigable para los miles de usuarios que requerían de movilidad dentro de la red. Es por esto que, en 1986, la UIT comenzó a trabajar en una red y sistema que proveyera servicio independientemente de la plataforma de tecnología y que el diseño de su red sea el mismo mundialmente. Es así como en el año 2000, la aprobación unánime de las especificaciones del sistema de la tercera generación dio paso al concepto *International Mobile Communication 2000 (IMT-2000)* como la guía para cada estándar de la tercera generación (3G) para las comunicaciones móviles. Esto significó que, por primera vez, habría completa interoperabilidad e interfuncionamiento de los sistemas móviles y es el resultado de la colaboración de varias entidades dentro y fuera de la UIT (UIT-R *sector de Radiocomunicaciones*, UIT-T *sector de normalización de Telecomunicaciones*, *3rd Generation Partnership Project - 3GPP, 3GPP2*, por mencionar algunos).

IMT-2000 ofrece la capacidad de proveer servicios de valor agregado y aplicaciones basándose en un solo estándar; prevé una plataforma para distribuir servicios de voz, datos, internet y multimedia. Una de sus principales visiones es ofrecer roaming global, permitiendo a los usuarios moverse por las fronteras utilizando el mismo número y dispositivo. IMT-2000 cuenta con las siguientes características:

- Flexibilidad: Con un gran número de adquisiciones y consolidaciones ocurriendo en la industria móvil, y la introducción en mercados externos, los operadores querían evitar tener que soportar un amplio rango de diferentes interfaces y tecnologías. Esto seguramente hubiera obstaculizado el crecimiento de 3G mundialmente. El estándar IMT-2000 provee alta flexibilidad al sistema,

capaz de soportar un amplio rango de servicios y aplicaciones. El IMT-2000 aloja 5 posibles interfaces de radio basadas en tres diferentes tecnologías de acceso: FDMA, TDMA, CDMA.

- Asequibilidad: Hubo un acuerdo entre la industria, en el que 3G debería ser asequible, para alentar a su adopción por parte de los consumidores y operadores.
- Compatibilidad con los sistemas existentes: Los servicios de IMT-2000 deben ser compatibles con los sistemas existentes. Los sistemas 2G, seguirán existiendo por algún tiempo, y la compatibilidad con estos sistemas debe asegurarse a través de efectivos planes de migración.
- Diseño Modular: La visión de los sistemas IMT-2000 es que deben ser fácilmente expandibles para permitir el crecimiento de usuarios, áreas de cobertura, nuevos servicios con el mínimo de inversión inicial.

IMT-2000 no estandarizó una tecnología, si no una serie de requerimientos que se deben cumplir para incluirse en las tecnologías 3G. En 1990, el *World Administrative Radio Conference (WARC)* identificó a las bandas de radio frecuencia de 1885-2025 MHz y 2110-2200 MHz como el espectro común a nivel mundial para 3G. IMT-2000 también apunta a la entrega de servicios a una tasa de transmisión mínima de 2 Mbps sin movimiento y 348 kbps en movimiento (vehículos).

Las redes 3G permiten a los operadores de servicio ofrecer a los usuarios un amplio rango de servicios más avanzados y mayor capacidad a través de las mejoras en el uso eficiente del espectro. Entre los servicios ofrecidos se encuentran: telefonía de cobertura amplia, video llamadas, y datos de banda ancha.

La UIT aprobó una serie de tres estándares:

- *CDMA 2000*: Es el estándar utilizado en Estados Unidos, y es considerado la competencia directa de UMTS. Es la evolución de los sistemas IS-95.
- *Universal Mobile Telephone Service (UMTS)*: Fue impulsado por la ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*) durante 1998 y fue lanzado en 2003 en Europa. Es el estándar utilizado en Europa, sin embargo, también es el estándar dominante fuera de Estados Unidos y líder mundial en 3G. Es visto como el siguiente paso de los sistemas GSM/TDMA.
- *Time Division Synchronous Code Division Multiple Access (TD-SCDMA)*: Es el estándar 3G utilizado en China.

Cada uno de estos estándares asigna un nombre diferente a cada uno de sus elementos, a pesar de que tienen la misma función en la red en cualquier estándar. Al igual que en 2.5G, 3G mantiene la combinación de la conmutación de circuitos para voz y conmutación de paquetes para datos en su red.

#### II.IV.I CDMA2000 1x

CDMA2000 es la evolución a 3G de cdmaOne que cumple con los requerimientos establecidos por el IMT-2000. Al ser una evolución de cdmaOne, CDMA2000 es totalmente compatible con su versión 2G, además de que reutiliza sus estándares para la interfaz de aire y red, sin embargo, un cambio de CDMA2000 incrementa los códigos Walsh de 64 a 128 para el *downlink*. Por otro lado, algunas de las mejoras a IS-95A que CDMA2000 retoma de IS-95B son la introducción de una red de conmutación de paquetes exclusiva para la transmisión de datos denominada *Packet Core Network*. Packet Core Network utiliza un sistema basado en protocolos de internet (IP), como lo es el modelo OSI.

El modelo OSI está formado por siete capas, las cuales trabajan de manera independiente estableciendo cada una de ellas la comunicación con la capa superior o inferior. La figura 2.18 muestra el esquema del modelo OSI aplicado a Packet Core Network de CDMA2000:

- Capa Física (Capa 1 del Modelo OSI)

La capa física de CDMA2000 se refiere a los canales a través de los cuales la radio base se comunica con el equipo del usuario y viceversa. CDMA2000 requiere un ancho de banda de 3.75 MHz debido a la tasa de transmisión requerida para el sistema. La capa física se encarga de la codificación y modulación requeridos por subcapas superiores que coordinan el multiplexado y de-multiplexado, además de proveer calidad de servicio (QoS). CDMA2000 utiliza dos técnicas de modulación para expandir la información sobre el ancho de banda: *Direct Sequence Spread Spectrum Modulation* (explicada previamente en cdmaOne, en la cual se ocupa sólo una portadora que ocupa todo el ancho de banda) y *Multicarrier Modulation*, la cuál es una técnica para transmitir datos sobre múltiples portadoras y opera dividiendo el flujo de datos en varias señales con tasas de transmisión más bajas, cada una de estas señales es utilizada para modular una sola portadora.

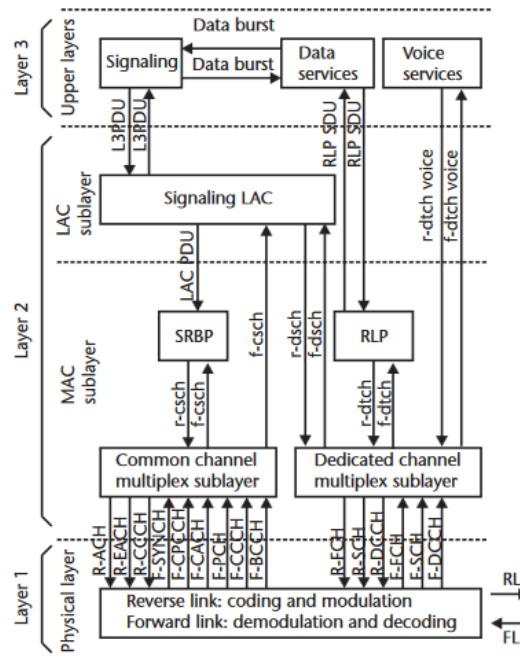


Figura 2.18 Esquema del modelo OSI aplicado a CDMA2000. En *3G CDMA2000 Wireless System Engineering* (p. 4), por S. C. Yang, 2004.

La capa física requiere del uso de canales dedicados y canales comunes. Los canales comunes llevan información de la radio base a varios dispositivos móviles al mismo tiempo; los canales dedicados son los enlaces forward y reverse (similares a los canales forward y reverse de cdmaOne) que llevan la información entre la radio base (o NodoB) y el equipo del usuario:

- Forward link: Contiene canales piloto, de sincronización, pagging y tráfico; además incluye canales suplementarios para la transmisión de datos (soportan una tasa de transmisión entre 9.6 a 307.2 kbps) y canales de control dedicados para señalización e información del control de potencia.

- Reverse link: Contiene canales de acceso y tráfico; en este caso, se agrega un canal piloto que vuelve eficiente la demodulación de información, y lleva información sobre el control de potencia en el proceso de multiplexado del Forward Channel. En CDMA2000, un dispositivo móvil utiliza varios canales al mismo tiempo para multiplexar y transmitir datos.

- Capa Enlace de Datos (Capa 2 del Modelo OSI)

La siguiente capa del modelo OSI (capa 2) aplicado a CDMA2000 es la Capa de Enlace de Datos. En CDMA2000, la capa 2 se divide en 2 subcapas: *Media Access Control* - Control de Acceso al Medio (MAC) y *Link Access Control* - Control de Acceso al Enlace (LAC).

- *Medium Access Control* (MAC): Esta subcapa sirve como una interfaz entre la capa física y la subcapa LAC. MAC controla el acceso de capas superiores y varios usuarios al medio físico compartido (interfaz aérea). La principal función de la subcapa MAC es multiplexar canales lógicos transmitidos en diferentes canales físicos y de-multiplexar los canales físicos recibidos en los diferentes canales lógicos. La subcapa MAC, a su vez, tiene cuatro entidades (o subcapas): *Common Chanel Multiplex Sublayer* (CCMS), *Dedicated Channel Multiplex Sublayer* (DCMS), *Signaling Radio Burst Protocol* (SRBP) y *Radio Link Protocol* (RLP). Las subcapas de multiplexación (CCMS, DCMS) se dedican a multiplexar y de-multiplexar a los canales físicos y lógicos; SRBP se encarga de controlar el procesamiento de mensajes de señalización del canal común, insertado en la interfaz aérea; y RLP es el protocolo responsable de entregar y recibir los paquetes de datos del usuario, también controla los errores que la capa física introduce.
- Link Access Control (LAC): Esta subcapa cuenta con una entidad llamada *Signaling LAC* que ejecuta un protocolo de enlace de datos, el cuál asegura que los datos de señalización generados por capas superiores se entreguen correctamente a través de la interfaz aérea. LAC permite entregar confiablemente los datos de señalización sobre los canales dedicados y comunes de la subcapa MAC. LAC también se encarga de la calidad del servicio (QoS) que requiere cada entidad de las capas superiores garantizando una entrega libre de errores. Para asegurar que la entrega de datos es confiable, LAC depende de cinco subcapas: *Authentication*, *Addressing*, *Automatic Repeat Request* (ARQ), *Utility* y *Segmentation and Reassembly* (SAR).

- Capas Superiores (Capas 3 a 7 del modelo OSI)

Las capas superiores de CDMA2000 se encargan de los servicios ofrecidos y se clasifican en las siguientes categorías:

- Servicios de Voz: Es la parte de la telefonía de voz, incluye el acceso a la PSTN y servicio de dispositivo móvil a móvil.
- Servicios de Datos: Entrega la información del usuario por medio de paquetes de datos.
- Señalización: Controla la operación del dispositivo móvil mediante el envío de mensajes entre este y la radio base. Esta señalización se lleva a cabo mediante estados (Inicialización, inactivo *idle*, acceso al sistema, control de tráfico y registro).

Por otro lado, a pesar de que la arquitectura de red de CDMA2000 tiene varias similitudes a los elementos de una red 2G, 3G agrega elementos para el procesamiento de paquetes de datos. Estos elementos son:

- *Packet Data Serving Node (PSDN)*: En una red 3G, el PSDN es el elemento que permite el servicio de datos a través de la conmutación de paquetes. Esencialmente es un router que envía el tráfico de datos a una red pública, por ejemplo, internet. El PSDN es análogo al MSC en una red de conmutación de paquetes.
- *Authentication, Authorization and Accounting (AAA)*: Es un servidor que proporciona los servicios de autenticación, autorización y contabilidad para el PSDN. Cuando un dispositivo móvil solicita acceder al servicio de datos, debe pasar por al menos dos niveles de autenticación. Primero por la autenticación que le permite establecer una conexión de radio (en base a la información del suscriptor), una vez asignada la conexión debe autenticar el servicio de datos (realizado por el AAA), si pasa la autenticación, se autoriza el servicio. La parte de contabilidad recolecta la información del uso del servicio de datos, la cual pasa a una aplicación de facturación del servicio.

Además, en CDMA2000, existen dos soluciones para dirigir el tráfico de datos de y a un dispositivo móvil de una página web, otro dispositivo móvil, independientemente de su ubicación; una es *Simple IP* y la otra *Mobile IP*. En *Simple IP*, cuando un dispositivo móvil desea acceder a una página web y se encuentra en su home PSDN (donde el usuario fue registrado al suscribirse) tiene asignada una dirección IP 'H.H.H.H', y el servidor en internet una dirección IP 'S.S.S.S'; con estas dos direcciones, los paquetes de datos que se envíen y reciban entre el dispositivo y la página de internet sabrán a donde dirigirse, siempre y cuando el dispositivo móvil esté dentro de su Home PSDN. Cuando el dispositivo se mueve de su Home PSDN a un Foreign PSDN (cualquier PSDN diferente a donde fue registrado al suscribirse), el *hand off* de una radio base a otra se realiza de manera cotidiana, sin embargo, la conexión de datos se pierde ya que la dirección IP del dispositivo ya no es H.H.H.H, por lo que el paquete que debe recibir se perderá., para solucionar este problema se utiliza Mobile IP. Mobile IP permite, a través del Home Agent y Foreign Agent alcanzar al dispositivo móvil a pesar de que este se haya cambiado de PSDN; los paquetes enviados por el servidor a la dirección H.H.H.H son interceptados por el Home Agent el cual enruta los paquetes al Foreign Agent, que tiene a la dirección IP F.F.F.F registrada como la nueva dirección del dispositivo móvil, enviándolos así al dispositivo. El Home Agent y Foreign Agent hacen las veces del HLR y VLR para los circuitos de tráfico de voz.

- Home Agent (HA): Es un router que provee las funciones de Mobile IP, aquí reside la dirección IP Home del dispositivo.
- Foreign Agent (FA): Es un router que recibe los paquetes enviados del Home Agent y los entrega al dispositivo que se encuentra actualmente registrado en este router con una dirección provisional F.F.F.F.

Estos cuatro elementos conforman a la red de paquetes (Packet Core Network) ilustrada en la figura 2.19. Los demás elementos dentro de la red CDMA2000 funcionan de la misma manera que en cdmaOne, con la única diferencia que ahora, la radio base o BTS es llamada NodoB y realiza el direccionamiento del tráfico de voz al MSC y el tráfico de datos a la PSDN.

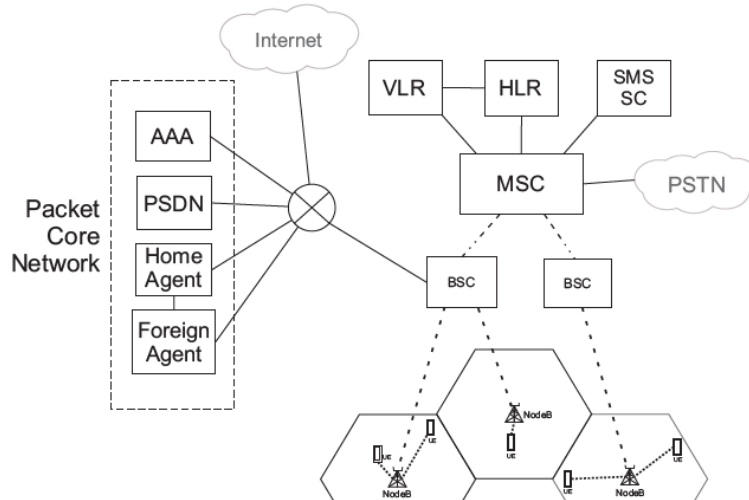


Figura 2.19 Arquitectura de la red CDMA2000. Construida a partir de *System Description - WCDMA RAN*, por Ericsson, 2015.

Existen tres etapas en la evolución de CDMA2000 definidos en tres estándares aprobados por el IMT-2000: CDMA2000 1x, CDMA2000 1xEVDO, CDMA2000 1xEVDOV:

#### II.IV.I.I CDMA2000 1xRTT (1 times Radio Transmission Technology) - IS-2000

Conocido también como: 1x, 1xRTT, CDMA2000 1X, y cdma2000. Opera con canales de 1.25 MHz duplicando la capacidad de voz de cdmaOne. Un usuario puede tener múltiples códigos Walsh en canales suplementarios para mejorar la tasa de transmisión de datos, logrando así una tasa promedio de 144 kbps.

#### II.IV.I.II CDMA2000 1xEV-DO (1 times Evolution–Data Optimized) - IS-856

A estas alturas, muchos de los servicios que los proveedores ofrecían sólo requerían conexión de datos, por lo que CDMA2000 1xEV-DO dedica un canal 1x de 1.25 MHz para únicamente el tráfico de datos. Si se requieren servicios de voz, se utiliza otro canal 1x estándar. EV-DO también utiliza TDMA (el forward link es multiplexado mediante TDD con un usuario por canal y un canal por time slot de duración 1.6ms) para lograr la tasa de transferencia necesaria y mantener la compatibilidad con CDMA2000 1x; las tasas de datos que se alcanzaron con EV-DO son 2.4 Mbps de *downlink* y 153 kbps de *uplink*. EV-DO combina múltiples portadoras por medio de la modulación multicarrier para obtener tasas de datos mayores.

En cuanto a la arquitectura de la red EV-DO, las radio bases se denominan Access Network (AN) y los dispositivos móviles, Access Terminals (AT). Las AN envían y reciben información de los dispositivos a diferentes tasas de transmisión para optimizar el ancho de banda disponible, las tasas varían entre 38.4 kbps a 2.457 Mbps de *downlink* y 9.6 a 156.3 kbps de *uplink*. Para que las AN puedan adaptar la tasa de transmisión, verifican constantemente a las señales piloto con el objetivo de conocer las condiciones del canal y así evaluar cuál es la tasa de transmisión máxima que es capaz de recibir. La modulación en EV-DO depende de la tasa de transmisión, es decir, para tasas bajas se utiliza QPSK y para altas 8-PSK o 16-QAM.

### II.IV.I.III CDMA2000 1xEV-DV (1 times Evolution–Data & Voice)

A diferencia de 1xEV-DO, 1xEV-DV es capaz de transmitir voz, datos 1x y datos de alta tasa de transmisión (EV-DO) al mismo tiempo en el mismo canal; también mejora la calidad de servicio (*Quality of Service - QoS*) durante la transmisión y ofrece tasas de transmisión de datos *downlink* de hasta 3.1 Mbps, y *uplink* de hasta 1.8 Mbps. En el 2005, Qualcomm detuvo el desarrollo de EV-DV, debido a la falta de interés por parte de las operadoras, que ya se encontraban utilizando EV-DO.

### II.IV.II UMTS (Universal Mobile Telephone Service)

UMTS, con nombre oficial *3GPP System Release 99*, es la evolución de GSM y GPRS a la nueva generación; el cambio más considerable entre 2G y 3G es el método de acceso a la red: WCDMA. *Wide-band Code Division Multiple Access* es la evolución de CDMA y es la base del *UMTS Terrestrial Radio Access Network (UTRAN)* que es básicamente una parte de la arquitectura de la red.

WCDMA es una técnica de espectro ensanchado, que utiliza canales con ancho de banda mucho mayor al ancho de banda de la información a transmitir, de ahí el Wide-band CDMA. Al igual que en CDMA, WCDMA utiliza DSSS para poder codificar la información sobre todo el ancho de banda disponible. WCDMA cuenta con un canal con ancho de banda de 5MHz, que a comparación de un canal CDMA de 1.25MHz, tiene capacidad para llevar más de 100 llamadas de voz simultaneas o transmitir datos a tasas de hasta 2 Mbps en su formato original; también cuenta con especificaciones que permiten *Frequency Division Duplex (FDD)* y *Time Division Duplex (TDD)*.

FDD se emplea al tener el *uplink* y *downlink* en diferentes frecuencias con un espacio entre estos de 190 MHz. TDD se emplea al dividir el tiempo del *uplink* y *downlink* entre los usuarios y la radio base creando así varios canales para llevar la información. Un canal está dividido en tramas de 10 ms, las cuales se forman por quince time slots de 666  $\mu$ s. En el *downlink*, hay más divisiones de tiempo para agregar campos de control y datos del usuario a los timeslots. En el *uplink*, se utiliza modulación de doble canal para que datos y control se transmitan simultáneamente. Los canales de WCDMA se organizan en tres capas, lógicas, de transporte y físicos (figura 2.20):

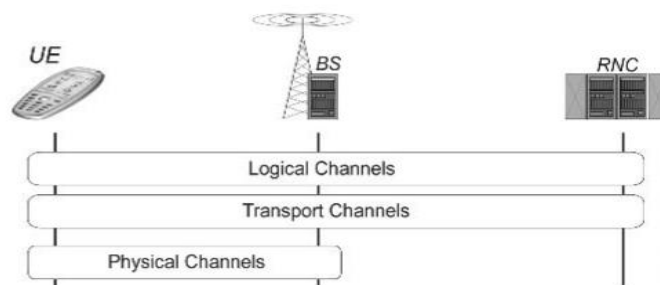


Figura 2.20 Canales WCDMA. En *UMTS Networks: Architecture, Mobility and Services* (p. 66), por Kaaranen H., Athiainen A., Laitinen L., Naghian S., Valtteri N., 2005.

- **Canales lógicos:** Los canales lógicos describen los tipos de información que se va a transmitir o la información que se va a transmitir. Los canales lógicos no son en realidad canales como tales, sino que pueden entenderse como tareas diferentes que la red y el dispositivo móvil

necesitan llevar a cabo en diferentes momentos. Estas estructuras se mapean a los canales de transporte que realizan la transferencia de información entre el dominio del dispositivo al dominio de acceso.

- **Canales de transporte:** Los canales de transporte describen cómo se transmitirá la información de los canales lógicos. Los canales de transporte llevan diferentes flujos de información sobre la interfaz aérea entre el dispositivo móvil y la radio base (Interfaz Uu); el elemento físico que se encarga de mapear los canales de transporte a los canales físicos es la Radio Base o NodoB.
- **Canales físicos:** Los canales físicos son el medio de transmisión (señales de radio frecuencia) por la cual la información es enviada formando la interfaz física Uu entre el dispositivo móvil y la radio base o NodoB. Entre los canales físicos se encuentran los canales de sincronización, canales dedicados de *uplink* y *downlink*, canal piloto, paging. Los canales de sincronización se difunden utilizando códigos de sincronización primarios y secundarios. El código primario es el mismo para todas las radio bases que se transmite al principio de cada time slot y permite al dispositivo móvil sincronizarse con la radio base para saber cuándo comienzan y terminan los time slots. El código secundario se encarga de proveer la información sobre un time slot o trama en particular.

En WCDMA, el downlink utiliza la modulación QPSK con control de multiplexación de tiempo y flujo de datos; el uplink utiliza dos canales separados para evitar interferencias en las líneas de audio, los canales dobles (*dual channel phase shift keying*) se consiguen aplicando los datos del usuario codificados a la entrada del modulador *Dual-QPSK*.

Al igual que en CDMA, el transmisor de WCDMA mezcla la señal a transmitir con un código de pseudo ruido específico para cada usuario (PN) para esparcir la señal sobre todo el ancho de banda; después, el receptor extrae la señal recibida basándose en el mismo código PN.

WCDMA cuenta con diferentes tipos de *hand off* que se derivan de la evolución de CDMA; estos tipos de *hand off* son más confiables que los presentados por tecnologías 2G y dependen de varias circunstancias, los tipos básicos son:

- *Hard hand off:* Se realiza sin que exista un periodo de transición, lo que significa, romper la conexión con un canal, antes de establecer otra con un nuevo canal.
- *Soft hand off:* Cuando el dispositivo móvil se conecta a dos canales simultáneamente, antes de romper la conexión con el primero.
- *Softer hand off:* En este caso, el dispositivo móvil se comunica y establece conexión con más de un sector del mismo NodoB.
- *UMTS GSM inter Radio Access Technology (RAT) hand off:* Ocurre cuando el dispositivo móvil tiene que cambiar entre tecnologías de acceso al medio (UMTS a GSM).

El hecho de que haya un tipo de *hand off* entre tecnologías de acceso al medio, deriva de que estas no son compatibles entre sí; es decir, WCDMA y GSM no son compatibles ya que utilizan diferentes técnicas de acceso, lo que también significa que al añadir WCDMA a la red existente de GSM se deben agregar 2 nuevos elementos: el Controlador de Red de Radio - Radio Network Controller (RNC) y la Radio Base



WCDMA o NodoB. La fracción de la red que contiene a estos elementos de WCDMA se conoce como *UMTS Terrestrial Radio Access Network* o *UTRAN*.

UTRAN se divide en subsistemas denominados *Radio Network Subsystems (RNS)*. Un RNS consiste en un conjunto de elementos de radio y su elemento de control correspondiente; los elementos de radio o radio bases se denominan *NodoB* o *NodeB* y los elementos de control, *Radio Network Controller (RNC)*. Las RNS se conectan entre sí por medio de la interfaz interna *Iur*.

Como se muestra en la figura 2.21, además de la RNS, al igual que en CDMA2000, UMTS cuenta con dos conjuntos de elementos *Packet Switched (PS)* y *Circuit Switched (CS)*, los cuales manejan el tráfico a niveles superiores de las RNS. El conjunto de elementos CS se concentra en la *Circuit Switched Network*, que es básicamente la misma estructura que en 2G: MSC, HLR, VLR, EIR, AUC, más un *Gateway MSC (GMSC)* que se encarga de la interconexión de la red core UMTS y las redes externas PSTN, ISDN, internet, entre otras. El conjunto de elementos PS conforman la *Packet Switched Network*, la cual contiene también al HLR, VLR, EIR, AUC, más el *Gateway GPRS Support Node (GGSN)* que es una puerta de enlace entre el servicio de datos/paquetes UMTS y redes externas como Internet, y el *Serving GPRS Support Node (SGSN)* que maneja movilidad, sesiones, bases de datos del usuario, por mencionar algunas.

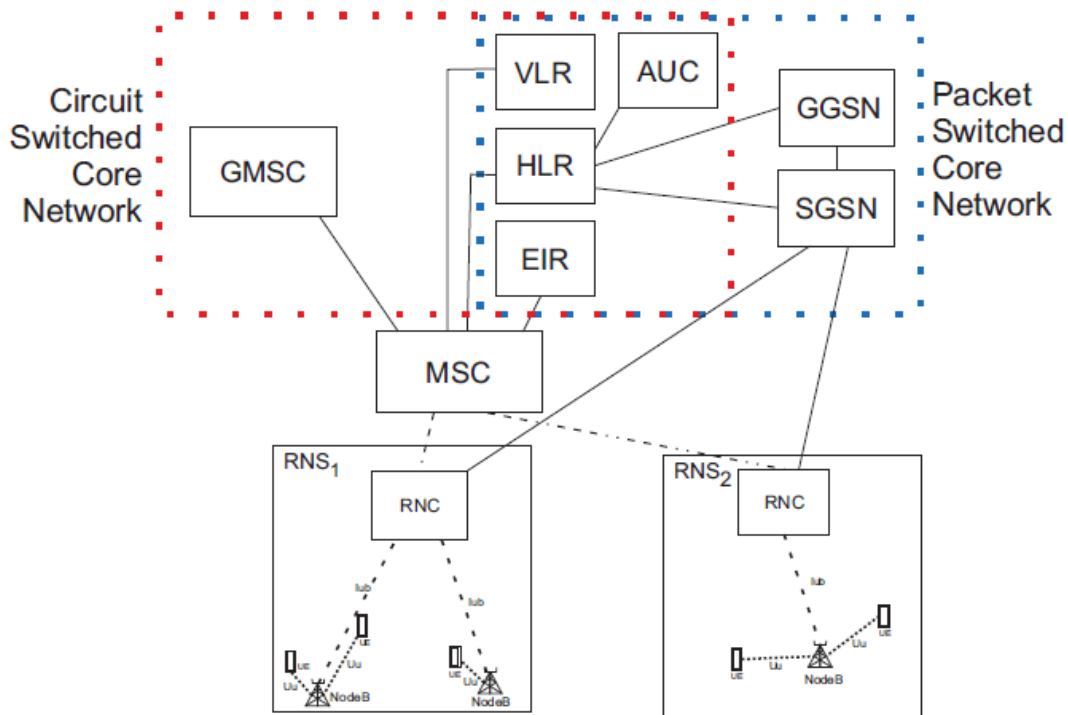


Figura 2.21 Arquitectura de la red 3G – UMTS. Construida a partir de *System Description - WCDMA RAN*, por Ericsson, 2015.

La red Core que UMTS utiliza se deriva de la misma de GSM, garantizando compatibilidad entre tecnologías. En UMTS, el dispositivo móvil o Equipo del Usuario (UE) se divide en dos partes separadas, una es el Equipo móvil (ME) u la otra es el Módulo de Identidad de Servicio, o *UMTS Service Identity Module (USIM)*.

#### II.IV.II.1 3GPP Release 4, Release 5, Release 6, Release 7

Versiones de UMTS posteriores al Release 99, son las R4, R5 y R6. La implementación de la R99 está basada en GSM, por lo que contiene dos redes diferentes con métodos de acceso diferentes, manejando tráfico CS y PS simultáneamente con tasas de transmisión variables.

Lo que se busca a partir del R4 es convertir los protocolos utilizados en este tipo de red de tal manera que todos los protocolos de transporte estén basados en IP, brindando escalabilidad al sistema al utilizar eficientemente IP. Uno de los cambios de esta versión es dividir al MSC en dos nodos que manejen un tipo diferente de capacidad cada uno, uno capacidad de conexión y otro al control de capacidad de conexión.

El objetivo del R5 es simplificar la estructura de la red utilizando IP en toda ella, desde el NodoB hasta la Red Core; los cambios que R5 realiza son sobre la red GPRS/EDGE para que tenga funciones similares a la UTRAN. En esta versión, se espera que la mayoría de los servicios utilizados sean asimétricos, es decir, que el *downlink* lleve una carga de información más pesada que el *uplink*; para manejar esto, se realizan cambios en la trayectoria *downlink* de UTRAN a los que se denominan *High Speed Downlink Packet Access (HSDPA)*. En el R6, se realizan los cambios necesarios en el *uplink* creando *High Speed Uplink Packet Access (HSUPA)*, con un enlace de *uplink* con un soporte mejorado de paquetes de datos. La combinación de HSDPA y HSUPA forman el 3G *High Speed Packet Access*.

HSPA provee beneficios significativos como la reducción en los retardos, mejora en las tasas de transmisión de datos sin procesar tanto de *downlink* (14.4 Mbps) como de *uplink* (5.74 Mbps). En el *downlink* utiliza 16QAM, un orden de modulación mayor que permite a los datos ser transmitidos a una mayor tasa; en el *uplink*, sigue utilizando QPSK, sin embargo, logra aumentar las tasas de transmisión de datos. HSPA también utiliza un intervalo de tiempo de transmisión (*Transmission Time Interval - TTI*) más corto, reduciendo el tiempo de viaje y latencia.

El siguiente paso en la evolución de WCDMA se nombró HSPA+ y apuntó a incrementar las tasas de transmisión aún más a hasta 42 Mbps de *downlink*; esto se logró utilizando una tecnología de antenas llamada *Multiple Input Multiple Output (MIMO)* y *Modulación de alto orden (MOC)* de hasta 64-QAM en el *downlink* y 16QAM en *uplink*.

#### II.IV.III 3G Long Term Evolution (3.9G) - Release 8

Durante la década de los 00's, hubo un rápido incremento en el uso de servicios de datos en las redes celulares, incluso más que el uso de servicios de voz; por lo que la siguiente evolución de 3G debía lograr tasas de transmisión mucho mayores a las de los Release 4 a 7 con mucha menor latencia en paquetes de datos.

El desarrollo del estándar en 3GPP Release 8 se agrupa en dos trabajos: LTE y SAE. *Long Term Evolution (LTE)* tiene como objetivo la evolución de la red de radio (*RAN*) y *System Architecture Evolution (SAE)* tiene como objetivo la evolución de la red *Packet Core*. El resultado de estos trabajos son la *Evolved UTRAN (E-UTRAN)* y el *Evolved Packet Core (EPC)*; juntos, E-UTRAN y EPC forman el *Evolved Packet System (EPS)* ilustrado en las figuras 2.22 y 2.23. En este estándar se define y especifica al dominio *Packet Switched* solamente, por lo que ahora, la parte RAN se denominará E-UTRAN y la parte *Core Network (CN)* se denominará EPC. Todas las interfaces especificadas en R8 deben ser estandarizadas y abiertas para su

fabricación multi vendedor. Hay dos interfaces estandarizadas S1, que es la interfaz utilizada entre EPC - E-UTRAN, y X2, utilizada entre eNodeBs.

SAE ofrece muchas ventajas sobre la topología de redes anteriores (2G, 3G) como: Capacidad de datos mejorada, arquitectura basada totalmente en IP, reducción de latencia a alrededor de 10ms, reduce gastos de capital y operación. SAE a través de EPC provee acceso a redes de datos externas (internet, redes corporativas) y servicios de operador (mensajes multimedia, broadcast). También realiza funciones relacionadas a la seguridad, información del suscriptor, facturación, movilidad entre técnicas de acceso (GETRAN, UTRAN, E-UTRAN, CDMA2000) y movilidad de los dispositivos inactivos. EPC se conforma por los nodos: *Mobility Management Entity (MME)*, *Home Subscriber Server (HSS)*, *Policy Charging Rules Function (PCRF)*, *Serving Gateway (SGW)* y *Packet Data Network Gateway (PGW)*.

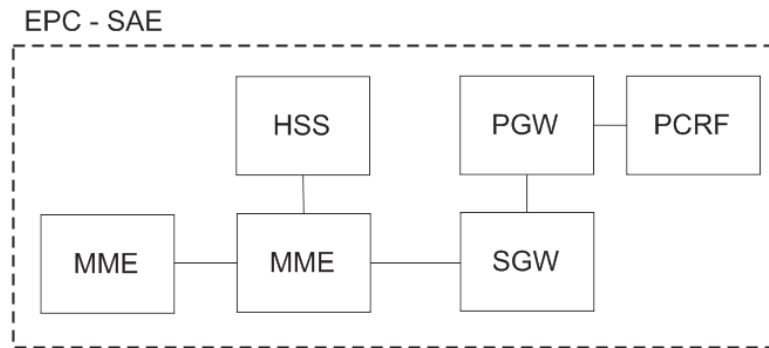


Figura 2.22 Arquitectura EPC – SAE. Construida a partir de *LTE/SAE System Overview Student Book*, por Ericsson, 2015.

- *Mobility Management Entity (MME)*

El MME es el nodo principal de control para el SAE; maneja la movilidad y sesiones de los usuarios. Entre sus funciones se encuentra:

- *UE attach/detach*: Es la conexión y desconexión del UE a la red.
- Seguridad: Autenticación y autorización de usuarios para acceder a la red, también registra las actividades del usuario mientras se encuentra conectado; además de encargarse del cifrado y protección de los mensajes de señalización.
- EPS Bearer: El Evolved Packet System Bearer Setup es un procedimiento para establecer una sesión de datos y está definido entre el UE y el PGW en el ECP. El MME maneja la activación, modificación y desactivación de los EPS Bearers.
- Manejo de movilidad de los UE en estado Idle: Los UE en modo Idle se rastrean con la granularidad de áreas de seguimiento. Un UE se encuentra en estado Idle cuando está en modo ahorro de energía, o simplemente no se encuentra realizando alguna tarea en tiempo real.
- Paging.
- Selección de Serving Gateway.
- Hand off intra LTE dependiendo de la ubicación del CN.
- Control de la movilidad entre las redes de acceso LTE, 3G o 2G.

- *Serving Gateway (SGW)*

El SGW envía los datos en el plano de usuario del UE al *Packet Data Network Gateway (PGW)* correcto. El UE se conecta al mismo SGW durante la sesión completa. Entre sus responsabilidades se encuentran:

- Mantener las rutas de datos entre los eNodeBs y los PGW
- Actúa como un ancla local para soportar la movilidad de los UEs entre eNodeBs dentro del área de servicio del SGW.
- Realiza el cobro a los usuarios en Roaming, es decir, usuarios que se encuentren conectados a un Packet Data Network Gateway diferente.
- Intercepción legal: Permite que la comunicación sea interceptada legalmente.

- *Packet Data Network Gateway (PGW o PDN Gateway)*

Provee conectividad al UE a redes IP externas, cumpliendo la función de entrada y salida de datos al UE. El UE puede estar conectado a varios PGW simultáneamente para acceder a varias redes IP. Sus funciones son:

- Control y aplicación de políticas QoS: Permite simplificar las solicitudes de EPS bearer setup, aumentar el control del operador sobre sus recursos de red.
- Filtrado de paquetes IP a y de redes externas IP
- Cobro: Es responsable de realizar el cobro a los usuarios por el tráfico de datos consumido de acuerdo a la tarifa que aplique por el servicio.

- *Home Subscriber Server (HSS)*

El HSS es la base de datos que contiene la información de suscripción del UE a la red EPS. El HSS almacena, por ejemplo, la ubicación del UE y parámetros de autenticación. Es una evolución del HLR.

- *Policy Charging Rules Function (PCRF)*

Es un servidor que despliega un conjunto de reglas creadas por el operador del servicio. Estas reglas definen como los recursos de la red deben ser asignados a los suscriptores y aplicaciones sobre qué condiciones. El PCRF se comunica con el PGW para manejar la información del suscriptor y la red de acuerdo a las reglas establecidas.

Para cumplir con la reducción de equipo y gastos de operación, la arquitectura LTE SAE retira una capa de manejo al remover el RNC dejando el manejo de los recursos de radio a los NodosB, llamados en E-UTRAN: eNodeB (eNB). Debido a esto, la E-UTRAN realiza todas las funciones relacionadas a la interfaz de radio para las terminales activas y se constituye solamente por eNodeBs.

El eNodeB es el nodo RAN en la arquitectura EPS; está conectado al MME y SGW por medio de una interfaz llamada S1 y a otros eNodeBs por medio de la interfaz X2. Entre sus responsabilidades y funciones se encuentran:

- La transmisión y recepción de radio a y de UEs.

- Control de la célula: Los eNBs tienen y controlan recursos de radio para sus propias células; estos recursos son solicitados y otorgados al MME de manera ordenada.
- Control de Movilidad: El eNB es responsable de controlar la movilidad de los UEs en estado activo, ya sea que requieran un *hand off* dependiendo del desempeño de la conexión.
- Cifrado de la información transmitida por el UE sobre la interfaz de radio/aérea, y de los mensajes de señalización.
- Manejo de los canales compartidos utilizados para señalización y primer acceso.
- Segmentación y concatenación de paquetes que puedan ser demasiado grandes para transmitirse sobre el bloque de transporte.
- *Hybrid Automatic Repeat reQuest (HARQ)*: Es una capa del control de acceso al medio que proporciona un medio para corregir rápidamente la mayoría de los errores del canal de radio.
- Multiplexación y mapeo de los canales lógicos en los canales de transporte.
- Funcionalidad de la capa física, es decir, codificación, diversidad de transmisión, modulación OFDM, adaptación del enlace, control de potencia.
- El eNB cuenta con funciones para configuración y recolección de mediciones del comportamiento del enlace de radio entre el eNB y el UE y variables internas del eNB.

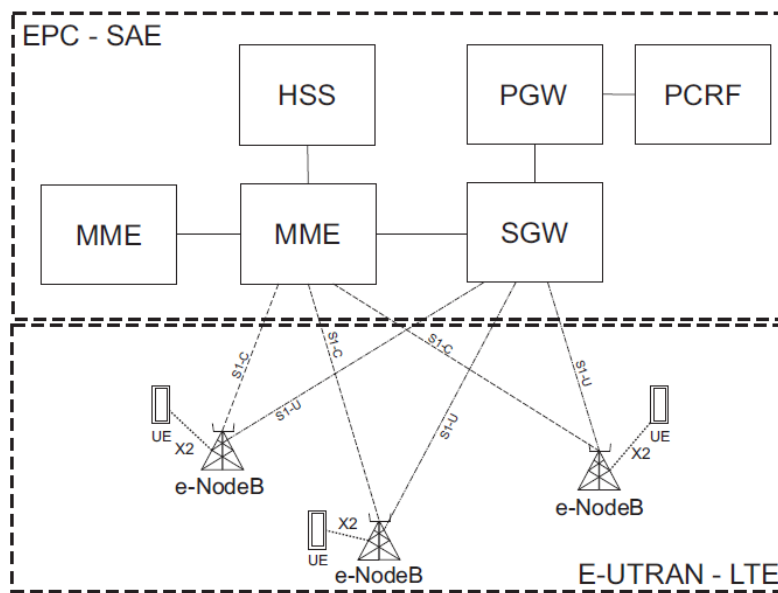


Figura 2.23 Arquitectura EPS. Construida a partir de LTE/SAE System Overview Student Book, por Ericsson, 2015.

E-UTRAN utiliza *Orthogonal Frequency División Multiplexing (OFDM)* como la interfaz aérea para *downlink* y *Single Carrier Frequency Domain Multiple Access (SC-FDMA)* para el *uplink*.

OFDM es una forma de transmisión que utiliza un gran número de sub portadoras espaciadas que se modulan a bajas tasas de datos. Los datos a transmitir se dividen entre todas las subportadoras para dar resistencia contra el desvanecimiento y el efecto multi trayectoria, haciendo a OFDM una modulación adecuada para altas tasas de datos. Cada sub portadora tiene una tasa de símbolo (o bit) lenta y un tiempo de símbolo largo lo que significa que el *Inter Symbol Interference (ISI)* es reducido. La energía de un solo símbolo se divide en varias trayectorias y las reflexiones llegan a su destino en diferentes intervalos de tiempo. El retardo entre varias de estas reflexiones es de 1 a 2  $\mu$ s en áreas urbanas y hasta 20  $\mu$ s en áreas montañosas, y se conoce como Retardo por esparcimiento. Si la duración del símbolo es menor a la del

retardo por esparcimiento de los símbolos anteriores se tiene interferencia entre símbolos, ISI. Las terminales LTE utilizan una duración de símbolo mayor al retardo por esparcimiento y para incluir al Prefijo Cíclico (CP) que es un periodo de guardia en el tiempo al principio de cada símbolo. Al ser, CP, mayor que el retardo por esparcimiento, se elimina completamente el ISI ya que cada reflexión es vista por el receptor como el mismo símbolo. Para los sistemas OFDM la longitud del símbolo es igual al recíproco del espaciado entre portadoras para lograr ortogonalidad; al ser ortogonales, no hay interferencia entre estas.

Los anchos de banda de canal que LTE define son: 1.4 MHz, 3 MHz, 5 MHz, 10 MHz, 15 MHz, 20 MHz; cuanto mayor sea el ancho de banda, mayor es la capacidad del canal. El espaciado entre sub portadoras es de 15 MHz.

SC-FDMA es la técnica utilizada para el *uplink* y se realiza de manera similar que para el *downlink* (OFDM). SC-FDMA es un formato híbrido que combina la relación bajo pico a promedio de la potencia de señal ofrecida por los sistemas Single Carrier (factor importante para la batería de los dispositivos móviles), con la resistencia a interferencias multi trayectoria y asignación flexible de sub portadora de OFDM.

Como se ha mencionado anteriormente, la red de telefonía requiere de transmitir de eNB a UE y UE a eNB simultáneamente para que los servicios de voz y datos no se vean afectados. Para que esto sea posible se necesita que el sistema de telefonía sea dúplex, para lo que se utiliza FDD y TDD. FDD requiere un espectro con bandas en par (una para downlink, otra para uplink); TDD requiere una sola banda para downlink y uplink, pero separada por tiempos. Un problema para los UE es que, si en determinada área LTE utiliza FDD, pero en otras LTE utiliza TDD, el UE debe ser capaz de diferenciar el tipo de división que se está utilizando en su ubicación actual. Es por esto que la UIT decidió asignar números a las bandas de frecuencia para diferenciar el tipo de división. FDD LTE utiliza las bandas 1 – 31, mientras que TDD LTE utiliza las bandas 33 – 44 (ver tabla 2.2).

Tabla 2.2 Bandas LTE

| FDD LTE    |  |            |  | TDD LTE    |             |
|------------|--|------------|--|------------|-------------|
| # de banda | Banda (MHz)                                | # de banda | Banda (MHz)                                | # de banda | Banda (MHz) |
| 1          | UL: 1920 – 1980<br>DL: 2110 - 2170         | 17         | UL: 704 – 716<br>DL: 734 - 746             | 33         | 1900 - 1920 |
| 2          | UL: 1850 – 1910<br>DL: 1930 - 1990         | 18         | UL: 815 – 830<br>DL: 860 - 875             | 34         | 2010 - 2025 |
| 3          | UL: 1710 – 1785<br>DL: 1805 -1880          | 19         | UL: 830 – 845<br>DL: 875 - 890             | 35         | 1850 - 1910 |
| 4          | UL: 1710 – 1755<br>DL: 2110 - 2155         | 20         | UL: 832 – 862<br>DL: 791 - 821             | 36         | 1930 - 1990 |
| 5          | UL: 824 – 849<br>DL: 869 - 894             | 21         | UL: 1447.9 - 1462.9<br>DL: 1495.5 - 1510.9 | 37         | 1910 - 1930 |
| 6          | UL: 830 – 840<br>DL: 875 - 885             | 22         | UL: 3410 – 3500<br>DL: 3510 - 3600         | 38         | 2570 - 2620 |
| 7          | UL: 2500 – 2570<br>DL: 2620 - 2690         | 23         | UL: 2000 – 2020<br>DL: 2180 - 2200         | 39         | 1880 - 1920 |
| 8          | UL: 880 – 915<br>DL: 925 - 960             | 24         | UL: 1625.5 - 1660.5<br>DL: 1525 - 1559     | 40         | 2300 - 2400 |
| 9          | UL: 1749.9 - 1784.9<br>DL: 1844.9 - 1879.9 | 25         | UL: 1850 – 1915<br>DL: 1930 - 1995         | 41         | 2496 - 2690 |
| 10         | UL: 1710 – 1770<br>DL: 2110 - 2170         | 26         | UL: 814 – 849<br>DL: 859 - 894             | 42         | 3400 - 3600 |

|    |  |    |  |    |             |
|----|--|----|--|----|-------------|
| 11 | UL: 1427.9 - 1452.9<br>DL: 1475.9 - 1500.9 | 27 | UL: 807 - 824<br>DL: 852 - 869         | 43 | 3600 - 3800 |
| 12 | UL: 698 - 716<br>DL: 728 - 746             | 28 | UL: 703 - 748<br>DL: 758 - 803         | 44 | 703 - 803   |
| 13 | UL: 777 - 787<br>DL: 746 - 756             | 29 | UL: n/a<br>DL: 717 - 728               |    |             |
| 14 | UL: 788 - 798<br>DL: 758 - 768             | 30 | UL: 2305 - 2315<br>DL: 2350 - 2360     |    |             |
| 15 | UL: 1900 - 1920<br>DL: 2600 - 2620         | 31 | UL: 452.5 - 457.5<br>DL: 462.5 - 467.5 |    |             |
| 16 | UL: 2010 - 2025<br>DL: 2585 - 2600         |    |  |    |             |

Las especificaciones LTE apoyan el uso de técnicas *Multiple Input Multiple Output (MIMO)* que utilizan múltiples antenas tanto en el eNB como en el UE. MIMO proporciona una manera de utilizar las múltiples trayectorias de la señal que existen entre el transmisor y el receptor para mejorar significativamente la tasa de transmisión de datos en un canal con ancho de banda definido. El canal puede separarse en varias capas y dependiendo de cuantas capas de utilice, se puede incrementar la tasa de transmisión de datos para un ancho de banda. Al utilizar múltiples antenas en el transmisor y receptor, junto con un complejo procesamiento digital de señales, MIMO permite al sistema establecer múltiples flujos de datos en el mismo canal, incrementando la capacidad de datos del canal. Las tasas de transmisión de datos pico dependen del número de antenas para transmisión y recepción en el UE. En las primeras versiones de LTE, el eNB estaba equipado con 2 antenas de transmisión y el UE con 2 antenas para recepción (*downlink*) y 1 para transmisión (*uplink*). Para esta configuración, el sistema debe soportar un pico instantáneo de tasa de transmisión de datos en el *downlink* de 100 Mbps dentro de un espectro asignado para *downlink* de 20 MHz; y un pico instantáneo de tasas de transmisión de datos en el *uplink* de 50 Mbps dentro de un espectro asignado para *uplink* de 20 MHz. Las tasas pico se escalan linealmente con el tamaño del espectro asignado.

Al igual que en UMTS, LTE tiene tres tipos de canales: físicos, de transporte y lógicos:

- Canales físicos: son los canales de transmisión que llevan el servicio de datos del usuario y mensajes de control; varían entre el *uplink* y *downlink* ya que cada uno tiene diferentes requerimientos y operan de diferente manera.
- Canales de Transporte: Estos canales transfieren la información al Control de Acceso al Medio (MAC) y a capas superiores.
- Canales lógicos: Proporciona servicios para la capa MAC dentro de la estructura del protocolo LTE.

LTE es una red basada totalmente en IP que soporta tanto IPv4 como IPv6; en el diseño original, era una red que sólo llevaría servicios de datos, por lo que no consideraba a un sistema para servicios de voz, obligando a los operadores a ofrecer los servicios de voz a través de las redes 2G y 3G, o bien a través de Voz IP (VoIP); lo que no aseguraba compatibilidad entre dispositivos móviles, además de que disminuiría el tráfico de los servicios de voz y de SMS que aún tienen gran impacto en la telefonía celular. Para este problema, se desarrollaron las siguientes soluciones: *Circuit Switched Fall Back* y *VoLTE*.

- *Circuit Switched Fall Back (CSFB):*

CSFB está especificado en 3GPP 23.272 y es el procedimiento mediante el cual, un dispositivo móvil es capaz de recibir una llamada de voz mientras se encuentra conectado a LTE. Esto se realiza mediante el retroceso (*fallback*) a los servicios en el dominio Circuit Switched de 2G RAN (GERAN) o UTRAN. Para poder realizar el *fallback*, se debe agregar una conexión entre el MME y el MSC a través de una interfaz llamada S-Gs. La interfaz S-Gs se encarga de los procesos de movilidad y paging entre la red EPS y el dominio CS; además del envío y entrega de SMS entre dispositivos móviles. De forma general, el procedimiento del CSFB se realiza de la siguiente manera:

En el caso en que el UE quiera establecer una llamada de voz:

1. El UE envía una solicitud (*Service Request*) al MME por medio del indicador de CSFB. El UE solo transmite esta solicitud si se encuentra conectado al dominio CS.
2. El MME envía al eNB un mensaje de respuesta que incluye un indicador de CSFB para indicarle que el UE debe moverse a la red UTRAN/GERAN. El eNB solicita al UE que determine la célula UTRAN/GERAN más adecuada a la que se realizará el hand off, dependiendo de las mediciones de señal que obtenga.
3. El eNB inicia un hand off a la célula UTRAN/GERAN al enviar un mensaje de solicitud de hand off al MME. Posteriormente se realiza un Inter RAT hand off de la E-UTRAN a UTRAN/GERAN.
4. El UE inicia el proceso para establecer la llamada por medio del dominio CS, con lo que el proceso de CSFB termina.

En el caso en que el UE quiera establecer una llamada de voz:

1. El MSC recibe un mensaje indicando que se quiere establecer una llamada con un UE en LTE; por lo que envía un mensaje de paging al MME por medio de la interfaz S-Gs (entre MSC y MME).
2. El MME recibe el mensaje de paging, y utiliza la información de este mensaje para enviar otro mensaje a los eNB para localizar al UE.
3. El UE es encontrado, establece una conexión y envía un mensaje de solicitud de servicio al MME con un indicador de CSFB para indicar al MME que el UE necesita realizar una *hand off*.
4. El MME envía un mensaje al eNB indicando que debe realizar el *hand off* del UE a la UTRAN/GERAN. El eNB solicita al UE que determine la célula UTRAN/GERAN más adecuada a la que se realizará el *hand off*, dependiendo de las mediciones de señal que obtenga.
5. El eNB inicia el *hand off* a la célula UTRAN/GERAN.
6. El UE inicia el proceso para recibir la llamada por medio del dominio CS, y el proceso de CSFB termina.

En ambos casos, el UE regresará a LTE en cuanto la llamada haya concluido.

La arquitectura de una red que incluye a todas las tecnologías de las generaciones 2G y 3G se muestra en la figura 2.24.



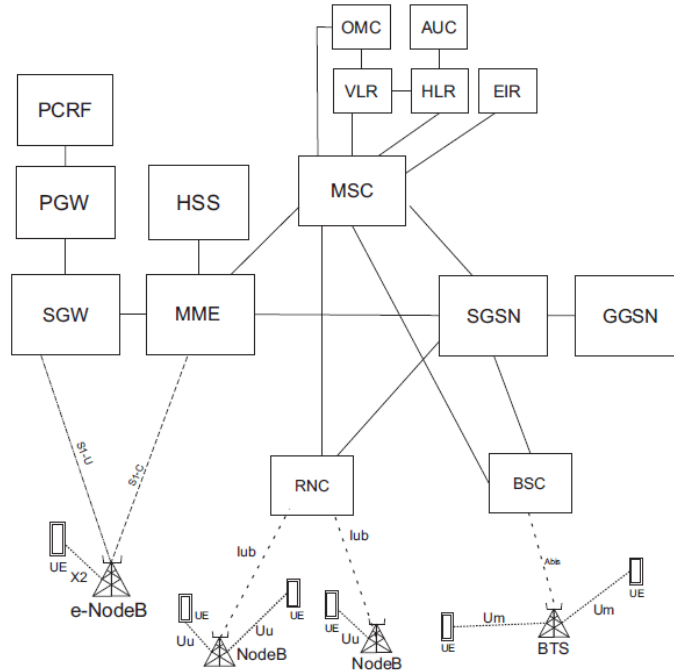


Figura 2.24 Arquitectura de la red de telefonía celular incluyendo 2G, UTRAN, EPS. Construida a partir de *LTE/SAE System Overview Student Book* y *System Description - WCDMA RAN*, por Ericsson, 2015.

- Voice over LTE (VoLTE):

VoLTE es una especificación basada en IP Multimedia System que permite la prestación de servicios multimedia IP sobre los que viajan las llamadas de voz.

LTE es considerada como la generación 3.9 y no como la cuarta generación; ITU ha definido IMT Advanced como la evolución de IMT2000. IMT Advanced es considerada como 4G y debe soportar tasas de transmisión de hasta aproximadamente 1 Gbps.

## II.V Cuarta Generación – 4G (IMT Advanced – LTE Advanced)

Para continuar con el desarrollo de las redes de telefonía celular, la UIT definió las especificaciones del sistema de la cuarta generación dentro del IMT Advanced, la evolución de IMT-2000. IMT Advanced, también conocido como LTE Advanced, tiene como principal objetivo ofrecer altas tasas de transmisión de datos, sistema de mensajería unificado, además de servicios multimedia de banda ancha con alta calidad de servicio. Define los siguientes requerimientos para la red 4G:

- Tasas de transmisión de datos pico de 1Gbps para *downlink* y 500 Mbps para *uplink*, con el UE en estado estacionario.

- La latencia, en estado idle a conectado debe ser menor a 100 ms, y en estado activo, debe tomar menos de 10 ms para sincronizarse.
- Eficiencia de espectro mayor a la de LTE.
- Movilidad de hasta 350 km/h.
- Debe soportar un ancho de banda escalable y agregación de espectro con anchos de banda de más de 40 MHz en *downlink* y *uplink*.
- Compatibilidad e inter funcionamiento con sistemas *legacy*.

Entre las tecnologías que LTE advanced utiliza, se encuentran algunas de 3G LTE, por ejemplo, OFDM como interfaz aérea para *downlink* y SC-FDMA para el *uplink*. También utiliza la configuración de antenas MIMO, sin embargo, a diferencia de 3G LTE, LTE Advanced utiliza técnicas más avanzadas para la formación del haz de cobertura, además de antenas adicionales para habilitar trayectorias adicionales. Por otro lado, las características restantes de LTE Advanced se agrupan en tres categorías: *Carrier Aggregation*, Técnicas avanzadas para mejorar la eficiencia espectral, y Optimizaciones HetNet para células de área reducida.

- *Carrier Aggregation (CA)*

Esta tecnología fue desarrollada para aprovechar al máximo el espectro disponible, además de incrementar las tasas de transmisión de datos ofrecidas. Permite utilizar múltiples canales, ya sea en las mismas bandas, o en diferentes áreas del espectro para proveer el ancho de banda requerido para proporcionar las tasas de transmisión pico de datos que IMT Advanced define (hasta 1Gbps). Cuando IMT Advanced comenzó a implementarse (junio 2013), se agregaron dos canales de 10 MHz que permitían tasas pico de 150 Mbps, lo que también permitió buenas tasas de transmisión de datos en toda el área de cobertura de la célula. Los carriers que se agreguen deben mantener la compatibilidad con los sistemas UTRAN, por lo que están basados en los Release 8 y 9.

Cada uno de los CA se denominan *Component Carrier (CC)*, los cuales pueden tener un ancho de banda de 1.5, 3, 5, 10, 15 o 20 MHz y como máximo se pueden agregar 5 carriers, dando esto un ancho de banda máximo agregado de 100 MHz. Los CC se dividen en dos categorías: Primary Component Carrier, que es el carrier principal en cualquier grupo, hay uno para el *downlink* y otro asociado para el *uplink*; y el Secondary Component Carrier. En FDD el número total y ancho de banda de CC para UL y DL pueden ser diferentes, sin embargo, para el UL siempre es menor o igual que el de DL. Para TDD, el número de CCs, al igual que el ancho de banda, son los mismos para UL y DL.

Existen tres maneras de acomodar los carriers que se agreguen (figura 2.25):

- *Intra band Contiguous*: Utiliza una sola banda, es la forma más fácil de implementar de LTE CA ya que los carriers se encuentran adyacentes entre ellos y se pueden considerar como una sola señal de mayor ancho de banda. Al incrementar el ancho de banda es necesario asegurar que el UE es capaz de operar en este ancho de banda sin reducción en su funcionamiento.
- *Intra band non-Contiguous*: También utiliza una sola banda, sin embargo, los carriers no son adyacentes. En este caso ya no se puede considerar a la señal multicarrier como una sola señal de mayor ancho de banda lo cual agrega complejidad en el sistema.
- *Inter band Non-Contiguous*: En este caso se utilizan bandas diferentes, para su procesamiento, el UE requiere de múltiples transreceptores, aumentando la complejidad del diseño y con esto el costo.

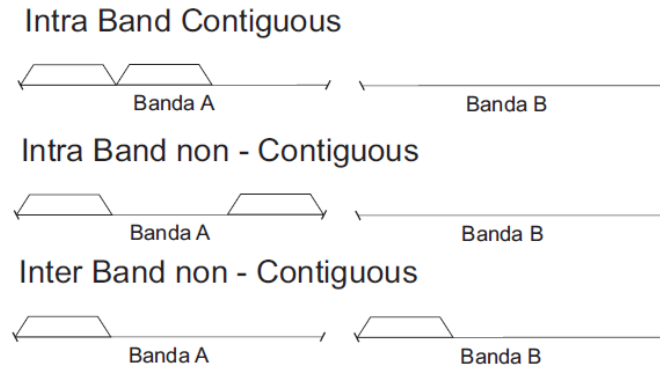


Figura 2.25 Tipos de LTE CA. Construida a partir de *LTE Long Term Evolution Tutorial & Basics*, por I. Poole, 2017.

- Técnicas avanzadas para mejorar la eficiencia espectral:

En LTE advanced existen varias técnicas para mejorar la eficiencia espectral:

- **Multiple Input Multiple Output (MIMO):** es la configuración de antenas múltiples derivada de 3G LTE, pero ahora con 8x8 en DL y 4x4 en UL; esta configuración proporciona un incremento en las ganancias en comparación a 3G LTE y no requiere un cambio en la infraestructura de la red, lo que hace mucho más fácil la implementación. En las técnicas multi antena se utiliza la pre codificación para mapear los símbolos de modulación en las diferentes antenas, el tipo de pre codificación depende de la técnica multi antena; por ejemplo, en LTE Advanced, se agregaron señales de referencia para demodulación (*Demodulation Reference Signal DM-RS*), específicas para cada UE, que proveen información sobre la combinación del canal y la pre codificación.
- **Coordinated Multipoint (CoMP):** Esta técnica coordina la programación, transmisión y recepción de los recursos entre varios eNB, uno en cada célula, con el objetivo de minimizar la interferencia y así incrementar la capacidad de la red celular. Las altas tasas de transmisión de datos que LTE Advanced maneja son fáciles de mantener si el UE se encuentra cerca del eNB, pero en los bordes de cobertura de la célula no tanto, además de que aumenta la interferencia de los eNB de las células vecinas. CoMP requiere de la exacta coordinación entre varios eNBs en diferentes células para proporcionar transmisiones, recepciones y procesamiento conjuntos de las señales de los UE que se encuentran en el borde de la cobertura, de esta manera, el UE se puede conectar a dos o más eNB para mejorar la señal de recepción/transmisión e incrementar el rendimiento al borde de la cobertura de la célula. Las técnicas CoMP son diferentes para el UL y el DL debido a que los eNB pertenecen a la red y están conectados a otros eNB, mientras que los UE son elementos individuales. Cuando dos o más nodos de transmisión, transmiten en la misma frecuencia se trata de una transmisión conjunta (*Joint Transmission*); cuando los datos están disponibles para transmisión de dos o más puntos de transmisión, pero sólo programada de un punto de transmisión se denomina Selección Dinámica de Punto (*Dynamic Point Selection*). Otra característica de CoMP es que está disponible para instalaciones de fibra óptica con instalaciones centralizadas para procesamiento y programación ya que se necesitan valores de latencia bajos.
- **Nodos de Retransmisión (Relay Nodes):** Otra solución para el problema con la calidad de la señal y las bajas tasas de transmisión en los bordes son los Nodos de retransmisión. El esquema de nodos de retransmisión permite que la señal proveniente del eNB principal sea reenviada a radio

bases remotas para mejorar la cobertura. Los nodos de retransmisión son radio bases de baja potencia que están conectados a un Donor eNB (DeNB) vía interfaz aérea Un, que es la modificación de la interfaz aérea Uu de E-UTRAN. Las funciones de un nodo de retransmisión son diferentes a las de un repetidor, el nodo de retransmisión recibe, demodula y decodifica la información, aplica algoritmos de corrección de errores en la señal, procesamiento; posteriormente retransmite una nueva señal con el proceso inverso a lo que realizó al recibirla asegurando así la buena calidad de la señal. Los nodos de retransmisión operan en dos escenarios: Half Duplex y Full Duplex. El sistema Half Duplex proporciona comunicación en ambas direcciones, pero no simultáneamente, lo que obliga a que las transmisiones sean programadas cuidadosamente. El sistema Full Duplex Transmiten y reciben simultáneamente en la misma frecuencia, pero con buen aislamiento entre las antenas de transmisión y recepción.

- *LTE Advanced Heterogeneous Networks (HetNet)*

El concepto Heterogeneous Network (HetNet) surgió de dos necesidades; la primera fue operar en conjunto y simultáneamente, todas las redes de telefonía celular que se habían implementado hasta ese entonces: 2G, 3G, LTE, con sus múltiples tecnologías de acceso (HSPA, UMTS, EDGE, GPRS, CDMA2000) y sus correspondientes formatos de célula. Esta solución no se encarga sólo de la RAN, también busca que la parte Core de la red trabaje en conjunto para todas estas tecnologías implementadas, creando así una verdadera red heterogénea que sea funcional. La segunda necesidad se relaciona con el notable incremento en el tráfico de datos durante los últimos años que ha obligado a los operadores de telefonía celular a encontrar nuevas maneras para proveer un servicio de buena calidad independientemente de que tan lejos se encuentre el UE del sitio.

Entre las características de las HetNets se encuentran:

- El uso de múltiples tecnologías de acceso.
- Células de diferentes tamaños y tipos: Cada tipo y tamaño de célula se utiliza para un uso determinado, por ejemplo, las macro células se utilizan generalmente para proveer cobertura general y conectividad en áreas rurales o carreteras, donde no es eficiente manejar demasiados *hand off* en un área extendida; las femto o pico células se utilizan en áreas urbanas o edificios, donde las altas tasas de transmisión de datos son requeridas. El tamaño de la célula es importante, ya que, entre mayor sea, habrá menor capacidad por persona al haber más usuarios compartiendo la misma capacidad; si la cobertura se reduce, entonces la capacidad de la célula se comparte solamente entre pocos usuarios, lo que resulta en mayores niveles de capacidad y mayores tasas de transmisión.
- Optimización del Backhaul y CN: Los varios tipos de células necesitan diferentes tipos de backhaul para evitar congestión, por lo que es necesario que se adopte una sola red que sea capaz de trabajar con todos los tipos de método de acceso, tamaño y tipo de célula y tipo de red core.

Actualmente, la quinta generación (5G) de la telefonía celular se encuentra en desarrollo y se tiene planeado comenzar la implementación de esta generación a partir del 2020. La red 5G se enfoca principalmente en el incremento de la capacidad de la red, tasas de transmisión pico de datos de hasta

10 Gbps en modo estacionario y 100 Mbps en los bordes de cobertura de la célula, además de un decremento en latencia, la cual debe ser menor a 1 ms.

## II.VI Evaluación de calidad de la señal de telefonía celular

Para fines prácticos, la calidad de la red está determinada por el nivel de satisfacción de sus usuarios; cuando se tiene un buen enlace de radio, la experiencia del usuario es buena y la satisfacción es alta. Existen varios métodos para evaluar la calidad del enlace de radio entre el dispositivo y el sitio; los más utilizados por los usuarios son el: *Debug Information* y *Speed Test* o *pruebas de velocidad* (tasas de transmisión), mientras que el que más se utiliza por parte del operador es el *Field Drive Test*. Los tres métodos acumulan información sobre: los niveles de potencia de la señal o señales captadas, la tasa de transmisión de datos pico, información sobre las células vecinas, entre lo más importante. La información es generada por el dispositivo móvil por medio de pruebas de conexión entre este y el sitio más cercano, o el que esté disponible para una conexión; y por medio de estas pruebas y sus resultados, se evalúa la calidad del enlace. En muchas ocasiones, esta información es utilizada para realizar mejoras y optimizaciones en la cobertura del área.

La información que estos métodos proporcionan difiere dependiendo de la tecnología utilizada para el radio enlace, no del tipo de método que se utilice; es decir, para GSM/EDGE, CDMA2000/1xEVDO, se genera un tipo de información y para LTE se genera otro tipo de información. Parte de la información arrojada son valores de potencia, los cuales son medidos en decibeles [dB], o bien, con la potencia referenciada a un miliwatt [dBm.] A continuación, se describe cada uno de los elementos que conforman la información obtenida por estos métodos:

- *Received Signal Strength Indicator (RSSI)*: Es la potencia total de la señal recibida. El RSSI presenta fluctuaciones a consecuencia de la interferencia, difracción y dispersión de la señal al enviarse por un medio inalámbrico; esto significa que, entre más alejado se encuentre el dispositivo de la radio base, más inestable será la señal y menor será el valor del RSSI. La potencia recibida está en el orden de los miliwatts [mW], sin embargo, el RSSI es comúnmente expresado en dBm (escala logarítmica) y sus valores típicos se encuentran entre -100 dBm para señales extremadamente débiles y -60 dBm para señales fuertes.
- *Reference Signal Received Power (RSRP)*: Es el promedio lineal de la potencia de la señal sobre el ancho de banda especificado, que lleva señales de referencia específicas de la radio base.
- *Energy to Interference Ratio (Ec/Io)*: Es la relación de la Energía por chip (Ec) y el nivel de interferencia (Io) y puede considerarse como una medida de calidad de la señal. Usualmente se mide en dBs y los rangos de valores van de -20 dB o menores para señales de mala calidad, a 0 dB para señales con excelente calidad.
- *Reference Signal Received Quality (RSRQ)*: Es el valor que se obtiene de dividir el RSRP entre el RSSI. Entre mejor sea su valor, mejor será la señal recibida en comparación a la interferencia generada por otras radio bases. También se expresa en dB y es negativa al ser, la señal de referencia, siempre menor a la potencia recibida. Si el valor de RSRQ es menor a -13 dB, la calidad de la señal es mala y en consecuencia habrá tasas de transmisión de datos lentas; si el valor es mayor a -5 dB, la calidad de la señal es muy buena con rápidas tasas de transmisión.

- *Signal to Interference plus Noise Ratio (SINR)*: Este valor se utiliza para medir la calidad de la conexión. Sus valores también se presentan en dB.
- *PN Offset (PN)*: El PN offset es una secuencia de códigos cortos que se utiliza para diferenciar a los sectores de las radio bases. La secuencia PN forma un código corto que es combinado con los datos y es transmitido en cada uno de los canales forward. Los canales piloto se identifican mediante el PN offset dentro del rango de 0 a 511. Se seleccionan 512 puntos dentro de la secuencia; cada radio base utiliza un punto diferente en la secuencia para crear un identificador PN único en la señal piloto para identificarse.
- *Physical Cell ID (PCI)*: El PCI es el identificador de una célula y se incluye en las señales de sincronización. Hay 504 PCI únicos. El número PCI determina la secuencia a ser utilizada por las señales de sincronización.
- *Tasas de transmisión de datos*: Para fines prácticos de los métodos, se define como el promedio del número de bits por unidad de tiempo (segundos). El dispositivo toma las pruebas de tasas de transmisión pico de uplink y downlink. La calidad de la tasa de transmisión depende de la especificación del operador de la red.

En general, la información obtenida en un Field Drive Test es la misma que se obtiene en un *Debug* y *pruebas de velocidad*, la única diferencia es que el Field Drive Test es realizado por un Técnico de Campo con dispositivos especializados con software para pruebas de intensidad de señal, tasas pico y promedio de transmisión de datos, y una unidad GPS, mientras que el *Debug* y las *pruebas de velocidad* pueden ser realizadas por un usuario con aplicaciones que midan la calidad de la señal que recibe la antena del teléfono móvil. Cada uno de los métodos de evaluación, proporciona información vital acerca de la cobertura, capacidad y calidad de la red, en base a la que los operadores y usuarios, pueden determinar si el servicio que se brinda cumple con las especificaciones necesarias, o se deben realizar optimizaciones y cambios en la red para mejorar el servicio.

En el caso de la cobertura, las mediciones proporcionan el nivel de penetración de las señales en diferentes regiones del área de cobertura de una célula. Como se ha explicado anteriormente, el nivel de la señal suele ser menor en las orillas de la célula, por otro lado, en zonas urbanas, el nivel de la señal disminuye si hay muchos obstáculos entre el dispositivo móvil y la radio base, a pesar de la distancia entre estos no sea muy grande; a su vez, en las zonas rurales, la capacidad de la célula es baja al dar servicio a un gran número de usuarios en una extensa área. Otra parte de la información recolectada se utiliza para evaluar la capacidad de la red. La capacidad y cobertura están relacionadas. Cuando se diseña una célula para dar cobertura a determinada área, se debe considerar proporcionar la capacidad necesaria para cubrir el tráfico potencial del área. La calidad de la red también depende de la cobertura y la capacidad. La causa mayor de mala calidad en el servicio es la interferencia. Cuando hay interferencia, el sistema completo tarda más tiempo en procesar la comunicación ya que debe invertir parte de este en encontrar la fuente de la que proviene la información, corregir la información que ha sufrido cambios y alteraciones.

Los elementos de la información que se obtienen en las pruebas para redes de telefonía celular que manejan GSM/EDGE, CDMA2000/1xEVDO son:

- RSSI - Received Signal Strength Indicator
- ECIO (Ec/Io) - Energy to Interference Ratio

- PN – Pilot Number
- Tasas de transmisión o recepción de datos: Download y Upload

Los elementos obtenidos en pruebas de redes LTE, LTE advanced son:

- RSRP - Reference Signal Received Power
- RSRQ - Reference Signal Received Quality
- SINR - Signal to Interference-plus-Noise Ratio
- PCI – Physical Cell Identifier

Además, las pruebas también indican la banda o frecuencia que el operador de red de telefonía celular emplea.

## Capítulo III. Customer Problem Management

Hoy en día, la sociedad depende totalmente de la comunicación. Todos tenemos la constante necesidad de sentirnos conectados con el mundo, ya sea con alguien en la oficina de al lado, en el mismo edificio o en otro continente; para socializar, realizar negocios, proveer servicios, como fuente de información, entre otras actividades. Estas comunicaciones se realizan a través del acceso a internet y/o llamadas telefónicas por medio de un dispositivo fijo o móvil en cualquier lugar y a cualquier hora, y esto se traduce en una cantidad masiva de mensajes que se intercambian entre dispositivos (SMS o a través de datos con aplicaciones especializadas), video llamadas, y más. Para esto, se necesita de redes confiables, que cumplan con las exigencias de sus usuarios, que aseguren un buen desempeño, capacidad, cobertura y una excelente calidad en el servicio, que permitan al usuario final acceder sin problemas a la red; todo esto a costos eficientes y que además éste servicio cuente con un valor agregado que diferencie a cada proveedor de su competencia y permita al usuario final elegir la opción que más le convenga.

Todo esto se ha logrado con la ayuda de compañías que proveen servicios de gestión de redes de comunicación móvil y/o fija de calidad. Estas compañías deben apoyar a los proveedores de servicio en el crecimiento de sus negocios manteniendo los estándares de calidad en la operación, mejorando la habilidad de los proveedores de cumplir con las expectativas del cliente. Es de vital importancia tanto para la Compañía como para el proveedor de servicio, llevar una adecuada comunicación entre ellos y dar seguimiento a las necesidades y sugerencias de los usuarios finales. Se deben formar equipos expertos que sean responsables de las actividades de operación de la red y mantenimiento de la red día con día.

Como se menciona en el Capítulo I, el GNOC y su *Service Desk* se encargan de estas actividades por medio del área Customer Problem Management (o Manejo de Problemas del Cliente) la cual tiene por objetivo encontrar una solución a un problema reportado por el usuario final en un área específica dentro del plazo definido por el contrato (*Service Level Agreement - SLA* no mayor a 24 hrs en la mayoría de los casos). Entre las actividades que CPM puede ejecutar para la resolución de los problemas se encuentran los procesos para iniciar acciones correctivas a partir del análisis de las redes (2G, 3G y 4G) y solucionar problemas de desempeño, alarmas en el equipo que afecten el servicio del cliente a través de reinicio del equipo, limpieza de alarmas e identificación de problemas en la configuración de la red que impiden un buen servicio y resultan en problemas de cobertura. También inicia escalaciones a diferentes niveles de la operación para manejar adecuadamente el problema del usuario y llevarlo a su pronta resolución proveyendo constantes actualizaciones del estado de la resolución y cuando resulta en problemas que afectan a múltiples usuarios, además de retroalimentación al cliente y usuario final acerca del avance de las actividades para solucionar cualquier problema en la red que esté afectando el servicio.

Los reportes de los usuarios finales pueden presentarse de 2 maneras:

- Por medio del Call Center o
- Por una aplicación diseñada por el proveedor de servicio instalada en un dispositivo móvil desde la que se reportan fallas en la ubicación actual del usuario.



### III.I Customer Care

El primer tipo de reporte, llega al Call Center del proveedor de servicio llamado *Customer Care*. Esta área pertenece al proveedor y no está dentro del acuerdo con la compañía. *Customer Care* recibe los reportes de problemas, ya sea de dispositivo, servicio, problemas de cuenta, cobertura, directamente del usuario final. Los técnicos del *Customer Care* primero deberán evaluar si el problema por el cual el cliente se pone en contacto con ellos es un problema de red, de dispositivo o de cuenta.

*Customer Care* recibe todo tipo de reportes sin distinción; cada usuario puede presentar un reporte diferente según se experimente el problema, *Customer care* los clasifica a grandes rasgos a partir de lo que el usuario describe; para esto, debe indagar lo suficiente con el usuario por medio de preguntas acerca de la experiencia del cliente y recolectar un conjunto de información del cliente y problema de acuerdo a lo que se está reportando. Los reportes más comunes que se reciben se clasifican a grandes rasgos en lo siguiente:

- Fallas o falta de servicio 2G, 3G y 4G en el área o *roaming*, servicio intermitente.
- Llamadas bloqueadas, caídas o ruteadas directamente a Buzón de voz.
- Falla en el de servicio de internet: Bajas tasas de transmisión, falta de conexión, problemas de capacidad en el área, fallas con wifi.
- Fallas de dispositivo.
- Interrupción del servicio.
- Retraso en mensajes de texto o mensajes de texto duplicados.
- Falla en el servicio Direct Connect, Phone Connect o M2M.
- Falla en el servicio Wifi Calling.
- Fallas con el dispositivo Airave.
- Falta de cobertura en determinada área o cambios de cobertura.
- Hora mostrada en pantalla equivocada.
- Mala calidad de audio en llamadas: estática, cross talk, one way audio.
- Fallas con dispositivos de Banda Ancha.
- Fallas con Buzón de Voz.

A partir de estos problemas y la información que el usuario final provee acerca del problema, *Customer Care* debe determinar si el problema es de Red, Dispositivo o Cuenta. Los procesos que *Customer Care* sigue para determinar esto no se tratarán ni se describirán a fondo en el reporte ya que no es responsabilidad de CPM. Sin embargo, una vez que *Customer Care* identifica que el problema puede estar relacionado a la Red, el reporte se envía a CPM a través de un *Customer Wireless Case* (Caso de cliente de red inalámbrica) que debe llevar información fundamental del cliente y la clara descripción del problema para que CPM lleve a cabo la investigación de la red conforme a lo reportado en el CWC e identificar la falla que lo está causando.

#### III.I.I Customer Wireless Case (CWC)

Un CWC es el formato en el que *Customer Care* maneja un reporte de usuario final y entrega a CPM. Se crea específicamente para una locación/área (en la que se reporta el problema) y un problema en específico; consta de un número identificador que se le asigna al usuario final para futuras referencias y

contiene información específica relacionada a la cuenta del cliente, información del área reportada, y la descripción del problema que se está experimentando.

El CWC no llega directamente a CPM ni se crea exclusivamente para la investigación de CPM. *Customer Care* crea CWCs independientemente del tipo de problema y sobre ellos se lleva a cabo la investigación por parte de *Customer Care* para determinar la posible causa del problema que el cliente está reportando. Así, el CWC se llena de información que resulta de la investigación de *Customer Care*; si el reporte del cliente no es un problema de red, más bien un problema de cuenta o dispositivo, el CWC no deberá llegar a CPM; sin embargo, si el problema puede estar relacionado a la red, se envía el CWC con la investigación e información que *Customer Care* ha obtenido, lo cual ayuda hasta cierto punto a la investigación de CPM.

