



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

PARTICIPACIÓN EN LA OPTIMIZACIÓN DE UNA RED UMTS

TRABAJO PROFESIONAL

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

PRESENTA:

HÉCTOR ERIC MORENO TRUJILLO

ASESOR: Dr. Miguel Moctezuma Flores



Ciudad Universitaria, México, D.F, Agosto de 2010.

A mi Universidad, familia y amigos.

Contenido

Contenido	3
Acrónimos	4
Capítulo I	6
1. Introducción	
Capítulo II	8
2. Objetivo	
Capítulo III	9
3. Antecedentes	
3.1 Introducción a WCDMA para UMTS	
3.1.1. Especificaciones clave de los sistemas WCDMA	
3.2. Arquitectura de la red de acceso de radio.	
3.2.1. Arquitectura de la UTRAN	
Capítulo IV	23
4. Definición del problema	
Capítulo V	24
5. Análisis y metodología empleada	
5.1. Preparación	
5.2. Verificación individual de los sitios	
5.3. Drive Test	
5.4. Optimización de RF	
5.4.1. Preparación	
5.4.2. Recolección de datos	
5.4.3. Análisis de datos	
5.4.3.1. Análisis de celdas dominantes	
5.4.3.2. Análisis de interferencia	
5.4.3.3. Análisis de Pilot pollution	
5.4.3.4. Análisis de handover	
5.5. Servicio de optimización	
5.6. Implementación de la aceptación de la red.	
Capítulo VI	58
6. Participación profesional	
Capítulo VII	59
7. Resultados, aportaciones y conclusiones	
Bibliografía	61

Acrónimos

3GPP	3rd Generation Partnership Project
AMPS	Advance Mobile Phone System
AMR	Adaptive Multi-Rate
ATM	Asynchronous Transfer Mode
BH	Busy Hour
BLER	Block Error Rate
BPSK	Binary Phase Shift Keying
CDMA	Code Division Multiple Access
CN	Core Network
CPICH	Common Pilot Channel
CRNC	Controlling RNC
CS	Circuit Switch
DAMPS	Digital Advance Mobile Phone System
DL	Downlink (Forward link)
DRNC	Drift Radio Network Controller
DT	Drive Test
EDGE	Enhanced Data Rate for GSM Evolution
FDD	Frequency Division Duplex
GGSN	Gateway GPRS Support Node
GMSC	Gateway Mobile-services Switching Center
GoS	Grade of Service
GPRS	General Packet Radio Service
GPS	Global Position System
GSM	Global System for Mobile Communications
HLR	Home Location Register
HO	Handover
HSPA	High Speed Data Packet Access
IMSI	International Mobile Subscriber Identity
IP	Internet Protocol
ITU	International Telecommunication Union
KPI	Key Performance Indicator
LAC	Location Area Code
LTE	Long Term Evolution
ME	Mobile Equipment
MSC	Mobile Service Switching Center
OVSF	Orthogonal Variable Spreading Factor (codes)
PLMN	Public Land Mobile Network
PS	Packet Switched
PSC	Primary Scrambling Code
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying
RAB	Radio Access Bearer

RAC	Routing Area Code
RAN	Radio Access Network
RF	Radio Frequency
RNC	Radio Network Controller
RRC	Radio Resource Control
RSCP	Received Signal Code Power
RTWP	Receive Total Widthband Power
SF	Spreading Factor
SGSN	Serving GPRS Support Node
SHO	Soft Handover
SIR	Signal-to-Interference Ratio
SRNC	Serving Radio Network Controller
TACS	Total Acces Communication System
TDD	Time Division Duplex
TDMA	Time Division Multiple Access
UE	User Equipment
UL	Uplink (Reverse link)
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System
USIM	UMTS Subscriber identity module
UTRAN	UMTS Terrestrial Radio Access Network
VLR	Visitor Location Register
VP	Vodeo Phone
WCDMA	Wideband Code Division Multiple Access

Capítulo I

1. Introducción

La primera generación de redes celulares móviles analógicas aparecieron a mediados de la década de los 70's, en este punto, el avance mas importante fue en si el concepto de red celular, presentado por los laboratorios Bell, ya que hace referencia al re-uso de frecuencias con lo que se mejora enormemente la capacidad del sistema en comparación con los antiguos sistemas de comunicación móvil.

Los ejemplos de esta primera generación, el AMPS (Advance Mobile Phone System) desarrollado principalmente en Estados Unidos y Sudamérica, y el TACS (Total Acces Communication System) para Japón e Inglaterra proveían canales analógicos a los subscriptores de 25 a 30 KHz, sin embargo las deficiencias eran obvias:

- Baja utilización del espectro
- Servicios limitados
- Poca confidencialidad y alta vulnerabilidad a ser interceptado
- Alto costo del equipo
- Gran peso y volumen de terminales

Para resolver los problemas técnicos de los sistemas analógicos, la tecnología de comunicación móvil digital emergió como la segunda generación representada por GSM e IS-95 a mediados de los 80's. GSM originado en Europa, diseñado como un estándar TDMA soportando transferencia de datos de 64 Kbps y cada portadora resiste ocho canales con un ancho de banda de 200 Khz.

Por otro lado en Norte America se desarrollaron dos sistemas IS-54 o DAMPS (Digital Advance Mobile Phone System) en la banda de 800 MHz y el IS-95 en las bandas 800 y 1900MHz que especifica el uso de CDMA y que se convirtiera en la primera opción para las redes PCS de esa región.

Debido a que los sistemas de segunda generación se enfocan en voz y a la transmisión de datos de baja velocidad, la generación 2.5 surgió alrededor de 1996 para incrementar las tasas de transmisión de datos, para GSM surgió GPRS y IS-95 versión B para su homónimo, posteriormente EDGE.

Los sistemas CDMA tienen una capacidad equivalente a diez o veinte veces mayor que los sistemas analógicos, sin embargo su utilización es mucho menor a nivel mundial que el de sistemas GSM debido a que la mayor demanda de servicios de comunicaciones móviles es aun para voz y datos a baja velocidad.

Con el avance de las redes, datos y servicios multimedia han experimentado un rápido desarrollo, por lo que la meta de los sistemas 3G es el de implementar comunicaciones

multimedia de banda ancha que pueden proveer diferentes servicios de alta calidad con una cobertura mundial y roving global.

Nombrado por la ITU como ITM-2000 (International Mobile Communication-2000) incluye las tecnologías WCDMA, CDMA2000 y posteriormente la TD-SCDMA. Algunas características se muestran a continuación:

- Bandas de frecuencia mundial para cobertura global
- Alta eficiencia de espectro
- Alta calidad de servicio con completa seguridad y fiabilidad
- Compatible con 2G y fácil transición de 2G a 3G

Bajo las especificaciones del 3GPP se ha ido mas allá de la tercera generación, mediante el release R5 se tienen servicios HSPA con velocidades de hasta 14 Mbps, con el R6 se tiene HSPA+ que aumenta esta tasa hasta 21 Mbps, mientras que el R7 ya contempla la cuarta generación con los sistemas LTE (Long Term Evolution).

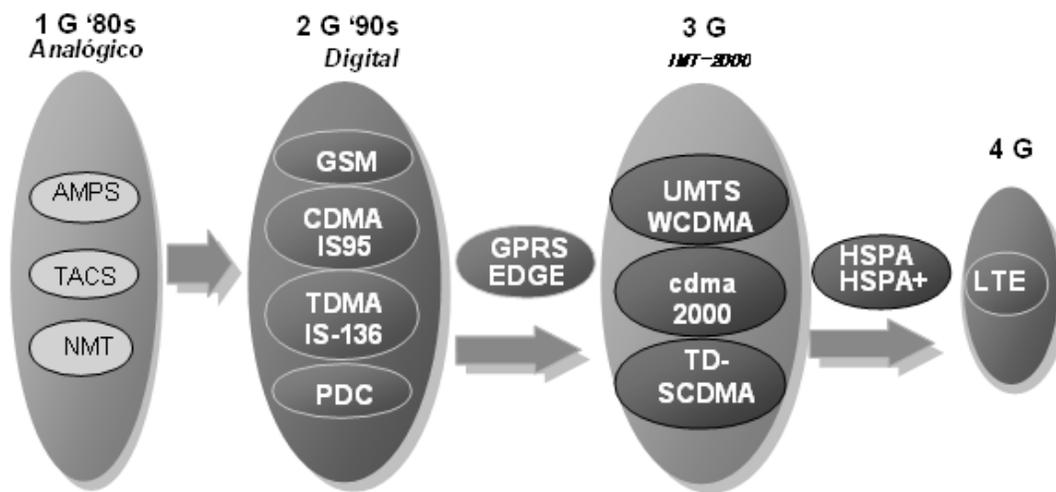


Figura 1-1. Evolución de las generaciones de telefonía celular.

Capítulo II

2. Objetivo

El objetivo de este documento es, explicar los procedimientos, metodologías, herramientas y conocimientos que se han empleado para llevar a cabo la optimización de la red UMTS de Claro en Jamaica.

Se demostrara paso a paso y con ejemplos tomados de la red en funcionamiento, tanto antes como después de ser lanzada comercialmente, el procedimiento completo para lograr la aceptación de la red en la parte de RF y KPI, que son los requerimientos estipulados por el cliente que se resumen en la tabla anexa en apartado 4.1 de este documento.

Igualmente se hará referencia a las características, alcances y limitaciones de las herramientas que se han utilizado tanto en pruebas de campo como de post-procesamiento de información.

Finalmente este documento presentara las principales aportaciones de la participación profesional así como la conclusión de las mismas.

Capítulo III

3. Antecedentes

Este capítulo está integrado en primer lugar por las principales características y aspectos clave que hacen que los sistemas WCDMA sean considerados de tercera generación, dando un panorama de sus tipos de acceso, modulación y servicios que ofrecen, así como sus ventajas sobre GSM. La arquitectura general de los sistemas igualmente se describe, todos los elementos de red participantes y sus interfaces, dándonos así un panorama más amplio de este tipo de redes y facilitando la acotación del campo en el cual se enfoca este documento.

3.1 Introducción a WCDMA para UMTS

Los sistemas de tercera generación han sido diseñados para aplicaciones multimedia; con esto, las comunicaciones persona a persona pueden ser mejoradas con una mayor calidad de imágenes y video; el acceso a información y servicios tanto para redes privadas como públicas son mejorados mediante mayores tasas de transmisión de datos y capacidades flexibles de comunicación.

En los foros de estandarización, la tecnología WCDMA (por sus siglas en inglés Wideband Code Multiple Access) ha surgido como la interfase de aire más utilizada de tercera generación. Sus especificaciones han sido creadas en el proyecto de alianza de tercera generación (3GPP); WCDMA abarca dos tipos de duplexación, por división de frecuencia (FDD) y por división de tiempo (TDD), este documento se basa solamente en el primer tipo de duplexación.

Características de WCDMA FDD

- 5 MHz de ancho de banda del canal
- 3.84 Mcps de tasa de chip.
- 10 ms de longitud del frame.
- AMR (Adaptative Multi Rate) en codificación de voz.
- Modulación del Uplink y Downlink: QPSK
- 1500 Hz de control de potencia de lazo cerrado
- Handover: Soft y Hard.
- Soporta operación de Nodo B síncrona y asíncrona.
- Compatible con el Core de GSM
- Diversidad de modo de transmisión de lazo abierto y cerrado.

3.1.1. Especificaciones clave de los sistemas WCDMA

Modelo de comunicación del sistema WCDMA

La figura 3-1 muestra a manera de diagrama de bloques, el modelo de comunicación de un sistema WCDMA, donde se pueden destacar los siguientes puntos que se tocarán más a fondo:

- La codificación de fuente incrementa la eficiencia de la transmisión
- La codificación de canal puede hacer la transmisión más fiable.
- El esparcimiento aumenta la capacidad para superar la interferencia.
- La aleatorización o scrambling hace la comunicación más segura.

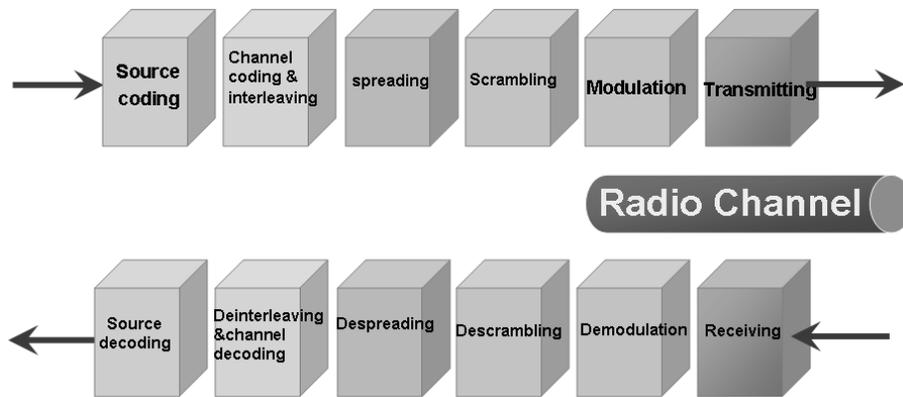


Figura 3.1. Modelo de comunicación para WCDMA

3.1.1.1. Codificación de fuente

Se basa en la codificación de voz mediante con un sistema AMR con 8 diferentes tasas, es decir, cuando la carga de la celda incrementa, el sistema disminuye la tasa de transmisión de algunos usuarios automáticamente para así poder resistir una mayor cantidad de usuarios.

El codec AMR ofrece la posibilidad de adaptar el esquema de codificación a las condiciones del canal de radio. El codec más robusto es seleccionado en condiciones de mala propagación, mientras que el codec que provee la más alta tasa de transmisión es usado en buenas condiciones de propagación.

Durante una comunicaron AMR, el receptor mide la calidad del enlace de radio y debe regresar al transmisor ya sea la calidad de la medición, o el codec que debe utilizar en la próxima trama.

3.1.1.2. Codificación de canal

El propósito de la codificación de canal es el de mejorar la correlación entre símbolos a fin de recuperar la señal cuando ocurre interferencia, existen dos tipos dependiendo de la naturaleza del servicio.

- Servicio de voz: Código de convolución.
- Servicio de datos: Turbocódigo.

Durante la transmisión existen muchas interferencias y desvanecimientos, para garantizar una transmisión confiable, el sistema debe superar estos obstáculos mediante la convolución y el intercalado.

La convolución es usada para contrarrestar la interferencia, introduciendo una gran cantidad de bits redundantes en la información original, así, cuando un error es causado por la interferencia los bits redundantes pueden ser usados para recuperar la señal.

Las comunicaciones sobre canales de radio están caracterizadas por un desvanecimiento rápido que puede causar un gran número de errores consecutivos; la mayoría de los esquemas de codificación se desempeñan mejor con errores aleatorios que con bloques de errores. Mediante el intercalado de datos, no se transmiten dos bits adyacentes juntos, por lo que los errores son aleatorizados.

3.1.1.3. Esparcimiento

Supongamos una señal modulada mediante BPSK con una tasa R y valores ± 1 , el esparcimiento aquí, significa multiplicar la señal por una secuencia de 8 bits de código (como se muestra en la figura 3-2) llamados chip. Asumiendo que $R = 8$, la tasa de datos después del esparcimiento será de $8 \times R$ con los mismos atributos aleatorios del código de esparcimiento. 8 es el factor de esparcimiento o SF, y la señal de banda ancha que se obtiene es la que se enviara vía el canal de radio

Durante el desesparcimiento, la señal de banda ancha será multiplicada, bit por bit, con los mismos chips de 8 códigos que se usaron el proceso de esparcimiento. Solo una excelente sincronización entre ambas señales puede dar como resultado la recuperación del mensaje original. Esta operación restaura el ancho de banda de la señal a su valor original de R .

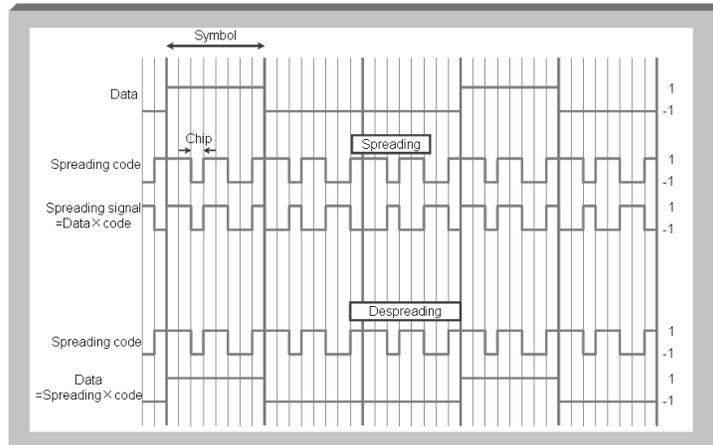


Figura 3-2. Esparcimiento de la señal

Nótese que bajo condiciones sin ruido, los símbolos o dígitos son completamente recuperados sin ningún error, pero en realidad el canal no está libre de ruido, sin embargo los sistemas WCDMA emplean técnicas de corrección de errores para combatir los efectos de este.

Cuando códigos erróneos son usados para el desesparcimiento, la correlación entrega un promedio de cero, esta es una clara demostración de las ventajas de las propiedades ortogonales de los códigos; estos códigos mejor conocidos como factores de esparcimiento de variable ortogonal u OVFSF por sus siglas en inglés,

Generados fácilmente mediante la matriz Walsh que se muestra en la figura 3-3. Dependiendo de cada servicio se necesitan diferentes SF tanto para Downlink como para Uplink, lo que limita la cantidad de usuarios que el sistema puede soportar, ya que estos guardan la ortogonalidad de los canales físicos para cada suscriptor, es decir, si los servicios requieren más recursos, el SF que se les asigna será menor, esto se traduce en menos OVFSF y por lo tanto una menor cantidad de usuarios que pueden tener servicios al mismo tiempo.

