



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

OPTIMIZACIÓN EN RADIOFRECUENCIA DE TELEFONÍA CELULAR CDMA

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO ELÉCTRICO ELECTRÓNICO

PRESENTA:

CARLOS ALBERTO ESCALERA ESCALERA

JORGE VARGAS RIVERA



DIRECTOR DE TESIS: DR. MIGUEL MOCTEZUMA FLORES

MÉXICO, D.F

SEPTIEMBRE 2005

A Dios, lo más grande en mi vida por permitir que conociera la grandeza de su amor.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, nuestra máxima casa de estudios y a nuestra querida Facultad de Ingeniería por brindarnos el privilegio de ser parte de sus integrantes y de su historia, para realizar uno de los más grandes logros en nuestra vida.

A mis padres que han sido una escuela permanente que me motiva a ser cada día mejor en todos los aspectos.

A mis hermanas, regalos de Dios en mi vida; lo mejor para ustedes. las amo

A mi familia y amigos por sus consejos y apoyo para no claudicar en mis metas.

Padre Francisco Javier gracias por existir y enseñarme que todo es posible cuando se hacen las cosas con amor. Que Dios y la Virgen lo bendigan siempre.

CARLOS ALBERTO ESCALERA ESCALERA

A mis padres que me han dado todo.

A mis hermanas por el apoyo que siempre me brindan.

A mi esposa e hijo, que son la principal fuente de inspiración para ser mejor cada día.

A la UNAM y Facultad de Ingeniería, por mucho la máxima casa de estudios del País.

A Dios, le debo lo que tengo y lo que soy.

JORGE VARGAS RIVERA

INDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
-------------------	---

CAPÍTULO I

TECNOLOGÍAS DE TELEFONÍA CELULAR.....	2
---------------------------------------	---

I.1 La Historia de la Telefonía Celular.....	3
I.1.1 El concepto Celular.....	7
I.1.2 Arquitectura Estandar de las redes de Telefonía Celular.....	8
I.1.3 El concepto de Acceso múltiple.....	9
I.1.4 El concepto de Handoff.....	10
I.2 Sectorización y Antenas.....	10
I.3 Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA)	12
I.3.1 Arquitectura general de una Red TDMA.....	12
I.3.2 Distribución de canales en TDMA.....	13
I.3.3 Canales de subida y de bajada.....	14
I.4 Acceso Multiple por División deCodigo (CDMA).....	15
I.4.1 Codigos Walsh.....	15
I.4.2 Codigos de Pseudo Ruido.....	17
I.4.3 Modulación Usada en CDMA.....	17
I.4.4 Descripción general de la Red.....	17
I.4.5 Enlace de bajada.....	18
I.4.6 Enlace de subida.....	23
I.5 Handoff.....	25
I.5.6 El movil en el handoff.....	26
I.5.7 El proceso de transferencia de llamada.....	27

CAPÍTULO II

PROCEDIMIENTO DE OPTIMIZACIÓN EN RADIOFRECUENCIA.....	29
---	----

II.1 Optimización en Radiofrecuencia.....	30
II.1.1 Mejora en la calidad de la llamada.....	30
II.1.2 Control de Handoff.....	31
II.1.3 Eficiente manejo de capacidad.....	31
II.2 Etapas de Optimización.....	31
II.2.1 Etapa precomercial.....	31
II.2.2 Etapa de lanzamiento comercial.....	31
II.2.3 Etapa de crecimiento y maduración.....	31
II.3 Procedimiento de Optimización.....	32
II.3.1 Criterios iniciales del Sistema.....	32
II.3.2 Aplicación en la Etapa precomercial.....	33
II.3.3 Optimización después del lanzamiento comercial y etapa de crecimiento y maduración de la Red.....	34

CAPÍTULO III

SISTEMAS DE SOFTWARE Y DE HARDWARE.....	35
III.1 Parámetros iniciales del Sistema.....	36
III.2 Tabla de parametrización estática de la BSC.....	37
III.2.1 Parámetros del subsistema de banco selector (SBS).....	37
III.2.2 Parámetros de base de datos piloto.....	40
III.3 Tabla de parametrización estática de la BTS.....	45
III.3.1 Parámetros de sector avanzado y de complemento.....	48
III.4 Hardware.....	51
III.4.1 Auditoría de Antenas.....	51
III.4.2 Procedimiento de prueba de pérdida por retorno del sistema de transmisión de RF en BTS.....	52

CAPÍTULO IV

APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE OPTIMIZACIÓN	60
IV.1 Criterios iniciales.....	61
IV.2 Auditoría de las tablas de parametrización.....	61
IV.2.1 Revisión de la tabla de parametrización estática de la BTS.....	64
IV.2.2 Parámetros de sector avanzados y de complemento.....	65
IV.3 Auditoría antenas (Hardware).....	69
IV.4 Protocolos de recepción de radio bases.....	70
IV.5 Planos e ingenierías.....	72
IV.6 Sitios con problemas.....	75
IV.7 Cobertura esperada.....	85
IV.8 Cobertura esperada con datos de diseño.....	87
IV.9 Cobertura de nuestra red celular con los datos de auditoría	90

CAPÍTULO V

RESULTADOS.....	93
V.1 Lista de vecinos.....	94
V.1.1 Ingreso de la lista de vecinos.....	95
V.2 Preparación de vehículo para prueba de manejo.....	98
V.2.1 Equipos de medición para prueba de manejo.....	99
V.2.2 Prueba de manejo y análisis de la Información.....	100
V.3 Mapas de cobertura antes de optimizar.....	101
V.4 Estadísticas y ordenes de trabajo.....	104
V.4.1 Ordenes de trabajo para cada sitio y resultados.....	116
V.5 Mapas de cobertura después de optimizar.....	117
CONCLUSIONES.....	120
BIBLIOGRAFÍA.....	121

Introducción

En la actualidad las empresas de telefonía celular están creciendo en infraestructura a pasos agigantados, ya sea por la gran competencia que existe entre ellas de proporcionar la mejor cobertura, por la expansión de las manchas urbanas o por la misma evolución de la telefonía, por tal motivo es necesario no solo proporcionar una buena cobertura a los usuarios, sino que también se les brinde dicha cobertura con determinada calidad de servicio.

Es importante destacar que los usuarios demandan una buena calidad de servicio a tal grado de acudir a instancias gubernamentales para solicitar que las empresas de telefonía celular sean evaluadas y reguladas en cuanto a la cobertura y calidad de la red, es por muchos sabido que La Comisión Federal de Telecomunicaciones ha empezado a responder a dichas demandas con evaluaciones de calidad de red tales como llamadas caídas y llamadas no completadas.

Por lo anterior, nuestro trabajo consiste en brindar, a todo ingeniero que trabaje en el área de radiofrecuencia y en particular en redes de tecnología CDMA, métodos y procedimientos que le ayuden a mejorar dicha calidad de la red.