Para la correcta evaluación del problema del cliente, CPM requiere que el CWC contenga la siguiente información que será fundamental para comenzar con la investigación de la Red:

- Dirección: Debe ser específica de dónde se está experimentando el problema, o explicar que el problema se experimenta en un área menor a 3-5 millas alrededor de una dirección de referencia.
- Número Telefónico: Numero o números que están siendo afectados, se requiere para localizar las Radio bases más utilizadas por el usuario final y cuáles son las que presentan los problemas a través de las llamadas fallidas (bloqueadas, caídas o con ciertos códigos de problema). También se necesita para evaluar las estadísticas de las llamadas realizadas por los clientes y la información que cada una de estas arrojan (cómo se catalogan, si el proceso de la llamada fue exitoso).
- Descripción del problema: Es la detallada explicación del problema del cliente. Se requiere que la descripción sea clara; de ser posible, proveer el área afectada, horario en el que se experimenta el problema. Sin la una adecuada descripción CPM no podrá continuar con la descripción ya que: no será posible identificar la tecnología que se está viendo afectada y por ende no podrá establecer un proceso para su solución; o no tendrá un entendimiento claro del problema llevando a una confusión causando que el problema no se solucione correctamente o tome más tiempo del necesario para su solución.
- Ejemplos de llamadas: En caso de tener problemas de calidad de audio o mala calidad de servicio en voz, se necesitan los ejemplos de llamadas en las que se haya experimentado el problema; estos ejemplos deben contener: Número que realiza la llamada, Número que recibe la llamada, hora y día de la llamada y número de troncal por el que se realizó la llamada. *Customer care* puede recolectar esta información a través de una herramienta específica para los registros de llamadas de todos los usuarios de la red.
- *Debug/Test de velocidades*: Si el problema se presenta en datos y bajas tasas de transmisión (o bajas velocidades como comúnmente se denomina), el usuario final debe realizar pruebas de las tasas de transmisión a través de una aplicación o página de internet. Si el problema está relacionado a mal servicio en el área o problemas de voz, se realiza el debug. *Customer Care* debe indicar al usuario cómo llevarlo a cabo y solicitar los valores que el debug/test arroje. Es imperativo que el usuario realice este test en la dirección en la que está reportando el problema y que provea valores válidos para continuar correctamente con la investigación.

Además de la información descrita arriba, el formato del CWC debe estar completo y contener lo siguiente:

- Datos del Cliente - Entre los datos del cliente se encuentran: Nombre del contacto (ya sea el usuario final o del titular de las líneas), generalmente, el principal contacto es la persona que

realizó el reporte. Y Número Telefónico de contacto (Se sugiere que sea una línea diferente a la que está experimentando el problema).

- *Mobile Directory Number (MDN)* – Número Telefónico: Es el número único de 24 bits asignado por el proveedor del servicio a cada usuario. Debe ser el número telefónico del usuario afectado. Si el reporte indica que más de un usuario están experimentando problemas en el servicio, se deben proveer los demás números en las notas de la investigación de *Customer Care* y hacer hincapié en la descripción del problema que hay más de un dispositivo afectado.
- Dirección del problema: El formato del CWC requiere 2 direcciones; una es la que se registra cuando el cliente se da de alta con el proveedor del servicio y la segunda es la dirección en la que se está experimentando el problema. Para CPM, la que interesa es la del problema y debe contar con lo especificado en los puntos anteriores.
- Latitud/Longitud de la dirección del problema.
- Tipo/Subtipo del problema reportado: Como se menciona anteriormente, el número de reportes que *Customer Care* recibe es muy alto y cada uno descrito de acuerdo a la experiencia del usuario. Por lo que *Customer Care* clasifica los reportes por Tipo/Subtipo de acuerdo a lo que el usuario final reporta. Esto es importante para CPM ya que de esta clasificación y de la descripción del problema parten algunos de los procesos establecidos.
- Tipo de Cliente: Esto indica si el suscriptor es de prepago o por contrato y la prioridad que tiene el usuario final dependiendo del contrato que éste tenga con el proveedor del servicio. El tipo de suscriptor es importante para CPM hasta cierto punto para dar prioridad a algunos clientes, o saber que procesos se deben seguir o a quién se debe contactar o si la cuenta es ejecutiva, lo cual supone mayor riesgo al no encontrar una rápida solución al problema.
- Marca del dispositivo.
- Fecha en la que comenzó el problema.
- Descripción del Problema.

La falta de alguno de estos puntos, o de la información especificada anteriormente en el CWC, causará que éste se regrese como “Falta de información” requiriendo que se proporcione la información completa para poder comenzar con la investigación.

### III.II Red Cascades

Las Red Cascades o Sitios Rojos son las Radio Bases que reciben 5 o más reportes de problemas en su área de cobertura en un plazo de 24 horas a través de una aplicación diseñada por el proveedor de servicios. Estos reportes se tratan de diferente manera a los CWC. La principal diferencia es que el reporte generado por la aplicación no es para un solo usuario final (como comúnmente ocurre con los CWCs) si no para 5 o más que generalmente experimentan el mismo problema con la misma tecnología, además de que CPM sí recibe estos reportes directamente del usuario. Cuando un sitio recibe más de 5 reportes en un plazo menor a 24 horas es altamente probable que haya problema con el sitio por lo que CPM deberá llevar a cabo una investigación de lo que ocurre con ese sitio o en el área.

Al instante que una Radio base (Sitio) recibe 5 o más reportes en un plazo menor a 24 horas, se crea instantáneamente un Reporte de Sitio con una Alerta de Servicio indicando los Servicios Impactados a través de una herramienta automática ligada a un contador de reportes de la aplicación, volviéndolo un Sitio Rojo o *Red Cascade*. Una vez que el reporte de sitio es creado y la Alerta de Servicio es dada de alta

y confirmada por CPM, el proveedor de servicios puede indicar a los usuarios finales que este es un problema conocido y que se está investigando o llevando a cabo una acción correctiva.

Las Red Cascades requieren una investigación inmediata. El recibir reportes de clientes de manera masiva afecta al negocio y red del proveedor poniéndolo en una posición no confiable con los usuarios de su red, además de que es un indicador de que hay problemas severos en el área que impiden una buena calidad en el servicio, lo cual puede causar multas aplicadas por la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC).

Por otro lado, los reportes de usuarios finales que se reciben a través de la aplicación no son iguales a los que se reciben a través de *Customer Care*. Los reportes más comunes en Red Cascades son:

- Falta de Servicio de Voz (CDMA) o datos (EVDO o LTE).
- Llamadas Bloqueadas.
- Llamadas Caídas.
- Conexión a internet lenta (EVDO o LTE).
- Fallas en la conexión a EVDO o LTE.
- Fallas con mensajes de texto.

También se reciben reportes aislados de mala calidad de audio, sin embargo, al no estar ligada con el funcionamiento de la radio base, si no con el del switch y troncales, CPM no toma en cuenta los reportes de este tipo para las Red Cascades. El principal enfoque está en problemas de Voz, datos (EVDO, LTE), problemas de cobertura, pérdida de señal y cambios de cobertura. Si algún reporte no está relacionado a este tipo de problemas, CPM lo descarta y no se sigue ninguna acción para corregirlo por este medio.

Los reportes de usuarios a un sitio se almacenan en una base de datos que muestra las últimas llamadas al sitio. La base de datos puede manipularse para que arroje información diaria, semanal o mensual y estadísticas de la cantidad de llamadas del sitio por un intervalo de tiempo preestablecido. Los datos que se incluyen en estas listas son:

- Número de reporte: Se ordena cronológicamente.
- Fecha y hora del reporte.
- Notas: Breve descripción del problema que el cliente experimenta.
- Tipo y subtipo del problema: Para el tipo del problema las posibilidades son: Voz o Datos. Para subtipo, se describe si es un problema de cobertura o falla en el servicio (llamadas bloqueadas, caídas, conexión a internet lenta, no acceso a la red, entre otras).
- Tecnología afectada: Especifica si el problema es con 2G, 3G o 4G, en ocasiones también muestra la banda con la que el usuario final tiene problemas.
- Información del Dispositivo: Marca y modelo.
- Market – Región.
- Ciudad del Sitio.
- Sitio: el ID del sitio que está reportándose.
- Vendor del sitio: Compañía manufacturera del equipo que forma la radio base.
- Switch: Al que pertenece el sitio.
- Dirección: Desde la que se reportó el problema.
- Número Telefónico (MDN) y Número de cuenta del cliente (BAN).
- Información del cliente: Nombre, Correo electrónico, tipo de cliente.

Las Red Cascades también tienen impacto a nivel de la red *Core*. La herramienta de la base de datos es constantemente consultada tanto por CPM como por *WSC Core*, que es el área encargada de las operaciones a nivel *core* de la red dentro del GNOC, para identificar algún problema a nivel región que sólo se pueda identificar mediante el número de Red Cascades en un Switch o Región. Esto no entra dentro del campo de CPM ni de sus procesos, sin embargo, es importante mencionarlo ya que en algunos casos *WSC Core* identificará un problema al que CPM podrá hacer referencia y manejarlo como un Problema Conocido.

Otra característica importante y de gran ayuda para CPM de la herramienta de la base de datos es el mapa de la red del proveedor de servicio. En este mapa se muestran todos los sitios que hay en determinada región. Muestra específicamente la cobertura de cada uno de los sitios por medio de polígonos, la ubicación donde se realizó el reporte del cliente, cuántos y cuáles son los sitios con 5 o más reportes, cuáles son los sitios con 3 a 5 reportes y los sitios sin reportes; si se selecciona una de las ubicaciones donde se realizó una llamada, se despliega la información del número telefónico que realizó la llamada, la hora y fecha de la llamada y el tipo de tecnología con la que se está teniendo problema. El mapa también es capaz de mostrar las llamadas que se han hecho durante el último mes, semana, 72, 48 y 24 horas.

Un aspecto importante dentro de las Red Cascades son las Alertas de Servicio y los Servicios impactados. Una Alerta de Servicio es un indicador de que el sitio tiene problemas ya sea con alarmas activas en el equipo que están afectando el servicio del usuario final o un mal desempeño del sitio causado por cambios de parámetros en el mismo sitio o en el área. El Servicio afectado es la tecnología que está presentando problemas en el sitio.

### III.III Tipos de Problemas

Después de los procesos e investigaciones de *Customer Care* y de los reportes descartados por CPM en las Red Cascades, los tipos de problemas que CPM recibe e investiga son problemas que puedan estar relacionados con la red. Se clasifican generalmente en problemas de Voz (CDMA) o de Datos (EVDO – LTE), una vez definido esto a partir de la descripción del problema, se pueden dividir de la siguiente manera:

#### Problemas de Voz

- Fallas o falta de servicio 2G y 3G en el área o *roaming* en el área, servicio intermitente.
- Retraso en mensajes de texto o mensajes de texto duplicados o múltiples mensajes se reciben al mismo tiempo que una llamada entrante (*Zone Based Paging*).
- Falla en el servicio Phone Connect.
- Falta de cobertura en determinada área o cambios de cobertura.
- Mala calidad de audio en llamadas: estática, cross talk, one way audio.
- Llamadas Bloqueadas.
- Llamadas Caídas.

#### Problemas de Datos

- Fallas generales en el de servicio de internet: Bajas tasas de transmisión, falta de conexión, problemas de capacidad en el área.
- Falla en el servicio Direct Connect o M2M.

- Hora mostrada en pantalla equivocada.
- Conexión a internet lenta (EVDO o LTE).
- Sin conexión a EVDO o LTE.
- Llamadas ruteadas directamente a Buzón de voz (No hay notificación de llamada).

La mayoría de las veces la clasificación depende de cuál es la tecnología afectada según el reporte del usuario final. En general, si el Problema es con CDMA, el usuario final tendrá problemas con los servicios de voz y si el problema es con EVDO o LTE, se reportarán problemas de datos. A continuación, se describen a grandes rasgos los posibles escenarios de reportes y a la tecnología que pertenecen:

#### Llamadas Bloqueadas

Se consideran llamadas bloqueadas cuando un usuario final reporta los siguientes problemas:

- El usuario final no puede realizar llamadas, es decir, marca el número, sin embargo, no hay tono de llamada o la llamada no se completa.
- El usuario no puede recibir llamadas.
- El usuario reporta que no hay notificación al recibir o realizar una llamada, es decir la llamada se enruta directamente al buzón de voz a pesar de que el dispositivo se encuentra encendido. Este es un caso especial en el que primero se debe descartar que haya problemas con LTE si es que el dispositivo es compatible con LTE; una vez descartado esto, se procede a la investigación de CDMA. Si el problema ocurre mientras el usuario está conectado a LTE, pero se resuelve cuando se conecta solamente a CDMA, entonces se investigará CDMA.
- Tono ocupado.

#### Llamadas Caídas

Se consideran llamadas caídas cuando un usuario final reporta lo siguiente:

- El usuario experimenta interrupción repentina de llamadas en una ubicación (sin movimiento) o mientras se mueve de un lugar a otro.

#### Mala Calidad de Audio

CPM no realiza acciones correctivas en estos casos al presentarse el problema a nivel de switch y no de radio base, sin embargo, recibe los reportes de este tipo y engancha a la agencia que puede proveer una solución al problema del cliente sin antes descartar que haya algún problema en la red. Se considera llamadas con mala calidad de audio cuando el usuario reporta:

- Estática.
- Audio Cortado.
- Cross talk – El usuario escucha conversaciones cruzadas.
- Retraso en audio.
- Eco.
- Ruidos.

#### Problemas de cobertura

Se consideran problemas de cobertura a los reportes de usuarios como:

- Sin servicio solamente en determinada área.
- Cambios de cobertura, es decir, hace unos meses el usuario final contaba con buen servicio sin embargo a partir de cierta fecha hubo un cambio.
- El usuario no puede hacer uso de sus servicios en interiores, pero sí en exteriores.
- El usuario experimenta problemas en una dirección o área reportada que se encuentra en terrenos irregulares o extensos.
- El usuario reporta *roaming* en un área en la que debe haber buena cobertura.

#### Problemas con Phone Connect

Se resumen en problemas con el dispositivo *Phone Connect*. Los reportes recibidos son similares a los de llamadas bloqueadas, pero desde la línea fija.

#### Mensajes de texto retrasados o duplicados

- Cuando el usuario reporta mensajes recibidos después de 3 horas de haber sido enviado.
- Cuando el usuario recibe el mismo mensaje más de 2 veces durante un largo intervalo de tiempo (12 horas).
- El usuario reporta que los mensajes que se debieron recibir durante el día se recibieron sólo hasta que el usuario recibió una llamada.

#### Servicio Intermitente

El usuario reporta que el servicio no es consistente, en ocasiones no presenta problema alguno y en ocasiones no hay servicio. También puede causar llamadas caídas.

#### Bajas Tasas de transmisión

Se consideran bajas tasas de transmisión cuando el usuario reporta:

- Tasas menores a 6 Mbps de bajada para LTE y menores a 1.5 Mbps de downlink para EVDO.
- El tiempo de descarga es muy largo.

#### Sin conexión

Cuando un usuario reporta:

- Problemas para acceder a una página de internet o aplicación.
- La página indica *“Unable to connect, please make sure you’re connected to the network”*.
- Red no disponible.

#### Problemas de capacidad

Se considera un problema de capacidad cuando el usuario experimenta: bajas tasas de transmisión, conexión intermitente y el dispositivo indica saturación de la red: *“Network too busy, please wait”*.

#### Problemas con Direct Connect

El usuario no puede realizar llamadas o no las recibe, sin embargo, en el caso de Direct Connect (*push to talk*) la comunicación se lleva a cabo sobre EVDO.

#### Problemas con M2M

Se consideran problemas con M2M (Machine to Machine) cuando un usuario reportaba:

- Uno o varios dispositivos inteligentes dados de alta con el proveedor de servicio y con su respectivo ID no podían conectarse a la red e intercambiar información con su centro de mando.
- Cuando reportaban problemas de conexión intermitente en uno o más dispositivos inteligentes.

*Hora en pantalla equivocada (Time Stamp)*

En general ocurren cuando hay cambio de horario de verano o invierno. Se reportan como:

- El dispositivo muestra en la pantalla una o más horas de diferencia (incluso diferente fecha).
- El usuario envía o recibe un mensaje que muestra en la información general la hora equivocada.

En varias ocasiones, *Customer Care* envía a CPM reportes que no están relacionados a problemas con la red, como: problemas con *VoIP*, *Wifi Calling*, *Airave*, dispositivo o cuenta, al no poder identificar el problema por falta de información o que el cliente no da la información correcta o su descripción del problema no es clara; sin embargo, al no estar dentro del campo de investigación, CPM puede regresar estos reportes pidiendo que se enganche a la agencia correcta o bien dando sugerencias para resolver el problema del cliente.

En este capítulo del informe se han descrito los escenarios más comunes de los reportes y los tipos de reporte que llegan a CPM; en los siguientes capítulos se describirán las posibles causas de los problemas en la red y los procesos que CPM siguió para llegar a su resolución.



## Capítulo IV. Investigación y herramientas para la solución de los reportes

Customer Problem Management tiene como único objetivo encontrar solución a los reportes de servicio realizados por los usuarios finales dentro de un plazo definido por el proveedor de servicios de telefonía móvil. Para encontrar una solución, primero se debe analizar el reporte del usuario final, identificar cuál es el problema e identificar la tecnología con la que se experimenta el problema; una vez claros estos puntos, se procede con la investigación de algún problema en la red que esté causando una mala experiencia al usuario final. Si después de la investigación, se encuentra la causa del problema, CPM tiene permisos para realizar acciones correctivas sobre la red del Proveedor de Servicios de Telefonía Móvil para solucionar el problema. Si, por el contrario, no se encuentran problemas en la red, CPM regresa el reporte explicando que la red se encuentra en perfectas condiciones y trabajando como debe y añadiendo la información detallada del desempeño de la red, que dentro de CPM se denomina *Network working as Designed*. Entre las actividades que CPM puede iniciar para corregir el problema reportado se encuentran:

- Reiniciar remotamente (*Soft + Hard Reset*) el equipo de la radio base (o sitio) en caso de que presente un mal desempeño durante las últimas horas. Un mal desempeño se entiende como altas tasas de intentos de conexión/llamadas bloqueadas o caídas, disminución repentina (o gradual desde cierta fecha en específico) de intentos de conexión/llamadas en la radio base.
- Reiniciar remotamente (*Hard Reset*) el equipo de la radio base en caso de que la radio base tenga alarmas en el equipo que causen una afectación en el servicio
- Generar un reporte de sitio y solicitar a un Técnico que campo que visite el sitio para inspeccionar si hay algún problema en las antenas o equipo en mal estado que pueda estar afectando el servicio. También, si el reinicio del equipo (*Soft + Hard Reset* remoto) no limpia las alarmas, solicitar que el técnico realice un *Hard Reset* en sitio para limpiarlas o bien el reemplazo de la parte alarmada.
- Generar un reporte de sitio, solicitando a LRFE cambiar parámetros en caso de que el mal desempeño sea causado por una mala configuración o bien si se reportaron cambios de cobertura en el área.

Otras actividades que CPM realiza como acción secundaria es el seguimiento de los reportes de sitio para asegurar que el problema del usuario se solucione lo antes posible. Mantener el contacto con el área de Radio Frecuencia y los técnicos de campo para movilizar las actividades correctivas es importante para la pronta solución del problema; también para proveer información consistente al usuario final acerca de su reporte durante el tiempo que este activo. Por otro lado, mantener el contacto entre el área de Radio Frecuencia (LRFE), Técnicos de Campo y CPM, permite que las actividades entre los 3 sean más simples y ágiles; es común que LRFE y los técnicos de campo pidan asistencia a CPM para confirmar que el problema se haya solucionado; evitando así errores por falta de comunicación o redundancia que alarguen el tiempo de solución del problema o que el problema afecte a más usuarios, otras tecnologías o incluso radio bases vecinas provocando que el problema se escale a nivel regional. Evitar la escalación del problema es de suma importancia ya que esto puede significar una multa al proveedor de Servicios de telefonía móvil o

incluso, que el usuario final presente una demanda alegando incumplimiento de contrato provocando pérdidas económicas para el proveedor.

## IV.1 Investigación del problema reportado

El reporte debe cumplir con ciertas características e información para que CPM pueda proceder con la investigación. Independientemente del tipo de reporte, éstos siempre deben tener una descripción del problema que detalle 2 puntos indispensables: El problema del cliente y la tecnología con la que se tiene problemas. Aunque suene redundante, en ocasiones el reporte podía contener un largo texto de la queja del cliente, sin contener concretamente el problema. La descripción del problema debe precisar cuál es el problema que se tiene, por ejemplo: llamadas bloqueadas o caídas en cierta área, falta de servicio o lenta conexión a internet, por mencionar algunos. La descripción no siempre será exactamente como se menciona, pero debe ser clara y precisa, sin información innecesaria para CPM.

Una vez que se recibe el reporte, CPM debe leer y comprender en su totalidad cuál es el problema del usuario y la tecnología. El análisis del problema debe arrojar pistas fundamentales que ayudarán en la investigación para identificar la falla en la red que este causando el problema del usuario final.

La investigación se basa en la revisión de los siguientes puntos:

- Problemas conocidos. Pueden ser ventanas de mantenimiento activas, reportes de problemas de sitio que hayan sido localizados antes por el 1er nivel de operaciones en RAN, problemas ambientales como lluvia, nieve, huracanes, entre otros; eventos masivos que causen problemas de capacidad en el área.
- Mapeo del área en la que se experimenta el problema. De este punto se extraen los sitios más cercanos a la dirección que el usuario final provee; también se localiza a qué distancia se encuentra la primera radio base y cuál sector es el que le da cobertura.
- Estadísticas de desempeño de la radio base. Se trata de las estadísticas de cómo ha estado trabajando la radio base. Los KPIs (*Key Performance Indicators*) son un tipo de medidas de desempeño. CPM se enfoca en el número de llamadas o conexiones fallidas (ya sea bloqueadas o caídas) en razón a los intentos de llamadas al sitio. Dependiendo de la cantidad de tráfico que el sitio tome, en dónde se localice y cuántos sitios y a cuanta distancia se encuentran entre sí, se consideran los intervalos aceptados de KPIs de la radio base.
- Alarmas. CPM revisa que ninguno de los sitios, cercanos y que den cobertura al área que rodea a la ubicación reportada, tengan alarmas activas que puedan afectar el desempeño del sitio.
- Backhaul. Esta parte de la investigación se concentra en buscar que no haya pérdidas de paquetes o tramas a través de los puertos por los que viaja el tráfico de los sitios cercanos en la parte de la red conocida como backhaul.

Otro punto que es importante para cierto tipo de reportes son las llamadas del usuario final. Los registros de llamadas que el usuario realiza sirven para ver cuál es la principal radio base que da servicio al cliente, además de identificar cuantas llamadas no fueron exitosas del total de llamadas realizadas y desde que radio base fueron hechas para ayudar a localizar donde se realizaron exactamente. Los registros de llamadas muestran información sobre si la llamada fue exitosa o cuál fue la posible causa de que la llamada fallara por medio de códigos que clasifican a las llamadas.

Cada uno de estos puntos es importante para la investigación ya que a grandes rasgos representan las áreas o aspectos de la red que podrían tener problemas que afecten el servicio en el área. A continuación, se explica cada uno de estos puntos y cómo es que pueden afectar el servicio.

#### IV.1.1 Problemas conocidos

Un problema conocido se considera a algún evento, actividad o afectación en la red de la que ya se tiene reporte y que actualmente está en curso o se está investigando. En algunos casos, esto significa la creación de una Alerta de Servicio en un reporte de sitio la cuál notifica a *Customer Care* y CPM que el problema ya se está bajo investigación y tiene una Fecha Estimada de Resolución o ETR (Estimated Time of Resolution). Los Problemas conocidos se clasifican como:

##### *Ventana de Mantenimiento*

Las ventanas de mantenimiento son actividades programadas por técnicos de campo o el área de Radio Frecuencia para:

- Optimización o integración del sitio. Las actividades de optimización corresponden a mejoras a la configuración del sitio o cambios de valores y parámetros para mejorar el servicio, capacidad y cobertura en el sitio. También incluye actualizaciones en el diseño de la red. La optimización de sitios reduce significativamente costos de diseño, en especial en áreas que difícilmente permiten añadir nuevos puntos de acceso (por ejemplo, ciudades muy concurridas y con demasiados sitios en áreas muy pequeñas) mientras se logra el objetivo de mejorar la experiencia del usuario final. Por otro lado, las actividades de integración se refieren precisamente a añadir o actualizar tecnologías, servicios o recursos de red de datos a los sitios. Generalmente, estas actividades se llevan a cabo en horas en las que no haya mucho tráfico para no afectar el servicio del usuario, es decir, durante la madrugada. Si los sitios son nuevos y aún no están procesando tráfico, estas ventanas pueden realizarse durante el día. Las ventanas de mantenimiento de optimización e integración son programadas por el área de Radio Frecuencia.
- Reemplazo o reparación de partes del equipo del sitio. Estas ventanas las programan los técnicos de campo cuando una parte del equipo del sitio falla. Estas fallas se detectan generalmente mediante alarmas en el equipo. Las alarmas pueden o no afectar el servicio, sin embargo, si una parte del equipo presenta una, el técnico de campo debe ir al sitio a inspeccionar cuál es el problema con la pieza y evaluar si se puede reparar o es necesario un cambio de pieza. Si la pieza debe ser reemplazada, el técnico reporta el número de orden de la pieza y cuando regresa, en caso de que la pieza sea fundamental para dar servicio, la ventana de mantenimiento puede mantenerse abierta hasta que se realice el cambio y se compruebe que el sitio no presenta más problemas relacionados. Otra característica de este tipo de ventanas de mantenimiento es que no está definido el horario en el que se deben llevar a cabo; si el reemplazo o reparación no afecta al servicio, no importa que se lleve a cabo durante el día y las horas con mayor tráfico; si la pieza es fundamental para el servicio y se arriesga a afectarlo, se debe realizar durante la madrugada, cuando el tráfico del sitio es mínimo.
- Mantenimiento del sitio. Las operaciones de mantenimiento del sitio son programadas constantemente, también por los técnicos de campo, y son precisamente actividades en el sitio

para asegurar que esté en buenas condiciones y así proveer el mejor servicio al usuario final. Estas actividades pueden o no tener impacto en el servicio dependiendo de la actividad que este programada y se llevan a cabo en horas de poco tráfico para no afectar el servicio; pueden durar varias noches, sin embargo, los técnicos de campo tratarán siempre de reestablecer el servicio para las horas de mayor tráfico y retomar las actividades en cuanto disminuya. Las actividades de mantenimiento abarcan desde limpiar las instalaciones y confirmar el buen estado de las instalaciones y el equipo, hasta actividades de integración del lado del técnico de campo a la par del área de radio frecuencia.

### *Reportes de Sitio*

Los reportes de sitio son reportes de problemas en el sitio que podrían afectar a la red. Estos reportes pueden generarse a partir de alarmas activas, mal desempeño o por ventanas de mantenimiento que no terminaron exitosamente y causaron problemas en el sitio. Si el reporte del sitio representa una afectación importante en el servicio, se crea una Alerta de Servicio con una Fecha Estimada de Resolución (ETR) que indica a cualquiera que tenga acceso a los sitios desde el centro de operaciones o desde el centro del proveedor de servicio que ese sitio está afectando el servicio en el área y ya se está investigando el problema o que la solución está en curso y la fecha indicada es tentativa de cuándo el problema estará resuelto. Si este es el caso, el proveedor de servicio informa a los usuarios finales que una acción correctiva se está llevando a cabo y provee un ETR.

Las Alertas de Servicio también sirven para indicar a otras áreas del Centro de Operaciones (incluyendo CPM) que ya se están tomando acciones al respecto y que es probable que sitios vecinos se vean afectados por este problema por lo que no es necesario abrir un nuevo reporte para otro sitio y que se sugiere referirse al reporte con la Alerta de Servicio. Los problemas de servicio que ameritan Alertas de Servicio son:

- Altas tasas de mal desempeño en el sitio. Cuando los sitios tienen altas tasas de llamadas o intentos de conexión bloqueados o caídos con respecto a los intentos de llamadas o conexiones en el sitio (porcentajes mayores al 30%); o cuando los intentos de llamadas o conexión que el sitio procesa decrecientan rápidamente en un corto intervalo de tiempo.
- Alarmas. Cuando el equipo o el sitio está fuera de servicio. Estas alarmas son de gran impacto ya que afectan a toda el área a la que dan cobertura y por ende a múltiples usuarios.
- Área afectada. Cuando por alguna razón, hay varios sitios afectados ocasionando que se abra un reporte de área; esto generalmente ocurre cuando un router o switch en altos niveles de la red (core) presenta problemas. En estos casos el problema debe resolverse rápidamente ya que el nivel de escalación es demasiado alto, además de que la cantidad de usuarios afectados es muy grande.

Hay reportes de sitio que no tienen Alertas de Servicio y son generalmente porque a pesar de que el sitio presenta problemas, no son tan graves y el servicio no está afectado por completo. Estos reportes son generalmente por mal desempeño del sitio, pero las tasas de llamadas o intentos de conexión no son tan altas (entre 5 y 30%); o por alarmas activas que no afectan el servicio, o bien, lo afectan mínimamente.

La mayoría de los reportes de sitio se crean automáticamente o por el 1er nivel de operaciones del área Radio Access Network (RAN), aunque en muchas ocasiones CPM detecta (antes de RAN) problemas que requieren la creación de uno de estos reportes gracias a los reportes de usuarios. Las ventanas de mantenimiento también requieren reportes de sitio y, aunque estos no ameritan Alertas de Servicio, los técnicos de campo o Radio Frecuencia deben especificar en los reportes si afectan al servicio o no y las horas en las que éste se verá afectado, así como una breve descripción de las actividades que se van a realizar; CPM no tiene acceso a varios de estos reportes debido a que no pertenece al proveedor de servicios de telefonía, por lo tanto no cuenta con acceso, sin embargo, gracias a la comunicación entre CPM y el área de Radio Frecuencia (RF) podemos mantenernos al tanto de estas actividades y evaluar si en realidad pueden afectar al usuario final o no.

#### *Fenómenos naturales y Eventos sociales.*

Los fenómenos naturales son, como su nombre lo indica, fenómenos que afectan el servicio a gran escala y de los cuales el proveedor de servicios de telefonía no tiene control ni poder para solucionar rápidamente, tal es el caso de Huracanes, tsunamis, tornados, terremotos, tormentas eléctricas, de arena o nieve, fuertes vientos e inundaciones. Estos fenómenos naturales pueden dañar las instalaciones del sitio y el equipo provocando fallas en el servicio. Para estas, se crean reportes de Desastres Naturales y el se debe realizar un estudio previo para calcular cuál será el impacto que el fenómeno tendrá sobre la red, así como qué áreas y cuántos sitios se estima que sean afectados. Después de que el fenómeno haya pasado, se tienen que hacer evaluaciones de los sitios para ver las afectaciones reales, las cuáles pueden resolverse inmediatamente y reestablecer el servicio y cuántos sitios necesitaran reparaciones mayores que requieran más tiempo para su solución; en caso de que sea necesario, se crearán reportes de sitio para seguir con la acción correctiva a nivel local. Este tipo de afectaciones en la red generalmente son a nivel regional y hasta nacional y están comúnmente ligadas a desastres naturales.

Por otro lado, los eventos sociales se refieren a eventos que involucren un incremento en el tráfico durante un corto intervalo de tiempo y pueden ocurrir en una pequeña área, como conciertos, manifestaciones locales, eventos culturales, festivales; hasta eventos a nivel nacional, como, por ejemplo, elecciones estatales, nacionales o el Super Bowl. Las fallas que este tipo de eventos son principalmente de capacidad o mal desempeño de un sitio debido a la cantidad de tráfico que se ve forzado a manejar. A diferencia de los fenómenos naturales, este tipo de eventos no requiere de un reporte de área, más bien un reporte de sitio y en caso de que el evento escale, se crearán reportes de sitio en caso de ser necesario. Los eventos sociales tienden a ser cortos por lo que no superarán un intervalo mayor a 12 horas, sólo en casos extraordinarios, sin embargo, la mayoría de las veces el proveedor de servicio habrá realizado un estudio local previo y hará uso de sitios móviles o modificaciones temporales a la red para soportar la cantidad de tráfico que espera.

#### *Estudios de aves.*

Es común que en ciertas temporadas del año, algunas aves aniden en los sitios, causando interferencias en el servicio y daños en el equipo y no es posible ahuyentar ni perturbar a las aves, ni realizar actividades de cualquier clase en el sitio debido a que la Ley Federal y las Agencias de Protección de Vida Animal en

los Estados Unidos de Norteamérica, prohíben interrumpir los rituales de las aves, por lo que un Técnico de Campo junto a expertos en aves, deben realizar un Estudio que consiste en ir al sitio con el equipo adecuado e investigar y calcular los tiempos de anidación, así como la etapa en la que se encuentra el proceso. A partir de la información que recolecten, se pueden calcular los tiempos de afectación de servicio, aunque nunca serán exactos ya que dependen completamente del comportamiento del ave.

Los estudios de ave también requieren de la creación de reportes de sitios en donde se especifique que el sitio alberga un nido y que no debe trabajarse hasta que el ave abandone el nido. En cuanto esto suceda, el técnico de campo debe abrir una ventana de mantenimiento para evaluar el estado del sitio y de ahí partir con la solución del problema.

#### *Reubicación/Clausura de sitios.*

En muchos casos, el proveedor de servicios de telefonía renta el espacio donde se instala la radio base y su equipo, cuando las 2 partes deciden no renovar el contrato, el proveedor se ve forzado a reubicar el sitio o en ocasiones clausurarlo, dependiendo del tráfico que maneje. En estos casos, un técnico de campo solicitará que se abra un reporte de sitio en el que se explique la situación y provea estatus del sitio periódicamente en caso de reubicación, así como la fecha estimada de solución. Si el sitio fuera a ser clausurado, el reporte se cierra en la fecha de clausura y se agrega a la base de datos que el sitio ya no está al aire.

#### IV.I.I Mapeo

Para CPM, ésta es una de las partes fundamentales de la investigación. Sin una dirección válida, no se pueden localizar los sitios ni el área en la que el usuario final experimenta problemas. Proveer una dirección exacta no es necesario para todos los tipos de reporte que CPM maneja; no obstante, lo es para las quejas individuales y la mayoría de las veces para localizar las quejas a través de la aplicación.

Una dirección válida se considera a las direcciones que contengan la siguiente información en este formato: Número de domicilio, calle, cruce de calles (de ser necesario), colonia, Ciudad y Estado. La dirección que el usuario final provea debe ser correcta y localizable en las herramientas oficiales y no oficiales, el mapeo es la primera parte de la investigación y sin la información que ésta arroje no se puede continuar. En caso de que la dirección no sea correcta o no coincida con la demás información provista en el reporte, éste se podrá descartar o regresar, según el tipo de reporte, como Información incorrecta o faltante.

Esta parte de la investigación consiste en localizar, por medio de varias herramientas de mapeo, la dirección que el usuario final da como referencia indicando el área donde experimenta problemas con el servicio. El usuario final puede indicar que tiene problemas en el área alrededor de la dirección provista a determinada distancia, por ejemplo, a 2 calles de su casa o trabajo, o a lo largo de la avenida, siempre y cuando el área sea menor a un diámetro de 3 millas a la redonda.

Del mapeo se extrae información importante como: el sitio que da cobertura a esa área, en qué sector se encuentra y sus sitios y sectores vecinos, a qué distancia se encuentra el usuario final del sitio más cercano y cuál de estos sitios y sectores debería ser el principal en esta área; también se puede ver si el área

reportada es muy concurrida (por ejemplo, una ciudad) o bien es un área de poco tráfico (campo abierto); si hay obstáculos entre el sitio y la dirección que pudieran afectar la señal como árboles o edificios y cómo se refleja esto en la calidad y nivel de cobertura en el área; esto puede ayudar a determinar si el usuario tiene problemas de cobertura en el área y si se puede hacer algo al respecto para mejorarla o no.

Si al final de la investigación se concluye que en el área existe un problema de cobertura, CPM deberá analizar, por medio de líneas de vista entre el sitio-dirección, niveles de radiación en el área y distancia entre estos, si el problema puede resolverse; si es así, CPM realiza una petición a RF de optimizar el área para mejorar la cobertura; si no puede resolverse, CPM debe comunicar al usuario final, vía el proveedor de servicios, que no es posible una optimización en el área.

En ocasiones, CPM recibe direcciones que no son fáciles de localizar en las herramientas, sin embargo, existen varias maneras de corroborar y confirmar la dirección, antes de descartar el reporte, tales como *Google Maps* y *MyGeoPosition*. Estas herramientas permiten localizar una dirección por medio de la Latitud/Longitud, o bien, localizarla a partir de la ciudad. Este tipo de problemas se presenta principalmente cuando el cliente tiene problemas en áreas poco visibles o de difícil acceso, también en áreas cercanas a fronteras, o bien en Puerto Rico, donde es difícil mantener el formato de la dirección de EUA por diferencias de idioma; estas herramientas también son importantes para los análisis de cobertura en el área, para análisis de terreno o línea de vista. Es importante mencionar estas herramientas que a lo largo del informe se utilizarán, aunque más adelante se explicarán a detalle cada una de las herramientas oficiales para mapeo.

Como se explica previamente, una dirección válida es importante para comenzar con la investigación de CPM. Una vez localizados el sitio que da cobertura al área y sus vecinos, se procede a obtener las estadísticas de cada uno de estos sitios para evaluar su desempeño y buscar alarmas activas o históricas, o cualquier evento relacionado que pudiera afectar al servicio.

#### IV.1.III Estadísticas de Desempeño (Key Performance Indicators)

Esta parte de la investigación consiste en obtener, a través de diferentes herramientas, el desempeño del sitio que da servicio al cliente, sus sectores y los sitios vecinos a éste. Las Estadísticas de Desempeño reflejan, a través de los KPI, el estado de procesamiento del sitio y los datos que arroja el sitio de los intentos de llamadas o conexiones que tiene a lo largo de su vida; en pocas palabras muestran que tan bien o mal está trabajando el sitio. Las estadísticas dependen mucho de varios factores, entre ellos se encuentran: la configuración de la red, la localización del sitio, la cantidad de sitios vecinos y la distancia entre ellos, la capacidad del sitio.

En general, los KPI evalúan el buen funcionamiento de la red y todos los proveedores de servicio de telefonía utilizan los KPI para así analizar el desempeño de la red y evaluar la calidad de servicio (*QoS – Quality of Service*); también son importantes cuando se trata de optimización del área ya que indican puntualmente cuales son las áreas a mejorar en el servicio. El desempeño de la red se mide basado en varios contadores que describen los eventos más importantes en un intervalo de tiempo.

Entre las estadísticas (KPI) más consultadas por CPM para Voz se encuentran:

- Porcentaje de llamadas bloqueadas: Es la razón de llamadas bloqueadas contra el total de intentos de llamadas en el sitio. Bloqueo se define como las llamadas que no pueden ser completadas

debido a problemas en la red, por ejemplo, un usuario final realiza una llamada a un número de otro usuario de la red, la llamada se conecta al sitio, pero no puede alcanzar al otro usuario, por lo que no se puede concretar la llamada. El intervalo aceptable en el acuerdo entre el proveedor de servicios y CPM es de 0% a 2%; si el porcentaje de llamadas bloqueadas se encuentra entre 2% y 30% y la red no presenta una clara causa de este mal desempeño, CPM deberá realizar una acción correctiva en el sitio para solucionarlo; ahora, si el porcentaje es mayor al 30% sin muestras claras de la causa, CPM puede realizar una acción correctiva en el sitio para intentar solucionarlo, sin embargo la mayoría de las veces esto no es suficiente por lo que se pide al 1er nivel de operaciones de RAN que revise la red y descarte problemas que CPM no haya sido capaz de detectar por cuestión de permisos, también se puede solicitar un reporte de sitio con Alerta de Servicio para agilizar la solución del problema. Las principales razones por las que haya un alto porcentaje de llamadas bloqueadas pueden ser alarmas activas, problemas de capacidad en el sitio o interferencia. Otra causa es el desempeño del *Circuit Switch Fallback*, y aunque está relacionado directamente a LTE, es causa de bloqueo de llamadas en CDMA, por lo se explicará más adelante.

- Porcentaje de llamadas caídas: Es la razón de llamadas caídas contra el total de intentos de llamadas en el sitio. Las llamadas caídas se refieren a una llamada que se interrumpe abruptamente y se desconecta. Las llamadas caídas pueden suscitarse porque la distancia entre sitios vecinos es muy grande y los patrones de radiación de los sitios no alcanzan a cubrir toda el área, causando hoyos de cobertura; también pueden ser causa de obstáculos entre los sitios y el área de cobertura, así como interferencia o hasta alarmas intermitentes. Al igual que el porcentaje de llamadas bloqueadas, el intervalo aceptado acordado es de 0% a 2%. Si el porcentaje está fuera del intervalo, se sigue el mismo proceso que con las llamadas bloqueadas, no obstante, CPM siempre tomará en cuenta problemas de cobertura que puedan causar alto porcentaje de llamadas caídas.
- Porcentaje de Llamadas exitosas: Es el porcentaje de llamadas que pudieron concretarse y terminar exitosamente hasta que uno de los usuarios finales terminó la llamada. El porcentaje mínimo deseado para CPM es de 98%, sin embargo, este porcentaje depende demasiado del número de intentos de conexión, si por ejemplo una radio base está en una localidad muy pequeña de aproximadamente 2000 habitantes, es poco probable que el sitio maneje más de 100 intentos por hora, por lo que el porcentaje de llamadas exitosas podría disminuir dependiendo de cuantos intentos haya recibido por hora.
- Intentos de llamada: Es precisamente la cantidad de intentos de llamada que el sitio recibe por hora. Como se menciona en el porcentaje de llamadas exitosas, este valor depende de la cantidad de tráfico que el sitio tome y por supuesto de donde se encuentre ubicado. Si es un sitio de ciudad, se esperarán al menos 1000 intentos por hora a pesar de tener varios sitios vecinos, por el contrario, si el sitio se encuentra en provincia, es probable que sea el único sitio en varios kilómetros y la población no será demasiado alta, por lo que el sitio tomará menos de 100 intentos por hora. Generalmente, los intentos de llamadas generan un patrón en el que durante el día se tiene el mayor número de llamadas por hora (horas de trabajo) y en la noche disminuye hasta llegar a la madrugada donde puede que no haya intentos por hora, la gráfica entonces al día de intentos de llamada por hora es una campana en la que las horas pico son generalmente entre las 12 y 18 horas; si se analiza el comportamiento de intentos al mes, puede ser que la gráfica sea



una serie de campanas donde el punto más alto sea entre lunes a viernes y el punto más bajo sean los fines de semana o bien, se mantenga en los mismos valores todos los días de la semana.

- Minutos de Utilización (MOU). Es la media de duración de todas las llamadas que procesa el sitio por hora. Se utiliza principalmente para ver el comportamiento del sitio por hora y que tan bien se procesan las llamadas, si se detecta que los MOU decrecen abruptamente, puede que haya un problema de interrupción de llamadas o de llamadas bloqueadas.

Si el sitio presenta un porcentaje mayor al 2% en llamadas bloqueadas o caídas, CPM deberá abrir un reporte de sitio y realizar una acción correctiva (*soft + hard reset*) para solucionarlo; en caso de que el sitio no presente mejoría, se podrá enganchar al 1er nivel de operaciones de RAN para que se realice una investigación más profunda de la red para ver la causa del incremento en este porcentaje ya que CPM no tiene permisos para inspeccionar a niveles mayores en la red; RAN sólo considera que puede haber un problema si el porcentaje es mayor al 5%, e incluso abre una Alerta de Servicio sólo si es mayor al 30%.

Para evaluar el comportamiento de Datos (EVDO, LTE) del sitio, los KPI más consultados por CPM son:

- Porcentaje de conexiones bloqueadas: Es la tasa de las conexiones bloqueadas contra el total de intentos de conexión en el sitio. Bloqueo, al igual que en CDMA, se define como las conexiones que no pudieron completarse debido a problemas en la red, por ejemplo, un usuario final realiza una petición de conexión a un sitio web o aplicación, pero no puede terminar el enlace. El intervalo aceptable también es de 0% a 2%; y si se encuentra fuera de éste, CPM deberá realizar una acción correctiva en el sitio para solucionarlo. Las principales razones por las que haya un alto porcentaje de conexiones bloqueadas pueden ser alarmas activas o problemas de capacidad en el sitio o interferencia.
- Porcentaje de conexiones interrumpidas: Es la razón de conexiones interrumpidas contra el total de intentos de conexión en el sitio. Las conexiones interrumpidas pueden darse, al igual que en voz, porque la distancia entre sitios vecinos es muy grande y los patrones de radiación de los sitios no alcanzan a cubrir toda el área, causando hoyos de cobertura; también pueden ser causa de obstáculos entre los sitios y el área de cobertura, así como interferencia o hasta alarmas intermitentes. El intervalo aceptado acordado también es de 0% a 2%. Si el porcentaje está fuera del intervalo, se sigue el mismo proceso, no obstante, CPM siempre tomará en cuenta problemas de cobertura que puedan causar alto porcentaje.
- Porcentaje de Conexiones exitosas: Es el porcentaje de conexiones que pudieron concretarse y terminar exitosamente hasta que el usuario final terminó la conexión. Al igual que en voz, el porcentaje mínimo deseado para CPM es de 98%. En este caso, el porcentaje no depende del número de intentos ya que siempre serán más de 1000 al ser las conexiones a internet más concurrentes que las llamadas sin importar si es una ciudad o provincia.
- Intentos de conexión: Es precisamente la cantidad de intentos de conexión que el sitio recibe por hora. Se comporta casi de la misma manera que los intentos de llamada, solo que con intentos mayores a 1000. Al igual que en Voz, los intentos de conexión generan un patrón en el que durante horas de trabajo se tiene el mayor número de conexiones por hora y en la noche disminuyen, en este caso, los intentos de conexión rara vez llegarán a 0; la gráfica de campana aparece como en los KPIs de voz (horas pico son generalmente entre las 10 y 21 hrs).

### CSFB KPIs

Estos KPI son exclusivos de LTE. Al estar basada en IP, la arquitectura LTE necesitó encontrar una solución para brindar un cambio suave de la tecnología CDMA diseñada para voz a tecnologías IP; por lo que se desarrolló el *Circuit Switch Fallback*. La clave del CSFB, como su nombre lo indica, está en el cambio de la red *Packet Switched* utilizada para datos, a la red *Circuit Switched* utilizada para voz. Con el CSFB, cuando el dispositivo del usuario final recibe una llamada en el momento en que está operando en modo LTE (conexiones de datos), la red LTE localiza al dispositivo, el cuál responde con una petición especial a la red y la red entonces, señala al dispositivo para cambiarse de 4G a 2G o 3G para aceptar la llamada entrante; esto ocurre de la misma manera cuando sale una llamada.

El mal desempeño del CSFB es una razón para llamadas bloqueadas, entre otros problemas, por lo que CPM presta atención en los siguientes KPI para el *Circuit Switch Fallback*:

- Porcentaje de CSFB Handover exitoso: Se refiere al porcentaje de intentos de cambio de LTE a CDMA, y viceversa, exitosos que ha tenido el sitio. La gráfica es semejante a la de porcentaje de llamadas exitosas, solo que, en este caso, el valor menor aceptado es del 92%.
- Intentos de CSFB: Es la cantidad de solicitudes de la red para que el dispositivo cambie de LTE a CDMA y viceversa.
- Porcentaje de CSFB Handover fallido: Es el porcentaje de cambio no exitoso. El máximo aceptado por CPM es de 8%.

Por supuesto, CPM analiza cada uno de estos KPI por cada sector, portadora, canal y sitio vecino alrededor del área reportada.

### IV.I.IV Alarmas

Una vez que, por medio del mapeo, se identifican los sitios más cercanos al área reportada y se recolecta información del desempeño de los sitios, se procede a revisar el estado del equipo de los sitios. Para esto, CPM necesita ingresar a cada uno de los sitios, a través de las herramientas de administración de la red correspondientes a la empresa que lo fabrica. A parte de CPM, existe un equipo dentro del GNOC que se dedica exclusivamente al mantenimiento de la red y el equipo del proveedor del servicio de telefonía llamado Primer Nivel de Operaciones RAN, no obstante, es necesario que CPM revise cualquier anomalía en el equipo de la red que este causando problemas en el servicio ya que el 1er nivel no toma en cuenta todas las alarmas que podrían estar afectando el servicio.

El Mantenimiento de una red se refiere al proceso de revisar o recuperar el sistema para resolver fallas en él; también incluye medidas preventivas para asegurar que el sistema se mantiene en estado normal de operación. Cuando un sistema falla, la herramienta de administración (que es desarrollada y depende de la marca que manufactura al equipo) detecta la falla y la presenta como una alarma que notifica al operador acerca de ella; entonces, el operador debe resolver el problema basándose en la información que recibe vía la alarma. Todos los problemas que puedan ocurrir en el sistema se definen como alarmas. Los operadores de la red (1er nivel de operaciones o CPM) pueden detectar fallas de sistema en tiempo real a través de la herramienta de manejo del equipo al monitorearla constantemente. Independientemente de la herramienta y la manufactura del equipo, las alarmas tienen un código que indica que tipo de alarma.

Las alarmas representan un posible problema o mal funcionamiento con el sitio y sus partes. Las alarmas son mensajes enviados por un elemento de administración del sistema al administrador de la red para indicar alguna condición anormal tal como una falla o advertencia de falla. Cualquier otro mensaje autónomo que el elemento envíe al administrador, por ejemplo, valores alcanzando el límite de la configuración o cambios se consideran como eventos. Las alarmas que pueden ocurrir dentro del sistema se dividen en 3 niveles de acuerdo al impacto que tengan en éste:

- **Críticas:** Estas alarmas tienen la más alta prioridad y son las más serias. Son críticas en el funcionamiento del sistema, lo cual obliga a que se atiendan inmediatamente.
- **Mayores:** Estas alarmas no son tan serias como las críticas, pero aun así tienen alta prioridad; este tipo de alarmas usualmente ocurre por fallas en el hardware, software, circuito o problemas en el servicio. También deben tratarse inmediatamente, aunque no con la misma prioridad que las críticas.
- **Menores:** Las alarmas menores afectan el sistema a menor escala que las críticas o las mayores por lo que no tienen que ser atendidas como urgentes.

De estos 3 niveles, CPM toma acción sobre las alarmas críticas y mayores; las menores no representan un problema significativo en el servicio que amerite un *reset*/reinicio del equipo. También, a partir de estos niveles de alarmas, hay varios tipos y subtipos de alarmas, pero CPM pone especial atención en las alarmas de equipo y comunicación; si el sitio no presenta alarmas de este tipo, se procede a la investigación de alarmas de calidad de servicio y después con las alarmas ambientales. Para CPM, algunas de estas alarmas no tienen impacto en el servicio en ciertas condiciones.

Las alarmas se clasifican en la siguiente categoría:

- **Alarmas de Equipo:** Estas alarmas aparecen por fallas de equipo/hardware (Antenas, radios, módems, baterías, gabinetes, racks, puertos, por mencionar algunas). Cuando el equipo deja de funcionar, ya sea por fallas en la instalación, por problemas ambientales que han alcanzado a afectar al equipo, por partes desconectadas, o por fallas con la fuente de alimentación. Este tipo de alarmas generalmente deriva en un sitio en estado fuera de servicio, causando graves daños en el servicio ya que puede inhabilitar a otros sitios vecinos que dependen de él debido a la configuración de la red
- **Alarmas de Comunicación:** Estas alarmas se relacionan a los procesos y procedimientos requeridos para transmitir información de un punto a otro. Cuando un sitio no encuentra el enlace para intercambiar información con otros sitios vecinos o con la *Base Station Center*, se dispara una alarma de comunicación. La comunicación se interrumpe generalmente cuando el enlace entre los elementos se cae, dejando al sitio incomunicado e incapaz de enviar o recibir información provocando fallas graves en el servicio.
- **Alarmas de procesamiento:** Son alarmas relacionadas al procesamiento de tráfico en el equipo o alarmas de software. Este tipo de alarmas también está altamente relacionado con el mal desempeño del equipo. Pueden aparecer por una mala configuración de la red, o por cambios en un sitio que no han sido considerados por los sitios vecinos desatando una mala reacción en el área provocando fallas en el servicio.
- **Alarmas de Calidad de Servicio (QoS):** Las alarmas de Calidad de Servicio o QoS se disparan cuando hay un decremento en la calidad de servicio o en el desempeño de la red. Existen medidores dentro del sistema que se encargan de mantener valores (por ejemplo, potencia de transmisión)

dentro de un intervalo y que no sobrepasen el valor máximo establecido; si estos valores salen de este intervalo, se dispara una alarma de calidad de servicio indicando que hay un problema que podría afectar al servicio.

- Alarmas Ambientales: Estas alarmas se disparan cuando hay fallas que se relacionan con el ambiente. Cada sitio o nodo en la red tiene sensores que permiten identificar si hay algún problema en el ambiente que pueda afectar al equipo (por ejemplo, sensores de temperatura, humedad). Estas alarmas no tienen gran impacto en el servicio al cliente a menos que el equipo ya se encuentre dañado y dispare una alarma de equipo, por lo que CPM no presta mucha atención a este tipo de alarmas. Si CPM detecta una alarma de este tipo, investiga primero si ha alcanzado a afectar al servicio a través de otro tipo de alarma o por mal desempeño del sitio, si no hay afectación alguna, esta alarma se descarta como causa del problema del cliente.

Cada una de estas alarmas tiene diferente representación dependiendo de la compañía que manufactura al equipo que en conjunto forma el sitio. Hay 3 compañías manufactureras que conforman a la red del proveedor de servicio: *Samsung*, *Alcatel-Lucent* y *Ericsson*. A diferencia del 1er nivel de operaciones de RAN, los cuales tienen un equipo para cada marca, CPM debe conocer el funcionamiento del equipo de las 3 compañías y como resolver un problema en cada una de las herramientas. También, es importante considerar que no todas las alarmas son tomadas en cuenta por CPM, sólo las alarmas críticas y mayores de comunicación, procesamiento o equipo tienen la más alta prioridad, después las de Calidad de servicio y al final las alarmas ambientales.

#### IV.I.V Backhaul

Una vez que se descarta que el sitio tiene alarmas activas que pudieran afectar el servicio, el último punto de la investigación es revisar el backhaul.

En telecomunicaciones, es la conexión entre los sitios y la red Core. El backhaul también es conocido como Red de Retorno y en general, se utiliza para interconectar redes entre sí por medio de diferentes tipos de tecnologías, alámbricas o inalámbricas. Hay 3 tipos de enlaces de backhaul para tecnologías móviles:

- Microonda/Ethernet: Se utiliza para conexiones punto a punto
- Líneas de cobre (cable coaxial): Conexiones T1/E1
- Fibra: Enlaces de fibra óptica

El backhaul, no se refiere solo a un enlace inalámbrico o alámbrico, también incluye cualquier equipo intermediario que la red requiera para procesar el tráfico (voz, datos).

En cierto modo, el tráfico que va de la radiobase se mueve por medio de los elementos que lo procesan hasta el Core de la red donde se encuentra la parte de provisionamiento del servicio y los elementos de calidad de servicio (QoS); una vez procesado, el tráfico regresa por la misma vía por la que llegó a la red Core, de ahí el término Red de Retorno.

Un elemento común del equipo intermediario que forma el backhaul son los Router; a través de los cuales se establece una ruta para enviar el tráfico de una red a otra. En esta etapa de la red, el tráfico se mueve en forma de paquetes, los cuales son enviados de router en router a través de puertos establecidos para entrada o salida. Los routers que dan este servicio se optimizan para aplicaciones de proveedores de

servicio de telefonía móvil y se utilizan para implementar el backhaul; se pueden agregar múltiples estaciones a través de TDM, ethernet e interfaces IP y pueden utilizar *MPLS (Multiprotocol Label Switching)*, *Resilient Ethernet Protocol (REP)*, *Multilink Point to Point Protocol (MLPPP)*, *Layer 2 VPN*, *Layer 3 VPN* y otros protocolos de transporte comunes para backhaul de RAN. Esencialmente, los routers priorizan, diferencian y segmentan cualquier combinación de tráfico 2G, 3G, 4G sobre cualquier combinación de infraestructura IP/ethernet y TDM E1/T1 (cobre, microondas y óptica).

Para el caso de este proveedor de servicios de telefonía, el backhaul no pertenece al proveedor de servicios de telefonía; en realidad pertenece al LEC (*Local Exchange Carrier*) que tiene mayor alcance en todo Estados Unidos, por lo que CPM no tiene contacto directo con esta parte de la red.

CPM no tiene una acción correctiva para problemas de backhaul ya que no cuenta con los permisos necesarios para ello, sin embargo, debe ser capaz de identificarlos para poder enganchar a la agencia correspondiente y encontrar una solución al problema. La agencia que se encarga de esto se encuentra dentro del GNOC y básicamente se encarga de mantener comunicación con el LEC para hacer pruebas que localicen donde se encuentra el problema (del lado del LEC o de la Red del proveedor). Para identificar si el backhaul tiene un correcto funcionamiento, se debe descartar cualquier problema mientras se corre una prueba (flujo de paquetes) a través de la red de backhaul. Las pruebas que se realizan son:

- Prueba de conectividad (Puertos/VLANs – *Virtual Local Area Network*): Eso se hace para comprobar que no hay problemas de conectividad, las herramientas deben alcanzar ambos extremos de la red (desde la radio base hasta el core de la red). Si no se alcanza el extremo del núcleo al enviar el paquete, se supone que hay un problema en el backhaul. Estas pruebas de conectividad pueden o no ser intrusivas. Si son intrusivas esta parte de la red se deshabilitará un momento para hacer pruebas y asegurar que no haya algún problema, en caso de no ser intrusivas, se enviarán los paquetes de prueba junto con el tráfico habitual.
- Estado de las interfaces: Las interfaces por las que viaja el tráfico deben estar habilitadas para que el tráfico llegue al destino deseado (*core*). Para esto se necesita revisar desde el router el estado de las interfaces que deberían estar habilitadas.
- Incrementos en el número de errores de entrada y salida en las estadísticas de tráfico: Para esto, se deben obtener las estadísticas del tráfico que pasa por el router, y poner especial atención en las estadísticas de errores los cuales deben aumentar conforme el tráfico; las pruebas se deben correr más de una vez para identificar si se incrementa o no, si se detecta que los errores aumentan considerablemente en un intervalo muy pequeño, puede haber un problema en ese enlace; también debe considerarse que las estadísticas de error se almacenan por periodos de tiempo muy largos, y se resetean rara vez, por lo que si se detecta una cifra muy alta de errores no debe parecer alarmante y se deben correr más estadísticas para descartar que en verdad haya un problema en esta parte de la red.

En general, CPM siempre busca errores en los resultados que arrojan las herramientas, el procedimiento para identificar algún problema en el backhaul se hace a través de errores o pérdidas de paquetes a través del enlace y al igual que en las alarmas, depende de la compañía que manufactura el equipo y del tipo de tecnología del enlace; las compañías son las mismas: *Ericsson*, *Alcatel-Lucent*, *Samsung*. Pero en general se dividen de la siguiente manera:

- Ericsson: SIU/T1 o Microonda/Fibra

- Alcatel-Lucent: T1 o Ethernet
- Samsung: TDM o Fibra

Por supuesto, para cada vendor, existe una herramienta y los routers tienen diferentes nombres, pero en general es la misma estructura.

La investigación concluye una vez que sean revisado todos los puntos descritos y se hayan descartado problemas de cobertura, problemas conocidos, mal desempeño del sitio, alarmas activas que pudieran causar fallas en el servicio o problemas de pérdidas de paquetes en el segmento de la red conocido como backhaul, si se encuentra algún problema en la red, se toman acciones de resolución de éste para reestablecer el servicio del usuario final; con toda la información recolectada de esta investigación se pueden tomar decisiones acerca de cuál será el mejor y más rápido modo de resolver el problema basado en el proceso definido para cada problema presentado. Aunque nunca se tiene el mismo caso, los procesos ayudan para tomar una decisión partiendo del problema del usuario final y de los resultados de la investigación.

## IV.II Herramientas de investigación

La investigación se realiza a través de las herramientas adecuadas para cada caso; considerando que las tecnologías 2G, 3G y 4G no operan de la misma forma, se requerirán diferentes herramientas para cada punto y para cada tecnología. Algunas de estas herramientas son capaces de mostrar resultados para 2 o más tecnologías o incluso para 2 o más puntos de la investigación, sin embargo, siempre será importante corroborar la información que cada una de estas herramientas arroje con ayuda de las demás herramientas.

El desarrollo de las herramientas puede estar a cargo del proveedor de servicio de telefonía móvil, la compañía que fabrica el equipo que forma las radio bases (al cual denominaremos *vendor*) y la compañía operadora del servicio (COS).

Para hacer uso de estas herramientas, CPM necesita acceder a un entorno virtual en el cual se localizan todas las herramientas, ya sea del proveedor de servicios, COS o del vendor; el modo de acceso de estas herramientas no se explicará ya que no es propósito de este reporte, no obstante, más adelante se describirán a detalle cada una de estas herramientas y para qué tecnologías y vendor son útiles, así como en que parte de la investigación se utilizan.

Como se menciona anteriormente, no todas las herramientas son útiles para todas las tecnologías; algunas de estas son útiles sólo para CDMA e EVDO ya que el equipo que procesa al tráfico de esta tecnología es independiente y totalmente diferente al que utiliza LTE, por lo que en general la división más importante será la de CDMA, EVDO, LTE. Por otro lado, las herramientas que se utilizan para los problemas conocidos, son útiles para todos los tipos de tecnologías.

Las herramientas que se utilizan para problemas con Voz y mensajería (SMS) son las que se utilizan para CDMA; para datos 3G se utilizan herramientas para EVDO; para problemas con LTE, se utilizan herramientas para LTE. En resumen, cada una de estas tecnologías utiliza las siguientes herramientas:

- CDMA: Cell Site Finder (Desempeño, localización), Mobile CDR (registros de llamadas), Glance (Mapeo, registros de llamadas), Patrol (Desempeño, Mapeo, Alarmas), PRTS (Desempeño, Mapeo, registros de llamadas), Topology (Base de datos), Samsung BSM (Alarmas), Secure CRT (Alarmas, Backhaul), Spirent (Backhaul), Coverage Tool (Cobertura/Mapeo)
- EVDO: Cell Site Finder (Desempeño, localización), Glance (Mapeo, registros de llamadas), Patrol (Desempeño, Alarmas), PRTS (Desempeño, Mapeo, registros de llamadas), Samsung BSM (Alarmas), Secure CRT (Alarmas, Backhaul), Spirent (Backhaul), Coverage Tool (Cobertura/Mapeo)
- LTE: Glance (Mapeo, registros de llamadas), Patrol (Desempeño, Alarmas), PRTS (Desempeño, Mapeo, registros de llamadas), LTE lookup tool (Base de datos), LTE Monitoring (Desempeño), OSS RC (Alarmas), Samsung LSM (Alarmas), SAMB (Alarmas), Spirent (Backhaul), Coverage Tool (Cobertura/Mapeo)
- Problemas Conocidos: DRMS (Eventos de desastres naturales con alto impacto), Ticket Network Search (Historial de Reportes de sitios), Red Cascades/Call Detector (Para sitios con varios reportes de usuario final), Patrol (Ventanas de mantenimiento, reportes abiertos), Cell Site Maintenance Schedule (Ventanas de Mantenimiento)

A continuación, se describirá cada una de las herramientas utilizadas, su propósito, para qué tecnología sirven y su modo de empleo.

- *Site Finder*

Esta herramienta (figura 4.1) se utiliza principalmente para 2 aspectos: identificar cuáles son los sitios más cercanos a la ubicación reportada, y para revisar el desempeño de estos por las últimas 72 horas, o bien, los últimos 21 días.

The image shows a web form for 'Site Finder'. On the left, there are input fields for: 'Address or Cross Street 1:', 'Cross Street 2 (optional):', 'Apt/Suite No (optional):', 'City:', 'State:' (with a dropdown menu showing '- Select a state -'), and 'Zip Code:'. Below these fields is a 'Find it!' button. To the right of the address fields, the word 'OR' is displayed. Further right, there are two more input fields: 'Latitude (N):' and 'Longitude (W):'.

Figura 4.1 Site Finder

Se basa en la ubicación reportada por el usuario final; a partir de esta ubicación, se obtienen los 5 sitios más cercanos o que estén dentro de un radio de 5 millas. La ubicación puede reportarse como una dirección domiciliaría (Calle, Número, Ciudad y Estado), o con la Latitud/Longitud de la ubicación. Es importante considerar que el proveedor de servicios sólo tiene cobertura en territorio estadounidense, por lo que las direcciones que la herramienta puede localizar solo son en territorio estadounidense (EU, Hawaii, Alaska y Puerto Rico).

Esta herramienta funciona para localizar los 5 sitios más cercanos a la ubicación reportada ya que estos serán los que se investigarán. Por otro lado, la herramienta arroja los resultados independientemente de la tecnología que los sitios soporten, sin embargo, sólo es capaz de proporcionar las estadísticas de desempeño para tecnologías CDMA y EVDO.

*Modo de empleo*

Para poder localizar los 5 sitios a investigar, es necesario que el usuario final provea una dirección o latitud/longitud válida y encontrarse dentro de territorio estadounidense. En la mayoría de los casos, los usuarios proveen la dirección de su casa u oficina, que es donde estadísticamente pasan la mayor parte del tiempo. Para ingresar la dirección válida a la herramienta, solo se deben llenar los campos de la dirección y solicitar que la herramienta localice los sitios.

Si la dirección proporcionada es válida y correcta, la herramienta indicará que fue localizada exitosamente y proveerá información extra acerca del área dentro de la que se encuentra, por ejemplo, el número de reportes de sitio en el código postal, área y a nivel nacional y también indica que esta dirección se encuentra dentro de la cobertura EVDO. Esta parte de la información que arroja la herramienta es útil, sin embargo, en la mayoría de las ocasiones no está actualizada, por lo que, para comprobar esta información, se deben utilizar otras herramientas que se explicarán más adelante. Posteriormente, se encuentra la parte de la información con mayor relevancia para CPM, los 5 sitios más cercanos a la ubicación reportada:

| Closest On-air Cells |                    |       |           |                  |                  |            |               |              |           |                 |                         |  |
|----------------------|--------------------|-------|-----------|------------------|------------------|------------|---------------|--------------|-----------|-----------------|-------------------------|--|
| Cascade ID           | Region             | Area  | Market    | Switch           | Cell No          | Dist. (km) | Dist. (miles) | Dist. (feet) | Cell Dir. | 72-hour History | Network Event Board     |  |
| <a href="#">AT0</a>  | <a href="#">65</a> | South | Southeast | Atlanta / Athens | ATLNGAUS-MSCE-01 | 2 9        | 0.0           | 0.0          | 120       | SE              | <a href="#">History</a> | No reported outages for the last 14 days.  |
| <a href="#">AT0</a>  | <a href="#">92</a> | South | Southeast | Atlanta / Athens | ATLNGAUS-MSCE-01 | 2 6        | 0.9           | 0.6          | 2,972     | NE              | <a href="#">History</a> | <a href="#">4 reported outage(s)</a> since 04/27/2017.<br>Status: Closed<br>Services affected: Single Cellsite - All Services Impacted |
| <a href="#">AT0</a>  | <a href="#">85</a> | South | Southeast | Atlanta / Athens | ATLNGAUS-MSCE-01 | 2 1        | 1.7           | 1.0          | 5,421     | SW              | <a href="#">History</a> | No reported outages for the last 14 days.  |
| <a href="#">AT5</a>  | <a href="#">73</a> | South | Southeast | Atlanta / Athens | ATLNGAUS-MSCE-01 | 2 4        | 1.7           | 1.1          | 5,731     | SE              | <a href="#">History</a> | No reported outages for the last 14 days.  |
| <a href="#">AT2</a>  | <a href="#">81</a> | South | Southeast | Atlanta / Athens | ATLNGAUS-MSCE-01 | 2 2        | 2.0           | 1.3          | 6,706     | NW              | <a href="#">History</a> | <a href="#">2 reported outage(s)</a> since 09/15/2016.<br>Status: Closed<br>Services affected: 4G LTE                                  |

Figura 4.2 Sitios más cercanos a la ubicación reportada

La herramienta arroja una pantalla (figura 4.2) con los 5 sitios más cercanos incluyendo:

- **Cascade ID:** Es el identificador de la radio base.
- **Region y Area:** La red del proveedor de servicio está dividida en regiones y esta a su vez en áreas. Se basa principalmente en la división geográfica.
- **Market:** Es otro tipo de división, pero este está basado en el vendedor, es decir, el área o regiones que tienen radio bases con equipo en su mayoría de cierta marca (Samsung, Alcatel Lucent, Ericsson).
- **Switch:** Es el switch o BSC al que pertenece esa porción de la red; los switches solo tienen equipo de un solo vendedor en la mayoría de los casos.
- **Cell No:** Número de la radio base que pertenece a ese switch.
- **Distance:** Es la distancia a la que se encuentra el sitio tomando como referencia la dirección introducida en la herramienta. Se muestra en kilómetros, millas y pies, aunque en CPM se toma en cuenta la distancia en millas por ser el sistema métrico utilizado en EUA.
- **72-Hour History:** Es un link que lleva a las estadísticas de desempeño del sitio. Estas estadísticas están disponibles sólo para CDMA, 1xData y EVDO por las últimas 72 horas o los últimos 21 días. Más adelante se mostrarán estas estadísticas
- **Network Event Board:** Indica si hay algún reporte de este sitio. No siempre está actualizado, por lo que no se toma siempre en cuenta o bien se comprueba la información por medio de otras herramientas.



*Estadísticas de Desempeño*

El link en cada celda lleva a una página donde se almacenan las estadísticas del sitio por media hora de las últimas 72 horas. En el encabezado, la página indica de qué sitio es ese historial de estadísticas; también indica el vendor del sitio, la BSC a la que pertenece, el número de celda para servicios de voz y, si está habilitado, para servicios de datos (EVDO), un link que redirecciona a las estadísticas por día de los últimos 21 días, y las peores tasas de bloqueo y caída de llamadas de Voz en las últimas 72 horas.

Después del encabezado se muestra una tabla que indica la fecha y la hora del día; muestra también las estadísticas para voz e EVDO y de cada una de estas tecnologías: el número de intentos, la tasa de intentos exitosos, la tasa de intentos bloqueados y la tasa de intentos caídos o interrumpidos durante esa hora. CPM pone especial atención en los sitios en los que CDMA o EVDO tengan tasas de bloqueo o caídas mayores a 2% por más de 3 horas, con más de 100 intentos por hora y que no sean considerados como tendencia normal. La tendencia normal se refiere a que el mal desempeño del sitio se ha dado por más de 1 año, pero que aun así se mantiene constante o sin incrementos. La página de las estadísticas por día de los últimos 21 días tiene el mismo formato que la página para las 72 horas (figura 4.3).

History Report For  
**(SAMSUNG- BRDVILBO-IBSC-2 - VOICE Cell 2145/2145 - EVDO Enabled)**  
[Click here for last 21 day report](#)  
 All times are switch local time  
 Worst Voice Success Rate in last 72 hours: 97.85%  
 Worst Voice Block Rate in last 72 hours: 2.15%  
 Worst Voice Drop Rate in last 72 hours: 3.40%  
 Worst figures are for hours with more than 20 attempts(or half-hours with more than 10 attempts)

| Switch to counts |       |       | Aggregate |              |            |           | Voice          |                    |                  |                 | Data 1x          |                      |                    |                   | EVDO                  |                 |                 |                 |
|------------------|-------|-------|-----------|--------------|------------|-----------|----------------|--------------------|------------------|-----------------|------------------|----------------------|--------------------|-------------------|-----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Date             | From  | To    | Attempts  | Success Rate | Block Rate | Drop Rate | Voice Attempts | Voice Success Rate | Voice Block Rate | Voice Drop Rate | Data 1x Attempts | Data 1x Success Rate | Data 1x Block Rate | Data 1x Drop Rate | EVDO Connect Attempts | EVDO Connect SR | EVDO Connect BR | EVDO Connect DR |
| 16/2/01          | 21:30 | 22:00 | 1,165     | 98.45%       | 1.55%      | 1.83%     | 85             | 100.00%            | 0.00%            | 0.00%           | 1,080            | 98.33%               | 1.67%              | 1.98%             | 6,471                 | 97%             | 2.55%           | 0.78%           |
| 16/2/01          | 21:00 | 21:30 | 1,202     | 99.17%       | 0.83%      | 1.85%     | 130            | 100.00%            | 0.00%            | 0.00%           | 1,072            | 99.07%               | 0.93%              | 2.07%             | 6,381                 | 97%             | 2.77%           | 0.80%           |
| 16/2/01          | 20:30 | 21:00 | 1,335     | 99.33%       | 0.67%      | 0.90%     | 125            | 100.00%            | 0.00%            | 0.00%           | 1,210            | 99.26%               | 0.74%              | 1.00%             | 6,053                 | 98%             | 2.36%           | 0.68%           |
| 16/2/01          | 20:00 | 20:30 | 1,269     | 99.29%       | 0.71%      | 1.11%     | 134            | 99.25%             | 0.75%            | 0.00%           | 1,135            | 99.30%               | 0.70%              | 1.24%             | 6,699                 | 98%             | 2.33%           | 0.47%           |
| 16/2/01          | 19:30 | 20:00 | 1,164     | 99.23%       | 0.77%      | 1.73%     | 129            | 100.78%            | -0.78%           | 0.00%           | 1,035            | 99.03%               | 0.97%              | 1.95%             | 6,255                 | 98%             | 2.45%           | 0.28%           |
| 16/2/01          | 19:00 | 19:30 | 1,012     | 99.51%       | 0.49%      | 0.99%     | 160            | 100.00%            | 0.00%            | 0.00%           | 852              | 99.41%               | 0.59%              | 1.18%             | 6,011                 | 98%             | 2.26%           | 0.34%           |
| 16/2/01          | 18:30 | 19:00 | 1,061     | 99.43%       | 0.57%      | 1.14%     | 153            | 99.35%             | 0.65%            | 0.00%           | 908              | 99.45%               | 0.55%              | 1.33%             | 5,594                 | 99%             | 1.22%           | 0.36%           |
| 16/2/01          | 18:00 | 18:30 | 1,174     | 99.23%       | 0.77%      | 1.29%     | 168            | 99.40%             | 0.60%            | 0.00%           | 1,005            | 99.20%               | 0.80%              | 1.50%             | 5,557                 | 99%             | 1.19%           | 0.46%           |
| 16/2/01          | 17:30 | 18:00 | 1,231     | 99.51%       | 0.49%      | 1.05%     | 168            | 100.00%            | 0.00%            | 0.60%           | 1,063            | 99.44%               | 0.56%              | 1.14%             | 5,336                 | 99%             | 1.39%           | 0.30%           |
| 16/2/01          | 17:00 | 17:30 | 1,314     | 99.47%       | 0.53%      | 0.77%     | 202            | 100.00%            | 0.00%            | 0.50%           | 1,112            | 99.37%               | 0.63%              | 0.81%             | 5,357                 | 98%             | 1.59%           | 0.38%           |
| 16/2/01          | 16:30 | 17:00 | 1,316     | 99.70%       | 0.30%      | 0.84%     | 157            | 100.00%            | 0.00%            | 0.64%           | 1,159            | 99.65%               | 0.35%              | 0.87%             | 5,175                 | 99%             | 1.33%           | 0.24%           |
| 16/2/01          | 16:00 | 16:30 | 1,293     | 99.69%       | 0.31%      | 0.62%     | 183            | 99.45%             | 0.55%            | 1.10%           | 1,110            | 99.73%               | 0.27%              | 0.54%             | 4,792                 | 99%             | 1.40%           | 0.28%           |
| 16/2/01          | 15:30 | 16:00 | 1,288     | 99.38%       | 0.62%      | 0.70%     | 182            | 100.00%            | 0.00%            | 0.00%           | 1,106            | 99.28%               | 0.72%              | 0.82%             | 5,611                 | 99%             | 1.25%           | 0.42%           |
| 16/2/01          | 15:00 | 15:30 | 1,208     | 99.67%       | 0.33%      | 0.66%     | 147            | 100.00%            | 0.00%            | 0.00%           | 1,061            | 99.62%               | 0.38%              | 0.76%             | 5,189                 | 98%             | 1.54%           | 0.70%           |
| 16/2/01          | 14:30 | 15:00 | 1,185     | 99.92%       | 0.08%      | 0.08%     | 155            | 100.00%            | 0.00%            | 0.00%           | 1,030            | 99.90%               | 0.10%              | 0.10%             | 5,379                 | 99%             | 0.95%           | 0.51%           |
| 16/2/01          | 14:00 | 14:30 | 1,343     | 100.00%      | 0.00%      | 0.52%     | 203            | 100.00%            | 0.00%            | 0.49%           | 1,140            | 100.00%              | 0.00%              | 0.53%             | 5,009                 | 99%             | 1.40%           | 0.43%           |
| 16/2/01          | 13:30 | 14:00 | 1,269     | 99.68%       | 0.32%      | 0.16%     | 178            | 100.00%            | 0.00%            | 0.00%           | 1,091            | 99.63%               | 0.37%              | 0.18%             | 5,477                 | 99%             | 1.22%           | 0.63%           |
| 16/2/01          | 13:00 | 13:30 | 1,460     | 99.59%       | 0.41%      | 0.21%     | 229            | 98.69%             | 1.31%            | 0.00%           | 1,231            | 99.76%               | 0.24%              | 0.24%             | 5,784                 | 98%             | 1.53%           | 0.63%           |
| 16/2/01          | 12:30 | 13:00 | 1,457     | 99.93%       | 0.07%      | 0.21%     | 211            | 100.00%            | 0.00%            | 0.00%           | 1,246            | 99.92%               | 0.08%              | 0.24%             | 5,506                 | 99%             | 1.22%           | 0.39%           |

Figura 4.3 Estadísticas por hora (últimas 72 horas)

CPM verifica que los sitios no tengan tasas de bloqueo y caídas mayores a 2% con un bajo número de intentos totales por día. En este caso, la tendencia normal se debe ver con mayor claridad ya que los 21 días tendrán un mal desempeño, sin embargo, para que se considere una tendencia normal no debe haber cambios bruscos en las tasas del sitio, además de que siempre se deberá comprobar por medio de otras herramientas.