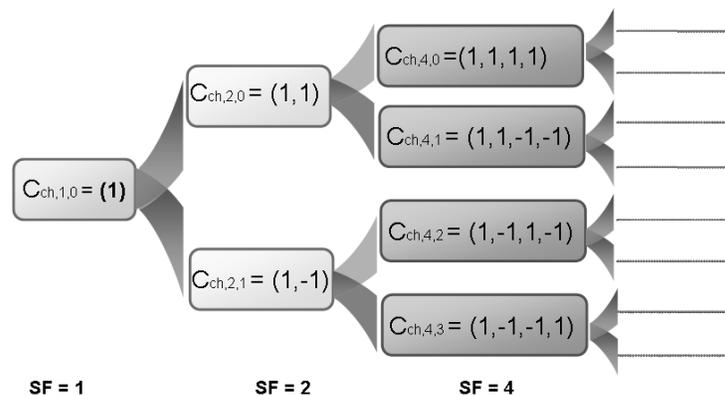


Figura 3-3. Matriz Walsh para la generación de OVFSF.

3.1.1.4. Códigos de aleatorización

Mejor conocidos como PSC por sus siglas en inglés, son utilizados para distinguir celdas o usuarios:

- Downlink
 - PSC: diferenciar celdas.
 - OSVF: diferenciar usuarios.
- Uplink
 - PSC: distinguir usuarios.
 - OSVF: distinguir celdas.

En una red usualmente un móvil está rodeado de varias celdas, si este requiere del servicio del sistema, primero debe diferenciar señales provenientes de diversas celdas. En los sistemas WCDMA la mayoría de las celdas utiliza la misma frecuencia, por lo que el teléfono no puede obtener ningún tipo de información mediante la frecuencia, aquí es donde los PSC son usados, diferentes celdas tienen asignados diferentes PSC. El número de PSC está limitado a 512 para el Downlink por lo que es usual el re-uso de los mismos.

3.1.1.5. Ambiente multi-trayectorias

La propagación de radio de un canal móvil terrestre se caracteriza por múltiples reflexiones, difracciones y atenuaciones de la energía de la señal, causadas por obstáculos naturales como edificios colinas etc. Resultando en una propagación multi-trayectoria. Hay dos efectos muy importantes que resultan de este tipo de propagación:

- La energía de la señal puede llegar al receptor con una diferencia de tiempo distinguible, como se muestra en la figura 3-4, el receptor de los sistemas WCDMA puede separar las componentes multi-trayectoria y combinarlos para obtener diversidad por multi-trayectoria.
- Además, por cierto tiempo de retraso y la posición, existen muchas trayectorias cercanamente iguales en longitud por donde viaja la señal de radio. Como resultado hay una cancelación de señales, llamada desvanecimiento rápido, ocurren cuando el receptor se mueve incluso en distancias cortas.

Para contrarrestar los efectos causados por el desvanecimiento, los sistemas WCDMA cuentan principalmente con el control de potencia que se describirá más adelante, por otro lado la innovación del tipo de receptor ayuda en gran medida.

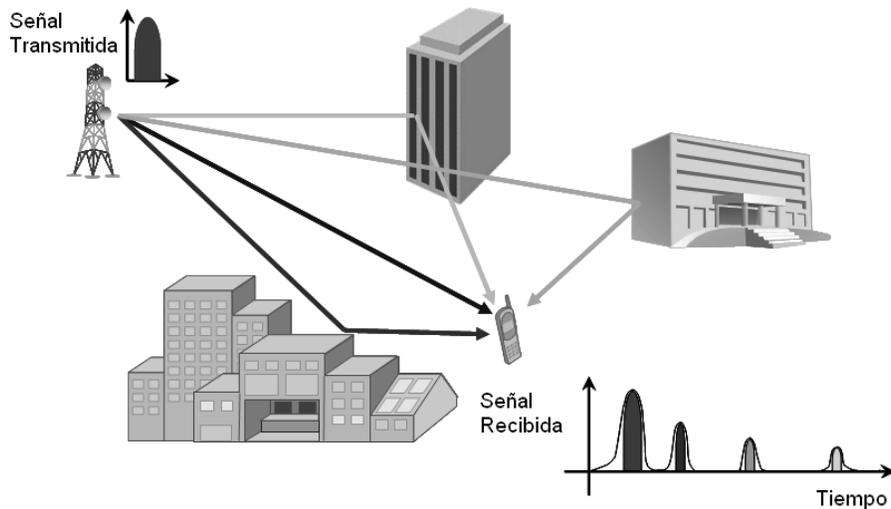


Figura 3-4. Ambiente multi-trayectorias

La energía dispersa que llega con retraso es combinada mediante el uso de receptores tipo Rake¹, que cuentan con varios correladores para el procesamiento individual de las componentes de la señal multi-trayectoria. Las salidas de cada correlador son combinadas para lograr una mayor fiabilidad y rendimiento.

3.1.1.6. Control de potencia

EL control de potencia es por mucho, el aspecto más importante en los sistemas WCDMA, particularmente en el Uplink. Sin este, un solo teléfono con suficiente potencia puede bloquear una celda completa, ya que se trabaja en la misma frecuencia, y dos móviles están separados del nodo B solo por sus respectivos códigos de esparcimiento.

Existen dos tipos de control de potencia:

- De lazo abierto

Fundamentalmente es una estimación vaga de las pérdidas por trayectoria que lleva a cabo el móvil, mediante un mecanismo simple que consiste en enviar el primer mensaje de señalización con la mínima cantidad de potencia, si no hay respuesta de parte del Nodo B, se comienza a incrementar la potencia. Como ya se mencionó, las multi-trayectorias y el desvanecimiento hacen que este sistema sea muy inexacto, por lo que solo se utiliza para determinar la potencia al principio de la conexión.

¹ Rake en inglés significa Cepillo, por lo que se utiliza este término por la similitud entre los dedos de un peine y la manera en que los correladores están ordenados.

- De lazo cerrado

En el control de potencia de lazo cerrado del Uplink (mostrado en la figura 3-5), la estación base hace estimaciones de la relación señal – interferencia (SIR) recibida, y la compara con un SIR target.

Si la lectura del SIR es mayor que la target, la estación base mandara el comando para que el UE disminuya la potencia, y si es muy bajo, se mandara el comando contrario para aumentar la potencia. El ciclo lectura, comando y ejecución es desarrollado a una tasa de 1500 veces por segundo (1.5 KHz.), esto es, mucho mas rápido que cualquier cambio significativo en las perdidas por trayectoria que pueda ocurrir, incluso mucho mas rápido que el desvanecimiento que se pueda originar por la velocidad del usuario.

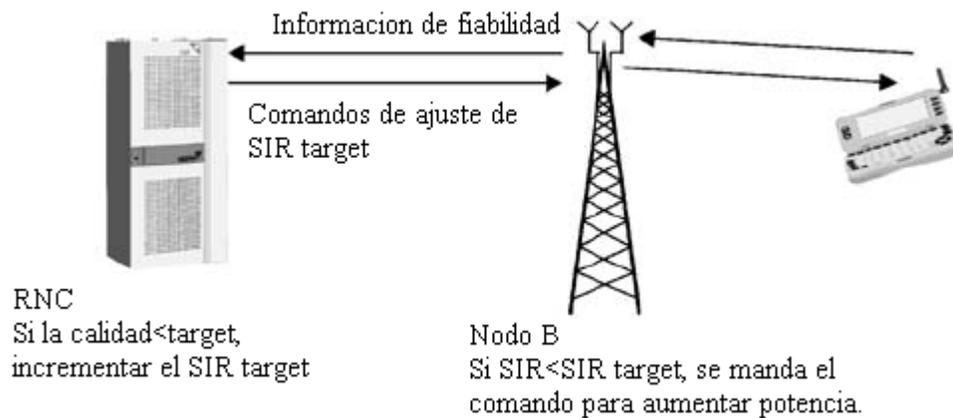


Figura 3-5. Control de potencia de lazo cerrado

Debido a que las necesidades de cada link de radio y para mantener una calidad constante, el SIR target no es el mismo para todas las conexiones; para ajustar el SIR target existe el control de potencia externo de lazo abierto, que censa la tasa de errores de bloque (BLER) y la compara con un BLER target para establecer el SIR target.

3.1.1.7. Handovers

Al igual que en los sistemas CDMA existen principalmente tres tipos de handover:

- Softer Handover
- Soft Handover
- Hard Handover

Durante un Softer Handover (figura 3-6), la estación móvil esta en una zona de cobertura donde se superponen dos sectores adyacentes pertenecientes a la misma estación base. La

comunicación entre el UE y la estación base toma lugar vía dos canales diferentes, uno por cada sector; esto requiere de dos códigos separados para el downlink para que el móvil pueda distinguir las señales, estas son recibidas por un procesamiento Rake, es decir, que se necesita generar el respectivo código para cada sector para la apropiada operación de desesparcimiento

En la dirección Uplink sucede un proceso similar, el canal del código de la estación móvil es recibido en cada sector y enrutada al receptor banda base tipo Rake. Durante un softer handover solo un control de potencia por conexión esta activo.

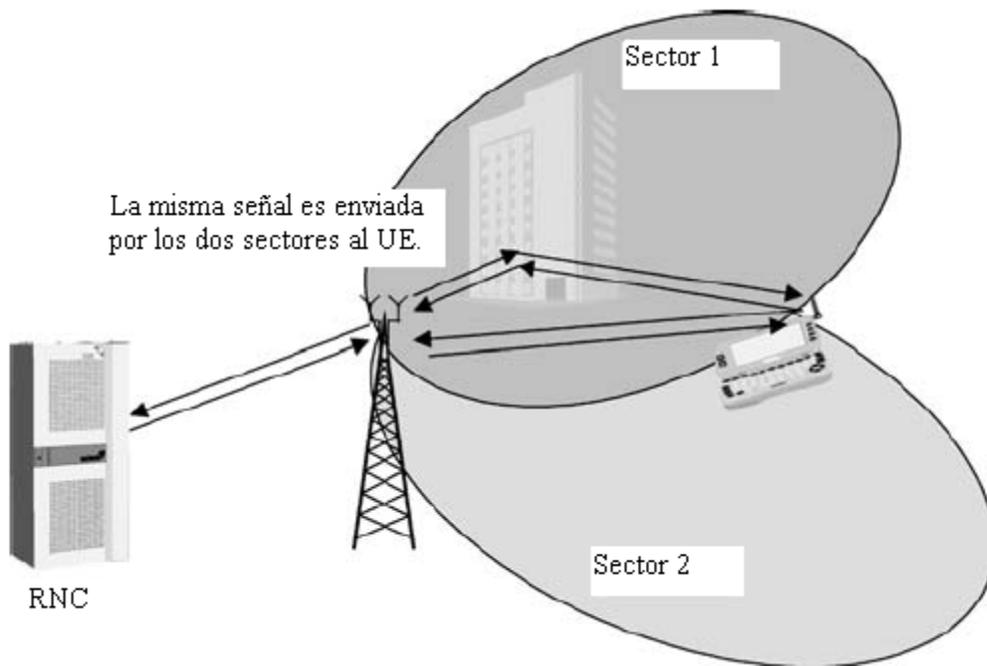


Figura 3-6. Softer Handover

La figura 3-7 muestra un soft handover. Durante un Soft Handover la estación móvil esta en una zona donde se superponen las coberturas de dos sectores pertenecientes a dos estaciones móviles diferentes. Aquí también la comunicación se establece mediante 2 canales de radio de dos estaciones base diferentes. Sin embargo las principales diferencias entre los tipos de handover se aprecian en la dirección Uplink, ya que el canal del código de la estación móvil es recibido por dos celdas diferentes y después ruteado a la RNC para su combinación.

Nótese que en el soft Handover dos controles de potencia por conexión están activos, uno por cada celda.

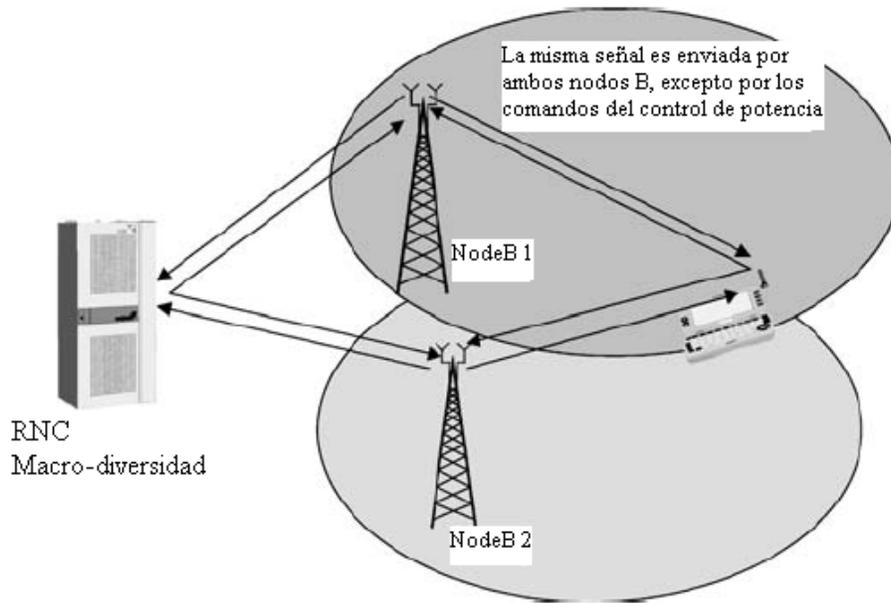


Figura 3-7. Soft Handover

Para el caso del Hard handover es necesario un poco más de información acerca de la arquitectura y de las interfaces, por lo que el concepto se presentará más adelante.

3.2. Arquitectura de la red de acceso de radio.

Las redes UMTS consisten en un número de elementos de red lógicos con una funcionalidad definida cada uno. En el estándar, los elementos de red son definidos en un nivel lógico, pero esto resulta comúnmente en una implementación física similar, debido a que hay una gran cantidad de interfaces abiertas². Los elementos de red pueden ser agrupados basándose en una funcionalidad similar o a cual subred pertenezcan.

Funcionalmente los elementos de red son agrupados en la red de acceso de radio RAN o también conocida como UTRAN (por sus siglas en inglés UMTS Terrestrial Radio Access Network) que se encarga de todas las funcionalidades referentes a radio y el núcleo o CN (Core Network) responsable del enrutamiento de las llamadas y sesiones de datos a las redes externas. Para completar el sistema el equipo del usuario o UE (User equipment) que interactúa entre el usuario y la red de radio es definido.

Desde el punto de vista de la estandarización el UE y la UTRAN consisten en protocolos completamente nuevos diseñados bajo las necesidades de la nueva tecnología de radio de WCDMA; por otro lado el CN se adopta de GSM, lo que da un sistema con una nueva

² se refiere a que los requerimientos han sido definidos a un nivel tan detallado que el equipo y las conexiones pueden ser de diferentes fabricantes

tecnología de radio y un sistema robusto ya conocido de CN que acelera y facilita su introducción además de ventajas como un sistema de roaming global.

Otra manera de agrupar los elementos de una red UMTS es la de dividirlos en subredes. Estos sistemas son modulares, en el sentido de que es posible tener varios elementos de red del mismo tipo, por lo que es posible que las subredes operen por sí mismas o en conjunto con otras subredes y que se distingan unas a otras con identidades únicas.

A continuación se presenta la descripción de los elementos de red y las interfases de conexión que componen la red UMTS mostrados en la figura 3-8 incluyendo redes externas.

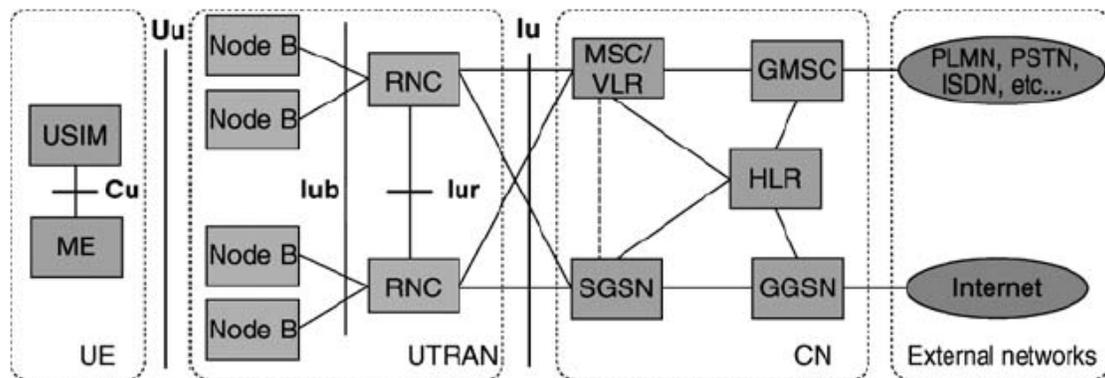


Figura 3-8. Elementos de red e interfaces

El UE consiste en dos partes

- El equipo móvil (ME) es la terminal de radio usada para la comunicación sobre la interfase Uu.
- La USIM (UMTS Subscriber Identity Module) es una tarjeta inteligente que mantiene la identidad del suscriptor, realiza los algoritmos de autenticación, almacena las claves de autenticación y encriptación y alguna información que requiere la terminal.

La UTRAN también consiste en dos elementos distintos

- El nodo B convierte el flujo de datos entre las interfaces Iub y Uu. También participa en el manejo de los recursos de radio.
- El controlador de la red de radio RNC posee el control de los recursos de radio. La RNC es el punto de acceso para todos los servicios que la UTRAN provee del CN.

El CN, como ya se menciona, mantiene la misma configuración de una red GSM, y estas son las características de los principales elementos.