A continuación se describe brevemente los temas tratados en cada uno de los capítulos que componen a ésta tesis.

En el capítulo I realizamos una historia de la telefonía celular, realizamos un compendio de las tecnologías más importantes que han existido así como su evolución y convergencia a lo que hoy tenemos, dedicamos mayor explicación a conceptos básicos de CDMA, tales como canales y códigos, los cuales son elementales para entender dicha tecnología y de cómo se realiza el procesamiento de la llamada.

En el capítulo II definimos el concepto de optimización en radiofrecuencia de CDMA y definimos el objetivo a alcanzar con la realización de este trabajo, planteamos las diferentes etapas de optimización y la aplicación teórica de dichas etapas ya sea a una red nueva o una red que se encuentra en la etapa de crecimiento y maduración.

En el capítulo III describimos todos los conceptos teórico utilizados en el capítulo anterior, dividimos las etapas de aplicación en dos grandes grupos, software y hardware; en la parte de software describimos y establecimos los parámetros iniciales que debe tener una red considerada estandar, comentamos los posibles efectos que podría presentar la red al variar dichos parámetros ya sea a valores superiores o en su caso inferiores de lo establecido como estandar; en la parte de hardware describimos a detalle los procedimientos a seguir para verificar que los elementos de la red involucrados directamente con la radiofrecuencia se encuentren trabajando de manera correcta además de que se encuentren instalados conforme a diseño.

En el capítulo IV aplicamos todos los métodos y procedimientos descritos en este trabajo en una red de telefonía celular real, mostramos las diferencias encontradas en cuanto a valores de diseño y valores en campo, también mostramos procedimientos, formatos y resultados reales de la red en la cual se trabajó.

Finalmente en el capítulo V mostramos los resultados obtenidos de la aplicación del procedimiento de optimización en radiofrecuencia de telefonía celular CDMA en una red real.

CAPÍTULO I

TECNOLOGÍAS DE TELEFONÍA CELULAR.

I. TECNOLOGIAS DE TELEFONÍA CELULAR

I.1 La historia de la telefonía celular

El concepto de comunicaciones celulares fue desarrollado en respuesta a las limitaciones del servicio de la radio convencional. Aunque el concepto de radio celular fue concebido ya en la década de 1940 para aplicaciones militares, el primer sistema comercial celular no fue instalado sino hasta la década de 1970, con la implementación del sistema Teléfono Móvil Nórdico (*Nordic Mobile Telephone* NMT) en Europa en 1979. El Moderno Servicio de Teléfono Móvil (*Advanced Mobile Phone Service* AMPS) fue implementado en los Estados Unidos en 1982, y siguió en Europa el Sistema de Comunicaciones de Acceso Total (*Total Acces Communications System* TACS) en 1983. Asombrosamente, esa primera generación de sistemas todavía se encuentran en uso hoy en día.

Por lo que respecta a los sistemas telefónicos móviles, en general se está de acuerdo en que el primer sistema comercial fue implementado en la década de 1960 con el Servicio de Telefonía Móvil (*Mobile Telephone Service* MTS), siguiéndole el Servicio de Telefonía Móvil Avanzado (*Improved Mobile Telephone Service* IMTS). Aun cuando estos sistemas se fueron asentando en lo que fueron las comunicaciones personales, les faltaba el nivel de calidad necesitado. Y aunque no cumplían con todas las exigencias de calidad de las normas actuales, y contaban con precios elevados, la demanda fue extremadamente alta. Inclusive, en 1976 más de 3,500 clientes estuvieron aun en espera para obtener este servicio en la ciudad de Nueva York. Era obvio que se necesitaría un mejor sistema que los que se encontraban en aquel entonces.

El sistema MTS, es un sistema en donde un canal de frecuencia es usado por un sistema completo. De esta manera, el concepto es transmitir en la frecuencia tanta potencia como fuera posible, de manera que podría agrandar el tamaño de la celda. Si un usuario salía del área de cobertura, podría reiniciar la llamada en un diferente canal de frecuencia (ver figura 1.1).

Mientras las comunicaciones móviles crecían, la primera limitante que necesitaban superar fue la utilización de frecuencias.

El concepto de utilización de frecuencias involucraba dos problemas. El primero, se refiere a la disponibilidad del espectro de frecuencias libres de alguna interferencia. El segundo, debería desarrollarse un método para usar las frecuencias asignadas efectiva y eficientemente.

En el siglo XX se descubrieron muchas aplicaciones para radio y televisión, tanto aérea como satelital, de tal manera que el espectro de frecuencia se fue incrementando; la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC), en los Estados Unidos, necesitó separar y asignar bandas de frecuencia para éste creciente desarrollo de las comunicaciones. A medida que el espectro fue creciendo, se empezó a dificultar más el desarrollo de los sistemas de comunicación celular, y muchos estuvieron de acuerdo en que 10 GHz podría ser el límite superior. En consecuencia, existe una finita cantidad de anchos de banda disponibles que se espera sean llenados con aplicaciones que surjan en un futuro muy próximo.

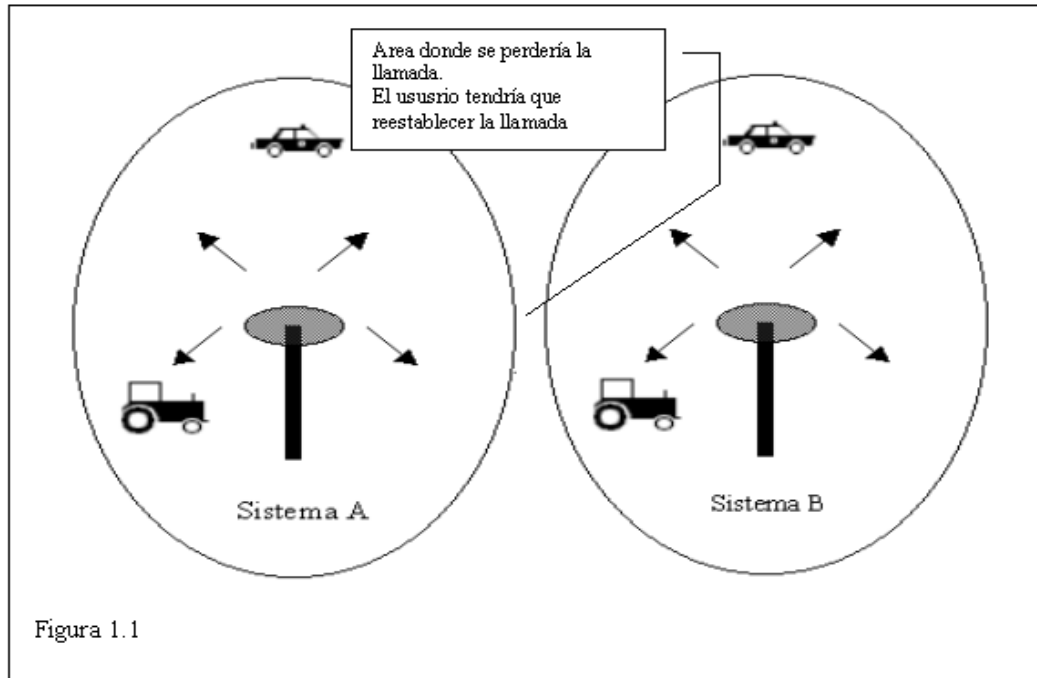


Figura 1.1

El sistema MTS original operó en la banda de los 40 MHz, 150 MHz, y 450 MHz, la FCC todavía tiene asignada la mayoría de las bandas de frecuencia debajo de los 400 MHz para otras aplicaciones, uno de los pioneros en comunicaciones, los sistemas Bell, se propuso trabajar en la banda de los 800 MHz alrededor del año 1958.