- *Glance*

Glance se utiliza en varios puntos de la investigación, principalmente para el mapeo de la ubicación reportada por el usuario, identificar en qué posición se encuentran los sitios respecto a la ubicación, que

sector es el que corresponde a la ubicación y la tecnología que los sitios tienen habilitada; también puede utilizarse, aunque en menor medida para recolectar estadísticas del sitio y un poco de información de un sitio proveniente de la base de datos de este. Glance se basa en Google Maps para la ubicación de los sitios y direcciones. Otra ventaja de esta herramienta es que es capaz de proporcionar información relacionada a las llamadas que un usuario final ha realizado a partir de su MDN o bien de su *Billing Account Number* (BAN), CPM hacía uso de esta característica cuando las otras herramientas de investigación de registros de llamadas no proporcionaban información concluyente, o bien, para corroborar la información que arrojaban.

#### Modo de Empleo

La pantalla principal de la herramienta al acceder con las credenciales adecuadas es la siguiente (figura 4.4):



Figura 4.4 Glance

#### Mapeo y Estadísticas de Desempeño

Para utilizar la herramienta como localizador, se debe introducir la dirección o latitud, longitud de la ubicación reportada en el campo de búsqueda; una vez que se localiza el área, Glance muestra un mapa similar al mostrado a continuación (figura 4.5):



Figura 4.5 Mapa de una dirección reportada

Las marcas mostradas en el mapa son los sitios que se encuentran en el área y proveen información a primera vista, por ejemplo, el color de la marca indica si hay un reporte en el sitio con una alerta de servicio, y las pequeñas leyendas indican la tecnología que el sitio soporta, también, al pasar el cursor

sobre la marca, muestra desde cuando está habilitada para manejar el tipo de tecnología o cuando se dará de alta. Al seleccionar un sitio se despliega una pantalla con información fundamental del sitio dividida en 6 pestañas:

- *Summary*: Es la información más importante del sitio contenida en la base de datos. Incluye la dirección del sitio, la tecnología habilitada, si está completo el proceso de integración o una fecha estimada de cuándo terminará, información sobre el backhaul, un promedio del desempeño del sitio durante los últimos 30 días para CDMA, EVDO y LTE, un pequeño mapa de los alrededores y un Street view de Google de la ubicación del sitio.
- *Network Tickets*: Son los reportes que el sitio tiene abiertos y los que ha tenido durante los últimos meses; indica la fecha de apertura, la fecha de cierre, el número de reporte y si tuvo una alerta de servicio junto con los servicios que se vieron afectados. También muestra una tabla de la cantidad de reportes hechos por los clientes a lo largo del mes y cuantos fueron de voz, datos, mensajería.
- *Performance*: Muestra el desempeño de la tecnología seleccionada (Voz, EVDO, LTE) por intervalos de tiempo de 72 hrs, 1 mes, 3 meses, 6 meses y 15 meses, la gráfica también muestra los eventos (Alertas de servicio, ventanas de mantenimiento) que hubo a lo largo del intervalo, la fecha y los detalles de éste.
- *Capacity Upgrades*: Es una tabla que muestra las mejoras, actualizaciones, y extensiones de capacidad que el sitio ha tenido y la fecha en que se llevó a cabo.
- *Sectors*: Son las estadísticas de desempeño por sector para todas las tecnologías, incluyendo un mapa con la cobertura de cada uno de los sectores. También puede seleccionarse por varios intervalos de tiempo.
- *Maintenance*: Muestra las ventanas de mantenimiento pasadas (últimos 6 meses) y futuras del sitio. Indica el estado de cada una, la fecha de inicio y fin, y de que tipo.

Existen sitios que no pertenecen a la red del proveedor de servicios de telefonía, llamados Sitios *Clearwire*; estos sitios sólo están capacitados para procesar tráfico 4G sobre la banda de 2500 MHz y CPM no cuenta con permisos para acceder a estos sitios, ni realizar acciones correctivas en caso de existir algún problema; incluso es difícil para CPM detectar cuando hay un problema con el sitio por no poder hacer una investigación completa en ellos. Cuando existen sospechas de problemas, CPM pide a la agencia que maneja a estos sitios, revisar el sitio para descartar problemas con él.

### *Registros de llamada*

Si se desea utilizar la herramienta para obtener los registros de llamadas del usuario final, se debe acceder a la pestaña *Customer* en las opciones de la herramienta; a continuación, se despliega una pantalla que advierte que la siguiente información es exclusiva para uso interno ya que accederán a información sensible del usuario final. Una vez aceptada esta condición se despliega un campo de búsqueda en el que se puede ingresar el MDN o el BAN del usuario final. Es importante recordar que esta información se obtiene del reporte del cliente. Glance muestra una pantalla con información sobre el MDN:

- Número telefónico y dispositivo.
- Ciudad, Market, Sitio principal, Carrier, Plan del usuario, Fecha de activación del plan, fecha de *upgrade*, Número de cuenta.

- Experiencia del usuario: Si ha realizado reportes.
- Otros Dispositivos: Cuantos y cuales dispositivos están dentro de la cuenta del cliente.
- Mapa del área en la que el cliente se mueve según las llamadas que realiza.
- Los sitios más utilizados durante el último mes, cuantos intentos a cada uno de estos sitios, cuantos intentos fueron bloqueados o interrumpidos, y las tasas de bloqueo del cliente.

También se pueden observar detalles de uso del usuario y los sitios a los que más se conecta, cuantas veces utiliza que torre y las tasas de bloqueo e intentos interrumpidos.

- *PRTS*

Esta herramienta también se utiliza para varios puntos de la investigación como: Desempeño, Mapeo y Registros de Llamadas. Es una de las dos herramientas que son capaces de mostrar toda la información del sitio para cada una de las tecnologías: CDMA, EVDO, LTE, LTE 2.5; además de que es la única capaz de mostrar el desempeño de los sitios *Clearwire*. CPM no tiene acceso a todas las opciones que la herramienta presenta, sin embargo, no todas estas opciones son útiles para CPM; a continuación, se muestran las opciones que son en verdad relevantes para la investigación

*Modo de empleo*

Al acceder a la herramienta con las credenciales adecuadas, se despliega una pantalla (figura 4.6) con las siguientes opciones:

- *NTK Analysis.*
- *Sub, Device and Roaming.*
- *Mapping Analysis.*

Cada una de estas pestañas pertenece a uno de los puntos en la investigación.

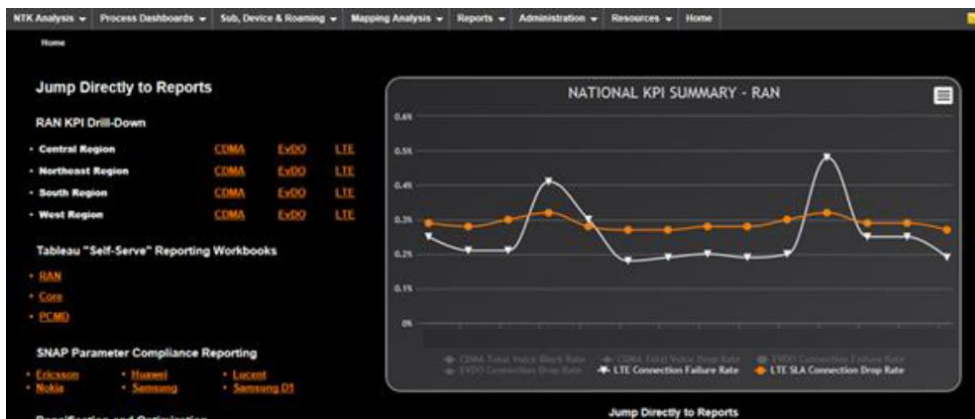


Figura 4.6 PRTS

*Desempeño del sitio*

La pestaña *NTK analysis* provee el desempeño del sitio e información básica de la base de datos de los sitios del proveedor. Aquí, se ingresa el ID del sitio y se selecciona el tipo de tecnología de la que se desea

ver el desempeño y desde que fecha; la siguiente pantalla (figura 4.7) es arrojada por la herramienta con la siguiente información:

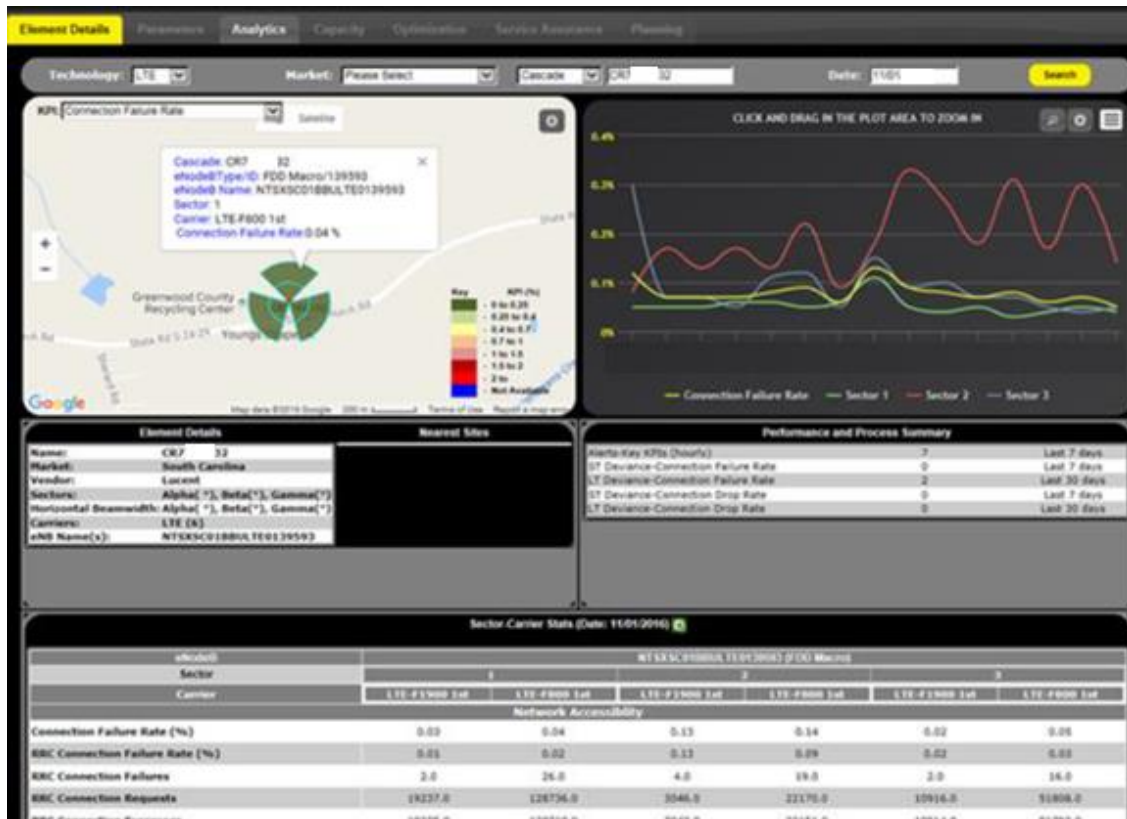


Figura 4.7 Detalles del sitio

- Mapa del sitio, sectores y dirección en la que apuntan; también muestra información del sitio, las tasas de desempeño, KPI y una escala de colores en base a estas tasas de cada Carrier y sector.
- Gráfica de las tasas de desempeño y KPI del sitio general y por sector de las últimas 2 semanas. Esta cambia de acuerdo a la tasa seleccionada en el mapa.
- Detalles del sitio: Nombre, market al que pertenece, vendor, sectores, carriers para la tecnología, y nombre del eNodeB.
- Sitios Cercanos, incluyendo a que distancia se encuentran.
- Información y contares de desempeño durante ciertos intervalos de tiempo.
- Tabla de estadísticas de desempeño y KPI detalladas por sector y Carrier.

Para obtener información más detallada acerca del desempeño del sitio, se debe seleccionar la pestaña *Analytics*.

Dentro de las opciones que se presentan están: los KPI, la tecnología de la que se requieren las estadísticas (CDMA, EVDO, LTE); *Time Granularity*, que se refiere al detalle de tiempo (por hora, por día, horas con mayor tráfico, semanal, mensual y anual); *From – To*, El intervalo de fechas que se desea observar; Banda, la banda de la tecnología que se desea analizar (800, 1900, 2500); y el nivel al que se quiere analizar (Sitio, eNodeB, Sector, Carrier). CPM se enfoca en los KPI más importantes para la investigación:

- **Network Accessibility:** *Connection Failure Rate (%)*, *eCSFB Handover Success Rate (%)*. Estos KPI se refieren a la accesibilidad de la red y se obtiene a través del análisis (dependiendo de la tecnología) de las tasas de conexiones fallidas o llamadas bloqueadas y de las tasas de eCSFB (exitosos o de *handover*).
- **Network sustainability:** *Connection Drop Rate (%)*. Que tan confiable es la red, es decir, que la red no permita interrupciones o que no se pierda la comunicación a mitad del proceso. Se obtiene a través de las tasas de conexiones o llamadas caídas/interrumpidas.
- **Network Capacity:** *DL Average Sector Throughput (mbps)*, *DL UE Average Throughput (mbps)*, *UL Average Sector Throughput (mbps)*, *UL UE Average Throughput (mbps)*. Los KPI para capacidad de red se refieren a que tan bien el sitio maneja cierta cantidad de tráfico y se analizan por medio de las tasas de bajada para LTE e EVDO.
- **Network Mobility:** *Inter-ENB HO Success Rate (%)*. El KPI movilidad de la red se resume en cómo está manejando la red la movilidad de las comunicaciones sin que se interrumpan. Se analiza por medio de la cantidad de *hand offs* exitosos por llamada.

Una vez seleccionada cada una de las opciones deseadas, la gráfica se muestra de la siguiente manera (figura 4.8):

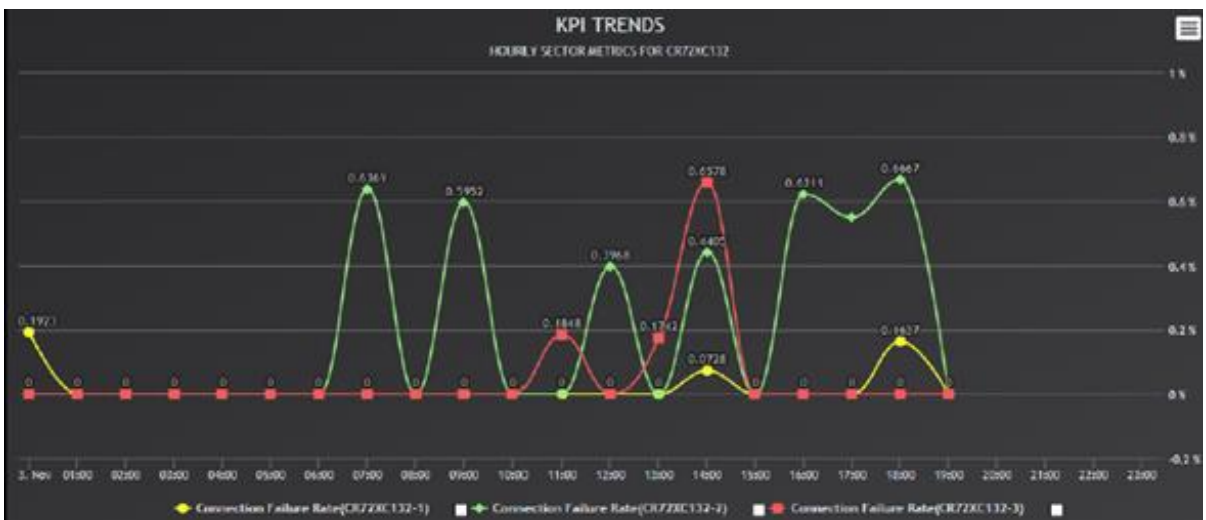


Figura 4.8 Gráfica de conexiones fallidas del sitio

A partir de estos resultados se pueden considerar los rangos aceptables de desempeño o si el sitio está fallando alguno de estos KPI en cierta tecnología y a partir de esto iniciar el análisis de lo que podría estar afectando al sitio. Es importante recordar que cada KPI tiene un intervalo fijo aceptable, por ejemplo: en CDMA las llamadas falladas o caídas/interrumpidas superan el 2% del total siempre y cuando sean más de 100 llamadas y esto no es considerado una tendencia normal.

Para revisar el desempeño de un sitio *Clearwire*, primero se debe encontrar el nombre correcto del sitio en la base de datos correspondiente (*Site Topology* propia de PRTS) y seguir los mismos pasos descritos anteriormente.



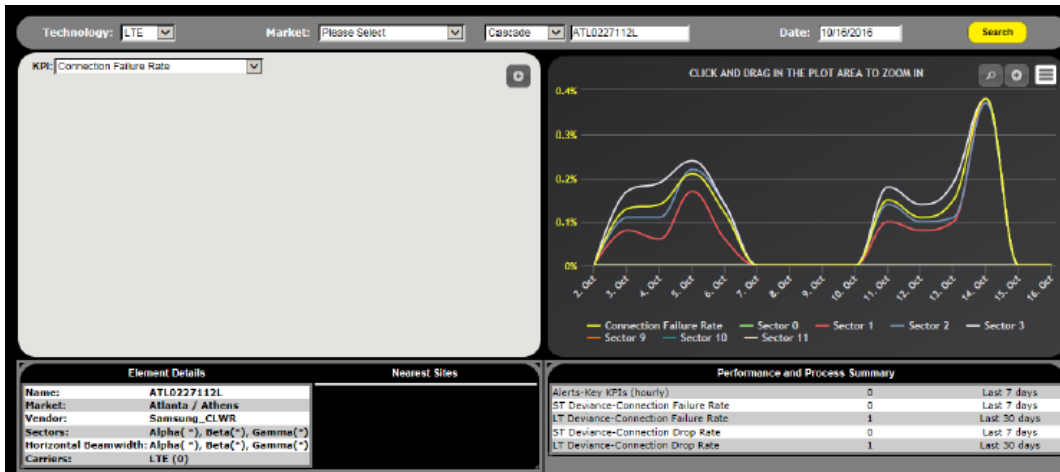


Figura 4.9 Detalles de un Sitio Clearwire

### Registros de llamada

A través de la pestaña *Sub, Device & roaming – Subscribe/Account*, se pueden obtener los registros de llamadas del usuario final de diferentes maneras:

- ❖ A Day in the Life:

*A day in the life* permite analizar todas las actividades que un usuario final realizó en un día con sólo ingresar el MDN en el campo correspondiente y seleccionar la fecha que se desea analizar. La herramienta mostrará toda la información sobre el uso del MDN por tecnología y por hora, por ejemplo, en la hora 0, el usuario realizó 47 intentos de conexión en EVDO y 47 conexiones exitosas a EVDO; también tuvo 3 intentos de conexión a LTE y 3 bloqueos de LTE (figura 4.10).

| Day in the Life Report/Chart |              |                       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|------------------------------|--------------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Technology                   | Phone Number | Key Performance Index | Hour0 | Hour1 | Hour2 | Hour3 | Hour4 | Hour5 | Hour6 | Hour7 | Hour8 | Hour9 | Hour10 | Hour11 | Hour12 | Hour13 | Hour14 | Hour15 | Hour16 | Hour17 | Hour18 | Hour19 |
| 1X DATA                      | 843 -75      | TotalCallAttempts     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        | 2      | 1      |        |        |        |        |        |        |        |
| 1X DATA                      | 843 -75      | TotalSuccessfulCalls  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        | 2      | 1      |        |        |        |        |        |        |        |
| 1X DATA                      | 843 -75      | TotalBlockCalls       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        | 8      |        |        |        |        |        |        |        |        |
| 1X DATA                      | 843 -75      | TotalDropCalls        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| EVDO                         | 843 -75      | TotalCallAttempts     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        | 39     | 70     | 23     |        |        |        |        |        |        |
| EVDO                         | 843 -75      | TotalSuccessfulCalls  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        | 39     | 69     | 23     |        |        |        |        |        |        |
| EVDO                         | 843 -75      | TotalBlockCalls       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| EVDO                         | 843 -75      | TotalDropCalls        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| SMS                          | 843 -75      | TotalCallAttempts     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| SMS                          | 843 -75      | TotalSuccessfulCalls  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| SMS                          | 843 -75      | TotalBlockCalls       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| SMS                          | 843 -75      | TotalDropCalls        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| VOICE                        | 843 -75      | TotalCallAttempts     | 9     | 3     | 1     |       |       |       |       |       | 1     | 3     | 2      | 1      | 7      | 9      | 8      | 10     | 3      | 2      | 4      | 2      |
| VOICE                        | 843 -75      | TotalSuccessfulCalls  | 9     | 3     | 1     |       |       |       |       |       | 1     | 3     | 2      | 1      | 7      | 9      | 6      | 10     | 3      | 2      | 4      | 2      |
| VOICE                        | 843 -75      | TotalBlockCalls       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |        | 2      |        |        |        |        |        |
| VOICE                        | 843 -75      | TotalDropCalls        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |

Figura 4.10 A Day in the Life

- ❖ Call Event and CFC Analysis:

*Call event and CFC analysis* provee 2 tipos de información importante, uno es una tabla con mayor detalle de los registros de llamadas y otro es un mapa con los puntos desde los cuales el usuario ha realizado llamadas y la movilidad de esta. Para obtener la información, se deben seleccionar las opciones correctas: Fechas de análisis (desde, hasta), horas de análisis, todo el día o cierto intervalo de horas, MDN o BAN, y que información se desea (Mapa, detalles de llamada, o resumen por día). Una vez seleccionadas las opciones deseadas, aparece la siguiente pantalla (figura 4.11):

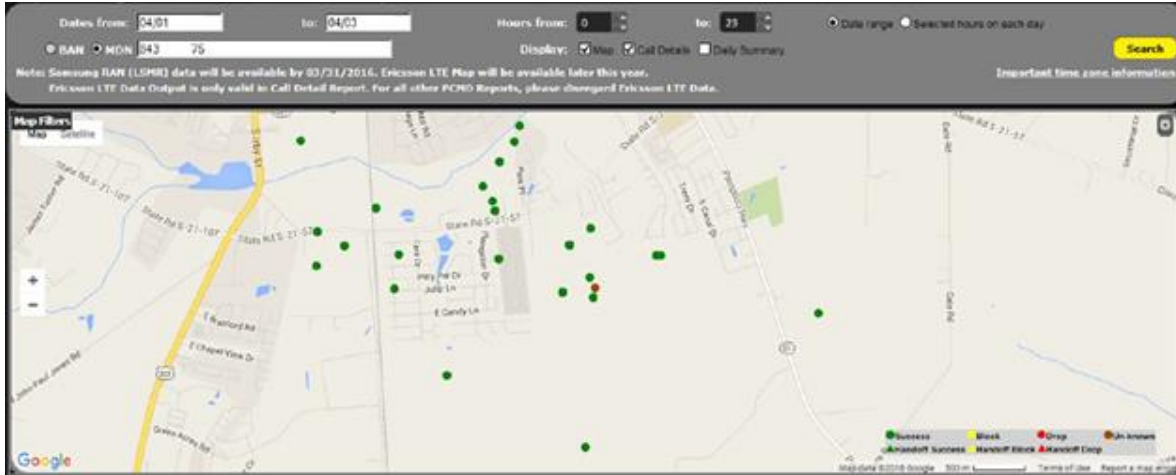


Figura 4.11 Call Event and CFC Analysis

Al seleccionar uno de los puntos, se muestran más detalles sobre la llamada, como la hora, el MDN, la tecnología, el sitio que procesó la llamada, el sector y Carrier que albergaron la llamada, la categoría de la llamada (es decir, fallida, bloqueada, normal), el código CFC que muestra más detalles acerca de la llamada, el dispositivo del cliente y el Ec/Io de la llamada. De hecho, por medio de este Ec/Io, se puede comprobar si el debug proporcionado por el cliente es consistente con la descripción del problema, sin embargo, esa parte de la investigación se explica más adelante.

❖ InterTechnology Data Usage distribution

Esta parte de la herramienta también permite obtener información detallada acerca de los intentos de conexión que el usuario final ha realizado durante cierto intervalo de tiempo. Esta opción es exclusiva para Datos (EVDO, LTE). Es la misma información que aparecería en los CFC, solo que filtrada a parámetros que son importantes para las conexiones de datos. Al ingresar el MDN y la fecha que se desea analizar, la siguiente pantalla (figura 4.12) es desplegada:

| InterTechnology Data Usage Distribution Report/Chart |      |        |          |                               |               |                                  |              |           |        |         |      |                      |                   |                   |            |                   |                   |            |                   |                   |
|--|------|--------|----------|-------------------------------|---------------|----------------------------------|--------------|-----------|--------|---------|------|----------------------|-------------------|-------------------|------------|-------------------|-------------------|------------|-------------------|-------------------|
|  |      |        |          |                               |               |                                  |              |           |        |         |      | LTE                  |                   |                   | EVDO       |                   |                   | 1xDATA     |                   |                   |
| Date   | Hour | MDN    | MFR NAME | MODE TYPE DES                 | DEV TYPE NAME | ITEM DES                         | 99Market     | Cascade   | Sector | Carrier | Band | Call Count (Use MME) | Call duration MOU | Call Tonnage (kb) | Call Count | Call duration MOU | Call Tonnage (kb) | Call Count | Call duration MOU | Call Tonnage (kb) |
| 03-Apr   | 11   | 843 75 | Samsung  | Digital Tri-band BC10 Enabled | SMART         | CPO SAM G900 BLK XCVR SNGL W SIM |              |           | 0      | 0       | 1900 | 0                    | 0                 | 0.00              | 0          | 0                 | 0.00              | 0          | 0                 | 0.00              |
| 03-Apr   | 11   | 843 75 | Samsung  | Digital Tri-band BC10 Enabled | SMART         | CPO SAM G900 BLK XCVR SNGL W SIM | Myrtle Beach | CR03AW269 | 2      | 325     | 1900 | 0                    | 0                 | 0.00              | 2          | 0                 | 1.97              | 0          | 0                 | 0.00              |
| 03-Apr   | 11   | 843 75 | Samsung  | Digital Tri-band BC10 Enabled | SMART         | CPO SAM G900 BLK XCVR SNGL W SIM | Myrtle Beach | CR03AW270 | 2      |         | 1900 | 0                    | 0                 | 0.00              | 2          | 0                 | 1.25              | 0          | 0                 | 0.00              |

Figura 4.12 InterTechnology Data Usage distribution



Básicamente, estas opciones son las más utilizadas por CPM para la investigación de los registros de llamadas, las demás opciones muestran información valiosa, sin embargo, no es de común uso para CPM, a menos que se requiera para confirmar que el usuario final utiliza el servicio en las mismas horas en que el sitio tiene problemas de capacidad; o bien, para confirmar los sitios y sectores que el usuario utiliza más; o la información de cuenta del cliente.

Otra opción de la herramienta para revisar los registros de llamadas es a través de *Sub, Device & roaming- Call Event Analysis* (figura 4.13). Esta pestaña permite ver el desempeño de las llamadas desde el sitio mismo. Para esto, se debe seleccionar el intervalo de tiempo, el market al que pertenece el sitio, el sitio (de entre los que se encuentran en el market) y posteriormente el sector que se desea analizar. Enseguida, se muestra un mapa con todas las llamadas que el sitio y sector seleccionados procesaron, ya sea exitosas o fallidas, al igual que en el mapa de los CFC, al seleccionar un punto se muestran detalles de la llamada. Posteriormente se encuentra otra tabla similar que muestra los detalles de cada una de estas llamadas.



Figura 4.13 Mapa de llamadas procesadas por el sitio.

### Mapeo

El mapeo en esta herramienta se encuentra en la pestaña *Mapping analysis- Location Analysis*. Al igual que Glance, esta herramienta se basa en Google Maps para la localización de sitios y direcciones. Las opciones a seleccionar son:

- Tecnología: CDMA, EVDO o LTE. Muestra los sitios habilitados con la tecnología seleccionada, PRTS no muestra los sitios *Clearwire*.
- Búsqueda de dirección/Sitio.
- *Aggregation*: Sitio, eNodeB, Sector, Carrier.
- Distancia: el radio de búsqueda a partir de la dirección.
- OEM: vendedor de sitios en el área.

Una vez seleccionadas las opciones deseadas, el mapa aparece la figura 4.14:

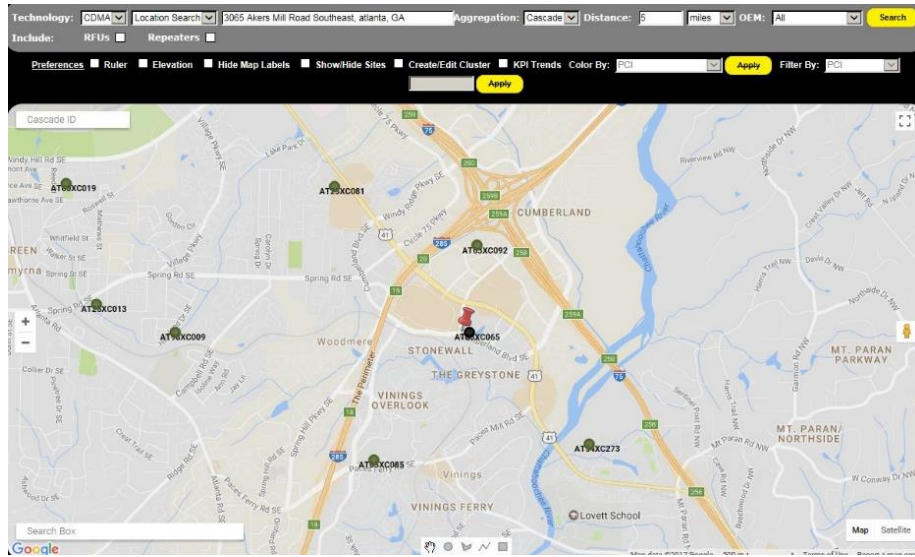


Figura 4.14 Mapeo de la ubicación reportada

El pin muestra la ubicación de la dirección solicitada y los puntos muestran donde se encuentra cada sitio. La herramienta también es capaz de mostrar la dirección de cada uno de los sectores de los sitios.

- *Patrol*

Patrol es de las herramientas más completas que utiliza CPM. Tiene la capacidad de mostrar el estado de un sitio, incluyendo, ventanas de mantenimiento, alarmas, desempeño, topología, historial de eventos en el sitio, quejas de cliente, inventario del sitio; también muestra, a nivel de red, todos los reportes que se tienen acerca de ésta, reportes de sitio, reportes de zona, market. Otra capacidad de la herramienta es que se pueden generar reportes a partir de ésta, y se puede reiniciar el sitio y actualizar tanto los reportes como la base de datos. Patrol junto con PRTS, son las únicas herramientas que son capaces de mostrar toda la información del sitio para cada una de las tecnologías: CDMA, EVDO, LTE, LTE 2.5; y al igual que con PRTS, no todas las opciones que ofrece la herramienta son de gran utilidad para CPM; en resumen, CPM utiliza Patrol simplemente para revisar alarmas activas o históricas, para revisar el desempeño del sitio y ventanas de mantenimiento. En cuanto a los permisos para llevar a cabo reinicios de equipo, CPM no contaba con ellos para realizarlos desde la herramienta a menos que fueran para el nodo de LTE 2500. A continuación, se describe el modo de empleo de la herramienta dependiendo de lo que se desee analizar.

*Modo de empleo*

Al ingresar las credenciales adecuadas, la herramienta muestra una pantalla con un mapa de EUA y su división por estados con una escala de colores entre rojo y blanco, la cual indica los estados con la mayor cantidad de reportes de sitio (Rojo) y los estados con menor cantidad de reportes (Blanco); la herramienta también cuenta con una tabla con los sitios que tienen problemas y que puedan representar un problema para la red. Para hacer uso de la herramienta, en el campo de búsqueda, se ingresa el sitio que se desea

analizar y a continuación, se muestra una pantalla con información fundamental del sitio. Las pestañas en las que CPM se enfoca son:

- **Activity:** Muestra la actividad y el estado actual del sitio, si tiene alarmas activas, si hay una ventana de mantenimiento activa o si hay algún reporte de sitio abierto.
- **Maintenance:** Muestra las ventanas de mantenimiento del sitio, ya sean activas, pasadas o futuras (figura 4.15).

| Start Date                                   | End Date                                 | Closed Date                              | Duration    | Type   | Department        | Contact   | Cust. Impact | Details |
|--|--|--|-------------|--|-------------------|---|--------------|---------|
| 9/28/2016<br>11:00 PM<br>CDT<br>7 months ago | 9/29/2016<br>5:00 AM CDT<br>7 months ago | 9/29/2016<br>3:54 AM CDT<br>7 months ago | 6.00<br>hrs | Reconfiguration<br>4G Only -<br>Optimization | EGI               | Keerthy D<br>keerthy.d@ericsson.com<br>57060          | No           | Details |
| 9/25/2016<br>11:00 PM<br>CDT<br>7 months ago | 9/26/2016<br>5:00 AM CDT<br>7 months ago | 9/26/2016<br>5:33 AM CDT<br>7 months ago | 6.00<br>hrs | Reconfiguration<br>4G Only -<br>Optimization | EGI               | Keerthy D<br>keerthy.d@ericsson.com<br>57060          | No           | Details |
| 8/25/2016<br>11:00 AM<br>CDT                 | 8/25/2016<br>11:30 AM<br>CDT             | 8/25/2016<br>12:03 PM<br>CDT             | 0.50<br>hrs | Reconfiguration<br>4G Only - 2.5             | RF<br>Engineering | James Rose<br>james.m.rose@sprint.com<br>478.449.4444 | No           | Details |

Figura 4.15 Ventanas de Mantenimiento en Patrol

- **Console:** Muestra el estado del equipo. Es un panel que muestra cada uno de los equipos y elementos que forman al sitio; si tienen alarmas activas, o históricas, que tipo de alarmas y desde cuando están activas; también muestra si hay problemas con el backhaul. Desde esta opción es posible reiniciar el sitio.
- **Performance:** Muestra las gráficas de desempeño del sitio, para todas las tecnologías para las que está habilitado por cada sector y carrier, de los últimos 13 meses.
- **Topology:** Contiene un mapa de la ubicación del sitio y de la cobertura de cada uno de sus sectores, también muestra información sobre alarmas y tipo de sitio (figura 4.16).

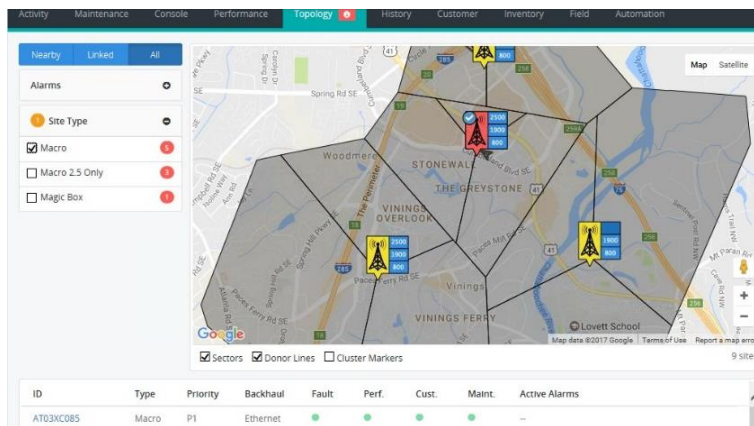


Figura 4.16 Mapeo y Topología de la red en Patrol

- **History:** Muestra toda la actividad histórica que el sitio ha tenido desde su implementación.

Las demás pestañas también muestran información importante, sin embargo, no es tan útil para CPM como lo es para el 1er nivel de operaciones de RAN.

### Desempeño del sitio

Para obtener el desempeño de un sitio, se debe acceder a la pestaña *Performance* donde se muestra una gráfica con el desempeño del sitio por Carrier y Sector durante los últimos días para cada tecnología, las líneas rojas verticales indican que en ese momento hubo un evento (ventana de mantenimiento o falla en el sitio); bajo la gráfica se encuentran los campos de selección de qué Carrier o sector se desea ver únicamente y por qué intervalo de tiempo (figura 4.17). Esta información es la misma que PRTS provee ya que se toma de la misma base de datos que el sitio almacena.

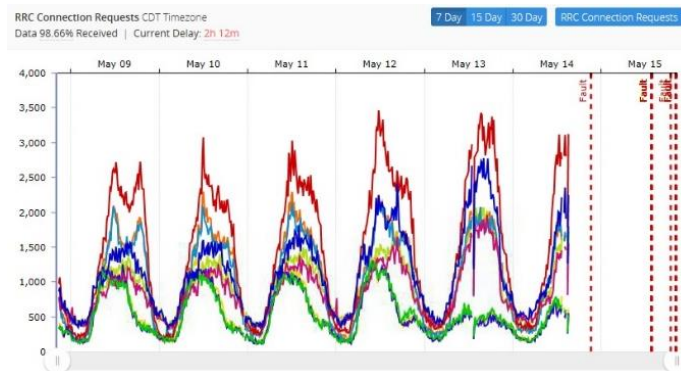
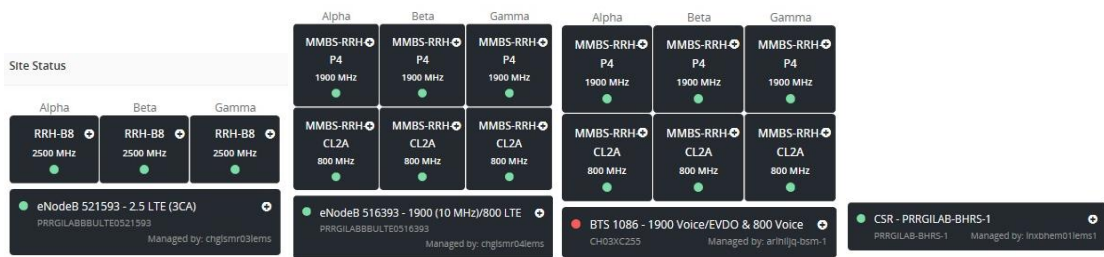


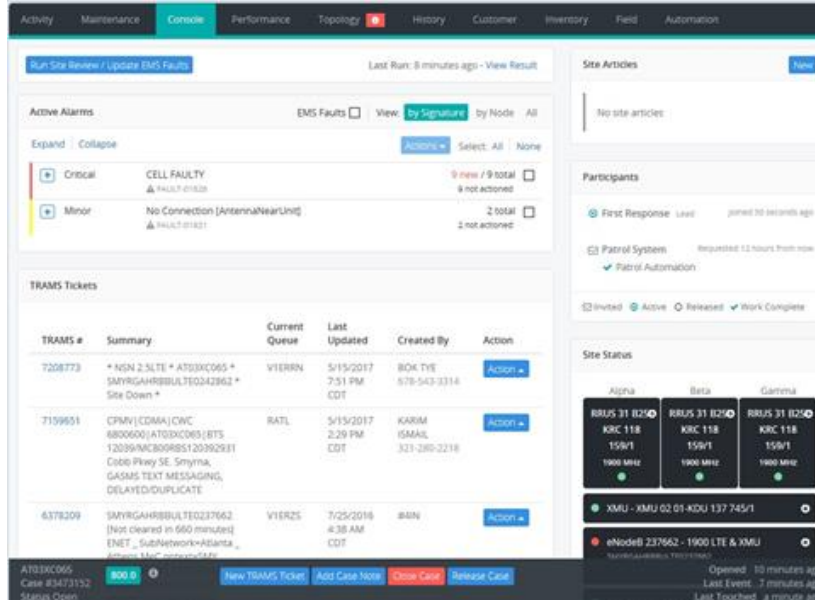
Figura 4.17 Gráficas de desempeño del sitio en Patrol

### Alarmas

Una manera superficial de averiguar si el sitio tiene alarmas activas es a través de la pestaña *Console*. *Active alarms* muestra todas las alarmas activas que el sitio tiene en este momento, desde cuándo y cuál es su condición; *TRAMS tickets* muestra todos los reportes que el sitio tiene abiertos; y *Site Status* (figura 4.18a) muestra varios módulos que forman al sitio y estos módulos tienen un apartado que corresponde a cada uno de los equipos que forman en su total al sitio. Para CPM, *Site Status* es el apartado más importante ya que de aquí se obtiene información del estado del sitio. Como se aprecia en la imagen, cada recuadro tiene el nombre del equipo y un indicador del estado del equipo (verde significa activo y rojo significa alarmado o inactivo). Al seleccionar uno de estos módulos aparece un menú con las opciones de mostrar: Alarmas activas, Alarmas históricas, Pruebas de conexión, Reinicio del sitio.



(a)



(b)  
Figura 4.18 Alarmas en Patrol

- LTE Monitoring

Como su nombre lo indica, LTE Monitoring es una herramienta exclusiva de la tecnología LTE 1900 MHz; su objetivo es proporcionar el desempeño de los 3 sectores del eNodeB de los últimos 3 días.

Modo de Empleo

Su modo de empleo es bastante simple, una vez que se accede al entorno virtual, no se requieren más credenciales. Para hacer uso de la herramienta, CPM ingresa a la pestaña Search y busca al sitio con su nombre. Una vez encontrado el sitio, LTE monitor despliega una pantalla como la siguiente (figura 4.19):

Sector History for NY2 310 -  
Sector 0 1 C 2 C 3

| CascadeID | Sector | CollectDate | CollectHour | ConAttempts | ConFailureRate | ConDropRate | AvgThroughput | RRC_Conn_Reg | RRC_Conn_Sucs | UE_Catrx_Setup_Reg | UE_Catrx_Setup_Sucs |
|-----------|--------|-------------|-------------|-------------|----------------|-------------|---------------|--------------|---------------|--------------------|---------------------|
| NY2       | 10     | 1           | 01/17       | 3250        | 0.040000       | 0.320000    | 9.030000      | 3250         | 3250          | 3250               | 3250                |
| NY2       | 10     | 1           | 01/17       | 16          | 2758           | 0.040000    | 0.090000      | 8.630000     | 2758          | 2757               | 2757                |
| NY2       | 10     | 1           | 01/17       | 15          | 2556           | 0.040000    | 0.000000      | 7.900000     | 2556          | 2556               | 2555                |
| NY2       | 10     | 1           | 01/17       | 14          | 2371           | 0.040000    | 0.160000      | 6.290000     | 2371          | 2371               | 2370                |
| NY2       | 10     | 1           | 01/17       | 13          | 2482           | 0.080000    | 0.140000      | 6.950000     | 2482          | 2482               | 2480                |
| NY2       | 10     | 1           | 01/17       | 12          | 2252           | 0.040000    | 0.160000      | 7.870000     | 2252          | 2252               | 2251                |
| NY2       | 10     | 1           | 01/17       | 11          | 2171           | 0.180000    | 0.060000      | 8.300000     | 2171          | 2170               | 2170                |
| NY2       | 10     | 1           | 01/17       | 10          | 2419           | 0.040000    | 0.100000      | 8.720000     | 2419          | 2418               | 2418                |
| NY2       | 10     | 1           | 01/17       | 9           | 2317           | 0.040000    | 0.050000      | 8.150000     | 2317          | 2316               | 2316                |
| NY2       | 10     | 1           | 01/17       | 7           | 1134           | 0.000000    | 0.350000      | 6.020000     | 1134          | 1134               | 1134                |

Figura 4.19 Desempeño del eNodeB

La tabla muestra los siguientes KPI del sitio por sector (1, 2, 3) y por hora:

- **ConAttempts:** Es el número de intentos de conexión que el sector ha recibido durante esa hora.



- *ConFailureRate*: Es el porcentaje de conexiones fallidas.
- *ConDropRate*: Porcentaje de conexiones interrumpidas/caídas.
- *AvgThroughput*: Promedio de rendimiento; se interpreta en la herramienta como la tasa de transmisión.

Los demás KPI son importantes, pero para mayor comodidad de lectura e interpretación, CPM prefiere obtenerlos de herramientas como PRTS o Patrol para obtener las gráficas y ver el comportamiento del sitio claramente y así detectar alguna anomalía más rápido.

- *LTE Lookup Tool y Topology Audit Tool*

Al igual que LTE monitoring, LTE Lookup Tool es una herramienta exclusiva para sitios LTE. LTE Lookup Tool es una herramienta que sirve como base de datos para obtener información de los eNodeBs. Entre la información que es capaz de brindar y que CPM encuentra útil está: Nombre de la Cascada, Fecha de lanzamiento (desde que está en funcionamiento), bandas de frecuencia del sitio, Código de red del sitio, market, nombre del nodo, identificador del nodo, información de la herramienta para revisar el estado del sitio/alarmas, direcciones IP del sitio.

Por otro lado, Topology Audit Tool es también una base de datos que CPM utiliza para obtener información de los sitios, sin embargo, esta herramienta sólo es útil para sitios del vendor Ericsson y sitios 2G o 3G, no para LTE. Entre la información que proporciona está: Sitio, fecha de lanzamiento, identificador de la BTS, identificador de la celda, BSC, MSC.

El uso de ambos es sumamente sencillo, una vez que se accede a la herramienta se debe introducir el nombre del sitio o el identificador del sitio y solicitar la búsqueda; la única excepción es que en LTE Lookup tool se debe indicar el vendor del sitio. Por cuestiones de seguridad, no se incluyen imágenes de estas 2 herramientas por contener información vital sobre la red.

- *Cell Site Maintenance Schedule*

El objetivo de esta herramienta es proveer información acerca de las ventanas de mantenimiento que están programadas ya sea en el área o en un sitio. Para obtener la información, se ingresa el sitio que se quiere buscar y a partir de qué fecha o en qué intervalo de tiempo se deben buscar las ventanas de mantenimiento del sitio.

La herramienta arroja una tabla con la siguiente información:

- Nombre del sitio.
- CSM ID: Es el número de ventana de mantenimiento.
- Technology: La tecnología que involucra a la ventana de mantenimiento (CDMA o LTE).
- Fechas de inicio y término de la ventana.
- Tipo de Mantenimiento. Breve descripción de las actividades a realizar en el sitio.
- Nombre del responsable de la ventana de mantenimiento.
- Nombre del supervisor de área.
- Impacto al usuario final: Sí/No.

Es importante revisar esta herramienta para todos los casos, ya que, si hay una ventana de mantenimiento activa con impacto en el servicio o que se realizó en las últimas 24 horas, no se puede realizar ninguna acción correctiva en el sitio ya que puede afectar el proceso de los técnicos a cargo, ni continuar con la investigación considerando que esta es la razón del problema del cliente. No obstante, si la ventana de mantenimiento no tiene impacto al servicio, se debe contactar al técnico a cargo y solicitar más información acerca de la actividad que realiza y si no ha realizado cambios en el equipo que puedan causar fallas como reacción secundaria (desconectar equipo, mover antenas, por ejemplo); si el técnico confirma que no ha realizado acciones que podrían afectar el servicio, entonces CPM continua con la investigación.

#### - Coverage Tool

Coverage Tool es, de cierto modo, exclusiva de CPM dentro del GNOC ya que se utiliza únicamente para revisar la cobertura del área de la dirección del problema. Esta herramienta puede utilizarla cualquier persona ya que es parte de la página del proveedor de servicio y está abierta al público en general.

En muchos casos, *Customer care* revisa esta herramienta primero para descartar que en el área haya poca cobertura que es lo que provocaría un mal servicio en el área, sin embargo, si la cobertura es buena y aun así hay problemas, *Customer care* decide enviar a CPM el reporte del cliente. Si bien, *Customer care* no está al tanto de la cobertura que muestra la página y la conclusión de CPM es que hay señal pobre en el área, este reporte se regresa como problema conocido de poca cobertura en el área. La herramienta también permite descartar problemas de cambio de cobertura.

La página principal muestra lo siguiente (figura 4.20):

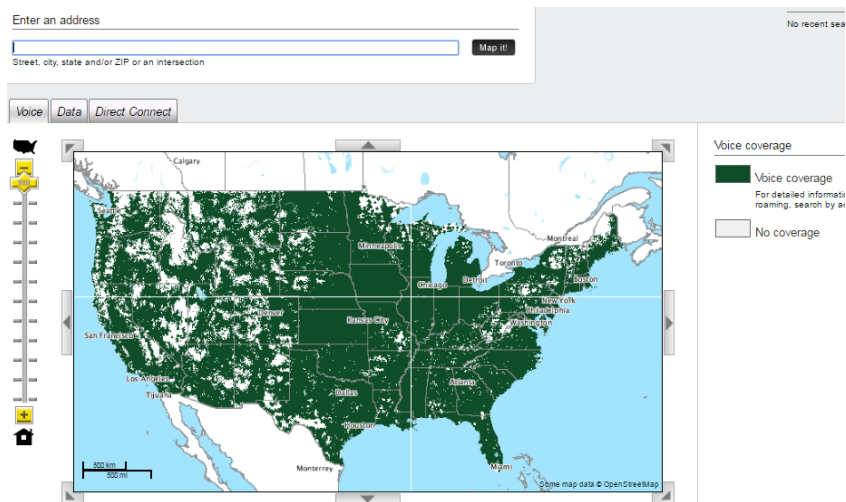


Figura 4.20 Mapa de Coverage Tool

Como se muestra en la imagen, hay 3 pestañas que muestran las opciones de cobertura de tecnología en el país (Voz, Data, Direct Connect). Una vez que se localizada una dirección, para cada tecnología existen las siguientes opciones:

#### - Voz

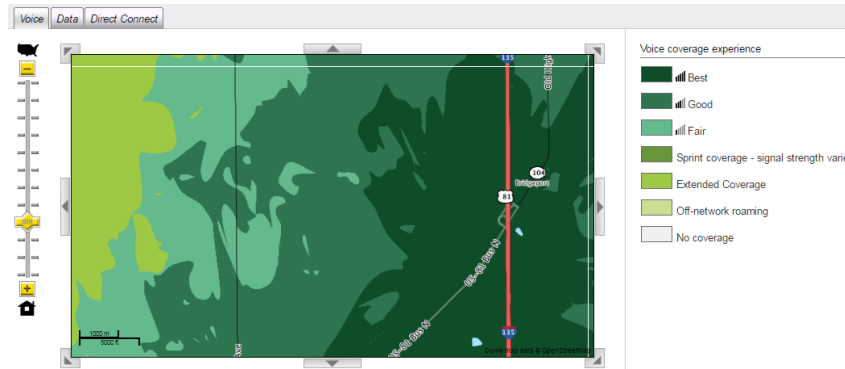


Figura 4.21 Mapa de voz en Coverage Tool

Como se muestra en la figura 4.21, hay una escala de colores la cual indica la calidad de la señal en el área. El verde más oscuro indica la mejor señal mientras que es más claro indica poca señal o área *roaming*, gris indica que no hay señal en el área.

- Datos

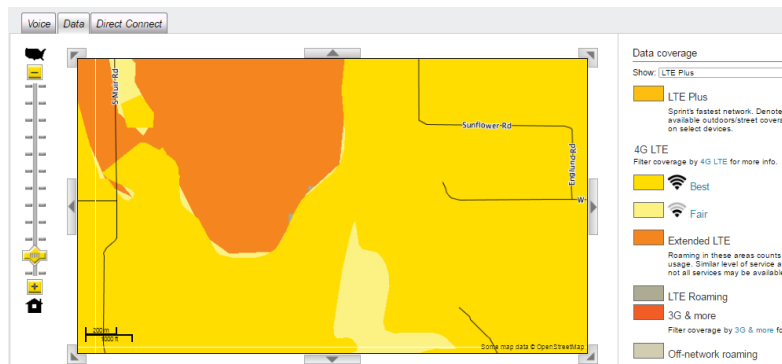


Figura 4.22 Mapa de datos en Coverage Tool

En el caso de datos, la escala de amarillo en la figura 4.22 indica la cobertura de LTE y la de naranja 3G (EVDO). Para el Amarillo más intenso, hay excelente señal de LTE y para el más claro hay señal pobre. Gris intenso indica *roaming* en LTE y gris claro que no hay cobertura de datos en el área.

- Direct Connect

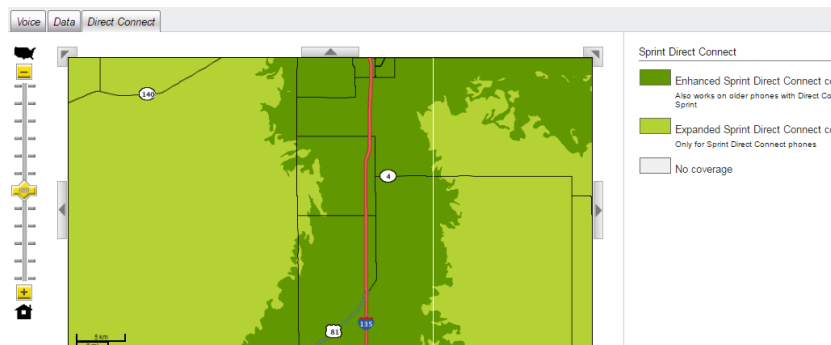


Figura 4.23 Mapa de Direct Connect en Coverage Tool



Para la cobertura de *Direct Connect* (figura 4.23) la escala se reduce a 2 tonos de verde, el verde oscuro indica que sí hay cobertura y el claro pobre cobertura.

- *Mobile CDR*

*Mobile Call Detector Records* es una herramienta de registros de llamadas de voz. Esta herramienta permite a CPM analizar los registros de las llamadas que el usuario final ha realizado durante los últimos 90 días, a partir de un MDN. A diferencia de los registros de llamadas mostrados por Glance o PRTS, Mobile CDR los muestra con mayor detalle ya que provee información como: Hora y duración de la llamada, número que realizó la llamada, número que recibe la llamada, desde qué sitio se realiza la llamada, BTS en la que se inició la llamada, BTS en la que terminó, Miembro de troncal, Grupo de troncal, y códigos de terminación o *role* que indican cómo termino la llamada, o desde que terminal se realizó.

Al manejar información importante sobre las llamadas del cliente y sus ubicaciones, la empresa requiere primero que se hagan pruebas de confiabilidad para dar acceso a los técnicos a esta información.

*Modo de empleo*

Primero se debe acceder a la herramienta con las credenciales adecuadas. La página entonces despliega un campo de búsqueda donde se introduce el MDN que se desea analizar, junto con el intervalo de tiempo que se desea analizar (dentro de los últimos 90 días). CDR muestra entonces la figura 4.24:

| Mobile # | Summary | Switch/Element<br>Blank=Element | Earliest Date                 | Latest Date             | Total<br>Calls           | Failed<br>Calls | % Failed |                  |
|----------|---------|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------|--------------------------|-----------------|----------|------------------|
| 347      | 47      | <a href="#">View</a>            |                               | 4/1/2017<br>1:12:30 AM  | 5/10/2017<br>3:02:08 AM  | 232             | 53       | 22.8448275862069 |
|          |         |                                 | <a href="#">Manhattan2</a>    | 4/1/2017<br>3:13:02 PM  | 5/10/2017<br>10:02:08 PM | 10              | 4        | 40               |
|          |         |                                 | <a href="#">Licity2</a>       | 4/1/2017<br>1:02:35 PM  | 5/10/2017<br>6:47:39 PM  | 42              | 1        | 2.38095238095238 |
|          |         |                                 | <a href="#">Manhattan-GW1</a> | 4/1/2017<br>1:25:25 PM  | 5/10/2017<br>6:34:00 PM  | 21              | 0        | 0                |
|          |         |                                 | <a href="#">SMRE51</a>        | 4/1/2017<br>12:27:04 AM | 5/10/2017<br>5:49:11 PM  | 11              | 0        | 0                |
|          |         |                                 | <a href="#">Westbury-GW1</a>  | 4/1/2017<br>4:33:54 AM  | 5/10/2017<br>5:38:50 PM  | 42              | 0        | 0                |
|          |         |                                 | <a href="#">SMREK1</a>        | 4/1/2017<br>3:21:07 AM  | 5/10/2017<br>5:34:14 PM  | 64              | 0        | 0                |
|          |         |                                 | <a href="#">Westbury1</a>     | 4/1/2017<br>4:00:30 PM  | 5/10/2017<br>4:00:38 PM  | 2               | 0        | 0                |
|          |         |                                 | <a href="#">SMRE21</a>        | 4/1/2017<br>9:11:11 AM  | 5/10/2017<br>9:11:30 AM  | 4               | 2        | 50               |
|          |         |                                 | <a href="#">Teterbom2</a>     | 4/1/2017<br>7:50:36 AM  | 5/10/2017<br>5:47:20 PM  | 22              | 4        | 18.1818181818182 |
|          |         |                                 | <a href="#">SMRE71</a>        | 4/1/2017<br>12:03:48 PM | 5/10/2017<br>4:04:55 PM  | 8               | 0        | 0                |
|          |         |                                 | <a href="#">SMRE61</a>        | 4/1/2017<br>12:05:03 PM | 5/10/2017<br>9:04:33 AM  | 11              | 0        | 0                |
|          |         |                                 | <a href="#">SMRE81</a>        | 4/1/2017<br>12:07:09 PM | 5/10/2017<br>10:31:17 AM | 7               | 0        | 0                |

Figura 4.24 Resultados en Mobile CDR

La información que la herramienta provee es la siguiente:

- *Mobile #*: Es el MDN del que se realizó la búsqueda.
- *Switch Element*: son los Switch que el usuario final utiliza con mayor frecuencia, los sitios que utiliza pertenecen a estos switch. Los elementos que empiezan con SMRE son registros de mensajes de texto, sin embargo, CPM no tiene los permisos suficientes para acceder a esta información.

- *Earliest Date*: Hora de la primera llamada dentro del intervalo solicitado.
- *Latest Date*: Hora de la última llamada dentro del intervalo solicitado.
- *Total Calls*: Número total de llamadas realizadas.
- *Failed Calls*: Número de llamadas realizadas.
- *% Failed*: Porcentaje de llamadas fallidas.

Al seleccionar uno de los links en la tabla, la herramienta redirecciona a la información correspondiente; por ejemplo, si se selecciona el nombre del switch, en la página se muestra una tabla con el número del sitio, el nombre del sitio y los intentos de llamadas que ese sitio recibió de este número. De esta manera se puede localizar inmediatamente el sitio de mayor uso del usuario final y de esta manera confirmar que el problema si se presenta en la dirección reportada.

Por otro lado, si se selecciona el número de llamadas, la herramienta despliega la información de cada una de las llamadas que el usuario realizó, y si se selecciona el número de llamadas fallidas, se muestra solo la información de las llamadas fallidas (figura 4.25):

| Switch      | First BTS ID (SectorID + Cell#) | Last BTS ID (SectorID + Cell#) | Cascade ID                             | TrkGrp | TrkMbr | Term Code | Mobile Role | CSM Event            | Network Event        |
|-------------|---------------------------------|--------------------------------|--|--------|--------|-----------|-------------|----------------------|----------------------|
| Bridgeview1 | 1822                            | 1822                           | <a href="#">CH0</a> <a href="#">22</a> | 0      | 0      | 1         | 0           | <a href="#">View</a> | <a href="#">View</a> |
| Bridgeview1 | 1394                            | 1394                           | <a href="#">CH1</a> <a href="#">44</a> | 896    | 1910   | 5         | 0           | <a href="#">View</a> | <a href="#">View</a> |
| Bridgeview1 | 2689                            | 2689                           | <a href="#">CH6</a> <a href="#">20</a> | 0      | 0      | 5         | 0           | <a href="#">View</a> | <a href="#">View</a> |
| Bridgeview1 | 1822                            | 1822                           | <a href="#">CH0</a> <a href="#">22</a> | 896    | 964    | 4         | 0           | <a href="#">View</a> | <a href="#">View</a> |

Figura 4.25 Llamadas fallidas

- Switch.
- BTS en la que se inició la llamada y en la que terminó.
- Sitio.
- Grupo de troncal.
- Miembro de troncal.
- Código de terminación: Indica la causa del error de la llamada. Los códigos son: 3 – Falla de sistema; 4 – Error de recursos; 5 – Error de dispositivo móvil; 99 – Nulo.
- CSM Event y Network Event.

- *BSM*

BSM es la herramienta de administración de los sitios 2G – 3G del vendor Samsung. A través de esta herramienta se pueden detectar alarmas en el sitio, el procesamiento del sitio, listas de vecinos registrados actualizadas, PNs, y estadísticas del GPS del sitio. Esta herramienta es de gran utilidad para CPM ya que es desde aquí donde se pueden realizar las acciones correctivas para cualquier sitio Samsung que presente fallas; CPM tiene los permisos adecuados para acceder a todo el contenido del sitio y de las BSCs a través de éste administrador y realizar reinicios de sitio, no obstante, se debe tratar con extrema cautela ya que sólo se debe manejar el sitio que tiene falla; al encontrarse todos los sitios dentro del administrador, es fácil cometer errores o confundirse, si no se ha detectado el sitio correctamente. Como

se menciona arriba, el administrador sólo contiene sitios habilitados para CDMA e EVDO, los nodos para 4G se visualizan a través de otra herramienta llamada LSM de la cuál hablaremos más adelante.

### Modo de empleo

Para acceder al elemento correcto del BSM, se requiere una dirección IP virtual de la BSC en la que el sitio se encuentra alojado, estas direcciones IP se consiguen a través de las herramientas de base de datos descritas anteriormente, una vez identificada la IP, se accede a través del BSM con el usuario y contraseña correcta. Una vez adentro, la pantalla muestra 2 módulos: el primero a la izquierda con una lista (vista de árbol) de todos los sitios de la BSC (y sus elementos) a la que ingresamos y con un campo de búsqueda de acuerdo al ID, nombre o IP del sitio; el segundo módulo se encuentra en la parte derecha con una lista de todos los sitios con alarmas activas o fuera de servicio en esta BSC. Para localizar el sitio que se está investigando, ingresamos el número de la BTS del sitio o bien el nombre del sitio como se muestra en la figura 4.26:

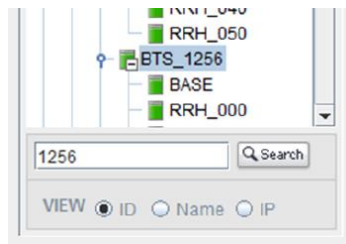


Figura 4.26 Lista de sitios por BTS en BSM

Como se observa, los sitios en la lista tienen un recuadro verde que indica el estado del sitio: verde significa activo y libre de alarmas, amarillo que el sitio tiene alarmas menores, naranja que el sitio tiene alarmas mayores y rojo alarmas críticas que están afectando al sitio. Otra manera de revisar el estado de los sitios y sus elementos, es dar click derecho en el sitio, de donde se despliega un menú con las siguientes opciones:

- **Rack view:** Muestra un *layout* del rack del sitio con LEDs para cada una de las tarjetas, *Remote Radio Heads* (RRH), así como para los elementos de alarmas ambientales, de procesamiento y potencia. Al igual que en la vista de árbol el color de los LEDs indica el estado y la gravedad de la alarma que tienen. Al seleccionar un led, se despliega una pantalla que muestra una lista con la alarma del elemento, fecha de creación de la alarma, estatus, código, descripción y ubicación. También existe una opción para revisar las alarmas históricas que el elemento ha tenido durante los últimos meses; otra opción es que la herramienta despliegue información sobre que pudo causar que la alarma se activara.
- **Reset:** En caso de requerirlo, hay varias maneras de indicar a la herramienta que el sitio necesita reiniciarse como acción correctiva. Este método, no provee evidencia del proceso. Otro modo de realizar *resets* y que la herramienta provea información acerca del proceso y evidencia de que el reinicio se realizó exitosamente es por medio de comandos que se explicará más adelante.
- **Neighbor list:** Las *neighbor list* son importantes para CPM ya que de esta manera se pueden identificar problemas de vecindad con los sitios y sectores con los que nuestro sitio colinda; este tipo de problemas puede causar llamadas y conexiones caídas o interrumpidas cuando el sitio que está procesando la llamada no puede hacer un *handover* exitoso con el sitio vecino si el usuario

está en movimiento. Para obtener las *neighbor list* del sitio que se está investigando se debe ingresar el número de la BST del sitio, seleccionar PCS en Band Class, seleccionar el sector que se va a analizar y la tecnología (*service type*). La herramienta arroja entonces la siguiente información (figura 4.27):

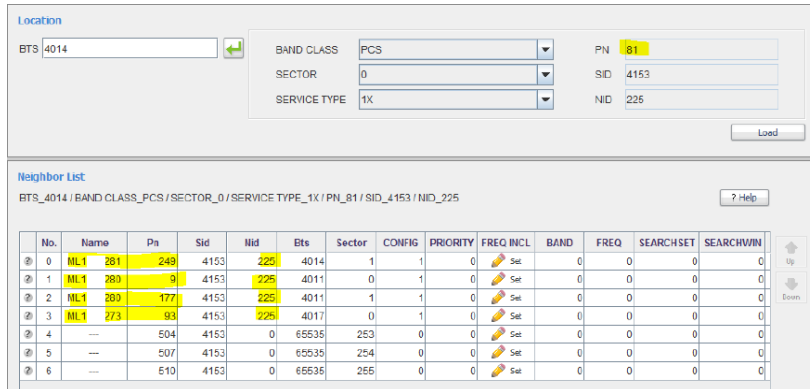


Figura 4.27 Neighbor list

La lista muestra los sitios que están registrados en este sector como vecinos y con los que tiene permitido realizar un *handover*, también proporciona el PN de cada uno de los sectores de los sitios vecinos. Otro aspecto importante que la herramienta arroja de la *neighbor list* es el PN del sitio que se está analizando que permite a CPM comprobar la información del *debug test* que el usuario final provee.

### Command Manager

El *Command Manager* es una opción que la herramienta ofrece para realizar diversas acciones de configuración y reinicio en el sitio, o bien, revisar el estado en el que se encuentra. Para acceder, lo único que se hace es ir a la pestaña *Command Manager*. Para revisar el tráfico y procesamiento de llamadas del sitio, se selecciona el comando adecuado y a continuación, se despliega la información acerca de las llamadas que ha tomado el sitio (figura 4.28):

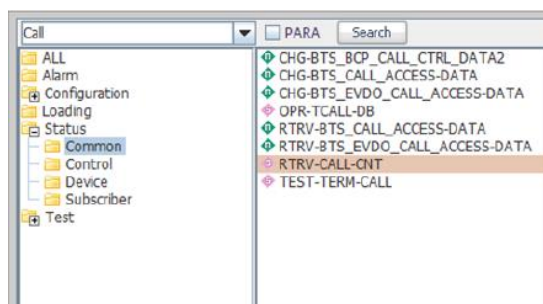


Figura 4.28 Comando para procesamiento de llamadas

Para solicitar el estado del sitio, alarmas activas, y reinicio del sitio, se utilizan otros comandos que se encuentran dentro de las carpetas que se observan en la imagen. El *Command Manager* es la única vía

capaz de proveer evidencia acerca del proceso de reinicio del sitio, por lo que es el método más utilizado por CPM y el más confiable.

Otra ventaja del *Command Manager* es que, desde aquí y con el comando adecuado, se puede obtener información de GPS del sitio, por ejemplo, ubicación, zona horaria, hora configurada en sitio, reloj, contadores. Esta información es útil cuando se sospecha que el sitio ha sufrido cambios no solicitados en la configuración que causan fallas de calibración. Para CPM, estos son los comandos más importantes dentro de la investigación de alarmas y del estado del sitio.

#### - LSM

LSM es la herramienta de administración de los sitios LTE del vendor Samsung. Su funcionamiento es básicamente el mismo que el de BSM, sin embargo, en lugar de trabajar con BSC y BTS, se trabaja con los nodos. Esta herramienta también es capaz de detectar alarmas en el nodo, su procesamiento, listas de vecinos registrados actualizadas, PCIs, y estadísticas del GPS del sitio.

#### Modo de Empleo

A diferencia del BSM, LSM no necesita de una dirección IP virtual para acceder, pero si se necesita localizar en que segmento de la red LTE se encuentra (información que se obtiene a través de las herramientas de base de datos). LSM tiene 8 regiones entre las cuales se divide la red LTE de los sitios Samsung, una vez localizada la región, se ingresa a la herramienta con las credenciales necesarias.

Al igual que en BSM, LSM muestra un módulo a la izquierda con la lista con todos los nodos de esa región. Al hacer click derecho sobre el nodo se despliega un menú de opciones similares al de BSM. En *Rack viewer* se observan las tarjetas, RRHs, y demás elementos que forman al nodo junto a los LED que confirman el estado del nodo. Si se selecciona un elemento con alarmas, la herramienta muestra información acerca de la alarma y cuando se activó. *NE Reset* es una de las opciones para reiniciar en el nodo, sin embargo, tampoco proporciona evidencia del proceso.

#### Command Window

Para acceder a la ventana de comandos, se debe seleccionar la pestaña *Configuration – CLI* y entonces la herramienta despliega un menú junto a un campo de búsqueda en el que se ingresa el ID o nombre del nodo para localizarlo, una vez seleccionado, el menú *Input window* contiene varias carpetas con comandos para obtener el estado del sitio, procesamiento de llamadas, tráfico, alarmas activas, entre otras opciones (figura 4.29).

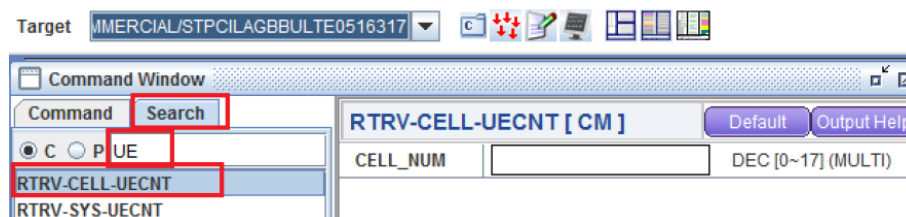


Figura 4.29 Comandos de procesamiento de llamadas en LSM

- *Secure CRT*

Secure CRT es la herramienta que permite ver en tiempo real el estatus de los sitios ALU y Ericsson para tecnologías 2G y 3G, el procesamiento de las llamadas, en qué condiciones se encuentra el sitio y alarmas activas; también existe una carpeta para acceder a sitios Samsung, sin embargo, CPM no cuenta con permisos para manejar estos sitios desde Secure, pero si desde BSM.

*Modo de Empleo*

Al acceder a la herramienta con las credenciales adecuadas, Secure CRT despliega un menú con 3 carpetas de cada vendor que albergan a todas las BSCs de la red. Para cada uno de los vendor, hay una interfaz diferente de la herramienta.

❖ Ericsson

Para revisar el estatus de los sitios Ericsson, primero se debe acceder a la BSC que alberga al sitio a través de *BSM-CEMS*, después, acceder con las credenciales adecuadas, la siguiente pantalla se despliega (figura 4.30):

```

Austin BSC-01
Password will expire in 6 days
Last login: Sat

*****
*
*   This is plxlvejmp51.nmcc.sprintspectrum.com
*   This system is maintained by Sprint
*   for access into internal sprint resources
*   All activity is monitored and logged
*
*****

1184          51.nmcc.sprintspectrum.com:~$ ssh -l nocc01 10.      .63
Role changed to: BW_JUMP_OFFSHORE_RESTRICT/BW_JUMP_OFFSHORE
warning: Permanently added '10.      63' (RSA) to the list of known hosts.

This system is a restricted access system. All activity on this system is
subject to monitoring. If information collected reveals possible criminal
activity or activity that exceeds privileges, evidence of such activity may
be provided to the relevant authorities for further action. By continuing
past this point, you expressly consent to this monitoring.

Password:
austCEM51a%
    
```

Figura 4.30 Entorno Secure CRT y sesión ssh para sitios Ericsson

Para obtener el estado del sitio, las alarmas y las llamadas que se están procesando en este momento, se utiliza un comando llamado “seRF + número de la bts + comando solicitado”. Es importante mencionar que para los sitios Ericsson existe una división de las BTS para cada una de las frecuencias que el sitio maneja, es decir, una BTS para 800 MHz y otra BTS para 1900 MHz.

Si se desea obtener el estado general del sitio sólo se utiliza el comando serf + # BTS (ver figura 4.31a):

```

austCEM51a% serf 3 4
=====
Status Elements for RF - Version2.1.2 - NBSS18.08 -
=====
!Vision Site!!
#NodeB ID: AUSUTXBPBBULTE02 9
#ascode ID = DA0 4.
#C1900RBS3 4--DownloadState = AppRunning.
#C1900RBS3 4--BTSI State = AppRunning.
=====
    
```

(a)

Como se observa en la imagen, Secure CRT provee información acerca de cuantas llamadas se están procesando en este momento por la Frecuencia Asignada, también se muestra el estado de la BTS, la potencia de radiación, el tipo de llamada (tecnología), valores de azimuth, pilot y tilts del sitio. Adicionalmente a esta información, también se muestra el estado de la DOM (que procesa a todo el tráfico EVDO) (figura 4.31b):

| BTS | FA#/S# | Sector | Call  | Adm | opr | CPL | Usage | Wlt/BlossState | TX              | Rx0 | Rx1 | Delta | FREQ   | ALARM |   |
|-----|--------|--------|-------|-----|-----|-----|-------|----------------|-----------------|-----|-----|-------|--------|-------|---|
| 4   | 4      | FA 1/1 | Alpha | 0   | UNL | ENA | COU   | ACTIVE         | FULLY_BLOSSOMED | 580 | 124 | 130   | 0.4 db | 450   | 0 |
| 4   | 4      | FA 1/2 | Beta  | 0   | UNL | ENA | COU   | ACTIVE         | FULLY_BLOSSOMED | 580 | 127 | 125   | 0.1 db | 450   | 0 |
| 4   | 4      | FA 1/3 | Gamma | 0   | UNL | ENA | COU   | ACTIVE         | FULLY_BLOSSOMED | 580 | 131 | 157   | 1.6 db | 450   | 0 |
| 4   | 4      | FA 2/1 | Alpha | 1   | UNL | ENA | COU   | ACTIVE         | FULLY_BLOSSOMED | 581 | 119 | 121   | 0.1 db | 425   | 0 |
| 4   | 4      | FA 2/2 | Beta  | 0   | UNL | ENA | COU   | ACTIVE         | FULLY_BLOSSOMED | 580 | 121 | 118   | 0.2 db | 425   | 0 |
| 4   | 4      | FA 2/3 | Gamma | 2   | UNL | ENA | COU   | ACTIVE         | FULLY_BLOSSOMED | 582 | 119 | 124   | 0.3 db | 425   | 0 |
| 4   | 4      | FA 3/1 | Alpha | 0   | UNL | ENA | COU   | ACTIVE         | FULLY_BLOSSOMED | 602 | 119 | 116   | 0.2 db | 475   | 0 |
| 4   | 4      | FA 3/2 | Beta  | 0   | UNL | ENA | COU   | ACTIVE         | FULLY_BLOSSOMED | 601 | 119 | 121   | 0.1 db | 475   | 0 |
| 4   | 4      | FA 3/3 | Gamma | 0   | UNL | ENA | COU   | ACTIVE         | FULLY_BLOSSOMED | 601 | 119 | 122   | 0.2 db | 475   | 0 |

| BTS | FA#/S# | Sector | Type  | AZ    | Pilot | Page | Sync | TPTL | PN | FREQ | MCTA | RFM  | RRU | Channel List |     |
|-----|--------|--------|-------|-------|-------|------|------|------|----|------|------|------|-----|--------------|-----|
| 4   | 4      | FA 1/1 | Alpha | 1XRTT | 10    | 186  | 156  | 78   | 0  | 256  | 450  | 5/1  | 1   | 1            | 425 |
| 4   | 4      | FA 1/2 | Beta  | 1XRTT | 135   | 186  | 156  | 78   | 0  | 260  | 450  | 5/1  | 1   | 2            | 425 |
| 4   | 4      | FA 1/3 | Gamma | 1XRTT | 270   | 186  | 156  | 78   | 0  | 264  | 450  | 5/1  | 1   | 3            | 425 |
| 4   | 4      | FA 2/1 | Alpha | 1XRTT | 10    | 186  | 156  | 78   | 0  | 256  | 425  | 5/0  | 1   | 1            | 425 |
| 4   | 4      | FA 2/2 | Beta  | 1XRTT | 135   | 186  | 156  | 78   | 0  | 260  | 425  | 5/0  | 1   | 2            | 425 |
| 4   | 4      | FA 2/3 | Gamma | 1XRTT | 270   | 186  | 156  | 78   | 0  | 264  | 425  | 5/0  | 1   | 3            | 425 |
| 4   | 4      | FA 3/1 | Alpha | EVDO  | 10    | 186  | 156  | 78   | 0  | 256  | 475  | 10/0 | 4   | 1            | 475 |
| 4   | 4      | FA 3/2 | Beta  | EVDO  | 135   | 186  | 156  | 78   | 0  | 260  | 475  | 10/0 | 4   | 2            | 475 |
| 4   | 4      | FA 3/3 | Gamma | EVDO  | 270   | 186  | 156  | 78   | 0  | 264  | 475  | 10/0 | 4   | 3            | 475 |

| BTS | RFM | Modtype | Adm   | opr | CPL | Usage | DPM | Type | DPM | BAND | ALARM |
|-----|-----|---------|-------|-----|-----|-------|-----|------|-----|------|-------|
| 4   | 4   | 1       | VMFRM | UNL | ENA | COU   | ACT |      |     |      | 0     |
| 4   | 4   | 4       | VMFRM | UNL | ENA | COU   | ACT |      |     |      | 0     |

| RFM | RS | Sector | Adm | opr   | CPL | rxconfg | AutoCal | ALARM  |       |   |
|-----|----|--------|-----|-------|-----|---------|---------|--------|-------|---|
| 4   | 4  | 1      | 1   | Alpha | UNL | ENA     | COU     | NO_DPM | False | 0 |
| 4   | 4  | 1      | 2   | Beta  | UNL | ENA     | COU     | NO_DPM | False | 0 |
| 4   | 4  | 1      | 3   | Gamma | UNL | ENA     | COU     | NO_DPM | False | 0 |
| 4   | 4  | 4      | 1   | Alpha | UNL | ENA     | COU     | NO_DPM | False | 0 |
| 4   | 4  | 4      | 2   | Beta  | UNL | ENA     | COU     | NO_DPM | False | 0 |
| 4   | 4  | 4      | 3   | Gamma | UNL | ENA     | COU     | NO_DPM | False | 0 |

| BTS | FREQ | CEN# | Type | Cap   | Opr | Adm | CPL | Usage | Alarm  |   |
|-----|------|------|------|-------|-----|-----|-----|-------|--------|---|
| 4   | 4    | 475  | CEN4 | AEM   | 0   | ENA | UNL | COU   | IDLE   | 0 |
| 4   | 4    | 425  | CEN5 | XCEMA | 192 | ENA | UNL | COU   | ACTIVE | 0 |
| 4   | 4    | 450  | CEN5 | XCEMA | 192 | ENA | UNL | COU   | ACTIVE | 0 |

| BTS | ETH# | Opr  | Adm | CPL | AUTO-Link-Subs-opl | Mode | DHCP | BTS IP Addr | Subnet Mask | Gateway IP Addr | BSC IP Addr | Alarm         |           |   |
|-----|------|------|-----|-----|--------------------|------|------|-------------|-------------|-----------------|-------------|---------------|-----------|---|
| 4   | 4    | ETH1 | ENA | UNL | COU                | FaTs | 1000 | 100         | FULL        | FaTs            | 10. . .15   | 29 10. . .113 | 10. . .25 | 0 |

--Link Monitoring Settings--

| BTS | ETH# | Moni | Upd  | Thresh | 15m | 24hrs | Moni | PktLost | PktLost | IP | IP | PktDrp | Invalid Auth | @Fltr | Security Failure |
|-----|------|------|------|--------|-----|-------|------|---------|---------|----|----|--------|--------------|-------|------------------|
| 4   | 4    | ETH1 | ACTI | DEAC   | 76  | 90    | 2400 | ACTI    | 0       | 0  | 0  | 0      | 0            | 0     | 0                |

Welcome to the new AEM EVDO Module status for serf!!!!  
 This option is only used to provide a snapshot of the AEMS status.  
 There are instances where serf may not be able to communicate with the AEM.  
 This does not mean that the AEM is OOS but that the serf program itself  
 cannot communicate with the AEM. If serf fails to connect to an AEM IP then  
 the user is required to confirm this by attempting to manually connect to the  
 AEM IP and status the AEM before opening a ticket and dispatching a field tech.  
 Failure to do this step will result in false field tech dispatches and the  
 misappropriation of company resources. Thank you for using serf!