- EL registro de Localización Domestica (HLR) es una base de datos localizada en el sistema local del usuario que almacena una copia maestra del perfil del servicio del usuario. El perfil del servicio consiste en, por mencionar algunos, información de los servicios permitidos y áreas prohibidas de roaming. Es creado cuando un nuevo usuario se suscribe al sistema, y se mantiene almacenado tanto como el usuario permanezca activo. Para propósito de enrutamiento de transacciones entrantes al UE, tales como llamadas o mensajes, el HLR almacena su localización a nivel de HLR/VLR y/o SGSN que a continuación describen.
- El centro de Conmutación de Servicios del Móvil / Registro de Localización de Visitantes (MSC/VLR) es un conmutador y una base de datos que sirve al UE en su localización para servicios de circuitos conmutados (CS). La función del MSC es la de conmutar las transacciones de CS, y la del VLR mantener una copia del perfil de los servicios del usuario visitante, así como información mas precisa de la localización del UE. La parte de la red a la cual se acceda vía MSC/VLR se le conoce comúnmente como de dominio en CS.
- La puerta de acceso de MSC (GMSC) es el interruptor en el punto donde la Red Publica Móvil Terrestre de UMTS (UMTS PLMN) es conectada a la red externa de CS. Todas las conexiones entrantes y salientes pasan a través de GMSC.
- La funcionalidad del nodo de soporte de servicios de GPRS (SGSN) es similar a la del MSC/VLR, pero aplicada a servicios de conmutación de paquetes PS. La parte de la red a la cual se accede vía SGSN se le conoce comúnmente como de dominio en PS.
- La puerta de acceso del nodo de soporte GPRS (GGSN) tiene una funcionalidad cercana a la de GMSC pero relacionada a los servicios de PS.

Las redes externas pueden ser divididas en dos grupos.

- Redes CS. Estas proveen conexiones de circuitos conmutados, como el servicio telefónico existente. Las PLMN y las redes digitales de servicios integrados son ejemplos de estas.
- Redes PS. Estas proporcionan conexiones de servicios de paquetes de datos. Internet por ejemplo.

Los estándares de UMTS están estructurados de tal manera que la funcionalidad interna de los elementos de red no se especifica detalladamente. En su lugar, las interfaces entre los elementos lógicos de la red se han definido. Las siguientes interfaces abiertas son las principales:

- Interfase Cu. Interfase eléctrica entre la tarjeta inteligente USIM y el ME, la cual sigue un formato estándar para las tarjetas.

- Interfase Uu. Esta es la interfase de radio de WCDMA, a través de la cual el UE accede a la parte fija del sistema y, por ende, es probablemente la interfase abierta más importante en UMTS. Es probable que existan muchos más fabricantes de UE que fabricantes de elementos de la red fija.
- Interfase Iu. Conecta a la UTRAN con el CN. Es una interfase abierta que se ocupa de la conmutación, enrutamiento y control de servicios. Iu puede tener dos instancias diferentes, que son Iu CS para conectar la UTRAN con el CN CS, y la Iu PS para conectar la UTRAN con el CN PS, sin embargo existe una tercera que aun no es usada comúnmente, Iu BC, que fue diseñada para soportar servicios de difusión celular.
- Interfase Iur. Esta interfase permite el soft handover entre RNC's de diferentes fabricantes y, por consiguiente, complementa la interfase abierta Iu.
- Interfase Iub. Iub conecta el Nodo B a la RNC. UMTS es el primer sistema de telefonía móvil comercial donde la interfase de la estación control – base es estandarizada completamente abierta. Como las otras interfaces abiertas, se espera que Iub motive a una mayor competencia a los fabricantes en esta área.

3.2.1. Arquitectura de la UTRAN

La arquitectura de la UTRAN esta resumida en la figura 3-9

UTRAN consiste en uno o mas subsistemas de redes de radio (RNS's). Una RNS es una subred dentro de la UTRAN que consiste en una RNC y uno o más Nodos B. Las RNC deben estar conectadas unas a otras mediante la interfase Iur, mientras que la RNC y el Nodo B vía la interfase Iub.

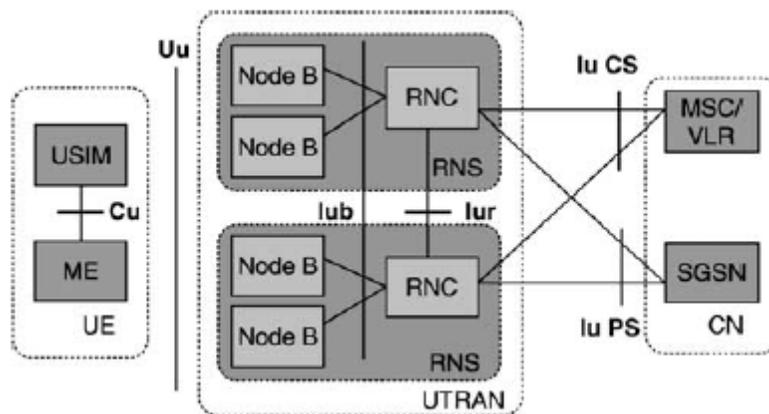


Figura 3-9. Arquitectura de UTRAN

Antes de entrar a la descripción de los elementos de red de la UTRAN, se presentan sus principales características, que igualmente han sido los principales requerimientos para el diseño de dicha arquitectura, funciones y protocolos.

- El mayor impacto en el diseño de la UTRAN han sido los requerimientos para soportar soft handover (una Terminal conectada a la red mediante dos o más celdas activas) y los algoritmos de la administración de los recursos de radio para WCDMA específicamente.
- Maximización del manejo común de datos ya sean PS o CS, con una única pila de protocolos de la interfase de aire y el uso de la misma interfase para la conexión de la UTRAN a ambos dominios (PS y CS) del CN.
- Maximización para los servicios comunes con GSM cuando sea posible.
- Uso del modo de transferencia asíncrono (ATM) como el principal mecanismo de transporte en la UTRAN.
- Uso del protocolo de Internet (IP) como mecanismo de transporte alternativo.

3.2.1.1. RNC

La RNC es el elemento de red responsable del control de los recursos de radio de la UTRAN. Interactúa con el CN (normalmente a una MSC y a una SGSN) y también termina el protocolo del control de los recursos de radio (RRC), que define los mensajes y procedimientos entre el UE y la UTRAN.

Función lógica de la RNC

La RNC controlando a un Nodo B es conocida como una RNC controladora (CRNC) del Nodo B. La CRNC es responsable del control de la carga y la congestión de sus propias celdas, y además de ejecutar el control de admisión y la asignación de código para nuevos enlaces de radio que sean establecidos en esas celdas.

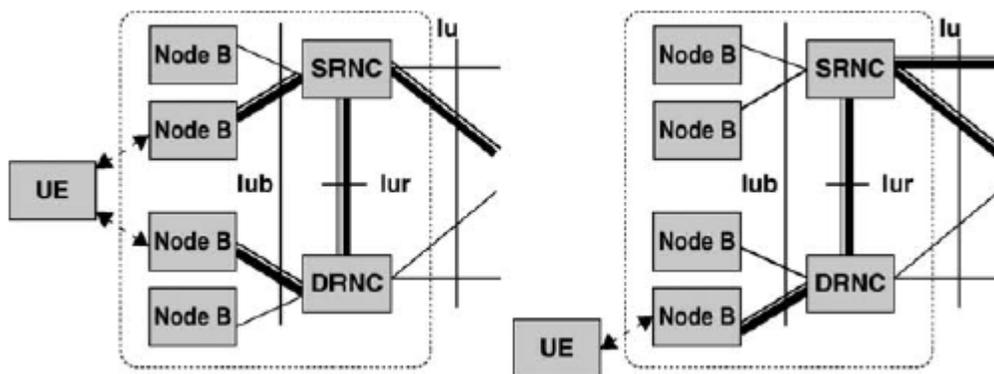


Figura 3-10 Conexión UE - UTRAN

En caso de que una conexión UE – UTRAN use recursos de más de una RNC (como se muestra en la figura 3-10), las RNC involucradas tienen dos funciones lógicas diferentes:

- RNC Servidora (SRNC). Una SRNC para un UE es la RNC que termina ambos, el link Iu para el transporte de los datos del usuario y la correspondiente parte de aplicación RAN (RANAP) señalización de y para el CN. La SRNC también termina la señalización de RRC, es decir, el protocolo de señalización entre el UE y la UTRAN. Lleva a cabo el proceso L2 de los datos de y para la interfase de radio. Operaciones básicas de administración de los recursos de radio, tales como el mapeo de los parámetros del RAB (por sus siglas en inglés Radio Access Bearer, que se refiere a los diferentes tipos de servicios) a parámetros del canal de transporte de la interfase de aire, la decisión del handover y el control de potencia de lazo abierto son realizados en la SRNC. Un UE conectado a la UTRAN tiene una y solo una SRNC.
- DRNC. La DRNC es cualquier RNC que no sea la SRNC. DRNC no realiza procesos L2 de datos, pero enruta los datos de manera transparente entre las interfaces Iub y Iur, excepto cuando el UE está usando un canal de transporte común o compartido. Un UE puede tener cero, una o más DRNC.

Se puede resumir que una RNC física normalmente contiene las funcionalidades de CRNC, SRNC y DRNC.

3.2.1.2. El Nodo B

La principal función del Nodo B es el de realizar el procesamiento L1 de la interfaz de aire (codificación de canal, espaciamiento etc.). También ejecuta algunas operaciones básicas de la administración de los recursos de radio como el inner loop power control, donde se compara el SIR medido con el SIR target, de igual manera tiene la capacidad de procesar el softer handover sin la necesidad de que toda la señalización sea enviada hasta la RNC, disminuyendo así los retardos y ahorrando recursos.

Capítulo IV

4. Definición del problema ó contexto de la participación profesional

La optimización de una red consiste en las actividades que se realizan para reunir y analizar los datos de una red en operación o por ser lanzada, y detectar las causas de los factores que están alterando su calidad de operación. Mediante el ajuste de parámetros tanto físicos como lógicos y usando ciertos métodos y herramientas, la optimización de una red asegura que la calidad de los servicios y los recursos sean mejorados además de dar sugerencias para el futuro mantenimiento o una posible expansión.

La optimización de la red se puede resumir en los siguientes tres puntos:

- Incrementar el uso costo-beneficio de los recursos de la red.
- Mejorar la calidad del servicio.
- Recolectar bases tanto de datos como de experiencia para la futura expansión de la red.

Como ya se menciona anteriormente en este documento, la optimización tiene como principales fundamentos y estándares a seguir los requerimientos acordados con el cliente, representados generalmente mediante KPI (Key Performance Indicators), una tabla con el resumen de estos será mostrada mas adelante, siendo estas en si las metas a alcanzar en este proceso.

Capítulo V

5. Análisis y metodología empleada

Se describirán los procesos y metodologías con las que se han llevado a cabo la optimización de radio, una vez presentadas las características básicas de cada bloque de estos procesos, se puede dar paso a hacer una revisión de los mismos con datos y problemas reales con los que se ha enfrentado el equipo de optimización, algunas soluciones y ejemplos serán presentados tanto para la parte de RF como para el servicio de optimización, haciendo referencia a las herramientas y pruebas utilizadas.

En la figura 5-1 se muestra a manera de diagrama de flujo el procedimiento general que se ha seguido, igualmente hay una breve descripción de las principales tareas que se deben ejecutar en cada sub-proceso.

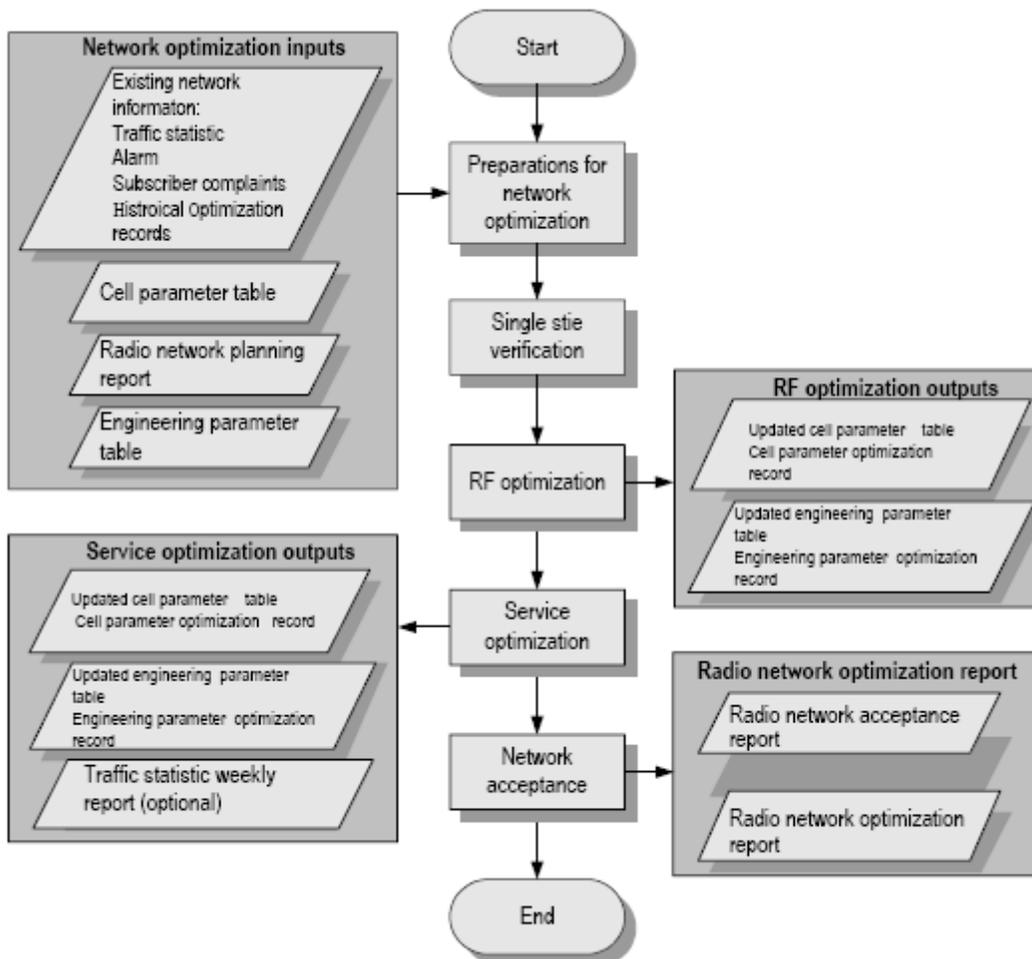


Figura 5-1. Procedimiento general de optimización.

Preparación para la optimización.

- Reunir la documentación e información acerca de los problemas de la red.
- Preparar las herramientas y software necesario.
- Determinar el objetivo final de la optimización acorde con los requerimientos de una red UMTS, ya que estos objetivos pueden ser utilizados en la aceptación de la red.

Verificación individual de los sitios.

- Verificar que el funcionamiento y servicios de cada sitio sean los normales.
- Confirmar que la configuración sea consistente con los parámetros planeados.
- Familiarizarse con las condiciones del sitio y coleccionar información sobre el entorno para proporcionar referencias para futuras optimizaciones.

Optimización de RF

- Asegurarse de la cobertura de la señal de radio.
- La optimización de RF es realizada por cluster, esto es, varios sitios cercanos son agrupados en clusters para su optimización, basada en drive test (DT)
- Ya que la optimización se lleva a cabo por cluster, igualmente los bordes de estos debe ser optimizados.

Servicio de optimización

- Analizar los datos de los DT y del tráfico de la red para resolver los problemas de radio que no son considerados durante la optimización de RF.
- Ayudar a resolver problemas relacionados a los servicios, tal como problemas de acceso a la red, llamadas caídas y handover fallidos.

Implementación de la aceptación de la red.

- Cerciorarse que los KPI's para toda la red de radio finalmente cumplan con los requerimientos determinados en la preparación de la optimización, posteriormente la aceptación de la red.

Reportes finales de la optimización

- Escribir los reportes de la optimización.

Además del proceso ya presentado, igualmente hay que seguir cierta metodología para hacer de la optimización, un proceso eficiente, redituable, ordenado y sobre todo, que el cliente, este satisfecho para un posible contrato a futuro para el mantenimiento total de la red.

Por lo que la figura 5-2 muestra a manera de diagrama de bloques el método que se ha seguido:

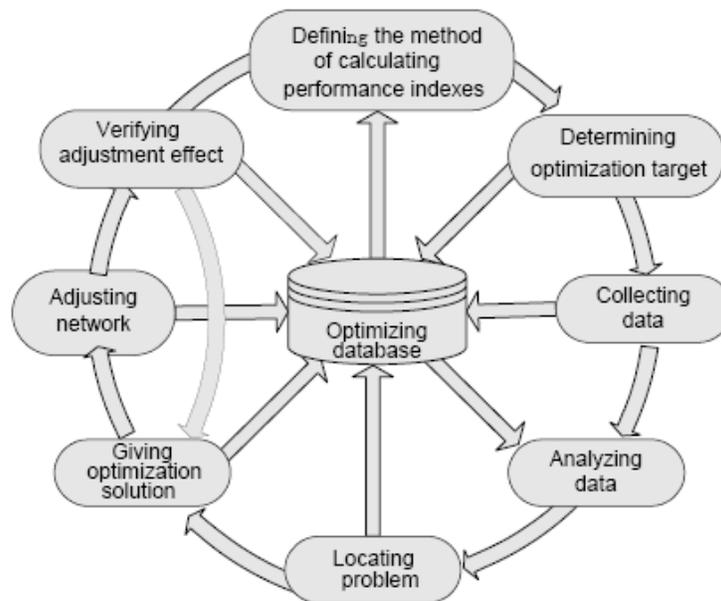


Figura 5-2. Metodología

Como lo muestra la figura anterior, no existe dentro de este método un punto final, lo que quiere decir que los procesos de optimización, aun cuando se hallan finalizado todos los pasos de la aceptación, deben continuar, si bien no con la misma intensidad o asignación de recursos, si con ciertas pruebas periódicas para detectar todo tipo de nuevos inconvenientes o fallas de la red.