En la segunda mitad de la década de 1970, la banda de los 800 MHz comenzó a ser usada por la educación por televisión, pero la llegada de la televisión por cable disminuyó la carga de dicho espectro ya que las televisoras que transmitían en esa banda de frecuencia fueron migradas al sistema de televisión por cable. Fue hasta 1974 cuando la FCC asignó 40 MHz de espectro en la banda de los 800 MHz, asignando originalmente un operador celular en cada mercado.

En 1980 la FCC cambió ésta perspectiva por el concepto de asignar portadora por mercado, y para fomentar la competitividad entre operadores decidió autorizar dos portadoras. Las frecuencias fueron asignadas en bloques de 20 MHz, designadas como banda A y banda B. Inicialmente la FCC asignó la banda B a empresas que prestaban ya en aquel entonces servicio de telefonía alámbrica, ya que prometían ser las primeras que implementarían el servicio de comunicación celular, en consecuencia la banda A fue reservada a empresas que iniciarían la era de las comunicaciones inalámbricas.

En 1986, para incrementar la capacidad de la creciente industria celular, la FCC decidió aumentar el ancho de banda de cada banda asignada. Esto en consideración de los canales de frecuencia ya asignados para la comunicación celular. La ampliación del espectro es llamado por algunos como el E-AMPS.

En la banda celular, cada canal tiene un ancho de banda de 30 kHz, la estructura del espectro es como se muestra en la figura 1.2.

En la década de 1990, la comunicación celular creció a pasos agigantados. Ya que la demanda del servicio se incrementó, las portadoras empezaron a tener problemas de rendimiento con el espectro finito y los recursos de su tecnología. Los formatos digitales, los cuales podrían incrementar la capacidad, empezaron a surgir y la FCC se veía urgida de

incrementar el espectro asignado. Surgieron dos estándares digitales, Norte América TDMA (NA-TDMA) y CDMA-ONE. Ambos sistemas eran normas de modos duales y permitieron una transición transparente de analógico a digital.

Debido a la demanda del servicio y a la creciente competencia, en el año de 1995 surgió una nueva banda de frecuencia asignada como servicios de comunicación personal (PCS). Las licencias para estas bandas (trabajando en 1900 MHz y asignadas de la A a la F) no especificaban la tecnología que deberían utilizar ni la manera y el precio inicial para subastar las frecuencias. El uso de la banda PCS ha llegado a ser muy extenso, ya que no sólo se usa para comunicación personal vía voz, sino que también es usado para transmisión de datos.

La banda PCS utiliza canales de ancho de banda de 50 kHz por tal motivo el ancho de banda del sistema se rige por múltiplos de dicho ancho de banda. Los canales de varias de las tecnologías usadas trabajan con anchos de banda superiores a los 50 kHz (CDMA usa 1.2288 MHz y GSM usa 200 kHz), así que el número de canales es referido a la frecuencia central de cada portadora (ver figura 1.2)

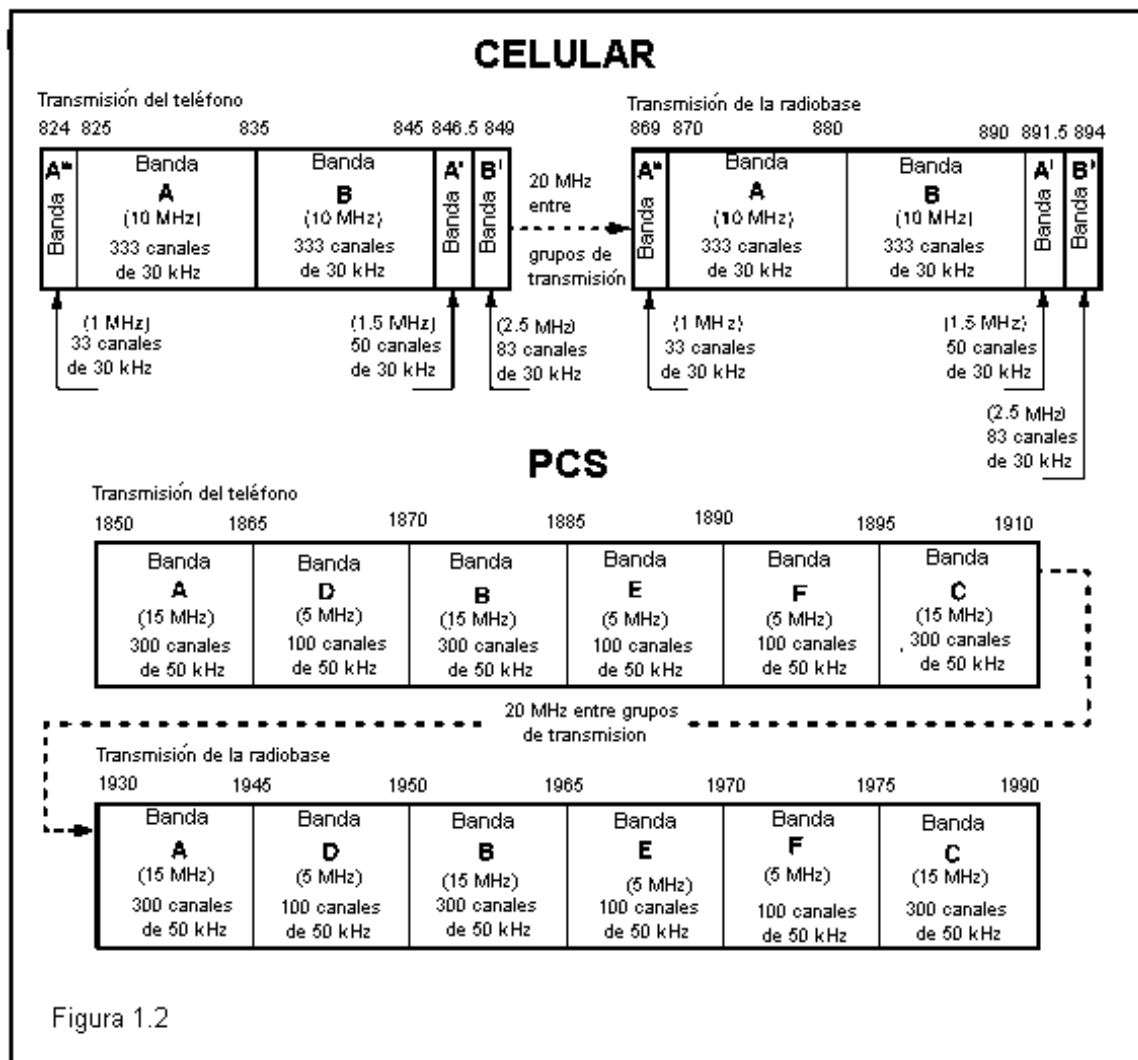
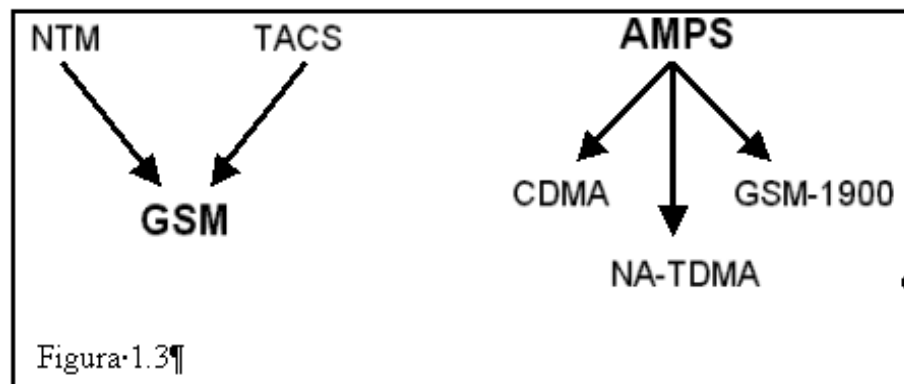