DB Query Results.....

| CASCADE | Alias Name        | AEM IP             |
|---------|-------------------|--------------------|
| DA0     | 4   AUSUTXBPBUEVI | 04-DBA   10. . .17 |

| Hostname      | Node IP           | DFlt Gateway | Subnet Mask     | Cell Num |
|---------------|-------------------|--------------|-----------------|----------|
| AUSUTXBPBUEVD | 4-DBA   10. . .17 | 10. . .13    | 255.255.255.248 | 314      |

| Sw Version   | Hw Version   | AEC IP Address | BSC Name   | BTS Name  | Act Calls |
|--------------|--------------|----------------|------------|-----------|-----------|
| aemdba030004 | 0NNTLK92AAE5 | 10. . .4       | austFtw_20 | MC1900RB! | 4   3     |

| Cascade | SC UPTIME           | MP UPTIME           | ABIS UPTIME         |
|---------|---------------------|---------------------|---------------------|
| DA0     | 029days 21h 59m 46s | 029days 21h 58m 53s | 029days 21h 58m 37s |

| Module        | OperState | AdminState | Module | Operational State |
|---------------|-----------|------------|--------|-------------------|
| Card Backhaul | Enabled   | unlocked   | BIO-SC | Enabled           |
| GPS           | Enabled   | unlocked   | MP     | Enabled           |
|               | Enabled   | unlocked   | Modem  | Enabled           |
|               |           |            | AEC    | Enabled           |

| FA | Sector | Overhead | TX Baseband | TX Path | RX Path | PN  | Frequency |     |     |     |     |  |  |
|----|--------|----------|-------------|---------|---------|-----|-----------|-----|-----|-----|-----|--|--|
|    |        | Opr      | Adm         | Opr     | Adm     | Opr | Adm       | Opr | Adm | Opr | Adm |  |  |
| 0  | Alpha  | Ena      | unl         | Ena     | unl     | Ena | unl       | Ena | Ena | 256 | 575 |  |  |
| 0  | Beta   | Ena      | unl         | Ena     | unl     | Ena | unl       | Ena | Ena | 260 | 575 |  |  |
| 0  | Gamma  | Ena      | unl         | Ena     | unl     | Ena | unl       | Ena | Ena | 264 | 575 |  |  |

(b)



Por último, muestra si hay alarmas activas o históricas en el sitio (figura 4.31c):

```
Alarm Query?
1. Active Alarms only.
2. Historical Alarms only.
3. Both.
4. Proceed without.
5. Exit.
Please select one option:3
---Displaying Active Alarms---
No Alarms Found!
---Historical Alarms---

do you want to ping BTS? yes/no:n
*** Thanks for seRFing.....
austCEMS1a%
```

(c)

Figura 4.31 seRF de un sitio Ericsson

Cuando el *seRF* termina, la herramienta despliega el estado del sitio compañero automáticamente. El sitio compañero es un segundo sitio que se encuentra dentro del mismo rack que el sitio. Para conocer información acerca del sitio compañero se solicita la información del sitio en las herramientas de base de datos. A través del *seRF* se puede llevar acabo el reinicio del sitio si se utilizan los comandos adecuados.

❖ ALU

El acceso a los sitios ALU es similar a los de Ericsson. Primero se selecciona la BSC de la carpeta OMP, y después de ingresar las credenciales adecuadas aparece la siguiente pantalla (figura 4.32):

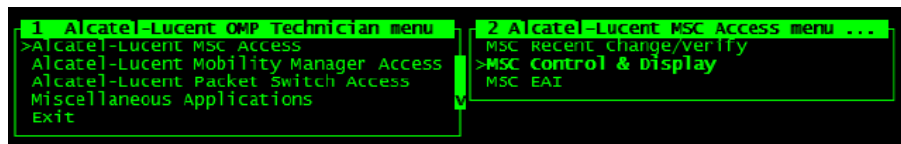


Figura 4.32 Secure CRT para sitios ALU

Para visualizar el estado del sitio desde la consola de control se debe seleccionar la opción *Alcatel-Lucent MSC Access* y después *MSC Control & Display*, posteriormente aparecerá una línea de comando en el que se debe introducir el comando adecuado más el número de la BTS para poder visualizar el estado del sitio, las tarjetas, GPS, TFUs, RRHs (figura 4.33):

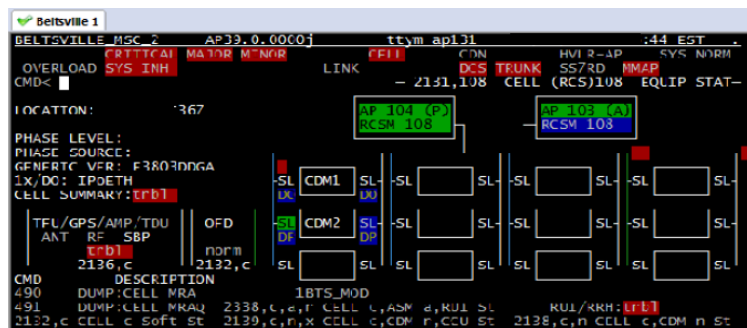


Figura 4.33 Control & Display para sitios ALU



En el ejemplo de la imagen, se observa que en CELL SUMMARY se muestra la palabra *trbl* en rojo, lo cual indica que el sitio tiene alarmas activas, también muestra alarmas activas en el módulo de GPS/ANT/TDU y en las RRH/RUI. Si el sitio se encontrara libre de alarmas y en buen estado, la palabra *act* en verde se vería en lugar de *trbl*.

Otro comando útil desplegará el estado de las TFU, del GPS y las antenas por medio de una tabla que indica si está equipado y habilitado o no, o con alarmas activas (figura 4.34):

```

OVERLOAD SYS INH CRITICAL MAJOR MINOR LINK CELL CDN HVLR-AP SYS NORM
CMD< - 2130-CELL 108 DCS TRUNK SS7RD MMAP
              (Screen 2 of 0) 1Ev=00 COM
RMV, x TDUK  ## STAT ## STAT ANT FT RESULTS
202, x TDUK 1 uneq 8 uneq 0 DIV0 DIV0 DIV0 DIV0 DIV0 DIV0 DIV0 DIV0
RST 2 uneq 9 uneq 0 uneq uneq uneq uneq uneq uneq uneq uneq
302, x TDUK 3 uneq 10 uneq 1 norm norm uneq uneq uneq norm uneq uneq
4 uneq 11 uneq 2 norm norm uneq uneq uneq fail uneq uneq
OP 5 uneq 12 uneq 3 norm norm uneq uneq uneq norm uneq uneq
402, x TDUK 6 uneq 13 uneq 4 uneq uneq uneq uneq uneq uneq uneq
7 uneq 14 uneq 5 uneq uneq uneq uneq uneq uneq uneq uneq

COMMAND DESCRIPTION
2130 Cell Site Status Summary
2131 Cell Equipment Status
2138 Cell CDMA or 1BTS MODCELL CDMA or 1BTS CELL SUMMARY: trbl
    
```

Figura 4.34 Vista del estado de las antenas, TDUs y TFUs en Secure CRT para sitios ALU

Para revisar el estado de las tarjetas del sitio, se utiliza un comando diferente, y para revisar las llamadas activas en cada uno de los carriers y sectores se utiliza otro comando (figura 4.35):

```

OVERLOAD SYS INH CRITICAL MAJOR MINOR LINK CELL CDN HVLR-AP SYS NORM
CMD< - 2139-Cell 108,CDM 1,CCU 12 -
              (Screen 1 of 1)
RMV, x CCU X SRC= RSN= MCD01 (23 % BUSY)
201, x UCL Carr-Chn1-Bnd#-A 6-150-1 CE LIC=384 CE IN USE=89
RST
300, x CCU X
301, x UCL
OP
400, x CCU X CARR PAE ACT USERS
500, x CCU X 6 1 67
6 2 18
6 3 18

CELL : trbl

CDM:1BTS_MOD
CCU Numbers: CCU4 CCU5 CCU6 CCU7 CCU8 CCU9 CCU10 CCU11
CCU BUSY %: 0 % 0 % 0 % 0 % 0 % 0 % 0 % 0 % 0 %
    
```

Figura 4.35 Procesamiento de llamadas en Secure CRT para sitios ALU

Esta página muestra también las CCUs y EVMs del sitio. Para algunos sitios la CDM1 es usualmente para 3G EVDO y la EVM 12 es EVDO exclusivamente; la CDM 2 es normalmente para voz, tiene 3 CCUs que se utilizan normalmente para voz (figura 4.36):

```

OVERLOAD SYS INH CRITICAL MAJOR MINOR LINK CELL CDN HVLR-AP SYS NORM
CMD< - 2139-Cell 108,CDM 2,CCU 1 -
              (Screen 1 of 8)
RMV, x CCU X SRC= RSN= CMU-E (19 % BUSY)
201, x UCL CDMA Carr-Chn1-Bnd#- 1-25-1 CE LIC=192 CE IN USE=33
RST
300, x CCU X
301, x UCL
OP
400, x CCU X CE# STAT PAE CAR CE# STAT PAE CAR CE# STAT PAE CAR CE# STAT PAE CAR
DGN 1 pa11 1 1 1 pa14 2 1 1 ps 3 1 1 data 1,2 1
500, x CCU X 1 a12 1 1 1 pa21 2 1 3 busy 3 1 2 data 3 1
1 pa21 1 1 1 a22 2 1 7 busy 2 1 1 busy 2,1 1
1 a22 1 1 1 a23 2 1 1 busy 3,1 1
1 ps 1 1 1 a24 2 1 3 data 1 1
CELL : trbl 1 pa11 2 1 1 ps 2 1 6 data 2 1
1 a12 2 1 1 pa11 3 1 2 busy 1,3 1
1 a13 2 1 1 a12 3 1 7 busy 1 1

CDM:1BTS_MOD
CCU Numbers: CCU2 CCU3 CCU4 CCU5 CCU6 CCU7 CCU8 CCU9 CCU10 CCU11
CCU BUSY %: 17 % 0 % 0 % 0 % 0 % 0 % 0 % 0 % 0 % 0 %
    
```

Figura 4.36 Vista de las tarjetas de sitios ALU



## - SAMB

Para revisar el estado de un nodo LTE de vendor Alcatel Lucent, se debe utilizar la herramienta SAMB. Al igual que LSM, SAMB tiene a todos los nodos de la red divididos en 13 regiones dependiendo de su ubicación geográfica. Para saber a qué región pertenece cada uno de los nodos, se debe acceder a la información de los nodos a través de las herramientas de base de datos. SAMB funciona exclusivamente para revisar alarmas en el sitio y si está procesando correctamente, a diferencia de las otras herramientas, esta no cuenta con una consola y línea de comandos para observar más detalles sobre las alarmas activas o el procesamiento actual de las llamadas.

Por supuesto, esta herramienta tiene muchas otras capacidades, sin embargo, CPM se concentra en el uso de esta herramienta para revisar alarmas activas, que el sitio se encuentre procesando las sesiones de conexión adecuadamente y llevar acabo reinicios del nodo siempre y cuando sea necesario.

### Modo de Empleo

Después de acceder a la región adecuada, la herramienta muestra 3 módulos; a la izquierda se encuentra el módulo que contiene una lista con todos los nodos y el equipo que se encuentran dentro de la región que, al igual que BSM y LSM, tiene indicadores de colores que indican si el sitio tiene alguna falla; en la parte superior derecha, se encuentra un módulo que muestra la topología física del nodo que se seleccione; y la parte inferior muestra una lista de todos los sitios que tienen alarmas activas al momento que tienen los servicios afectados.

Para encontrar el sitio que se está investigando, se selecciona el campo de búsqueda en la lista de nodos (figura 4.40):

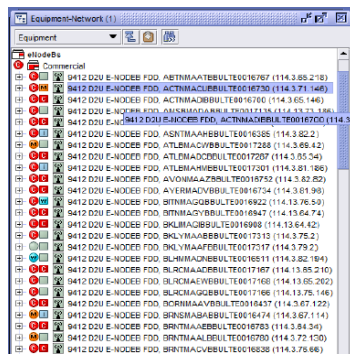


Figura 4.40 Equipment Network

En la ventana de cada eNodeB se muestra información general sobre el, dividida en pestañas. La pestaña *Status* muestra el estado general del sitio, también se puede visualizar el estado de cada uno de los elementos del nodo al seleccionar el elemento en la lista. La pestaña *Fault* muestra las alarmas activas en el sitio, si se desea observar la descripción de las alarmas, lo único que se debe hacer es dar doble click sobre cada alarma.

Para realizar las actividades de reinicio hay dos opciones; en una se debe dar click derecho sobre el elemento a reiniciar, entonces aparece un menú con la opción *Action – Reset*, esta opción no muestra evidencia del proceso de reinicio del sitio; la otra opción requiere que se cambie el estado manualmente de *unlocked* a *locked* de la RRH, seleccionar *Resync* y regresar la RRH a su estado *unlocked*.

Para obtener el procesamiento de conexiones del sitio, al hacer click derecho sobre el nodo, se selecciona la opción *Properties* para obtener la dirección IP correspondiente al nodo, llamada *Active Management IP*. Posteriormente, hay que acceder al nodo desde una sesión SSH (figura 4.41):

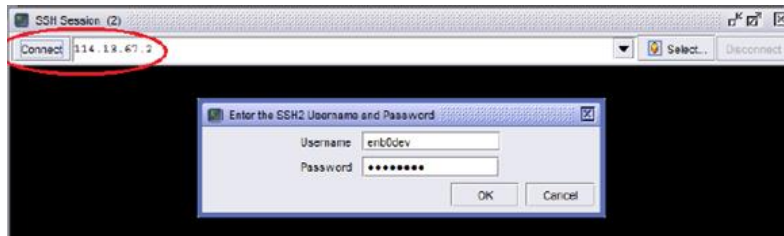


Figura 4.41 Sesión SSH

Una vez en sesión, el comando adecuado mostrará un conjunto de información que contiene el número de conexiones que están activas en este momento (figura 4.42):

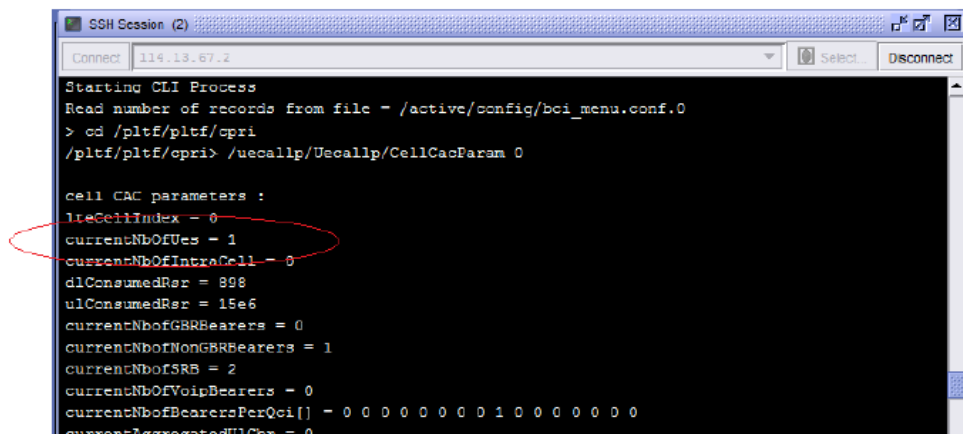


Figura 4.42 Conexiones activas (Usuarios) en el nodo

- OSS RC

OSS RC es la herramienta exclusiva para sitios LTE de Ericsson. Con esta herramienta se puede obtener información acerca del estado del sitio, alarmas activas y procesamiento del sitio. Al igual que los sitios 3G, los sitios 4G de Ericsson se dividen en 2 nodos, uno para cada frecuencia (800 y 1900). Al igual que las demás herramientas de LTE, la red de sitios Ericsson se divide en 4 regiones, y se identifica a qué región pertenece cada nodo por medio de la información de la base de datos.

*Modo de empleo*

Al acceder a la herramienta, aparecen 3 módulos en pantalla; el primero de la izquierda es la lista de nodos, en la parte superior derecha, aparecen los elementos del nodo que se selecciona en la lista y la parte inferior derecha es una lista de todos los nodos que tienen alarmas activas o se encuentran fuera de servicio.

Para buscar un nodo, solo se debe introducir el número o nombre del nodo y la herramienta lo identificará automáticamente mostrando todos los elementos que lo forman y el estado de cada uno de estos (figura 4.43):

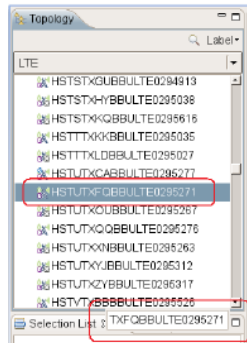


Figura 4.43 Topology. Lista de nodos

Para revisar las alarmas activas en el nodo, se requiere cambiar de *Network Configuration* (que es la primera ventana que se abre) a *Network Status Perspective*, aquí se puede observar el estado operacional de los elementos y las alarmas de estos. La lista de alarmas se presenta en una tabla que contiene toda la información acerca de estas y del impacto que representan en el servicio. Para obtener más información de las alarmas, se selecciona la alarma y una nueva ventana con detalles se abre (figura 4.44):

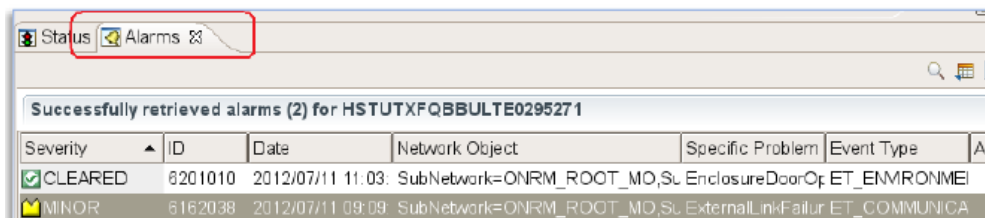


Figura 4.44 Alarmas en OSS RC

Para revisar el procesamiento del sitio, hay que dar click derecho sobre el nodo y seleccionar la opción *View Dinamyc Cell Status*, una ventana se abrirá con una tabla que muestra cada uno de los sectores del nodo, su estatus y el número de sesiones activas en ese momento.

#### - Spirent

Spirent es la única herramienta de CPM que permite visualizar el estado del backhaul de los sitios de todos los vendedores. El manejo de la herramienta es bastante simple, y si bien no es del todo precisa, permite ver en general el estado del backhaul y detectar fallas.

#### Modo de Empleo

Una vez introducidas las credenciales adecuadas, la pantalla principal de Spirent ofrece un menú de opciones. Para realizar las pruebas de backhaul, se debe seleccionar la opción *Test Services*, y a continuación se despliega un campo de búsqueda como el de la figura 4.45:

**Service Selection**

---

Service ID Format:

Service:

Segment 1:  Segment 2:

Figura 4.45 Spirent

Al ingresar el sitio a probar, se debe hacer click en *find* y seleccionar la VLAN principal. Después, se debe seleccionar la prueba de acuerdo al vendor del sitio. y seleccionar test. La siguiente página muestra los resultados de la prueba (figura 4.46):

Circuit: OG0 10

**Summary**

- Connectivity Test Completed Successfully

**Test Results**

ETH-DM Results

| Parameter Name                | Parameter Value |
|-------------------------------|-----------------|
| MAC Address:                  | 3AA980DD641     |
| VLAN:                         | 2585            |
| Priority:                     | 7               |
| Returned Outer VLAN Priority: | 7               |
| Returned Inner VLAN Priority: | NA              |

**FRAMES**

Frames Sent: 100  
 Frames Received: 100  
 Frames Lost: 0  
 % Frames Lost: 0

**Round Trip Data**

Jitter Min: 0.0  
 Jitter Max: 0.1  
 Jitter Avg: 0.0  
 Latency Min: 0.4  
 Latency Max: 0.0  
 Latency Avg: 0.4

**MF Data**

Jitter Min: 0.0  
 Jitter Max: 0.0  
 Jitter Avg: 0.0  
 Latency Min: NA  
 Latency Max: NA  
 Latency Avg: NA

**FE Data**

Jitter Min: 0.0  
 Jitter Max: 0.1  
 Jitter Avg: 0.0  
 Latency Min: NA  
 Latency Max: NA  
 Latency Avg: NA

**Disposition**

- Disposition PASS : All Tests Passed

Figura 4.46 Resultado de la prueba de conexión de Backhaul en Spirent

En el ejemplo, el resultado indica: *Connectivity Test Completed Successfully*, lo que indica que no hay errores en la conectividad del backhaul; de haber errores, la herramienta mostraría un *Fail*. Abajo, en las estadísticas de Frames enviados de prueba, el porcentaje de error es 0 y las tramas enviadas son los mismos que los recibidos; otro factor importante en la prueba son los niveles de jitter en la conexión, estos deben encontrarse dentro de los límites establecidos. En *Disposition* se muestran entonces los resultados finales de la prueba indicando si la prueba de conectividad fue exitosa o fallida de acuerdo al número de frames enviados y recibidos, y que los valores de jitter se encuentren dentro de los valores establecidos.

- *Ticket Search*

Ticket Search es una herramienta exclusiva de la empresa que permite acceder a la lista de todos los reportes que un sitio ha tenido desde su lanzamiento. Su uso es bastante simple, sólo se debe introducir el sitio que se desea buscar y automáticamente Ticket Search desplegará una lista con el número de reporte, el switch al que pertenece el sitio, el sitio, qué agencia lo creó, la severidad del reporte, la fecha en la que se creó, la fecha en la que se cerró, y el título del reporte que comúnmente involucra una breve descripción del problema del sitio (figura 4.47).

CPM utiliza esta herramienta para descartar que haya algún problema en el sitio que ya haya sido reportado y esté causando el problema del cliente o bien, para asegurarse de no abrir otro reporte de sitio cuando ya hay uno abierto y así evitar redundancia en el trabajo.

| Range-Start | End | Cascade: | Ticket: | Switch: |
|-------------|-----|----------|---------|---------|
|             |     | NY2 10   |         |         |

| Ticket# | Switch | CASCADE         | Circuit ID                | Orig Loc | Severity | Start Date/Time       | Close Date/Time       | Entry Text  |
|---------|--------|-----------------|---------------------------|----------|----------|-----------------------|-----------------------|---|
| 5       | 4      | TTBONU12-MSCe-1 | NY2: 10 NONE              | CPMV     | 3        | 1/14/2016 8:59:00 PM  |                       | **CPMV**CDMA*Quality, Single Phone Number On Network*TTBONU12-4BSC-1*NY233C510*Cell ID 617*Impaired CWC 58724 |
| 5       | 0      | 32769           | NY2: 10                   | VIAL     | 4        | 1/6/2016 7:47:00 PM   | 1/7/2016 3:46:00 PM   | *INFO*LOC*LTE*SAMB04*NY2 ... 10*HCKNNJDLBBULTE0103884*Sector OOS*Sector1 FAILED AT 19:35 GMT*                 |
| 5       | 1      | 32769           | NY2: 10 /HCGS/456693//NJ/ | RGOP     | 4        | 10/23/2015 9:20:00 AM | 10/24/2015 8:29:00 AM | RGOP*ALU*LTE*800*Northern Jersey*NY-TETERBORO-MS_C_2*HCKNNJDLBBULTE0098684*NY2 ... 10*Cell_617*Sec_1*No c     |
| 5       | 3      | TTBONU12-MSCe-1 | NY2: 10                   | WFMQ     | 5        | 9/29/2015 3:08:00 PM  | 9/30/2015 3:48:00 PM  | NVTF-EMS-FSO-Discovered Ticket Request for 3G Network Vision Break/FsdNY233C510                               |
| 5       | 4      | TTBONU12-MSCe-1 | NY2: 10 NONE              | CPMV     | 5        | 9/18/2015 7:35:00 PM  | 9/19/2015 1:35:00 PM  | **CPMV**CDMA*Dtaling, Outbound*TTBONU12-4BSC-1*NY2: ... 10*Cell ID 617*Impaired CWC 5457686                   |
| 5       | 0      | HRSNHAQ-MME-11  | NY2: 10                   | VIAL     | 4        | 8/29/2015 12:28:00 PM | 8/31/2015 9:09:00 PM  | *INFO*LOC*HRSNHAQ-MME-11*MM*NY2: ... 10*ENODEB HCKNNJDLBBULTE0103884*SAMB 4*ANTENNA_PORT 2 89H 111/;          |
| 4       | 4      | HRSNHAQ-MME-11  | NY2: 10 NONE              | R1AL     | 4        | 7/5/2015 9:35:00 AM   | 7/6/2015 6:30:00 PM   | *LTE*R1AL*ALU*SAMB-04*HCKNNJDLBBULTE0103884*NY2: ... 10*SEC-1*DROP-75.58%                                     |
| 4       | 8      | HRSNHAQ-MME-11  | NY2: 10 NONE              | R1AL     | 4        | 7/4/2015 12:58:00 PM  | 7/4/2015 4:48:00 PM   | *LTE*R1AL*ALU*SAMB-04*HCKNNJDLBBULTE0103884*NY2: ... 10*SEC-1*DRP 43.55%                                      |
| 4       | 8      | HRSNHAQ-MME-11  | NY2: 10 NONE              | R1AL     | 4        | 7/3/2015 12:01:00 PM  | 7/3/2015 2:48:00 PM   | *LTE*R1AL*ALU*SAMB-04*HCKNNJDLBBULTE0103884*NY2: ... 10*SEC-1*DROP-46.25%                                     |
| 4       | 2      | HRSNHAQ-MME-11  | NY2: 10 /HCGS/456693//NJ/ | R1AL     | 4        | 6/23/2015 9:47:00 AM  | 6/26/2015 4:50:00 PM  | *LTE*R1AL*ALU*SAMB04*NY2 ... 10*HCKNNJDLBBULTE0103884*SEC-1*DRP-100%  |
| 4       | 3      | TTBONU12-MSCe-1 | NY2: 10 NONE              | CPT2     | 3        | 2/24/2015 11:27:00 PM | 2/26/2015 12:24:00 AM | **CPT2*EVDO*Slow Data*TTBONU12-4BSC-1 NY2: ... 10 cell 617 IMPAIRED CWC4127257                                |

Figura 4.47 Ticket Search

- *Otras herramientas: Google Maps, Google Earth y My GeoPosition*

Cuando se presentan problemas de mapeo, ya sea porque el usuario dio una dirección incorrecta, mal escrita, o bien *Customer Care* no pudo interpretar correctamente la dirección que el usuario dio, pero CPM fue capaz de comprobar conexiones en el área, se hace uso de 2 herramientas no oficiales que ayudan en la ubicación de la dirección reportada, además de que aportan información valiosa respecto al terreno en el área y que tanto puede afectar a la señal.

*MyGeoposition y Google Maps*

Estas páginas de internet que sirven como herramienta en CPM para la localización de las Lat/Long proporcionadas cuando no se tiene una dirección clara. El uso de *MyGeoposition* y *Google Maps* es muy sencillo ya que sólo hay que introducir en el buscador la dirección o coordenadas e inmediatamente arroja resultados con la dirección correcta, o en el caso de *Mygeoposition*, sugerencias de cuál podría ser la dirección que se busca (figura 4.48).





Figura 4.48 MyGeoPosition

En ocasiones, *Google Maps* permite a CPM visualizar el terreno del área o localizar áreas con obstáculos como Edificios, densa vegetación, colinas, entre otros.

- Google Earth

Google Earth tiene más usos para CPM que la localización de una dirección no válida. Permite a CPM realizar un análisis más detallado del terreno del área que se reporta con problemas, lo que facilita enormemente el trabajo al identificar problemas de cobertura. También permite recolectar la mayor información posible acerca de las interferencias que pueda haber entre el sitio y la ubicación reportada por el usuario. Para hacer uso, primero se necesita la ubicación del sitio y la del usuario (dónde reporta el problema). Una vez identificadas, se traza una línea entre estos 2 puntos (figura 4.49):

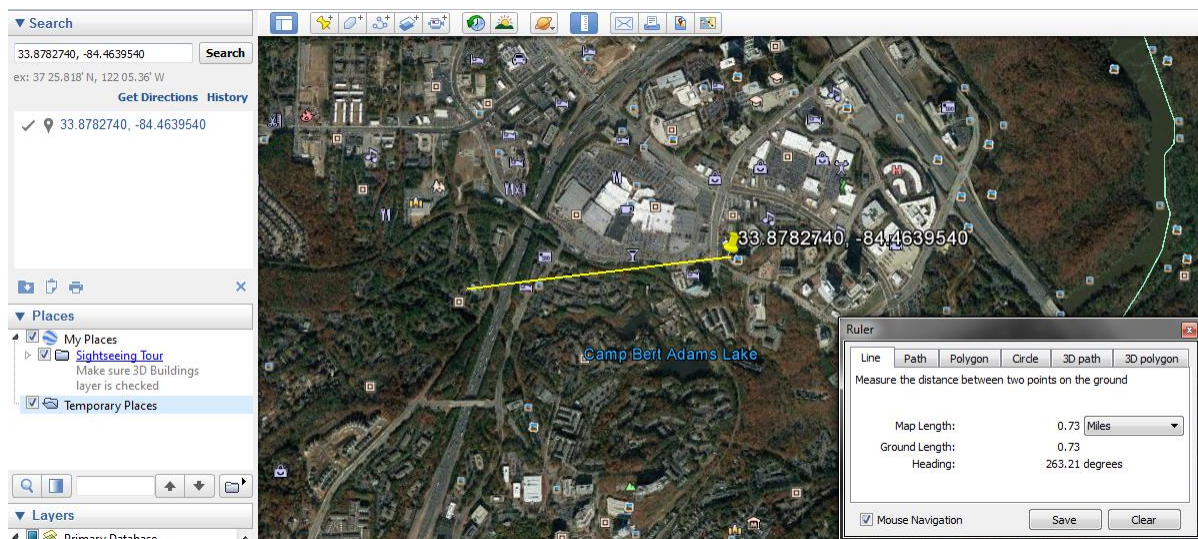


Figura 4.49 Google Earth



Una vez identificada la línea de vista entre el sitio y la ubicación del usuario, se hace click derecho sobre la línea y selecciona *Show Elevation Profile* y la siguiente pantalla se desplegará (figura 4.50)

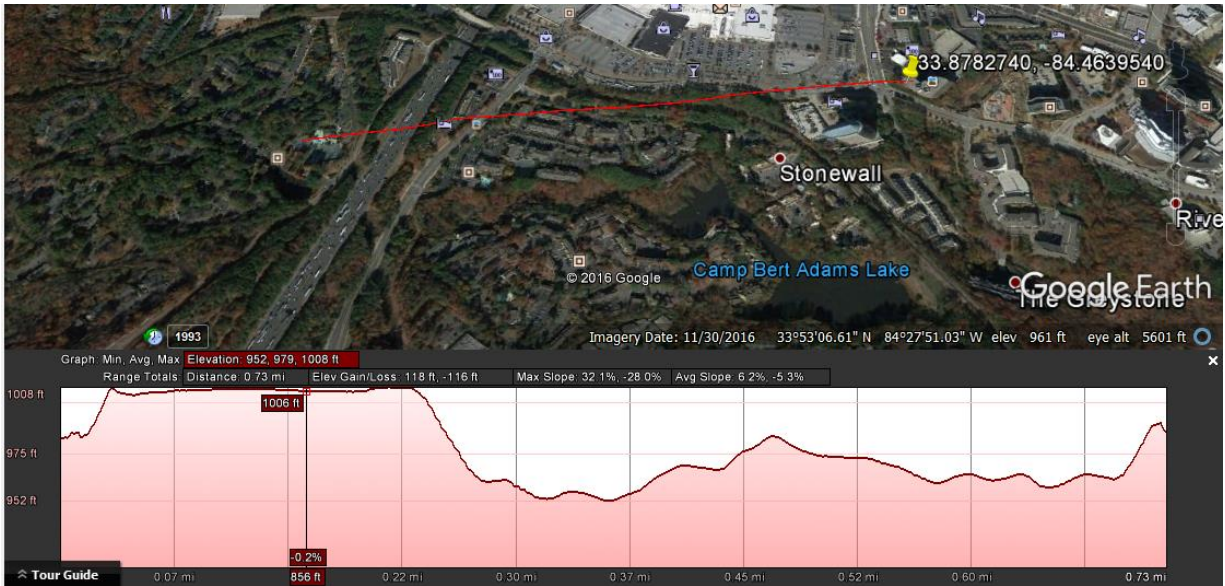


Figura 4.50 Vista de la elevación del terreno en Google Earth

La gráfica en la parte posterior del mapa muestra la elevación del terreno sobre la línea de vista entre el sitio y la dirección reportada. En base a este análisis se puede concluir si hay o no línea de vista, ubicar cuáles son los obstáculos y analizarlos para ver si se pueden lograr buenos niveles de señal en la dirección reportada.

## Capítulo V. Customer Wireless Case

Como se ha explicado anteriormente, las malas experiencias de los usuarios con el servicio las recibe el proveedor directamente, quien se encarga de hacerlas llegar a CPM. Los reportes de los usuarios finales se presentan de 2 maneras: por medio del Call Center que pertenece al proveedor de servicio de telefonía móvil llamado *Customer Care* y que genera los reportes *Customer Wireless Case* que llegan a CPM; o por una aplicación diseñada por el proveedor de servicios que se instala en un dispositivo móvil desde la que se reportan fallas en la ubicación actual del usuario dando lugar a las *Red Cascades*. Este tipo de reportes llegan a CPM a través de una herramienta llamada *Call Detector* la cual pertenece al proveedor de servicio pero que es manejada por CPM y otras agencias dentro del GNOC.

### V.1 Customer Wireless Case

El primer tipo de reporte, llega al Call Center llamado *Customer Care*, el cual pertenece al proveedor de servicios y recibe todo tipo de reportes de problema: dispositivo, servicio, problemas de cuenta, cobertura, por mencionar algunos, directamente del usuario final quien puede presentar un reporte diferente según sea la experiencia; entonces *Customer Care* los clasifica a partir de lo que el usuario describe y recolecta un conjunto de información del cliente y problema de acuerdo a lo que se está reportando. Una vez clasificados, debe identificar si el problema es de Red, Dispositivo o Cuenta. Cuando *Customer Care* identifica que el problema puede estar relacionado a la Red, el reporte se envía a CPM a través de un *Customer Wireless Case* - CWC (Caso de cliente de red inalámbrica) que debe incluir información fundamental del cliente y la clara descripción del problema para que CPM lleve a cabo la investigación de la red conforme a lo reportado en el CWC e identificar la falla que lo está causando.

Los tipos de CWC más comunes que CPM recibe a través de *Customer Care* son:

- Falla o falta de servicio 2G, 3G y 4G en el área o bien roaming o servicio intermitente.
- Llamadas bloqueadas, caídas o enviadas directamente a Buzón de voz.
- Falla en el de servicio de internet: Bajas tasa de transmisión, falta de conexión, problemas de capacidad en el área, fallas con wifi.
- Retraso en mensajes de texto o mensajes de texto duplicados.
- Falla en el servicio Direct Connect, Phone Connect o M2M.
- Falta de cobertura en determinada área o cambios de cobertura.
- Hora mostrada en pantalla equivocada.
- Mala calidad de audio en llamadas: estática, cross talk, one way audio.
- Fallas con dispositivos de Banda Ancha.
- Fallas con Buzón de Voz.

Un CWC es el formato en el que *Customer Care* maneja un reporte de usuario final y lo entrega a CPM. Se crea para una ubicación/área y problema específicamente y contiene información específica relacionada a la cuenta del cliente, información del área reportada y la descripción del problema que se está experimentando.

Antes de llegar a CPM, los CWC son trabajados e investigados por agencias propias del proveedor de servicios para descartar problemas de dispositivo. El CWC se llena de información que resulta de estas investigaciones y si el reporte del cliente no es un problema de red, más bien un problema de cuenta o dispositivo, el CWC se queda en las agencias del proveedor y para llevar a cabo una solución; sin embargo, si el problema sugiere ser algo relacionado a la red, *Customer Care* envía el CWC con su investigación a CPM. En ocasiones, esa investigación puede ayudar a CPM para descartar algunos problemas de dispositivo que se muestran en las herramientas de registros de llamadas y conexiones, aunque estos casos son escasos y no son tan fáciles de comprobar.

Los puntos clave que un CWC debe tener para la correcta evaluación del problema del cliente por parte de CPM son:

- **Dirección:** Debe ser específica de dónde se está experimentando el problema, o explicar que el problema se experimenta en un radio menor a 3 millas partiendo de una dirección de referencia. El formato del CWC contiene 2 direcciones; una es la que se registra cuando el cliente se da de alta con el proveedor del servicio y la segunda es la dirección en la que se está experimentando el problema. CPM investiga solamente la segunda dirección y debe cumplir con las especificaciones descritas anteriormente. Además de la dirección, el CWC puede contener las coordenadas de la ubicación que se está reportando.
- **Número Telefónico:** Se requiere para localizar las Radio bases más utilizadas por el usuario final y cuáles son las que presentan los problemas a través de las llamadas fallidas (bloqueadas, caídas o con ciertos códigos de problema). También se necesita para evaluar las estadísticas de las llamadas realizadas por los clientes y la información que cada una de estas arrojan (cómo se catalogan, si el proceso de la llamada fue exitoso). En el CWC se identifica como el MDN, que es el número único de 24 bits asignado por el proveedor del servicio a cada usuario. Debe ser el número telefónico del usuario afectado. Si el reporte indica que más de un usuario están experimentando problemas en el servicio, se deben proveer los demás números en las notas de la investigación de *Customer Care* y hacer hincapié en la descripción del problema que hay más de un dispositivo afectado.
- **Descripción del problema:** Es la detallada explicación del problema del cliente. Se requiere que la descripción sea clara; de ser posible, proveer el área afectada, horario en el que se experimenta el problema. Sin la una adecuada descripción CPM no podrá continuar con la descripción ya que: no será posible identificar la tecnología que se está viendo afectada y por ende no podrá establecer un proceso para su solución; o no se tenga un entendimiento claro del problema llevando a una confusión causando que el problema no se solucione correctamente o tome más tiempo del necesario para su solución.
- **Ejemplos de llamadas:** En caso de tener problemas de calidad de audio o mala calidad de servicio en voz, se necesitan los ejemplos de llamadas en las que se haya experimentado el problema; estos ejemplos deben contener: Número que realiza la llamada, Número que recibe la llamada, hora y día de la llamada y número de troncal por el que se realizó la llamada. *Customer care* puede recolectar esta información a través de una herramienta específica para los registros de llamadas de todos los usuarios de la red.
- **Debug/Test de velocidades:** Si el problema es con datos y/o bajas tasas de transmisión, el usuario final debe realizar un *test de velocidades* a través de una aplicación o página de internet. Si el problema está relacionado a mal servicio en el área o problemas de voz, se realiza el *debug*.

*Customer Care* debe indicar al usuario cómo llevarlo a cabo y solicitar los valores que el *debug/test* arroje. Es imperativo que el usuario realice este test en la dirección en la que está reportando el problema y que provea valores válidos para continuar correctamente con la investigación.

- Tipo/Subtipo del problema reportado: El número de reportes que se recibe es muy alto y cada uno descrito de acuerdo a la experiencia del usuario, por ende, *Customer Care* clasifica los reportes por Tipo/Subtipo de acuerdo a lo que el usuario final reporta. Esto es importante para CPM ya que de esta clasificación y de la descripción del problema parten algunos de los procesos establecidos.
- Tipo de Cliente: Esto indica si el cliente es de prepago o por contrato y la prioridad que tiene el usuario final dependiendo del contrato que éste tenga con el proveedor del servicio. El tipo de cliente es importante para CPM hasta cierto punto para dar prioridad a algunos clientes, o saber que procesos se deben seguir o a quién se debe contactar o si la cuenta es ejecutiva, lo cual supone mayor riesgo si no se soluciona rápidamente el problema.
- Fecha en la que comenzó el problema.

Considerando que todos los puntos mencionados están completos y son información válida CPM empieza con la investigación del problema en el área. La falta de alguno de estos puntos, o de la información especificada anteriormente en el CWC, causará que éste se regrese como “Falta de información” requiriendo que se proporcione la información completa para poder comenzar con la investigación.

### V.I.I Tipos de problemas con el servicio

Los tipos de problema se clasifican en problemas de Voz (CDMA) o Datos (EVDO y LTE) a partir de la descripción del problema que el usuario final provee, más la información que recolecta *Customer Care* por medio de sus investigaciones. Una vez entendido el problema, se identifica la tecnología y con esto inicia la investigación.

Los problemas de Voz (CDMA) se presentan comúnmente como:

- Fallas o falta de servicio 2G y 3G en el área, servicio intermitente o roaming.
- Retraso en mensajes de texto, mensajes de texto duplicados, o múltiples mensajes se reciben al mismo tiempo que una llamada entrante (conocido como *Zone Based Paging*).
- Falla en el servicio *Phone Connect*.
- Falta de cobertura en determinada área o cambios de cobertura.
- Mala calidad de audio en llamadas: estática, *cross talk*, *one way audio*.
- Llamadas Bloqueadas.
- Llamadas Caídas.

Los problemas de Datos como:

- Fallas generales y problemas de capacidad en el área
- Falla en el servicio *Direct Connect* o *M2M*.
- Hora mostrada en pantalla equivocada.
- Conexión a internet lenta (EVDO o LTE).
- Sin conexión a EVDO o LTE.
- Llamadas ruteadas directamente a Buzón de voz (No hay notificación de llamada).

En capítulos anteriores de este informe, se han explicado los tipos de problema que CPM manejaba y una breve descripción de estos. A continuación, se tratarán ejemplos de los tipos de problema que CPM recibía, la investigación que se realizaba, los procesos que se seguían y las acciones correctivas que se llevaban a cabo para llegar a la solución del problema reportado por el usuario final, así como el seguimiento que se daba a cada uno de estos reportes hasta llegar a la satisfacción del cliente. Los casos que se exponen en este reporte son los tipos de reporte más comunes que CPM recibe, sin embargo, fueron los más “especiales” durante mi estancia en CPM ya que, aunque son muy comunes, la solución de cada uno de estos representó un largo camino en la investigación, además de que las causas del problema no eran tan comunes y necesitaban más trabajo de ingeniería que los que comúnmente se resolvían.

Por supuesto se omitirán algunos detalles primordiales de la información de los usuarios finales, así como elementos claves que pudieran representar vulnerabilidad de la red del proveedor de servicios. Se desarrollará cada uno de estos ejemplos mediante una simulación del proceso de investigación con ayuda de las herramientas antes descritas y la interpretación de la información que muestran.

## V.II Casos

En los casos que se presentan a continuación, ya se ha verificado la información del usuario final y que no son problemas de dispositivo o de cuenta, por lo que esa parte se omitirá en el proceso a describir.

### V.II.I Caso 1

*“El usuario final no puede realizar llamadas cuando está en su oficina que se encuentra en “dirección 1 – oficina en el 5to piso”, en ocasiones recibe llamadas después de las 6 pm, justo cuando termina su jornada laboral; tampoco tiene buen internet, siempre está muy lento y las aplicaciones de redes sociales tardan mucho tiempo en cargar. Ha empeorado en los últimos 4 meses, aunque en realidad siempre ha tenido mal servicio en esa área desde que llegó a trabajar ahí. El usuario se ha percatado de que durante todo el día tiene buena señal porque en su pantalla ve todas las barras de LTE, pero aun así no puede realizar ni recibir llamadas, ni tiene buena velocidad de internet y sólo logra hacer llamadas cuando va de regreso camino a su casa, aunque también se le caen las llamadas durante este trayecto. El cliente vive en “dirección 2 - casa” y ahí no presenta problemas.”*

#### *Identificación del problema*

Del reporte se rescata lo siguiente:

- No puede realizar llamadas en su oficina hasta después de las 6 pm, al terminar su jornada laboral.
- Internet lento.
- Hay buena señal LTE en el área, pero aun así no tiene buen servicio.
- Logra hacer llamadas de camino a su casa, aunque también se le caen durante este trayecto.
- El problema ha empeorado durante los últimos 4 meses.

El usuario tiene problemas con CDMA y LTE. Al ser LTE la tecnología más utilizada, se le da prioridad en la investigación y posteriormente, procedemos a investigar CDMA. Las herramientas que se utilizarán son:

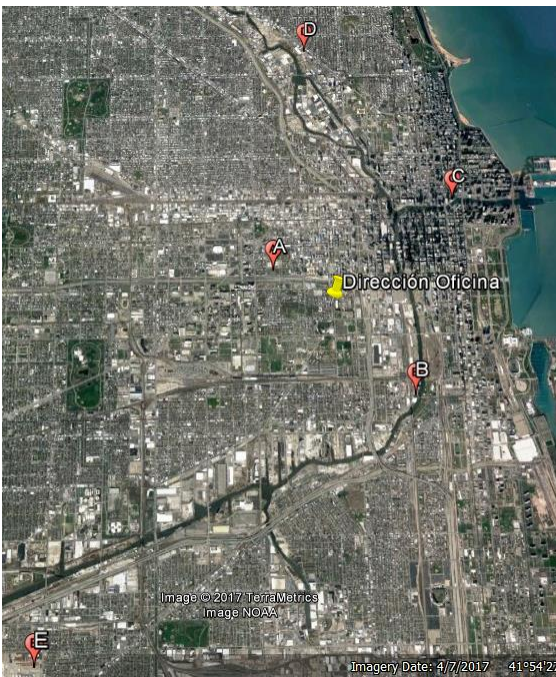
- Cell Site Finder para identificar los 5 sitios más cercanos a la oficina del usuario y a qué distancia se encuentran.
- Glance y PRTS para ubicar la oficina y los sectores que dan cobertura al edificio.
- Cell Site Maintenance Schedule, Ticket Search.
- Mobile CDR y PRTS para los registros de llamadas.
- PRTS para el desempeño del sitio.
- LSM para revisar las alarmas de los sitios más cercanos.
- Spirent para backhaul.

*Mapeo*

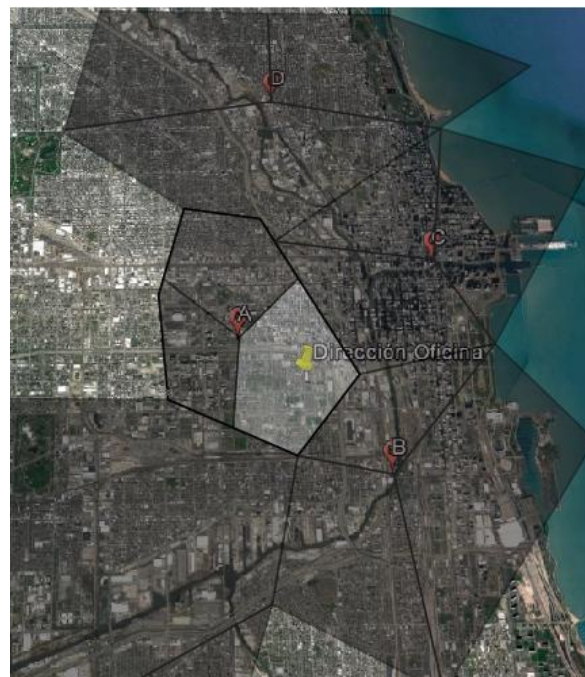
Cell Site Finder muestra 5 sitios a las siguientes distancias (tabla 5.1):

*Tabla 5.1 Sitios más cercanos*

| Sitio | Distancia (millas) | Ubicación |
|-------|--------------------|-----------|
| A     | 0.7                | NW        |
| B     | 1.24               | SE        |
| C     | 1.8                | NE        |
| D     | 3                  | N         |
| E     | 4.5                | W         |



*Figura 5.1 Mapa del caso 1*



*Figura 5.2 Cobertura de los sitios A, B y C*



Al ingresar la dirección en PRTS, la herramienta muestra que los sitios se encuentran ubicados de la siguiente manera: la dirección 1 se encuentra dentro de la cobertura del sector alfa del sitio A ( $A_\alpha$ ), y los sectores vecinos son: el sector beta del sitio A ( $A_\beta$ ) el sector gamma del sitio B ( $B_\gamma$ ), el sector beta del sitio C ( $C_\beta$ ), el sector alfa del sitio E ( $E_\alpha$ ).

Glance confirma la ubicación de los 5 sitios, la distancia a la que se encuentran y el sector que da cobertura a la dirección reportada (figuras 5.1 y 5.2); también muestra que el sitio D tiene una Alerta de Servicio que impacta todos los servicios; esto se tomará en cuenta cuando se revisen los problemas conocidos.

Por otro lado, *Coverage tool* muestra que la dirección de la oficina se encuentra en un área de Excelente cobertura tanto para LTE como para Voz (figuras 5.3 y 5.4):

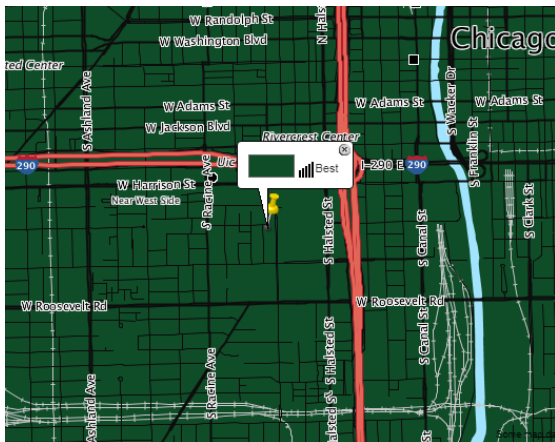


Figura 5.3 Mapa de cobertura del caso 1 - Voz

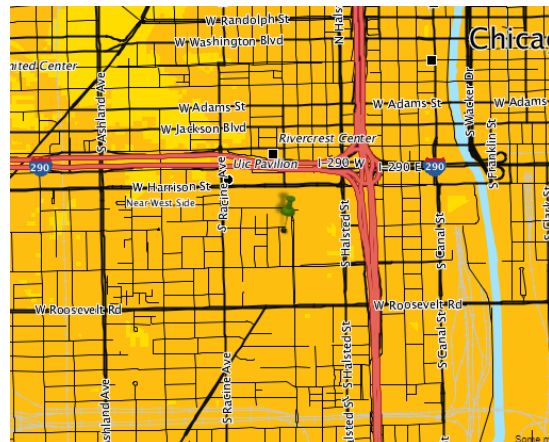


Figura 5.4 Mapa de cobertura del caso 1 - LTE

### Problemas Conocidos

- Ticket Search: Ticket search muestra solamente un reporte para el sitio D con alerta de servicio para todas las tecnologías durante el tiempo en el que se revisó el caso. El historial del reporte de sitio indica que 2 días antes de revisar este caso, el sitio estaba fuera de servicio debido a una tormenta eléctrica que causó daños en la fuente de alimentación, un técnico de campo fue a arreglar el sitio y revisar si había más equipo dañado y encontró que las RRH 1 y 3 estaban fuera de servicio. El técnico realizó pruebas para descartar que el problema sea de hardware, sin embargo, las RRH estaban dañadas por la descarga que ocasionó la tormenta eléctrica por lo que tuvo que pedir 2 RRH nuevas al fabricante del equipo, y estarían listas y en el sitio en 4 días después de que se creó el reporte de sitio (2 días después del reporte de usuario). Actualmente el técnico de campo está esperando los radios.
- CSMS: De acuerdo a Cell Site Maintenance Schedule, no hay ventanas de mantenimiento activas en este momento. Las últimas ventanas que los 5 sitios tuvieron fueron de hace 3 meses y no tuvieron impacto en el servicio, tampoco se reportaron problemas de sitio después de las ventanas que pudieran estar ligados a fallas causadas por la ventana de mantenimiento.
- DRMS o Eventos sociales: No se tiene registro de desastres naturales en el área que hayan afectado el servicio, tampoco se registraron eventos sociales concurridos que pudieran causar fallas en el servicio durante el tiempo en el que el usuario se encuentra en su oficina.

*Registros de llamada*

De acuerdo a los registros de conexión LTE y CDMA que PRTS muestra, el sitio que más conexiones tiene es el sitio F que se encuentra a 7 millas de distancia de la oficina del usuario, pero a 2 millas de su casa, por lo que ese es el sitio principal del cliente, sin embargo, no es el sitio más utilizado del área. El segundo sitio con más conexiones es el sitio C, sector beta con varias conexiones bloqueadas y varias conexiones exitosas. El cuarto sitio con más conexiones es el sitio A, sin embargo, la mayoría de las conexiones a este sitio son conexiones fallidas y llamadas bloqueadas. A continuación, se muestra una parte de la tabla (5.2) de los registros de llamadas del día 24 de febrero:

*Tabla 5.2 Registros de llamadas en PRTS del caso 1*

| Fecha/Hora       | CFC    | CFC descripción                  | Sitio | Sector | PN  | Llamada | Frecuencia |
|------------------|--------|----------------------------------|-------|--------|-----|---------|------------|
| 24-02-17 / 7:20  | Normal | La llamada terminó exitosamente  | F     | 3      | 99  | CDMA    | 1900       |
| 24-02-17 / 8:40  | Block  | Red Ocupada                      | A     | 1      | 284 | CDMA    | 1900       |
| 24-02-17 / 9:15  | Block  | Red Ocupada                      | A     | 1      | 284 | LTE     | 1900       |
| 24-02-17 / 9:18  | Block  | Red Ocupada                      | B     | 3      | 402 | LTE     | 2500       |
| 24-02-17 / 10:02 | Drop   | Handover no terminó exitosamente | C     | 2      | 528 | CDMA    | 1900       |
| 24-02-17 / 10:55 | Block  | Red Ocupada                      | A     | 1      | 284 | LTE     | 1900       |
| 24-02-17 / 12:06 | Block  | Red Ocupada                      | A     | 1      | 284 | LTE     | 2500       |
| 24-02-17 / 14:20 | Block  | Red Ocupada                      | A     | 1      | 284 | CDMA    | 1900       |
| 24-02-17 / 14:25 | Block  | Red Ocupada                      | A     | 1      | 284 | CDMA    | 1900       |
| 24-02-17 / 14:47 | Drop   | No hay suficientes recursos      | A     | 1      | 284 | CDMA    | 1900       |
| 24-02-17 / 15:57 | Block  | Red ocupada                      | B     | 3      | 402 | LTE     | 2500       |
| 24-02-17 / 16:23 | Drop   | No hay suficientes recursos      | C     | 2      | 528 | CDMA    | 1900       |
| 24-02-17 / 17:53 | Normal | La llamada terminó exitosamente  | A     | 1      | 284 | CDMA    | 1900       |
| 24-02-17 / 18:41 | Drop   | Handover no terminó exitosamente | C     | 2      | 528 | LTE     | 2500       |
| 24-02-17 / 18:43 | Drop   | Handover no terminó exitosamente | C     | 2      | 528 | LTE     | 2500       |
| 24-02-17 / 19:04 | Normal | La llamada terminó exitosamente  | F     | 3      | 99  | CDMA    | 1900       |
| 24-02-17 / 19:30 | Normal | Conexión exitosa                 | F     | 3      | 99  | LTE     | 2500       |

Mobile CDR muestra que durante los últimos 90 días el usuario ha realizado en total 1502 llamadas de voz de las cuales 338 son llamadas fallidas. El sitio con más llamadas es el sitio F, el segundo es el C, el tercero el B y el cuarto el A. El único switch que ha utilizado es el ChicagoIL1. La tabla (5.3) que Mobile CDR muestra con la información de las llamadas es la siguiente:

*Tabla 5.3 Registros de llamadas en CDR del caso 1*

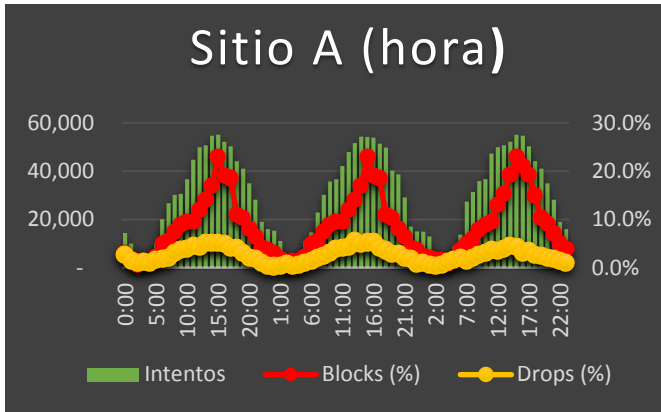
| Sitio | Llamadas totales | Llamadas exitosas | Llamadas fallidas | Llamadas caídas |
|-------|------------------|-------------------|-------------------|-----------------|
| F     | 603              | 580               | 18                | 5               |
| C     | 407              | 302               | 102               | 3               |
| B     | 309              | 140               | 125               | 44              |



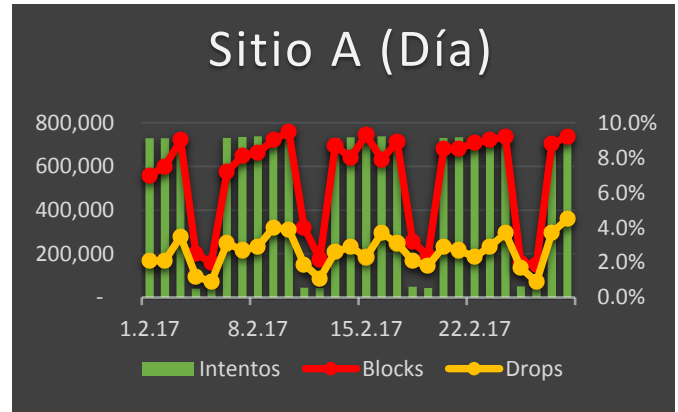
|       |      |      |     |     |
|-------|------|------|-----|-----|
| A     | 183  | 45   | 90  | 48  |
| Total | 1502 | 1067 | 335 | 100 |

*Desempeño de los sitios*

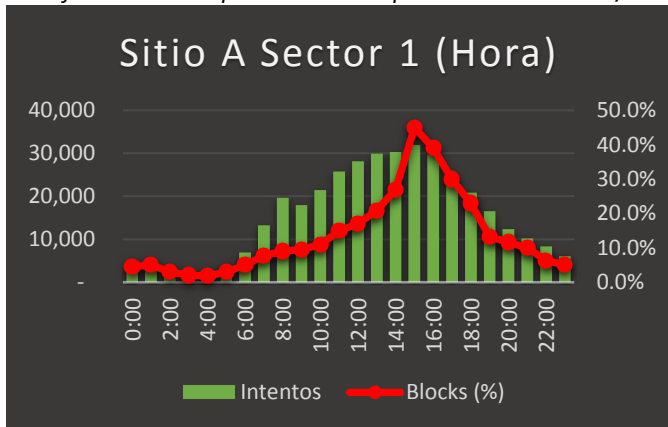
PRTS muestra las gráficas 5.1 a 5.11 para los sitios A, B, C, D y E por hora y día; también se muestra la gráfica del desempeño del sector 1 del sitio A, que es donde se encuentra la oficina del usuario:



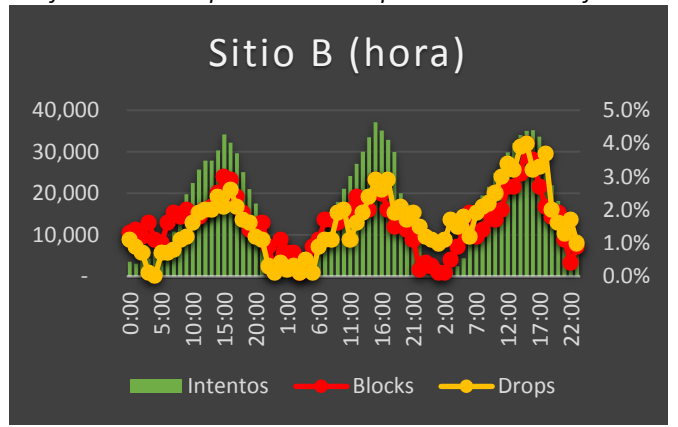
Gráfica 5.1 Desempeño del sitio A por hora del 20 al 22/02



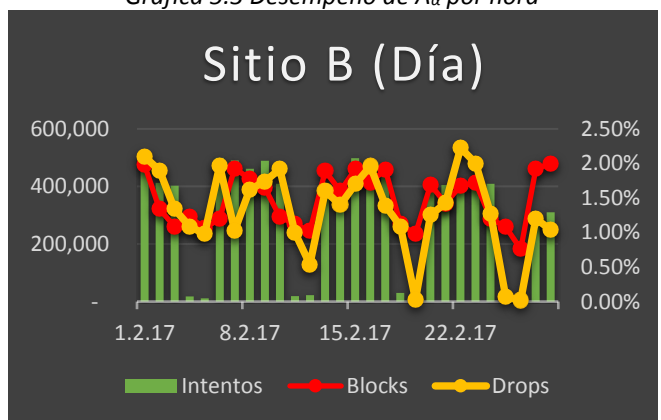
Gráfica 5.2 Desempeño del sitio A por día del mes de febrero



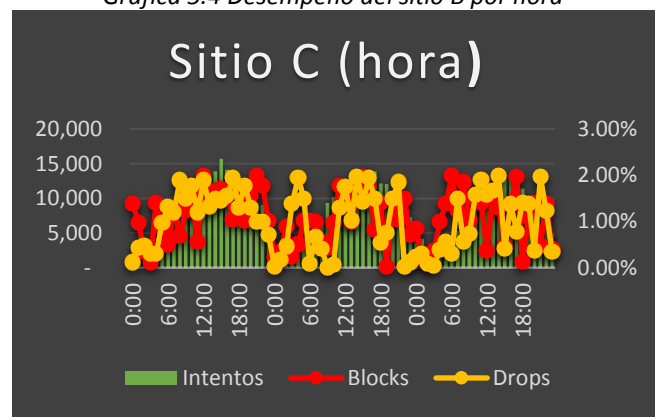
Gráfica 5.3 Desempeño de A<sub>α</sub> por hora



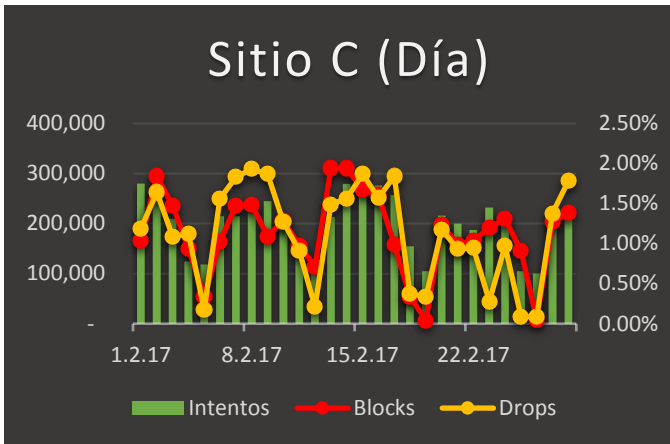
Gráfica 5.4 Desempeño del sitio B por hora



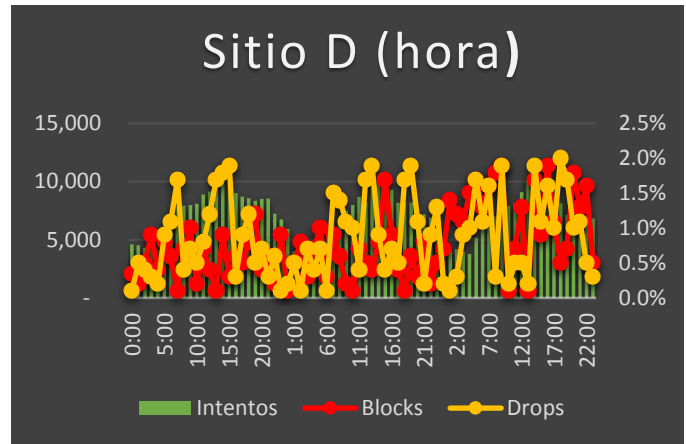
Gráfica 5.5 Desempeño del sitio B por día del mes de febrero



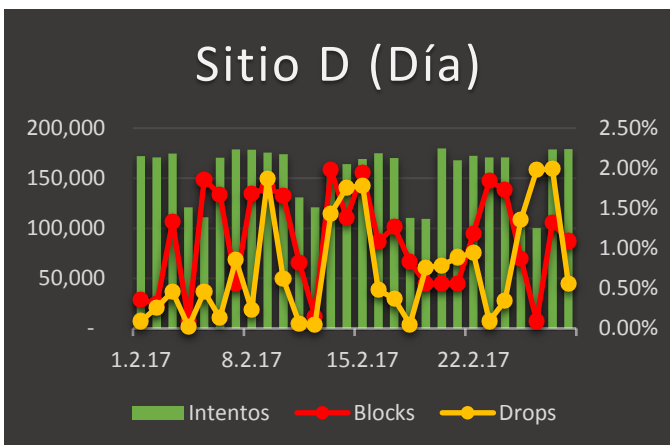
Gráfica 5.6 Desempeño del sitio C por hora del 20 al 22/02



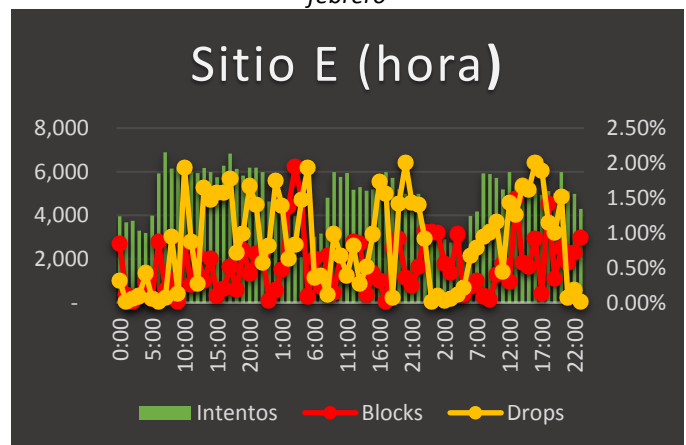
Gráfica 5.7 Desempeño del sitio C por día del mes de febrero



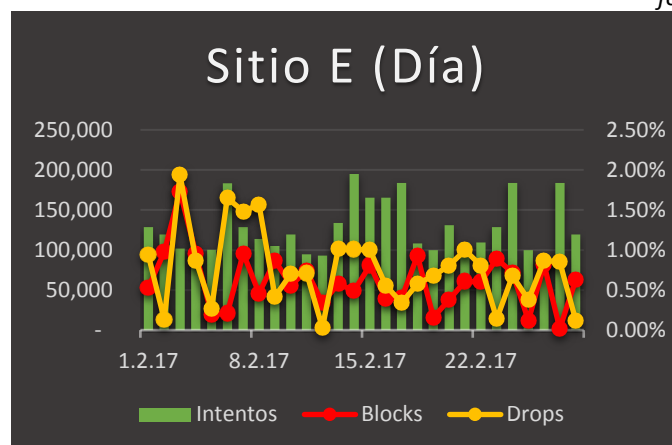
Gráfica 5.8 Desempeño del sitio D por hora del 20 al 22 de febrero



Gráfica 5.9 Desempeño del sitio D por día del mes de febrero



Gráfica 5.10 Desempeño del sitio E por hora del 20 al 22 de febrero



Gráfica 5.11 Desempeño del sitio E por día del mes de febrero

### Alarmas

Cell Site Finder indica que los sitios son Samsung, por lo que el administrador que se utilizará será LSM y BSM. De acuerdo a LSM, los 5 sitios más cercanos están libres de alarmas críticas de hardware que representen un problema en el servicio, sin embargo, el sitio A presenta alarmas menores de capacidad (tabla 5.4):

Tabla 5.4 Alarmas en LSM

| Ack | Creation time | Status | Code | Description          | Location                   |
|-----|---------------|--------|------|----------------------|----------------------------|
|     | 2016-12-01    | Minor  | 317  | INSUFFICIENT_RRH1_CH | BTS_XXXX/Rack_x/Shelf_XXXX |
|     | 2016-12-01    | Minor  | 382  | RRH1_CH_FULL         | BTS_XXXX/Rack_x/Shelf_XXXX |
|     | 2016-12-01    | Minor  | 361  | CPU_THRESHOLD        | BTS_XXXX/Rack_x/Shelf_XXXX |

Estas alarmas son de la RRH 1, la cuál es la que corresponde al sector 1. Al revisar el tráfico del sitio A, LSM arroja los siguientes datos relacionados a la cantidad de usuarios activos en cada sector:

| Cell Num | Active UE Count | Term UE Count |
|----------|-----------------|---------------|
| 1        | 13,294          | 0             |
| 2        | 7,245           | 0             |
| 3        | 6,901           | 1             |

Por otro lado, BSM tampoco muestra alarmas críticas de hardware para 3G, sin embargo, muestra advertencias sobre fallas de capacidad que puedan afectar al servicio. Los usuarios activos que el sitio presenta para 3G se muestran a continuación:

| FA | Sector | Voice |     | Packet |      | Total |      |
|----|--------|-------|-----|--------|------|-------|------|
|    |        | 2G    | 3G  | 2G     | 3G   | 2G    | 3G   |
| 1  | 1      | 4     | 390 | 10     | 3145 | 14    | 3535 |
|    | 2      | 0     | 109 | 0      | 1562 | 0     | 1671 |
|    | 3      | 1     | 57  | 0      | 908  | 1     | 965  |
| 2  | 1      | 7     | 241 | 17     | 920  | 24    | 1161 |
|    | 2      | 0     | 99  | 0      | 861  | 0     | 960  |
|    | 3      | 5     | 92  | 0      | 514  | 5     | 606  |
| 3  | 1      | 5     | 282 | 9      | 2224 | 14    | 2506 |
|    | 2      | 1     | 100 | 0      | 1256 | 1     | 1356 |
|    | 3      | 1     | 34  | 0      | 981  | 1     | 1015 |

BSM también muestra que no tiene problemas en la *neighbor list* ya que todos los sitios y sectores vecinos están registrados correctamente para ambas tecnologías (tabla 5.5):

Tabla 5.5 Neighbor List del sitio A del caso 1

| No | Site | Sector | BTS | PN  | Config | Frequencies           | Band       | Set |
|----|------|--------|-----|-----|--------|-----------------------|------------|-----|
| 0  | A    | 2      | XX1 | 375 | 1      | 800, 1900, 2000, 2500 | 26, 25, 41 | 1   |
| 1  | A    | 3      | XX1 | 821 | 1      | 800, 1900, 2000, 2500 | 26, 25, 41 | 1   |
| 2  | B    | 3      | XX2 | 402 | 0      | 800, 1900, 2000, 2500 | 26, 25, 41 | 1   |
| 3  | C    | 2      | XX3 | 528 | 1      | 800, 1900, 2000, 2500 | 26, 25, 41 | 1   |
| 4  | E    | 1      | XX5 | 230 | 0      | 800, 1900, 2000, 2500 | 26, 25, 41 | 1   |
| 5  | D    | 2      | XX4 | 343 | 1      | 800, 1900, 2000, 2500 | 26, 25, 41 | 1   |

### *Backhaul*

De acuerdo a Spirent, el backhaul no presenta errores o pérdidas; los 150 frames enviados fueron los mismos 150 frames recibidos. No obstante, el jitter se presenta 0.3 puntos arriba del límite establecido. Preguntando con el equipo encargado del backhaul dentro del GNOC (llamada ASA), se tiene la información acerca de una lista de 59 sitios en el market que tienen este problema y para resolverlo se necesitaría modificar la topología de cada uno, y al no ser un problema prioritario que afecte el servicio a gran escala, no es necesario hacer los cambios, por lo que se considera un problema conocido.

### *Análisis de resultados de la investigación*

De la información arrojada por las herramientas se observan los siguientes puntos:

- El mapa muestra que los sectores  $B_\gamma$  y  $C_\beta$  son los sectores que dan cobertura a las áreas vecinas de la oficina del usuario final, por lo que se considerarán a los sectores  $B_\gamma$  y  $C_\beta$  como los vecinos de cobertura de la ubicación reportada. El mapa también muestra que la zona en la que se ubica la oficina del usuario está en una ciudad concurrida, por lo que es una zona con densa población y con demasiados edificios. Indagando más sobre la zona, se observa que los edificios parecen ser de hospitales y que durante el día es una zona con mucha actividad y después de horas laborales la actividad disminuye.
- Hay un reporte abierto para el sitio D por las RRH 1 y 3 fuera de servicio debido a una tormenta. Al no ser sectores vecinos de  $A_\alpha$ , no se considera un problema que pudiera afectar directamente al servicio del usuario y del área, además, al parecer el usuario no utiliza los sectores de estos sitios constantemente. Por otro lado, este reporte se creó dos días antes de que llegara el reporte de usuario, y según el usuario el problema empeora hace 4 meses, por lo que no hay relación directa entre la falla de estas RRH y el problema del usuario.
- El sitio A muestra la mayoría de las llamadas fallidas. Los intentos de conexión LTE fallidos son del sector  $A_\alpha$ ; también se presentan muchas llamadas caídas o conexiones interrumpidas de los sectores  $B_\gamma$  y  $C_\beta$  durante el día y el intervalo de tiempo que el usuario indica en el reporte. Al parecer el usuario busca conectarse a los sectores vecinos cuando la conexión a  $A_\alpha$  falla.
- Las gráficas de desempeño del sitio A muestran números grandes de intentos de conexión y altas tasas de llamadas fallidas y caídas por hora y mes; el sector  $A_\alpha$ , parece ser el sector que más tráfico maneja de todo el sitio, también destaca que da cobertura a la mayoría del área con muchos edificios, lo cual puede explicar los altos niveles de intentos que recibe por hora y por día de lunes a viernes. Los sitios B y C también muestran altas tasas de bloqueo y caídas, aunque no tan severas como en el sitio A, tampoco presentan altos intentos de conexión como A.
- Las alarmas que el sitio presenta son alarmas de capacidad, aunque son alarmas menores, pueden representar un problema en el servicio ya que indican que la RRH 1 no es capaz de procesar todo el tráfico que ese sector maneja y que el sector 1 maneja números altos de usuarios activos en 2G, 3G y 4G. Por otro lado, las listas de vecinos se encuentran actualizadas y los vecinos están registrados con la información correcta (PN, frecuencias y bandas) lo que descarta que haya problemas de vecindad.
- El problema de jitter que el backhaul presenta a través de Spirent es más un problema de QoS (Calidad de Servicio) y calidad de audio por lo que no tiene impacto en el problema que el usuario reporta. Además de no ser prioridad el cambio de topología para el proveedor.

De estos puntos se concluye que el usuario se está viendo afectado por problemas de capacidad del sitio A. Al ser un área concurrida por trabajadores del hospital y pacientes, el sector  $A_\alpha$  está procesando niveles de tráfico demasiado altos, incluso más altos que los de los sectores  $A_\beta$  y  $A_\gamma$ , para los que no está configurado. Se supone entonces que después de la planeación y configuración del sitio, el área creció como zona de hospitales.

### Acciones Correctivas

Una vez que se ha identificado un problema de capacidad, el proceso indica que se debe solicitar la ayuda del área de Radio Frecuencia (LRF) para realizar los cambios necesarios en los parámetros del sitio e incrementar la capacidad de procesamiento de los sitios del área. Ningún equipo dentro del GNOC tiene los permisos suficientes para realizar cambios de parámetros o cobertura de la red del proveedor de servicio por lo que se solicita a LRF realizar estos cambios según el GNOC detecte que son necesarios.

CPM era, generalmente, el equipo del GNOC que solicita a LRF estos cambios dependiendo de la investigación y los resultados que obtiene, además de tomar en cuenta la gravedad del reporte del usuario final. En este caso, al ser un área de denso tráfico con 3 sectores afectados por altas tasas de intentos y llamadas bloqueadas, además de alarmas por problemas de capacidad en el sector que da cobertura al área, es necesario pedir a LRF aumentar la capacidad de procesamiento de tráfico del sitio y sector.

Antes de enganchar a LRF, se requiere:

- “Limpiar” la red
- Obtener valores de potencia, PCI, PN y tasas de transmisión del área reportada

El término “limpiar la red” se refiere a clarear todas las alarmas del sitio y los sectores vecinos y asegurarse de que el sitio no presente problemas de desempeño que se puedan arreglar con un *reset*. Aunque ya se ha detectado que es un problema de capacidad, el proceso dicta que se debe realizar un *hard reset* por problemas de alarmas y mal desempeño del sitio, por lo que se realizará un *reset* antes de enganchar al técnico de campo.

Para realizar el *hard reset*, primero se debe crear un reporte de sitio que servirá para registrar que está teniendo problemas y se está trabajando en ellos. El reporte de sitio debe tener la siguiente información:

- Tecnología: 4G LTE
- MME
- Nodo LTE: A
- Problema del sitio: Capacidad

Los reportes de sitio que CPM genera también deben incluir la información del usuario final por si es necesario contactarlo. Por otro lado, LRF necesita los valores de potencia del área, además de los valores PCI que el área registra para descartar problemas de confusión de PCI o alta/baja potencia y para obtener estos valores se solicita a un técnico de campo realizar un *Drive test* en el área.