5.1. Preparación para la optimización.

Como punto de arranque, hay ciertos datos y herramientas que son indispensables para comenzar el proceso, a continuación hay algunos datos necesarios que son recopilados en la base de datos para dar paso a la parte de verificación individual de los sitios,

- Parámetros del sistema
Concentrados principalmente en la tabla de parámetros de ingeniería
- Mediciones del trafico de la red
Si es que hay mediciones de la red a ser optimizada o en su defecto de otros sistemas como GSM o CDMA que puedan ayudar a localizar puntos críticos

- Simulaciones
Las predicciones totales de la red intentando ir actualizando la información cuando se tenga una retroalimentación de parte de equipos de obra civil o site survey.
- Alarmas que se presenten en la consola de mantenimiento
Que son muy útiles cuando se llevan a cabo procesos de troubleshooting
- Un record de las quejas de los subscribers
Para atacar zonas claramente identificadas con problemas
- Datos de señalización
- Datos de DT

Como punto de arranque se deben establecer de manera clara y acordado por ambas partes (Vendor y cliente) los KPI involucrados en la aceptación final de la red, estos, para servicios relacionados directamente al llamado grado de servicio o GoS, y a los niveles de cobertura, la siguiente tabla (Tabla 5-1) muestra en resumen esta información añadiendo las condiciones bajo las cuales se deben de realizar ciertas pruebas. Generalmente se establecen los parámetros de aceptación solamente sobre el DT, sin embargo como se vera mas adelante, esto involucra el monitoreo del performance total de la red.

Tipo	Indicador para aceptación	Servicio	Valor Propuesto	Condición
Cobertura	Probabilidad de cobertura	N/A	$\geq 90\%$	1. Drive test dentro de la ruta predeterminada. 2. Red sin carga.
Accesibilidad	Llamadas exitosas	Voz	$\geq 97\%$	1. Drive test dentro de la ruta predeterminada y con valores de CPICH Ec/Io > -11dB, RSCP > -90dBm como referencia 2. En condiciones de bajo trafico.
		VP	$\geq 96\%$	
	Conexiones de datos	PS	$\geq 97\%$	
Retainability	Llamadas caídas	Voz	$\leq 3\%$	1. Drive test dentro de la ruta predeterminada y con valores de CPICH Ec/Io > -11dB, RSCP > -90dBm como referencia 2. En condiciones de bajo trafico.
		VP	$\leq 3.5\%$	
	Conexión de datos caída	PS	$\leq 4\%$	

Integridad del Servicio (estático)	R99 Throughput	PS DL 384K	300kpbs	1. CPICH Ec/Io>-11dB, RSCP>-90dBm. 2. Prueba estática frente a un sector sin mas usuarios
		PS UL 64K	48kpbs	
HSDPA Throughput	PS UE Categoría 8	1.1Mbps	1. MPO=6, average CQI>=20. 2. Prueba estática frente a un sector sin mas usuarios	
Integridad del Servicio (móvil)	R99 Throughput	PS DL 384K	240kpbs	1. Drive test dentro de la ruta predeterminada y con valores de CPICH Ec/Io>-11dB, RSCP>-90dBm como referencia 2. En condiciones de bajo trafico.
		PS UL 64K	48kpbs	
HSDPA Throughput	PS UE Categoría 8	800kpbs		
Movilidad	SHO exitosos	CS & PS	>=98.5%	1. Drive test dentro de la ruta predeterminada y con valores de CPICH Ec/Io>-11dB, RSCP>-90dBm como referencia 2. En condiciones de bajo trafico.
	Inter RAT HO exitoso	Voz Handover S	>=92%	1. 3G RSCP disminuyendo menos de 30dB en 3 minutos. 2. 2G RSSI >-85dBm. 3. Encontrar punto de prueba donde la señal satisfaga los requerimientos de HO
		PS Handover	>=88%	
Retardo	Retardo de llamada	Voz	<=4.5s	1. CPICH Ec/Io>-6dB, RSCP>-70dBm; 2. Prueba estática frente a un sector sin mas usuarios 3. UE->PSTN. 6. Promedio de retardo de llamada saliente.
		VP	<=9s	
	Retardo en conexión de datos	PS	<=2s	
	Retardo en Ping R99	Ping 1460 Bytes	<=380ms	
Retardo en Ping HSDPA	Ping 1460 Bytes	<=180ms	1. CPICH Ec/Io>-6dB, RSCP>-70dBm. 2. Prueba estática frente a un sector sin mas usuarios 3. Ping 1460bytes.	

Tabla 5-1 . Resumen de KPI

5.2. Verificación individual de los sitios.

La verificación individual de los sitios tiene como finalidad, confirmar si las funciones del equipo por sitio y por sector son normales, este se lleva a cabo antes de la optimización de RF. La primera actividad es la de cotejar los parámetros físicos, ya que estos deben apegarse a la tabla de parámetros de ingeniería que es entregada por el departamento de planeación, dicha tabla contiene principalmente la siguiente información que deberá ser actualizada, corregida y/o aumentada:

- Nombre del sitio
- ID del sitio
- ID del sector
- Coordenadas (longitud y latitud)
- Altura del sitio
- Tipo de antena
- Altura de la antena
- Azimut
- Tilt (mecánico y eléctrico)

Una vez llevada a cabo la verificación física, es necesario hacer las pruebas pertinentes para revisar el funcionamiento de los diversos servicios que ofrece la tecnología 3G, en esta etapa es necesario contar con el equipo y el software necesario, como teléfonos que puedan mostrar el sector del cual se esta recibiendo el servicio así como tarjetas de datos para las pruebas de velocidad de UL y DL. Los servicios a verificar son:

- Llamadas de voz
- Video llamadas
- Sesiones de datos R99, Throughput de UL y DL
- Servicios de HSPA, Throughput de UL y DL
- Handover

Para poder llevar un record de las pruebas y esencialmente para comenzar con la documentación, se llena una pequeña tabla resumen de las pruebas y parámetros de diseño por sitio como la que se muestra en la Tabla 5-2.

UMTS Site Verification Form

NodeB	Trenchtown	JKN021	
Date			
Engineer	Drive test Engineer1		

Sector 1		Sector 2		Sector 3	
Site ID (CellID)	2107	Site ID (CellID)	2108	Site ID (CellID)	2109
Azimuth	0	Azimuth	120	Azimuth	240
PSC	168	PSC	169	PSC	170
Frequency	850	Frequency	850	Frequency	850
Ec/No	-3.01	Ec/No	-3.31	Ec/No	-3.01
RSCP (dBm)	-65.68	RSCP (dBm)	-70.92	RSCP (dBm)	-62.50
AMR(MO/MT)	P	AMR(MO/MT)	P	AMR(MO/MT)	P
Video Call	P	Video Call	P	Video Call	P
PS Call	P	PS Call	P	PS Call	P
HSDPA Call	P	HSDPA Call	P	HSDPA Call	P
Voice Handover (3G->2G)	P	Voice Handover (3G->2G)	P	Voice Handover (3G->2G)	P
Voice Cell reselect (2G->3G)	P	Voice Cell reselect (2G->3G)	P	Voice Cell reselect (2G->3G)	P
PS Cell Change(3G->2G)	P	PS Cell Change(3G->2G)	P	PS Cell Change(3G->2G)	P
PS Cell Change(2G->3G)	P	PS Cell Change(2G->3G)	P	PS Cell Change(2G->3G)	P
Softer Handover	P	Softer Handover	P	Softer Handover	P

Comments			
----------	--	--	--

Note: Do not write below this line

Approved by		
	P:Pass ,N: not Pass	

Tabla 5-2. Forma de verificación del sitio.

Esta tabla anterior es llenada con la ayuda de la tabla de parámetros de celda que contiene principalmente los PSC, los parámetros de Handover y la configuración de las celdas vecinas. Para tener una evaluación más adecuada de esto parámetros, y muchos otros más que se tocaran mas adelante en este documento, se lleva a cabo un DT que es la principal manera de recolección de información para todo el proceso de optimización; a continuación se presenta una descripción general del mismo.

5.3. Drive Test

El DT es una prueba que se realiza para la recolección de datos mediante un software Geo-referenciado que tiene la capacidad de grabar todos los parámetros y señalización que un teléfono o mas dispositivos que estén interactuado con el programa.

Para realizar los diversos tipos de DT (indoor, outdoor, walk test) son necesarios, además del software, otros equipos que se muestran en la figura siguiente (5-3):



Figura 5-3. Equipo para DT

- Teléfono

La principal fuente de recolección de datos tanto de parámetros físicos y mensajes de señalización.

- Escáner con GPS

Tiene la capacidad de recolectar más datos que el teléfono, en cuanto a la cantidad de pilotos que puede medir, pero no así mensajería de señalización, el GPS para sincronizar toda la información con una referencia de posición.

- Tarjeta de datos

Usada en los DT para servicios de datos HSPA, medición de Throughput tanto de subida como de bajada y pruebas de

Existe una gran cantidad de parámetros que tanto el UE como el escáner pueden recoger durante el DT, sin embargo tratar de analizar todos e utilizarlos para la optimización sería ineficiente, ya que tomaría una gran cantidad de tiempo y recursos, por lo que en primera instancia tan solo con enfocarse en unos cuantos es suficiente, sin descartar que para problemas mas finos halla que recurrir a algunos con información mas detallada. A continuación se presenta la tabla 5-3 con los principales parámetros, así como sus valores esperados y una descripción de su significado y ejemplos de los mismos.

Parámetro	Requerimiento		Descripción
CPICH RSCP	Meta	≥ -85 dBm	Correspondiente a mediciones Outdoor
	Mínimo	-95 dBm	
CPICH Ec/Io	Meta	≥ -8 dBm	De preferencia en redes sin carga
	Mínimo	-14 dBm	
Sectores activos	Meta	≤ 3	Basado en datos de escáner
Pilot Pollution	Máximo	$< 10\%$	% de tiempo de una celda vista como polluter
	Umbral	8 dBm	
Potencia Tx del UE	Máximo	< 15 dBm	Asumiendo máximo 21 dBm
Taza de SHO	Meta	$> 95\%$	

Tabla 5-3. Parámetros a medir durante DT

- CPICH RSCP

CPICH (Common Pilot Channel) es una señal piloto constante con un valor aproximado de entre el 5 y 20% del total de la potencia del Nodo B que sirve a los UE para la identificación de los diferentes PSC de cada sector de los Nodo B.

El RSCP (Received Signal Code Power) es la potencia recibida por código, y es el que ayuda en gran medida a determinar las capacidades de cobertura de cada sector, la figura 5-4 muestra el DT para una verificación individual.

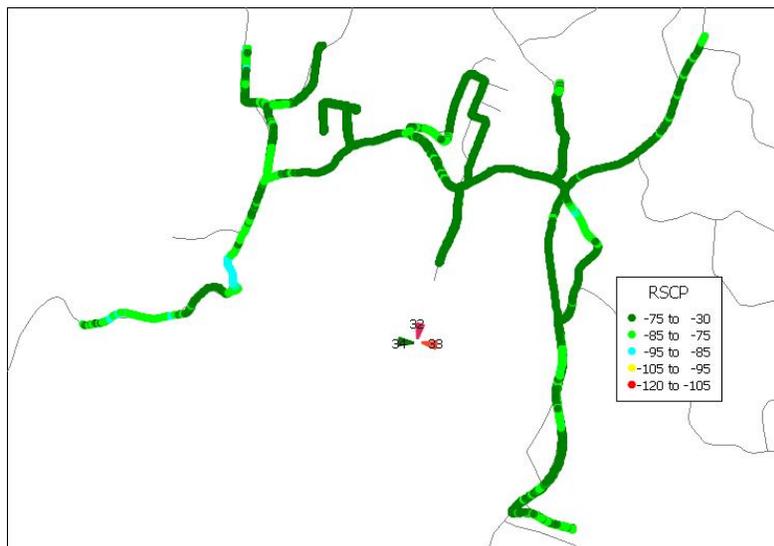


Figura 5-4. CPICH RSCP

Las acotaciones muestran los niveles de CPICH RSCP, que al ser comparados con las simulaciones demuestra si el sitio está radiando con la intensidad de señal esperada según la planeación.

- CPICH E_c/I_o

El E_c/I_o (Figura 5-5) es una medición que nos proporciona información acerca de la interferencia o falta de una señal dominante en determinada área.

El E_c es la energía del chip, que como ya se menciona anteriormente, el chip es la secuencia de esparcimiento, de la celda de la cual esta utilizando los recursos, mientras que I_o es la suma de todas las señales que el UE esta recibiendo. Se pueden presentar 3 casos principales durante la medición de este parámetro

- i) El caso ideal, donde el UE solo recibe señal de una sola celda el valor del E_c/I_o es cero.
- ii) Cuando el E_c es suficientemente bueno, pero igualmente hay varias señales que el UE esta recibiendo con buena calidad, por lo que el E_c/I_o disminuye al igual que la calidad.
- iii) Cuando no hay una señal dominante, es decir que el E_c es muy pobre, en este caso el E_c/I_o también disminuye.

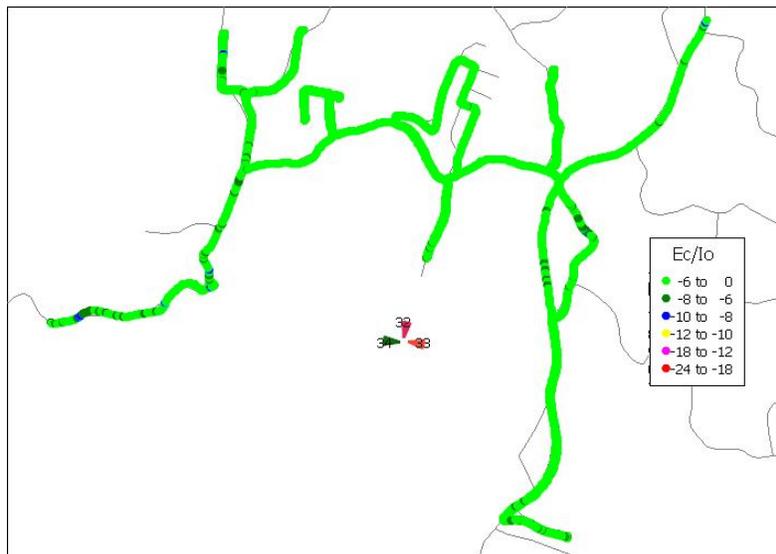


Figura 5-5. CPICH E_c/I_o

- Pilot Pollution

Los sistemas WCDMA clasifican las señales captadas provenientes de las diferentes celdas en tres sets.

- i) Set activo; que son los sectores que realmente están dando el servicio al UE, es decir, se están utilizando sus recursos para la sesión en curso. Existe un límite de

- 3 sectores dentro de este set y la diferencia de RSCP entre la mejor celda y las otras dos debe ser de máximo 8 dBm.
- ii) Set de monitoreo; son los sectores que el UE detecta pero están mas de 8 dBm debajo de la potencia recibida por la celda con mejor nivel de RSCP. Además de que los sectores en este set deben pertenecer a la lista de celdas vecinas de los sectores en el set de activos.
 - iii) Set detectado; son todas aquellas que no se encuentren dentro de la lista de las celdas vecinas de los sectores en el set de activos.

En base a lo anterior, cuando la diferencia de RSCP entre un determinado sector X y la mejor celda es menor a 8 dBm, y el set activo cuenta ya con tres sectores, el sector X se convierte en un Polluter, causando interferencia ya que afectara directamente al Ec/Io, a continuación se presenta en la figura 5-6 un diagrama que muestra regiones donde existe pilot pollution de uno y mas sectores.

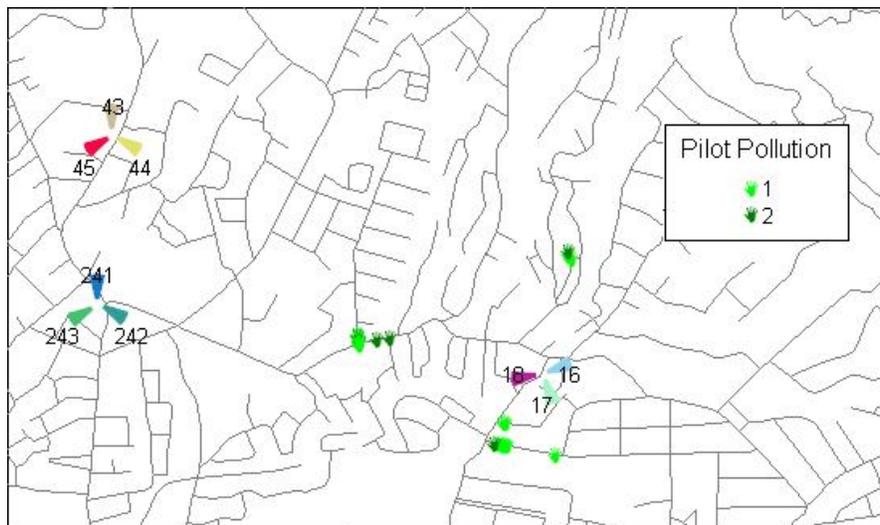


Figura 5-6. Pilot Pollution

- Primary Scrambling Code

Verificar que los PSC asignados a cada celda sean los correctos sirve principalmente para detectar problemas de sectores cruzados, estos errores afectan directamente en dos aspectos importantes; primero, para el reuso de los PSC, ya que al cambiar los sectores puede darse el caso de que dos celdas con el mismo PSC estén apuntándose directamente y puedan presentar problemas de interferencia, segundo, la lista de vecindades no corresponderá a las planeadas previamente.

La figura 5-7 muestra que los PSC están bien asignados en el sitio en cuestión, por lo que no presenta problemas de sectores cruzados.

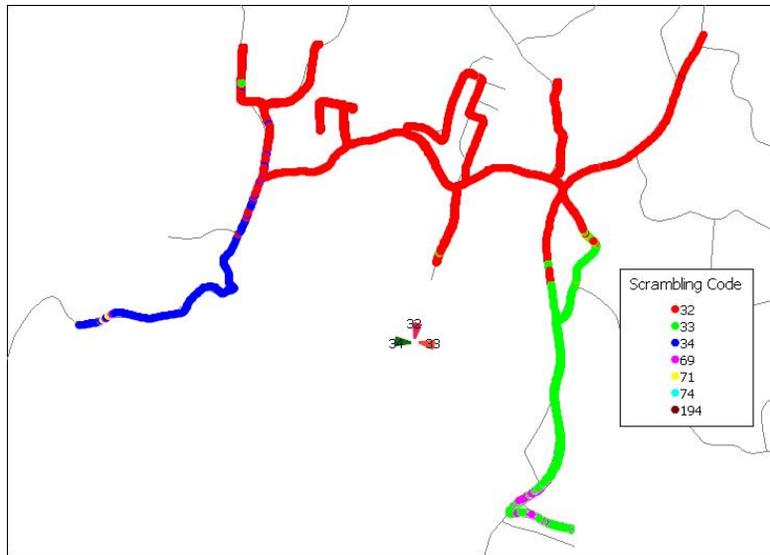


Figura 5-7. Scrambling Code

5.4. Optimización de RF

En teoría, la optimización de RF comienza una vez que toda la instalación y la verificación individual de los sitios son terminadas, sin embargo, como siempre surgen contrariedades o retrasos y para tratar de completar con los tiempos estipulados, esta puede iniciar cuando se tiene un avance del 80% de la implementación de los sitios.