Figura 1.2

En Europa, la mayoría de las naciones adoptó inicialmente algún sistema analógico. Uno de los primeros sistemas fue el Teléfono Móvil Nórdico (*Nordic Mobile Telephone NMT*), el cual tenía cobertura en los países de Dinamarca, Finlandia, Noruega, y Suecia. Si un usuario quería viajar, incluso a menudo dentro de este sistema, pero a diferente país, necesitaba una diferente terminal móvil. En la década de 1980, en Europa surgió el mismo fenómeno de crecimiento que en Estados Unidos. Ya que sus problemas de capacidad se incrementaron, y con el surgimiento de nueva sociedad Europea más abierta, la demanda para una siguiente tecnología se incrementó.

Desde los inicios, la Comunidad Europea tomó la mejor opción para normalizar las comunicaciones celulares. Ellos designaron una banda de 900 MHz a través del continente, y aprobaron una nueva norma digital, el Sistema Global para Comunicaciones Personales (GSM), el cual especificaba tanto la interface inalámbrica, como las especificaciones de señalización. A diferencia de la siguiente generación Norteamericana cuyo objetivo se enfocaba esencialmente en la integración transparente del ya existente desarrollo del sistema AMPS, GSM fue diseñado como un estándar y el roaming como la característica importante. De esta manera, mientras Europa convergía a un estándar, los Estados Unidos dividían el original sistema AMPS en TDMA y CDMA, así como también trataba de perfeccionar el ya existente sistema analógico AMPS (ver figura 1.3)



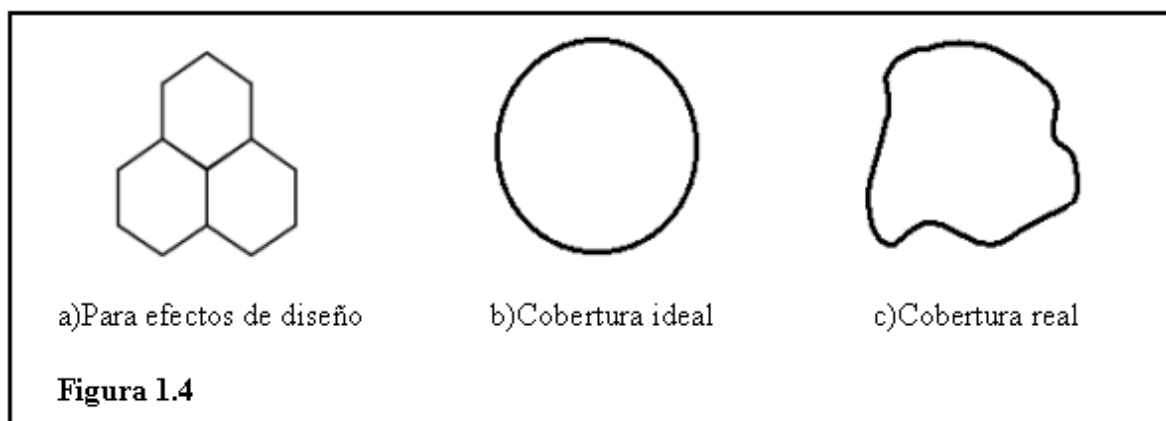
Japón también estableció su propio sistema en el mismo periodo de tiempo. Japón desarrolló el PDC, el cual es muy similar al NA-TDMA. Un formato de grado menor llamado Sistema Personal de Teléfono Manual (Personal Handyphone System PHS) que es también uno de los más usados en Japón. El PHS fue diseñado inicialmente para peatones, es decir, para cuando se encuentre en movimiento a baja velocidad, y ha sido enormemente difundido, en gran parte, como un sustituto para la telefonía alámbrica fija.

I.1.1 El concepto de Célula

En la transición del sistema inalámbrico convencional MTS a la primera generación de sistemas celulares, los ingenieros necesitaron desarrollar maneras de usar efectivamente los canales de frecuencia. Si sólo una frecuencia podía ser usada en un instante de tiempo en una área geográfica específica, entonces solo 333 llamadas podían ser realizadas en un momento dado por portadora y el usuario móvil no podría salirse de la área cubierta sin que se cayera la llamada, a menos que un complejo sistema repetidor fuera instalado. De esta manera, nacieron los conceptos de rehusó de frecuencia, célula, y hand off.

Naturalmente, los límites geográficos del sistema de comunicación móvil en frecuencia específica fueron determinados por la intensidad de potencia que podía ser transmitida y recibida por la estación base y la terminal móvil. Obviamente, existen factores externos que también pueden limitar la cobertura, tales como el terreno, la interferencia y las características de propagación de la misma frecuencia.