El *Hard Reset* se realiza desde el BSM por medio del comando:

```
cmdx      1      INIT-SYS:SUBSYSTEM=BTS,BTS_TYPE=IP,BTS=xx1~xx1,SHELF=ALL,RSET_INTERVAL_
BETWEEN_SS=0
```

Un *hard reset* funciona cuando las alarmas del sitio se limpian, o bien, si después de monitorearlo 3 horas el desempeño del sitio ha mejorado. En este caso, podemos observar que las alarmas de capacidad se han limpiado, sin embargo, este tipo de alarmas vuelven una vez que el sitio se ve obligado a procesar grandes cantidades de tráfico, por lo que a pesar de que aún no aparecen estas alarmas, se mandará al técnico de campo para obtener los valores de potencia y PCI en el área.

*Bond*

Una vez que el reporte se envía a la plataforma que los técnicos de campo manejan, se debe contactar vía telefónica al técnico disponible en el área y hacerle saber que hay un nuevo reporte en su bandeja de trabajo y debe trabajarlo lo más pronto posible, también se le informa sobre las actividades que debe realizar, las mediciones que debe obtener del *Drive Test* y el problema que el cliente está experimentando en el área. Toda esta información, además de la evidencia del *hard reset* que se realizó, la información acerca de las alarmas y el mal desempeño del sitio se debe incluir detalladamente en las notas del reporte para que el técnico y LRFE puedan seguir con la línea de trabajo.

El técnico entonces se dirige a la ubicación reportada por el usuario final y realiza las pruebas que se le solicitan en el reporte, las registra junto con sus observaciones y los valores obtenidos. Posteriormente, se dirige a las instalaciones del sitio A para revisar que todo el equipo se encuentre en buenas condiciones y que no haya problemas de hardware que puedan afectar el servicio; después de revisar el sitio, el técnico regresa el reporte a CPM con la siguiente información:

“Fui a la ubicación reportada y obtuve los siguientes valores en las afueras del edificio (tabla 5.6):

*Tabla 5.6 Valores obtenidos por el técnico del caso 1*

| Prueba 1 |          | Prueba 2 |          | Prueba 3 |          | Prueba 4 |          |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| RSRP     | -103 dBm | RSRP     | -99 dBm  | RSRP     | -95 dBm  | RSRP     | -117 dBm |
| RSRQ     | -11 dB   | RSRQ     | -8 dB    | RSRQ     | -9 dB    | RSRQ     | -13 dB   |
| SINR     | 5        | SINR     | 9        | SINR     | 10       | SINR     | 3        |
| PCI      | 528      | PCI      | 284      | PCI      | 284      | PCI      | 402      |
| DL Speed | 5.5 Mbps | DL Speed | 4 Mbps   | DL Speed | 4.2 Mbps | DL Speed | 3.8 Mbps |
| UL Speed | 1.8 Mbps | UL Speed | 2.6 Mbps | UL Speed | 2.4 Mbps | UL Speed | 1.5 Mbps |

Intenté entrar al edificio y obtener las mediciones en el piso del usuario, sin embargo, la seguridad del lugar no me dejó entrar sin un permiso previo. Traté de contactar al usuario y después de muchos intentos en los que detecté que la red estaba ocupada, logré comunicarme con él. Me indicó que se encontraba en el piso 6 del edificio y que era casi un milagro que hubiera logrado comunicarme con él ya que es raro que pueda recibir llamadas ahí. Le comenté que CPM había detectado un problema de capacidad y que habían llevado a cabo algunas acciones para liberar el tráfico del sector, pero aun así no es suficiente. En el sitio no hay problemas de hardware ni conexiones. En cuanto a la ubicación, se encuentra en la zona más ocupada de la ciudad y con muchos hospitales y negocios, otra razón que puede afectar el servicio es que el sitio A está a una altura menor que la de varios edificios y se encuentra rodeados de estos. Si un cambio en los parámetros de capacidad no funciona, una solución para interiores sería la mejor opción para brindar un mejor servicio a este usuario en el edificio.”

*1er Regreso*

CPM revisa los resultados y comentarios del Técnico de campo y al analizar las pruebas (tabla 5.7) se aprecia que en 2 pruebas se obtuvieron *PCIs* que no corresponden al sector  $A_{\alpha}$ , sino a los sectores  $B_{\gamma}$  y  $C_{\beta}$ , los cuales presentan muy bajas potencias ya que no deberían dar cobertura a esta área, sin embargo, al no poder establecer comunicación con el sitio con mayores niveles de potencia (Sitio A), el dispositivo intenta establecer comunicación con las señales que siguen en potencia, las cuales son  $B_{\gamma}$  y  $C_{\beta}$ . De acuerdo a BSM, los niveles de potencia del Sitio A, están dentro de las especificaciones del proveedor.

*Tabla 5.7 Pruebas por sector del caso 1*

| Pruebas de potencia Sitio A |          |
|-----------------------------|----------|
| Sector $A_{\alpha}$ 1       | - 96 dBm |
| Sector $A_{\alpha}$ 2       | -95 dBm  |
| Sector $A_{\beta}$ 1        | -96 dBm  |
| Sector $A_{\beta}$ 2        | -96 dBm  |
| Sector $A_{\gamma}$ 1       | -94 dBm  |
| Sector $A_{\gamma}$ 2       | -96 dBm  |

Comparando estos valores con las pruebas del técnico de campo, se concluye que no hay problemas de potencia con el sitio A, solamente con la capacidad del sector  $A_{\alpha}$ . Además, las alarmas de capacidad volvieron 2 horas después de realizar el *hard reset*. Las estadísticas de desempeño del sitio después del *hard reset* se muestran en la tabla 5.8:

*Tabla 5.8 Pruebas por sector del caso 1*

| Fecha/Hora | Intentos | Blocks (%) | Drops (%) |
|------------|----------|------------|-----------|
| 11:00      | 44,323   | 6.81%      | 2.20%     |
| 12:00      | 47,170   | 7.00%      | 2.01%     |
| 13:00      | 49,146   | 9.27%      | 2.91%     |

El porcentaje de intentos bloqueados e interrumpidos disminuyó, sin embargo, aún es alto y el sitio sigue manejando altos niveles de tráfico. CPM también confirma, a través de las herramientas de bases de datos, que no hay repetidores en este edificio, por lo que el siguiente paso es enviar este reporte con toda la información del FT y análisis a LRFE.

*LRFE*

LRFE realiza un breve análisis de los últimos 6 meses de cuanto tráfico maneja el sitio y de cuanta población se encuentra dentro del área a determinadas horas del día. También revisa el diseño inicial del sitio para cuanto tráfico está configurado y compararlo con un promedio de las horas pico de los últimos 6 meses y si es necesario modificará parámetros de los sectores de los sitios vecinos.

En este caso, LRFE encuentra que inicialmente el sitio A estaba configurado para 600,000 usuarios en hora pico, y el promedio de intentos en horas pico de los últimos 6 meses es de 735,008, lo que quiere decir que el sitio maneja casi el 123% de tráfico en horas pico para el que está configurado. Incrementar la capacidad de un sitio 23% no es posible sin primero añadir equipo extra para soportar tales cantidades de tráfico; a primera vista, se requeriría añadir un sitio hermano al sitio A con radios, CPUs, antenas, y todo

el demás equipo necesario para soportar un incremento de casi el 25%, o bien añadir otro sitio en el área, lo cual implica cambiar todo el diseño de esta área, hacer reajustes en los sitios vecinos, solicitar el equipo necesario para el sitio, realizar un estudio de ubicación del nuevo sitio y pedir los permisos necesarios para instalarlo. Estas 2 soluciones no son prácticas en este momento. De herramientas exclusivas del análisis de LRFE se percatan de que la mayor utilización del sitio es en el sector A<sub>α</sub> y en un radio menor a 0.5 millas partiendo de la ubicación del sitio A; por esto, LRFE decide incrementar la capacidad del sitio un 7% solamente (42,000 usuarios más en horas pico) y añadir una femto celda en el edificio que se sirva del sitio C o D para liberar el tráfico en el sector A<sub>α</sub>. LRFE procede entonces a hacer los cambios necesarios sobre el sitio A y solicita a CPM que se limpien otra vez las alarmas. Posteriormente creará una solicitud al área de diseño y otra al área de ventas para dar seguimiento a la instalación de la femto celda. Estos procesos ya no quedan dentro del enfoque de CPM ni LRFE, por lo que una vez realizado el incremento en los parámetros, LRFE regresa el reporte a CPM.

*2do Regreso – Monitoreo - Cierre*

Cuando el reporte de sitio regresa a CPM, se realiza un *soft reset* para limpiar las alarmas de capacidad del sitio, después se monitorea durante las próximas 24 horas para analizar su comportamiento después del incremento de capacidad. Al mismo tiempo, el reporte de usuario se regresa a *Customer Care* con la siguiente información:

“El sitio más utilizado por el usuario final es el sitio A, tras un análisis del desempeño y alarmas en el sitio, se concluye que hay un problema de capacidad en el área y el sector del que el usuario se sirve maneja cantidades de tráfico mayores a los otros 2 sectores del sitio y a las que está configurado. LRFE realizó cambios en la capacidad del sitio, sin embargo, esta acción no será suficiente debido a las altas cantidades de usuarios finales en el área en horas pico. Se sugiere que el siguiente paso sea instalar una solución interior para liberar el tráfico del sitio A, por lo que una solicitud de femto celda se ha hecho a ventas y diseño. Por favor, informe al usuario sobre el cambio y la sugerencia; además pida que monitoree el servicio durante la siguiente semana, y espere por el contacto del área de ventas para solucionar el problema.”

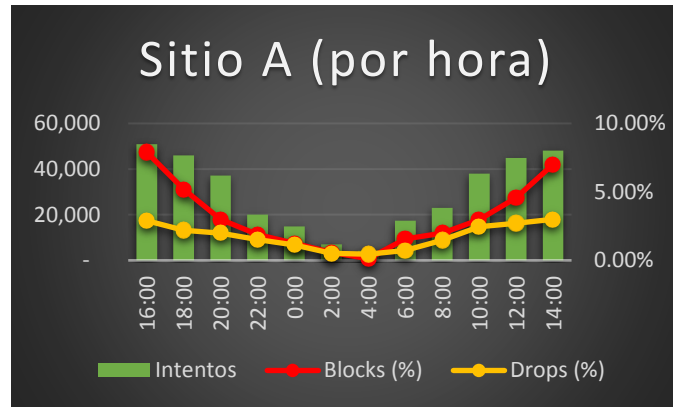
El reporte de usuario se *clarea* (regresa a *Customer Care*) como REPAIRED – CAPACITY y el reporte de sitio se mantiene en espera durante 24 horas que es el tiempo de monitoreo sugerido por LRFE.

24 horas después del *soft reset* para limpiar las alarmas de capacidad, PRTS y BSM muestran la información de la tabla 5.9, 5.10 y figura 5.12:

*Tabla 5.9 Estadísticas de desempeño para el sitio A después del soft reset*

| Fecha    | Hora  | Intentos | Blocks (%) | Drops (%) |
|----------|-------|----------|------------|-----------|
| 23/02/17 | 6:00  | 17,392   | 1.56%      | 0.72%     |
| 23/02/17 | 8:00  | 23,001   | 1.99%      | 1.47%     |
| 23/02/17 | 10:00 | 37,982   | 2.98%      | 2.45%     |
| 23/02/17 | 12:00 | 44,901   | 4.57%      | 2.71%     |
| 23/02/17 | 14:00 | 48,103   | 7.00%      | 3.00%     |





Gráfica 5.12 Desempeño del sitio A durante el monitoreo de 24 hrs

BSM:

Tabla 5.10 Alarmas en BSM

| Ack | Creation time | Status | Code | Description          | Location                   |
|-----|---------------|--------|------|----------------------|----------------------------|
|     | 2017-23-02    | Minor  | 317  | INSUFFICIENT_RRH1_CH | BTS_xxxx/Rack_x/Shelf_xxxx |

PRTS muestra que, aunque los intentos de conexión y llamadas siguen siendo altos, las tasas de bloqueo y caídas/interrupciones disminuyeron un poco, aunque aún sobrepasan el límite aceptado del 2%. BSM muestra que las alarmas de CPU y Canal ocupado se han limpiado, sin embargo, la alarma de capacidad de la RRH aún sigue activa. Ambos resultados eran de esperarse y se habían previsto dado que el incremento en la capacidad no fue el suficiente, y no se limpiarán estos problemas hasta que la femto celda sea instalada. Esta conclusión se incluye en el reporte de sitio más la evidencia de PRTS y BSM y el reporte se cierra como REPAIRED – LRFE OPTIMIZED.

### V.II.II Caso 2

*“Customer Care recibió una llamada del aeropuerto Meridian Regional Airport en Missisipi, que es un cliente con varias líneas utilizadas en los lectores de boletos y terminales. Los trabajadores dicen no poder utilizar las terminales en el “área 1” y en los túneles de esta área. Son más de 50 dispositivos y los trabajadores han comentado que tampoco tienen servicio en sus dispositivos personales en estas áreas. En cualquier otra parte los dispositivos sirven bien, aunque varios usuarios del aeropuerto han reportado que tienen bajas velocidades de internet en sus teléfonos cuando se encuentran en la sala de espera.”*

#### Identificación del problema

Del caso 2 se sabe que:

- 50 dispositivos M2M experimentan problemas de conexión solamente en determinadas zonas del aeropuerto. Los dispositivos M2M utilizan EVDO para establecer comunicación con la radio base.
- Además de los dispositivos M2M, los teléfonos de los trabajadores del aeropuerto tampoco tienen servicio en estas zonas.

- Usuarios del aeropuerto tienen bajas tasas de transmisión en las salas de espera.

La queja principal del usuario es la de los problemas de conexión de los dispositivos M2M, por lo que se le dará prioridad a la tecnología EVDO en esta investigación. Las herramientas a utilizar entonces son:

- Cell Site Finder, para identificar a los sitios más cercanos al aeropuerto y para obtener las estadísticas de desempeño de los sitios en EVDO.
- Glance y PRTS para ubicar al aeropuerto y el sitio que da servicio en la zona.
- Cell Site Maintenance Schedule, Ticket Search,
- PRTS para los registros de conexiones y gráficas de desempeño de los sitios
- Secure CRT para revisar las alarmas de los sitios más cercanos
- Spirent para backhaul

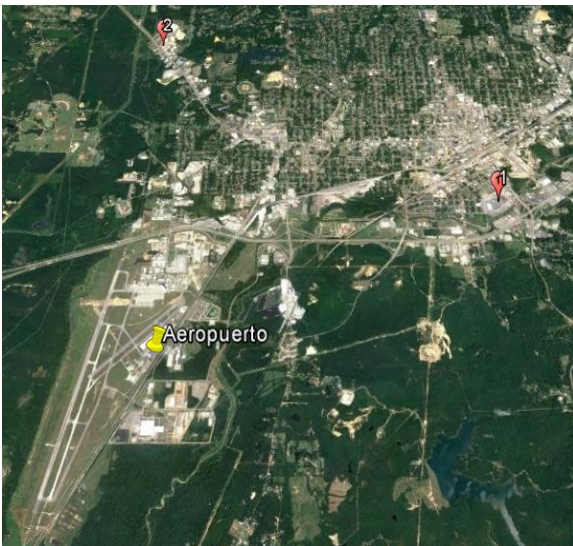
*Mapeo*

De acuerdo a Cel Site Finder, hay solamente 2 sitios dentro de un radio de 5 millas (tabla 5.11):

*Tabla 5.11 Sitios más cercanos*

| Sitio         | Distancia (millas) | Ubicación |
|---------------|--------------------|-----------|
| 1             | 3.26               | NW        |
| 2 (Repetidor) | 3.49               | SE        |

Glance y PRTS muestran la ubicación de los 2 sitios en el radio de 5 millas y la cobertura de los sectores de ambos sitios. Como el sitio 2 sólo es un repetidor de un sitio a 6.2 millas, sólo tiene 2 sectores como se muestra en las figuras 5.5 y 5.6:



*Figura 5.5 Mapa del caso 2*



*Figura 5.6 Cobertura de los sitios 1 y 2*

*Coverage tool* muestra que el aeropuerto se encuentra en una zona de cobertura de datos 3G y con buena cobertura para Voz, pero a unas cuantas millas de pobre cobertura de acuerdo a las figuras 5.7 y 5.8:

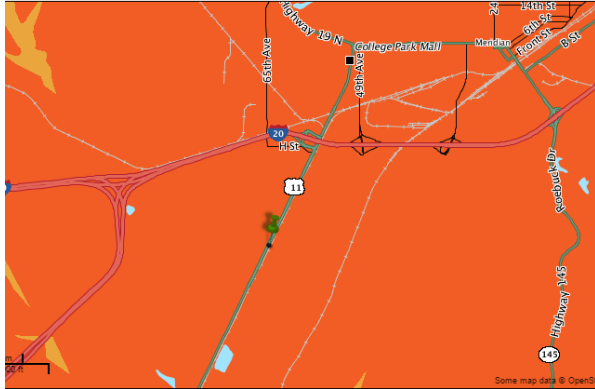


Figura 5.7 Cobertura del Aeropuerto para EVDO

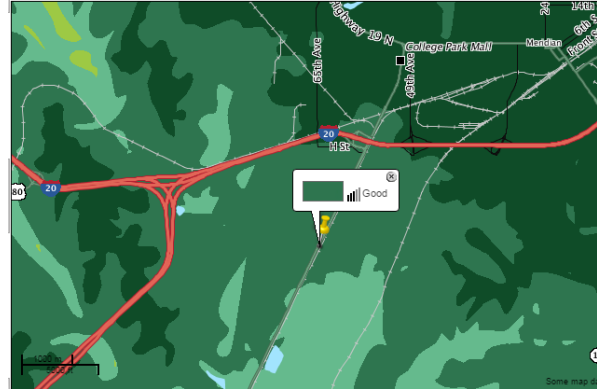


Figura 5.8 Cobertura del Aeropuerto para Voz

La cobertura de voz muestra a grandes rasgos los niveles de potencia que radia el sitio tanto para Voz como para Datos. Por ejemplo, parte del aeropuerto se encuentra en una zona de pobre cobertura, lo cual puede ocasionar problemas de conexión de los dispositivos M2M.

#### Problemas Conocidos

- Ticket Search: No hay reportes de los 2 sitios más cercanos al aeropuerto. El último reporte del Sitio 1 fue de hace aproximadamente un año y fue para registrar los trabajos de mantenimiento en el sitio. El último reporte del Sitio 2 fue de hace 7 meses, cuando su sitio padre se encontraba fuera de servicio. Ninguno de estos eventos parece tener relación con el problema del cliente.
- CSMS: No hay ventanas de mantenimiento recientes que pudieran haber afectado el servicio en el área. La última ventana de mantenimiento para ambos sitios fue hace 1 año sin impacto en servicio. Ambas ventanas fueron para Mantenimiento de 3G y 4G.
- DRMS o Eventos sociales: No se tiene registro de desastres naturales en el área, ni eventos sociales concurridos que pudieran causar fallas en el servicio.

#### Registros de conexiones

Como en este caso, los dispositivos M2M solo son capaces de conectarse vía EVDO, se revisan los intentos de conexiones de las tarjetas SIM añadidas a los dispositivos (tabla 5.12). PRTS muestra entonces parte de las conexiones de uno de los 50 dispositivos del aeropuerto:

Tabla 5.12 Registros de conexiones en PRTS del caso 2

| Fecha    | Hora  | CFC    | CFC descripción  | Sitio | Sector | PN | Llamada | Frecuencia |
|----------|-------|--------|------------------|-------|--------|----|---------|------------|
| 01/03/17 | 12:09 | Normal | NORMAL RELEASE   | 1     | 3      | 13 | EVDO    | 1900       |
| 01/03/17 | 12:12 | Block  | NON_BTS_BLOCKING | 1     | 3      | 13 | EVDO    | 1900       |
| 01/03/17 | 12:14 | Block  | AT_ACQ_FAIL      | 1     | 3      | 13 | EVDO    | 1900       |
| 01/03/17 | 12:15 | Block  | NON_BTS_BLOCKING | 2     | 1      | 45 | EVDO    | 1900       |
| 01/03/17 | 12:16 | Block  | AT_ACQ_FAIL      | 2     | 1      | 45 | EVDO    | 1900       |
| 01/03/17 | 12:30 | Normal | NORMAL RELEASE   | 1     | 3      | 13 | EVDO    | 1900       |
| 01/03/17 | 13:03 | Block  | NON_BTS_BLOCKING | 1     | 3      | 13 | EVDO    | 1900       |
| 01/03/17 | 13:05 | Block  | AT_ACQ_FAIL      | 2     | 1      | 45 | EVDO    | 1900       |
| 01/03/17 | 13:15 | Block  | AT_ACQ_FAIL      | 1     | 3      | 13 | EVDO    | 1900       |

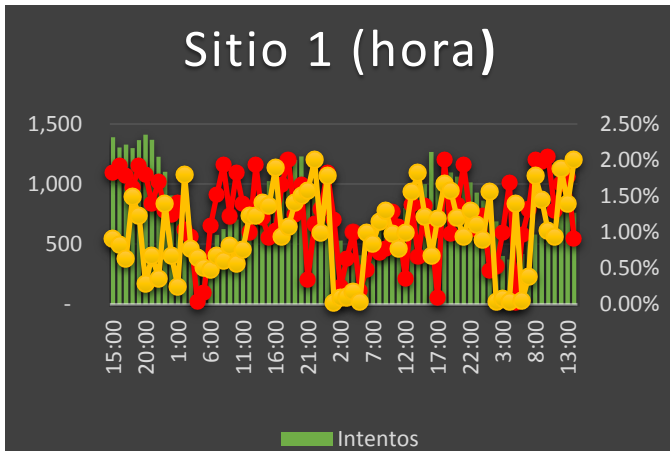
|          |       |        |                  |   |   |    |      |      |
|----------|-------|--------|------------------|---|---|----|------|------|
| 01/03/17 | 14:00 | Normal | NORMAL RELEASE   | 1 | 3 | 13 | EVDO | 1900 |
| 01/03/17 | 15:45 | Block  | AT_ACQ_FAIL      | 1 | 3 | 13 | EVDO | 1900 |
| 01/03/17 | 15:46 | Normal | NORMAL RELEASE   | 1 | 3 | 13 | EVDO | 1900 |
| 01/03/17 | 16:58 | Normal | NORMAL RELEASE   | 1 | 3 | 13 | EVDO | 1900 |
| 01/03/17 | 20:04 | Block  | NON_BTS_BLOCKING | 2 | 1 | 45 | EVDO | 1900 |
| 01/03/17 | 20:05 | Block  | AT_ACQ_FAIL      | 2 | 1 | 45 | EVDO | 1900 |
| 01/03/17 | 20:06 | Normal | NORMAL RELEASE   | 2 | 1 | 45 | EVDO | 1900 |
| 01/03/17 | 22:31 | Normal | NORMAL RELEASE   | 2 | 1 | 45 | EVDO | 1900 |
| 01/03/17 | 23:05 | Normal | NORMAL RELEASE   | 1 | 3 | 13 | EVDO | 1900 |
| 01/04/17 | 00:36 | Block  | NON_BTS_BLOCKING | 1 | 3 | 13 | EVDO | 1900 |
| 01/04/17 | 00:37 | Block  | AT_ACQ_FAIL      | 1 | 3 | 13 | EVDO | 1900 |
| 01/04/17 | 00:45 | Normal | NORMAL RELEASE   | 1 | 3 | 13 | EVDO | 1900 |
| 01/04/17 | 06:05 | Normal | NORMAL RELEASE   | 1 | 3 | 13 | EVDO | 1900 |
| 01/04/17 | 06:10 | Block  | NON_BTS_BLOCKING | 2 | 1 | 45 | EVDO | 1900 |
| 01/04/17 | 06:11 | Block  | AT_ACQ_FAIL      | 2 | 1 | 45 | EVDO | 1900 |
| 01/04/17 | 06:12 | Normal | NORMAL RELEASE   | 2 | 1 | 45 | EVDO | 1900 |
| 01/04/17 | 07:26 | Block  | NON_BTS_BLOCKING | 1 | 3 | 13 | EVDO | 1900 |
| 01/04/17 | 07:30 | Block  | AT_ACQ_FAIL      | 1 | 3 | 13 | EVDO | 1900 |
| 01/04/17 | 07:31 | Block  | AT_ACQ_FAIL      | 1 | 3 | 13 | EVDO | 1900 |
| 01/04/17 | 07:33 | Normal | NORMAL RELEASE   | 1 | 3 | 13 | EVDO | 1900 |
| 01/04/17 | 07:37 | Block  | AT_ACQ_FAIL      | 1 | 3 | 13 | EVDO | 1900 |
| 01/04/17 | 07:38 | Normal | NORMAL RELEASE   | 1 | 3 | 13 | EVDO | 1900 |
| 01/04/17 | 07:45 | Normal | NORMAL RELEASE   | 1 | 3 | 13 | EVDO | 1900 |
| 01/04/17 | 08:02 | Block  | NON_BTS_BLOCKING | 2 | 1 | 45 | EVDO | 1900 |
| 01/04/17 | 08:03 | Block  | AT_ACQ_FAIL      | 2 | 1 | 45 | EVDO | 1900 |
| 01/04/17 | 08:07 | Normal | NORMAL RELEASE   | 1 | 3 | 13 | EVDO | 1900 |
| 01/04/17 | 13:29 | Normal | NORMAL RELEASE   | 1 | 3 | 13 | EVDO | 1900 |
| 01/04/17 | 13:37 | Normal | NORMAL RELEASE   | 1 | 3 | 13 | EVDO | 1900 |
| 01/04/17 | 13:55 | Normal | NORMAL RELEASE   | 1 | 3 | 13 | EVDO | 1900 |
| 01/04/17 | 14:05 | Normal | NORMAL RELEASE   | 1 | 3 | 13 | EVDO | 1900 |
| 01/04/17 | 14:45 | Normal | NORMAL RELEASE   | 1 | 3 | 13 | EVDO | 1900 |
| 01/04/17 | 15:13 | Block  | NON_BTS_BLOCKING | 1 | 3 | 13 | EVDO | 1900 |
| 01/04/17 | 15:15 | Block  | AT_ACQ_FAIL      | 1 | 3 | 13 | EVDO | 1900 |
| 01/04/17 | 15:32 | Normal | NORMAL RELEASE   | 1 | 3 | 13 | EVDO | 1900 |
| 01/04/17 | 15:40 | Normal | NORMAL RELEASE   | 1 | 3 | 13 | EVDO | 1900 |
| 01/04/17 | 15:44 | Normal | NORMAL RELEASE   | 1 | 3 | 13 | EVDO | 1900 |

Los registros de algunos de los demás dispositivos muestran registros muy parecidos al fragmento mostrado arriba. La mitad de los intentos de conexión de estos dispositivos son intentos bloqueados y la otra mitad son intentos exitosos, en ocasiones el dispositivo hace varios intentos de conexión que son bloqueados y lo intenta hasta que logra la conexión; también se observa que el sitio con más intentos es el sitio 1 con 33 intentos de los cuales 13 son intentos bloqueados, el sitio 2 tiene 12 intentos de los cuales 9 son llamadas fallidas.

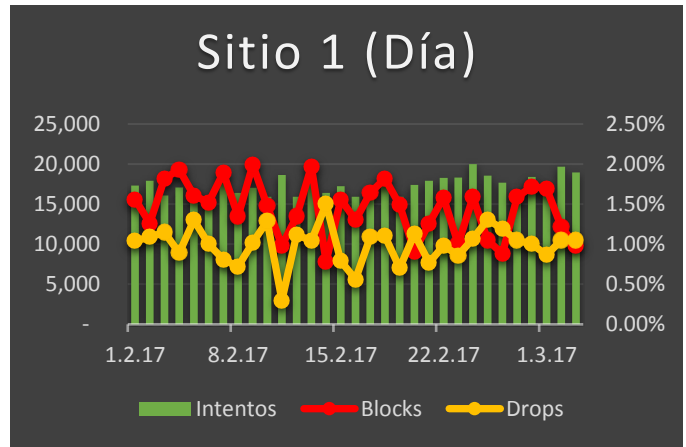
*Estadísticas de desempeño*

Cell Site Finder muestra que no hay problemas de performance en los 2 sitios para EVDO; ambos sitios muestran tasas de bloqueo y conexiones caídas de menos de 2% durante los últimos días y el último mes.

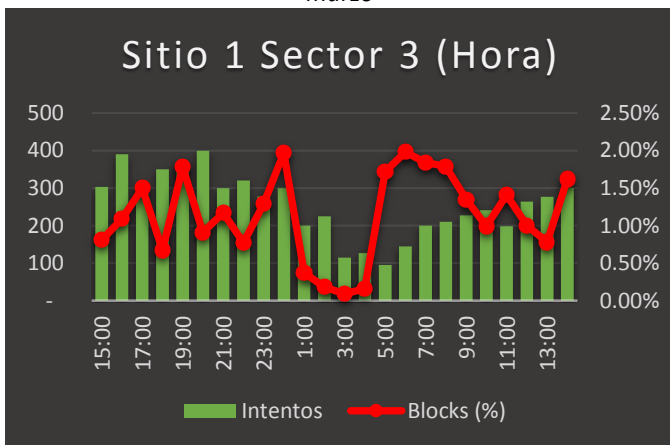
Por su parte, PRTS muestra las siguientes gráficas para los sitios 1 y 2 por hora y día y coinciden con la información arrojada por CSF (gráficas 5.13 a 5.17):



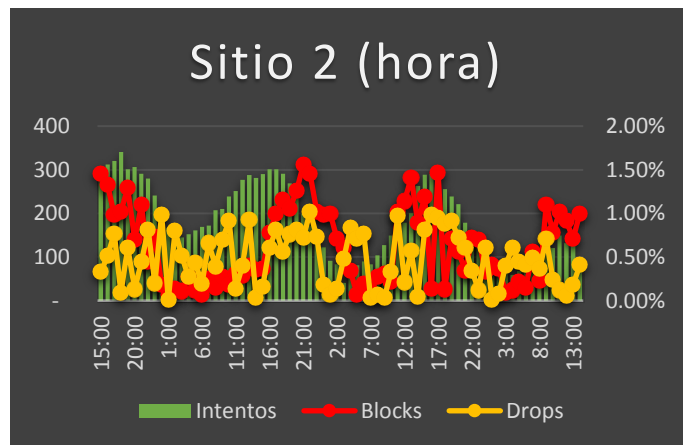
Gráfica 5.13 Desempeño del sitio 1 por hora del 1 al 4 de marzo



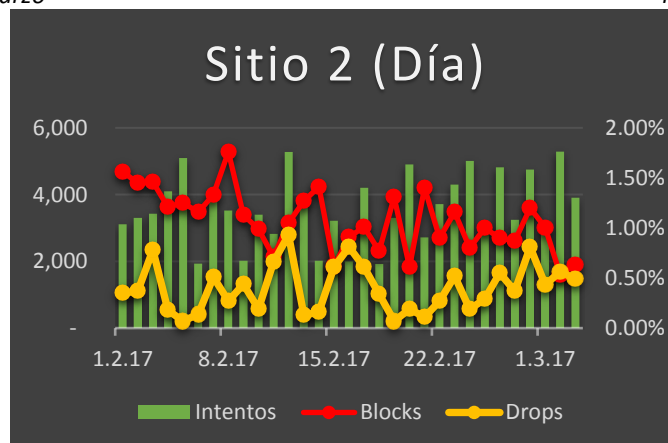
Gráfica 5.14 Desempeño del sitio 1 por día



Gráfica 5.15 Desempeño del sitio 1 sector 3 por hora del 3 al 4 de marzo



Gráfica 5.16 Desempeño del sitio 2 por hora del 1 al 4 de marzo



Gráfica 5.17 Desempeño del sitio 2 por día

Alarmas

Los sitios son Ericsson, por lo que el administrador a utilizar es Secure CRT. Hay que tomar en cuenta que sólo se revisará el sitio hermano (1900 MHz) ya que es el único que maneja EVDO. Al realizar el *seRF* del sitio 1, Secure CRT indica que la FA 3 es la tarjeta que procesa EVDO. No se observan problemas con el sitio, Secure CRT indica que todas las tarjetas de todos los radios se encuentran funcionales y procesando llamadas y conexiones, los niveles de potencia están dentro de los rangos adecuados y no hay alarmas activas ni alarmas en los últimos 6 meses que pudieran haber afectado el servicio.

A continuación, se muestran fragmentos del *seRF* (figura 5.9):

```
missppCEMS1a% serf 53
=====
Status Elements for RF - Version2.1.2 - NBSS18.08 - 03/04/17 15:33:06
=====
!!Vision Site!!
eNodeB ID: MISSPPMNPJHAULTE042
Cascade ID =
MC1900RBS53 --Downloadstate = AppRunning.
MC1900RBS53 --BTSI State = AppRunning.
=====
BTS FA#/S# Sector Call | Adm Opr Type Usage wilt/Blossstate | TX Rx0 Rx1 Delta | FREQ | ALARM
-----
53 FA 1/1 Alpha 5 UNL ENA 1xRTT Active FULLY_BLOSSOMED | 580 124 130 0.4 dB | 450 | 0
53 FA 1/2 Beta 4 UNL ENA 1xRTT Active FULLY_BLOSSOMED | 580 127 142 0.5 dB | 450 | 0
53 FA 1/3 Gamma 2 UNL ENA 1xRTT Active FULLY_BLOSSOMED | 580 120 112 0.2 dB | 450 | 0
53 FA 2/1 Alpha 12 UNL ENA 1xRTT Active FULLY_BLOSSOMED | 581 124 123 0.4 dB | 425 | 0
53 FA 2/2 Beta 10 UNL ENA 1xRTT Active FULLY_BLOSSOMED | 580 114 127 0.1 dB | 425 | 0
53 FA 2/3 Gamma 10 UNL ENA 1xRTT Active FULLY_BLOSSOMED | 581 114 130 1.1 dB | 425 | 0
53 FA 3/1 Alpha 9 UNL ENA EVDO Active FULLY_BLOSSOMED | 580 114 132 1.0 dB | 475 | 0
53 FA 3/2 Beta 6 UNL ENA EVDO Active FULLY_BLOSSOMED | 580 127 142 0.5 dB | 475 | 0
53 FA 3/3 Gamma 3 UNL ENA EVDO Active FULLY_BLOSSOMED | 580 120 112 0.9 dB | 475 | 0
=====
Do you want to status the EVDO? yes/no:y
welcome to the newAEM EVDO Module status for seRF!!!!
DB Query Results.....
+-----+-----+-----+-----+-----+
| CASCADE | Alias Name | AEM IP |
+-----+-----+-----+
| | MISSPPMNPJHAUEVDO53 -DBA | 10.221. |
+-----+-----+-----+
+-----+-----+-----+-----+-----+
| Hostname | Node IP | Dflt Gateway | Subnet Mask | Cell Num |
+-----+-----+-----+-----+-----+
| MISSPPMNPJHAUEVDO5 -DBA | 10.221. | 10.221. | 255.255.255. | 19 |
+-----+-----+-----+-----+-----+
| SW Version | HW Version | AEC IP Address | BSC Name | BTS Name | Act calls |
+-----+-----+-----+-----+-----+
| | | 10.220. | misspp070 | MC1900RBS53 | 42 |
+-----+-----+-----+-----+-----+
| CASCADE | SC Uptime | MP Uptime | ABIS uptime |
+-----+-----+-----+-----+
| | 049days 23h 34m 12s | 049days 23h 34m 12s | 049days 23h 34m 12s |
+-----+-----+-----+-----+
| FA | Sector | Overhead | TX Baseband | TX Path | RX Path | -PN- | --Frequency-- |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | Opr | Adm | Opr | Adm | Opr | Adm | | |
+-----+-----+-----+-----+-----+
| 0 | alpha | Ena | Unl | Ena | Unl | Ena | Unl | 20 | 575 |
| 0 | beta | Ena | Unl | Ena | Unl | Ena | Unl | 36 | 575 |
| 0 | Gamma | Ena | Unl | Ena | Unl | Ena | Unl | 13 | 575 |
+-----+-----+-----+-----+-----+
Connection to closed.
Total DOMination!!!!!!!!!!
Alarm Query?
1. Active Alarms only.
2. Historical Alarms only?.
3. Both.
4. Proceed without.
5. Exit.
Please select one option:3
---Displaying Active Alarms---
No alarms found!
---Historical Alarms---
Do you want to pin the BTS? yes/no:n
=====
*** Thanks for seRFing.....
```

Figura 5.9 Fragmentos del *seRF* en Secure CRT del sitio 1

### *Backhaul*

Spirent no muestra errores o pérdidas para el sitio 1, los 150 frames enviados fueron los 150 frames recibidos. El jitter se encuentra dentro de los valores aceptados y no ha habido problemas de backhaul durante los últimos 6 meses.

### *Análisis de resultados de la investigación*

De la investigación se rescata lo siguiente:

- Sólo hay 2 sitios a 5 millas del aeropuerto que pueden darle cobertura, el segundo es un repetidor de otro, al que llamaremos sitio 3, que se encuentra a más de 6 millas. El sitio 3 no tiene problemas de alarmas ni de desempeño.
- Según PRTS, el sitio 1 está diseñado para dar cobertura principalmente a la ciudad de Meridian y el sitio B para dar cobertura a la carretera 19 que se encuentra entre las ciudades de Meridian y Nellieburg.
- *Coverage tool* muestra que, para Datos, el área se encuentra en cobertura 3G, sin embargo, para voz se encuentra en cobertura “buena” aunque cerca de un área de pobre cobertura. Como se menciona anteriormente, la cobertura de voz es un indicador de las potencias de transmisión del sitio respecto a la distancia.
- De los registros de intentos de conexión se observa que el sitio con más intentos es el sitio 1 con casi el 50% de intentos fallidos. El sitio 2 tiene muy pocos intentos, no obstante, la mayoría son intentos fallidos.
- También se nota que los dispositivos realizan varios intentos de conexión a ambos sitios justo después de un intento bloqueado de uno de los 2 sitios.
- No hubo ventanas de mantenimiento, o eventos naturales que pudieran afectar el servicio en el área, tampoco hubo reportes de sitio durante los últimos 6 meses.
- PRTS y CSF muestran que los sitios (incluyendo el sitio 3) se encuentran procesando y sin problemas de desempeño durante los últimos meses. En las estadísticas por hora del sitio 1, los picos de intentos bloqueados son de 2.05%, los cuales aún se pueden considerar dentro del intervalo aceptado.
- Los sitios no tienen alarmas activas ni errores de backhaul que pudieran afectar el servicio en el sitio.

Esta información no presenta evidencia concluyente de que haya problemas en la red que pudieran estar afectando el servicio en el aeropuerto. El único aspecto que salta a la vista es que, para voz, el área se encuentra cerca de pobre cobertura, lo cual podría estar causando que en ciertas áreas del aeropuerto no haya servicio en los dispositivos tanto del aeropuerto como de los trabajadores y usuarios.

Por otro lado, al ser más de 50 dispositivos que experimentan problemas de varias cuentas, se descarta que pueda ser un problema de dispositivo o configuración, por lo que es conveniente solicitar a un técnico que campo que revise el área y realice pruebas de conexión que ayuden a descartar problemas de red o de cobertura en el aeropuerto.



*Bond*

Se crea entonces un reporte de sitio para el sitio 1, en el que incluye la información del cliente, además de la siguiente información:

- Tecnología: EVDO
- Switch
- Sitio: 1
- Problema del sitio: más de 50 dispositivos afectados, posible problema de cobertura

En este tipo de reportes se debe especificar que no se encontró un problema de red o de sitio, sin embargo, se llevará a cabo una investigación para descartar problemas de cobertura ya que hay más de 50 dispositivos afectados, además de los dispositivos de los trabajadores y algunos usuarios del aeropuerto.

En cuanto el reporte se envía a la plataforma de los técnicos de campo, hay que contactar al técnico disponible en el área y explicarle que hay problemas con varios dispositivos en el aeropuerto de Meridian, por lo que se le solicita realizar unas pruebas de conexión y proveer la información que arroje el debug y *speed test*.

Una vez que el técnico que encuentra en el aeropuerto realiza las pruebas y contacta a CPM informando lo siguiente:

“Me encuentro en el aeropuerto y yo no experimento problemas con EVDO en mi teléfono mientras me encuentro en la sala de espera o en los pasillos del aeropuerto; ya me puse en contacto con el usuario que reportó el problema y ahora estoy esperando permisos de acceso, el usuario hará el recorrido conmigo para explicarme donde ocurren exactamente los problemas y haremos pruebas con sus dispositivos. También me puse en contacto con los dueños del edificio donde se encuentra el sitio A para poder acceder y revisarlo, sin embargo, dudo que hoy pueda ir al sitio ya que el acceso es solamente durante el día. (...)

En los túneles del área 1 y no hay muy buena calidad en la señal en esta área, mi dispositivo es capaz de conectarse (sólo tiene una barra de 3G). Puedo ver que las terminales no pueden conectarse fácilmente, toma muchos intentos por parte de los trabajadores para que lo logren. Los celulares de los trabajadores también tienen una barra de 3G con los que realicé 2 pruebas, las otras 2 pruebas las hice con mi dispositivo (tabla 5.13):

Tabla 5.13 *Pruebas de señal en el Aeropuerto*

| Prueba 1 |          | Prueba 2 |          | Prueba 3 |          | Prueba 4 |          |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| RSSI     | -87 dBm  | RSSI     | -90 dBm  | RSSI     | -87 dBm  | RSSI     | -87 dBm  |
| Ec/Io    | -11      | Ec/Io    | -14      | Ec/Io    | -10      | Ec/Io    | -11      |
| PN       | 13       | PN       | 45       | PN       | 13       | PN       | 13       |
| UL speed | 330 Kbps | UL speed | 306 Kbps | UL speed | 352 Kbps | UL speed | 340 Kbps |
| DL speed | 660 Kbps | DL speed | 550 Kbps | DL speed | 701 Kbps | DL speed | 682 Kbps |

Tengo la marca y modelo de dispositivo y voy a investigar los receptores que tienen para ver si es problema de dispositivo. Es probable que sí sea un problema de cobertura en interiores ya que los túneles son de concreto y el área 1 es la parte más alejada del sitio 1, aunque no sugiero una solución interior para el



aeropuerto ya no es necesario porque el tráfico en esta área es muy poco. Hoy no podré visitar el sitio, sin embargo, mañana en la mañana iré para revisar las potencias de transmisión.”

El reporte esperará 14 horas para que el técnico de campo continúe el trabajo en el sitio. A la mañana siguiente el técnico llama otra vez a CPM e informa lo siguiente:

“Analicé las características de las terminales y encontré que tienen unas antenas que no manejan potencias de recepción tan bajas como las que hay en los túneles, sin embargo, si deben funcionar fuera de ellos. El sitio 1 no tiene algún tipo de problema, los niveles de transmisión se encuentran dentro de los estándares. Mi sugerencia es: aumentar la potencia del sector  $\alpha$  para cubrir las necesidades del aeropuerto, si esto no es suficiente, pedir a LRFE considerar una solución interior para el aeropuerto, sin embargo, no creo que sea viable ya que este sitio no maneja grandes cantidades de tráfico, ni hay problemas de recepción más que en los túneles, además de que el proveedor no garantiza cobertura en interiores.”

CPM pide al técnico que regrese el reporte para analizar la situación.

#### *1er Regreso y Acción correctiva*

De acuerdo a las políticas del proveedor de servicio, éste no garantiza cobertura en interiores; sumando a esto que los dispositivos de lectura no tienen un buen receptor, no es de extrañarse que los dispositivos no se puedan conectar en los túneles de concreto del área 1 que, además, es la más alejada del sitio 1. Por otro lado, de acuerdo a Secure CRT, las potencias de los sitios 1 y 2 se encuentran dentro del intervalo aceptado de potencias, sin embargo, para mejorar la señal en el área 1, fuera de los túneles, podría aumentarse la potencia del sitio 1 sector  $\gamma$ .

Para llevar a cabo un análisis de este tipo se consideran los conceptos de Modelos de propagación, sus fundamentos, características, variables, y potencias promedio; de estos conceptos se tiene que la potencia de recepción se relaciona con la distancia de la siguiente manera:

$$P_R = \frac{P_T}{d^\eta} ; \text{ donde } \eta \text{ es el factor de atenuación con } 2 < \eta < 4 \text{ y } n = 2 \text{ es el espacio libre}$$

La propagación en un ambiente de telefonía celular tiene como variables: Reflexión, difracción, dispersamiento, retardo, diferentes amplitudes o fases. Y donde la potencia medida en el campo lejano (ambiente) ya no es  $\eta=2$ , si no  $\eta = 3$  ó  $4$ , dependiendo de si se encuentra en la ciudad o campo abierto.

Una vez que se tiene claro el aumento de potencia en decibeles, se realiza el cambio a través de Secure CRT con los comandos necesarios, posteriormente se vuelve a verificar el estado del sitio mediante un nuevo *seRF*. De acuerdo a PRTS, el desempeño del sitio se mantiene con tasas de bloqueo y caídas de conexiones por debajo del 2% (tabla 5.14):

*Tabla 5.14 Desempeño del sitio 1 en PRTS*

| Fecha    | Hora  | Intentos | Blocks (%) | Drops (%) |
|----------|-------|----------|------------|-----------|
| 5/3/2017 | 12:00 | 804      | 1.22%      | 1.32%     |
| 5/3/2017 | 13:00 | 830      | 0.79%      | 1.01%     |

Estas acciones se consideran como correctivas, por lo que se incluyen en el reporte de sitio junto a la explicación de porque se incrementó la potencia de transmisión en el sitio. El reporte de sitio se cierra entonces como REPAIRED – SOFTWARE CONFIGURATION.

Por último, al reporte de usuario se le agrega la información de las acciones realizadas junto con la sugerencia de evitar el uso de los dispositivos en el túnel y mencionar porque no es viable una solución para interiores en el caso del aeropuerto:

“El sitio más utilizado por los trabajadores del aeropuerto es el sitio 1 según registra PRTS. Al investigar problemas en la red, se encontró que sólo hay 2 sitios en el área, el sitio 1 que da cobertura a la ciudad Meridian y el sitio 2 que da cobertura a la carretera 19. A pesar de que *Coverage tool* muestra que el área se encuentra dentro de la cobertura 3G, es probable que no haya buena recepción en el aeropuerto al estar en la parte más alejada del sitio 1. Un técnico de campo se puso en contacto con los trabajadores del aeropuerto y confirmó la mala recepción en los túneles del aeropuerto, sin embargo, hay que considerar los siguientes puntos en este caso:

1. Los dispositivos de lectura de boletos no están diseñados para potencias de recepción tan bajas como las que hay en el aeropuerto. Los teléfonos celulares son capaces de registrar poca señal en los túneles.
2. Es importante considerar que el proveedor de servicios no garantiza cobertura en interiores, mucho menos en túneles construidos con concreto, material que degrada la señal.
3. Una solución en interiores no es recomendable ya que el área no procesa el tráfico suficiente para ameritar una femto celda, además de que el sitio A es capaz de manejar grandes cantidades de tráfico, las cuales no son comunes en el área.

De acuerdo a estos puntos, se llegó a la conclusión de que el incremento de la potencia del sector y era la opción más viable. Informen al usuario de los cambios realizados y aliente a los usuarios a evitar utilizar los dispositivos en los túneles y únicamente en áreas que no tengan materiales que impidan una buena señal”.

Por último, el reporte de usuario se regresa a *Customer Care* como REPAIRED – SOFTWARE CONFIGURATION.

### V.II.III Caso 3

*“La usuaria no tiene servicio en “dirección 1”. Su madre le ha comentado en varias ocasiones que todos le marcan, pero no contesta o se va directamente a buzón, pero ella nunca recibe las notificaciones de llamada ni buzón de voz. La usuaria puede realizar llamadas después de varios intentos y parece que no se puede enlazar la llamada la mayoría de las veces. Customer Care le sugirió cambiar la configuración de su teléfono a “sólo CDMA” y probar durante un día; hizo la prueba y pudo recibir las llamadas, pero le parece molesto tener que cambiar de 4G a CDMA cada que llegue a su casa. Últimamente su padre ha experimentado lo mismo. Otro problema es que su hermano le dijo que hace unos días recibía muchos mensajes al mismo tiempo (todos los mensajes del día) justo cuando alguien le llama y no está en la “dirección 1”, sin embargo, después de unas semanas el problema se solucionó. La madre (que está con otro proveedor de servicio) no tiene ningún problema en el área.”*

*Identificación del problema*

El caso 3 indica:

- No recibe notificaciones de llamada o de buzón de voz.
- Puede realizar llamadas después de varios intentos.
- Cuando el dispositivo está configurado en *CDMA only*, no tiene problemas, pero en LTE sí.
- Uno de los usuarios experimenta problemas de *Zone Base Paging*. El *Zone Base Paging* se refiere a la incapacidad del sitio para localizar al dispositivo y entregar los mensajes que han sido enviados a éste, hasta que, este mismo dispositivo recibe o realiza una llamada, provocando que todos los mensajes pendientes lleguen en una sola conexión.
- Dos dispositivos del proveedor de servicios se encuentran afectados: MDN1 = usuaria, MDN2 = padre, MDN3 = hermano.

Estos problemas sugieren una falla de *eCSFB* ya que se experimentan mientras el dispositivo está configurado para LTE. El problema del *eCSFB* es que al realizar o recibir una llamada de voz mientras el dispositivo está en LTE, la red no es capaz de hacer el cambio entre LTE y CDMA. Como la usuaria indica que este problema no ocurre mientras el dispositivo está configurado como CDMA, la tecnología que se investigará será LTE considerando las tasas de desempeño del *handover* de *eCSFB*. Las herramientas a utilizar serán:

- CSF para identificar los sitios más cercanos a la dirección reportada.
- PRTS para obtener las tasas de desempeño de los sitios más cercanos y para obtener los registros de conexión a LTE.
- Glance y PRTS para ubicar el sector y los vecinos que dan cobertura a la dirección.
- Cell Site Maintenance Schedule, Ticket Search.
- OSS para revisar alarmas en los nodos más cercanos
- Spirent para backhaul

*Mapeo*

Cell Site Finder muestra los siguientes sitios como los 5 más cercanos a la dirección (tabla 5.15):

*Tabla 5.15 Sitios más cercanos*

| Sitio | Distancia (millas) | Ubicación |
|-------|--------------------|-----------|
| A3    | 0.5                | SE        |
| B3    | 1.1                | NO        |
| C3    | 1.4                | N         |
| D3    | 2.2                | SO        |
| E3    | 4.0                | N         |

De acuerdo a los mapas de Glance y PRTS en las figuras 5.10 y 5.11, la ubicación de los 5 sitios es la siguiente:

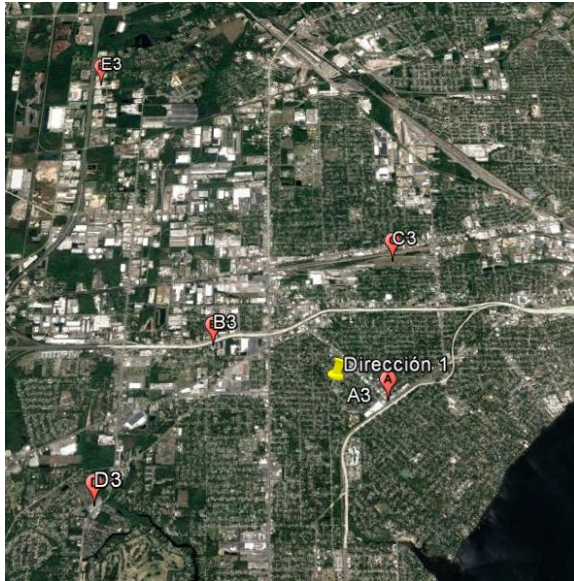


Figura 5.10 Mapa del caso 3

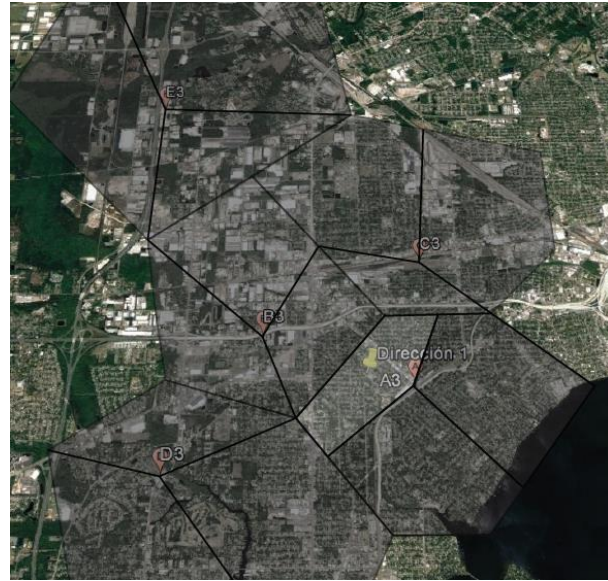


Figura 5.11 Mapa de cobertura del caso 3

Glance y PRTS muestran que la dirección 1 se encuentra dentro de la cobertura del sector gamma del sitio A3 ( $A3_\gamma$ ), y los sectores vecinos son los sectores beta de los sitios B3, C3 y D3 ( $B3_\beta$ ,  $C3_\beta$ ,  $D3_\beta$ ).

Coverage tool indica, en la figura 5.12, que la dirección 1 se encuentra en un área de Excelente cobertura para LTE:

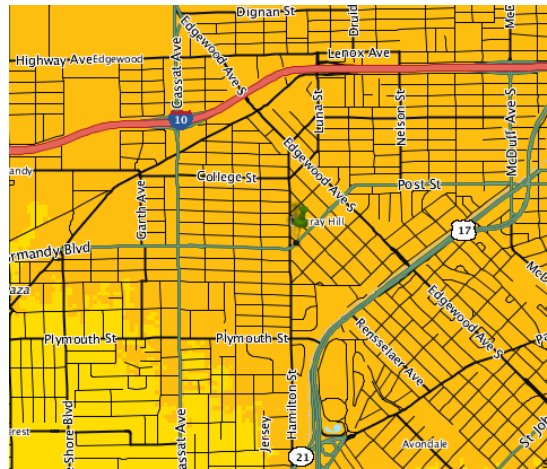


Figura 5.12 Cobertura de la Dirección 1 para LTE

*Problemas Conocidos*

- CSM no muestra ventanas de mantenimiento recientes que pudieran haber afectado el servicio en el sitio. Las últimas ventanas de mantenimiento fueron 3 ventanas pertenecientes al proyecto de 2.5 GHz para agregar un Carrier en esta frecuencia a los sitios B3, C3 y E3. Estas ventanas duraron 2 días y finalizaron exitosamente hace 6 meses.
- Ticket search no muestra reportes abiertos de los 5 sitios más cercanos durante el último mes. Los últimos reportes abiertos fueron los correspondientes a las ventanas de mantenimiento y un reporte para el sitio D3 por RET OOS (Remote Electric Tilt Out of Service) abierto desde enero del 2015 que no tiene impacto en el servicio.

- No se registraron eventos naturales que pudieran contribuir a la falta de servicio en el área. Tampoco hubo eventos sociales que pudieran afectar el servicio.

### Registros de llamada

Para el MDN1 PRTS arrojó los siguientes registros (tabla 5.16):

*Tabla 5.16 Registros de conexiones del MDN1 en PRTS del caso 3*

| Fecha    | Hora  | CFC    | CFC descripción          | Sitio | Sector | PCI | Llamada | Frecuencia |
|----------|-------|--------|--------------------------|-------|--------|-----|---------|------------|
| 5/2/2017 | 13:18 | NORMAL | Normal Release           | G3    | 2      | 509 | LTE     | 2500       |
| 5/2/2017 | 15:21 | NORMAL | Normal Release           | G3    | 2      | 509 | LTE     | 2500       |
| 5/2/2017 | 15:57 | NORMAL | Normal Release           | G3    | 3      | 509 | LTE     | 2500       |
| 5/2/2017 | 16:33 | NORMAL | Normal Release           | E3    | 3      | 412 | LTE     | 2500       |
| 5/2/2017 | 17:11 | FAIL   | MME implicitly detaching | A3    | 3      | 421 | LTE     | 1900       |
| 5/2/2017 | 17:13 | FAIL   | MME implicitly detaching | A3    | 3      | 421 | LTE     | 1900       |
| 5/2/2017 | 17:20 | FAIL   | MME implicitly detaching | A3    | 3      | 421 | LTE     | 1900       |
| 5/2/2017 | 18:00 | FAIL   | MME implicitly detaching | A3    | 3      | 421 | LTE     | 1900       |
| 5/2/2017 | 20:14 | NORMAL | Normal Release           | A3    | 3      | 421 | CDMA    | 1900       |
| 5/2/2017 | 21:37 | NORMAL | Normal Release           | A3    | 3      | 421 | CDMA    | 800        |
| 6/2/2017 | 06:05 | NORMAL | Normal Release           | A3    | 3      | 421 | CDMA    | 1900       |
| 6/2/2017 | 06:27 | NORMAL | Normal Release           | A3    | 3      | 421 | CDMA    | 1900       |
| 6/2/2017 | 06:54 | FAIL   | MME implicitly detaching | A3    | 3      | 421 | LTE     | 1900       |
| 6/2/2017 | 07:01 | FAIL   | MME implicitly detaching | A3    | 3      | 421 | LTE     | 1900       |
| 6/2/2017 | 07:03 | FAIL   | MME implicitly detaching | A3    | 3      | 421 | LTE     | 1900       |
| 6/2/2017 | 07:09 | FAIL   | MME implicitly detaching | A3    | 3      | 421 | LTE     | 1900       |
| 6/2/2017 | 08:45 | NORMAL | Normal Release           | A3    | 3      | 421 | CDMA    | 800        |
| 6/2/2017 | 09:22 | NORMAL | Normal Release           | A3    | 3      | 421 | CDMA    | 800        |
| 6/2/2017 | 11:13 | NORMAL | Normal Release           | A3    | 3      | 421 | CDMA    | 1900       |
| 6/2/2017 | 13:55 | NORMAL | Normal Release           | A3    | 3      | 421 | CDMA    | 1900       |
| 6/2/2017 | 14:10 | NORMAL | Normal Release           | A3    | 3      | 421 | CDMA    | 1900       |
| 6/2/2017 | 16:59 | NORMAL | Normal Release           | A3    | 3      | 421 | CDMA    | 1900       |
| 6/2/2017 | 19:01 | NORMAL | Normal Release           | A3    | 3      | 421 | LTE     | 1900       |
| 7/2/2017 | 07:15 | FAIL   | MME implicitly detaching | A3    | 3      | 421 | LTE     | 1900       |
| 7/2/2017 | 08:17 | NORMAL | Normal Release           | E3    | 3      | 412 | LTE     | 2500       |
| 7/2/2017 | 09:00 | NORMAL | Normal Release           | E3    | 3      | 412 | LTE     | 2500       |
| 7/2/2017 | 09:32 | NORMAL | Normal Release           | E3    | 3      | 412 | LTE     | 2500       |

Para el MDN2 PRTS arrojó los siguientes registros (tabla 5.17):

*Tabla 5.17 Registros de conexiones del MDN2 en PRTS del caso 3*

| Fecha    | Hora  | CFC    | CFC descripción          | Sitio | Sector | PCI | Llamada | Frecuencia |
|----------|-------|--------|--------------------------|-------|--------|-----|---------|------------|
| 5/2/2017 | 14:21 | NORMAL | Normal Release           | D3    | 1      | 222 | LTE     | 2500       |
| 5/2/2017 | 14:36 | NORMAL | Normal Release           | D3    | 1      | 222 | LTE     | 2500       |
| 5/2/2017 | 15:11 | NORMAL | Normal Release           | B3    | 2      | 290 | LTE     | 2500       |
| 5/2/2017 | 17:58 | NORMAL | Normal Release           | B3    | 2      | 290 | LTE     | 2500       |
| 5/2/2017 | 18:30 | FAIL   | MME implicitly detaching | A3    | 3      | 421 | LTE     | 1900       |
| 5/2/2017 | 18:35 | FAIL   | MME implicitly detaching | A3    | 3      | 421 | LTE     | 1900       |
| 5/2/2017 | 18:37 | FAIL   | MME implicitly detaching | A3    | 3      | 421 | LTE     | 1900       |
| 5/2/2017 | 19:22 | FAIL   | MME implicitly detaching | A3    | 3      | 421 | LTE     | 1900       |

|          |       |        |                          |    |   |     |     |      |
|----------|-------|--------|--------------------------|----|---|-----|-----|------|
| 5/2/2017 | 19:50 | FAIL   | MME implicitly detaching | A3 | 3 | 421 | LTE | 1900 |
| 5/2/2017 | 20:51 | FAIL   | MME implicitly detaching | A3 | 3 | 421 | LTE | 1900 |
| 6/2/2017 | 06:52 | FAIL   | MME implicitly detaching | A3 | 3 | 421 | LTE | 1900 |
| 6/2/2017 | 07:08 | FAIL   | MME implicitly detaching | A3 | 3 | 421 | LTE | 1900 |
| 6/2/2017 | 07:27 | FAIL   | MME implicitly detaching | A3 | 3 | 421 | LTE | 1900 |
| 6/2/2017 | 07:33 | FAIL   | MME implicitly detaching | A3 | 3 | 421 | LTE | 1900 |
| 6/2/2017 | 09:40 | NORMAL | Normal Release           | B3 | 2 | 290 | LTE | 2500 |
| 6/2/2017 | 13:13 | NORMAL | Normal Release           | B3 | 2 | 290 | LTE | 2500 |
| 6/2/2017 | 17:31 | NORMAL | Normal Release           | B3 | 2 | 290 | LTE | 2500 |
| 6/2/2017 | 18:12 | FAIL   | MME implicitly detaching | A3 | 3 | 421 | LTE | 1900 |
| 6/2/2017 | 18:24 | FAIL   | MME implicitly detaching | A3 | 3 | 421 | LTE | 1900 |
| 6/2/2017 | 19:12 | FAIL   | MME implicitly detaching | A3 | 3 | 421 | LTE | 1900 |
| 6/2/2017 | 19:14 | FAIL   | MME implicitly detaching | A3 | 3 | 421 | LTE | 1900 |
| 6/2/2017 | 20:22 | FAIL   | MME implicitly detaching | A3 | 3 | 421 | LTE | 1900 |
| 6/2/2017 | 21:30 | FAIL   | MME implicitly detaching | A3 | 3 | 421 | LTE | 1900 |
| 7/2/2017 | 06:44 | FAIL   | MME implicitly detaching | A3 | 3 | 421 | LTE | 1900 |
| 7/2/2017 | 08:01 | NORMAL | Normal Release           | C3 | 2 | 381 | LTE | 2500 |
| 7/2/2017 | 08:33 | NORMAL | Normal Release           | B3 | 2 | 290 | LTE | 2500 |
| 7/2/2017 | 09:10 | NORMAL | Normal Release           | B3 | 2 | 290 | LTE | 2500 |

Para el MDN3 (tabla 5.18), se revisaron los registros de los últimos 4 meses y PRTS no mostró problemas con el MME en los intentos de conexión, aunque durante enero mostró algunos intentos fallidos de localizar el dispositivo:

*Tabla 5.18 Registros de conexiones del MDN3 en PRTS del caso 3*

| Fecha     | Hora  | CFC     | CFC descripción                | Sitio | Sector | PCI | Llamada | Frecuencia |
|-----------|-------|---------|--------------------------------|-------|--------|-----|---------|------------|
| 12/1/2017 | 17:14 | FAILURE | Page ended without locating UE | A3    | 3      | 421 | LTE     | 1900       |
| 12/1/2017 | 17:14 | FAILURE | Page ended without locating UE | A3    | 3      | 421 | LTE     | 1900       |
| 12/1/2017 | 17:15 | FAIL    | Unable to page UE              | A3    | 3      | 421 | LTE     | 1900       |
| 12/1/2017 | 19:07 | NORMAL  | Normal Release                 | B3    | 2      | 290 | LTE     | 2500       |
| 12/1/2017 | 19:08 | SUCCESS | Success                        | B3    | 2      | 290 | LTE     | 2500       |
| 12/1/2017 | 19:09 | SUCCESS | Success                        | B3    | 2      | 290 | LTE     | 2500       |
| 12/1/2017 | 19:10 | SUCCESS | UE other                       | B3    | 2      | 290 | LTE     | 2500       |
| 12/1/2017 | 19:47 | FAILURE | Page ended without locating UE | A3    | 3      | 421 | LTE     | 1900       |
| 12/1/2017 | 19:48 | FAILURE | Page ended without locating UE | A3    | 3      | 421 | LTE     | 1900       |
| 12/1/2017 | 19:49 | FAIL    | Unable to page UE              | A3    | 3      | 421 | LTE     | 1900       |
| 12/1/2017 | 19:50 | FAIL    | Page ended without locating UE | A3    | 3      | 421 | LTE     | 1900       |
| 12/1/2017 | 22:11 | NORMAL  | Normal Release                 | A3    | 3      | 421 | LTE     | 1900       |
| 12/1/2017 | 22:26 | FAIL    | Page ended without locating UE | A3    | 3      | 421 | LTE     | 1900       |
| 12/1/2017 | 22:27 | FAIL    | Page ended without locating UE | A3    | 3      | 421 | LTE     | 1900       |
| 12/1/2017 | 22:28 | FAILURE | Unable to page UE              | A3    | 3      | 421 | LTE     | 2500       |

Los registros del MDN1 confirman que el dispositivo se cambia manualmente de modo LTE a *CDMA only* cada que hay intentos de conexión en la dirección 1; también se observa que si se realiza un intento de conexión de LTE al sitio A3 aparece el CFC “*MME implicitly detaching*” que es un indicador de que hay problemas de *Fallback* en el sitio. Por otro lado, el sitio A3 no está procesando intentos de conexión a LTE 2.5, lo cual puede contribuir a los problemas de *Fallback*.

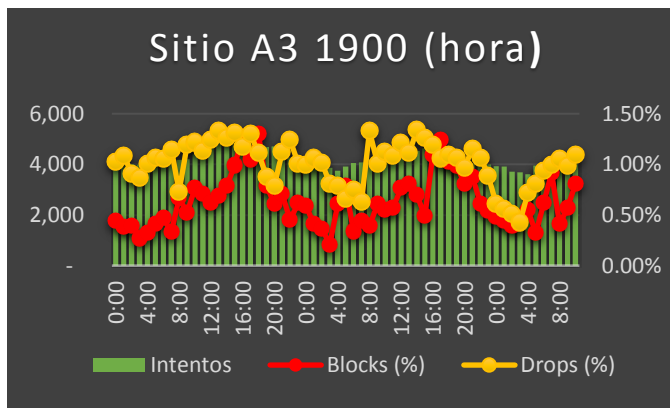
Los registros del MDN2 también muestran que todas las conexiones de LTE al sitio A3 tienen el código “*MME implicitly detaching*”, sin embargo, en este caso no se realizó el cambio manual de LTE a *CDMA only*; tampoco se muestran intentos de conexión a LTE 2.5 en el sitio A3, mientras que en los demás sitios si logra conectarse a la frecuencia 2500.

Los registros del MDN3 no muestran problemas con el *fallback*, pero si fallas en la localización del dispositivo cuando necesita entregar SMS hasta que tiene una llamada CDMA entrante.

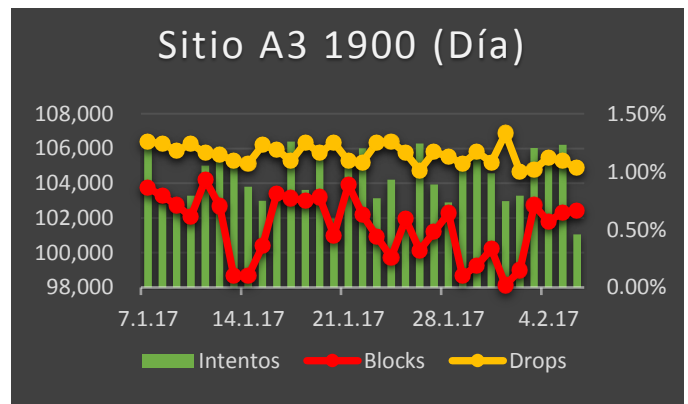
### Desempeño del sitio

De acuerdo a PRTS, no hay problemas de bloqueo ni conexiones interrumpidas en ninguno de los sitios tanto para LTE 2500 como para LTE 1900. Los intentos de conexión se mantienen estables durante los últimos 6 meses y no muestran decrementos o incrementos significativos. Por otro lado, al ser este un posible caso de problemas con *Fallback*, se investigó el desempeño del *eCSFB Hand Off* del sitio A3 para 2500 y 1900 y se aprecia que la tasa de *fallback* exitoso se encuentra debajo del 90%, si se toma en cuenta el último mes, el *fallback* exitoso también es menor al 90%, lo que indica altas tasas de *fallback* fallido.

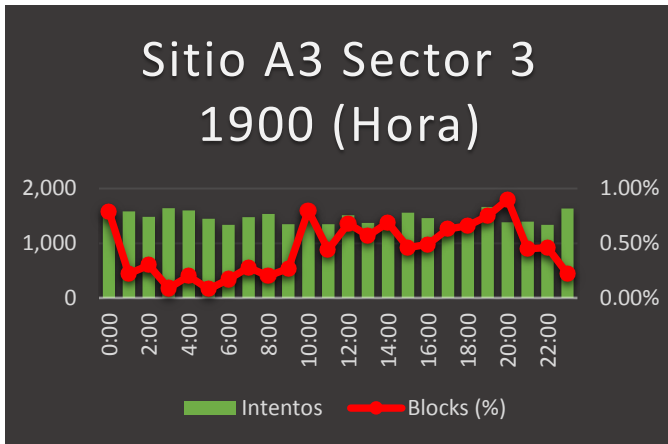
PRTS muestra en las gráficas 5.18 a 5.31, el desempeño de LTE para los 5 sitios más cercanos:



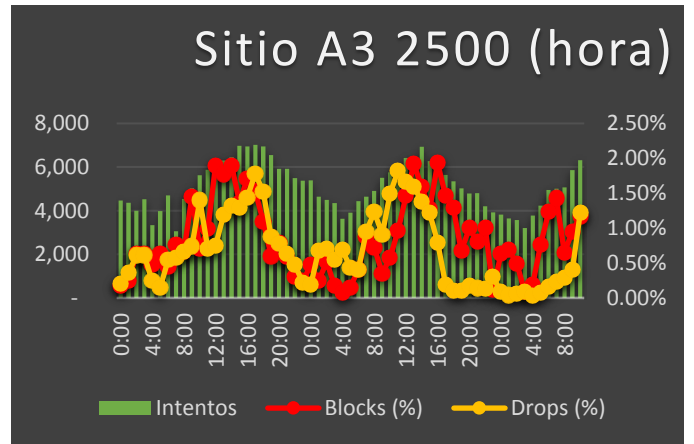
Gráfica 5.18 Desempeño del sitio A por hora del 5 al 7 de febrero



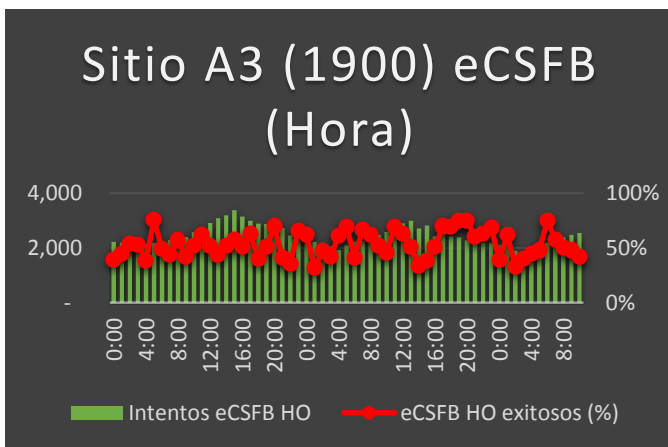
Gráfica 5.19 Desempeño del sitio A3 por día



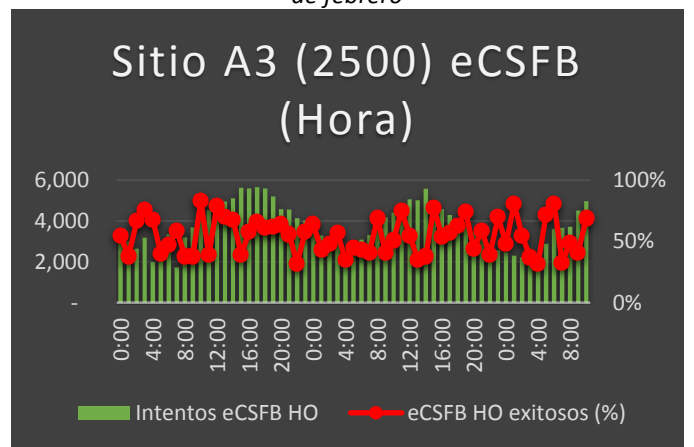
Gráfica 5.20 Desempeño del sitio A3 sector 3 del 7 de febrero



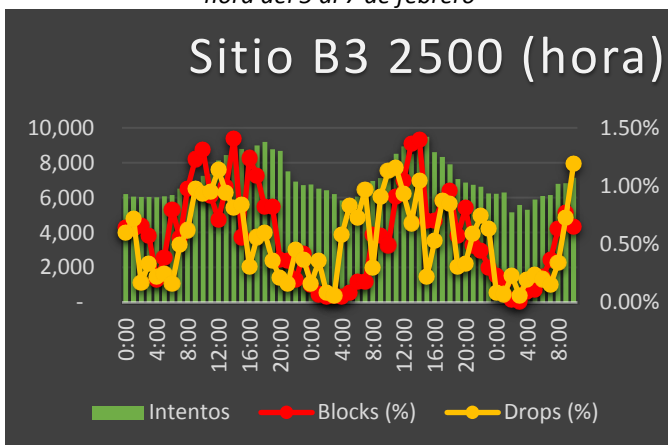
Gráfica 5.21 Desempeño del sitio A3 2500 por hora del 5 al 7 de febrero



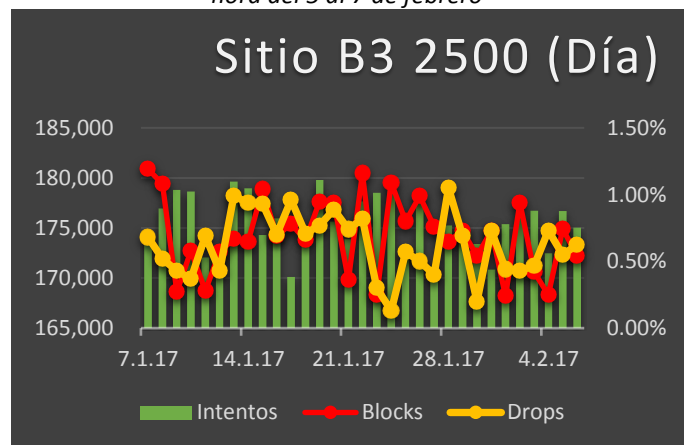
Gráfica 5.22 Desempeño del eCSFB del sitio A3 (1900) por hora del 5 al 7 de febrero



Gráfica 5.23 Desempeño del eCSFB del sitio A3 (2500) por hora del 5 al 7 de febrero

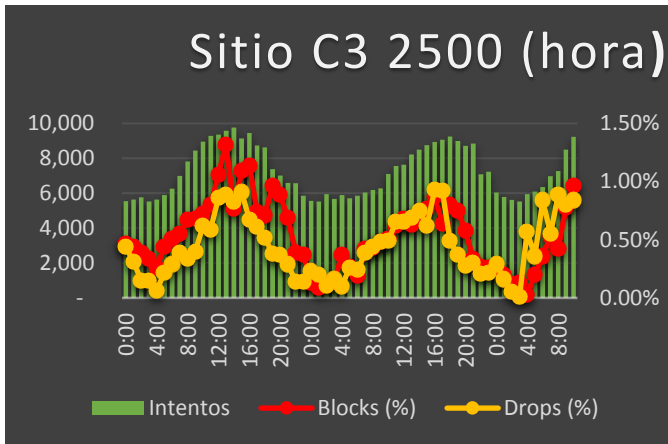


Gráfica 5.24 Desempeño del sitio B3 2500 (por hora) del 5 al 7 de febrero

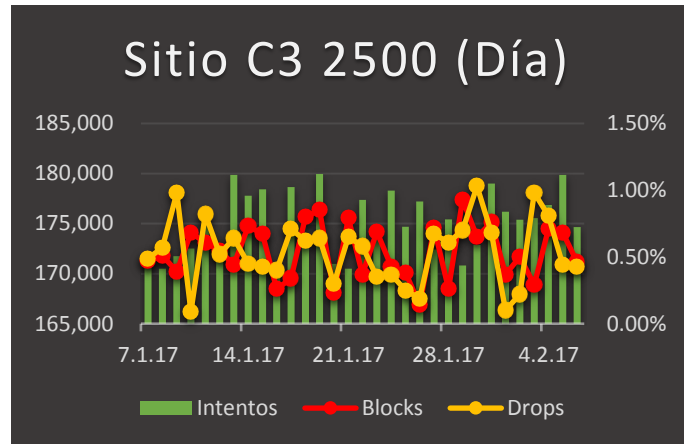


Gráfica 5.25 Desempeño del sitio B3 2500 (por día)

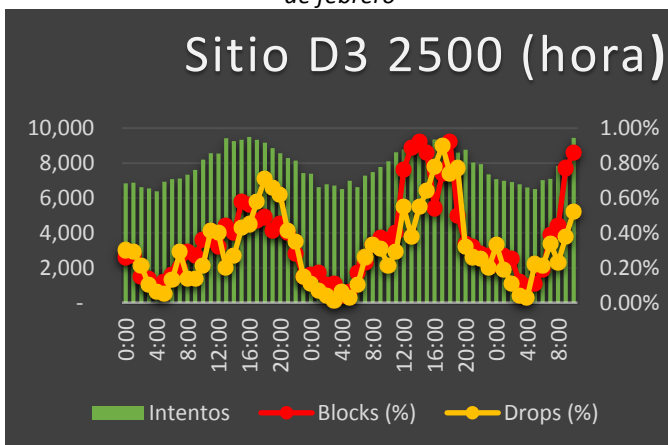




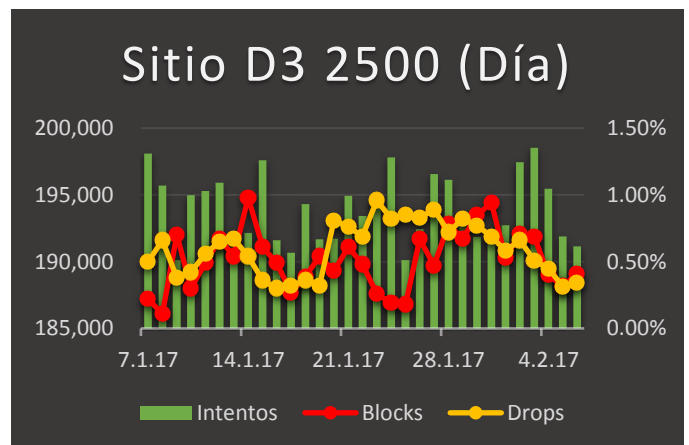
Gráfica 5.26 Desempeño del sitio C3 (2500) por hora del 5 al 7 de febrero



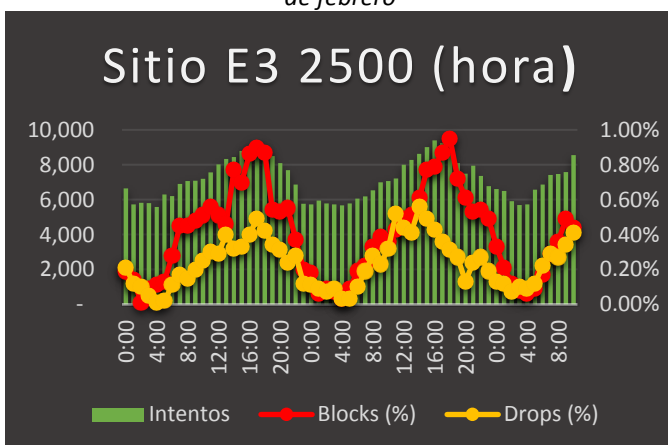
Gráfica 5.27 Desempeño del sitio C3 (2500) por día



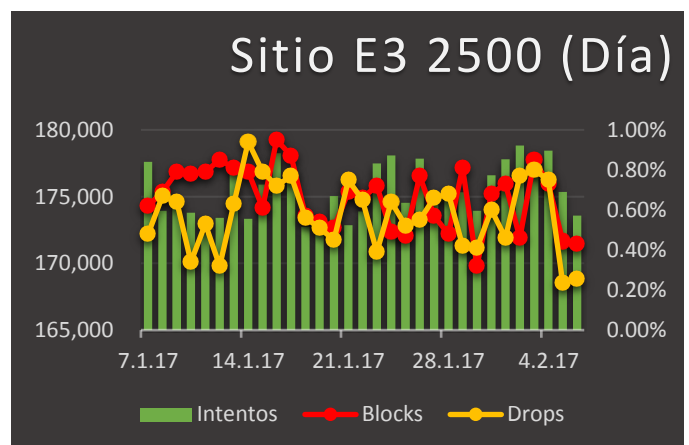
Gráfica 5.28 Desempeño del sitio D3 (2500) por hora del 5 al 7 de febrero



Gráfica 5.29 Desempeño del sitio D3 (2500) por día



Gráfica 5.30 Desempeño del sitio E3 (2500) por día del 5 al 7 de febrero



Gráfica 5.31 Desempeño del sitio E3 (2500) por día

*Alarmas*

Para averiguar el nombre del nodo y poder acceder a este a través del administrador OSS-RC, se utiliza la herramienta de base de datos LTE Lookup tool. OSS-RC muestra en los siguientes datos que el sitio A3 no tiene alarmas activas que estén afectando el servicio del usuario:

Configuration: Subnetwork=ONMR\_ROOT\_MO\_R,Subnetwork=JCKSNVFHQBBULTE078XXX

```

General      neType          ENODEB
             neMIMVersion    vC.1.98
             VendorName   Ericsson
             swVersion  CXP
             ipAddress 113.4.
             cppVersion CPP10.0
             connectionStatus CONNECTED
             mirrirMIBsynchStatus SYNCHRONIZED
    
```

En la tabla 5.19 se muestra el estado de los elementos del nodo Sitio A:

*Tabla 5.19 eNodeB A en OSS RC*

| Status                |         | Alarms |              |          |         |  |
|-----------------------|---------|--------|--------------|----------|---------|--|
| User label            | Cell ID | tac    | Health state | Op State | ERBS IP |  |
| JCKSNVFHQBBULTE078XXX | 115     | 78XX   | Operational  | Enabled  | 113.4.  |  |
| JCKSNVFHQBBULTE078XXX | 116     | 78XX   | Operational  | Enabled  | 113.4.  |  |
| JCKSNVFHQBBULTE078XXX | 117     | 78XX   | Operational  | Enabled  | 113.4.  |  |

Las alarmas del sitio se muestran a continuación (tabla 5.20):

*Tabla 5.20 eNodeB A en OSS RC*

| Status   |      | Alarms               |   |                  |               |
|--|------|----------------------|---|------------------|---------------|
| Successfully retrieved alarms (1) for Subnetwork=JCKSNVFHQBBULTE078XXX |      |                      |   |                  |               |
| Severity   | ID   | Date                 | Network object  | Specific Problem | Event type    |
| ✓ Cleared  | 30XX | 2/7/2017<br>01:23:09 | Subnetwork=ONMR_ROOT_MO_R,<br>Subnetwork= JCKSNVFHQBBULTE078XXX | FanFailure       | Environmental |

El administrador muestra que todos los elementos del nodo se encuentran conectados, sincronizados, operacionales y habilitados. También muestra una alarma de ventilador que se limpió durante las primeras horas del 7/2, al ser una alarma ambiental, no representa fallas en el servicio, por lo que se concluye que no hay problemas con el equipo del sitio A3 nodo. Para revisar si los sectores del nodo se encuentran procesando, hay que acceder a la terminal AMOS del OSS-RC (figura 5.13):

```

.....
JCKSNVFHQBBULTE078239> ue print-admitted
170702-12:25:10 113.4.xxx.xxx 10.0v ERBS_NODE_MODEL_B_1_53 stopfile=/tmp/24107
$ ue print -admitted
CellId #UE:s #Bearers
115      7      7
116     14     14
117     23     23
    
```

*Figura 5.13 Usuarios activos en el eNodeB*

Con lo que se concluye que el nodo del Sitio A3 está procesando conexiones y se encuentra en buen estado. Los sitios B3, C3, D3 y E3 también se revisaron con OSS-RC y AMOS y ninguno muestra alarmas.