Se puede resumir que la optimización de RF se lleva a cabo para:

- Optimizar la cobertura de la señal de radio para controlar la interferencia y el pilot pollution.
- Asegurarse que la distribución y cobertura de la señal de radio son normales antes del servicio de optimización

La optimización de RF, como ya se menciona, se realiza por clusters, por lo que diferentes equipos pueden trabajar con colecciones de datos, análisis de problemas y ajustes de parámetros para cluster diferentes, si se llegara a dar el caso de que existieran problemas en los bordes de los clusters, los equipos deben negociar y compartir información para corregir los desajustes.

Adicionalmente a las herramientas que se utilizan para los DT ya antes mencionados, en la etapa de optimización es necesario un software de post procesamiento para analizar los Logs (nombre que se les da a los datos obtenidos en el DT), así como un software mas para la planeación de las rutas de los clusters basándose en la información generada por la verificación individual de los sitios y las simulaciones.

La siguiente figura (5-8) muestra el procedimiento de optimización de RF a manera de diagrama de flujo:

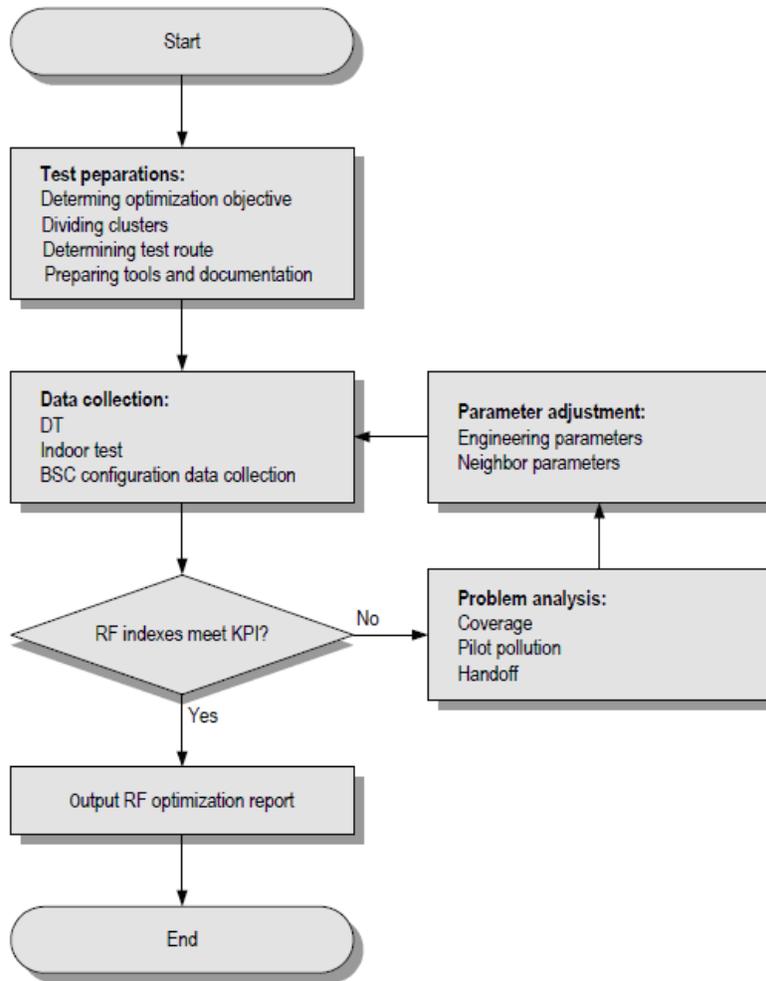


Figura 5-8. Procedimiento de optimización de RF

5.4.1. Preparación

A continuación se enlistan las tareas a realizaron para la preparación de la optimización de RF.

- Determinar los KPI relacionados a RF (tabla 5-3)
- Debido a que es imposible probar la red completa, esta, se tiene que dividir en clusters, un cluster, es un grupo de sitios lo suficientemente grande para proveer suficiente interferencia en el downlink para generar condiciones reales de handover, a continuación se presentan ciertas consideraciones para realizar dicha división.

Tamaño. El tamaño es muy variable dependiendo de su localización, típicamente se maneja una distribución de 5 a 15 sitios en zonas rurales y de 15 a 30 para zonas urbanas

Bordes. Las orillas de los cluster no deben dividir zonas de alta concentración de usuarios, así como avenidas principales.

Mercados. Otra recomendación es la de organizarlos mediante coberturas específicas de mercado, como áreas turísticas, residenciales, industriales etc.

Parámetros. Deben de estar asociados a los mismos MSC, RNC, LAC y RAC para tratar de tener el caso mas simple y evitar problemas de actualizaciones de parámetros o aislamiento de RNC's.

Por ultimo de igual manera se deben considerar mapas de terreno para buscar aislamientos naturales en términos de RF como montañas, el clutter para distinguir los niveles de trafico esperado dependiendo de la morfología de la zona y simulaciones de cobertura, como se muestra en la figura siguiente 5-9, correspondiente a la ciudad de Kingston.

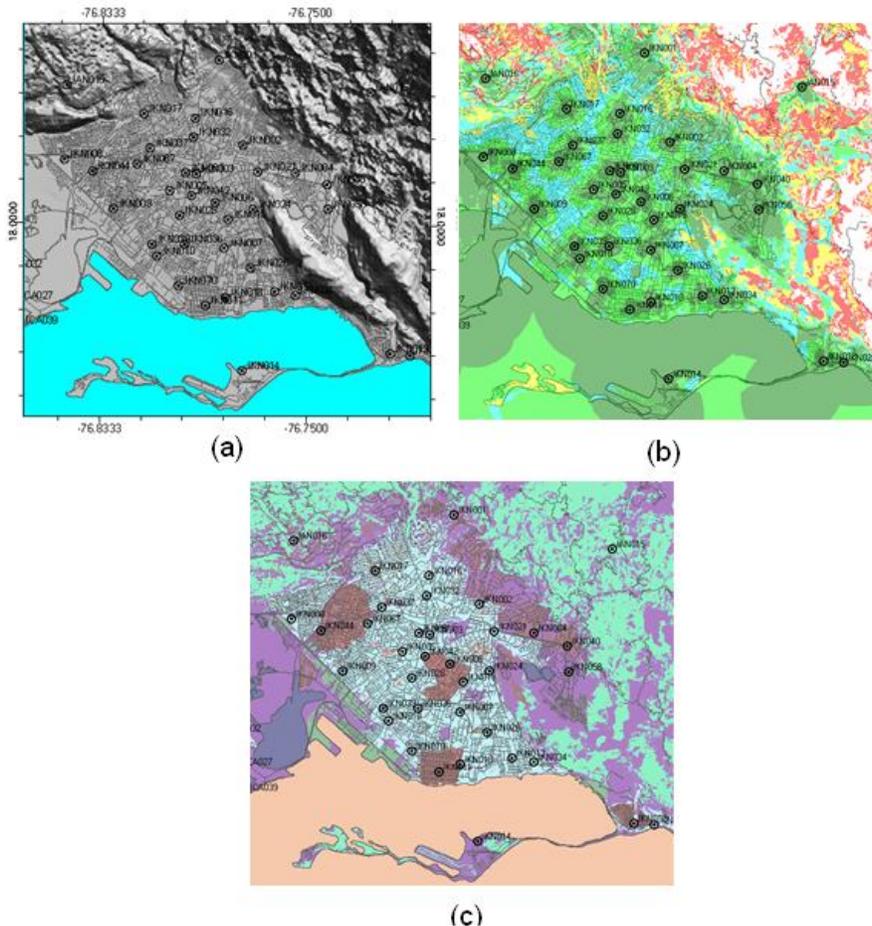


Figura 5-9. (a) Mapa del terreno, (b) simulación de cobertura, (c) distribución de la morfología.

Como resultado del análisis y comparación de los mapas anteriores la figura siguiente (5-10) muestra una división de cluster en la ciudad.

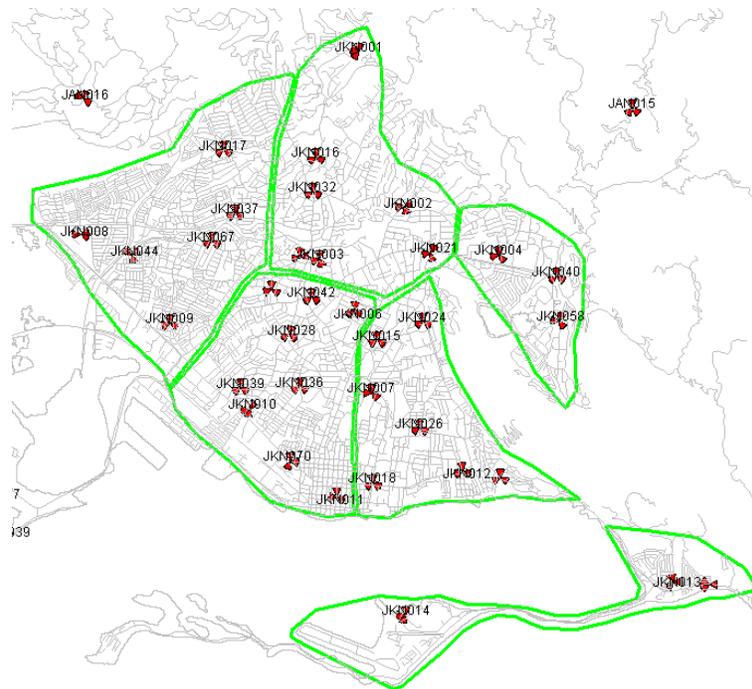


Figura 5-10. División de clusters en Kingston

- Establecer las rutas por cluster procurando obtener la aprobación de algún ingeniero de parte del cliente es indispensable, ya que con esto no hay lugar a futuras discrepancias en cuanto a las áreas que deben o debían ser probadas, esto incluye zonas de alto interés para el cliente, así como cerciorarse de que esta ruta cubra todos los sectores de los sitios pertenecientes al cluster.

Estas rutas son realizadas con la ayuda de software como MapInfo, que muestra mediante una configuración de Layers o capas información como calles, sitios, niveles de potencia tomados de las simulaciones para que se logre una ruta realista y apegada a la cobertura planeada. La figura 5-11 muestra la ruta de un cluster con la información antes mencionada.

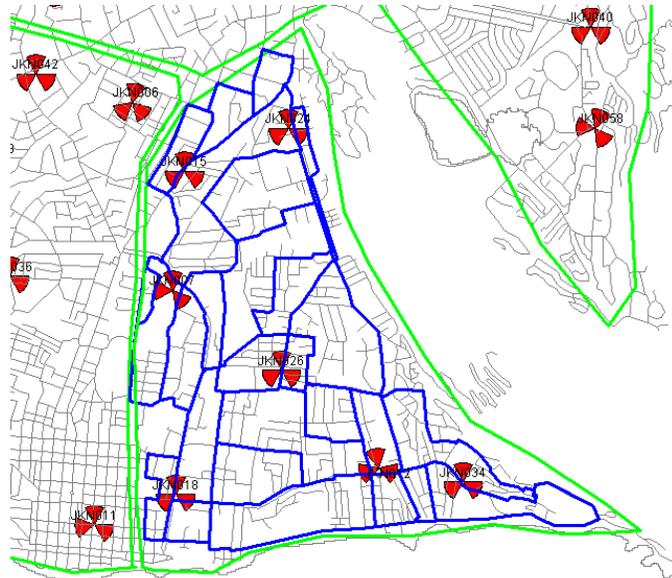


Figura 5-11. Ruta asignada a un cluster

5.4.2. Recolección de datos

La recolección de datos se lleva a cabo como ya se mencionó mediante el DT predominantemente, por otro lado, los indoor test son muy útiles para ciertas áreas como zonas VIP, centros comerciales, aeropuertos, etc. Debido a la proporción de la recolección de datos, más adelante se tomarán los casos más importantes de los DT.

A continuación se presenta una imagen (Figura 5-12) de un indoor test, debido a que en este tipo de pruebas no se cuenta con la referencia de un GPS para el posicionamiento, se utilizan planos o dibujos que representen las áreas importantes y el software hace una distribución de las muestras conforme el usuario lo va indicando de manera gráfica.

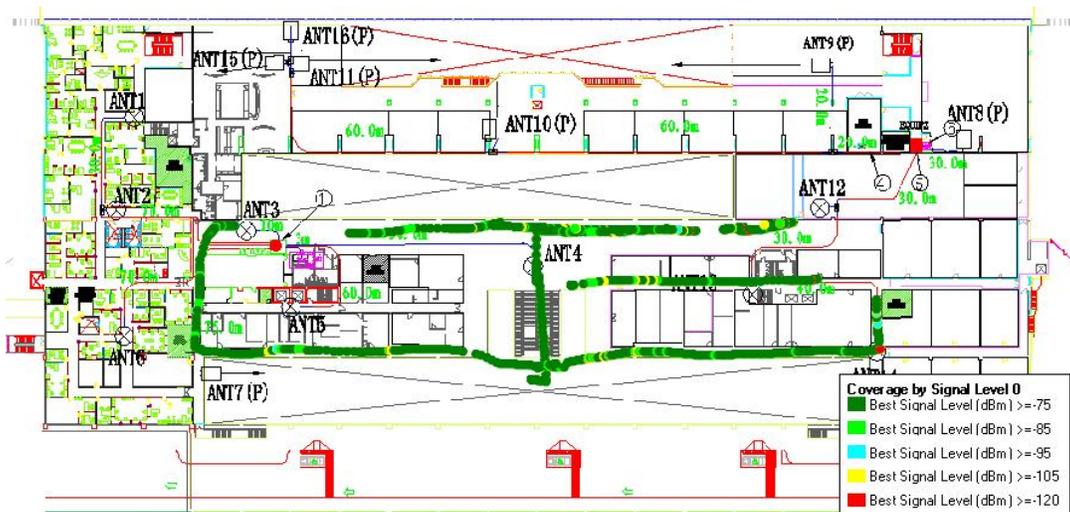


Figura 5-12. Indoor test

Si bien la propagación y las condiciones de interferencia en escenarios Indoor cambian bastante en consideración a pruebas Outdoor, los procesos que se siguen para el análisis y optimización son los mismos para ambos casos.

5.4.3. Análisis de datos

El análisis de datos durante la optimización de RF se concentra en la distribución de las señales de radio de la red. Al ser un campo muy grande se pueden dividir en 4 diferentes áreas para facilitar el procesamiento.

- Cobertura
- Interferencia
- Pilot Pullution
- Handover

El análisis de cobertura es la tarea clave dentro de la optimización de RF, ya que se enfoca a la distribución de la señal tomando en cuenta las coberturas tanto en el Uplink como en el Dowlink.

5.4.3.1. Análisis cobertura o de celdas dominantes

Se lleva a cabo para analizar la información de los PSC y el CPICH RSCP recolectada en los DT, describir y dar una solución a los problemas de las celdas dominantes en ciertas áreas dentro de un cluster.

Si se encuentra con una señal muy débil o incluso no se detecta es posible que el sitio no tenga potencia de transmisión o incluso que las antenas estén bloqueadas durante el recorrido.

Hay casos donde se presenta una cobertura de celda cruzada, esto es, que aun cuando ya se confirmo en la verificación individual que los sectores no están cruzados, una celda esta cubriendo el área en la que una celda del mismo sitio o una vecina debería estar dando el servicio, las principales causas son la incorrecta selección de la altura de la antena o el titl instalado, causando problemas a la red como la disminución de la capacidad al tener un solo sector dando servicio a una área mucho mayor para la que fue planeado o incluso la interferencia con celdas vecinas.

Teniendo el lado opuesto, se presentan casos en donde ciertas áreas no tienen una celda dominante o esta cambia frecuentemente, causando demasiados handovers, lo que disminuye la eficiencia de la red al saturar los canales de señalización y aumentar el numero de llamadas caídas.

El siguiente ejemplo, tomado de un DT de un cluster muestra (Figura 5-13a) que el sitio con PSC 169 y 170 esta radiando demasiado, a este fenómeno se le conoce comúnmente

como overshooting, de igual manera podría ser que los sitios con PSC 179 y 56, 57 tienen un downtilt demasiado grande por lo que su cobertura es muy reducida o incluso hay obstáculos que bloquean la señal.

Después de revisar la tabla de parámetros de ingeniería y con la ayuda de Google Earth para identificar el tipo de clutter, se detectó que en efecto, los sectores con PSC 169 y 170 estaban con 0 grados de downtilt mientras que los otros sectores con PSC 56, 56 y 179 tenían downtilts de 6, 2, 8 respectivamente, por lo que después de hacer las correcciones de tilt pertinentes se tiene un el resultado de la figura 5-13b, donde claramente se distinguen que las áreas cubiertas por sector están distribuidas homogéneamente.