En la radio celular (desde este momento definiremos al radio celular referido a todos los sistemas los cuales utilizan un esquema geográfico celular, ya sea frecuencia PCS o Celular, sin importar el formato) el concepto del hexágono fue establecido para ayudar a visualizar un área geográfica específica. Cada uno de estos hexágonos representará un sector de la estación base. Mientras el hexágono hacía la planeación y visualización más fácil, la cobertura de la frecuencia no se parecía a este modelo en lo absoluto, de hecho la forma ideal sería un círculo, mientras el típico modelo es generalmente un círculo deformado (ver figura 1.4)



Con la aparición de la tecnología del microprocesador, así como el perfeccionamiento de la tecnología de RF, fueron factores importantes para la aparición de nuevos sistemas con mejor utilización de las frecuencias. La capacidad de un usuario móvil de realizar hand off sin que se llegue a caer la llamada en una conversación y el reestablecimiento de la llamada significa que celdas asociadas podrían utilizar diferentes frecuencias, y las frecuencias podrían ser reutilizadas siempre y cuando las celdas con la misma frecuencia se encuentren lo suficientemente alejadas de tal modo que no interfieran entre sí.

La planeación de los canales es generalmente una tarea difícil de ingeniería, la cual no trataremos en este trabajo.

I.1.2 Arquitectura estándar de las redes de telefonía celular.

Durante la evolución de las comunicaciones móviles, han sido desarrollados varios sistemas con protocolos estándar, pero también han sido desarrollados métodos de acceso a dichos protocolos tales como CDMA y TDMA, sin embargo podemos decir que existe una arquitectura básica para las redes de telefonía celular.

Una célula es naturalmente una base o estación de la tierra. En la mayoría de las poblaciones urbanas y suburbanas, esas estaciones base son generalmente sectorizadas. Esto significa que tres diferentes sistemas de antena transmiten y reciben para cubrir la célula.

Las telecomunicaciones móviles están principalmente compuestas por los siguientes elementos básicos de la red. (Figura 1.1)

Sistema de estación base (*Base station system BSS*)

Todas las funciones de radiofrecuencia son realizadas en la BSS, la cual provee el medio de comunicación entre la terminal móvil y la red. La BSS incluye BTS's (transreceptores y antenas), y controladores que proveen radio-acceso a la red.

Centro de Switcheo Móvil (*Mobile Switching Center MSC*)

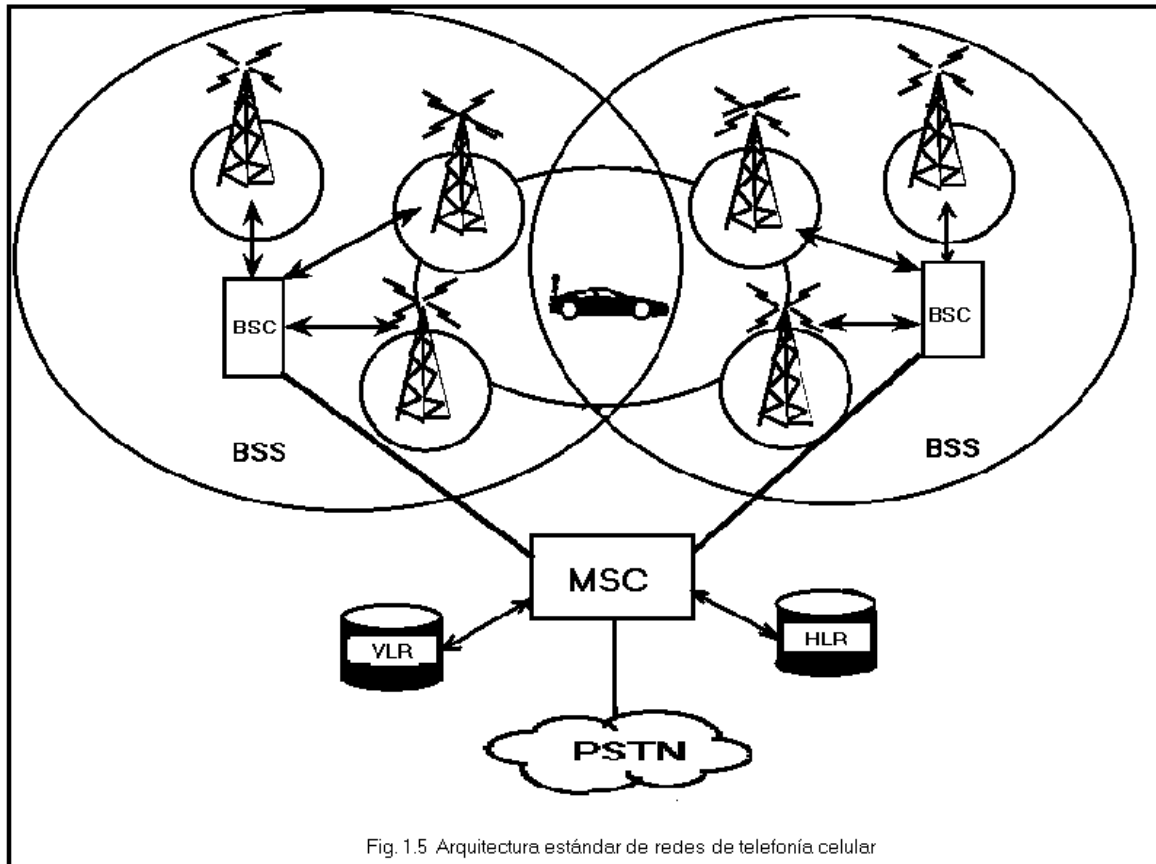
El MSC controla el establecimiento de llamadas del y hacia la terminal móvil. Este sistema es el responsable directo de administrar los recursos de transmisión, el movimiento de las terminales móviles, y el proceso de la llamada.

Localidad de registros (*Location registers*)

La localidad de registros, es la base de datos del sistema que proporcionan servicio lógico para la activación y control del servicio móvil que se ofrece a los suscriptores. Esta base de datos proporciona información acerca del estado del suscriptor en la red. Esta información incluye identificación del suscriptor, número telefónico, situación actual, servicios al suscriptor (tales como correo de voz, seguimiento de llamadas, etcétera), información de la ruta de la llamada, así como muchos otros tipos de datos que pudieran ser específicos de cada suscriptor.

Public Switched Telephone Network (PSTN)

El PSTN constituye la red local, el intercambio de información de redes diferentes de telefonía, y la interconexión telefónica y otros equipos de comunicación en el mundo.



I.1.3 El concepto de acceso múltiple

Los diseños celulares necesitan implementar métodos de acceso múltiple, esto con la finalidad de tener múltiples conversaciones simultáneamente. Ya que los teléfonos celulares y PCS están intentando ser similares a los alámbricos convencionales, deberían trabajar de manera full duplex, esto es, que ambas partes puedan estar hablando al mismo tiempo.