### *Backhaul*

Spirent no muestra errores o pérdidas para los 5 sitios más cercanos a la dirección reportada. Los niveles de *jitter* se encuentran dentro de los valores aceptados.

### *Análisis de resultados de la investigación*

De acuerdo a la investigación:

- Cell Site Maintenance Schedule muestra que hace 6 meses hubo ventanas de mantenimiento en los sitios B3, C3 y E3 para agregar un *carrier* de LTE 2.5, lo que pudo haber afectado la configuración de los nodos LTE y MMEs vecinos; sin embargo, aún no hay reportes de sitio que mencionen fallas en alguno de estos nodos.
- El único reporte de sitio abierto en esta área es para el sitio D3 por un *Remote Electric Tilt Out Of Service (RET OOS)* desde enero del 2015. Las alarmas de *RET OOS* son alarmas que indican que el motor del tilt de la antena se encuentra fuera de servicio; esto significa que no se pueden hacer modificaciones a la posición de la antena desde el administrador del equipo (OSS-RC en este caso). Si bien estas alarmas no impactan el servicio, por proceso, LRFE no realiza ninguna acción correctiva sobre el sitio hasta que se limpie esta alarma.
- Los registros de llamada muestran que en el sector A3, los MDN1 y MDN2 experimentaron varios intentos de conexión fallidos mientras se encontraban en modo LTE, sin embargo, el MDN que cambiaba manualmente de LTE a CDMA podía conectarse a A3 en CDMA only. El CFC "*MME implicitly detaching*" es un indicador de que el usuario está experimentando problemas con el *fallback* en el sitio. Para el MDN3, hay varios registros de fallas de localización del dispositivo durante enero. Por otro lado, ninguno de los MDN tiene conexiones a LTE 2500 del sitio A3.
- Los 5 sitios más cercanos presentan un buen desempeño en cuanto a los intentos de conexión bloqueados y caídos/interrumpidos, no obstante, las tasas de desempeño de *eCSFB Hand off* exitoso son menores al 90% tanto para LTE 2500 como para LTE 1900, lo que significa un bajo desempeño de *fallback* en este sitio.
- El mal desempeño del *fallback* sitio A3 y las fallas en los registros de llamadas confirman que hay un problema de *eCSFB* en el nodo del sitio A3.
- OSS-RC muestra una alarma ambiental de falla de ventilador que se clearó durante las primeras horas del día 7 de febrero. Esta alarma no representa problemas en el servicio.
- No se encontraron problemas de backhaul en los 5 sitios más cercanos a la dirección.

Una vez identificado el problema de *eCSFB*, el proceso requiere que se identifique que tipo de falla es la que se está experimentando:

1. *MME implicitly detaching*: Es un error del sitio en el cambio de LTE a CDMA para direccionar las llamadas a los dispositivos. Se lleva a cabo mediante la desconexión entre MME y el dispositivo y reconectándolo automáticamente a la BTS. Este método es implícito, lo que significa que debe hacerlo sin notificar al dispositivo de este cambio; sin embargo, en ese error, el MME desconecta

al dispositivo y no logra reconectarlo a la BTS ni regresar a la conexión con el MME. El *MME implicitly detaching* se identifica por medio de los registros de conexión del dispositivo y el proceso dicta que se debe enganchar a LRFE para realizar una acción correctiva.

2. *Trimble GPS*: Es un error del sitio directamente relacionado al número de *fallbacks* bloqueados por el mismo sitio debido a problemas del GPS. Este tipo de error se identifica por medio del desempeño del *fallback* del sitio y se soluciona con un *reset* al nodo durante la ventana de mantenimiento.

### Acciones Correctivas

Como este caso presentan los 2 tipos de falla (*MME implicitly detaching* y *Trimble GPS*) en las 2 bandas 1900 y 2500 del sitio, primero se considera realizar el *reset* remoto al nodo A3 antes de enganchar a LRFE para una acción correctiva. También hay que considerar que recientemente, hubo trabajos en los sitios B3, C3 y E3 para agregar un *carrier* de LTE 2.5 que pudieron afectar al nodo del sitio A3, lo que significa se debe realizar un estudio en los sitios para descartar o confirmar que estas acciones hayan afectado al *fallback* y el tráfico del sitio 1900. Si después de realizar el *reset* remoto, monitorear el desempeño del *eCSFB* y llevar a cabo el estudio en los sitios, el nodo sigue presentando problemas, se enviará el reporte de sitio a LRFE para que realice una investigación más a fondo para encontrar la causa.

El reporte de sitio debe incluir la siguiente información:

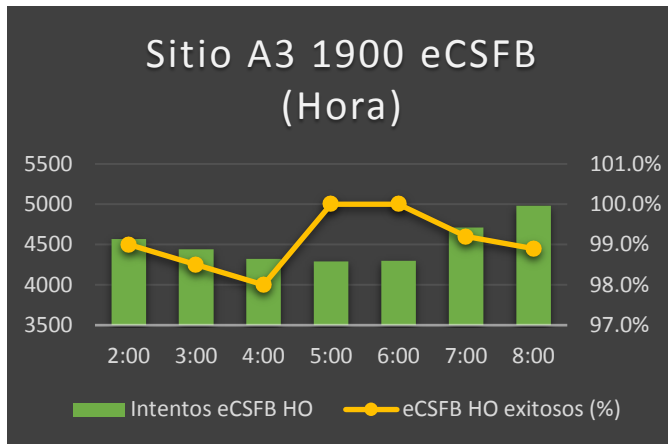
- Tecnología: 4G LTE
- MME
- Sitio: A3
- Problema del sitio: Mal desempeño del *eCSFB Hand off* en el sitio A3.
- Información del cliente

### Reset Remoto

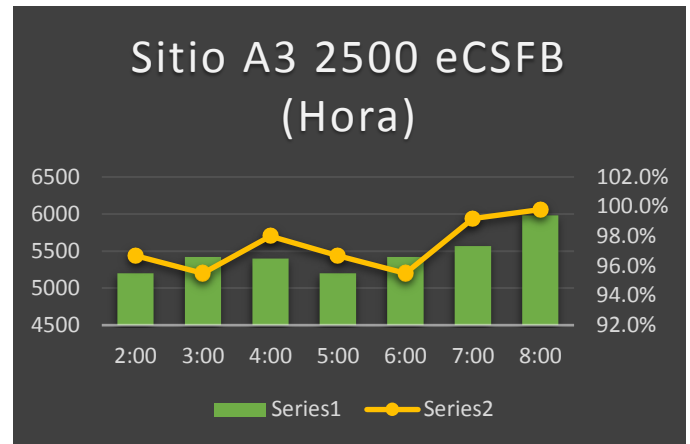
```
JCKSNVFHQBBULTE078239> ala
170802-01:31:06 113.4.xxx.xxx 10.0v ERBS_NODE_MODEL_B_1_53 stopfile=/tmp/24107
Connecting to 113.4.xxx.xxx:078xxx
Trying file=/var/opt/xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
Resolving the alarm service in OMS...
Simple alarm client initialized...
Starting to retrieve alarms
Nr of active alarms are: 0
=====
Server      Specific Problem      MO (Cause/additional info)
=====
>>>>>> Total: 0 Alarms (0 Critical, 0 Major)
JCKSNVFHQBBULTE078239> rstrrt enb
170802-01:31:32 113.4.xxx.xxx 10.0v ERBS_NODE_MODEL_B_1_53 stopfile=/tmp/24107
connecting to 113.4.xxx.xxx:078xxx
Trying file=/var/opt/xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
Restart initialized.....
This may take a while.....
do not close session.....
.....
Acknowledged by ME_ack_server.....
initializing MME.....
ENB operational
enb Enabled
Successful restart!!
JCKSNVFHQBBULTE078239>
JCKSNVFHQBBULTE078239> ala
170802-01:39:55 113.4.xxx.xxx 10.0v ERBS_NODE_MODEL_B_1_53 stopfile=/tmp/24107
Connecting to 113.4.xxx.xxx:078xxx
Trying file=/var/opt/xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
Resolving the alarm service in OMS...
Simple alarm client initialized...
Starting to retrieve alarms
Nr of active alarms are: 0
=====
Server      Specific Problem      MO (Cause/additional info)
=====
>>>>>> Total: 0 Alarms (0 Critical, 0 Major)
```

Figura 5.14 Reset al nodo A3 por medio de la terminal AMOS

El *reset* remoto del sitio, mostrado en la figura 5.14, se debe realizar durante la ventana de mantenimiento que se presenta durante las 0:00 y 5:00 horas del día. Esto significa que, una vez creado el reporte de sitio, se debe poner en espera indicando que durante la ventana de mantenimiento se realizara el *reset* del nodo A3. A la 1:30 horas del día 8 de febrero se realiza el *reset* remoto en ambas bandas (1900, 2500) en el sitio a través de la terminal AMOS del OSS-RC. El *reset* remoto se realizó exitosamente en ambas bandas; el nodo se encuentra activo y libre de alarmas. Se pone otra vez en espera al reporte de sitio para monitorear el desempeño del fallback y a las 09:00 hrs se revisa el desempeño del sitio A3 y se observa lo siguiente (gráficas 5.32 y 5.33):



Gráfica 5.32 Desempeño del sitio E3 (2500) por día



Gráfica 5.33 Desempeño del sitio E3 (2500) por día

Se observa que en las horas que se estuvo monitoreando al sitio, los intentos de *eCSFB Hand Off* incrementaron notablemente (casi al doble en ambos casos) y la tasa de *hand offs* exitosos subió hasta el 95% mínimo. Con esto se considera que el problema de *fallback* se ha solucionado y se añade la información de las estadísticas del sitio A3 después del *reset* y el reporte se cierra como REPAIRED – SOFTWARE CONFIGURATION.

El reporte de usuario se regresa pidiendo al usuario final que reinicie su dispositivo y pruebe el servicio durante las próximas 72 horas, si el problema persiste se deberá comunicar a *Customer Care* y ellos deben re enganchar a CPM para que la investigación continúe con LRFE.

#### V.II.IV Caso 4

*“El usuario final dice que no tiene servicio en su casa “dirección 1 – zona rural”, no puede realizar llamadas y tiene muy poca señal. En ocasiones puede realizar llamadas en la noche, sin embargo, siempre se caen a los pocos segundos de que la otra persona contesta y cuando quiere volver a marcar escucha tono ocupado y no puede volver a realizar ni recibir llamadas. Cuando fue a la tienda para adquirir el equipo y plan los vendedores le aseguraron que había señal en esa área, pero lleva 3 meses con el equipo y no ha tenido servicio en todo este tiempo. También amenazó con cancelar el servicio si este problema no se resuelve lo más pronto posible. Customer Care confirmó que el área tiene poca cobertura y sugirió un airave, pero el usuario no tiene Wifi, Care también trato de obtener un debug test sin éxito”.*

*Identificación del problema*

De acuerdo a la descripción del problema del caso 4:

- El usuario final no tiene servicio en su casa, tiene poca señal. Ha advertido que cancelará el servicio si no se arregla el problema.
- Cuando logra realizar llamadas estas se caen después de realizar el enlace y después no puede volver a enlazar las llamadas
- *Customer Care* sugirió un *airave* como solución, pero el cliente no tiene Wifi
- No se pudo obtener un *debug/speed test*

Como *Care* confirma en las notas del reporte, esta área es de poca cobertura. Los problemas de cobertura se investigan como problemas de CDMA, por lo que las herramientas que se utilizarán son:

- CSF para identificar los sitios más cercanos a la dirección reportada.
- CSF y PRTS para obtener las tasas de desempeño de los sitios más cercanos.
- Mobile CDR para los registros de llamadas de voz.
- Glance y PRTS para ubicar el sector y los vecinos que dan cobertura a la dirección.
- Cell Site Maintenance Schedule, Ticket Search.
- BSM para revisar alarmas en los 5 sitios más cercanos.
- Spirent para backhaul

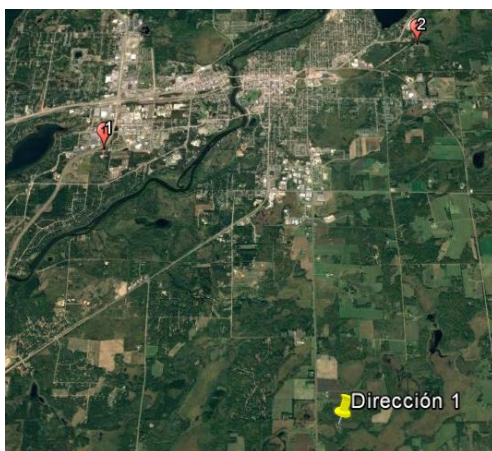
*Mapeo*

Cell Site Finder muestra (*tabla 5.21*) solamente un sitio dentro del radio de 5 millas y otro a 5.7 millas:

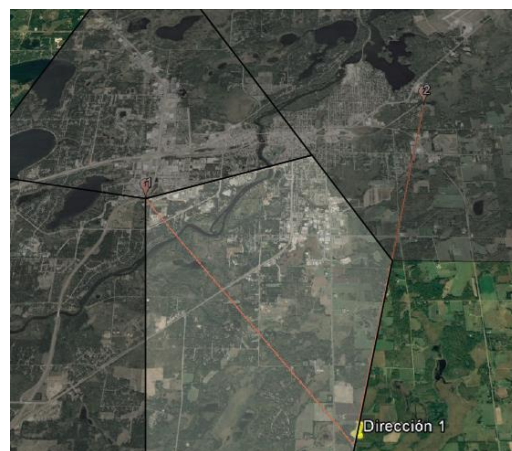
*Tabla 5.21 Sitios más cercanos*

| Sitio | Distancia (millas) | Ubicación |
|-------|--------------------|-----------|
| 1     | 4.9                | NW        |
| 2     | 5.7                | NE        |

PRTS muestra la ubicación de los 2 sitios más cercanos:



*Figura 5.15 Mapa del caso 4*



*Figura 5.16 Mapa de Cobertura del caso 4*

De acuerdo a las figuras 5.15 y 5.16, el sector que da cobertura a la dirección reportada por el usuario es el sector  $\beta$  ( $1\beta$ ). El único vecino es el sector  $\gamma$  del sitio B ( $B\gamma$ ) que se encuentra a 5.7 millas. Se observa también que entre el sitio y la dirección hay un extenso terreno con un área de denso follaje cercana a la dirección y que ésta se encuentra justo en los límites de cobertura del sitio 1, lo que representa un problema ya que para que LRFE pueda realizar una optimización de cobertura en el área se requieren de 2 cosas:

1. Que no haya obstáculos que puedan interferir con la señal entre el sitio y la dirección
2. Que no haya una distancia mayor a 3 millas

Coverage tool confirma que la dirección reportada se encuentra en una zona de pobre cobertura (figura 5.17):

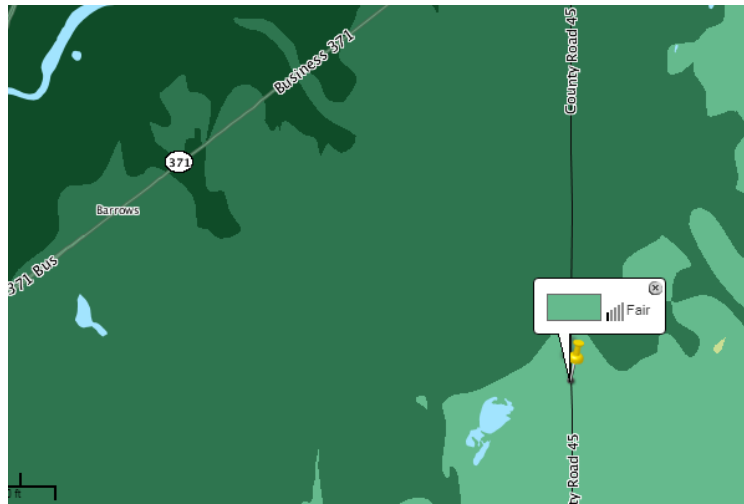


Figura 5.17 Cobertura del caso 4 para Voz

#### Problemas Conocidos

- CSM no muestra ventanas de mantenimiento en el último año.
- Ticket search no muestra reportes abiertos relacionadas a fallas en los dos sitios más cercanos.
- DRMS no muestra desastres naturales en la zona. Se tiene registro de una Alerta de Servicio en el estado debido a fuertes tormentas de nieve, aunque al investigar en qué parte del estado se están presentando las tormentas y la gravedad dependiendo de la zona, se averiguó que la zona en la que se encuentra el usuario final no está gravemente afectada, sin embargo, se presentan tormentas de nieve justo en esta área. Esto dificulta más que LRFE desee tomar acciones en esta área ya que las tormentas de nieve representan un riesgo de daños en el equipo.

#### Registros de Llamada

Para obtener los registros de llamadas de voz se utiliza Mobile CDR (tabla 5.22):

Tabla 5.22 Registros de Llamadas en CDR

| Mobile #   | Switch/Element | Earliest Date         | Latest Date           | Total Calls | Failed Calls | % Failed |
|------------|----------------|-----------------------|-----------------------|-------------|--------------|----------|
| 347XXXXXXX | SMRE55         | 1/05/2017<br>06:58:04 | 3/15/2017<br>10:39:21 | 299         | 53           | 17.725%  |

|  |              |                       |                       |     |     |         |
|--|--------------|-----------------------|-----------------------|-----|-----|---------|
|  | Minneapolis2 | 1/05/2017<br>09:07:33 | 3/15/2017<br>15:22:08 | 319 | 185 | 57.993% |
|  | IOWA1        | 3/01/2017<br>07:15:02 | 3/04/2017<br>19:17:44 | 27  | 0   | 0       |
|  | SMRE77       | 3/01/2017<br>09:21:02 | 3/04/2017<br>22:03:39 | 51  | 0   | 0       |

De la primera tabla, se observa que el switch con más llamadas fallidas es el de Minneapolis y tiene más de la mitad de llamadas. De acuerdo a CSF, el sitio 1 pertenece a este switch por lo que se analizan estas llamadas (tabla 5.23):

*Tabla 5.23 Cantidad de llamadas por sitio en CDR*

| Cell Site | Cascade ID | Attempts |
|-----------|------------|----------|
| 09XX      | 1          | 212      |
| 10XX      | 2          | 47       |
| 09XX      | 5          | 21       |
| 09XX      | 9          | 16       |
| 10XX      | 6          | 14       |
| 10XX      | 3          | 9        |

El sitio 1 es el sitio que más llamadas tiene (212) por lo que se le considera como sitio principal. El segundo sitio con más llamadas es el 2 (47) que es el vecino más próximo. Para ver con mayor detalle las llamadas falladas del sitio 1 (tabla 5.24):

*Tabla 5.24 Detalles de las llamadas en CDR*

| Switch       | First BTS ID | Last BTS ID | Cascade ID | TrkGrp | TrkMbr | Term Code | Mobile Role |
|--------------|--------------|-------------|------------|--------|--------|-----------|-------------|
| Minneapolis2 | 09XX         | 09XX        | 1          | 896    | 1910   | 3         | 4           |
| Minneapolis2 | 09XX         | 09XX        | 1          | 896    | 1910   | 3         | 0           |
| Minneapolis2 | 09XX         | 09XX        | 1          | 896    | 1910   | 3         | 0           |
| Minneapolis2 | 09XX         | 09XX        | 1          | 896    | 1910   | 3         | 4           |
| Minneapolis2 | 10XX         | 10XX        | 2          | 964    | 1810   | 3         | 4           |
| Minneapolis2 | 10XX         | 10XX        | 2          | 964    | 1810   | 3         | 4           |
| Minneapolis2 | 10XX         | 10XX        | 2          | 964    | 1810   | 3         | 4           |
| Minneapolis2 | 10XX         | 10XX        | 2          | 964    | 1810   | 3         | 0           |
| Minneapolis2 | 09XX         | 09XX        | 1          | 896    | 1910   | 3         | 0           |
| Minneapolis2 | 09XX         | 09XX        | 1          | 896    | 1910   | 3         | 0           |
| Minneapolis2 | 09XX         | 09XX        | 1          | 896    | 1910   | 3         | 4           |
| Minneapolis2 | 09XX         | 09XX        | 1          | 896    | 1910   | 3         | 0           |
| Minneapolis2 | 10XX         | 10XX        | 2          | 964    | 1810   | 3         | 0           |

El *Term Code* y *Mobile Role* son los códigos que indican la causa del error que provocó que la llamada fallara:

- 3 : *System Failure* – Falla del sistema. Se da por problemas con la red
- 4 : *Resource error* – Error de recurso. Cuando no hay suficientes recursos para que la torre complete la llamada.



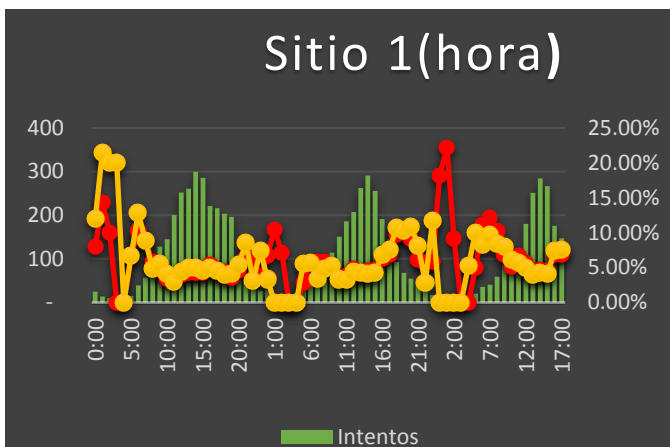
Estos errores confirman que el usuario tiene problemas para realizar llamadas y esto es causado por problemas de la red, sin embargo, aún hay que verificar que este problema sea causado por la pobre cobertura en el área y no por mal desempeño del sitio o por alarmas activas en el sitio.

*Desempeño del sitio*

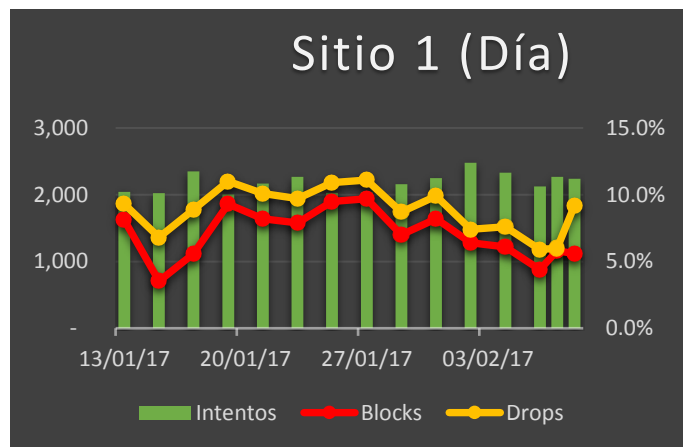
Cell Site Finder muestra altas tasas de bloqueo y llamadas caídas en el sitio 1. Haciendo un análisis de estas altas tasas de llamadas fallidas, el sitio procesa muy pocas llamadas (un máximo de 300 por horas) provocando que, aunque haya pocas llamadas fallidas, las tasas incrementen de golpe y sean mayores al 2%.

Del sitio 2 sólo se muestra la gráfica de los últimos 3 días. Al ser un sitio que se encuentra a más 5 millas y no dar cobertura a la dirección reportada, la investigación no requiere que se revise a fondo este sitio, sin embargo, cómo este es el único sitio vecino a la dirección, se toma en cuenta en esta investigación.

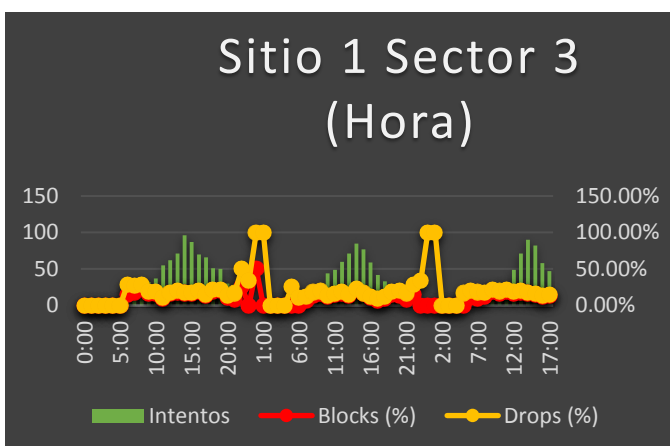
PRTS muestra las siguientes gráficas (5.34 a 5.37) de desempeño:



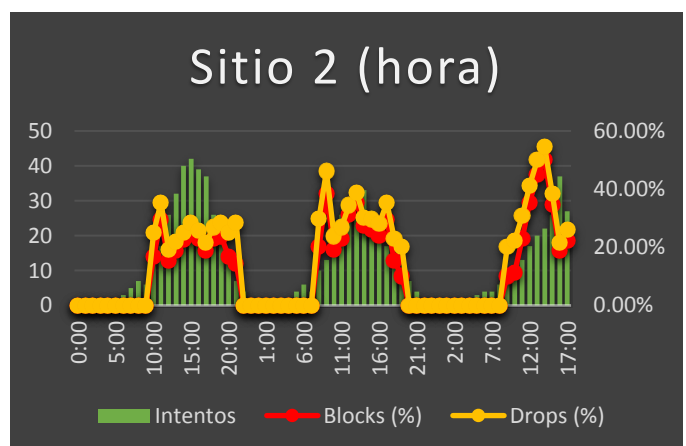
Gráfica 5.34 Desempeño del sitio 1 por hora



Gráfica 5.35 Desempeño del sitio 1 por día



Gráfica 5.36 Desempeño del sitio 1 sector 3 por hora



Gráfica 5.37 Desempeño del sitio 2 por hora

*Alarmas*

BSM no muestra alarmas activas en ninguno de los sitios, ambos sitios se procesando tráfico como se muestra en el siguiente conjunto de datos (usuarios conectados por sector y radio). Los usuarios activos que el sitio 1 presenta se muestran a continuación:

| FA | Sector | Voice |    | Packet |     | Total |     |
|----|--------|-------|----|--------|-----|-------|-----|
|    |        | 2G    | 3G | 2G     | 3G  | 2G    | 3G  |
| 1  | 1      | 0     | 22 | 0      | 110 | 0     | 132 |
|    | 2      | 1     | 15 | 0      | 128 | 1     | 143 |
|    | 3      | 1     | 10 | 6      | 99  | 7     | 109 |
| 2  | 1      | 2     | 7  | 0      | 71  | 2     | 78  |
|    | 2      | 1     | 10 | 2      | 83  | 3     | 93  |
|    | 3      | 0     | 5  | 0      | 41  | 5     | 46  |
| 3  | 1      | 4     | 19 | 9      | 132 | 13    | 151 |
|    | 2      | 5     | 9  | 0      | 121 | 5     | 130 |
|    | 3      | 0     | 6  | 0      | 77  | 0     | 83  |

BSM también muestra que no tiene problemas en la *neighbor list*, los 2 sitios más cercanos al sitio 1 están registrados es sus listas.

*Backhaul*

Para estos sitios, Spirent no es capaz de llevar a cabo las pruebas no invasivas ya que el backhaul de estos sitios está sobre microonda y no sobre ethernet y debido a la configuración de la herramienta, esta sólo puede realizar pruebas no invasivas sobre ethernet. Debido a esto, se solicita ayuda al área dentro del GNOC encargada del Backhaul para que revise ambos sitios. Ellos informan que no hay problemas actualmente que afecten el servicio.

*Análisis de resultados de la investigación*

De acuerdo a la investigación:

- Sólo hay un sitio dentro del radio 5 millas. El siguiente sitio más cercano se encuentra a 5.7 millas y su cobertura no colinda directamente con la dirección reportada.
- La dirección reportada se encuentra a los límites de cobertura del sitio 1.
- Coverage tool muestra que la dirección se encuentra en un área de pobre cobertura para Voz y LTE.
- Hay una alerta de servicio por tormentas de nieve en el estado de Minneapolis, sin embargo, el área en la que se encuentra el usuario final no está tan afectada por esta tormenta como otras partes del estado. Esto se debe tomar en cuenta ya que LRFE no arriesgará el equipo para realizar optimización en el área si hay reportes que indiquen tormentas de nieve.
- Alto porcentaje de llamadas fallidas en el switch Minneapolis2 (57.99%), debido al gran número de llamadas fallidas del usuario que se están procesando en el sitio 1 y 2. Esto no se debe a la

tormenta de nieve en el área, las llamadas fallidas han sucedido desde antes de la temporada de tormentas.

- Los registros muestran que la mayoría de las llamadas fallidas son error de sistema y por falta de recursos, esto significa que las fallas son causa de la red y no del dispositivo.
- El sitio 1 tiene altas tasas de llamadas fallidas (mayores al 2% definido por el proveedor de servicio) lo que se debe a que procesa muy pocos intentos de llamada durante el día. Si de 100 llamadas se caen 10, esto es el 10% de llamadas fallidas, no obstante, esta no es una cantidad importante de llamadas fallidas. Este comportamiento se ha presentado durante el último año, por lo que se considera como un comportamiento normal en el sitio y se le atribuye a la poca cantidad de tráfico que procesa el sitio además de por lo lejos que se encuentran los sitios vecinos para realizar un *hand off* exitoso.
- No hay alarmas activas en el sitio, además se encuentra procesando llamadas y las *neighbor list* están totalmente actualizadas, todos los sitios cercanos al sitio 1 se encuentran registrados.
- No hay problemas de backhaul en los sitios.

En este caso hay 2 factores importantes que pueden representar un problema para LRFE al realizar una optimización en el área y brindar mayor cobertura al usuario final. El primero es que la tormenta de nieve en el estado puede representar riesgos para el equipo, además, de que puede afectar las lecturas de potencia en el área, estas no son condiciones óptimas para realizar un estudio y evaluar la posible mejora de señal en el área. El segundo problema es que la dirección reportada se encuentra a más de 3 millas de los sitios más cercanos y, para que LRFE garantice que la optimización del sitio surtirá efecto en la dirección reportada, se requiere que esté a menos de 3 millas del sitio más cercano; además, entre el sitio y la dirección hay áreas verdes con árboles muy altos que pueden representar interferencias que degraden la señal.

A pesar de estos factores y debido a que el cliente es un riesgo de cancelación, se considera enganchar a LRFE para que realice el estudio y ellos decidan si vale o no la pena realizar la optimización en esta área.

#### *Acciones Correctivas*

Las optimizaciones de los sitios están totalmente a cargo de LRFE ya que representan cambios en la configuración de la red del proveedor de servicio y ningún equipo dentro del GNOC tiene los permisos suficientes para realizar estos cambios. En este caso, sólo CPM puede contactar a LRFE con la finalidad de sugerir un cambio en la cobertura basándose en la investigación y en el problema reportado. El proceso indica que se debe realizar un reporte de sitio dirigido a LRFE con la siguiente información:

- Tecnología: 3G – Voz.
- Switch: Minneapolis2.
- Sitio: 1.
- Distancia entre el sitio y la dirección reportada.
- Problema del sitio: Cobertura.
- Información del cliente.
- *Debug/speed test*.

LRFE requiere la información del *debug/speed test* ya que a partir de estos puede hacer un análisis de que tan degradada está la señal en este punto, sin embargo, como en este caso no se pudo obtener un *debug/speed test*, se le informa a LRFE que, a pesar de los intentos realizados por obtener las mediciones, las pruebas no concluyeron exitosamente debido a la mala señal en el área y que el usuario tampoco puede hacer uso de una solución para interiores ya que no tiene un *ISP*.

También hay que mencionar a LRFE que, a pesar de que el estado se encuentra en Alerta de Servicio, el área que el cliente reporta no está severamente afectada por las tormentas actualmente.

Una vez que se agrega toda la información necesaria al reporte, este se manda a LRFE para que ellos lleven a cabo el análisis de la cobertura.

#### *LRFE*

Antes de enviar el reporte a LRFE, se contactó a los técnicos de encargados de esta área para informarles sobre el caso y evitar así que descarten el caso por la alerta de servicio a primera vista. El técnico asignado dijo que analizará el caso, sin embargo, no garantiza que una optimización se lleve a cabo debido a los 2 factores mencionados anteriormente.

LRFE realiza entonces un análisis de la elevación del terreno que hay entre el sitio 1 y la dirección. También realiza un análisis de la relación de potencias del sitio 1 y la distancia:

“Respecto a la cobertura, la ciudad en la que se encuentra el sitio 1 se encuentra 65 pies por debajo de la altura de la dirección reportada lo cual no significa una gran diferencia que pudiera afectar la señal. Por otro lado, aunque no hay una gran densidad de vegetación entre el sitio y la dirección, pero esto se verá reflejado en la calidad de la señal, ya que la casa del usuario se encuentra rodeada de varias filas de árboles altos que definitivamente degradan la potencia de señal justo en donde se encuentra su casa. En caso de llevar a cabo una optimización en el lugar, el usuario no detectaría los cambios debido a estos árboles, solamente los percibiría cuando se encuentre sobre la carretera que lo lleva a la ciudad.

Por otro lado, cambiar la orientación de la antena del sector 2 hacia la casa del usuario implicaría afectar el servicio de la carretera 371 y de la ciudad de Brainerd y, aun así, sería difícil para el usuario detectar la mejoría en la señal debido a los árboles que lo rodean.

La única opción viable que encontramos es aumentar la potencia de transmisión del sector 2 al límite de la configuración. Sin embargo, es importante que comuniquen al usuario que sólo será capaz de ver mejorías sobre la carretera y no en su casa o afuera de su casa.”

#### *Regreso – Cierre*

Una vez que LRFE regresa el reporte con la explicación de las acciones correctivas y recomendaciones hechas, CPM se encarga de confirmar que el sitio 1 se encuentre en buen estado (libre de alarmas activas que afecten el servicio y con buen desempeño) y regresa el reporte de usuario a *Customer Care* como REPAIRED – LRFE OPTIMIZED con la siguiente información:

*“El sitio más cercano a la dirección reportada es el sitio 1, el cuál es también el más utilizado y el que más llamadas fallidas procesa para este usuario. Después de que LRFE analizara el terreno del área, además de las potencias de transmisión llegó a la siguiente conclusión:*

*‘Respecto a la cobertura, aunque no hay una gran densidad de vegetación entre el sitio y la dirección, la casa del usuario se encuentra rodeada de varias filas de árboles altos que definitivamente degradan la potencia de señal justo en donde se encuentra su casa; esto se ve reflejado en la calidad de la señal en esta área es pobre y a pesar de que LRFE ya ha realizado cambios en el área, el usuario no detectará los cambios debido a estos árboles, y solamente los percibirá cuando se encuentre sobre la carretera 45 que lo lleva a la ciudad. Por otro lado, si LRFE cambiara la orientación de la antena del sector 2 hacia la casa del usuario afectaría el servicio de la carretera 371 y de la ciudad de Brainerd, lo que representa pérdidas mayores; y, aun así, sería difícil para el usuario detectar la mejoría en la señal debido a los árboles.’*

*LRFE pide que se comunique al usuario que ya se ha realizado una optimización en el área, sin embargo, debe estar consiente acerca de que el factor vegetación que se explica anteriormente”*

#### V.II.V Caso 5

*“El usuario experimenta llamadas caídas cuando va de su casa en Gladwyn, PA a su trabajo en Filadelfia, PA. Generalmente ocurre cuando va sobre la Interestatal 76 pasando por Manayunk, PA, al pasar el segundo cementerio. Hace varios meses no experimentaba el problema. Dice que todos los días recorría el mismo camino sobre la interestatal sin problema”*

##### *Identificación del problema*

A pesar de que el usuario final no provee una dirección exacta, indica que el problema ocurre generalmente cuando recorre la parte de la Interestatal-76 que va de Gladwyn a Filadelfia y pasa por Manayunk, PA. A partir de esto se tiene que:

- Las llamadas se caen sobre la Interestatal-76 saliendo de Manayunk, pasando por el segundo cementerio
- Hace unos meses no experimentaba el problema

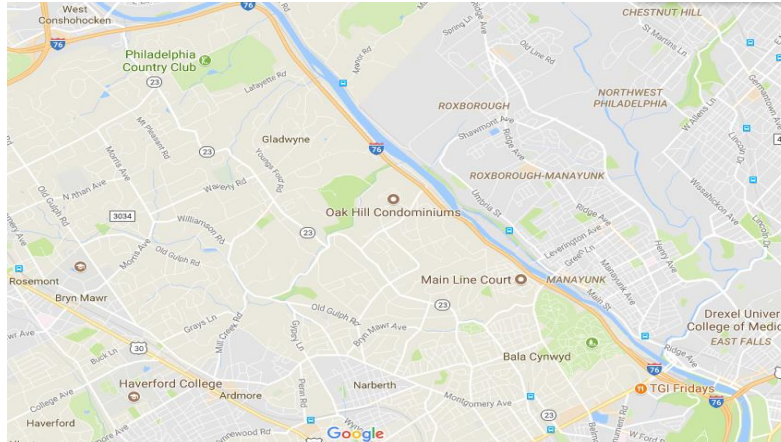
Aunque es común que haya llamadas caídas sobre las carreteras y autopistas debido que el *hand off* entre sitios no se realiza lo suficientemente rápido, de este caso resalta que unos meses antes el usuario no experimentaba este problema. Como este es un problema con llamadas caídas, la tecnología que se investiga es 3G – Voz CDMA, y las herramientas a utilizar son:

- PRTS y Google Maps para ubicar los sitios más cercanos
- CSF y PRTS para obtener las tasas de desempeño de estos sitios.
- Mobile CDR para los registros de llamadas de voz.
- Glance y PRTS para ubicar el sector y los vecinos que dan cobertura al área.
- Cell Site Maintenance Schedule, Ticket Search.
- Secure CRT para revisar alarmas en los 5 sitios más cercanos.

- Spirent para backhaul

*Mapeo*

Google Maps (figura 5.18) muestra que la Interestatal-76 tiene el siguiente recorrido:



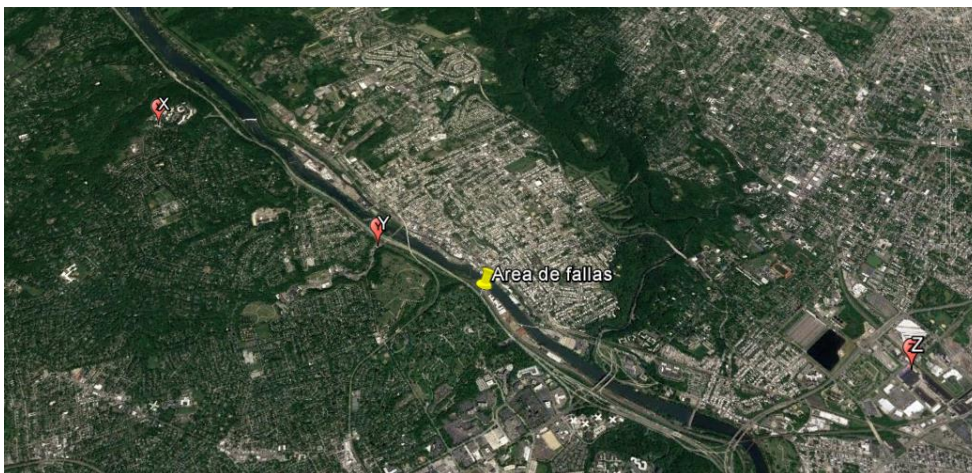
**Figura 5.18** Recorrido de la I-76 en Google Maps

De aquí se obtienen las coordenadas del cementerio y con estas se buscan en CSF los sitios más cercanos a la carretera (tabla 5.25):

*Tabla 5.25 Sitios más cercanos*

| Sitio | Distancia (millas) | Ubicación |
|-------|--------------------|-----------|
| Y     | 0.7                | SE        |
| Z     | 2.41               | E         |
| X     | 2.5                | NO        |

PRTS muestra la ubicación de esos mismos sitios a partir de las coordenadas (figura 5.19):



**Figura 5.19** Mapa del caso 5 con sitios





Figura 5.20 Cobertura de los sitios del área de fallas

Los 3 sitios están ubicados para dar cobertura a cada una de las pequeñas localidades y a la carretera que las conecta, por lo que a simple vista deberá haber cobertura en esta área. El sitio X da cobertura a Gladwyn, el sitio Y a Manayunk y Z a una parte de Filadelfia, por lo que el sitio más cercano al punto donde caen las llamadas es el sitio Y, luego el sitio Z y el más lejano es el sitio X.

Coverage Tool confirma en la figura 5.21, que esta fracción de la autopista se encuentra en buena cobertura, por lo que no debería haber problemas de llamadas caídas:

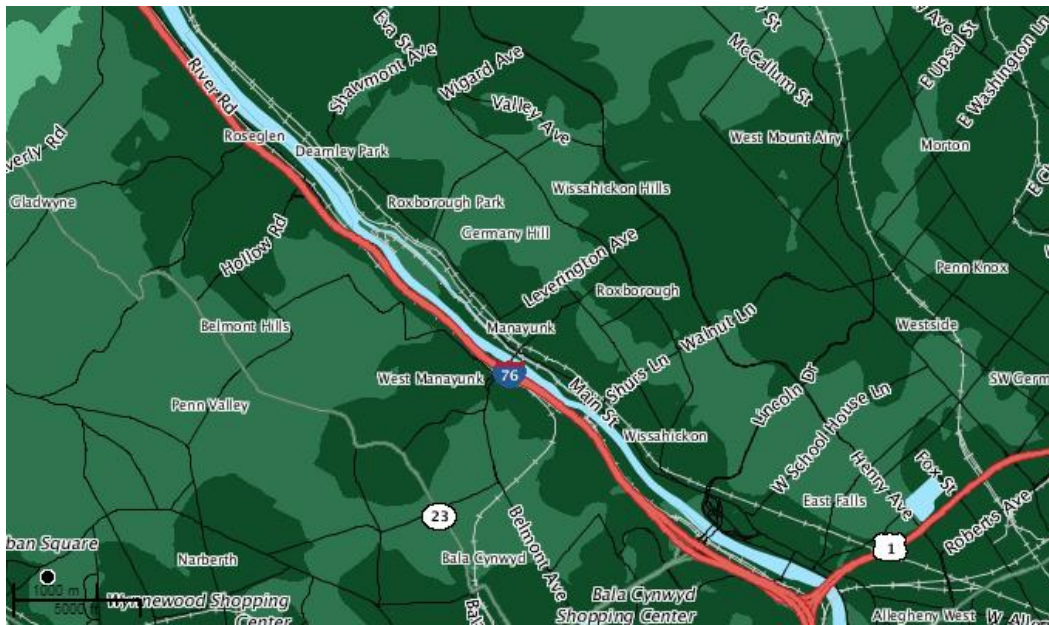


Figura 5.21 Cobertura de Voz para el caso 5

*Problemas Conocidos*

- CSM muestra que hubo una Ventana de mantenimiento de configuración 3G y 4G, en el sitio Y hace 2 meses, que tuvo impacto en el servicio. Los otros 2 sitios no presentan ventanas de mantenimiento durante los últimos 6 meses. Esta ventana de mantenimiento se tomará en cuenta durante el análisis de los resultados.
- Ticket Search no muestra reportes de los sitios X y Z, sin embargo, muestra que el sitio Y ha tenido 2 reportes durante los últimos 2 meses: uno corresponde a problemas de comunicación entre los sitios X y Z con el sitio Y que concluyó con el registro de los sitios X y Z en la *neighbor list* del sitio Y, y el otro a la ventana de mantenimiento para configuración de 3G y 4G.
- No se tiene reportes de eventos sociales, ni eventos naturales que hayan afectado el servicio en el área durante los últimos 6 meses.

*Registros de Llamada*

Mobile CDR sólo es capaz de mostrar los últimos 90 días, por lo que no se podrán revisar los registros de los últimos 2 meses, y según la información arrojada por Mobile CDR (tabla 5.26):

*Tabla 5.26 Registros de llamadas en MCDR del caso 5*

| Mobile #   | Switch/Element | Earliest Date          | Latest Date            | Total Calls | Failed Calls | % Failed |
|------------|----------------|------------------------|------------------------|-------------|--------------|----------|
| 427XXXXXXX | SMRE51         | 12/20/2016<br>00:45:20 | 03/19/2017<br>19:41:17 | 320         | 12           | 3.75%    |
|            | SMRE71         | 12/20/2016<br>06:13:45 | 03/19/2017<br>14:55:10 | 415         | 7            | 1.68%    |
|            | SMRE66         | 12/23/2016<br>10:06:27 | 03/17/2017<br>10:21:33 | 109         | 10           | 9.17%    |
|            | SMRE34         | 12/20/2016<br>09:14:45 | 03/19/2017<br>17:01:19 | 1256        | 41           | 3.26%    |
|            | SMRE07         | 12/27/2016<br>14:56:07 | 01/04/2017<br>07:55:57 | 1115        | 81           | 7.26%    |
|            | SMRE09         | 12/27/2016<br>20:21:13 | 01/03/2017<br>19:34:25 | 1302        | 67           | 5.14%    |
|            | Philadelphia1  | 12/20/2016<br>00:12:31 | 03/19/2017<br>19:15:22 | 1029        | 24           | 2.33%    |
|            | Philadelphia1  | 12/20/2016<br>00:12:31 | 03/19/2017<br>19:15:22 | 1029        | 24           | 2.33%    |
|            | Licity2        | 12/27/2016<br>14:17:57 | 01/04/2017<br>08:34:21 | 112         | 3            | 2.6%     |

El switch con más llamadas es el Philadelphia1 con 1029 con 1029 llamadas. También se observa que en general, este usuario tiene buenas estadísticas de servicio ya que las llamadas fallidas no superan el 10% en ningún switch (Filadelfia o Long Island). Al acceder a los registros de Philadelphia1 se tienen los siguientes números (tabla 5.27):

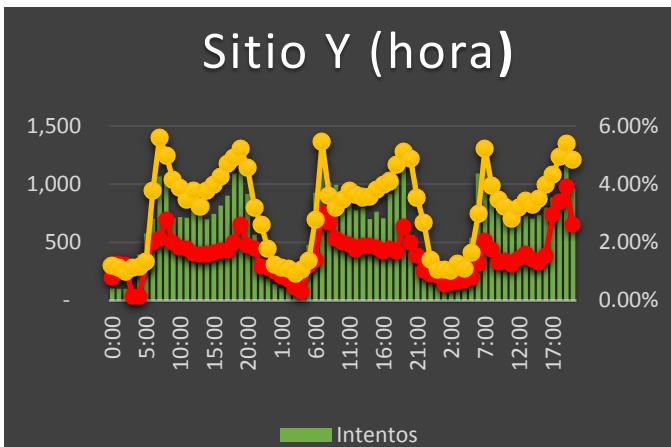




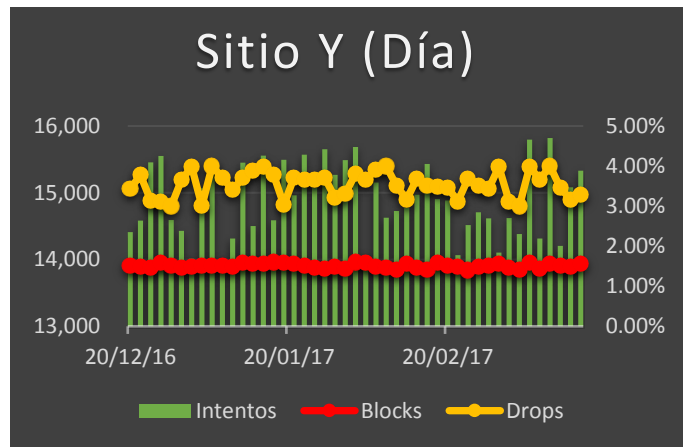
Este fragmento de las llamadas fallidas del Philadelphia1, muestra que la mayoría de estas llamadas son del sitio Y (que es el que da cobertura en el tramo de la carretera que el usuario reporta). También se observa que el *Term Code* de los registros es nuevamente 3, lo que indica que la llamada falló a causa de la red, y no del dispositivo

*Desempeño de los sitios*

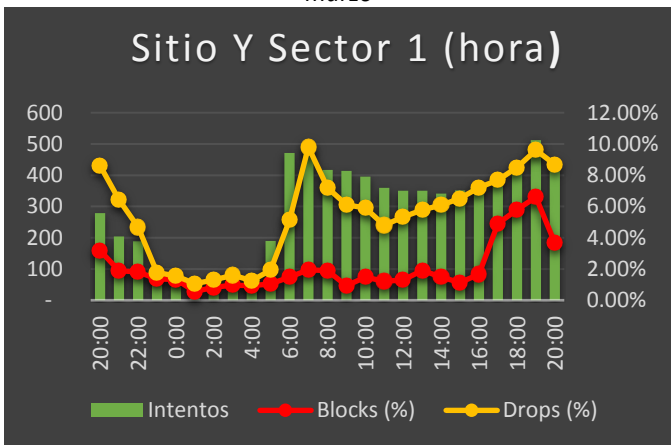
Cell Site Finder muestra que el sitio X no tiene problemas de desempeño, sin embargo, los sitios Y y Z tienen unos picos de llamadas bloqueadas y caídas durante las horas pico, esto no se refleja en las estadísticas por día a largo plazo, pero al analizar las estadísticas por hora se vuelven notorias y más cuando se revisan las estadísticas por sector. A continuación, las gráficas 5.38 a 5.47 de PRTS muestran sobre esta información:



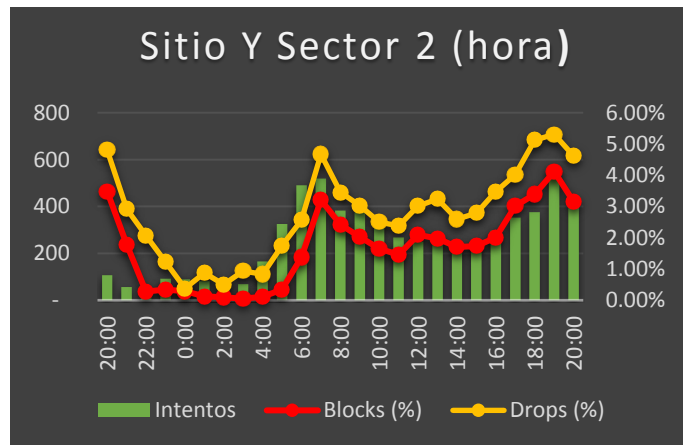
Gráfica 5.38 Desempeño del sitio Y por hora del 17 al 19 de marzo



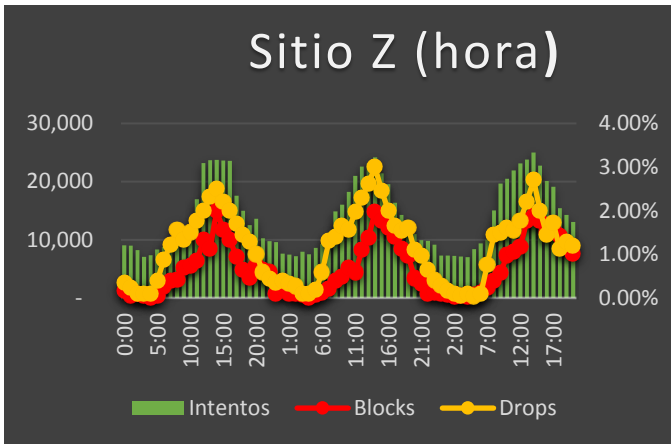
Gráfica 5.39 Desempeño del sitio Y por día



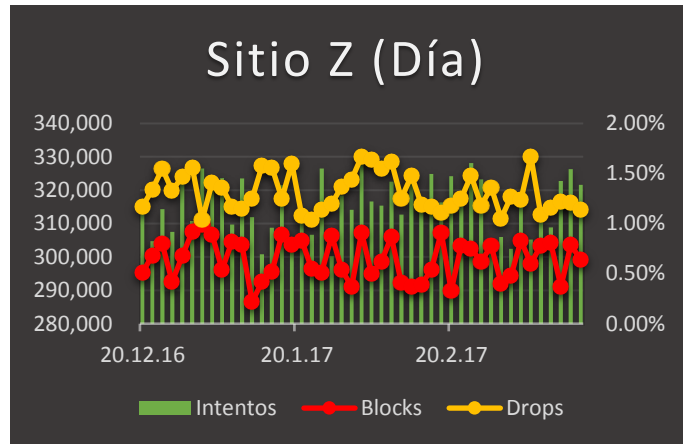
Gráfica 5.40 Desempeño del sitio Y, sector 1 por hora del 19 de marzo



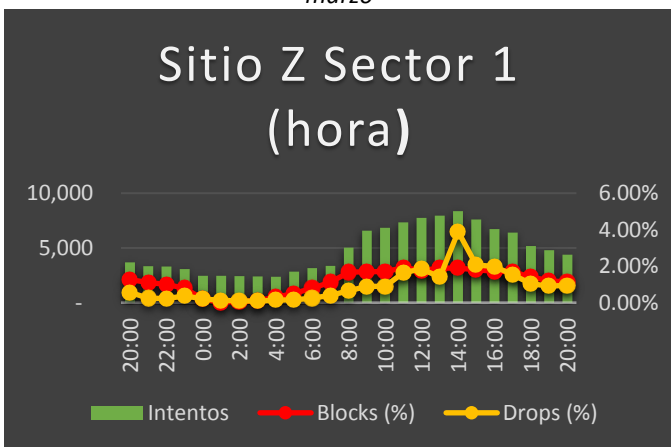
Gráfica 5.41 Desempeño del sitio Y sector 2 por hora del 19 de marzo



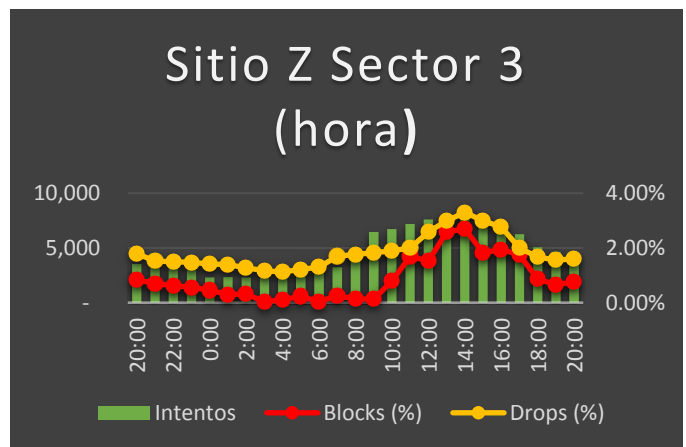
Gráfica 5.42 Desempeño del sitio Z por hora del 17 al 19 de marzo



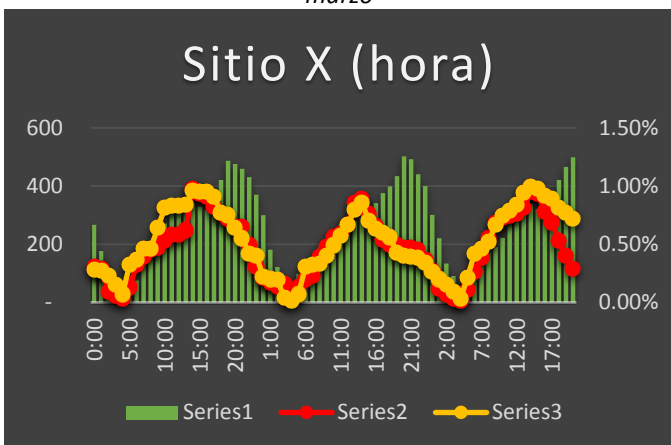
Gráfica 5.43 Desempeño del sitio Z por día



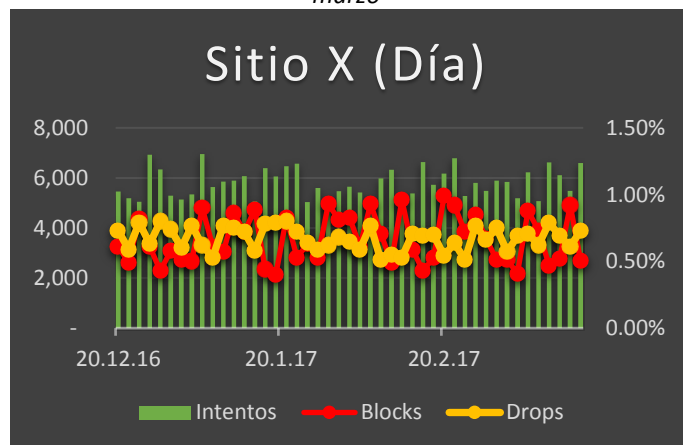
Gráfica 5.44 Desempeño del sitio Z sector 1 por hora del 19 de marzo



Gráfica 5.45 Desempeño del sitio Z sector 3 por hora del 19 de marzo



Gráfica 5.46 Desempeño del sitio X por hora del 17 al 19 de marzo



Gráfica 5.47 Desempeño del sitio X por día

Alarmas

Los sitios Y, Z y X se encuentran activos, tomando tráfico y libres de alarmas que afecten el servicio. Todas las tarjetas y radios se encuentran *activas* y con actividad normal (figuras 5.22 a 5.24:

```

PHILADELPHIA_MSC_2          03/19/17 21:57:04 EST.  PHILADELPHIA_MSC_2          03/19/17 22:05:31 EST.
-----
CMD<          -2131,668      CELL (RCS)668                CMD<          -2139,668      CELL (RCS)668
                                EVM CCD_112                MCD01 (33% BUSY)
                                Carr-Chnl-Bnd#A 6-150-1
LOCATION: Y
PHASE LEVEL:
PHASE SOURCE:
GENERIC VER: E38964DDFQ
1x/DO:IPoETH
CELL SUMMARY: act

| TFU/GPS/AMP/TDU || OD |
| ANT  RF  SBP  ||norm|
| RUI/RRH: act   |

RMV
200,x CCU x
201,x UCL
RST
300,x CCU x
301,x UCL
OP
400,x CCU x
DGN
500,x CCU x
-----
CELL: act

```

Figura 5.22 Estatus del sitio Y en Secure CRT

```

PHILADELPHIA_MSC_2          03/19/17 21:59:55 EST.  PHILADELPHIA_MSC_2          03/19/17 22:06:14 EST.
-----
CMD<          -2131,678      CELL (RCS)678                CMD<          -2139,678      CELL (RCS)678
                                EVM CCD_112                MCD01 (41% BUSY)
                                Carr-Chnl-Bnd#A 6-150-1
LOCATION: Z
PHASE LEVEL:
PHASE SOURCE:
GENERIC VER: E38965DDFQ
1x/DO:IPoETH
CELL SUMMARY: act

| TFU/GPS/AMP/TDU || OD |
| ANT  RF  SBP  ||norm|
| RUI/RRH: act   |

RMV
200,x CCU x
201,x UCL
RST
300,x CCU x
301,x UCL
OP
400,x CCU x
DGN
500,x CCU x
-----
CELL: act

```

Figura 5.23 Estatus del sitio Z en Secure CRT

```

PHILADELPHIA_MSC_2          03/19/17 22:03:12 EST.  PHILADELPHIA_MSC_2          03/19/17 22:08:02 EST.
-----
CMD<          -2131,665      CELL (RCS)665                CMD<          -2139,665      CELL (RCS)665
                                EVM CCD_112                MCD01 (21% BUSY)
                                Carr-Chnl-Bnd#A 6-150-1
LOCATION: X
PHASE LEVEL:
PHASE SOURCE:
GENERIC VER: E38967DDFQ
1x/DO:IPoETH
CELL SUMMARY: act

| TFU/GPS/AMP/TDU || OD |
| ANT  RF  SBP  ||norm|
| RUI/RRH: act   |

RMV
200,x CCU x
201,x UCL
RST
300,x CCU x
301,x UCL
OP
400,x CCU x
DGN
500,x CCU x
-----
CELL: act

```

Figura 5.24 Estatus del sitio X en Secure CRT

Como se observa en las imágenes, los sitios se encuentran procesando tráfico en cada Carrier y tarjeta asignada. Por otro lado, Secure CRT no es capaz de mostrar las *neighbor list* de los sitios ALU en la línea de comandos, pero se pueden revisar en PRTS en la parte de base de datos.

### *Backhaul*

No hay problemas de backhaul de acuerdo con Spirent; la herramienta no muestra errores o pérdidas para ninguno de los sitios más cercanos.

### *Análisis de resultados de la investigación*

De acuerdo a las herramientas:

- Y es el sitio más cercano al área donde se caen las llamadas, después Z y el más lejano es X.
- Los sectores  $Y_{\alpha}$ ,  $Y_{\beta}$ , y  $Z_{\nu}$  son los que dan cobertura al punto sobre la interestatal.
- Hace 2 meses hubo una ventana de mantenimiento para configuración 3G y 4G en el sitio Y con impacto en el servicio, aunque no se reportaron fallas de equipo después de que concluyeran.
- Y tuvo 2 reportes de sitio durante los últimos 2 meses:
  1. Por problemas de comunicación con X y Z que se resolvió agregando X y Z a la *Neighbor List* del sitio Y.
  2. Por la ventana de mantenimiento donde no se reportaron fallas y todo concluyó sin percances.
- El switch principal del usuario final es Philadelphia1. El sitio con más llamadas es X y el sitio con más llamadas fallidas Y.
- Los sitios Y Z tienen altas tasas de bloqueo y caídas por hora durante las horas de mayor tráfico durante los últimos 3 meses.
- No hay alarmas activas en los sitios
- No hay problemas de backhaul.

Como las altas tasas de llamadas bloqueadas y caídas en el sitio Z son solamente durante las horas de mayor tráfico en el área que está bajo la cobertura del sector  $Z_{\nu}$  y estas no duran más de 2 horas, no se considera que haya un problema en el sitio. No obstante, el sitio Y sí se ve afectado por altas tasas de llamadas caídas en los sectores  $Y_{\alpha}$  y  $Y_{\nu}$  que son sectores vecinos de  $Z_{\nu}$ , por lo que la sospecha de problema se centra en el sitio Y. Los sectores que se ven mayormente afectados son los que dan cobertura a la Interestatal-76, y como se menciona en casos anteriores, es común que haya altas tasas de llamadas caídas debido a que los sitios no realizan el *hand off* lo suficientemente rápido mientras se encuentran sobre carreteras o autopistas.

Por otro lado, el sitio Y ha tenido un reporte de sitio por problemas de comunicación con X y Z, por lo que se agregaron los sitios a la *Neighbor List* del sitio Y, sin embargo, para descartar que haya un problema con esta configuración, por medio de PRTS, se revisan las *Neighbor list* de los tres sitios.

### *Neighbor Lists*

Para revisar las *Neighbor List* de los sitios ALU, se utiliza la opción *Site Topology* en PRTS. La herramienta muestra una tabla con información sobre el sitio; parte de la tabla muestra los sitios más cercanos y los sectores vecinos al sector correspondiente del sitio; posteriormente se muestra un link "*Neighbor List*" que abre una ventana con la lista actual del sector correspondiente. En este caso se revisarán solamente

los sectores de X y Z que colindan con Y, y de todos los sectores del sitio Y. Las figuras 5.25 a 5.33 muestran la información de cada uno de los sitios:

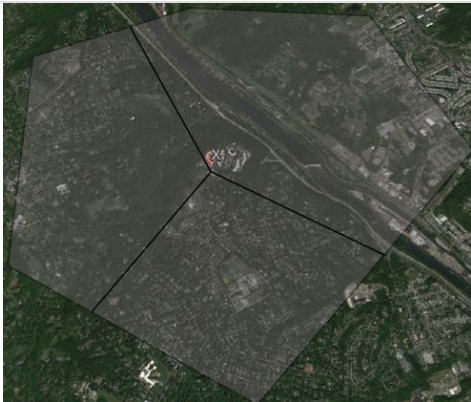
|  |   |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |  |
|--|---|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--|
| <b>Site:</b> X<br><b>Site Type:</b> Macro<br><b>Lat:</b> 0.039<br><b>Long:</b> -75.253<br><b>Market:</b> NewYork<br><b>Region:</b> NE<br><b>OEM:</b> Alcatel-Lucent<br><b>Time Zone:</b> EST<br><b>Launch date:</b> 03/20/2012 |  <p style="text-align: center;"><b>Mapa del sitio</b></p> |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |  |
| <b>Sectors</b>   | Alpha (*), Beta (*), Gamma (*)  |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |  |
| <b>Horizontal Beamwidth</b>  | Alpha (*), Beta (*), Gamma (*)  |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |  |
| <b>Carriers</b>  | CDMA (6)<br>EVDO (6)<br>LTE (9)   |                               |                               | <b>Frequencies</b>            |                               |                               | LTE<br>1900<br>2000<br>2500   | EVDO<br>1900                  | CDMA<br>800<br>1900           |  |
| <b>eNB Name</b>  | NYBEMBBU5xxxx   |                               |                               | <b>Bands</b>                  |                               |                               | 41<br>25<br>26                | CDMA2000                      | CDMAOne                       |  |
| <b>Nearest Sites</b>   | <b>X</b>  |                               |                               | <b>Z</b>                      |                               |                               | <b>W</b>                      |                               |                               |  |
|  | <b>α</b>  | <b>β</b>                      | <b>γ</b>                      | <b>α</b>                      | <b>β</b>                      | <b>γ</b>                      | <b>α</b>                      | <b>β</b>                      | <b>γ</b>                      |  |
| <b>Neighbor Sites</b>  | Xβ<br>Xγ  | Xα<br>Xγ                      | Xα<br>Xβ                      | Xα<br>Xβ                      | Null                          | Xα<br>Xβ                      | Null                          | Xα                            | Null                          |  |
|  | <a href="#">Neighbor List</a>   | <a href="#">Neighbor List</a> | <a href="#">Neighbor List</a> | <a href="#">Neighbor List</a> | <a href="#">Neighbor List</a> | <a href="#">Neighbor List</a> | <a href="#">Neighbor List</a> | <a href="#">Neighbor List</a> | <a href="#">Neighbor List</a> |  |

Figura 5.25 Información del sitio X en Site Topology

De esta tabla se aprecia que, Y no se encuentra registrado en los sectores del sitio X que colindan con él, sin embargo, Z si se encuentra registrado como vecino directo de X. Revisando detenidamente los sectores  $X_{\alpha}$  y  $X_{\beta}$ :



Mapa del Sector X $\alpha$

| Sitio | Sector   | PN  | PCI |
|-------|----------|-----|-----|
| X     | $\beta$  | 110 | 110 |
| X     | $\gamma$ | 63  | 63  |
| Z     | $\alpha$ | 97  | 97  |
| Z     | $\gamma$ | 61  | 61  |

Figura 5.26 Neighbor List del sitio X sector  $\alpha$  en Site Topology



Mapa del sector X $\beta$

| Sitio | Sector   | PN | PCI |
|-------|----------|----|-----|
| X     | $\alpha$ | 82 | 82  |
| X     | $\gamma$ | 63 | 63  |
| Z     | $\alpha$ | 97 | 97  |
| Z     | $\gamma$ | 61 | 61  |

Figura 5.27 Neighbor List del sitio X sector  $\beta$  en Site Topology

En efecto, el sitio Y no se encuentra registrado en la *neighbor list* de los sectores X $\alpha$  y X $\beta$ , lo cual explicaría llamadas caídas en esa porción del área.


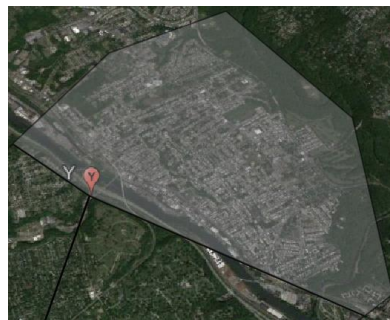
|   |   |   |  |                               |                               |                               |                               |                               |                               |
|---|---|---|--|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| <b>Site:</b><br><b>Site Type:</b><br><b>Lat:</b><br><b>Long:</b><br><b>Market:</b><br><b>Region:</b><br><b>OEM:</b><br><b>Time Zone:</b><br><b>Launch date:</b> | Y<br>Macro<br>40.024589<br>-75.230028<br>NewYork<br>NE<br>Alcatel-Lucent<br>EST<br>11/14/2016 |  <p style="text-align: center;"><b>Mapa del sitio</b></p> |  |                               |                               |                               |                               |                               |                               |
| <b>Sectors</b>  | Alpha (*), Beta (*), Gamma (*)  |   |  |                               |                               |                               |                               |                               |                               |
| <b>Horizontal Beamwidth</b>   | Alpha (*), Beta (*), Gamma (*)  |   |  |                               |                               |                               |                               |                               |                               |
| <b>Carriers</b>   | CDMA (6)<br>EVDO (6)<br>LTE (9)   | <b>Frequencies</b>  |  |                               | LTE<br>1900<br>2000<br>2500   | EVDO<br>1900                  | CDMA<br>800<br>1900           |                               |                               |
| <b>eNB Name</b>   | NYBEMBBU5xxxx   |   |  | <b>Bands</b>                  |                               | 41<br>25<br>26                | CDMA2000                      | CDMAOne                       |                               |
| <b>Nearest Sites</b>  | <b>Y</b>  |   |  | <b>X</b>                      |                               |                               | <b>Z</b>                      |                               |                               |
|   | $\alpha$  | $\beta$   | $\gamma$   | $\alpha$                      | $\beta$                       | $\gamma$                      | $\alpha$                      | $\beta$                       | $\gamma$                      |
| <b>Neighbor Sites</b>   | Y $\beta$<br>Y $\gamma$<br>X $\alpha$<br>X $\beta$<br>Z $\beta$<br>Z $\gamma$                 | Y $\alpha$<br>Y $\gamma$<br>Z $\alpha$<br>Z $\gamma$  | Y $\alpha$<br>Y $\beta$<br>X $\alpha$<br>X $\beta$ | Y $\alpha$<br>Y $\gamma$      | Y $\alpha$<br>Y $\gamma$      | Null                          | Y $\alpha$                    | Null                          | Y $\alpha$<br>Y $\beta$       |
|   | <a href="#">Neighbor List</a>   | <a href="#">Neighbor List</a>   | <a href="#">Neighbor List</a>                      | <a href="#">Neighbor List</a> | <a href="#">Neighbor List</a> | <a href="#">Neighbor List</a> | <a href="#">Neighbor List</a> | <a href="#">Neighbor List</a> | <a href="#">Neighbor List</a> |

Figura 5.28 Información del sitio Y en Site Topology

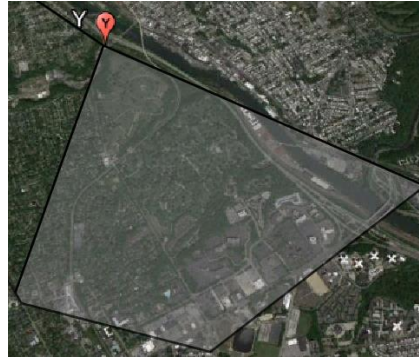


Mapa del sector Y $\alpha$

| Sitio | Sector   | PN  | PCI |
|-------|----------|-----|-----|
| Y     | $\beta$  | 102 | 102 |
| Y     | $\gamma$ | 52  | 52  |
| X     | $\alpha$ | 82  | 82  |
| X     | $\beta$  | 110 | 110 |
| Z     | $\alpha$ | 97  | 97  |

Figura 5.29 Neighbor List del sitio Y sector  $\alpha$  en Site Topology





Mapa del sector Yβ

| Sitio | Sector | PN | PCI |
|-------|--------|----|-----|
| Y     | α      | 76 | 76  |
| Y     | γ      | 52 | 52  |
| Z     | α      | 97 | 97  |
| Z     | γ      | 61 | 61  |

Figura 5.30 Información del sitio Y sector β en Site Topology

El sitio Y si tiene registrados a los sitios X y Z en las *neighbor list* de sus sectores, que es precisamente el problema por el que se abrió un reporte de sitio por errores de comunicación. No obstante, el sector Z<sub>γ</sub>, tampoco se encuentra registrado en la lista del sector Y<sub>α</sub>. A estas alturas de la investigación es posible decir que esta es la causa por la que ocurren las llamadas fallidas, los sectores vecinos no están correctamente configurados en la *neighbor list* del sitio Y, y viceversa.

|                             |                                 |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |
|-----------------------------|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| <b>Site:</b>                | Z                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |
| <b>Site Type:</b>           | Macro                           |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |
| <b>Lat</b>                  | 0.012500,                       |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |
| <b>Long:</b>                | -75.173800                      |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |
| <b>Market:</b>              | NewYork                         |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |
| <b>Region:</b>              | NE                              |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |
| <b>OEM:</b>                 | Alcatel-Lucent                  |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |
| <b>Time Zone:</b>           | EST                             |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |
| <b>Launch date:</b>         | 03/12/2012                      |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |
|                             |                                 |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |
|                             |                                 | Mapa del sitio                |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |
| <b>Sectors</b>              | Alpha (*), Beta (*), Gamma (*)  |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |
| <b>Horizontal Beamwidth</b> | Alpha (*), Beta (*), Gamma (*)  |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |
| <b>Carriers</b>             | CDMA (6)<br>EVDO (6)<br>LTE (9) | <b>Frequencies</b>            | LTE<br>1900<br>2000<br>2500   | EVDO<br>1900                  | CDMA<br>800<br>1900           |                               |                               |                               |                               |
| <b>eNB Name</b>             | NYBEMBBU5xxxx                   | <b>Bands</b>                  | 41<br>25<br>26                | CDMA2000                      | CDMAOne                       |                               |                               |                               |                               |
| <b>Nearest Sites</b>        | Z                               |                               |                               | X                             |                               | V                             |                               |                               |                               |
|                             | α                               | β                             | γ                             | α                             | β                             | γ                             | α                             | β                             | γ                             |
| <b>Neighbor Sites</b>       | Zβ<br>Zγ                        | Zα<br>Zγ                      | Zα<br>Zβ                      | Zα<br>Zγ                      | Zα<br>Zγ                      | Null                          |                               |                               |                               |
|                             | <a href="#">Neighbor List</a>   | <a href="#">Neighbor List</a> | <a href="#">Neighbor List</a> | <a href="#">Neighbor List</a> | <a href="#">Neighbor List</a> | <a href="#">Neighbor List</a> | <a href="#">Neighbor List</a> | <a href="#">Neighbor List</a> | <a href="#">Neighbor List</a> |

Figura 5.31 Información del sitio Z en Site Topology



Mapa del sector Zα

| Sitio | Sector   | PN  | PCI |
|-------|----------|-----|-----|
| Z     | $\beta$  | 55  | 55  |
| Z     | $\gamma$ | 61  | 61  |
| X     | $\alpha$ | 82  | 82  |
| X     | $\beta$  | 110 | 110 |

Figura 5.32 Neighbor List del sitio Z sector  $\alpha$  en Site Topology



Mapa del sector Zγ

| Sitio | Sector   | PN  | PCI |
|-------|----------|-----|-----|
| Z     | $\alpha$ | 97  | 97  |
| Z     | $\beta$  | 55  | 55  |
| X     | $\alpha$ | 82  | 82  |
| X     | $\beta$  | 110 | 110 |

Figura 5.33 Neighbor List del sitio Y sector  $\gamma$  en Site Topology

Las tablas anteriores muestran que el sitio Y no está registrado en el sitio Z, con lo que confirmo que esta es la razón por la que ocurren las llamadas caídas. Es importante que los sectores vecinos se encuentren correctamente configurados en estas listas, ya que a partir de ellas es como el sitio que procesa actualmente la llamada sabe cuál es el sitio más cercano con el que puede realizar un *hand off* para evitar que las llamadas sean interrumpidas por pérdida de señal.