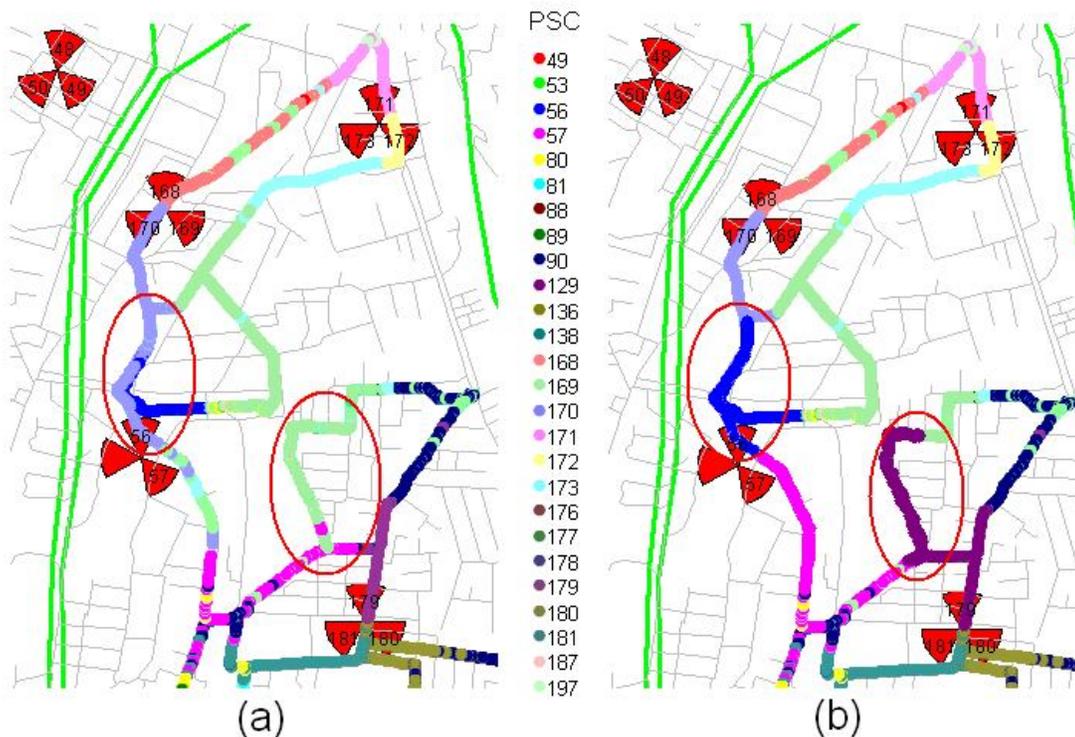


Figura 5-13. Optimización de cobertura

5.4.3.2. Análisis de interferencia

Incluye el análisis de interferencia tanto en el Uplink como en el Downlink, debido a que la interferencia perturba principalmente la capacidad y como consecuencia esta nos puede llevar a problemas de acceso y llamadas caídas.

DL

Este análisis se realiza mediante el CPICH E_c/I_o , si este es menor que el umbral esperado se debe verificar los niveles de RSCP, si estos niveles están igualmente por debajo de los esperados, entonces se debe tratar como un caso de celdas dominantes, no obstante, si

una vez corregida la cobertura los niveles de E_c/I_o continúan por debajo del nivel esperado, se tiene que considerar una posible interferencia externa al sistema, es decir, alguna fuente que esta interfiriendo dentro del espectro reservado para el DL.

UL

Para poder analizar la interferencia en el UL es necesario introducir un nuevo concepto, el RTWP (Received Total Wideband Power) que es la potencia total que la celda esta recibiendo dentro de determinado ancho de banda, esto para poder comparar los niveles de RTWP de cada celda con el volumen de trafico existente, ya que en una celda sin carga los niveles de RTWP deben estar alrededor de -105 dBm como muestra la figura 5-14. (Esta grafica fue tomada conectado vía remota al nodo B en tiempo real)



Figura 5-14. RTWP de una celda sin carga

Pero si se presenta un caso donde los niveles de RTWP están por arriba de los -95dBm y al cotejar el volumen de tráfico es insignificativo se tiene que hacer un análisis de interferencia a fondo.

Un primer estudio de interferencia es la simple exploración y revisión de la instalación, ya que en el caso que se presenta a continuación no existía ningún interferente externo, si no que al ver la figura 5-15 se puede notar que mientras el main (Rx/Tx) se encuentra con niveles aceptables, la diversidad (Rx) esta por arriba del mínimo.



Figura 5-15. RTWP con problemas en RX

Este es un típico caso de problemas de instalación ya que si existiera algún interferente externo forzosamente tendría que afectar a ambos receptores, mientras que esto puede ser causado por diversas razones como agua en la fibra, conectores dañados, etc., en este caso se corrigió simplemente cambiando la fibra óptica que estaba dañada. Otro punto a checar es el aislamiento de las antenas con otros sistemas cercanos ya que dependiendo de las bandas, se tienen que cumplir con las distancias mínimas tanto vertical como horizontalmente, esto para torres con mas de un sistema instalado. En caso de que se tengan sitios vecinos de otros operadores igualmente se tiene que verificar las frecuencias de operación y que las antenas no estén apuntándose directamente ya que las bandas de guarda pueden ser no suficientes y se tendrían que instalar filtros paso banda para solucionarlo.

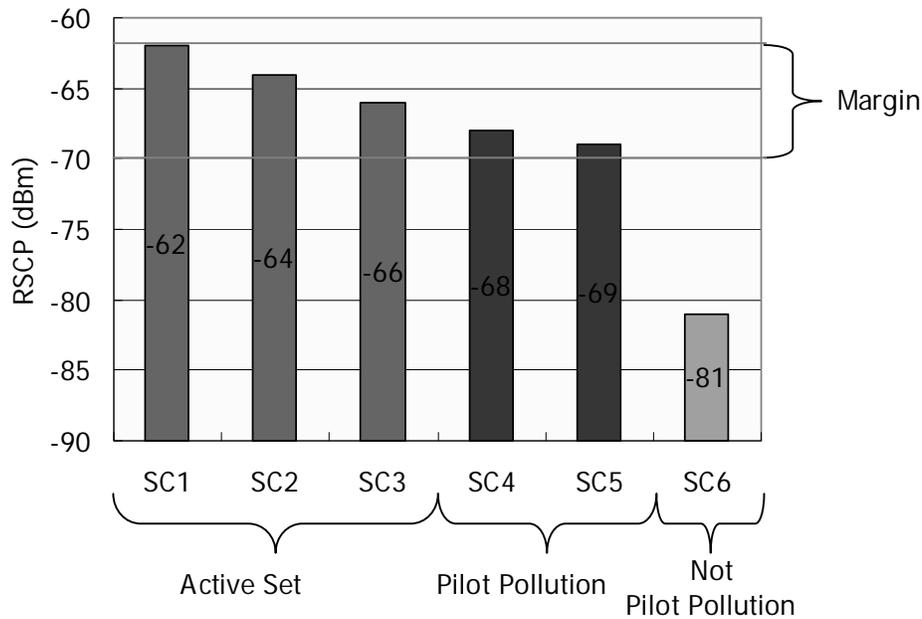
Si una vez revisados los criterios anteriores se mantienen los altos niveles de RTWP es momento de hacer todo un análisis para encontrar las fuentes interferentes, esto con la ayuda de un analizador de espectros y una antena direccional (por lo general tipo yagi), ya que muy probablemente exista una fuente que esta operando dentro del espectro designado para el DL.

5.4.3.3. Análisis de Pilot pollution

Tener pilot pollution en una área significa que existen demasiadas celdas radiando con intensidad semejante pero sin tener alguna dominante que sea lo suficientemente fuerte. Cuando se presenta este problema, los valores del E_c/I_o se deterioran lo que lleva a una mayor cantidad de llamadas caídas y una disminución de la capacidad del sistema.

Es muy común confundir problemas de celdas dominantes con problemas de pilot pollution, si bien en ambos no hay una celda que por su cobertura sobresalga de las demás celdas e E_c/I_o bajo, en el primer caso es necesario aumentar los niveles en dicha área ya que están por debajo de los -85 dBm y una de las soluciones mas recurrentes es la de proponer la instalación de un nuevo sitio en la zona. Por otro lado cuando hay pilot pollution lo que se necesita es evaluar cual es la celda mas conveniente para dar servicio a esa zona ya sea por cercanía o capacidad y disminuir la cobertura de las celdas vecinas mediante tilts o incluso disminuyendo la potencia.

Como ya se había mencionado antes, las celdas que se presentan como polluter están por encima de cierto umbral, que para este caso esta establecido a 8 dBm, para representar este concepto mas claro, la figura 5-16 muestra los niveles de RSCP de ciertos PSC, los que están en verde pertenecerían al active set, los rojos por estar dentro del umbral serian los causantes de pilot pollution, mientras que el morado, aun teniendo un nivel de RSCP aceptable no causa ninguna interferencia por que esta muy por debajo del valor determinado en el sistema.



5-16. Pilot Pollution

Estas son algunas de las principales razones por lo cual se presenta pilot pollution

- Los sitios o las antenas están instalados en sitios demasiado altos. Esto se puede solucionar bajando las antenas o cambiando el tilt tanto eléctrico como mecánico.
- La potencia del piloto es inapropiada, ya que este puede ir, como ya se menciona, del 5 al 20 % del total de la potencia del nodo B.

- El ambiente tiene un impacto negativo. Hay ciertos escenarios que son muy difíciles de controlar como la propagación en el agua o una zona con demasiadas estructuras como edificios que rebotan las señales y causan interferencia o incluso áreas altas en pequeñas lomas o colinas donde es difícil no recibir señal de sitios incluso lejanos.

Una vez teniendo los diferentes criterios para la identificación de problemas de pilot pollution, se tiene un caso en donde después del primer DT se detectaron serios problemas del mismo, como lo muestran las círculos azules de la figura 5-17a, dos zonas principalmente recibían niveles de señal similares de demasiados sitios, una vez evaluada la configuración de los sitios involucrados se hicieron ajustes principalmente de potencias y tilts, los resultados de dichos cambios se ven reflejados en la figura 5-17b.

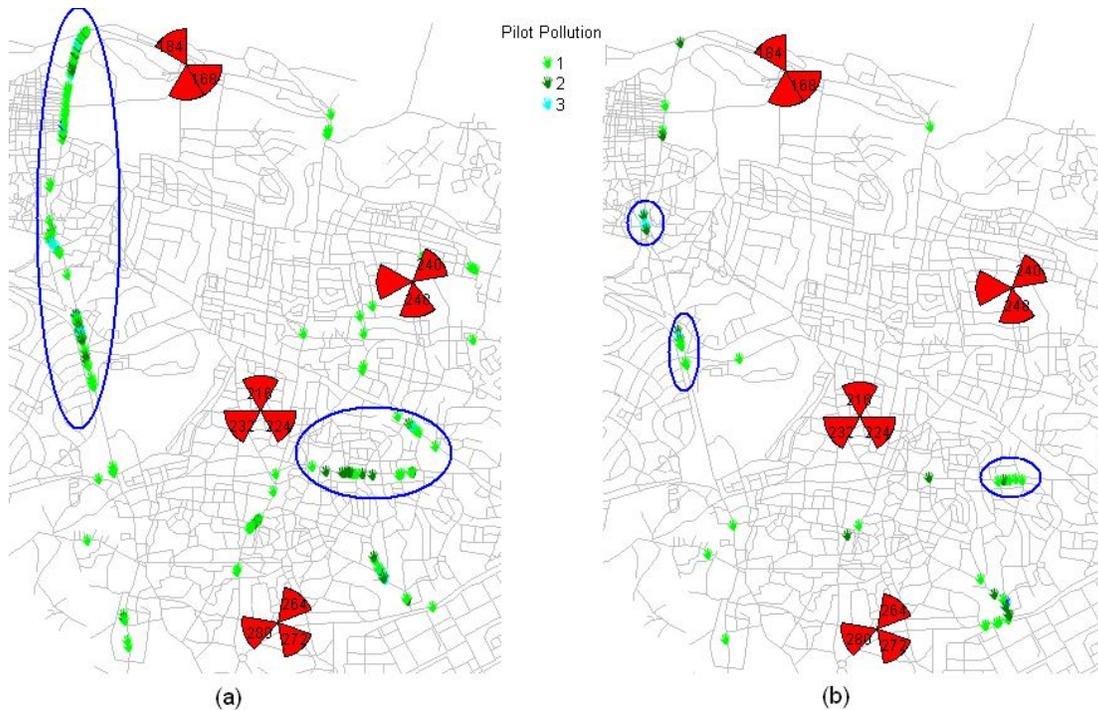


Figura 5-17 Optimización de Pilot Pollution

5.4.3.4. Análisis de handover

Se basa principalmente en controlar el área de handover (figura 5-18), que es donde dos celdas se traslapan pudiendo así garantizar la continuidad del servicio, existen diferentes tipos de handover, que se mencionaran mas a detalle adelante en este mismo capitulo, sin embargo para cuestiones de optimización de RF lo mas crucial es el área ya mencionada y la relación de celdas vecinas ya que si estas no están declaradas en la RNC ningún tipo de Handover se puede realizar con éxito.

El tener una zona muy grande de overlap implica que la interferencia de la celda vecina es mucho mayor, por otro lado, se presenta un fenómeno denominado de ping pong, debido a que el teléfono, en esta zona, estará haciendo handover entre una y otra celda utilizando una gran cantidad de recursos de la red e incrementando la posibilidad de un handover fallido que implica menor calidad del servicio y eventuales llamadas caídas.

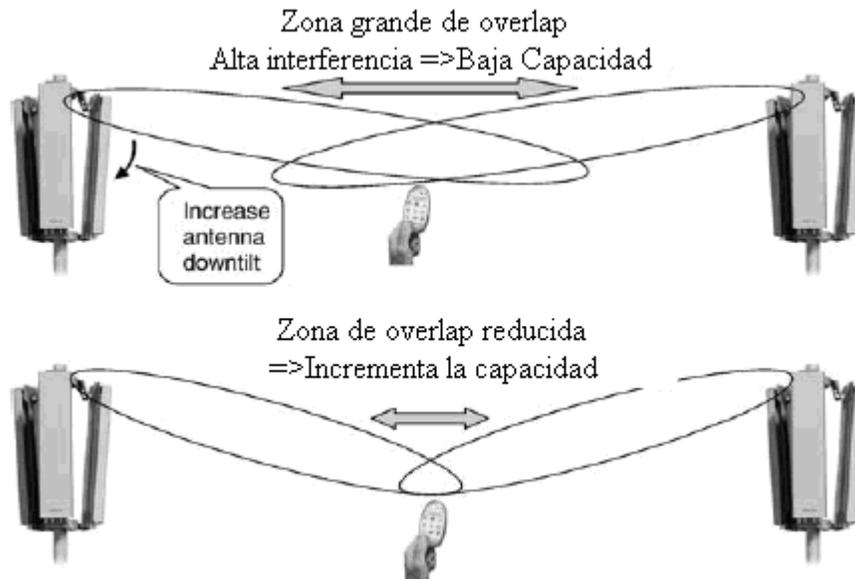


Figura 5-18. Área de Handover

La relación de celdas vecinas debe ser optimizada ya que como primer punto, cada celda tiene como máximo 32 celdas que pueden ser añadidas como vecinas dentro de WCDMA, ya sea para una sola portadora o mas. En etapa de planeación se recomienda añadir la mayor cantidad de celdas, ya que, es mas fácil borrar vecindades de mas que tener problemas de llamadas caídas en un principio.

Una manera de detectar celdas vecinas no declaradas es durante los DT, donde es claramente identificable cuando el RSCP de la celda en el monitor set sobrepasa el nivel de la celda en el active set sin que se lleve a cabo el Handover, causando una mala calidad del servicio y en algunos casos llamadas caídas.

Sin embargo hay una manera mas fácil de optimizar esta relación, con la ayuda de un software que se utiliza principalmente durante el servicio de optimización, y que se vera a fondo mas adelante, es posible importar la configuración de la RNC e información del trafico o performance de la red. Teniendo esta información, el software analiza los eventos enviados por el teléfono de Handover y los niveles de RSCP de las celdas objetivo para determinar cuales son necesarias añadir en la lista, así mismo, determina si alguna relación previamente establecida en la RNC esta de mas, es decir, que nunca se ha dado un HO entre esas dos celdas; de esta manera se borran relaciones sobrantes para ahorrar recursos de la red.

A continuación se presenta una tabla donde se aprecia como se envía el reporte acerca de las celdas que el software propone para ser añadidas o borradas.

Source ID	Neighbor Count	Neighbor1	Neighbor2	Neighbor3	Neighbor4	Neighbor5	Neighbor6	Neighbor7	Neighbor8
RNC200:2025	31	RNC200:30016 0	RNC200:30004 0	RNC200:30124 0	RNC200:586 0	RNC200:30314 0	RNC200:30284 0	RNC200:30306 0	RNC200:22186 0
RNC200:24104	31	RNC200:30006 0	RNC200:30016 0	RNC200:16 0	RNC200:74 0	RNC200:30015 0	RNC200:22486 0	RNC200:2026 0	RNC200:14 0
RNC200:30124	31	RNC200:545 0	RNC200:395 0	RNC200:335 0	RNC200:24104 0	RNC200:24126 0	RNC200:464 0	RNC200:22125 0	RNC200:30106 0
RNC200:24105	31	RNC200:30504 0	RNC200:30105 0	RNC200:384 0	RNC200:386 0	RNC200:335 0	RNC200:24125 0	RNC200:24035 0	RNC200:24124 0
RNC200:26	30	RNC200:2026 0	RNC200:24184 0	RNC200:30546 0	RNC200:114 0	RNC200:30105 0	RNC200:575 0	RNC200:30134 0	RNC200:30545 0
RNC200:30605	30	RNC200:24306 0	RNC200:22124 0	RNC200:75 0	RNC200:24105 0	RNC200:24104 0	RNC200:22384 1	RNC200:574 2	RNC200:30625 4
RNC200:30006	30	RNC200:30016 0	RNC200:2024 0	RNC200:396 0	RNC200:30545 0	RNC200:2026 0	RNC200:30014 0	RNC200:24104 0	RNC200:22055 0
RNC200:30314	29	RNC200:22186 0	RNC200:396 0	RNC200:30456 0	RNC200:30214 0	RNC200:114 0	RNC200:22385 0	RNC200:24036 0	RNC200:15 0
RNC200:335	29	RNC200:465 0	RNC200:30285 0	RNC200:24105 0	RNC200:30286 0	RNC200:30226 0	RNC200:30124 0	RNC200:464 0	RNC200:545 0
RNC200:114	28	RNC200:30135 0	RNC200:30195 0	RNC200:30624 0	RNC200:26 0	RNC200:30626 0	RNC200:30546 0	RNC200:22054 0	RNC200:16 0
RNC200:30026	28	RNC200:394 0	RNC200:585 1	RNC200:30504 1	RNC200:2084 2	RNC200:30134 2	RNC200:404 7	RNC200:30456 19	RNC200:45 22
RNC200:30306	28	RNC200:44 0	RNC200:30416 0	RNC200:584 0	RNC200:404 0	RNC200:2024 0	RNC200:24184 0	RNC200:406 0	RNC200:405 0
RNC200:395	28	RNC200:30124 0	RNC200:15 0	RNC200:24126 0	RNC200:22185 1	RNC200:22484 1	RNC200:24124 1	RNC200:30104 1	RNC200:30105 1
RNC200:30624	27	RNC200:114 0	RNC200:30546 0	RNC200:22026 0	RNC200:35 2	RNC200:36 3	RNC200:22086 4	RNC200:30544 4	RNC200:16 6
RNC200:16	27	RNC200:24104 0	RNC200:30134 0	RNC200:30214 0	RNC200:22186 0	RNC200:575 0	RNC200:22484 0	RNC200:30625 0	RNC200:24105 0
RNC200:30015	27	RNC200:45 0	RNC200:405 0	RNC200:25 0	RNC200:44 0	RNC200:74 0	RNC200:30416 0	RNC200:404 0	RNC200:584 0

Figura 5-19. celdas vecinas sobrantes

5.5. Servicio de optimización

El servicio de optimización se lleva a cabo una vez que se he concluido la mayor parte de la optimización de RF y toma en cuenta la red entera, a través del análisis de los datos de DT y las mediciones del trafico de toda la red, pretende resolver los problemas y fallas de la misma para lograr cumplir con los KPI relacionado o no con RF para la aceptación final de la red.