El concepto de duplex se entiende como la manera de separar el camino de bajada y subida de la señal, obviamente no pueden compartir el mismo tiempo o frecuencia. Casi todos los estándares de telefonía inalámbricas utilizan alguna forma de división de frecuencia duplex (Frequency División Duplex FDD). La división de frecuencia duplex significa que dos frecuencias separadas son usadas para el canal de bajada (de la estación base al móvil) y el canal de regreso (del móvil a la estación base).

Naturalmente, dividiendo cada usuario, o canal, por frecuencia es una solución lógica y simple. De esta manera, muchos sistemas de acceso múltiple usan alguna forma de acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA). De esta manera AMPS, el sistema analógico usado en América, es un formato inalámbrico con FDMA/FDD.

En los tiempos modernos los sistemas digitales utilizan una combinación de FDMA con alguna otra técnica de acceso múltiple. El acceso múltiple por división de tiempo mezcla usuarios distintos en diferente tiempo en cada slot, y entonces agregando en diferentes frecuencias esa división de tiempo en canales. GSM pone ocho canales de tiempo en canales de

frecuencia de 200 kHz., Mientras que IS-136 (NA-TDMA) coloca tres canales de tiempo en canales de frecuencia de 30 kHz.

El acceso múltiple por división de código (CDMA) mezcla usuarios distintos separados por un código walsh específico, mientras que todos los usuarios transmiten en el mismo tiempo y en la misma banda de frecuencia. Existen 64 canales en el mismo canal de frecuencia de 1.2288 MHz (aunque por lo menos 3 canales de código deben ser usados para overhead). Si se requiere una capacidad mayor en un área, puede ser asignada otra banda de frecuencia, de esta manera se puede hacer una clase de FDMA mejor. IS-95 y J-std son sistemas CDMA/FDD.

I.1.4 El concepto de handoff.

Una vez estableciendo células geográficas, y el reuso sistemático de canales de frecuencias, necesitaremos un método para transferir la llamada de una radio base a otra sin que la llamada se pierda y que la transferencia de la llamada de una radio base a otra sea transparente para el usuario. La solución fue el handoff.

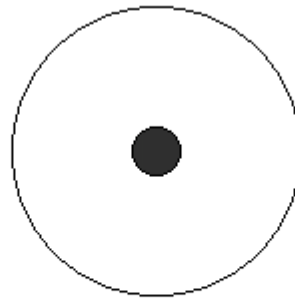
Naturalmente, si un teléfono quiere cambiar de una radio base a otra, la clave para realizar esta operación sería el determinar el momento correcto para realizar este cambio. En GSM y NA-TDMA es usado el handoff fuerte. Esto significa que el teléfono primero se desconectará de la radio base activa y entonces cambiará la frecuencia a la siguiente radio base. En CDMA existe el llamado “soft” y “softer” handoff, los cuales se describirán más adelante, éstos básicamente a una acción de primero conectarse a la siguiente radio base y después desconectarse de la anterior. Es decir, el teléfono escuchará a la dos radio bases simultáneamente e irá dejando a la radio base con la señal más débil.

I.2 Sectorización y antenas.

Debido a la gran demanda y crecimiento del servicio, fue necesario incrementar la capacidad y calidad del sistema. Para llevara a cabo este crecimiento fue necesario desarrollar la idea de fraccionar la célula, naturalmente esto sería posible si existe un handoff transparente.

Para dividir la célula geográficamente, se pensó en separar la cobertura omnidireccional en tres sectores de 120° cada uno (ver figura 1.6), esto con el fin de mejorar la capacidad del sistema además de tener el control de la dirección de las antenas para a su vez mejorar el reuso de frecuencias.

En áreas rurales y límites de cobertura de la ciudad todavía es muy usual instalar antenas omnidireccionales.



Sector omnidireccional

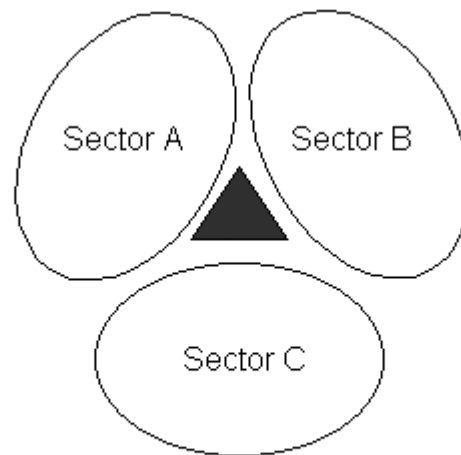
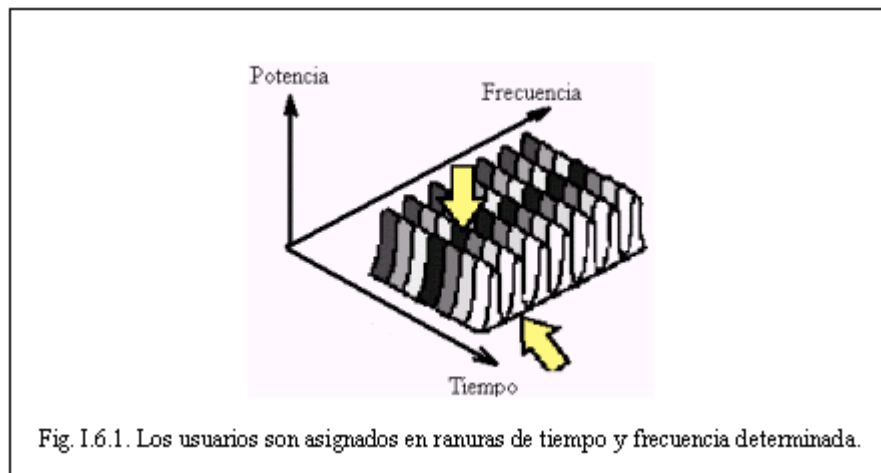


Figura 1.6 Sectorización geográfica de la cobertura de la célula.

I.3 Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA, Time División Multiple Access)

El sistema de Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA, Time División Múltiple Access) fue diseñado para ajustarse fácilmente al ya existente sistema AMPS, éste sistema divide el espectro de frecuencia dentro de ranuras de tiempo, y solo a un usuario se le permite transmitir o recibir en cada conjunto de dichas ranuras sobre una frecuencia determinada. Ver figura(1.6.1).