Otro punto que llama la atención sobre el sitio Y es que es un sitio muy nuevo, de acuerdo a la tabla de Site Topology, su lanzamiento fue en noviembre del 2016, lo que explicaría que aún no se haya registrado en los sitios X y Y, y que al ponerlo al aire comenzaran los problemas de llamadas caídas para el usuario, ya que, Y estaría interfiriendo con el *hand off* entre X y Z, cuando debería ser entre X – Y, Y – Z.

### Acción correctiva

Para resolver el problema, es necesario modificar la configuración de los sitios X y Z para registrar al sitio Y en la *neighbor list* de cada uno de los sectores vecinos. En este caso, se necesitaría un reporte de sitio para cada uno (X y Z) y sobre estos hacer las anotaciones de las modificaciones de cada uno. Sin embargo, al estar ligados a un reporte de usuario, se puede crear un solo reporte de sitio (ya sea sobre X o Z) y en este reportar el trabajo en ambos sitios. Por comodidad, el reporte de sitio se abrirá sobre Z. El reporte, por lo tanto, debe llevar la siguiente información:

- Tecnología: 3G – Voz.
- Switch: Philadelphia1.
- Sitios: X, Y, Z.
- Problema del sitio: Configuración incorrecta de las *Neighbor List*.

CPM tiene los permisos suficientes para actualizar las listas de los sectores desde el TICLI de Secure CRT para los sitios ALU. También hay que considerar que como estas acciones correctivas tienen impacto en el servicio, se deben realizar durante horas sin demasiado tráfico en el área.

En concreto, los sitios y sectores a modificar son:  $X_{\alpha}$ ,  $X_{\beta}$ ,  $Y_{\alpha}$ ,  $Z_{\alpha}$  y  $Z_{\gamma}$ ; y la información que se necesita es solamente: el número de BTS, el número de sector y el PN de cada uno de estos sectores. Esta información también se obtiene de PRTS – Site Topology. Primero hay que ingresar a la línea de comandos de Secure CRT y desde ahí introducir los códigos para registrar los nuevos sitios.

Para el sitio X (figura 5.34):

```

PHILADELPHIA-MSce-2-OMP TICLI 61>ALW:CELL 665;SECTOR 1
#TECH: : allowed 665 1
PHILADELPHIA-MSce-2-OMP TICLI 61>EXC:NL
The following actions may be service affecting
do you want to continue? yes (y)/ no (n)
y

PHILADELPHIA-MSce-2-OMP TICLI 61>
Optns: NL,ADD
      NL,RMV
Crrts: 665 , 110
       665 , 63
       678 , 97
       678 , 61
03/19/17 23:12:31 #000241

PHILADELPHIA-MSce-2-OMP TICLI 61> EXC:NL,ADD
PCI?
76

PHILADELPHIA-MSce-2-OMP TICLI 61>
Retrieving for 76

668 , 76 set? yes (y)/ no (n)
y

PHILADELPHIA-MSce-2-OMP TICLI 61>
03/19/17 23:13:44 #000245
Updating NL
Executed on config
03/19/17 23:13:52 #000246
Updated

PHILADELPHIA-MSce-2-OMP TICLI 61> EXC:NL,ADD
PCI?
52

PHILADELPHIA-MSce-2-OMP TICLI 61>
Retrieving for 52

668 , 52 set? yes (y)/ no (n)
y

PHILADELPHIA-MSce-2-OMP TICLI 61>
03/19/17 23:15:23 #000249
Updating NL
Executed on config
03/19/17 23:15:31 #000250
Updated

PHILADELPHIA-MSce-2-OMP TICLI 61> EXC:NL
The following actions may be service affecting
do you want to continue? yes (y)/ no (n)
y

PHILADELPHIA-MSce-2-OMP TICLI 61>
Optns: NL,ADD
      NL,RMV
Crrts: 665 , 110
       665 , 63
       668 , 76
       668 , 52
       678 , 97
       678 , 61
03/19/17 23:16:41 #000251

PHILADELPHIA-MSce-2-OMP TICLI 61> ALW:CELL 665;SECTOR 2
#TECH: : allowed 665 2
PHILADELPHIA-MSce-2-OMP TICLI 61>EXC:NL
The following actions may be service affecting
do you want to continue? yes (y)/ no (n)
y

PHILADELPHIA-MSce-2-OMP TICLI 61>
Optns: NL,ADD
      NL,RMV
Crrts: 665 , 82
       665 , 63
       678 , 97
       678 , 61
03/19/17 23:18:12 #000255

PHILADELPHIA-MSce-2-OMP TICLI 61> EXC:NL,ADD
PCI?
76

PHILADELPHIA-MSce-2-OMP TICLI 61>
Retrieving for 76

668 , 76 set? yes (y)/ no (n)
y

PHILADELPHIA-MSce-2-OMP TICLI 61>
03/19/17 23:19:02 #000258
Updating NL
Executed on config
03/19/17 23:19:10 #000259
Updated

PHILADELPHIA-MSce-2-OMP TICLI 61> EXC:NL,ADD
PCI?
52

PHILADELPHIA-MSce-2-OMP TICLI 61>
Retrieving for 52

668 , 52 set? yes (y)/ no (n)
y

PHILADELPHIA-MSce-2-OMP TICLI 61>
03/19/17 23:20:15 #000261
Updating NL
Executed on config
03/19/17 23:20:23 #000262
Updated

PHILADELPHIA-MSce-2-OMP TICLI 61> EXC:NL
The following actions may be service affecting
do you want to continue? yes (y)/ no (n)
y

PHILADELPHIA-MSce-2-OMP TICLI 61>
Optns: NL,ADD
      NL,RMV
Crrts: 665 , 82
       665 , 63
       668 , 76
       668 , 52
       678 , 97
       678 , 61
03/19/17 23:22:10 #000266

```

Figura 5.34 Modificación de las Neighbor List del sitio X en Secure CRT

Para el sitio Y (figura 5.35):

```

PHILADELPHIA-MSce-2-OMP TICLI 61>ALW:CELL 668;SECTOR 1
#TECH: : allowed 668 1
PHILADELPHIA-MSce-2-OMP TICLI 61>EXC:NL
The following actions may be service affecting
do you want to continue? yes (y)/ no (n)
y

PHILADELPHIA-MSce-2-OMP TICLI 61>
Optns: NL,ADD
NL,RMV
Crrts: 668 , 102
        668 , 52
        665 , 82
        665 , 110
        678 , 97

03/19/17 23:29:19 #000272

PHILADELPHIA-MSce-2-OMP TICLI 61> EXC:NL,ADD
PCI?
61

PHILADELPHIA-MSce-2-OMP TICLI 61>
Retrieving for 61

678 , 61 set? yes (y)/ no (n)
y

PHILADELPHIA-MSce-2-OMP TICLI 61>
03/19/17 23:30:31 #000276
Updating NL
Executed on config
03/19/17 23:30:39 #000277
updated

PHILADELPHIA-MSce-2-OMP TICLI 61> EXC:NL
The following actions may be service affecting
do you want to continue? yes (y)/ no (n)
y

PHILADELPHIA-MSce-2-OMP TICLI 61>
Optns: NL,ADD
NL,RMV
Crrts: 668 , 102
        668 , 52
        665 , 82
        665 , 110
        678 , 97
        678 , 61
    
```

Figura 5.35 Modificación de las Neighbor List del sitio Y en Secure CRT

Para el sitio Z (figura 5.36):

```

PHILADELPHIA-MSce-2-OMP TICLI 61>ALW:CELL 678;SECTOR 1
#TECH: : allowed 678 1
PHILADELPHIA-MSce-2-OMP TICLI 61>EXC:NL
The following actions may be service affecting
do you want to continue? yes (y)/ no (n)
y

PHILADELPHIA-MSce-2-OMP TICLI 61>
Optns: NL,ADD
NL,RMV
Crrts: 678 , 55
        678 , 61
        665 , 82
        665 , 110

03/19/17 23:39:27 #000283

PHILADELPHIA-MSce-2-OMP TICLI 61> EXC:NL,ADD
PCI?
76

PHILADELPHIA-MSce-2-OMP TICLI 61>
Retrieving for 76

668 , 76 set? yes (y)/ no (n)
y

PHILADELPHIA-MSce-2-OMP TICLI 61>
03/19/17 23:40:44 #000286
Updating NL
Executed on config
03/19/17 23:40:52 #000287
updated

PHILADELPHIA-MSce-2-OMP TICLI 61> EXC:NL,ADD
PCI?
102

PHILADELPHIA-MSce-2-OMP TICLI 61>
Retrieving for 102

668 , 102 set? yes (y)/ no (n)
y

PHILADELPHIA-MSce-2-OMP TICLI 61>
03/19/17 23:42:01 #000289
Updating NL
Executed on config
03/19/17 23:41:09 #000290
updated

PHILADELPHIA-MSce-2-OMP TICLI 61> EXC:NL
The following actions may be service affecting
do you want to continue? yes (y)/ no (n)
y

PHILADELPHIA-MSce-2-OMP TICLI 61>
Optns: NL,ADD
NL,RMV
Crrts: 678 , 55
        678 , 61
        665 , 82
        665 , 110
        668 , 76
        668 , 102

03/19/17 23:43:10 #000292

PHILADELPHIA-MSce-2-OMP TICLI 61> ALW:CELL 678;SECTOR 3
#TECH: : allowed 678 3
PHILADELPHIA-MSce-2-OMP TICLI 61>EXC:NL
The following actions may be service affecting
do you want to continue? yes (y)/ no (n)
y

PHILADELPHIA-MSce-2-OMP TICLI 61>
Optns: NL,ADD
NL,RMV
Crrts: 678 , 97
        678 , 55
        665 , 82
        665 , 110

03/19/17 23:46:57 #000297

PHILADELPHIA-MSce-2-OMP TICLI 61> EXC:NL,ADD
PCI?
76

PHILADELPHIA-MSce-2-OMP TICLI 61>
Retrieving for 76

668 , 76 set? yes (y)/ no (n)
y

PHILADELPHIA-MSce-2-OMP TICLI 61>
03/19/17 23:48:51 #000300
Updating NL
Executed on config
03/19/17 23:48:59 #000301
updated

PHILADELPHIA-MSce-2-OMP TICLI 61> EXC:NL,ADD
PCI?
102

PHILADELPHIA-MSce-2-OMP TICLI 61>
Retrieving for 102

668 , 102 set? yes (y)/ no (n)
y

PHILADELPHIA-MSce-2-OMP TICLI 61>
03/19/17 23:53:57 #000304
Updating NL
Executed on config
03/19/17 23:54:05 #000305
updated

PHILADELPHIA-MSce-2-OMP TICLI 61>
Optns: NL,ADD
NL,RMV
Crrts: 678 , 97
        678 , 55
        665 , 82
        665 , 110
        668 , 76
        668 , 102

03/19/17 23:56:03 #000266
    
```

Figura 5.36 Modificación de las Neighbor List del sitio Z en Secure CRT

Una vez actualizadas las *neighbor list* en cada uno de estos sitios, hay que revisar que el sitio no haya sufrido afectaciones después de la actualización. Secure CRT no muestra alarmas activas en los sitios y que se encuentran procesando llamadas. PRTS también muestra que las tasas de bloqueo y llamadas caídas de los tres sitios no rebasa el 2% en este momento, por lo que se agrega esta información al reporte de sitio y se cierra como REPAIRED.

Al reporte de usuario se le agrega la siguiente información y se regresa como REPAIRED – SOFTWARE CONFIGURATION:

*“Se revisaron los 3 sitios que dan cobertura al área de la I-76 que el usuario reporta. De acuerdo a la investigación, el sitio Y es el sitio más cercano al punto donde las llamadas fallan y también el más reciente, por lo que los sitios X y Z (vecinos) no contaban con la actualización más reciente respecto a Y. La configuración de los 3 sitios ha sido actualizada y no deberían presentarse más problemas en el área. Por favor, informe al usuario sobre las actualizaciones y pida que pruebe el servicio durante los siguientes días”.*

#### V.II.VI Caso 6

*“El usuario no tiene servicio en el área, la señal es pobre y hace algunos meses era excelente. No puede ver videos en su casa, los sitios web también se tardan demasiado tiempo o de plano no cargan. Care le explicó al usuario que no garantizan cobertura en interiores, sin embargo, el cliente dice que tampoco tiene buena conexión a internet en exteriores. También menciona que no es posible que no haya cobertura en esta área ya que hay una torre a 2 cuadras de su casa que se encuentra en “dirección 1”. El debug que el usuario da muestra valores por debajo de los parámetros aceptados por la empresa”.*

##### *Debug/speed test*

|                 |                 |
|-----------------|-----------------|
| <i>RSRP</i>     | <i>-116 dBm</i> |
| <i>RSRQ</i>     | <i>-15 dB</i>   |
| <i>SINR</i>     | <i>3</i>        |
| <i>PCI</i>      | <i>304</i>      |
| <i>DL Speed</i> | <i>3.8 Mbps</i> |
| <i>UL Speed</i> | <i>0.9 Mbps</i> |

##### *Identificación del problema*

De acuerdo a la descripción del problema:

- Cambio en la calidad de señal en el área, incluso en exteriores.
- Datos lentos.
- Hay una torre a 2 cuadras de la dirección indicada.
- *Debug y Speed test* confirman malas lecturas de señal. También muestran que el usuario se está conectando al sitio B sector 1.

Estos problemas indican que un posible cambio de cobertura se está experimentando en el área, si es que la torre que el usuario dice ver a dos cuadras de su casa pertenece al proveedor de servicios. La queja

principal dice que el usuario experimenta mala calidad en las tasas de datos (los videos y páginas tardan mucho tiempo en cargar), por lo que la tecnología que se investigará es LTE, con lo que herramientas a utilizar serán:

- CSF para identificar los sitios más cercanos a la dirección reportada.
- PRTS para obtener las tasas de desempeño de los sitios más cercanos y para obtener los registros de conexión a LTE.
- Glance y PRTS para ubicar el sector y los vecinos que dan cobertura a la dirección.
- Cell Site Maintenance Schedule, Ticket Search.
- SAMB para revisar alarmas en los nodos más cercanos
- Spirent para backhaul

*Mapeo*

Cell Site Finder muestra los siguientes 5 sitios más cercanos a la dirección reportada (tabla 5.29):

*Tabla 5.29 Sitios más cercanos*

| Sitio | Distancia (millas) | Ubicación |
|-------|--------------------|-----------|
| A     | 0.48               | NE        |
| B     | 2.1                | SW        |
| C     | 2.14               | S         |
| D     | 2.51               | NW        |
| E     | 3                  | SW        |

PRTS muestra la ubicación de los sitios (figuras 5.37 y 5.38):

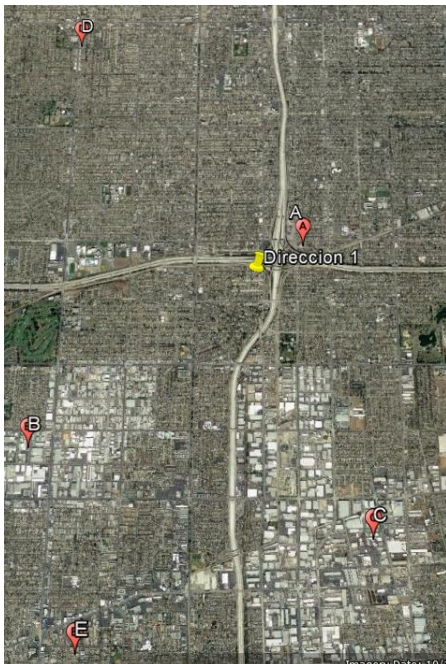


Figura 5.37 Mapa de sitios del caso 6

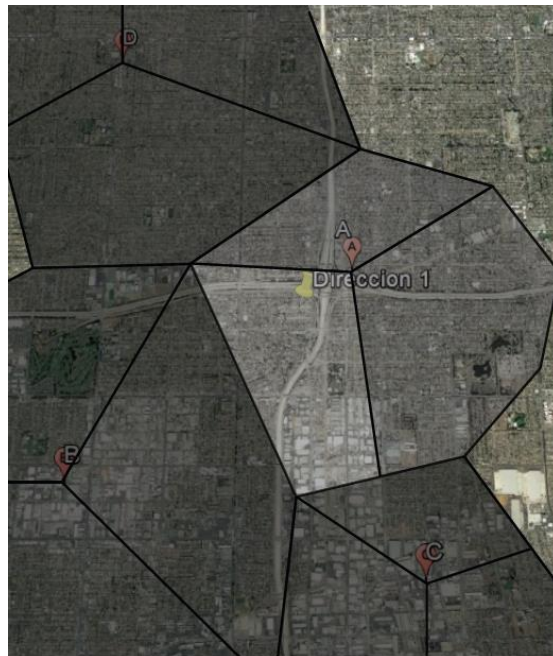


Figura 5.38 Cobertura de los sitios más cercanos



Según el mapa, esta zona es una ciudad muy poblada y tiene varios sitios muy cercanos entre ellos, por lo que, en este tipo de áreas, un cambio de cobertura es poco probable a menos que haya cambios mayores en la red como nuevos sitios o sitios decomisados en el área.

La dirección reportada se encuentra dentro de la cobertura del sitio A, sector  $\gamma$ , los sectores vecinos son  $B_\alpha$ ,  $C_\alpha$ ,  $C_\gamma$  y  $D_\beta$ . El sitio E no es vecino directo del sitio A, a pesar de que es el 5to más cercano. Dependiendo del desempeño de los sitios B y C, se investigará más a fondo si existe un problema en E.

Por otro lado, Coverage tool tiene problemas en localizar la dirección exacta, sin embargo, muestra que el área se encuentra dentro de la mejor cobertura para voz (figuras 5.39 y 5.40):

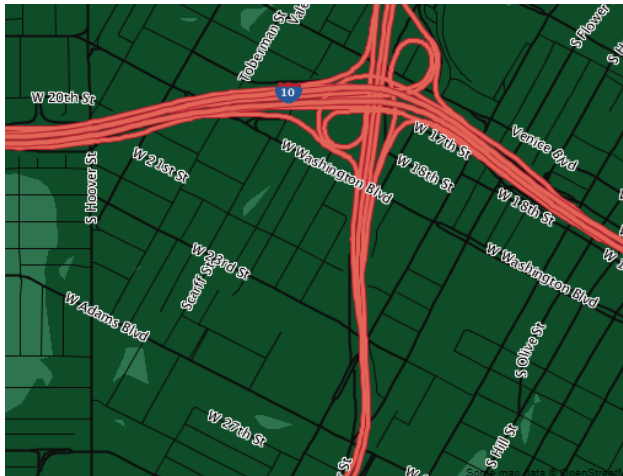


Figura 5.39 Cobertura de voz en el área

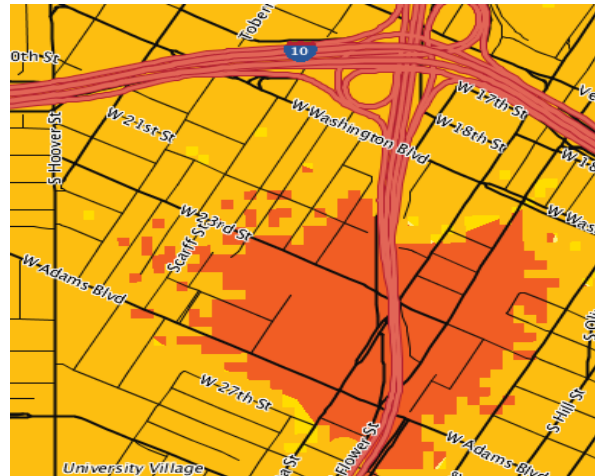


Figura 5.40 Cobertura de LTE en el área

Para LTE, el área se encuentra cerca de un área con nula cobertura de LTE (sólo Datos 3G), lo que no es consistente con la cobertura de los sitios A, B y C.

#### Problemas conocidos

- CSM no muestra ventanas de mantenimiento durante los últimos 6 meses, ni alguna actividad de configuración que pudiera haber afectado el servicio y la cobertura en el área.
- Ticket Search no muestra reportes para los sitios A, C, D y E en los últimos 6 meses; sin embargo, en el sitio B hubo un reporte abierto por problemas en la RRH 1 que se encontraba fuera de servicio hace 2 meses y que se resolvió 3 semanas después al reemplazar la RRH dañada. La RRH 1 pertenece al sector  $\alpha$  del sitio B, que es vecino directo del sitio A, esto pudo haber afectado la calidad en el servicio del usuario.
- No se tiene reportes de eventos sociales, ni eventos naturales que hayan afectado el servicio en el área durante los últimos 6 meses.

#### Registros de llamada:

PRTS muestra los siguientes registros de conexión de los últimos días (tabla 5.30):

Tabla 5.30 Registros de conexiones en PRTS

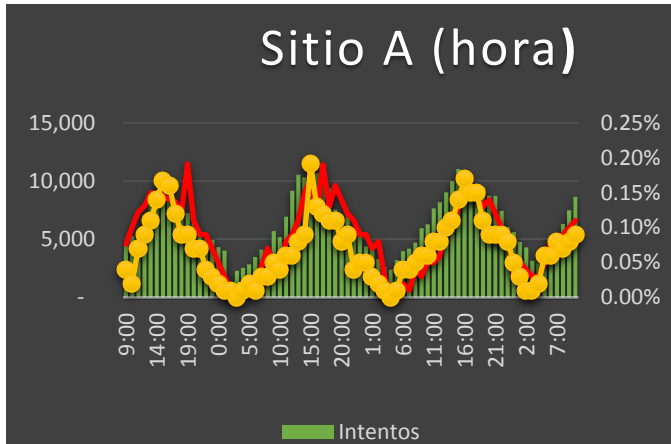
| Fecha      | Hora  | CFC     | CFC descripción                | Sitio | Sector | PCI | Llamada | Frecuencia |
|------------|-------|---------|--------------------------------|-------|--------|-----|---------|------------|
| 02/24/2017 | 09:14 | NORMAL  | Normal Release                 | G     | 2      | 502 | LTE     | 2500       |
| 02/24/2017 | 11:55 | NORMAL  | Normal Release                 | G     | 2      | 502 | LTE     | 2500       |
| 02/24/2017 | 13:19 | NORMAL  | Normal Release                 | G     | 2      | 502 | LTE     | 2500       |
| 02/24/2017 | 16:12 | SUCCESS | Normal Release                 | B     | 1      | 304 | LTE     | 2500       |
| 02/24/2017 | 16:33 | SUCCESS | Normal Release                 | B     | 1      | 304 | LTE     | 2500       |
| 02/24/2017 | 17:01 | SUCCESS | Normal Release                 | B     | 1      | 304 | LTE     | 2500       |
| 02/24/2017 | 17:29 | SUCCESS | Normal Release                 | B     | 1      | 304 | LTE     | 2500       |
| 02/24/2017 | 17:41 | SUCCESS | Normal Release                 | B     | 1      | 304 | LTE     | 2500       |
| 02/24/2017 | 18:11 | NORMAL  | Normal Release                 | B     | 1      | 304 | LTE     | 2500       |
| 02/24/2017 | 18:20 | NORMAL  | Session Expired                | A     | 3      | 201 | LTE     | 1900       |
| 02/24/2017 | 18:55 | FAILURE | Page ended without locating UE | A     | 3      | 201 | LTE     | 1900       |
| 02/24/2017 | 19:02 | NORMAL  | Session Expired                | A     | 3      | 201 | LTE     | 1900       |
| 02/25/2017 | 08:01 | NORMAL  | Normal Release                 | B     | 1      | 304 | LTE     | 2500       |
| 02/25/2017 | 08:51 | NORMAL  | Session Expired                | B     | 1      | 304 | LTE     | 1900       |
| 02/25/2017 | 10:12 | NORMAL  | Session Expired                | B     | 1      | 304 | LTE     | 1900       |
| 02/25/2017 | 11:04 | SUCCESS | Normal Release                 | B     | 1      | 304 | LTE     | 1900       |
| 02/25/2017 | 13:13 | SUCCESS | Normal Release                 | B     | 1      | 304 | LTE     | 1900       |
| 02/25/2017 | 14:03 | SUCCESS | Normal Release                 | B     | 1      | 304 | LTE     | 1900       |
| 02/25/2017 | 14:24 | FAILURE | Page ended without locating UE | A     | 3      | 201 | LTE     | 1900       |
| 02/25/2017 | 14:39 | NORMAL  | Normal Release                 | G     | 2      | 502 | LTE     | 2500       |
| 02/25/2017 | 15:55 | NORMAL  | Normal Release                 | G     | 2      | 502 | LTE     | 2500       |
| 02/25/2017 | 16:09 | SUCCESS | Normal Release                 | G     | 2      | 502 | LTE     | 2500       |
| 02/25/2017 | 18:00 | SUCCESS | Normal Release                 | G     | 2      | 502 | LTE     | 2500       |
| 02/25/2017 | 19:12 | SUCCESS | Normal Release                 | G     | 2      | 502 | LTE     | 2500       |
| 02/25/2017 | 20:35 | NORMAL  | Session Expired                | B     | 1      | 304 | LTE     | 2500       |
| 02/26/2017 | 07:20 | NORMAL  | Session Expired                | B     | 1      | 304 | LTE     | 2500       |
| 02/26/2017 | 11:15 | FAILURE | Page ended without locating UE | A     | 3      | 201 | LTE     | 1900       |
| 02/26/2017 | 11:17 | NORMAL  | Session Expired                | A     | 3      | 201 | LTE     | 1900       |
| 02/26/2017 | 12:00 | NORMAL  | Session Expired                | B     | 1      | 304 | LTE     | 1900       |
| 02/26/2017 | 15:14 | NORMAL  | Normal Release                 | B     | 1      | 304 | LTE     | 1900       |
| 02/26/2017 | 15:21 | SUCCESS | Normal Release                 | B     | 1      | 304 | LTE     | 1900       |
| 02/26/2017 | 15:33 | NORMAL  | Normal Release                 | A     | 3      | 304 | LTE     | 1900       |
| 02/26/2017 | 16:39 | NORMAL  | Normal Release                 | B     | 1      | 304 | LTE     | 2500       |
| 02/26/2017 | 16:57 | SUCCESS | Normal Release                 | B     | 1      | 304 | LTE     | 2500       |
| 02/26/2017 | 19:07 | SUCCESS | Normal Release                 | B     | 1      | 304 | LTE     | 2500       |

De acuerdo a los registros de conexiones, el sitio con más intentos es B, después sigue el sitio G y al final A con muy pocos intentos y la mayoría de estos fallidos o con CFC de sesión caducada. B también tiene intentos en los que la sesión caducó, sin embargo, también tiene intentos en los que la comunicación se estableció y terminó correctamente. Cuando un registro indica que la sesión expiró, hay dos posibilidades, la primera está ligada a que el sitio no pudo localizar al dispositivo por problemas de comunicación entre estos, y la segunda, porque la sesión tardó demasiado tiempo en completar la comunicación entre el dispositivo y el sitio. Esta segunda posibilidad puede sugerir problemas con las tasas de transmisión de datos y la potencia de la señal.

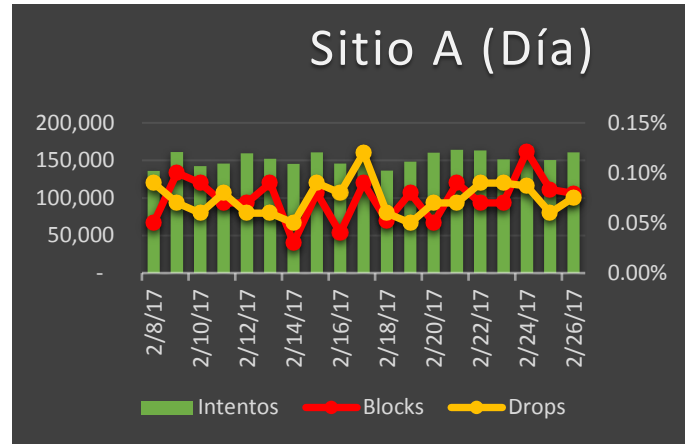


*Desempeño de los sitios*

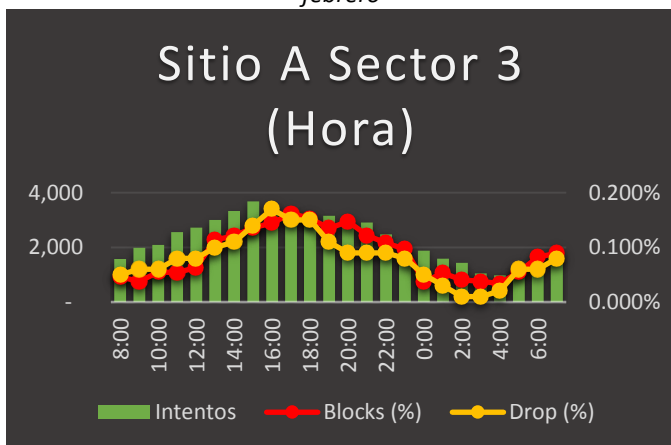
PRTS muestra las siguientes gráficas (5.48 a 5.57) del desempeño de LTE 2.5 de los sitios B, C y D por día y hora, así como del sector Bα por hora; para el sitio A, se muestra el desempeño de LTE 1900 por hora, día y del sector Aγ:



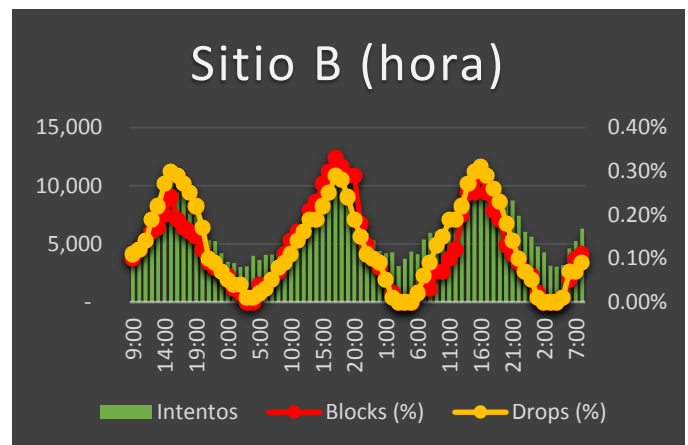
Gráfica 5.48 Desempeño del sitio A por hora del 24 al 27 de febrero



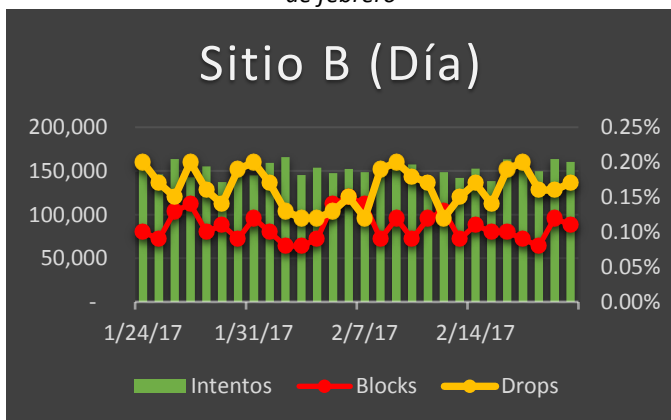
Gráfica 5.49 Desempeño del sitio A por día



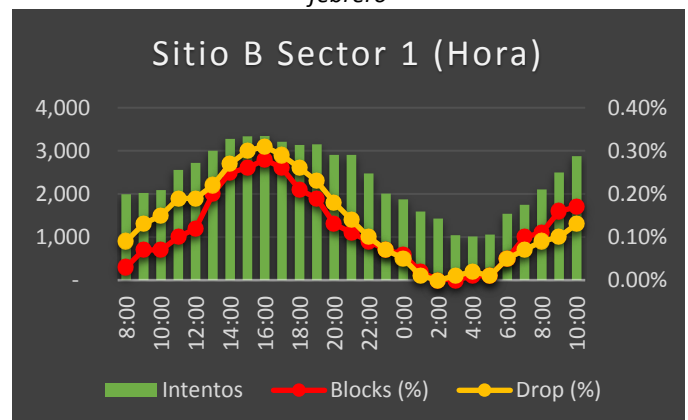
Gráfica 5.50 Desempeño del sitio A Sector 3 por hora del 27 de febrero



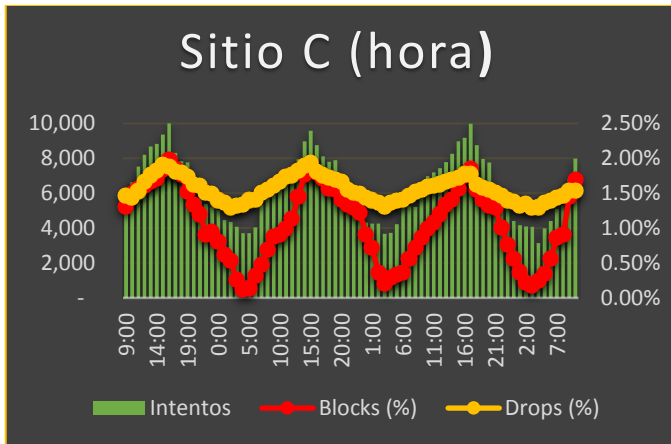
Gráfica 5.51 Desempeño del sitio B por hora del 24 al 27 de febrero



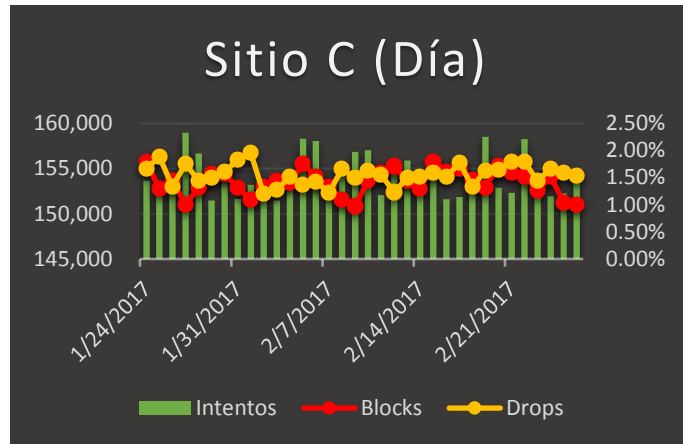
Gráfica 5.52 Desempeño del sitio B por día



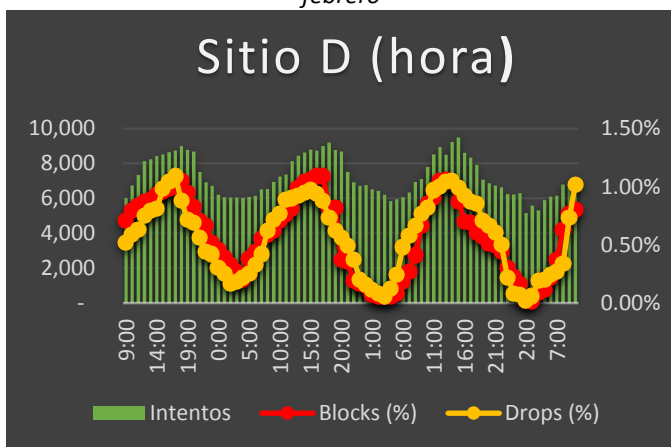
Gráfica 5.53 Desempeño del sitio B Sector 1 por hora del 27 de febrero



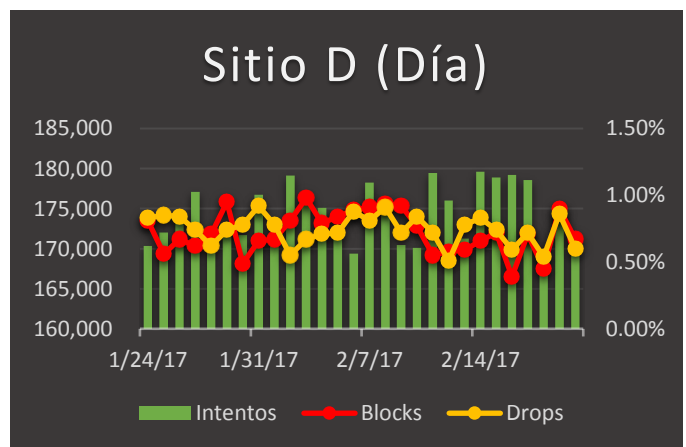
Gráfica 5.54 Desempeño del sitio C por hora del 24 al 27 de febrero



Gráfica 5.55 Desempeño del sitio C por día



Gráfica 5.56 Desempeño del sitio D por hora del 24 al 27 de febrero



Gráfica 5.57 Desempeño del sitio D por día

Como se muestra en las gráficas, los sitios A, B, C y D no muestran problemas de altas tasas de conexiones bloqueadas e interrumpidas, todos se encuentran por debajo del 2%. Otro aspecto importante es que el desempeño del sitio ha mantenido el mismo comportamiento durante los últimos 6 meses.

### Alarmas

SAMB muestra que el sitio A tiene unas alarmas críticas de *PCI confusion*. Este tipo de alarmas no representan problemas en el servicio, siempre y cuando se mantengan como MINOR; si llegan al nivel CRITICAL, y se observan problemas de desempeño en conexiones interrumpidas o bien se reciben quejas sobre el servicio en el área, hay que informar a LRFE para que ellos realicen las acciones correctivas necesarias para reestablecer el buen servicio en el sitio:

```
Alarm Info: faultManager:network@SNFACOMMCBBULTE0016 @rack-eNB-3@RFM-3.1.5.4{ala
            Domain    LTE
            Site ID   SNFACOMMCBBULTE0016
            Site Name  SNFACOMMCBBULTE0016
            Alarmed Object Type  RRH
```

|                             |  |
|-----------------------------|--|
| Alarmed Object Name         | RRH1, RRH2, RRH3   |
| Alarmed Object ID           | 001, 002, 003  |
| Alarm Name                  | PCI Confusion  |
| Alarm Type                  | Equipment  |
| Severity                    | Critical   |
| OLC State                   |  |
| Probable Cause              | This alarm indicates a PCI confusion between the cell and a neighbor cell of a neighbor cell. A manual intervention is needed to solve the problem. This can happen in the following cases: 1) The conflict could not be solved autonomously by the      |
| Acknowledged                | None   |
| Aknowledged By              | None   |
| Cleared By                  | None   |
| Implicity Cleared           | 0  |
| First Time Detected         | 09/13/2016 05:27:56  |
| Last Time Detected          | 02/05/2017 15:41:04  |
| Number of Correlated Alarms | 0  |
| Correlating Alarm ID        | None   |
| Additional Text             | If the automatic PCI allocation is activated: increase the list of allowed PCI valued, either for the local or for the distant eNodeB; if the automatic PCI allocation is not activated: Change the PCI value, either for the local of the distant cell. |

Por otro lado, el sitio B también presenta problemas de *PCI confusión*, sin embargo, estas aún se mantienen como alarmas menores y no hay problemas en el desempeño del sitio. Los sitios C, D y E no presentan ningún tipo de alarma que pudiera afectar el servicio.

#### *Backhaul*

Spirent no muestra problemas de backhaul en alguno de los 5 sitios más cercanos a la dirección reportada. Todos los paquetes enviados son los paquetes que se recibieron; el jitter también se encuentra dentro de los valores establecidos.

#### *Análisis de resultados de la investigación:*

La investigación indica que:

- El debug y speed test que el usuario proporcionó muestra valores fuera de los intervalos establecidos por el proveedor de servicio; por otro lado, el PCI que el dispositivo logra leer es el del sitio B, por lo que se supone que el dispositivo se está conectando como prioridad al sitio B y no al A.
- De acuerdo a Coverage tool, la zona es de excelente cobertura, sin embargo, hay un pequeño hoyo de cobertura cerca del área reportada; PRTS muestra que la dirección está dentro de la cobertura del sector A<sub>v</sub>.

- El sitio B tuvo un reporte por la RRH 1 que estuvo fuera de servicio hace 2 meses durante 2 semanas, que se resolvió al cambiar la RRH 1. Al instalar la nueva RRH, los técnicos de campo pudieron haber movido la antena cambiando así la cobertura del sitio B sin percatarse y por eso no se había reportado.
- De acuerdo a los registros de llamadas, el usuario se conecta a LTE 2500 del sitio B; el sitio A muestra muy pocos intentos de conexión y todos son a la banda de 1900 de LTE.
- Varios de los intentos de conexión del usuario muestran que la sesión expiró, lo cual confirma que el usuario experimente bajas tasas de transmisión en el área.
- PRTS no muestra problemas de desempeño en ninguno de los sitios más cercanos, ni en el sector que da cobertura a la dirección, ni en los sectores vecinos.
- SAMB muestra que el sitio A tiene alarmas críticas de *PCI confusion*, lo cual puede representar problemas en el área. El sitio B también tiene estas alarmas, sin embargo, estas son menores. Los demás sitios no muestran problemas de alarmas o servicio afectado.
- No hay problemas de backhaul en el área.

En este caso, hay un problema de cambio de cobertura en el área que pudo darse a partir de los trabajos realizados en el sitio B para reemplazar la RRH dañada en el sector  $B_\alpha$  que es vecino directo del sector  $A_\gamma$  que da cobertura a la dirección reportada. Por otro lado, las alarmas de *PCI confusion* también pudieran estar afectando el servicio en el área.

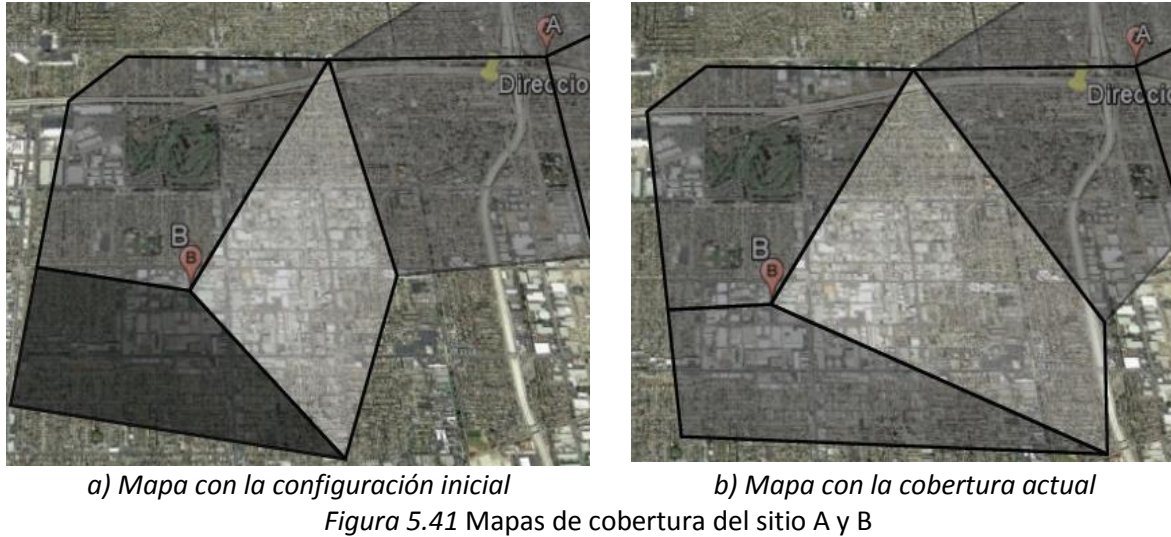
Para descartar que las alarmas están influyendo en el mal servicio y solucionar la cobertura en el área, se crea un reporte para el sitio b y se envía a los técnicos de campo para corregir la posición de la antena. Posteriormente el reporte se envía a LRFE para que limpien las alarmas en el sitio A, o bien, descartar que estén afectando el servicio en el área. El reporte del sitio B lleva la siguiente información:

- Tecnología: 4G LTE
- MME
- Sitios: A y B
- Problema del sitio: Cambio de cobertura y alarmas *PCI confusion* MAJOR

El reporte entonces se envía con el técnico de campo para revisar y corregir la posición de la antena.

### *Bond*

Una vez que se asigna al técnico en turno, hay que contactarlo para indicarle que acciones debe realizar cuando se encuentre en el sitio. Primero, se debe realizar un análisis de la cobertura del sitio B y compararla con la configuración de cobertura inicial. El técnico proporciona los siguientes mapas junto con esta información (figura 5.41):



“Se aprecia un cambio significativo en la cobertura del sector  $B_{\alpha}$ ; desafortunadamente no se tiene la fecha exacta del cambio; he estado buscando informes o reportes que adviertan sobre cambios en la cobertura con algún fin, sin embargo, no hay registro de esto. Supongo que el cambio de la RRH 1 debió influir en esto y cuando la *tower crew* instalaba el radio, debieron mover la antena sin intención. Contacté también a LRFE para preguntar por las alarmas, y aunque dicen que no deben relacionarse con este cambio en la cobertura y no se ve afectado el desempeño del sitio, pueden realizar un estudio y cambiar el PCI del sitio B o A.”

El técnico se dirige entonces al sitio para realizar la corrección de la posición de la antena y después realiza un Drive Test frente a la dirección reportada y se percató de que la señal del sitio B ya no se detecta en esta área, sin embargo, la señal del sitio A sigue siendo pobre, por lo que se pone en contacto con CPM advirtiéndole que la cobertura de B se ha corregido, pero aún se deben rectificar los valores de potencia de transmisión del sitio A.

CPM entonces recibe el reporte del sitio B y procede a verificar que no hay alarmas ni problemas en el desempeño del sitio. Una vez confirmado esto, el reporte del sitio B se cierra como REPAIRED – Hardware configuration, especificando los cambios que se realizaron en la posición de la antena

Para realizar los cambios de la potencia de transmisión del sitio A, se necesita un reporte de sitio A en el que se explique que a pesar de que el trabajo se inició en el reporte del sitio B, se requiere continuar las acciones correctivas en el sitio A, por lo que se abre un reporte exclusivamente para este sitio. El reporte del sitio A lleva la siguiente información:

- Tecnología: 4G LTE
- MME
- Sitio A
- Problema del sitio: Pobre potencia de transmisión y alarmas *PCI confusion* CRITICAL
- Lecturas de señal obtenidas por el técnico de campo en el área.

El reporte se envía a LRFE haciendo mención de los cambios realizados en el sitio B y como se relacionan con el sitio A.

### *LRFE y Cierre*

LRFE entonces realiza los cambios necesarios en la potencia de transmisión y evalúa una solución para las alarmas críticas de *PCI confusion* en el sitio que, aunque no afectan el servicio en teoría, vale la pena que se limpien de una vez y así evitar problemas en el futuro. De acuerdo a lo reportado por LRFE:

“La potencia de transmisión del sitio A ha sido corregida y deberá haber servicio en el área, el usuario final puede realizar pruebas y comprobar que la señal ha mejorado. En cuanto al PCI, se ha decidido emparejar el PCI con el PN y configurarlos con el mismo valor. Esto e hará en la próxima ventana de mantenimiento de configuración que se llevará a cabo en un mes. Hay que tener en cuenta que el problema del PCI y PN no está impactando en este caso, a menos que el usuario también experimente llamadas y conexiones interrumpidas, además, el desempeño del sitio muestra que no hay una gran cantidad de llamadas y conexiones interrumpidas en el sitio A.”

Una vez que se recibe el reporte del sitio A, se confirma que no hay alarmas activas que afecten el servicio ni problemas de desempeño en el sitio A y se cierra como REPAIRED – Software Configuration. El reporte de usuario se regresa a *Customer Care* como REPAIRED – Software + Hardware Configuration y se explica que los cambios en cobertura han sido resueltos y las potencias de transmisión corregidas, también que en la próxima ventana de mantenimiento del sitio A se realizarán acciones que mejorarán el servicio en el área, pero por lo mientras se sugiere al usuario probar el servicio durante los próximos días.

Así, CPM maneja los reportes de usuarios conocidos como CWC. Como se explica en esta parte, una vez que se ha realizado una acción correctiva y dependiendo de esta por parte de CPM, LRFE, o técnicos de campo, se elige el código de clareo (o regreso del reporte de usuario a *Customer Care*) el cuál describe a grandes rasgos el tipo de acción que se realizó en la red y así proporcionar la información necesaria al usuario final.

A continuación, se describirán los tipos de reporte que se generan a partir de la aplicación del proveedor de servicio con 5 o más quejas de usuario, conocidas como *Red Cascades*.

## Capítulo VI. Red Cascades

Las *Red Cascades* o Sitios Rojos son las Radio Bases que reciben 5 o más reportes de problemas en su área de cobertura en un plazo menor a 24 horas a través de una aplicación diseñada por el proveedor de servicios. La principal diferencia entre los reportes de usuario y los Sitios Rojos es que el reporte generado por la aplicación no es para un solo usuario final, si no para 5 o más, que generalmente experimentan el mismo problema con la misma tecnología. Cuando una radio base recibe más de 5 reportes en un corto intervalo de tiempo, es muy probable que haya un problema en el área, por lo que, se crea un Reporte de Sitio con una Alerta de Servicio detallando los Servicios Impactados a través de una herramienta automática llamada *Call Detector* que está ligada a un contador de reportes de la aplicación. Una Alerta de Servicio es un indicador de que el sitio tiene problemas, ya sea con alarmas activas en el equipo que están afectando el servicio del usuario final o mal desempeño del sitio causado por cambios de parámetros en el mismo sitio o en el área. El Servicio afectado es la tecnología que está presentando problemas en el sitio. Una vez que el reporte de sitio es creado, la Alerta de Servicio es dada de alta y confirmada por CPM, y el proveedor de servicios puede indicar a los usuarios finales que hay un problema conocido en el área y que se está investigando o llevando a cabo una acción correctiva. Los Sitios Rojos requieren de una investigación inmediata ya que el recibir reportes de clientes de manera masiva afecta al negocio y a la red del proveedor poniéndolo en una posición no confiable frente a los usuarios de su red y causar multas aplicadas por la FCC.

Los reportes de usuarios finales que se reciben a través de la aplicación no son iguales a los que se reciben a través de *Customer Care*. Los más comunes son:

- Falta de Servicio de Voz (CDMA) o datos (EVDO o LTE)
- Llamadas Bloqueadas
- Llamadas Caídas
- Conexión a internet lenta (EVDO o LTE)
- Fallas en la conexión a EVDO o LTE
- Fallas con mensajes de texto

*Call Detector* es constantemente consultada tanto por CPM y WSC Core, que es el área encargada de las operaciones a nivel core de la red dentro del GNOC, para identificar algún problema a nivel región que sólo se pueda identificar mediante el número de Sitios Rojos en un Switch o Región.

Los reportes se almacenan en una base de datos que muestra las últimas llamadas al sitio. Esta puede manipularse para que arroje información diaria, semanal o mensual y estadísticas de la cantidad de llamadas del sitio por un intervalo de tiempo preestablecido. Los datos que se incluyen en estas listas son:

- Número de reporte: Se ordena cronológicamente
- Fecha y hora del reporte
- Notas: Breve descripción del problema que el cliente experimenta
- Tipo y subtipo del problema: Para el tipo del problema las posibilidades son: Voz o Datos. Para subtipo, se describe si es un problema de cobertura o falla en el servicio (llamadas bloqueadas, caídas, conexión a internet lenta, no acceso a la red).

- Tecnología afectada: Especifica si el problema es con 2G, 3G o 4G, en ocasiones también muestra la banda con la que el usuario final tiene problemas.
- Información del Dispositivo: Marca y modelo
- Market – Región
- Ciudad del Sitio
- Sitio: el ID del sitio que está reportándose
- Vendor del sitio: Compañía manufacturera del equipo que forma la radio base
- Switch: Al que pertenece el sitio
- Dirección: Desde la que se reportó el problema
- Número Telefónico (MDN) y Número de cuenta del cliente (BAN)
- Información del cliente: Nombre, correo electrónico y tipo de cliente.

Call Detector también es capaz de mostrar el mapa de la red del operador con todos los sitios que hay en determinada región, la cobertura de cada uno de los sitios por medio de polígonos, la ubicación donde se realizó el reporte del cliente, cuántos y cuáles son los sitios con 5 o más reportes, cuáles son los sitios con 3 a 5 reportes y los sitios sin reportes; si se selecciona una de las ubicaciones donde se realizó una llamada, se despliega la información más importante del reporte.

A continuación, se desglosarán cinco casos de sitios rojos explicando el tipo de problema que se presentó, la investigación del sitio y los sitios vecinos, y el proceso que se siguió para resolver el problema.

## VI.1 Casos

### VI.1.1 Caso 1

#### *Call Detector*

Se creó automáticamente un reporte para cada uno de los sitios A, B, C, D, E y F. *Call detector* muestra el siguiente mapa de la zona (figura 6.1):

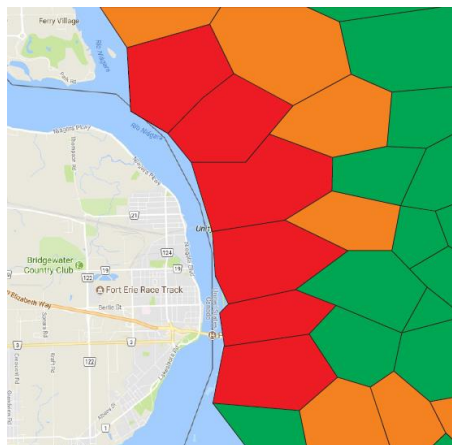
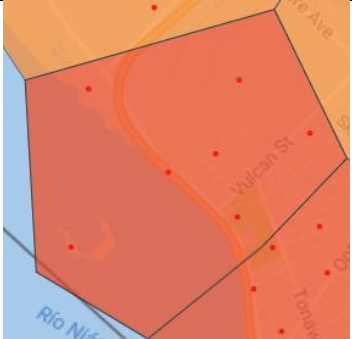


Figura 6.1 Mapa de la zona en Call Detector



Información de cada uno de los sitios en *Call Detector* (tabla 6.1 y figuras 6.2 a 6.7):

| Site Information: A  |  |
|--|--|
| Basic Information  | Network Information  |
| Lat: 42.960714<br>Long: -78.917198<br>City: Buffalo<br>State: New York<br>Market: New York<br>Priority: P4 | 3G 1900 Voice<br>3G 1900 Data<br>4G 1900<br>4G 800<br>4G 2500<br>Vendor: SAMSUNG |



Calls per day

| 24 H | 01/14 | 01/13 | 01/12 | 01/11 | 01/10 | 01/09 | 01/08 | 01/07 | 01/06 |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 7    | 4     | 3     | 4     | 2     | 4     | 4     | 3     | 4     | 5     |

Calls per week


| 01/15 | 01/08 | 01/01 | 12/25 | 12/18 | 12/11 | 12/04 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 7     | 21    | 20    | 17    | 20    | 25    | 20    |

Figura 6.2 Información del sitio A en Call Detector

Tabla 6.1 Detalles de llamadas para el sitio A

| Call Records para el Sitio A |       |                                      |           | Periodo: 2017 – 01 – 14 14:56 a 2017 – 01 – 15 14:56 |                                |            |                     |       |          |                                |      |
|------------------------------|-------|--------------------------------------|-----------|--|--------------------------------|------------|---------------------|-------|----------|--------------------------------|------|
|                              | Hora  | Nota                                 | Tipo Alto | Tipo medio   | Tipo bajo                      | Market     | Ciudad/Estado       | Sitio | Switch   | Dirección                      | MDN  |
| 1                            | 15:33 | Las llamadas no salen, tono ocupado  | Voz       | Cobertura  | No se pueden realizar llamadas | Nueva York | Buffalo, Nueva York | A     | Buffalo3 | 3xx River Rd, Buffalo, NY      | XXX1 |
| 2                            | 20:12 | Tono ocupado                         | Voz       | Cobertura  | No se pueden realizar llamadas | Nueva York | Buffalo, Nueva York | A     | Buffalo3 | 2xx River Rd, Buffalo, NY      | XXX5 |
| 3                            | 23:01 | No puedo recibir llamadas en el área | Voz       | Cobertura  | No se pueden realizar llamadas | Nueva York | Buffalo, Nueva York | A     | Buffalo3 | Strawberry Island, Buffalo, NY | XXX6 |
| 4                            | 07:07 | No puedo recibir mensajes            | Datos     | Conectividad   | No se puede acceder a datos    | Nueva York | Buffalo, Nueva York | A     | Buffalo3 | 1xx Edgar Ave, Buffalo, NY     | XXX2 |
| 5                            | 10:54 | Las paginas no cargan                | Datos     | Conectividad   | No se puede acceder a datos    | Nueva York | Buffalo, Nueva York | A     | Buffalo3 | Tonawanda, Buffalo, NY         | XXX8 |
| 6                            | 12:10 | Mensaje: Red no disponible           | Voz       | Cobertura  | Roaming                        | Nueva York | Buffalo, Nueva York | A     | Buffalo3 | 1xx Rosedale St, Buffalo, NY   | XXX4 |

|   |       |                        |     |           |                                |            |                     |   |          |                              |      |
|---|-------|------------------------|-----|-----------|--------------------------------|------------|---------------------|---|----------|------------------------------|------|
| 7 | 14:50 | Tono ocupado al marcar | Voz | Cobertura | No se pueden realizar llamadas | Nueva York | Buffalo, Nueva York | A | Buffalo3 | 1xx Hotaling Dr, Buffalo, NY | XXX9 |
|---|-------|------------------------|-----|-----------|--------------------------------|------------|---------------------|---|----------|------------------------------|------|

| Site Information: B  |  |
|--|--|
| Basic Information  | Network Information  |
| Lat: 42.950747<br>Long: -78.897946<br>City: Buffalo<br>State: New York<br>Market: New York<br>Priority: P3 | 3G 1900 Voice<br>3G 1900 Data<br>4G 1900<br>4G 800<br>4G 2500<br>Vendor: SAMSUNG |
|                          |  |

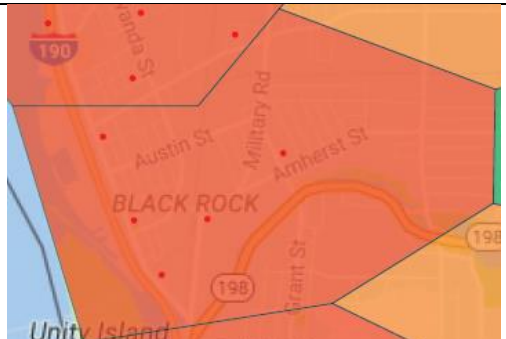
Calls per day

| 24 H | 01/14 | 01/13 | 01/12 | 01/11 | 01/10 | 01/09 | 01/08 | 01/07 | 01/06 |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 12   | 6     | 4     | 5     | 3     | 5     | 4     | 4     | 2     | 3     |

Calls per week

| 01/15 | 01/08 | 01/01 | 12/25 | 12/18 | 12/11 | 12/04 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 12    | 31    | 25    | 33    | 27    | 25    | 20    |

Figura 6.3 Información del sitio B en Call Detector

| Site Information: C  |  |
|--|--|
| Basic Information  | Network Information  |
| Lat: 42.938877<br>Long: -78.891367<br>City: Buffalo<br>State: New York<br>Market: New York<br>Priority: P3 | 3G 1900 Voice<br>3G 1900 Data<br>4G 1900<br>4G 800<br>4G 2500<br>Vendor: SAMSUNG |
|                        |  |

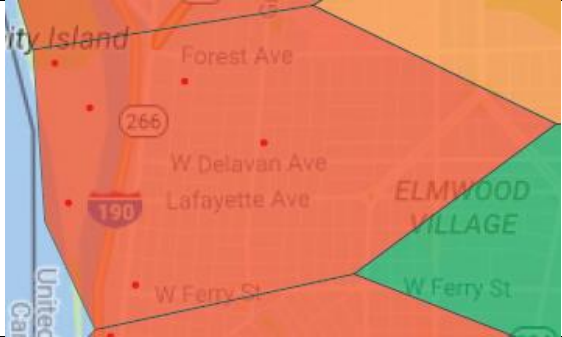
Calls per day

| 24 H | 01/14 | 01/13 | 01/12 | 01/11 | 01/10 | 01/09 | 01/08 | 01/07 | 01/06 |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 5    | 3     | 3     | 2     | 4     | 3     | 4     | 2     | 4     | 4     |

Calls per week

| 01/15 | 01/08 | 01/01 | 12/25 | 12/18 | 12/11 | 12/04 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 5     | 21    | 16    | 15    | 23    | 17    | 10    |

Figura 6.4 Información del sitio C en Call Detector

|  |  |  |
|--|--|--|
| <b>Site Information: D</b>   |  |  |
| <b>Basic Information</b>   | <b>Network Information</b>   |  |
| Lat: 42.921147<br>Long: -78.887319<br>City: Buffalo<br>State: New York<br>Market: New York<br>Priority: P4 | 3G 1900 Voice<br>3G 1900 Data<br>4G 1900<br>4G 800<br>4G 2500<br>Vendor: SAMSUNG |  |

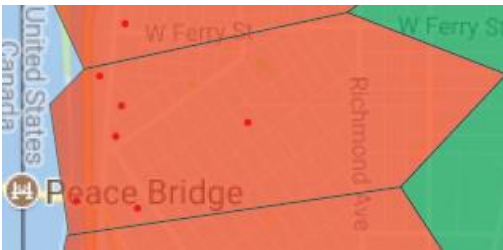
Calls per day

| 24 H | 01/14 | 01/13 | 01/12 | 01/11 | 01/10 | 01/09 | 01/08 | 01/07 | 01/06 |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 6    | 3     | 3     | 5     | 4     | 2     | 3     | 4     | 3     | 3     |

Calls per week

| 01/15 | 01/08 | 01/01 | 12/25 | 12/18 | 12/11 | 12/04 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 6     | 24    | 22    | 15    | 22    | 20    | 17    |

Figura 6.5 Información del sitio D en Call Detector

|  |  |  |
|--|--|--|
| <b>Site Information: E</b>   |  |  |
| <b>Basic Information</b>   | <b>Network Information</b>   |  |
| Lat: 42.908093<br>Long: -78.890568<br>City: Buffalo<br>State: New York<br>Market: New York<br>Priority: P4 | 3G 1900 Voice<br>3G 1900 Data<br>4G 1900<br>4G 800<br>4G 2500<br>Vendor: SAMSUNG |  |


Calls per day

| 24 H | 01/14 | 01/13 | 01/12 | 01/11 | 01/10 | 01/09 | 01/08 | 01/07 | 01/06 |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 6    | 4     | 4     | 4     | 3     | 4     | 2     | 3     | 3     | 2     |

Calls per week

| 01/15 | 01/08 | 01/01 | 12/25 | 12/18 | 12/11 | 12/04 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 6     | 24    | 17    | 20    | 23    | 20    | 18    |

Figura 6.6 Información del sitio E en Call Detector

|  |  |  |
|--|--|--|
| <b>Site Information: F</b>   |  |  |
| <b>Basic Information</b>   | <b>Network Information</b>   |  |
| Lat: 42.899998<br>Long: -78.888880<br>City: Buffalo<br>State: New York<br>Market: New York<br>Priority: P3 | 3G 1900 Voice<br>3G 1900 Data<br>4G 1900<br>4G 800<br>4G 2500<br>Vendor: SAMSUNG |  |

Calls per day

|      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 24 H | 01/14 | 01/13 | 01/12 | 01/11 | 01/10 | 01/09 | 01/08 | 01/07 | 01/06 |
| 5    | 3     | 3     | 4     | 3     | 2     | 3     | 4     | 3     | 4     |

Calls per week

|       |       |       |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 01/15 | 01/08 | 01/01 | 12/25 | 12/18 | 12/11 | 12/04 |
| 5     | 22    | 15    | 18    | 16    | 19    | 13    |

Figura 6.7 Información del sitio F en Call Detector

*Identificación del problema*

De acuerdo a cada uno de los sitios, se recibieron muchas llamadas de Búfalo, Nueva York, específicamente de 6 sitios que se encuentran a lo largo de la frontera de Estados Unidos y Canadá. La mayoría de estas llamadas dicen no poder realizar ni recibir llamadas, tampoco pueden enviar ni recibir mensajes, o llegan atrasados; otras llamadas dicen experimentar *roaming*, sin embargo, el área de cobertura del proveedor antes tenía servicio en esta área. Cabe mencionar, que, aunque no se muestra cada una de las listas de los sitios rojos, estas son semejantes a las del sitio A, con el mismo tipo de queja y problema. Desde hace unas semanas, la calidad del servicio se ha degradado como se observa en la tabla de llamadas por semana.

La investigación se llevará a cabo para cada uno de los 6 sitios para 3G – Voz y Datos, en este caso no se necesita revisar a los vecinos de los 6 sitios ya que son vecinos entre ellos. Para evitar que se generen múltiples investigaciones en cada uno de los sitios, se tomará a uno de los reportes como principal y en este se trabajará el área, a los demás reportes se les agregará una nota pidiendo referirse al reporte principal. El reporte principal se elegirá dependiendo de la información que arroje la investigación.

*Problemas Conocidos*

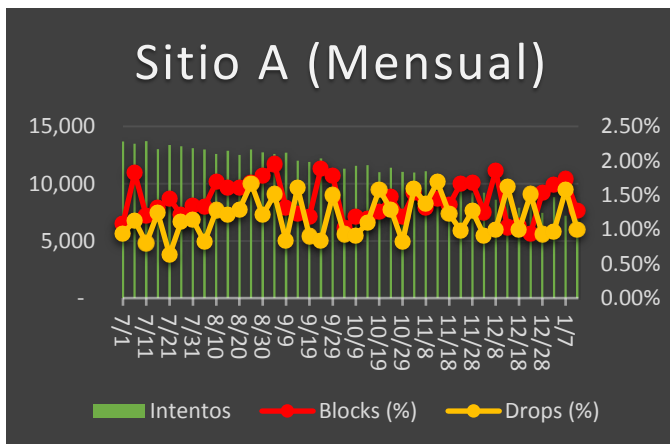
- CSM no muestra ventanas de mantenimiento durante el último mes en ninguno de los 6 sitios. Las últimas ventanas de mantenimiento en esta área sucedieron hace 5 meses para configuración de 3G y 4G, además de que no tenían impacto en el servicio. Sin embargo, se detectó que hace 8 meses comenzaron unas actividades de *Retune* en todo el país y hace unos 6 meses comenzaron las actividades en esta área, lo que pudo haber afectado directamente el servicio.

- Ticket Search tampoco muestra reportes de sitio que informen sobre problemas que pudieran estar afectando el servicio en el área. Los últimos reportes son los correspondientes a las ventanas de mantenimiento de hace 5 meses. No hay reportes que detallen las actividades de *retune* en el área.
- No hay informes de eventos naturales o sociales que pudieran haber impactado en la red. Se tiene registro de los CMC de las actividades del *retune* en el área, las cuales especifican los sitios y las actividades que se realizaron en el área. De acuerdo a estos, las actividades se refieren al cambio de las frecuencias y canales de la red 4G LTE y 4G 2.5 para mejorar la calidad del servicio.

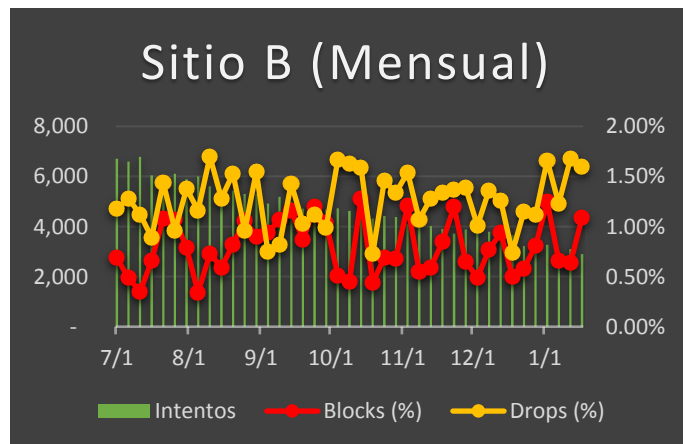
### Desempeño del sitio

De acuerdo a Cell Site Finder, no hay problemas de altas tasas de bloqueo e interrupción de llamadas y datos, durante el último mes y las últimas 72 horas; sin embargo, PRTS muestra que, durante los últimos 6 meses, los intentos de conexión y llamadas han disminuido casi al 50% gradualmente en cada uno de los 6 sitios, y en los sitios B, C y E, las tasas de bloqueo e interrupciones han incrementado gradualmente, a pesar de que no rebasan el límite del 2%, justo después de que las actividades de *retune* se llevaran a cabo en ésta área. Las gráficas que se muestran corresponden a CDMA, aunque para EVDO y LTE, el comportamiento de los sitios es similar. Esto se tomará en cuenta durante el análisis de la investigación.

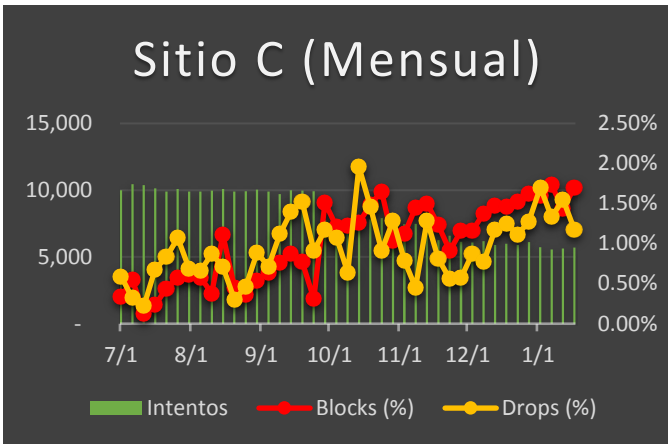
A continuación, se muestran las gráficas de PRTS de los últimos 6 meses de cada uno de los sitios (gráficas 6.1 a 6.6):



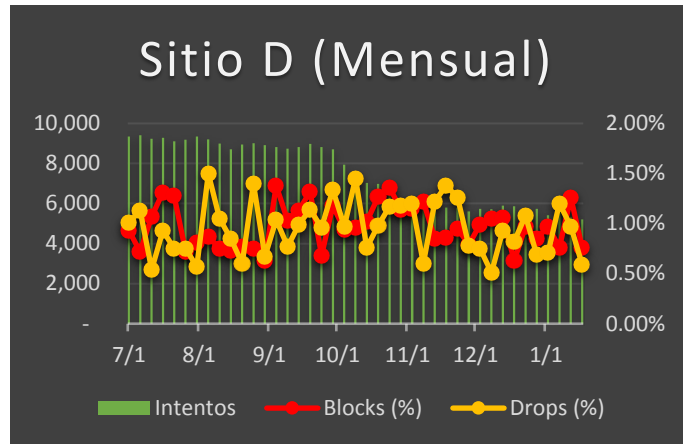
Gráfica 6.1 Desempeño del sitio A de los últimos 6 meses



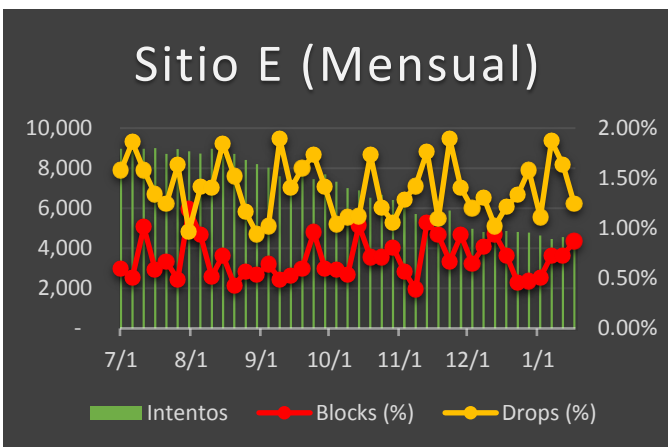
Gráfica 6.2 Desempeño del sitio B de los últimos 6 meses



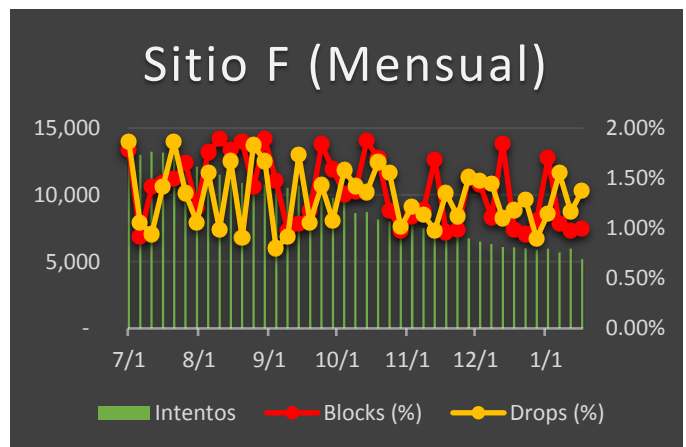
Gráfica 6.3 Desempeño del sitio C de los últimos 6 meses



Gráfica 6.4 Desempeño del sitio D de los últimos 6 meses



Gráfica 6.5 Desempeño del sitio E de los últimos 6 meses



Gráfica 6.6 Desempeño del sitio F de los últimos 6 meses

**Alarmas**

De acuerdo a Samsung BSM y LSM, los sitios no tienen alarmas activas que afecten el servicio en este momento, sin embargo, el historial de alarmas del sitio D muestra alarmas que durante los últimos 3 meses han estado intermitentes y que podrían estar afectando el servicio en el área (tabla 6.2):

**Tabla 6.2 Alarmas históricas del nodo D en LSM**

| Creation time    | Clear time       | Status   | Description            | Location                   |
|------------------|------------------|----------|------------------------|----------------------------|
| 2016-11-27 15:45 | 2016-11-27 15:47 | MAJOR    | COMMUNICATION_FAIL_ECP | ENB_xxxx/Rack_x/Shelf_xxxx |
| 2016-12-12 06:21 | 2016-12-12 06:25 | MAJOR    | COMMUNICATION_FAIL_ECP | ENB_xxxx/Rack_x/Shelf_xxxx |
| 2016-12-30 23:02 | 2016-12-30 23:08 | CRITICAL | COMMUNICATION_FAIL_ECP | ENB_xxxx/Rack_x/Shelf_xxxx |
| 2017-01-05 14:14 | 2017-01-05 14:20 | CRITICAL | COMMUNICATION_FAIL_ECP | ENB_xxxx/Rack_x/Shelf_xxxx |
| 2017-01-11 02:19 | 2017-01-11 02:28 | MAJOR    | COMMUNICATION_FAIL_ECP | ENB_xxxx/Rack_x/Shelf_xxxx |

Estas alarmas pertenecen al eNodeB D y corresponden a problemas de comunicación con el Procesador de canales del nodo.

Por LSM y BSM, los 6 sitios se encuentran procesando tráfico en este momento, sin presentar fallas. Por otro lado, BSM no muestra problemas en la *neighbor list* de cada uno de los sitios; estos se encuentran registrados en los sitios y sectores vecinos correctamente.

### *Backhaul*

Spirent no muestra problemas en el backhaul de los 6 sitios. Tampoco se detectaron problemas de jitter.

### *Análisis de la investigación*

De acuerdo a la investigación:

- Hay 6 sitios rojos, los cuales son vecinos y se encuentran ubicados en Búfalo, NY, a lo largo de una porción de la frontera entre Canadá y Estados Unidos. Estos sitios no se encuentran ligados a algún *donor* que se encuentre dañado o a algún vecino que presente problemas en este momento.
- CSM muestra que las últimas ventanas de mantenimiento en esta área sucedieron hace 5 meses y no tuvieron impacto en el servicio. Estas ventanas se llevaron a cabo después de que el sitio empezara a mostrar decremento en los intentos de conexión y llamadas, por lo que se concluye que no están relacionadas con estos.
- Los CMC indican que las actividades de *retune* en el área se llevaron a cabo para optimizar la calidad de servicio, sin embargo, en esta área se presentaron problemas de interferencia justo después de estos cambios.
- Los 6 sitios muestran un decremento gradual en los intentos de llamadas de voz y de conexiones (LTE, EVDO) durante los últimos meses.
- Los sitios B, C y E también muestran un incremento en las tasas de intentos bloqueados e interrumpidos a lo largo de los últimos meses.
- LSM muestra que el nodo D tiene en su historial alarmas intermitentes de fallas de comunicación. Estas alarmas tampoco se relacionan directamente con el decremento de intentos de conexión ya que sólo ocurrieron en un sitio que no es donante de los otros sitios.
- Spirent no muestra problemas de backhaul en los 6 sitios.