Los Logs correspondientes al DT serán analizados pero no se verán aspectos relacionados enteramente a cobertura, sino a toda la señalización en el flujo de las llamadas para ver las causas de los problemas de acceso, handover, llamadas caídas, y retardos en las conexiones interpretando la mensajería tanto en el software de DT como los traceos que se programan en la RNC para dar seguimiento a todas las interfaces involucradas en los diferentes servicios.

La siguiente figura muestra el diagrama de flujo simplificado de la mensajerías de señalización de la generación de una llamada de voz.

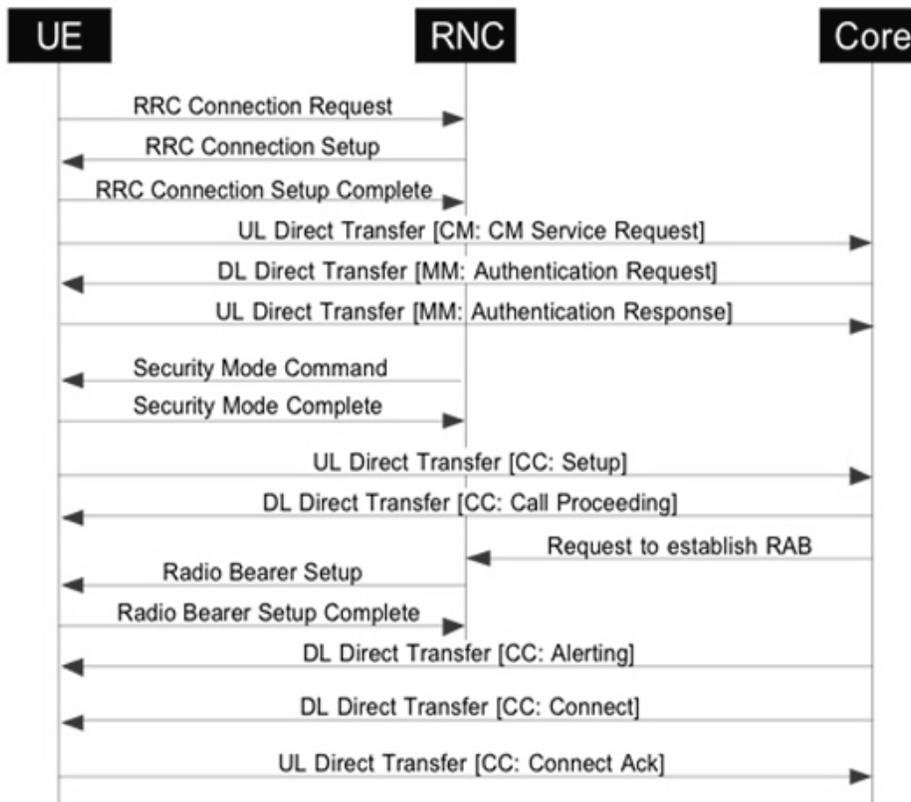


Figura 5-20. Señalización de una llamada saliente.

Como ya se menciona anteriormente en este documento, la tecnología WDCMA es una tecnología abierta, por lo que este diagrama forma parte de la documentación contenida en el protocolo 3GPP, junto con otros diagramas para llamadas entrantes, diferentes tipos de handover etc.

Se pueden apreciar las diferentes etapas como la de la petición del radiolink por parte del UE a la RNC mediante un RRC (Radio Resource Connection), una vez comenzada la transferencia directa se hace la autenticación y el modo de seguridad para poder establecer una comunicación bidireccional y los algoritmos de protección.

Después se da paso a la petición del tipo de servicio, ya sea llamada de voz, video llamada, sesión de datos etc. mediante el RAB (Radio Access Bearer), ya que se tiene la conexión, del otro lado empieza la búsqueda del equipo receptor, en el momento que entra dicha llamada, el UE originante recibe un mensaje de Alerting para saber que pudo localizar el UE destino; una vez terminada la llamada comienza la liberación de recursos, primero se libera el RAB y después el RRC para dar por terminada la llamada.

Los problemas previamente mencionados pueden ocurrir durante cualquier etapa de este u otros proceso de señalización, a continuación se presentan algunos ejemplos que se encontraron en los DT.

En el primer caso, figura 5-21, se realizaba un DT de llamada corta, para probar la accesibilidad de la red, sin embargo, al revisar el Log se detectaron algunos Call Setup Fail, esto es, fallas al momento de tratar de enlazar la llamada.

Mediante el análisis de la mensajería se logro encontrar que la causa de este problema era al momento de actualizar la celda servidora, debido a que esta actualización solo se lleva a cabo cuando se entra en un estado dedicado, se puede concluir que faltaba declarar la relaciones de vecindad entre estas dos celdas, ya que si el estado del teléfono hubiera estado en Idle o sin ningún servicio, la re-selección de la celda se daría sin ningún problema.

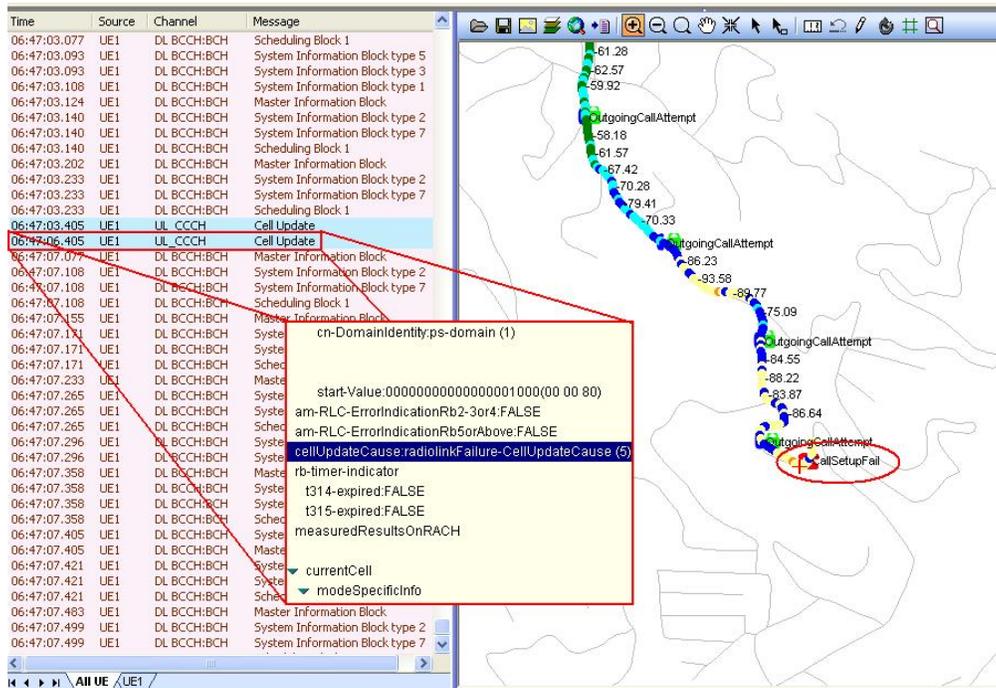


Figura 5-21. Call Setup Fail

En este segundo caso, se puede ver a nivel de mensajería , como se detecta una llamada caída por falta de cobertura, mientras que en el mapa (Figura 5-22) se ve claramente que los niveles del RSCP van disminuyendo de manera drástica, en la ventana de la mensajería RRC podemos observar como el Mobil intenta atacharse a diferentes celdas después de varios reportes de medición de señal, pero llega un momento que el UE manda dentro de este reporte un evento 1F, que significa que el resultado de la medición de la celda en el set activo esta por debajo de la potencia minima requerida para ese servicio, ocasionando una llamada caída.

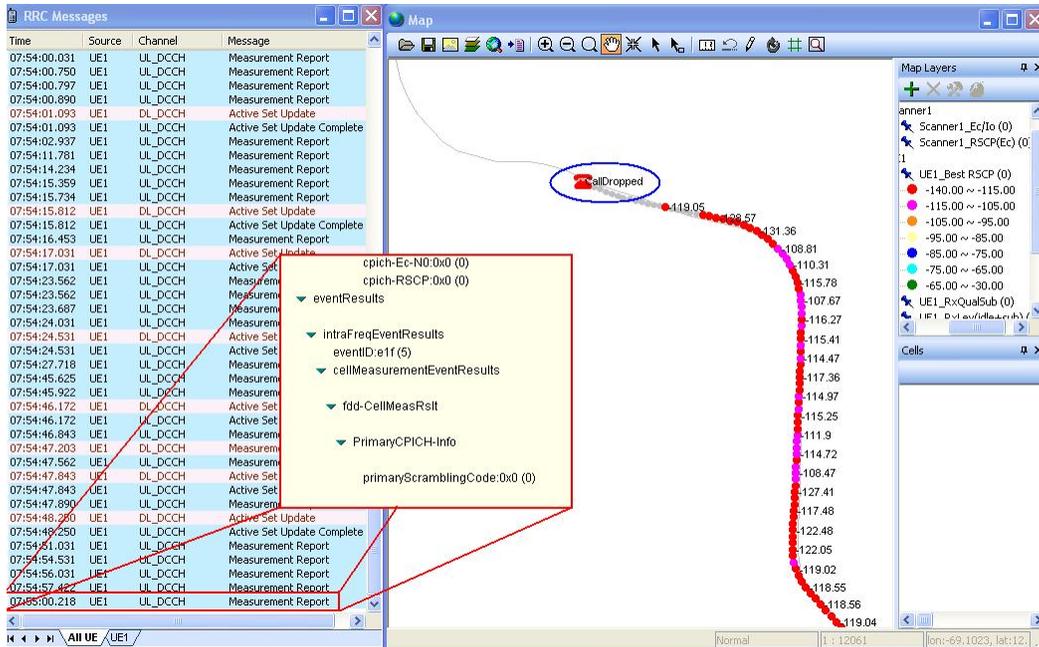


Figura 5-22. Llamada caída por cobertura

Otra forma de atacar las dificultades que se presentan en la red, es la de hacer un trazo directamente en la RNC, estos trazos pueden ser de diferentes tipos y se utilizan conforme los problemas lo requieran; trazos de una sola interfase como Iu, Uu, Iub, de algún tipo de servicio o uno de los mas útiles, es el de grabar la señalización en todas las interfaces de un usuario, identificándolo mediante el numero IMSI (International Mobile Subscriber Identifier)

El siguiente ejemplo muestra una falla en el INTERAT HO de 3G a 2G, en un principio y solo analizando el DT, se encontró que el modo de compresión para dar lugar a la búsqueda de celdas de GSM se estaba llevando a cabo de manera correcta, de igual manera la petición de parte del UE, sin embargo, al tener en el DT solo mensajería de la interfase Uu, no se tenía la certeza de que si el mensaje de respuesta del IRAT HO estaba siendo procesado por el Core, por lo que se dio paso a realizar un Trace de IMSI (figura 5-23) aquí podemos ver que el mensaje “RANAP_RELOCATION_PREPARATION_FAILURE” aparecía de manera constante después de la petición de recolocación; haciendo uso del diagrama de mensajería para el IRAT (Figura 5-24), podemos observar que ese mensaje es generado por el MSC de GSM que es parte del Core, por lo que esta falla se excluyo del proceso de optimización y se paso el reporte al departamento de Core para su análisis y solución.

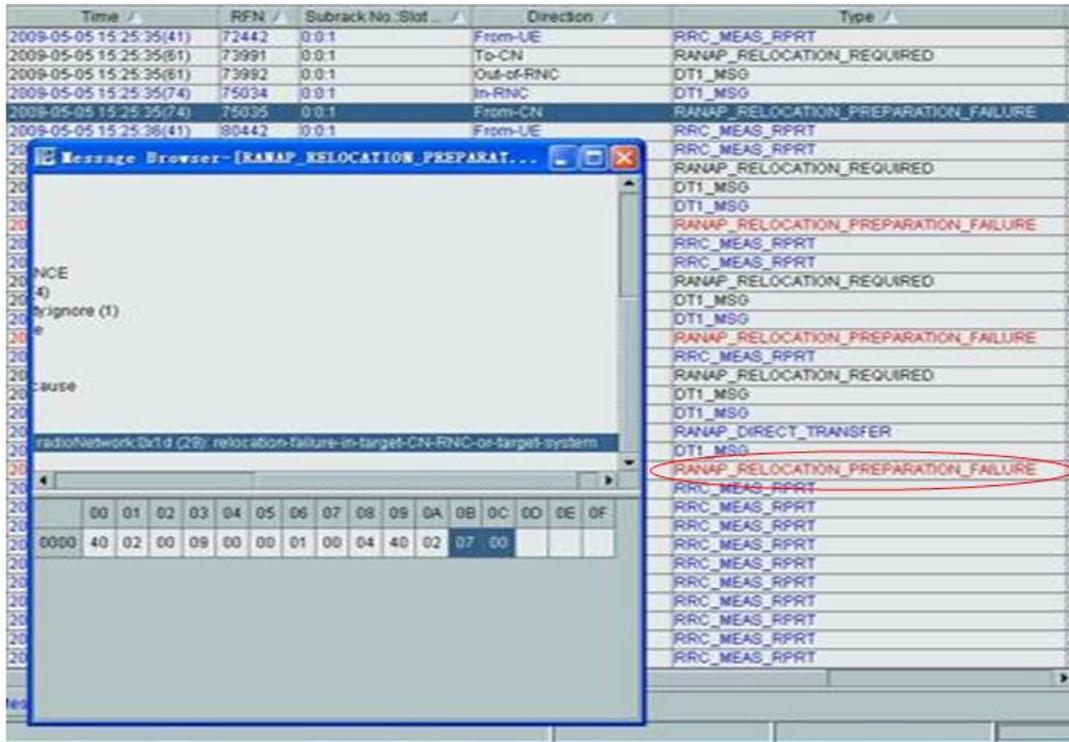


Figura 5-23. Traceo de IMSI

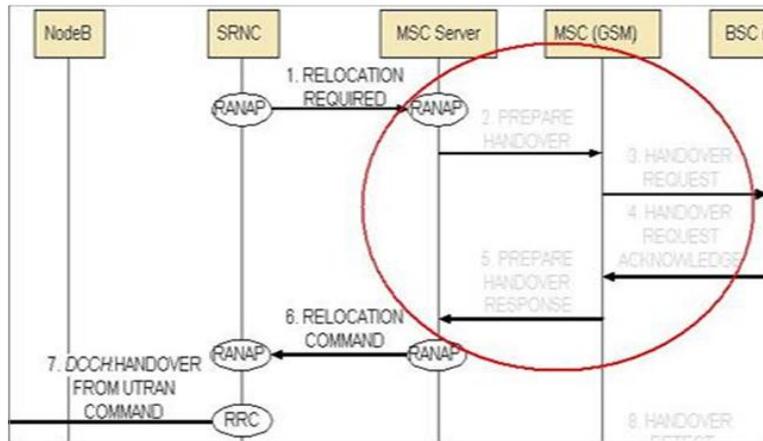


Figura 5-24 Call flow IRAT

Una vez analizado y resuelto por el departamento de Core, se da paso nuevamente a hacer las pruebas correspondientes para verificarlo, en este caso fue suficiente con la mensajería entregada a nivel de RRC (figura 5-25) donde el UE manda el mensaje del cambio de orden de celda desde la UTRAN.

Time	Source	Channel	Message
13:55:27.171	UE1	DL_DCCH	Measurement Control
13:55:27.437	UE1	UL_DCCH	Measurement Report
13:55:27.859	UE1	DL_DCCH	Radio Bearer Reconfiguration
13:55:28.671	UE1	UL_DCCH	Radio Bearer Reconfiguration Complete
13:55:28.890	UE1	DL_DCCH	Measurement Control
13:55:29.593	UE1	DL_DCCH	Radio Bearer Reconfiguration
13:55:30.437	UE1	UL_DCCH	Radio Bearer Reconfiguration Complete
13:55:40.577	UE1	UL_DCCH	Measurement Report
13:55:40.859	UE1	DL_DCCH	Physical Channel Reconfiguration
13:55:41.781	UE1	UL_DCCH	Physical Channel Reconfiguration Complete
13:55:42.312	UE1	DL_DCCH	Measurement Control
13:55:43.312	UE1	UL_DCCH	Measurement Report
13:55:43.952	UE1	UL_DCCH	Measurement Report
13:55:44.312	UE1	UL_DCCH	Measurement Report
13:55:44.687	UE1	DL_DCCH	Cell Change Order From UTRAN

Figura 5-25. IRAT exitoso.