Los sistemas que utilizan TDMA, debido a que no disponen del enlace de comunicación de manera continua, almacenan la información y la transmiten en períodos de tiempo específicos y más pequeños. La transmisión de varios usuarios se acomoda dentro de una estructura de trama como se describe posteriormente

I.3.1 Arquitectura general de una red de TDMA

En general una red TDMA se puede describir a través del diagrama de la figura 1.3.1

- MSC (Mobile Switching Center): El MSC procesa peticiones de servicio de los teléfonos móviles y usuarios de la RTPC (Red Telefónica Pública Conmutada), enruta llamadas entre las radio bases y la RTPC. El MSC recibe los dígitos marcados, crea un intérprete para generar los tonos y conectar la llamada a la RTPC. El MSC contiene controladores, base de datos, un conjunto de switches y suministro de energía. Los controladores adaptan las señales de voz para y de los enlaces de comunicación. Las bases de datos contienen información del usuario. El conjunto de switches conecta los enlaces de comunicación entre las radio bases y la RTPC.

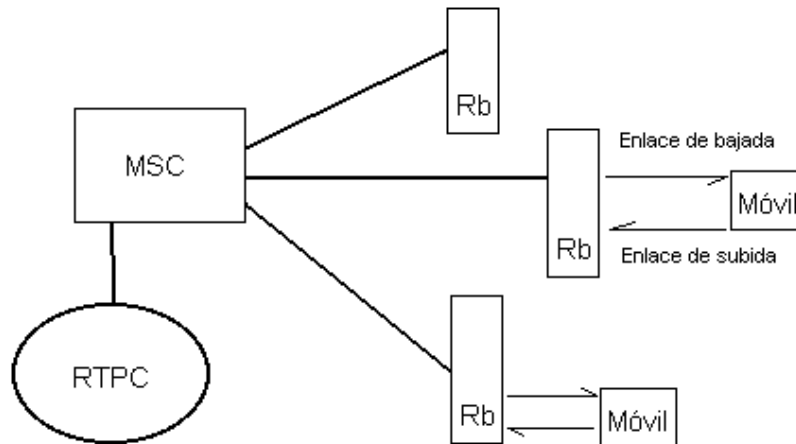


Figura 1.3.1 Diagrama de una Red TDMA

- Rb (radio bases): Esta compuesta del equipo de radio bases y del sistema de antenas. El equipo de la radio base cuenta con equipo de RF (Transceptores y equipo de interfase de la antena), controladores y suministro de energía. El sistema de antenas se compone de la torre, cableado y combinados de la señal de RF(Tx y Rx). Además, la radio base realiza la codificación/decodificación del canal de voz para la protección y detección de errores.
- Móvil: Es el enlace entre el usuario y la red inalámbrica. El móvil provee un método para controlar el teléfono y muestra el estatus de operación. Los teléfonos también muestrean y procesan la señal de audio, transmiten y reciben las señales de radiofrecuencia hacia y desde la radio base.

I.3.2 Distribución de canales en TDMA

La transmisión de datos se realiza en el dominio de la frecuencia y en el dominio del tiempo, por tal motivo, existen dos parámetros para encontrar la ubicación de un dato, estos son el canal de frecuencia y el canal del tiempo (slot). Cada canal de 30 kHz, tanto en enlace de subida como en el de bajada, está dividido en tramas de 40 ms, divididas a su vez en seis ranuras de tiempo de 6.67 ms cada una; estas ranuras de tiempo tienen exactamente una longitud de 162 símbolos (cada símbolo está compuesto de dos bits por el tipo de codificación que se utiliza). Cada canal de comunicación (ya sea el enlace de subida o el de bajada) utiliza dos ranuras de tiempo igualmente espaciadas de la trama (estas pueden ser 1 y 4, 2 y 5 o 3 y 6), de tal manera que por cada trama de 40 ms en un canal de 30 kHz es posible tener tres usuarios a la vez.

En la estación móvil, la diferencia entre la trama del enlace de subida y el de bajada es de una ranura mas 45 símbolos (207 periodos de símbolo). La ranura 1 de la trama N en el enlace de bajada ocurre 207 periodos de símbolo después de la ranura 1 de la trama N en el enlace de subida.

I.3.3 CANALES DE SUBIDA Y DE BAJADA

No existe una diferencia significativa para estos dos tipos de canales ya que emplean un formato similar como se puede observar en las siguientes figuras:

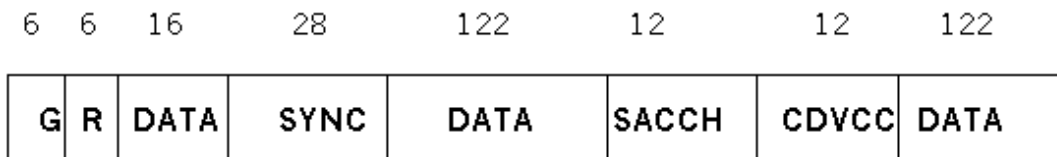


Figura 1.3.3 Formato para el slot de la estación móvil a la radio base (los números indican la longitud en bits)

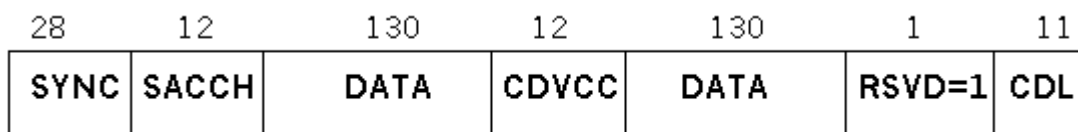


Figura 1.3.4 Formato para el slot de la radio base a la estación móvil (enlace directo o de bajada)

Las posiciones de los bits del enlace directo y reverso están numeradas secuencialmente de 1 a 324

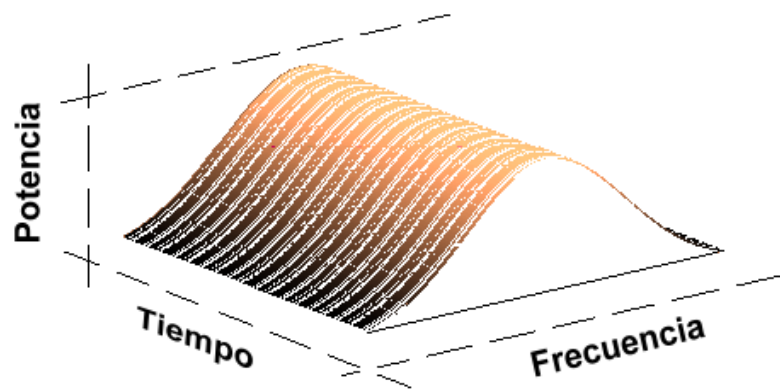
La interpretación de los diferentes campos es la siguiente :

- G - Tiempo de Guarda
- R - Tiempo de Rampa
- DATA- Información de usuario
- SACCH- Canal de control asociado lento (Slow Associated Control Channel)
- CDVCC- Código de Color Digital para la Verificación
(Digital Verification color Code)
- SYNC- Sincronización
- CDL- Código Digital Para la Localización
(Coded Digital Control Channel Locator)
- RSVD- Reservado

Existen cuatro principales canales de datos que se proveen simultáneamente; el más importante de estos en todos los aspectos es el de la información del usuario (DATA); los otros tres canales llevan información de supervisión relacionada con el sistema celular. Los tres canales de supervisión incluyen el Código de Color Digital para la Verificación (CDVCC), el Canal de Control Lento Asociado (SACCH) y el Canal de Control Rápido Asociado (FACCH), el canal CDL algunos autores lo manejan como un canal reservado, y no se cuenta con mucha información acerca de él.