Al no tener una fuente visible del problema que experimentan los usuarios finales, ni del decremento en los intentos que los sitios reciben, más que el *retune* que pudo causar problemas en el área; la mejor opción es pedir a un técnico de campo ir a la zona y hacer pruebas para así identificar correctamente el problema.

Para esto, sólo se utilizará el reporte que se creó automáticamente para el sitio A y se incluirá en él toda la información relacionada a los otros 5 sitios. El reporte del sitio A, además, debe incluir:

- Tecnología: 4G LTE y 3G (CDMA, EVDO)
- MME
- Nodo LTE afectados: A, B, C, D, E y F
- Cantidad de llamadas recibidas en las últimas 24 hrs: 7
- Problema reportado: No se pueden realizar llamadas, No se puede acceder a datos, *Roaming*

Una vez que se agregó toda la información al reporte del sitio A, los demás reportes se asocian a este y se mantienen en espera de la investigación en el área. Cada vez que se tenga nueva información sobre el caso, se agregará una nota a los reportes con la información.

*Bond*

El reporte del sitio A se envía a la plataforma que utilizan los técnicos de campo para trabajar los reportes y se asigna al técnico que se encuentre disponible en el área. Este tipo de reportes tienen una severidad 3, lo que significa que deben ser trabajados con prioridad. Una vez asignado el técnico, hay que contactarlo para darle la información que necesite sobre este tipo de reportes, tal como varios puntos desde los que se realizó el reporte, que sitios se encuentran afectados, cuál es el problema que experimentan los usuarios, o bien, si se requiere que elaboren actividades especiales durante las pruebas.

En este caso, sólo se requiere que se realice un drive test para realizar pruebas de señal e intentos de conexión y llamadas en diferentes puntos de los 6 sitios reportados (preferentemente una en cada sector) y reporte con detalle los valores obtenidos, además de su experiencia con los intentos de conexión y llamadas.

El técnico acude entonces al área que tiene problemas y provee la siguiente información:

“Para llegar a las ubicaciones indicadas en Búfalo, tuve que tomar la Interestatal 190 que atraviesa a la ciudad y noté que mientras manejaba de *Kaisertown* a *First Ward*, no tuve problemas con la señal. Al llegar a *Perry*, realicé una llamada, pero al avanzar hacia *Columbus*, la señal perdió potencia, hasta que la llamada se cortó. Intenté volver a realizarla sin éxito. Salí de la interestatal para dirigirme hacia el sitio F sobre la Avenida Delaware. Una vez en el sitio F, intenté reconectar la llamada que se completó después de muchos intentos. El equipo del sitio no tiene alarmas o fallas que pudieran estar afectando, sin embargo, la calidad de la señal no es buena, y pude leer una señal que no corresponde a la de este sitio. Cuando terminé en el sitio F, me dirigí hasta el sitio E donde tampoco encontré problemas de hardware, pero tampoco pude obtener buena señal y capté una interferencia de otro sitio que no parece ser del proveedor; pude realizar llamadas en la ubicación del sector 1 y 2, pero no en el sector 3. En el sitio D también pude detectar la misma señal que en el sitio E, pero con mayor potencia y después de muchos intentos pude realizar llamadas en los sectores 1 y 2, en el sector 3 no pude realizar alguna conexión; en cuanto a las alarmas históricas en el sitio, no pude ver una durante la última semana, sin embargo, apliqué un *hard reset* en el sitio. En el sitio C también pude detectar 2 señales diferentes de interferencia, una en los sectores 2 y 3 que era la misma que la de los sitios D y E, y otra en el sector 1. No pude realizar llamadas en esta zona, sólo conectarme a internet con tasas de transmisión muy lentas y enviar/recibir mensajes. En los sitios A y B, no encontré problemas con el sitio, pero tampoco pude realizar llamadas, sólo conexión a internet con bajas tasas; en estos sitios pude detectar la misma señal que en el sector 1 del sitio C, pero con mayor potencia. Al regresar, tomé otra vez la I-190 del norte al sur con paradas en varios puntos y detecté que la fuente de estas señales proviene de un operador de telefonía móvil de Canadá.

Mi sugerencia es contactar a LRFE para informarles sobre este problema y que realicen:

- Optimización en el área para evitar que la interferencia de estos sitios afecte el servicio y
- Contactar al operador de servicio en Canadá y trabajar en conjunto para anular esta interferencia.
- Respecto al *retune*, no estoy enterado de las actividades exactas que se realizaron, por lo que sugiero también a LRFE que realice un estudio y análisis sobre los cambios realizados en el *retune* y cómo estos pueden estar afectando a esta zona en especial.

Las medidas obtenidas en las pruebas se adjuntan a continuación (tabla 6.3):



Tabla 6.3 Pruebas del Técnico de Campo

| Prueba 1 (A) |      | Prueba 2 (B) |      | Prueba 3 (C) |      | Prueba 4 (D) |      | Prueba 5 (E) |      | Prueba 6 (F) |      |
|--------------|------|--------------|------|--------------|------|--------------|------|--------------|------|--------------|------|
| RSRP         | -97  | RSRP         | -96  | RSRP         | -98  | RSRP         | -99  | RSRP         | -97  | RSRP         | -95  |
| RSRQ         | -12  | RSRQ         | -13  | RSRQ         | -16  | RSRQ         | -14  | RSRQ         | -13  | RSRQ         | -15  |
| SINR         | 4    | SINR         | 4    | SINR         | 1    | SINR         | 2    | SINR         | 2    | SINR         | 3    |
| PCI          | 306  | PCI          | 450  | PCI          | 202  | PCI          | 370  | PCI          | 409  | PCI          | 279  |
| Noise        | -102 | Noise        | -105 | Noise        | -103 | Noise        | -101 | Noise        | -105 | Noise        | -105 |

El reporte regresa a CPM con toda la información de arriba. De acuerdo al análisis de los valores que el Técnico de campo obtuvo en el área, no se observan problemas con la señal del proveedor de servicio, pero si se perciben señales bajas de interferencia que están afectando el servicio. Estas interferencias pueden deberse a los cambios que se realizaron durante el *retune* para optimizar la calidad del servicio, por lo que, si se realizaron cambios en las frecuencias de los canales, se deba considerar regresar a la configuración anterior mientras se encuentra alguna solución que no afecte al *retune*, ni a la calidad del servicio en el área. Investigando a profundidad cuál sería una buena solución para contrarrestar la interferencia en el área, CPM llega a la conclusión de pedir a LRFE minimizar la potencia de emisión de los sitios y realizar un estudio de canales y frecuencias que los sitios A, B, C, D, E y los sitios vecinos a estos utilizan, para evitar que estos se repitan en zonas muy cercanas provocando así la interferencia.

El reporte entonces, se envía a LRFE con las recomendaciones del técnico de campo y las de CPM para que se tomen en cuenta y ellos realicen los cambios necesarios, ya que para estas acciones CPM no cuenta con los permisos ni la información de diseño necesaria para corregir el problema.

#### LRFE

El reporte llega a LRFE, quienes realizan el estudio de canales y frecuencias en esa área y la comparan con el diseño original. También, toman en cuenta las lecturas del técnico de campo y la información sobre los sectores que se ven mayormente afectados y agregan al reporte la siguiente información:

*“El área, en efecto, está sufriendo problemas de interferencia, sin embargo, aún no se detecta la fuente de estas interferencias, ya que los valores registrados por el técnico no coinciden con ninguno de nuestros sitios, lo más probable es que la interferencia provenga de Canadá debido a los sectores en donde se detecta. Un técnico de LRFE irá a la zona a realizar otras pruebas con lectores de señal para detectar esta interferencia y se proveerá más información después de realizarlas.”*

El reporte del sitio A se queda en la bandeja de espera de LRFE y los demás reportes asociados (sitios B, C, D, E) se actualizan con la información dada por el técnico de campo y LRFE. A estas alturas, los sitios A, E y F han recibido más llamadas por medio de la aplicación, mientras que los sitios B, C y D no tienen nuevas llamadas.

Dos días después, LRFE añade la siguiente información sobre el problema en el área:

*“Al realizar las pruebas en el área, nos percatamos de que la interferencia proviene de 3 sitios en Canadá que pertenecen a este proveedor de servicios, y que fueron ubicados para los usuarios que tienen movilidad entre la frontera. El principal problema es que, en efecto, las frecuencias de los canales que se modificaron durante el *retune* coinciden con las de estos sitios en Canadá, lo que está causando principalmente el problema. Sin embargo, no es posible modificar esta nueva configuración ya que*

provocaría un problema mayor con los sitios dentro del territorio de Estados Unidos, por lo que la única solución que encontramos momentánea es que el área de Radio Frecuencia, encargada de los sitios en las fronteras, baje la potencia de estos tres sitios, y esperar a que el plan de *retune* de estos sitios se lleve a cabo, lo cual podrá ser hasta el siguiente año. LRFE se pondrá en contacto con el área de frontera asignada para pedir informes sobre el manejo de las potencias de esos sitios y el plan de *retune* de estos y se sugiere informar a todos los usuarios que este es un problema conocido y la acción correctiva será hasta que las actividades de *retune* terminen en esta área”

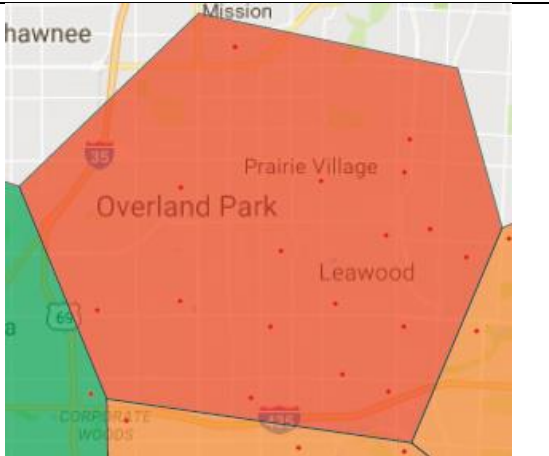
El reporte regresa a CPM como problema conocido. Para poder clasificarlo como un problema conocido, hay que mantener el reporte abierto hasta que el problema se resuelva, añadir actualizaciones de estado cada semana, hasta que el problema se resuelva; el reporte del sitio A entonces se mantiene en espera con una severidad 5.

### VI.I.II Caso 2

#### Call Detector

La aplicación creó automáticamente un reporte para el sitio X. Call Detector muestra la siguiente información (figura 6.8 y tabla 6.4):

| Site Information: X |                     |
|---------------------|---------------------|
| Basic Information   | Network Information |
| Lat: 38.975446      | 3G 1900 Voice       |
| Long: -94.670584    | 3G 1900 Data        |
| City: Overland Park | 4G 1900             |
| State: Kansas       | 4G 800              |
| Market: Lenexa      | 4G 2500             |
| Priority: P3        | Vendor: ERICSSON    |



#### Calls per Day

| 24 H | 01/23 | 01/22 | 01/21 | 01/20 | 01/19 | 01/18 | 01/17 | 01/16 | 01/15 |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 17   | 0     | 3     | 2     | 0     | 0     | 1     | 0     | 2     | 2     |

#### Calls per week

| 01/23 | 01/16 | 01/09 | 01/02 | 12/26 | 12/19 | 12/12 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 17    | 11    | 10    | 7     | 3     | 4     | 5     |

Figura 6.8 Información del sitio X en Call Detector

Tabla 6.4 Detalles de llamadas para el sitio X

| Call Records para el Sitio X |       |   |           |            | Periodo: 2017 - 01 - 23 12:50 a 2017 - 01 - 24 12:50 |        |                       |       |        |   |       |
|------------------------------|-------|---|-----------|------------|--|--------|-----------------------|-------|--------|---|-------|
|                              | Hora  | Nota  | Tipo Alto | Tipo medio | Tipo bajo  | Market | Ciudad/<br>Estado     | Sitio | Switch | Dirección                                 | MDN   |
| 1                            | 10:55 | No hay servicio en el área                      | Voz       | Cobertura  | No se pueden realizar llamadas                       | Lenexa | Overland Park, Kansas | X     | Lenexa | 7xx W 80th St, Overland Park, Kansas      | 6XXX4 |
| 2                            | 11:04 | No hay servicio en el área                      | Voz       | Cobertura  | No se pueden recibir llamadas                        | Lenexa | Overland Park, Kansas | X     | Lenexa | 8x Linden Dr, Overland Park, Kansas       | 6XXX7 |
| 3                            | 11:17 | Las llamadas no se conectan                     | Voz       | Cobertura  | No se pueden realizar llamadas                       | Lenexa | Overland Park, Kansas | X     | Lenexa | 9xx, Taylor Dr, Overland Park, Kansas     | 6XXX9 |
| 4                            | 11:19 | Sólo 2 barras en pantalla                       | Voz       | Cobertura  | No se pueden realizar llamadas                       | Lenexa | Overland Park, Kansas | X     | Lenexa | 7xx Terrace, Overland Park, Kansas        | 6XXX2 |
| 5                            | 11:22 | No puedo realizar llamadas                      | Voz       | Cobertura  | No se pueden recibir llamadas                        | Lenexa | Overland Park, Kansas | X     | Lenexa | 7xx Newton St, Overland Park, Kansas      | 6XXX4 |
| 6                            | 11:34 | No hay servicio en el área                      | Voz       | Cobertura  | No se pueden recibir llamadas                        | Lenexa | Overland Park, Kansas | X     | Lenexa | 1xx Victor Park, Overland Park, Kansas    | 6XXX3 |
| 7                            | 11:55 | No he podido recibir llamadas en toda la mañana | Voz       | Cobertura  | No se pueden recibir llamadas                        | Lenexa | Overland Park, Kansas | X     | Lenexa | 4xx W 77th St, Overland Park, Kansas      | 6XXX6 |
| 8                            | 11:58 | No se reciben llamadas, pocas barras            | Voz       | Cobertura  | No se pueden recibir llamadas                        | Lenexa | Overland Park, Kansas | X     | Lenexa | 1xx W 72nd St, Overland Park, Kansas      | 6XXX0 |
| 9                            | 12:10 | No hay señal para realizar llamadas             | Voz       | Cobertura  | No se pueden realizar llamadas                       | Lenexa | Overland Park, Kansas | X     | Lenexa | 3xx Romanelli West, Overland Park, Kansas | 6XXX3 |
| 10                           | 12:12 | No hay servicio en el área                      | Voz       | Cobertura  | No se pueden realizar llamadas                       | Lenexa | Overland Park, Kansas | X     | Lenexa | 1xx Nall Hills, Overland Park, Kansas     | 6XXX7 |
| 11                           | 12:17 | No se pueden realizar llamadas                  | Voz       | Cobertura  | No se pueden realizar llamadas                       | Lenexa | Overland Park, Kansas | X     | Lenexa | 1xx Boone Hills, Overland Park, Kansas    | 6XXX9 |
| 12                           | 12:27 | No hay señal                                    | Voz       | Cobertura  | No se pueden realizar llamadas                       | Lenexa | Overland Park, Kansas | X     | Lenexa | 7xx Empire Estates, Overland Park, Kansas | 6XXX4 |
| 13                           | 12:28 | No recibo llamadas                              | Voz       | Cobertura  | No se pueden   | Lenexa | Overland Park, Kansas | X     | Lenexa | 6xx Leawood Estates,                      | 6XXX1 |

|    |       |                               |     |           |                                |        |                       |   |        |   |       |
|----|-------|-------------------------------|-----|-----------|--------------------------------|--------|-----------------------|---|--------|---|-------|
|    |       |                               |     |           | recibir llamadas               |        |                       |   |        | Overland Park, Kansas                       |       |
| 14 | 12:30 | No hay servicio en el área    | Voz | Cobertura | No se pueden realizar llamadas | Lenexa | Overland Park, Kansas | X | Lenexa | Santa Fe Estates, Overland Park, Kansas     | 6XXX0 |
| 15 | 12:33 | No hay servicio en el área    | Voz | Cobertura | No se pueden recibir llamadas  | Lenexa | Overland Park, Kansas | X | Lenexa | 4xx Palisades, Overland Park, Kansas        | 6XXX5 |
| 16 | 12:42 | No hay servicio en el área    | Voz | Cobertura | No se pueden recibir llamadas  | Lenexa | Overland Park, Kansas | X | Lenexa | Apple Valley Estates, Overland Park, Kansas | 6XXX5 |
| 17 | 12:47 | No se pueden recibir llamadas | Voz | Cobertura | No se pueden recibir llamadas  | Lenexa | Overland Park, Kansas | X | Lenexa | Mission Farm, Overland Park, Kansas         | 6XXX4 |

El mapa del sitio y su cobertura, muestra que la mayoría de las llamadas recibidas se realizaron desde el sector 2 del sitio X (figura 6.9):

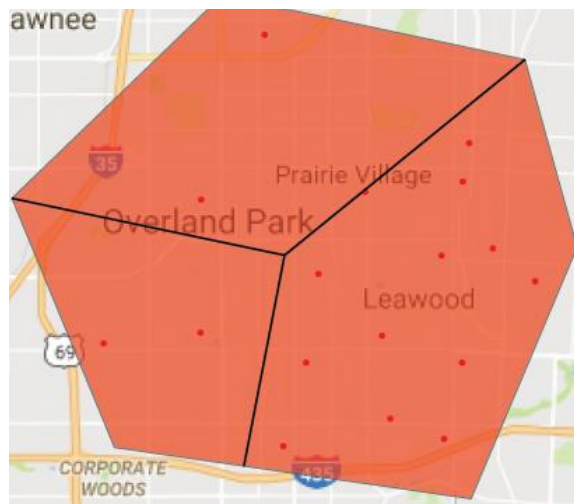


Figura 6.9 Mapa Call detector sitio X sector 2

*Identificación del problema*

De acuerdo a Call detector, el problema reportado es: No se pueden recibir ni realizar llamadas, por lo que la tecnología afectada es 3G – Voz (CDMA). Otro aspecto que destaca es que la mayoría de las llamadas recibidas provienen del sector 2 del sitio X, por lo que se pondrá mayor atención en este sector durante la investigación. Los sitios vecinos, W, Y y Z, también se investigarán para descartar que el problema es con alguno de estos sitios, poniendo mayor atención en el sitio Y sector 1 ya que es el sitio vecino del sector X2. (figura 6.10)

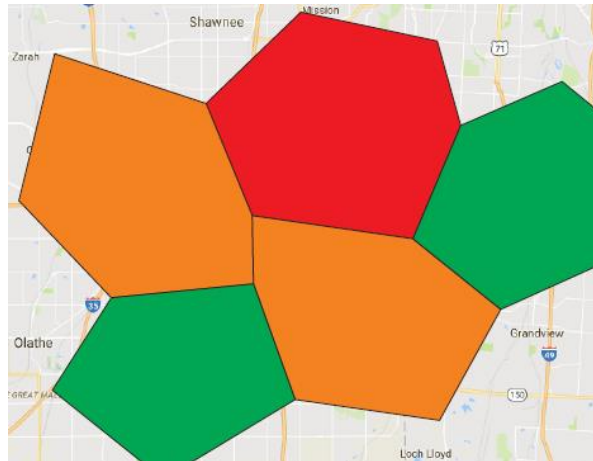


Figura 6.10 Mapa del área en Call detector

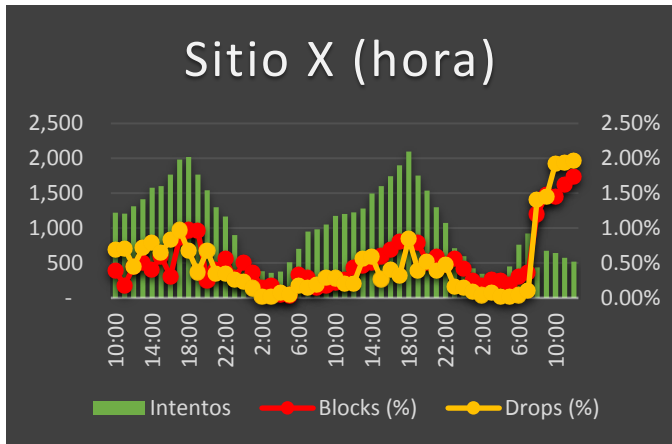
El incremento de las llamadas se dio durante las últimas horas de la mañana del día 24 de enero, lo que sugiere que el problema es reciente y puede que aún se siga experimentando.

#### *Problemas Conocidos*

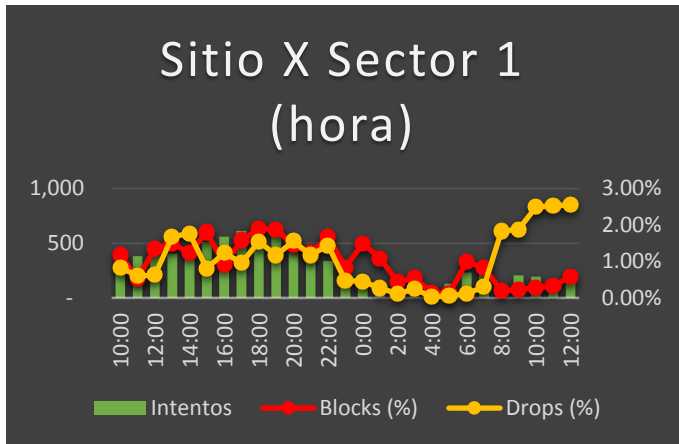
- CSM no muestra ventanas de mantenimiento durante el último mes en el sitio X, ni en los sitios W, Y, Z. Las últimas ventanas de mantenimiento en el área fueron hace un año y no tuvieron impacto en el servicio.
- Ticket Search tampoco muestra reportes de sitio que informen sobre problemas que pudieran estar afectando el servicio en el área.
- No existen informes de eventos naturales o sociales que pudieran haber impactado en la red.

#### *Desempeño del sitio*

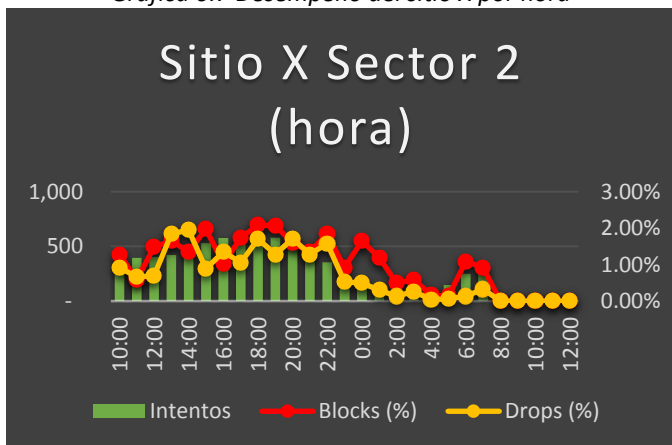
PRST muestra que los sitios W, Y y Z se encuentran procesando sin problemas, con las tasas de bloqueo y llamadas caídas por debajo del 2%, sin embargo, el sitio X muestra que durante las últimas 5 horas ha incrementado el porcentaje de llamadas bloqueadas y caídas. Al analizar el desempeño del sitio por sector, se observa que el sector 2 no se encuentra procesando tráfico en este momento desde hace 5 horas; también se observa que los sectores 1 y 3 han decrementado los intentos de conexión en este mismo intervalo de tiempo y las tasas de bloqueo y llamadas caídas incrementó a pesar de que siguen sin superar el 2% (gráficas 6.7 a 6.10):



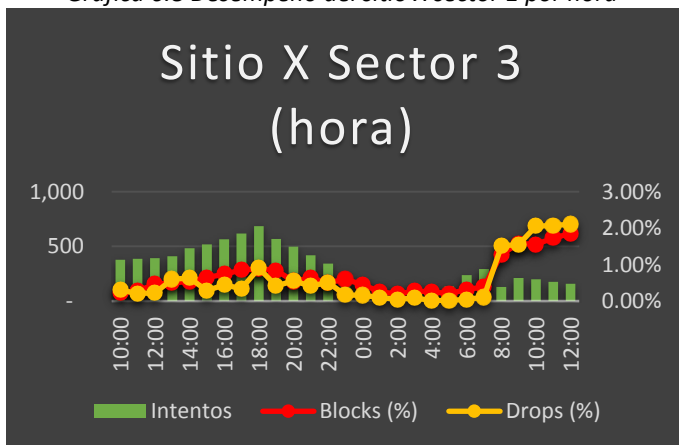
Gráfica 6.7 Desempeño del sitio X por hora



Gráfica 6.8 Desempeño del sitio X sector 1 por hora



Gráfica 6.9 Desempeño del sitio X sector 2 por hora



Gráfica 6.10 Desempeño del sitio X sector 3 por hora

Alarmas

```
lenexacEMS4e% serf 57
-----
Status Elements for RF - Version2.1.2 - NBSS18.08 - 01/24/17 13:13:26
-----
!!Vision Site!!
eNodeB ID: LENEXAMNPHJAUlte096
Cascade ID =
MCL1900RBS57 --DownloadState = AppRunning.
MCL1900RBS57 --BTSI State = AppRunning.
-----
BTS FA#/S# Sector Call Adm Opr Type Usage wilt/BlossState TX Rx0 Rx1 Delta FREQ ALARM
57 FA 1/1 Alpha 10 UNL ENA 1XRTT Active FULLY_BLOSSOMED 580 124 130 0.4 dB 450 0
57 FA 1/2 Beta 0 UNL ENA 1XRTT Failed FULLY_WILTED 580 127 142 0.5 dB 450 CRITICAL
57 FA 1/3 Gamma 12 UNL ENA 1XRTT Active FULLY_BLOSSOMED 580 120 112 0.2 dB 450 0
57 FA 2/1 Alpha 9 UNL ENA 1XRTT Active FULLY_BLOSSOMED 581 124 123 0.4 dB 425 0
57 FA 2/2 Beta 0 UNL ENA 1XRTT Failed FULLY_WILTED 580 114 127 0.1 dB 425 CRITICAL
57 FA 2/3 Gamma 10 UNL ENA 1XRTT Active FULLY_BLOSSOMED 581 114 130 1.1 dB 425 0
57 FA 3/1 Alpha 11 UNL ENA EVDO Active FULLY_BLOSSOMED 580 114 132 1.0 dB 475 0
57 FA 3/2 Beta 0 UNL ENA EVDO Failed FULLY_WILTED 580 127 142 0.5 dB 475 CRITICAL
57 FA 3/3 Gamma 13 UNL ENA EVDO Active FULLY_BLOSSOMED 580 120 112 0.9 dB 475 0
-----
Do you want to status the EVDO? yes/no:n
Alarm Query?
1. Active Alarms only.
2. Historical Alarms only?.
3. Both.
4. Proceed without.
5. Exit.
Please select one option:3
---Displaying Active Alarms---
-----
Alarmed Elements - Version2.1.2 - NBSS18.08 - 01/24/17 13:15:19
-----
Sector 2 - RRH2 is OOS since 01/24/17 07:42:07
Possible Control Module failure.
Troubleshoot communications or replace control Module.
---Historical Alarms---
Do you want to pin the BTS? yes/no:n
*** Thanks for serfing.....
```

Figura 6.11 Fragmento del estado del sitio X en Secure CRT

Estos sitios pertenecen al vendor Ericsson, por lo que se utiliza Secure CRT para revisar el estado de los sitios. Los sitios W, Y y Z no presentan alarmas activas, sin embargo, el sitio X (la figura 6.11) muestra que la RRH 2 se encuentra fuera de servicio.

### *Backhaul*

Spirent no muestra errores en el sitio X, sin embargo, indica que la prueba no concluyó satisfactoriamente; esto se debe que la RRH2 se encuentra fuera de servicio. Los demás sitios no tienen problemas con el backhaul, todos los frames enviados son los frames que se recibieron, además los valores del jitter se encuentran dentro de los valores establecidos.

### *Análisis de la investigación*

La investigación indica lo siguiente:

- Call detector muestra que las llamadas se realizaron desde el sector 2 del sitio X, además de que todas fueron durante el intervalo de la mañana.
- No se tiene registro de eventos que pudieran estar afectando el área.
- PRTS muestra que los sitios vecinos W, Y y Z no tienen problemas de desempeño, sin embargo, el sitio X, sector 2 no ha estado procesando tráfico desde las 8 am del 24 de enero (hace 5 horas).
- También se aprecia que los sectores 1 y 3 del sitio X han disminuido en los intentos de llamadas desde esta mañana.
- Secure CRT muestra alarmas en el sitio X sector 2 por la RRH2 fuera de servicio que se activó a las 07:42 am, lo que explica que el sector no muestre tráfico desde las 8:00 am.
- Spirent muestra problemas de backhaul en el sitio X, aunque en realidad, estos problemas se refieren al problema del sitio con la RRH2, no con el backhaul. Los demás sitios no presentan problemas según Spirent.

Debido a que la RRH2 se encuentra fuera de servicio, se considera realizar un reset remoto a esta RRH para tratar de solucionar el problema del sitio. En el reporte que se abrió automáticamente, se incluye todo lo arrojado por la investigación más la siguiente información:

- Tecnología: 3G – Voz (CDMA)
- Switch
- Sitio afectado: X
- Cantidad de llamadas recibidas en las últimas 24 hrs: 17
- Problema reportado: No se pueden realizar/recibir llamadas

### *Reset*

Para realizar un *reset* exclusivamente en el sector 2, se utiliza el comando *wilt/blossom (serf XXXXX -wb)* como se muestra a continuación (figura 6.12):

```
lenexaCEM54e% serf 57 -wb
=====
Status Elements for RF - Version2.1.2 - NBSS18.08 - 08/20/15 14:40:03
=====
SERF Sector wilt/Bloss tool.
-----
1. Wilt Sectors.
2. Blossom Sectors.
Please select action(1|2):1

Please provide FA number of sector you want to wilt.
(FA number or "all"):2

Please provide sector number you want to wilt.
(1, 2, 3 or "all"):2
77723
0%:CBS1:cells1:MC1900RBS57 :MCBTSSubsystem1:Root1:BTSCallProcessing1:AdvancedFA2:AdvancedSector2:PowerManagement1

This may impact customers on this site. Verify your selection.
Do you want to proceed?(y/n):y

waiting for all Sectors of MC1900RBS57 to go LOCKED

SiteName FA MO Sector MO AdminSt Tx Rx0 Rx1
-----
MC1900RBS57 AdvancedFA2 AdvancedSector2 SHUTTINGDOWN 609 125

waiting for all Sectors of MC1900RBS57 to go LOCKED

SiteName FA MO Sector MO AdminSt Tx Rx0 Rx1
-----
MC1900RBS57 AdvancedFA2 AdvancedSector2 LOCKED 0 0

COMPLETE! All requested sectors are now WILTED.
```

Figura 6.12 Proceso del Wilt del sitio X sector 2 en Secure CRT

Primero se “apaga” el sector 2 por medio del *Blossom*, posteriormente, se volverá a activar por medio del comando *wilt* (figura 6.13):

```
lenexaCEM54e% serf 57 -wb
=====
Status Elements for RF - Version2.1.2 - NBSS18.08 - 08/20/15 14:42:54
=====
SERF Sector wilt/Bloss tool.
-----
1. Wilt Sectors.
2. Blossom Sectors.
Please select action(1|2):2

Please provide FA number of sector you want to blossom.
(FA number or "all"):2

Please provide sector number you want to blossom.
(1, 2, 3 or "all"):2
77723
0%:CBS1:cells1:MC1900RBS57 :MCBTSSubsystem1:Root1:BTSCallProcessing1:AdvancedFA2:AdvancedSector2:PowerManagement1

Please verify your selection.
Do you want to proceed?(y/n):y

waiting for all Sectors of MC1900RBS57 to go UNLOCKED with full Tx Power

SiteName FA MO Sector MO AdminSt Tx Rx0 Rx1
-----
MC1900RBS57 AdvancedFA2 AdvancedSector2 UNLOCKED 0 0

waiting for all Sectors of MC1900RBS57 to go UNLOCKED with full Tx Power

SiteName FA MO Sector MO AdminSt Tx Rx0 Rx1
-----
MC1900RBS57 AdvancedFA2 AdvancedSector2 UNLOCKED 601 124

COMPLETE! All requested sectors are now BLOSSOMED.
```

Figura 6.13 Proceso del Blossom del sitio X sector 2 en Secure CRT

Una vez activado el sector 2, se muestran las alarmas activas del sitio, y como se aprecia en la imagen, el sitio ya no tiene alarmas activas en este momento (figura 6.14):



```

lenexaCEMS4e% serf 57    -alarms
Alarm Query?
1. Active Alarms only.
2. Historical Alarms only.
3. Both.
4. Proceed without.
5. Exit.
Please select one option:1
No Alarms Found!

```

*Figura 6.14* Alarmas en Secure CRT

El sitio, ya no tiene alarmas activas, sin embargo, debe mantenerse en monitoreo para observar el comportamiento del sitio después del *reset*, por si la alarma vuelve a activarse o el desempeño del sitio no mejora.

El sitio se monitorea por las siguientes 3 horas. A las 3 horas de realizado el *reset*, se observa que la alarma reapareció, por lo que se considera que el *reset* remoto no funcionó y se debe enviar a un técnico de campo a realizar una investigación en la torre y buscar la causa de esta alarma.

#### *Bond*

El reporte se envía con el técnico de campo a quien se contacta para comunicarle que debe ir al sitio lo más pronto posible y realizar una inspección, además, realizar un *hard reset* en el sitio para limpiar la alarma activa en el sector 2. Una vez que el técnico está en sitio, contacta a CPM e informa lo siguiente:

“No se puede realizar ninguna actividad en este sitio ya que un ave se ha instalado en la RRH2, por eso es que se encuentra fuera de servicio. No se podrán realizar actividades en el sitio hasta que se realice un estudio de aves y ellos determinen la temporada aproximada en la que el ave se marchará. Me encargaré de hacer saber al equipo que realiza los estudios de aves sobre este sitio para que vengan a revisarlo lo más pronto posible”

Como no se puede obtener información en este momento sobre si el equipo del sitio se encuentra dañado, este reporte permanecerá abierto hasta que haya una acción correctiva del problema. Por lo mientras, esperará por la información sobre el estudio de aves y más información sobre en qué temporada dejarán el sitio.

#### *Estudio de Aves*

El estudio de aves se realiza cuando un ave protegida por la ley de Estados Unidos se posiciona en los sitios del proveedor de servicio (debido a su ubicación y altura) para evaluar el estado del ave y la temporada que permanecerá en el sitio. Es importante considerar que durante este tiempo no se pueden realizar actividades en el sitio por dos razones, una para evitar poner en peligro al técnico de campo, y otra para evitar poner en riesgo al ave. Además, estas aves se encuentran protegidas por la ley que indica que no deben ser movidas ni molestadas una vez que deciden plantarse en algún sitio.

En este caso, el estudio de esta ave indica que no planea anidar en la zona, sólo se posó en este sitio provisionalmente, para descansar ya que probablemente haya recorrido un largo camino y se dirige hacia el norte a algún santuario y pasar ahí la temporada. Se estima que el ave permanezca en este sitio al menos una semana.

Esta información se agrega al reporte y el técnico lo mantiene en su bandeja de trabajo para que en una semana se dirija al sitio a realizar una inspección y ver si el ave en efecto se ha retirado o sigue en el sitio.

*Acción Correctiva y Auto closure*

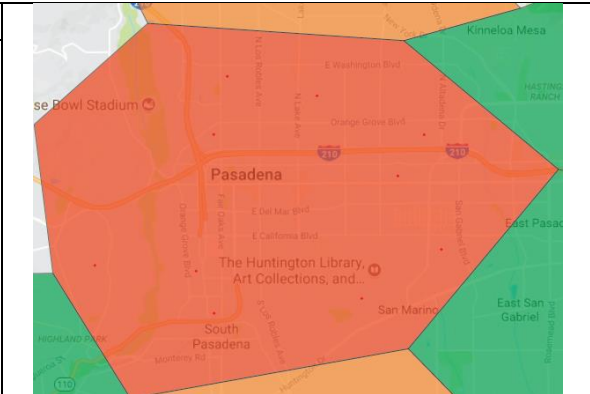
Una vez que las aves han dejado el sitio, el técnico de campo visita el sitio y realiza una inspección para ver si el equipo ha sido dañado y se necesita reemplazar alguna pieza. En este caso, el técnico no reporta ningún daño al equipo más que unos cables rotos y desconectados. El técnico los repara y realiza un *hard reset* al sitio completo. Una vez que el *hard reset* se realizó y el equipo vuelve a funcionar de manera habitual, el técnico también realiza pruebas en el área de cobertura del sitio reportando que no se encuentra ningún problema con la señal. Cuando todo queda arreglado después de que el ave partió y se arreglaron los problemas con los cables, el técnico de campo regresa el reporte del sitio X a CPM. CPM verifica entonces que no hay algún problema por medio de Secure CRT y que el sitio se encuentra procesando tráfico, además de que el sitio ya no tenga más llamadas recientes (realizadas después de que el técnico diera el *reset* al sitio) y clarea el reporte como REPAIRED, posteriormente, lo manda a *autoclosure* que es una bandeja especial para los reportes de sitios rojos en donde permanecerá 24 horas siempre y cuando no reciba más llamadas. Después de 24 horas, el reporte se cierra automáticamente.

VI.I.III Caso 3

*Call Detector*

Un reporte automático para el sitio A3 ha sido creado por medio de la aplicación. Call Detector muestra la siguiente información (figura 6.15 y tabla 6.5):

| Site Information: A3    |                        |
|-------------------------|------------------------|
| Basic Information       | Network Information    |
| Lat: 34.147560          | 3G 1900 Voice          |
| Long: -118.136453       | 3G 1900 Data           |
| City: Pasadena          | 4G 1900                |
| State: California       | 4G 800                 |
| Market: Burbank         | 4G 2500                |
| Priority: P2 Golden BTS | Vendor: ALCATEL-LUCENT |



Call per day

| 24 H | 03/04 | 03/03 | 03/02 | 03/01 | 02/28 | 03/27 | 03/26 | 03/25 |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 10   | 2     | 1     | 0     | 0     | 0     | 0     | 1     | 0     |

Calls per week

|       |       |       |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 03/06 | 02/27 | 02/20 | 02/13 | 02/06 | 01/30 | 01/23 |
| 10    | 3     | 3     | 5     | 4     | 3     | 2     |

Figura 6.15 Información del sitio A3 en Call Detector

Tabla 6.5 Detalles de llamadas para el sitio A3

| Call Records para el Sitio X |       |                                     |           | Periodo: 2017 - 03 - 04 15:34 a 2017 - 03 - 05 15:33 |                                |         |                      |       |         |   |       |
|------------------------------|-------|-------------------------------------|-----------|--|--------------------------------|---------|----------------------|-------|---------|---|-------|
|                              | Hora  | Nota                                | Tipo Alto | Tipo medio   | Tipo bajo                      | Market  | Ciudad/<br>Estado    | Sitio | Switch  | Dirección                               | MDN   |
| 1                            | 15:10 | -                                   | Voz       | Cobertura  | No se pueden realizar llamadas | Burbank | Pasadena, California | A3    | Burbank | 1x Poppy Peak Dr, Pasadena, California  | 2XXX6 |
| 2                            | 15:12 | No puedo hacer ni recibir llamadas  | Voz       | Cobertura  | No se pueden realizar llamadas | Burbank | Pasadena, California | A3    | Burbank | 1x N Raymond Ave, Pasadena, California  | 2XXX0 |
| 3                            | 15:13 | -                                   | Voz       | Cobertura  | No se pueden realizar llamadas | Burbank | Pasadena, California | A3    | Burbank | 1x Peoria St, Pasadena, California      | 2XXX3 |
| 4                            | 15:15 | -                                   | Voz       | Cobertura  | No se pueden realizar llamadas | Burbank | Pasadena, California | A3    | Burbank | 9x Wilson Ave, Pasadena, California     | 2XXX8 |
| 5                            | 15:15 | No hay servicio                     | Voz       | Cobertura  | No se pueden realizar llamadas | Burbank | Pasadena, California | A3    | Burbank | 3x Arlington Dr, Pasadena, California   | 2XXX9 |
| 6                            | 15:16 | -                                   | Voz       | Cobertura  | No se pueden realizar llamadas | Burbank | Pasadena, California | A3    | Burbank | 4x Oaklawn Ave, Pasadena, California    | 2XXX3 |
| 7                            | 15:18 | No entran las llamadas              | Voz       | Cobertura  | No se pueden realizar llamadas | Burbank | Pasadena, California | A3    | Burbank | 3x S Canyon Rd, Pasadena, California    | 2XXX2 |
| 8                            | 15:20 | No hay servicio para hacer llamadas | Voz       | Cobertura  | No se pueden realizar llamadas | Burbank | Pasadena, California | A3    | Burbank | 2x Monte Vista St, Pasadena, California | 2XXX1 |
| 9                            | 15:22 | -                                   | Voz       | Cobertura  | No se pueden realizar llamadas | Burbank | Pasadena, California | A3    | Burbank | 9x Berkeley Ave, Pasadena, California   | 2XXX2 |
| 10                           | 15:30 | -                                   | Voz       | Cobertura  | No se pueden realizar llamadas | Burbank | Pasadena, California | A3    | Burbank | 6x Winston Ave, Pasadena, California    | 2XXX5 |

Call Detector muestra el siguiente mapa del área (figura 6.16):



Figura 6.16 Mapa Call detector

### Identificación del problema

De acuerdo a las llamadas recibidas, los usuarios reportan que no pueden recibir ni realizar llamadas, por lo que se supone que el sitio está teniendo problemas con los servicios de voz. Por otro lado, todas las llamadas recibidas se realizaron en toda la cobertura del sitio A3, no solo en un sector, por lo que también se supone que el problema está ocurriendo en todo el sitio y no solo en un sector en particular. A partir de esto, la investigación se realizará para 3G – Voz (CDMA).

También se observa que ésta es un área muy concurrida, y que el sitio tiene una prioridad 2, lo que significa que es un sitio que soporta grandes cantidades de tráfico, por lo que será importante que el problema se solucione lo más pronto posible. Los sitios con prioridad 2, también conocidos como Golden BTS, son sitios que se encuentran en lugares estratégicos en cuanto a tráfico/población/cobertura o bien, cerca de lugares importantes donde siempre debe haber señal por lo que una falla de estas representa grandes pérdidas para el proveedor. Otra razón por la que un sitio puede ser prioridad 2 es que sea el donador de otro sitio que también se encuentre en una ubicación estratégica en cuanto a cobertura/tráfico. En el caso del sitio A3, también es *donor* de un sitio que se encuentra en Altadena a 3.7 millas de distancia de este.

### Problemas Conocidos

- CSM no muestra ventanas de mantenimiento durante el último mes en el sitio A3, ni en los sitios vecinos. Las últimas ventanas de mantenimiento en el área fueron hace 2 meses, con impacto en el servicio, sin embargo, no parece que esas ventanas estén ligadas con la reciente falla.
- Ticket Search muestra que hay un reporte abierto para este sitio (A3) debido a que el sitio se encuentra fuera de servicio durante el mismo día a las 13:45 por problemas de backhaul.
- No se tiene registro de eventos sociales o eventos naturales que pudieran haber afectado el servicio en el área

Debido a que ya hay un reporte abierto para este problema, se procede a asociar el reporte abierto automáticamente por el Call detector al reporte abierto por problemas de backhaul en el sitio. La

investigación se detiene y se sigue el trabajo que se está realizando en el reporte de backhaul hasta que este llegue a una acción correctiva y se haya comprobado que el problema se ha solucionado en su totalidad.

### Alarmas

Secure CRT muestra que, en efecto, el sitio se encuentra fuera de servicio (figura 6.17):

```

BURBANK_MSC_2                                03/05/17 15:52:44 PST.
-----
CMD<      -2131,XX6      CELL (RCS) XX6

LOCATION: A3
PHASE LEVEL:
PHASE SOURCE:
GENERIC VER: A45721FFFQ
Ix/DO:IPoETH
CELL SUMMARY: trb1

| TFU/GPS/AMP/TDU || OD |
| ANT  RF  SBP  ||trb1|
| RUI/RRH: trb1  |

```

Figura 6.17 Alarmas en Secure CRT

Al ser, el sitio A3, donador de un sitio en Altadena, se espera que este también se encuentre fuera de servicio en este momento, sin embargo, como aún no se ha generado un reporte para este sitio, no es necesario continuar con la investigación de este.

### Análisis de la investigación

Cómo se indica en los puntos anteriores:

- Se han recibido 10 llamadas después de las 15 horas en un intervalo menor a una hora. Cabe mencionar que este es un sitio con prioridad 2 y Golden BTS.
- Según Ticket search, ya hay un reporte del sitio A3 abierto en el que se está investigando el problema en el sitio. De acuerdo al reporte hay un posible problema de backhaul que está afectando el servicio.
- Secure CRT confirma que el sitio se encuentra fuera de servicio.
- El sitio A3 es el donador de otro sitio que se encuentra en Altadena a 3.7 millas de distancia.

Como se menciona anteriormente, el reporte por problemas en el backhaul indica que la falla inició a las 13:45. Primero, el equipo de RAN abrió el reporte debido a que el sitio se mantuvo fuera de servicio por más de 5 minutos, posteriormente RAN intentó realizar un *reset*, pero, al ser un problema de backhaul, esta acción no lo resolvió. Entonces RAN envió el reporte al equipo de ASA para evaluar el problema a nivel de backhaul, quienes detectan que, en efecto, hay un problema que debe resolver el LEC (Local Exchange Carrier).

ASA se pone en contacto con el LEC para informarles sobre el problema. El LEC investigó cuál es el problema e informaron que en efecto hay problemas con la fibra que lleva este sitio y que, aunque es un problema menor, ya se está buscando la causa de la falla.

Una vez estudiada toda esta información, CPM decide asociarse al reporte del problema de backhaul y seguir el proceso hasta llegar a la acción correctiva. Para asociar el reporte de CPM al reporte del problema

de backhaul, hay que agregar la misma información que en todos los reportes, más una nota que indique que el problema ya se está investigando en otro reporte:

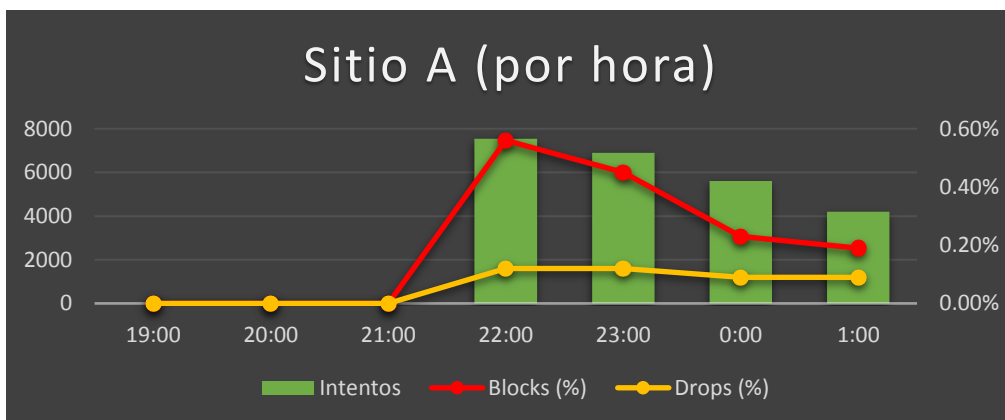
- Tecnología: 3G – Voz (CDMA)
- Switch
- Sitio afectado: A3
- Cantidad de llamadas recibidas en las últimas 24 hrs: 10
- Problema reportado: No se pueden realizar llamadas

*ASA – Acción correctiva – Autoclosure*

Una vez asociado el reporte de llamadas de usuarios al reporte de fallas en el backhaul se sigue el proceso por medio de actualizaciones, las cuáles se agregan al reporte de CPM:

- Actualización 1 (03/05 15:59): En este momento el LEC se encuentra evaluando la causa y el área en la que se encuentra la falla en la fibra. La principal sospecha es un corte de fibra cerca de donde se realizan trabajos de repavimentación.
- Actualización 2 (03/05 19:05): El LEC ha localizado y aislado el área donde se encuentra la falla. En efecto, se trata del lugar donde se están realizando los trabajos de repavimentación; al parecer, el uso de la máquina para quitar el pavimento provocó que se cortara parte de la fibra, lo que está causando el problema. En este momento el técnico está realizando el empalme, sin embargo, hay problemas ya que está lloviendo en este momento, lo cual dificulta los trabajos de empalme.
- Actualización 3 (03/05 22:13): El LEC ya realizó el empalme y ha hecho pruebas para confirmar que el problema se ha resuelto. El equipo de ASA realiza las pruebas junto con el LEC para evitar problemas posteriormente. Una vez que pasaron todas las pruebas y no hay más fallas que reportar, el LEC regresa el reporte a ASA y ASA regresa el reporte a RAN. RAN tiene que monitorear el sitio durante 2 horas.

Una vez que el LEC ha resuelto el problema, CPM puede desasociar el reporte de sitio y continuar con el monitoreo por cuenta propia. Tres horas después, se observa que el sitio se encuentra actualmente en servicio, sin alarmas activas, de acuerdo a Secure CRT y PRTS muestra el tráfico del sitio de las últimas tres horas (gráfica 6.11 y figura 6.18):



Gráfica 6.11 Desempeño del sitio A3 por hora

```

BURBANK_MSC_2                                03/06/17 01:34:07 PST.
-----
CMD<          -2131,XX6          CELL (RCS) XX6

LOCATION: A3
PHASE LEVEL:
PHASE SOURCE:
GENERIC VER: A45721FFFQ
Ix/DO:IPoETH
CELL SUMMARY: trb1

| TFU/GPS/AMP/TDU || OD |
| ANT  RF  SBP  || act |
|          act   |
| RUI/RRH: act   |
    
```

Figura 6.18 Estado del sitio en Secure CRT

Cuando se ha confirmado que el sitio se encuentra trabajando normalmente y que no se han recibido más llamadas después de la acción correctiva, el reporte se clarea como REPAIRED y se envía a la bandeja de *autoclosure* durante 24 horas para después cerrarse automáticamente.

## Capítulo VII. Conclusiones

Este informe detalla las actividades realizadas durante mi estancia en *Customer Problem Management* (CPM), la cuál es un área fundamental dentro del GNOC, encargada de asegurar al proveedor de servicios de telefonía celular (instalado en Estados Unidos) y a los usuarios finales que las operaciones de la red de telefonía se encuentren en óptimas condiciones al dar solución a las fallas que los usuarios finales reportan por medio de dos herramientas puestas a su disposición con tal propósito (Customer Care y la aplicación móvil). CPM se encarga, específicamente, de solucionar las fallas que los usuarios finales experimentaban con la red de telefonía celular, por medio del análisis del comportamiento y estado de la red, investigación de eventos que pudieran haber afectado el desempeño de la red, y procesos para poner en marcha y dar seguimiento a la solución del problema causante de la falla en el servicio.

Todos los casos incluidos en este reporte, Customer Wireless Cases (CWCs) y Red Cascades, son ejemplos de los tipos de problema que recibí comúnmente mientras trabajaba en CPM; sin embargo, también son los casos que requirieron de mayor análisis e investigación para su solución, ya que sus causas no eran tan comunes y necesitaban un enfoque más relacionado a ingeniería que los que comúnmente se resolvían. Todos los casos incluidos en este reporte, Customer Wireless Cases (CWCs) y Red Cascades, son ejemplos de los tipos de problema que recibí comúnmente mientras trabajaba en CPM; sin embargo, también son los casos que requirieron de mayor análisis e investigación para su solución, ya que sus causas no eran tan comunes y necesitaban un enfoque más relacionado a ingeniería que los que comúnmente se resolvían.

Estos casos me permitieron utilizar habilidades y algunos conocimientos adquiridos durante la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones en la Facultad de Ingeniería. En primer lugar, aplicar los conocimientos relacionados a redes inalámbricas, modelos de propagación, redes de datos, patrones de radiación, por mencionar algunos (los cuales se explican en el capítulo 3 de este informe), a través de la interpretación del comportamiento, estado y funcionamiento de la red celular por medio de la lectura de datos arrojados por las herramientas utilizadas. En segundo, la habilidad de analizar los datos y el comportamiento de la red, para la identificación de las posibles causas de problemas en la red, a partir de la información aportada por el propio cliente y de la arrojada por la red. En tercer lugar, la capacidad de lidiar con diferentes tipos de problemas, para los cuales puede haber distintas soluciones, sin embargo, identificar la solución más práctica y la que permita ahorrar recursos (en el caso de estos reportes, ahorro en tiempo de solución) es fundamental dentro de mi formación, tanto dentro de la Facultad de Ingeniería como en el campo laboral. La comunicación adecuada y el trabajo en equipo para llegar a una solución común (en caso de que haya varios usuarios afectados en el área, o bien que se requiera trabajar con otras áreas dentro de la misma empresa o incluso hasta con el cliente o dado el caso con el usuario final) son herramientas del día a día que ponen como principal objetivo la solución del problema del cliente en corto tiempo sin afectar a otros usuarios y asegurando siempre el óptimo comportamiento de la red.

Si bien, muchos de los conocimientos adquiridos durante la carrera fueron fundamentales, en ocasiones percibí una falta de información relacionada directamente al área de telefonía móvil. Debe ser importante para la Facultad de Ingeniería y en especial para la carrera de Telecomunicaciones, dedicar bastante tiempo, en la formación de nuevos ingenieros en telecomunicaciones, a este tema; actualmente es de suma importancia que los egresados de la carrera tengan sólidos conocimientos acerca de la arquitectura



de la red y de los tipos de tecnologías utilizados en cada una de las generaciones de telefonía móvil y cómo conviven entre sí.

Algunos de los casos incluidos en este informe describen problemas en la potencia de transmisión y cómo esto puede afectar a la calidad en la señal y el servicio reflejándose en llamadas caídas o bloqueadas, o bien en bajas tasas de transmisión de datos; otros casos indican como una serie de obstáculos pueden alterar al patrón de radiación de una antena y como esta alteración afecta la cobertura en cierta área dentro de una célula, sin embargo, a través del análisis de la propagación de la señal se puede encontrar una solución al problema. También se trataron problemas de capacidad, los cuales requirieron de un análisis del diseño del área para poder encontrar una solución que no implicara mayores gastos al proveedor del servicio; y, por último, problemas de CSFB, los cuales se pueden identificar a partir de las experiencias del usuario final y de las estadísticas de desempeño del sitio que da cobertura al área con problemas. También se incluyen casos en los que, a pesar de todos los esfuerzos que CPM, técnicos de campo y LRFE puedan realizar, la rápida solución del problema no depende del área técnica, si no de factores externos que se deben tener en cuenta.

Si bien, no en todos los casos descritos tuve oportunidad de realizar la solución del problema personalmente por falta de permisos de parte del proveedor del servicio a COS, me encargué de identificar cual era la causa de este y comunicársela al área correspondiente perteneciente al proveedor del servicio, la cual sí contaba con los servicios suficientes para llevar a cabo la modificación en la red que permitiera la solución del problema. Otro aspecto importante para la correcta identificación y rápida solución del problema, era el manejo total de todas las herramientas que se utilizaban durante la investigación, es decir, la correcta interpretación de toda la información arrojada por las herramientas sobre el estado y desempeño de la red. La correcta interpretación de esta información, más los conocimientos básicos sobre telefonía celular contribuían a la rápida solución de los problemas que los usuarios experimentaban, dejando al usuario con un alto nivel de satisfacción y evitando al proveedor de servicios pérdidas económicas debidas a multas o compensaciones a los usuarios.

Por último, cabe mencionar que de acuerdo a estudios del total de quejas recibidas durante el 2015 y 2016, realizados por el mismo proveedor del servicio de telefonía móvil (cliente de COS), el nivel de satisfacción de sus usuarios era menor al 25% previo a la contratación e implementación de CPM; una vez que CPM tomó la responsabilidad de dar solución a las fallas en la red a partir de las quejas de los usuarios, o bien redireccionar la queja a la agencia especializada para solucionar el problema, el nivel de satisfacción de los usuarios incrementó gradualmente a un 70% hasta la fecha. La implementación de procesos diseñados por CPM para encontrar la falla, además del correcto análisis por parte de los ingenieros de CPM y la rápida solución del problema, contribuyeron al incremento de la satisfacción del cliente con el servicio.

## Bibliografía

1. Ericsson (2017). "Portfolio" en *Ericsson* [en línea]. Suecia, disponible en:  
<https://www.ericsson.com/en/portfolio>  
 [Fecha de acceso: 20 de mayo de 2017]
2. Ericsson (2017). "Services and Solutions" en *Ericsson* [en línea]. Suecia, disponible en:  
<https://www.ericsson.com/portfolio/services-and-solutions>  
 [Fecha de acceso: 20 de mayo de 2017]
3. Ericsson (2017). "Services and Solutions" en *Ericsson* [en línea]. Suecia, disponible en:  
<https://www.ericsson.com/portfolio/products>  
 [Fecha de acceso: 20 de mayo de 2017]
4. ITU Academy. (2014). "Cronología de la historia celular" en *Programa en C&I de la ITU. Curso de Capacitación en Pruebas de Terminales Móviles* [en línea]. Estados Unidos de Norteamérica, disponible en:  
[https://www.itu.int/en/ITU-D/Technology/Documents/Events2014/CI\\_Training\\_AMS\\_Campinas\\_May14/CI\\_ProgrammeTrainingCourseTestingMobileTerminal\\_es.pdf](https://www.itu.int/en/ITU-D/Technology/Documents/Events2014/CI_Training_AMS_Campinas_May14/CI_ProgrammeTrainingCourseTestingMobileTerminal_es.pdf)  
 [Fecha de acceso: 19 de julio de 2017]
5. International Telecommunication Union Library & Archives. (2012). "Artículo 2: Nomenclatura Sección I - Bandas de frecuencias y Longitudes de onda" en *Reglamento de Radiocomunicaciones* [en línea]. Estados Unidos de Norteamérica, disponible en: [https://www.itu.int/dms\\_pub/itu-s/oth/02/02/S02020000244501PDFS.pdf](https://www.itu.int/dms_pub/itu-s/oth/02/02/S02020000244501PDFS.pdf)  
 [Fecha de acceso: 19 de julio de 2017]
6. International Telecommunication Union. (2011) "3G: All about the Technology and IMT-2000" en *International Telecommunication Union*. Estados Unidos de Norteamérica, disponible en:  
<https://www.itu.int/osg/spu/ni/3G/technology/index.html>  
 [Fecha de acceso: 19 de julio de 2017]
7. Huidobro J. M y R. Conesa, (2006) *Sistemas de telefonía*. Editorial Paraninfo. España
8. Haykin S. (2001). "Sistemas de Comunicación". Editorial John Wiley & Sons Ltd, Canadá.
9. Hernández A. (2003). *Operación de una radio base celular cuando coexisten GSM & IS-54, IS-136*. Tesis de Licenciatura [en línea]. México, Departamento de Ingeniería Electrónica. Escuela de Ingeniería, Universidad de las Américas Puebla. Disponible en:  
[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lem/hernandez\\_c\\_a/](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/hernandez_c_a/)  
 [Fecha de acceso: 20 de julio de 2017]
10. Landon D. (200) "Lecture 3: Co-Channel Interference" en *Wireless Communication Systems Lectures, Electrical and Computer Engineering, University of Utah* [en línea]. Estados Unidos de Norteamérica, disponible en: <http://www.ece.utah.edu/~ece5960/lectures/L3%20--%20CoChannel%20Interference/L3.html>  
 [Fecha de acceso: 20 de julio de 2017]
11. Fernández V. M. (2010). *Ejemplo de diseño e implementación de una estación base GSM/UMTS*. Trabajo final de Carrera [en línea]. España, Universidad Politécnica de Valencia. Disponible en:  
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/8972/memoria.pdf>  
 [Fecha de acceso: 21 de julio de 2017]
12. Soriano J. (2006). *Modelo Experimental de Propagación de RF en Espacio Libre y Vegetación a 9.1Ghz*. Tesis de Licenciatura [en línea]. México, Departamento de Ingeniería Electrónica. Escuela de Ingeniería, Universidad de las Américas Puebla. Disponible en:

- [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lem/soriano\\_m\\_jc/](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/soriano_m_jc/)  
[Fecha de acceso: 20 de julio de 2017]
13. Ericsson (2010-2012). System Description - WCDMA RAN. Editado por Ericsson. Suecia
  14. Linnartz J. (2006). "Network Concepts and Standards. Cellular Telephone Systems – AMPS" en *Wireless Communication* [en línea]. Países Bajos, disponible en:  
<http://www.wirelesscommunication.nl/reference/chaptr01/telephon/amps.htm>  
[Fecha de acceso: 24 de julio de 2017]
  15. Linnartz J. (2006). "Network Concepts and Standards. Cellular Network Architecture" en *Wireless Communication* [en línea]. Países Bajos, disponible en:  
<http://www.wirelesscommunication.nl/reference/chaptr04/cellplan/cellnetv.htm>  
[Fecha de acceso: 24 de julio de 2017]
  16. Tipper D. (2012). "First Generation Cellular" en *University of Pittsburgh* [en línea]. Estados Unidos de Norteamérica, disponible en: [http://www.pitt.edu/~dtipper/2720/2720\\_Slides5.pdf](http://www.pitt.edu/~dtipper/2720/2720_Slides5.pdf)  
[Fecha de acceso: 24 de julio de 2017]
  17. Kolios P. (2016) "Fundamental Concepts: Multiplexing / Multiple Access / Duplex" en *Department of Computer Science. University of Cyprus* [en línea]. República de Chipre, disponible en:  
[https://www.cs.ucy.ac.cy/courses/EPL657/Fundamental\\_Concepts.pdf](https://www.cs.ucy.ac.cy/courses/EPL657/Fundamental_Concepts.pdf)  
[Fecha de acceso: 24 de julio de 2017]
  18. Kumar A., Llu Y., Sengupta J., Divya. (2010). "Evolution of Mobile Wireless Communication Networks: 1G to 4G" en *International Journal of Electronics and Communication Technology* [en línea]. India, disponible en:  
<http://www.iject.org/pdf/amit.pdf>  
[Fecha de acceso: 26 de julio de 2017]
  19. Tipper D. (2012). "IS-95 (cdmaone)" en *University of Pittsburgh* [en línea]. Estados Unidos de Norteamérica, disponible en: [http://www.pitt.edu/~dtipper/2720/2720\\_Slides9.pdf](http://www.pitt.edu/~dtipper/2720/2720_Slides9.pdf)  
[Fecha de acceso: 27 de julio de 2017]
  20. Bernal I. (2007). "CDMA (IS-95)" en *Comunicaciones Inalámbricas. Departamento de Electrónica, Telecomunicaciones y Redes de Información. Escuela Politécnica Nacional* [en línea]. Ecuador, disponible en:  
[http://clusterfie.epn.edu.ec/ibernal/html/CURSOS/Sep07Feb08/ComInalam/ClasesNuevas/CDMA\\_JULIO.pdf](http://clusterfie.epn.edu.ec/ibernal/html/CURSOS/Sep07Feb08/ComInalam/ClasesNuevas/CDMA_JULIO.pdf)  
[Fecha de acceso: 27 de julio de 2017]
  21. Kahabka M. (2000). "GSM Overview" en *GMS Pocket Guide Vol 2* [en línea]. Alemania, disponible en:  
[http://web.itu.edu.tr/pazarci/WandelGoltermann\\_gsm.pdf#page=15&zoom=160,177,105](http://web.itu.edu.tr/pazarci/WandelGoltermann_gsm.pdf#page=15&zoom=160,177,105)  
[Fecha de acceso: 28 de julio de 2017]
  22. Shahzad M. (2008). "GSM Channels" en *Department of Telecommunication Engineering. UET Taxila* [en línea]. Pakistan, disponible en:  
<http://web.uettaxila.edu.pk/cms/teWCbs/notes%5CLec%205%20&%206%20GSM%20CHANNELS.pdf>  
[Fecha de acceso: 29 de julio de 2017]
  23. Singh T., Kumar A., Yunfel Ll. (2011). "Channels and Identities in GSM" en *International Journal of Electronics and Communication Technology* [en línea]. India, disponible en:  
<http://www.iject.org/vol2issue3/2/amitkumar.pdf>  
[Fecha de acceso: 29 de julio de 2017]
  24. Poole I. (2017). "What is GMSK Modulation - Gaussian Minimum Shift Keying" en *RF Technology and Design* [en línea]. Estados Unidos de Norteamérica, disponible en: <http://www.radio-electronics.com/info/rf-technology-design/pm-phase-modulation/what-is-gmsk-gaussian-minimum-shift-keying-tutorial.php>  
[Fecha de acceso: 31 de julio de 2017]
  25. International Telecommunication Union. (2000). "INFORME UIT-R M.2023 NECESIDADES DE ESPECTRO PARA LAS TELECOMUNICACIONES MÓVILES INTERNACIONALES-2000 (IMT-2000)" en *International Telecommunication Union Library & Archives*. Estados Unidos de Norteamérica, disponible en:  
[https://www.itu.int/dms\\_pub/itu-r/opb/rep/R-REP-M.2023-2000-PDF-S.pdf](https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/rep/R-REP-M.2023-2000-PDF-S.pdf)  
[Fecha de acceso: 1 de agosto de 2017]

26. Langer J., Gwenn L., (2001). "CDMA2000—A world view" en *University of Pittsburgh* [en línea]. Estados Unidos de Norteamérica, disponible en: [http://www.pitt.edu/~dtipper/cdma\\_2000.pdf](http://www.pitt.edu/~dtipper/cdma_2000.pdf)  
[Fecha de acceso: 1 de agosto de 2017]
27. Poole I. (2017). "Multicarrier Modulation, MCM Tutorial" en *RF Technology and Design* [en línea]. Estados Unidos de Norteamérica, disponible en: <http://www.radio-electronics.com/info/rf-technology-design/multicarrier-modulation-mcm/basics-techniques-tutorial.php>  
[Fecha de acceso: 1 de agosto de 2017]
28. Yang S., (2004). "3G CDMA2000 Wireless System Engineering". Editorial Artech House, Estados Unidos de Norteamérica.
29. Kaaranen H., Athiainen A., Laitinen L., Naghian S., Valtteri N., (2005). "UMTS Networks. Architecture, Mobility and Services". Editorial John Wiley & Sons Ltd, Estados Unidos de Norteamérica.
30. Poole I. (2017). "3G UMTS / WCDMA Basics Tutorial" en *Cellular/Mobile Telecommunications* [en línea]. Estados Unidos de Norteamérica, disponible en: [http://www.radio-electronics.com/info/cellulartelecomms/umts/umts\\_wcdma\\_tutorial.php](http://www.radio-electronics.com/info/cellulartelecomms/umts/umts_wcdma_tutorial.php)  
[Fecha de acceso: 3 de agosto de 2017]
31. Mitschele-Thiel A., Mückenheim J. (2012) "UMTS System Architecture and Protocol Architecture" en Technische Universität Ilmenau [en línea]. Alemania, disponible en: [https://www.tu-ilmeneu.de/fileadmin/public/iks/files/lehre/UMTS/04\\_UMTS-architecture-ws12.pdf](https://www.tu-ilmeneu.de/fileadmin/public/iks/files/lehre/UMTS/04_UMTS-architecture-ws12.pdf)  
[Fecha de acceso: 7 de agosto de 2017]
32. Ericsson (2016). LTE/SAE System Overview Student Book. Editado por Ericsson. Suecia
33. Poole I. (2017). "HSPA - High Speed Packet Access Tutorial" en *Cellular/Mobile Telecommunications* [en línea]. Estados Unidos de Norteamérica, disponible en: <http://www.radio-electronics.com/info/cellulartelecomms/3g-hspa/umts-high-speed-packet-access-tutorial.php>  
[Fecha de acceso: 7 de agosto de 2017]
34. Poole I. (2017). "LTE Long Term Evolution Tutorial & Basics" en *Cellular/Mobile Telecommunications* [en línea]. Estados Unidos de Norteamérica, disponible en: <http://www.radio-electronics.com/info/cellulartelecomms/lte-long-term-evolution/3g-lte-basics.php>  
[Fecha de acceso: 7 de agosto de 2017]
35. Bo Y., (2016). "Equipment in the LTE Network" en *China Academy of Information and Communications Technology. International Telecommunication Union*. [en línea]. China, disponible en: [https://www.itu.int/en/ITU-D/Regional-Presence/AsiaPacific/SiteAssets/Pages/Events/2016/Oct-CandI2016/CAICT2016/Session%206-4%20Equipment\\_in\\_LTE\\_network\\_noNote%20%E6%9D%A8%E6%B3%A2-final.pdf](https://www.itu.int/en/ITU-D/Regional-Presence/AsiaPacific/SiteAssets/Pages/Events/2016/Oct-CandI2016/CAICT2016/Session%206-4%20Equipment_in_LTE_network_noNote%20%E6%9D%A8%E6%B3%A2-final.pdf)  
[Fecha de acceso: 8 de agosto de 2017]
36. Poole I. (2017). "LTE SAE System Architecture Evolution" en *Cellular/Mobile Telecommunications* [en línea]. Estados Unidos de Norteamérica, disponible en: <http://www.radio-electronics.com/info/cellulartelecomms/lte-long-term-evolution/sae-system-architecture-evolution-network.php>  
[Fecha de acceso: 8 de agosto de 2017]
37. Poole I. (2017). "LTE OFDM, OFDMA SC-FDMA & Modulation" en *Cellular/Mobile Telecommunications* [en línea]. Estados Unidos de Norteamérica, disponible en: <http://www.radio-electronics.com/info/cellulartelecomms/lte-long-term-evolution/lte-ofdm-ofdma-scfdma.php>  
[Fecha de acceso: 9 de agosto de 2017]
38. Alcatel Lucent (2013). "The LTE Network Architecture. A comprehensive tutorial" en *University of North Texas* [en línea]. Estados Unidos de Norteamérica, disponible en: [http://www.cse.unt.edu/~rdantu/FALL\\_2013\\_WIRELESS\\_NETWORKS/LTE\\_Alcatel\\_White\\_Paper.pdf](http://www.cse.unt.edu/~rdantu/FALL_2013_WIRELESS_NETWORKS/LTE_Alcatel_White_Paper.pdf)  
[Fecha de acceso: 9 de agosto de 2017]
39. 3rd Generation Partnership Project (3GPP). (2008). "Technical Specification Group Services and System Aspects; Circuit Switched Fallback in Evolved Packet System; Stage 2 (Release 8)" en Association of Radio

- Industries and Businesses [en línea]. Japón, disponible en:  
[http://www.arib.or.jp/IMT-2000/V710Dec08/5\\_Appendix/Rel8/23/23272-810.pdf](http://www.arib.or.jp/IMT-2000/V710Dec08/5_Appendix/Rel8/23/23272-810.pdf)  
 [Fecha de acceso: 10 de agosto de 2017]
40. Qualcomm., Ericsson., (2012). "Circuit Switched Fallback. The first phase of voice evolution for mobile LTE devices" en Ericsson [en línea], Estados Unidos de Norteamérica, disponible en:  
[https://www.ericsson.com/assets/local/news/2012/5/the\\_first\\_phase\\_of\\_voice\\_evolution\\_for\\_mobile\\_lte\\_devices.pdf](https://www.ericsson.com/assets/local/news/2012/5/the_first_phase_of_voice_evolution_for_mobile_lte_devices.pdf)  
 [Fecha de acceso: 10 de agosto de 2017]
  41. Cisco, (2017). "CSFB and SMS over SGs Interface" en Cisco [en línea], Estados Unidos de Norteamérica, disponible en:  
[https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/wireless/asr\\_5000/20/MME/b\\_20\\_MME\\_Admin/b\\_20\\_MME\\_Admin\\_chapter\\_01011.pdf](https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/wireless/asr_5000/20/MME/b_20_MME_Admin/b_20_MME_Admin_chapter_01011.pdf)
  42. Poole I. (2017). "Voice over LTE - VoLTE Tutorial" en *Cellular/Mobile Telecommunications* [en línea]. Estados Unidos de Norteamérica, disponible en: <http://www.radio-electronics.com/info/cellulartelecomms/lte-long-term-evolution/voice-over-lte-volte.php>  
 [Fecha de acceso: 10 de agosto de 2017]
  43. Poole I. (2017). "LTE Frequency Bands & Spectrum Allocations" en *Cellular/Mobile Telecommunications* [en línea]. Estados Unidos de Norteamérica, disponible en: <http://www.radio-electronics.com/info/cellulartelecomms/lte-long-term-evolution/lte-frequency-spectrum.php>  
 [Fecha de acceso: 10 de agosto de 2017]
  44. International Telecommunication Union. (2008). "Requirements related to technical performance for IMT-Advanced radio interface(s)" en *International Telecommunication Union* [en línea]. Estados Unidos de Norteamérica, disponible en: [https://www.itu.int/dms\\_pub/itu-r/opb/rep/R-REP-M.2134-2008-PDF-E.pdf](https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/rep/R-REP-M.2134-2008-PDF-E.pdf)  
 [Fecha de acceso: 10 de agosto de 2017]
  45. Qualcomm. (2013). "LTE Advanced An evolution built for the long-haul" en *Qualcomm* [en línea]. Estados Unidos de Norteamérica, disponible en: <https://www.qualcomm.com/documents/lte-advanced-evolution-built-long-haul>  
 [Fecha de acceso: 10 de agosto de 2017]
  46. Wannstrom J. (2013). "Carrier Aggregation Explained" en *3rd Generation Partnership Project (3GPP)* [en línea]. Estados Unidos de Norteamérica, disponible en: <http://www.3gpp.org/technologies/keywords-acronyms/101-carrier-aggregation-explained>  
 [Fecha de acceso: 13 de agosto de 2017]
  47. Poole I. (2017). "LTE CA: Carrier Aggregation Tutorial" en *Cellular/Mobile Telecommunications* [en línea]. Estados Unidos de Norteamérica, disponible en: <http://www.radio-electronics.com/info/cellulartelecomms/lte-long-term-evolution/4g-lte-advanced-carrier-channel-aggregation.php>  
 [Fecha de acceso: 13 de agosto de 2017]
  48. Wannstrom J. (2013). "LTE-Advanced" en *3rd Generation Partnership Project (3GPP)* [en línea]. Estados Unidos de Norteamérica, disponible en: <http://www.3gpp.org/technologies/keywords-acronyms/97-lte-advanced>  
 [Fecha de acceso: 13 de agosto de 2017]
  49. Poole I. (2017). "4G LTE CoMP, Coordinated Multipoint Tutorial" en *Cellular/Mobile Telecommunications* [en línea]. Estados Unidos de Norteamérica, disponible en: <http://www.radio-electronics.com/info/cellulartelecomms/lte-long-term-evolution/4g-lte-advanced-comp-coordinated-multipoint.php>  
 [Fecha de acceso: 13 de agosto de 2017]
  50. Poole I. (2017). "4G LTE Advanced Relay" en *Cellular/Mobile Telecommunications* [en línea]. Estados Unidos de Norteamérica, disponible en: <http://www.radio-electronics.com/info/cellulartelecomms/lte-long-term->

- evolution/4g-lte-advanced-relaying.php  
[Fecha de acceso: 13 de agosto de 2017]
51. Poole I. (2017). "LTE Advanced Heterogeneous Networks, HetNet" en *Cellular/Mobile Telecommunications* [en línea]. Estados Unidos de Norteamérica, disponible en: <http://www.radio-electronics.com/info/cellulartelecomms/lte-long-term-evolution/4g-lte-advanced-heterogeneous-networks-hetnet.php>  
[Fecha de acceso: 13 de agosto de 2017]
  52. Sauter M. (2011). "From GSM to LTE: An Introduction to Mobile Networks and Mobile Broadband". Editorial John Wiley & Sons Ltd, Reino Unido.
  53. GSMA (2017). "The Mobile Economy 2017" en *GSM Association* [en línea]. Estados Unidos de Norteamérica, disponible en:  
<https://www.gsmainelligence.com/research/?file=9e927fd6896724e7b26f33f61db5b9d5&download>  
[Fecha de acceso: 16 de agosto de 2017]

## Lista de Referencias a imágenes

1. ITU Academy (2014). Cronología de la historia celular. Programa en C&I de la ITU Curso de Capacitación en Pruebas de Terminales Móviles "Cronología de la historia celular" [Figura 2.1.1]. Recuperado de: [https://www.itu.int/en/ITU-D/Technology/Documents/Events2014/CI\\_Training\\_AMS\\_Campinas\\_May14/CI\\_ProgrammeTrainingCourseTestingMobileTerminal\\_es.pdf](https://www.itu.int/en/ITU-D/Technology/Documents/Events2014/CI_Training_AMS_Campinas_May14/CI_ProgrammeTrainingCourseTestingMobileTerminal_es.pdf)
2. Ericssoners (2017). Chapter One. First Networks: 0G [Figura 2.1.2]. Recuperado de: <https://ericssoners.wordpress.com/2012/08/28/ericsson-mobile-phones-history/>
3. International Telecommunication Union Library & Archives. (2012). Artículo 2: Nomenclatura Sección I - Bandas de frecuencias y Longitudes de onda. [Figura 2.2.1]. Recuperado de: [https://www.itu.int/dms\\_pub/itu-s/oth/02/02/S02020000244501PDFS.pdf](https://www.itu.int/dms_pub/itu-s/oth/02/02/S02020000244501PDFS.pdf)
4. Fernández V. M. (2010). Ejemplo de diseño e implementación de una estación base GSM/UMTS. [Figura 2.2.2.2]. Recuperado de: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/8972/memoria.pdf>
5. International Telecommunication Union. (2011) 3G: All about the Technology and IMT-2000. [Figura 2.2.4.1]. Recuperado de: <https://www.itu.int/osg/spu/ni/3G/technology/index.html>
6. Tipper D. (2012). First Generation Cellular. [Figura 2.2.5.2.1]. Recuperado de: [http://www.pitt.edu/~dtipper/2720/2720\\_Slides5.pdf](http://www.pitt.edu/~dtipper/2720/2720_Slides5.pdf)
7. Tipper D. (2012). IS-95 (cdmaone). [Figura .14]. Recuperado de: [http://www.pitt.edu/~dtipper/2720/2720\\_Slides9.pdf](http://www.pitt.edu/~dtipper/2720/2720_Slides9.pdf)
8. Yang S.C. (2004). 3G CDMA2000 Wireless System Engineering [Figura 2.4.1.1]. Recuperado de: <https://imcs.dvfu.ru/lib.int/docs/Networks/Communications/3G%20CDMA2000%20Wireless%20System%20Engineering.pdf>
9. Kaaranen H., Athiainen A., Laitinen L., Naghian S., Valtteri N., (2005). UMTS Networks. Architecture, Mobility and Services [Figura 2.4.2.1]. Recuperado de: <http://www.marocetude.com/Telecharger-Livres/Telecharger-livre-UMTS-Networks-www.marocetude.com.pdf>