Al mismo tiempo que se esta llevando a cabo el análisis de los problemas de la red como los ejemplos anteriores, se debe de estar llevando un record de el performance de la red tomado directamente de las mediciones de trafico de la RNC, para esto es posible hacerlo de dos maneras diferentes.

La primera, es la de logearse directamente a en la RNC y dar de alta los contadores necesarios para el tipo de medición que se desee hacer, al igual que crear las formulas para calcular porcentajes representativos de la red como llamadas caídas, porcentaje de bloqueo en el acceso, bloqueo en los servicios, trafico, handover etc. tanto para sesiones de voz como para datos.

La desventaja de este método es que hay que estar conectado directamente a la RNC o mediante una VPN, que muchas veces no son lo suficientemente confiables, rápidas o el cliente restringe su acceso, de igual manera la forma de desplegar los datos de parte del gestor no es la mas amigable, sin mencionar que estando conectado existe el riesgo de modificar algún parámetro que pueda afectar el performance.

La figura 5-26 muestra la manera en que los contadores son entregados por el gestor, para su manipulación generalmente son pasados a hojas de Excel.

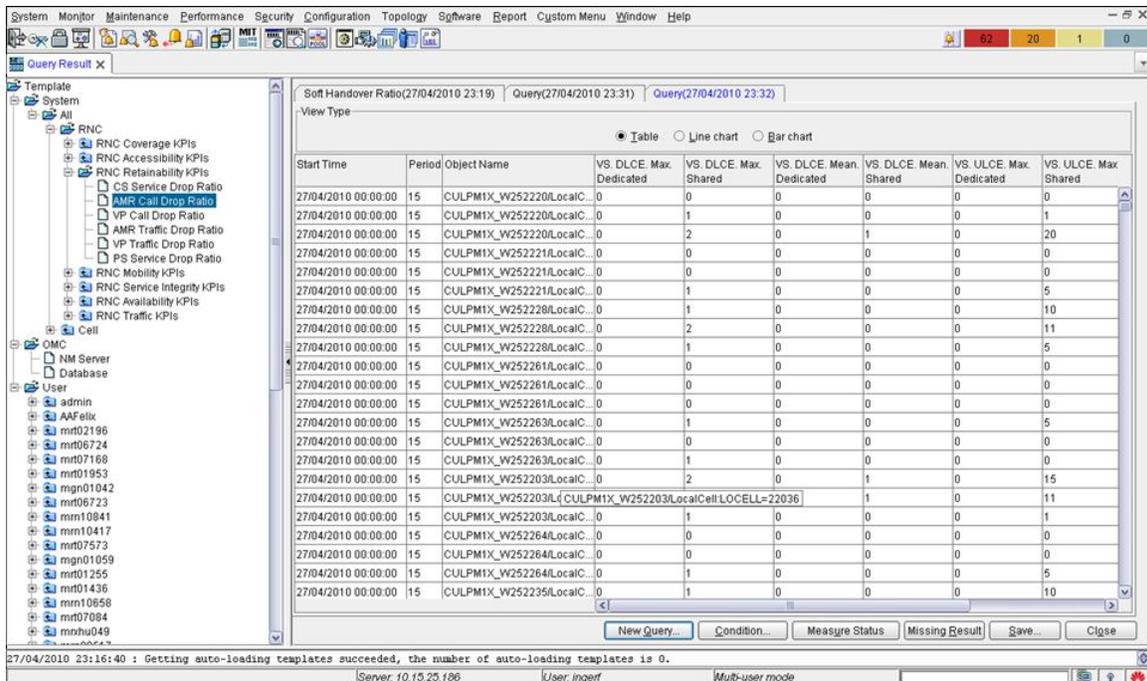


Figura 5-26. Contadores desplegados por el gestor

Por otro lado existe software especializado para el análisis de redes en funcionamiento, la solución de Huawei es el GENEX Nastar, que en si, es solo una internase del gestor, ya que maneja exactamente los mismos datos.

Este software es capaz de generar reportes diarios, semanales, mensuales de toda la red o de ciertos clusters, usando sus propios templates o generando personalizados; solo se necesita cargar la configuración total de la RNC mediante un script además de los measurement reports, que son los archivos que genera la RNC periódicamente con la información de todo el tráfico.

Genera, en primer lugar, una tabla resumen como la que se muestra (Tabla 5-4) donde están clasificados los KPI por servicios y si son de trafico, acceso, handover o llamadas caídas, para después pasar a tablas especificas para cada rubro con formación mas detallada.

Otro aspecto sumamente importante son los horarios en los cuales se acuerda tomar las mediciones para la evaluación de los KPI's; como sabes el comportamiento del trafico es muy variable durante todo el día, por lo que muchos operadores, y en este caso claro, optan por establecer cierto rango de tiempo denominado Busy Hour que es el periodo en el cual la red tiene la mayor carga, para cotejar con los porcentajes acordados y así llegar a la aceptación; para este caso y como lo muestra el ejemplo, el BH acordado fue de 21:00 a 22:00 horas.

		RNC: 1	
GSM	Traffic	AMR DL12.2 Erlang	84.29(21:00 ~ 22:00)
		VP DL Erlang	1.71(21:00 ~ 22:00)
		CS Erlang	112.33(21:00 ~ 22:00)
		PS UL Erlang	567.37(21:00 ~ 22:00)
		PS DL Erlang	2925.68(21:00 ~ 22:00)
		PS UL Throughput(kbps)	9077.96(21:00 ~ 22:00)
		PS DL Throughput(kbps)	46810.82(21:00 ~ 22:00)
	Access	RRC Connection Setup Success Rate(service>(>95%))	99.18%(25166/25374)
		RRC Connection Setup Success Rate(other>(>95%))	98.50%(7966/8087)
		AMR RAB Assignment Success Rate(>95%)	98.90%(2687/2717)
		Video Call RAB Assignment Success Rate(>95%)	82.86%(29/35)
		PS RAB Assignment Success Rate(>95%)	91.89%(20147/21925)
	HO	Soft Handover Factor based on Radio Link Number(<40%)	33.95%
		Soft Handover Success Rate(>99%)	99.96%(90865/90902)
		Inter-Freq Hard Handover Success Rate(>85%)	N/A(0/0)
		CS Inter-RAT Handover Success Rate(from UTRAN to GSM>(>85%))	90.74%(294/324)
		PS Inter-RAT Handover Success Rate(from UTRAN to GSM>(>85%))	66.44%(299/450)
	CDR	CS AMR Call Drop Rate(<1.5%)	1.07%(29/2698)
		VP Call Drop Rate(<1.5%)	0%(0/27)
		PS Service Drop Rate(<30%)	0.88%(177/20090)
HSDPA	Traffic	HSDPA RLC Traffic Volume (MBytes)	19474.42
		HSDPA Mean UE	605.22(21:00 ~ 22:00)
		HSDPA RLC Throughput (Mbps)	43.28(21:00 ~ 22:00)
	Access	HSDPA RAB Setup Success Rate(>97%)	91.71%(18917/20628)
	HO	HS-DSCH Service Cell Change Success Rate(with SHO>(>99%))	99.96%(14946/14952)
		HS-DSCH Service Cell Change Success Rate(with Intra HHO>(>95%))	N/A
		HS-DSCH Service Cell Change Success Rate(with Inter HHO>(>95%))	N/A
		HS-DSCH to DCH Handover Success Rate(>95%)	100.00%(64/64)
	CDR	DCH to HS-DSCH Handover Success Rate(>95%)	99.02%(101/102)
		HSDPA Service Drop Rate(<5%)	0.89%(169/18968)

Tabla 5-4 Resumen de reporte semanal

Aparte de la tabla resumen ya mostrada, el software genera varias hojas ordenadas por KPI donde aparece el TOP 10 de las peores celdas, estas son muy útiles ya que revelan la mayoría de las razones por las que la celda esta fallando, como se presenta en los ejemplos siguientes.

RNCID	CellId	CellName	VS-CS-Call Drop-Cell	VS-RABRelRe qCS.DMI	VS-RABRelRe qCS.RABPrere mpt	VS-RABRelRe qCS.UTrANAge n	VS-RABLoss-CS-RF						VS-RABLoss CS.Air2Loss	VS-CallDro pCS.Other
							VS-RABLoss CS.RF.RLDRs	VS-RABLoss CS.RF.ULStime	VS-RABLoss CS.RF.UmMR	VS-RABLoss CS.RF.Dm	VS-RABLoss CS.RF.UmMR	VS-RABLoss CS.RF.Dm		
1	8038	JKN003_U_2	43	0	0	0	VS-RABLoss CS.RF.RLDRs	20	5	18	0	0	0	0
1	50017	JWE001_U_1	28	0	0	0	VS-RABLoss CS.RF.RLDRs	27	0	1	0	0	0	0
1	8069	JKN006_U_3	26	0	0	0	VS-RABLoss CS.RF.RLDRs	17	4	4	0	0	0	1
1	8287	JKN028_U_1	24	0	0	0	VS-RABLoss CS.RF.RLDRs	11	8	5	0	0	0	0
1	8318	JKN031_U_2	24	0	0	0	VS-RABLoss CS.RF.RLDRs	11	4	9	0	0	0	0
1	8288	JKN028_U_2	23	0	0	0	VS-RABLoss CS.RF.RLDRs	11	7	5	0	0	0	0
1	8187	JKN018_U_1	21	0	0	0	VS-RABLoss CS.RF.RLDRs	10	4	4	1	0	0	2
1	9169	JAN016_U_3	21	0	0	0	VS-RABLoss CS.RF.RLDRs	16	2	4	0	0	0	0
1	8169	JKN016_U_3	18	0	0	0	VS-RABLoss CS.RF.RLDRs	8	4	6	0	0	0	0
1	10037	JCA003_U_1	16	0	0	0	VS-RABLoss CS.RF.RLDRs	14	1	1	0	0	0	0

RNCID	CellId	CellName	VS-RABFail IEstabPS-Cell	VS-RABFIEsPS-Str-FNL										VS-RABFest PS-Str-FNL-OT	VS-RABFail tabPS-Other-Cell
				VS-RABFail PS.RIPF-Cell	VS-RABFail PS.RF-Cell	VS-RABFail PS.CodeCon	VS-RABFail PS.ULCECon	VS-RABFail PS.DICECon	VS-RABFail PS.IUB-Band	VS-RABFail tabPS-Unsp-OT	VS-RABFail PS-Str-FNL-OT	VS-RABFail PS-Str-FNL-OT	VS-RABFail PS-Str-FNL-OT		
1	65029	JCL002_U_3	2772	0	0	0	0	0	0	0	2772	0	0	0	0
1	65028	JCL002_U_2	1631	0	0	0	0	0	0	0	1631	0	0	0	0
1	65027	JCL002_U_1	1321	0	0	0	0	0	0	0	1319	0	2	0	0
1	15138	JTM013_U_2	122	0	0	0	122	0	0	0	0	0	0	0	0
1	8169	JKN016_U_3	6	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0
1	8167	JKN016_U_1	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
1	8368	JKN036_U_2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	8068	JKN006_U_2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	10018	JCA001_U_2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	50018	JWE001_U_2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 5-5(Derecha). Servicio AMR, 5-6(Izquierda). RAB

En la tabla 5-5 se muestra de manera desglosada las causas de las llamadas caídas de las peores celdas en cuanto al servicio AMR, como se puede ver la que presenta mayor cantidad de call drops tiene 43 y la q menos 16, esto dentro de la misma BH; una de las causas principales dentro del total es la marcada con el contador VS.RAB.Loss.CS.RF.RLCRst que es una liberación anormal del RAB de parte de la RNC por el reseteo del RLC, que es principalmente por malas condiciones de RF, de igual manera el contador VS.RAB.Loss.CS.RF.ULSync nos dice que hay fallas en la sincronía en el uplink que se puede deber a la poca cobertura.

Para la parte de PS, se presenta la tabla 5-6, que muestra la parte de accesibilidad mediante los intentos fallidos del RAB que es el link que una vez establecido el RRC selecciona el tipo de servicio, en este caso al ser PS pero no HSDPA son solo sesiones de R99, dentro del TOP 10, las tres primeras celdas pertenecen al mismo sitio y la causa de la inaccesibilidad es el contador VS.RAB.FailEstPs.IUB.Band, que se dispara cuando no existe ancho de banda suficiente en la internase Iub para alocar todos los servicios que se solicitan al mismo tiempo, por lo que este problema no pertenece a RF sino al dimensionamiento de dicha internase; por otro lado, la cuarta peor celda dispara el contador VS.RAB.FailEstPs.ULCE.Cong, que significa que los Channel Elements, que son recursos dentro del nodo B, son insuficientes, esto solo se soluciona asignando una licencia que soporte una mayor cantidad de CE mediante software y que el cliente debe comprar.

Como se puede ver en los ejemplos anteriores, estas tablas exportadas por el Nastar son muy útiles para detectar los principales problemas de la red y tener un diagnostico rápido y bastante preciso para continuar con el troubleshooting, así, dando un seguimiento a detalle, el servicio de optimización va cumpliendo con los objetivos de manera gradual y se gana mucha experiencia tanto en la identificación de problemas como en su solución.

5.6. Implementación de la aceptación de la red.

La red se debe ir liberando mediante clusters que cumplan con todos los KPI y niveles de cobertura, para esto no solo es necesario respaldar la información con DT y estadísticas, se tiene que generar un reporte de optimización y aceptación, que contendrá la información del análisis como el que se explico en este capítulo y se puede resumir en los siguientes puntos:

- Plots de cobertura
- Rutas de DT
- Historial de las estadísticas
- Reportes de verificación individual de los sitios que integran el cluster.
- Análisis de las pruebas Indoor
- Si es el caso, ejemplos de troubleshooting que se encontraron en el cluster.
- Todas las modificaciones tanto físicas como en parámetros que sufrió la red respecto a la tabla expedida por el departamento de plantación.
- Sugerencias en cuanto a zonas de alto riesgo para el futuro crecimiento de la red.

- Y por ultimo si hay trabajos pendientes que quedan fuera del alcance del equipo de optimización.

Teniendo un reporte con estas características solo queda dar paso a la revisión y discusión con el cliente para su aceptación.

Capítulo VI

6. Participación profesional

El nivel de participación y compromiso que se requiere para participar en proyectos de esta magnitud no solo dan la posibilidad de aplicar los conocimientos técnicos adquiridos durante la etapa universitaria, sino que fuerzan a involucrarse incluso a niveles culturales y sociales.

En cuanto a lo que se refiere al contexto técnico, es indispensable tener muy claros conceptos matemáticos, de teoría electromagnética, física etc., si bien en primeras instancias no se demanda un conocimiento a fondo debido al gran avance y por ende automatización de los procesos, el caso del troubleshooting si requiere ir a un nivel mas profundo para no solo dar soluciones temporales o inconclusas, si no llegar al fondo del problema utilizando la ingeniería y plasmar dichos resultados no solo en el papel sino aplicarlo directamente a las redes con las que se estén trabajando.

Al ser proyectos internacionales, la parte técnica no es la única indispensable para lograr una participación exitosa, las relaciones sociales, el cambio cultural y el idioma influyen de manera directa al desempeño, por lo que una buena formación en esas áreas ha sido factor clave para desarrollarse de manera exitosa.

Capítulo VII

7. Resultados, aportaciones y Conclusiones

Resultados, aportaciones

El principal resultado que se espera para el proceso que este documento describe, es la aceptación preeliminar o final de parte del cliente, sin embargo hay ciertos pasos a seguir para llegar a ello,

En primer lugar se logro llegar a un acuerdo junto con el cliente acerca de los objetivos de la optimización total, por un lado la parte de RF donde se establecieron las divisiones de clusters y los niveles de señal e interferencia esperados, mientras que por otro escenario, los diferente los KPI que se deberían de alcanzar después de los servicios de optimización.

Lograr reclutar y capacitar un grupo de contratistas que estuvieran lo suficientemente preparados para utilizar las herramientas y enfrentar situaciones por si mismos para así contar con un equipo confiable de optimización para todas las tareas en campo.

Establecer un proceso redituable, confiable y eficaz en cuanto a la logística y administración de los recursos para optimizar el tiempo y tratar de obtener la mayor cantidad de clusters aprobados por el cliente así como problemas específicos de la red resueltos ya sea mediante contratistas o ingenieros de Huawei.

Conclusiones

- El equipo de optimización ha logrado, hasta el momento de la finalización de mi participación, un avance del 80% de los clusters, cumpliendo con todos los requerimientos de cobertura y en estadísticas antes mencionados en este documento.
- La experiencia adquirida por contratistas e ingenieros locales será de gran utilidad para continuar con la optimización, si bien se han resuelto gran variedad de problemas de la red, siempre hay nuevas contrariedades o incluso bugs (errores del software) para lo que es indispensable la comunicación con departamentos como Wireless, encargados de la configuración y R&D de investigación y desarrollo.
- La base de datos recolectada ha pasado a ser parte del departamento de Operación y Mantenimiento, debido a que ellos son la interfase hacia las quejas y problemas de parte del operador de la red en funcionamiento, necesitan un record de zonas que incluso después de la optimización presentan niveles de servicio no óptimos.
- Debido al desempeño tanto de los equipos de plantación como de optimización, Claro Jamaica ha pedido un diseño y las cotizaciones correspondientes para una expansión en las ciudades principales debido al gran incremento del tráfico tanto para servicios de voz como de datos.
- Fuera de los alcances de la optimización, y como resultado del constante contacto y familiarización con la red, se le ha sugerido al cliente un análisis de tráfico para ubicar zonas potenciales de congestión en cuanto a capacidad de procesamiento hardware, licencias e interfaces.

Bibliografía

WCDMA RAN Fundamental. Issue 1.0, Huawei Technologies Co.,Ltd.

Network Optimization Guideline, Airbridge Radio Acces Subsystem. Issue 1.0, Huawei Technologies Co., Ltd.

Holma, H. y Toskala Antti, (2007), WCDMA for UMTS, HSPA Evolution and LTE, 4a ed. John Wiley & Sons, Inglaterra, 539 pp.

Protocolo 3GPP