I.4 Acceso múltiple por división de código (CDMA: Code Division Multiple Access)

CDMA es un esquema por el cual múltiples usuarios se les asignan recursos de radio usando técnicas de espectro disperso. Aunque todos los móviles están transmitiendo en la misma banda base de RF, los usuarios están separados de otros vía uso de códigos ortogonales. El estándar especifica que cada usuario transmite información en banda base a 9.6kbps o a 14.4kbps, la cual es la tasa de salida del codificador de voz. La tasa de la señal dispersa final es de 1.2288 Mbps, resultando en un ancho de banda de RF de aproximadamente 1.25MHz.



I.4.1 Códigos de Walsh.

La figura muestra que en un sistema CDMA, todos los usuarios se transmiten en la misma banda de RF. Para evitar interferencia mutua en el enlace de bajada se utilizan los códigos Walsh que se usan para separar usuarios individuales mientras ellos ocupan simultáneamente la misma banda de RF. Los códigos de Walsh que se usan en IS-95 son un conjunto de 64 secuencias ortogonales binarias. Estas secuencias son ortogonales a cada una.

El siguiente ejemplo muestra como los códigos Walsh se usan para acceso múltiple por secuencia directa. Suponga que hay tres usuarios diferentes, y cada uno desea enviar un mensaje separado. Los mensajes separados son:

$$m_1 = [1 \ -1 \ -1] \quad m_2 = [1 \ 1 \ -1] \quad m_3 = [-1 \ 1 \ -1]$$

A cada uno de los usuarios se le asigna un código de Walsh respectivamente (para este ejemplo se utilizan códigos Walsh de 4 bits).

$$W_1 = [-1 \ 1 \ -1 \ 1] \quad W_2 = [-1 \ -1 \ 1 \ 1] \quad W_3 = [-1 \ 1 \ 1 \ -1]$$

Cada mensaje se dispersa por su código Walsh asignado, por lo que ahora llamaremos chip a cada bit. Ahora la tasa chip del código Walsh es cuatro veces la tasa de bit del mensaje, contribuyendo a una ganancia de procesamiento de 4. Para el mensaje uno tenemos:

$$\begin{aligned}
 m_1(t) &= && 1 && && -1 && && -1 \\
 m_1(t) &= && 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\
 W_1(t) &= && -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 \\
 m_1(t)W_1(t) &= && -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1
 \end{aligned}$$

Como se puede observar, cada bit del mensaje se esparce (multiplica) con su código Walsh asignado resultando la secuencia $m_1(t)W_1(t)$. De forma similar para el mensaje dos y tres.

$$\begin{aligned}
 m_2(t) &= && 1 && && 1 && && -1 \\
 m_2(t) &= && 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\
 W_2(t) &= && -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 \\
 m_2(t)W_2(t) &= && -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\
 \\
 m_3(t) &= && -1 && && 1 && && -1 \\
 m_3(t) &= && -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\
 W_3(t) &= && -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 \\
 m_3(t)W_3(t) &= && 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1
 \end{aligned}$$

Las señales de espectro disperso para los tres mensajes, $m_1(t)W_1(t)$, $m_2(t)W_2(t)$, y $m_3(t)W_3(t)$, se combinan para formar una señal compuesta $C(t)$; esto es,

$$\begin{aligned}
 C(t) &= m_1(t)W_1(t) + m_2(t)W_2(t) + m_3(t)W_3(t) \\
 C(t) &= -1 & -1 & -1 & 3 & & -1 & -1 & 3 & -1 & & 3 & -1 & -1 & -1
 \end{aligned}$$

Ésta señal compuesta es la que transmite al móvil el cuál se encarga de demodularla llevando a cabo el siguiente proceso: Cada móvil multiplica la señal compuesta que recibe por su código Walsh asignado el cuál se le indica a través del canal de búsqueda. Enseguida el receptor integra (adhiera) la señal sobre un período de bit (en éste caso dicho período vale cuatro; es decir, la longitud del código Walsh) resultando:

$$\begin{aligned}
 C(t)W_1(t) &= && 1 & -1 & -1 & 3 & & -1 & -1 & -3 & -1 & & -3 & -1 & 1 & -1 \\
 M_1(t) &= && & & & 2 & & & & -6 & & & & & -4 \\
 C(t)W_2(t) &= && 1 & 1 & -1 & 3 & & 1 & 1 & 3 & -1 & & -3 & 1 & -1 & -1 \\
 M_2(t) &= && & & & 4 & & & & 4 & & & & & -4 \\
 C(t)W_3(t) &= && 1 & -1 & -1 & -3 & & 1 & -1 & 3 & 1 & & -3 & -1 & -1 & 1 \\
 M_3(t) &= && & & & -4 & & & & 4 & & & & & -4
 \end{aligned}$$

Finalmente se estima el mensaje recibido aplicando las siguientes reglas:

$$\begin{aligned}
 m_e &= +1 && M > 0 \\
 m_e &= -1 && M < 0
 \end{aligned}$$

Finalmente se observa que los mensajes estimados coinciden con los enviados:

$$m_{e1} = [+1 \ -1 \ -1] \quad m_{e2} = [+1 \ +1 \ -1] \quad m_{e1} = [-1 \ +1 \ -1].$$

I.4.2 Códigos de Pseudo Ruido (PN, *Pseudo-Noise*)

Una diferencia entre el enlace de bajada de IS-95 CDMA es que tiene canales piloto (*pilot*) y de sincronía (*sync*) para ayudar a la sincronización, mientras que el enlace de subida no los tiene. Las estaciones móviles transmiten a discreción, y no intentan sintonizar sus transmisiones. De esta forma, los códigos de Walsh no se usan en el enlace de subida. La naturaleza incoherente del enlace de subida implica el uso de otra clase de códigos, códigos PN, para canalización.

I.4.3 Modulación usada en CDMA.

El sistema IS-95 CDMA usa modulación QPSK para sus enlaces de subida y de bajada. El enlace de subida, de forma particular, usa una variante de QPSK llamada Modulación en Cuadratura por Cambio de Fase con Retraso (OQPSK, *Offset Quadrature Phase-Shift Keying*). OQPSK difiere del convencional QPSK en que anterior a la multiplicación de portadora, se coloca un retardo de un intervalo de medio bit (con respecto a la trayectoria en fase) en la trayectoria cuadratura. Esto se hace para evitar una fase de 180° de transición que ocurre en los sistemas convencionales QPSK.

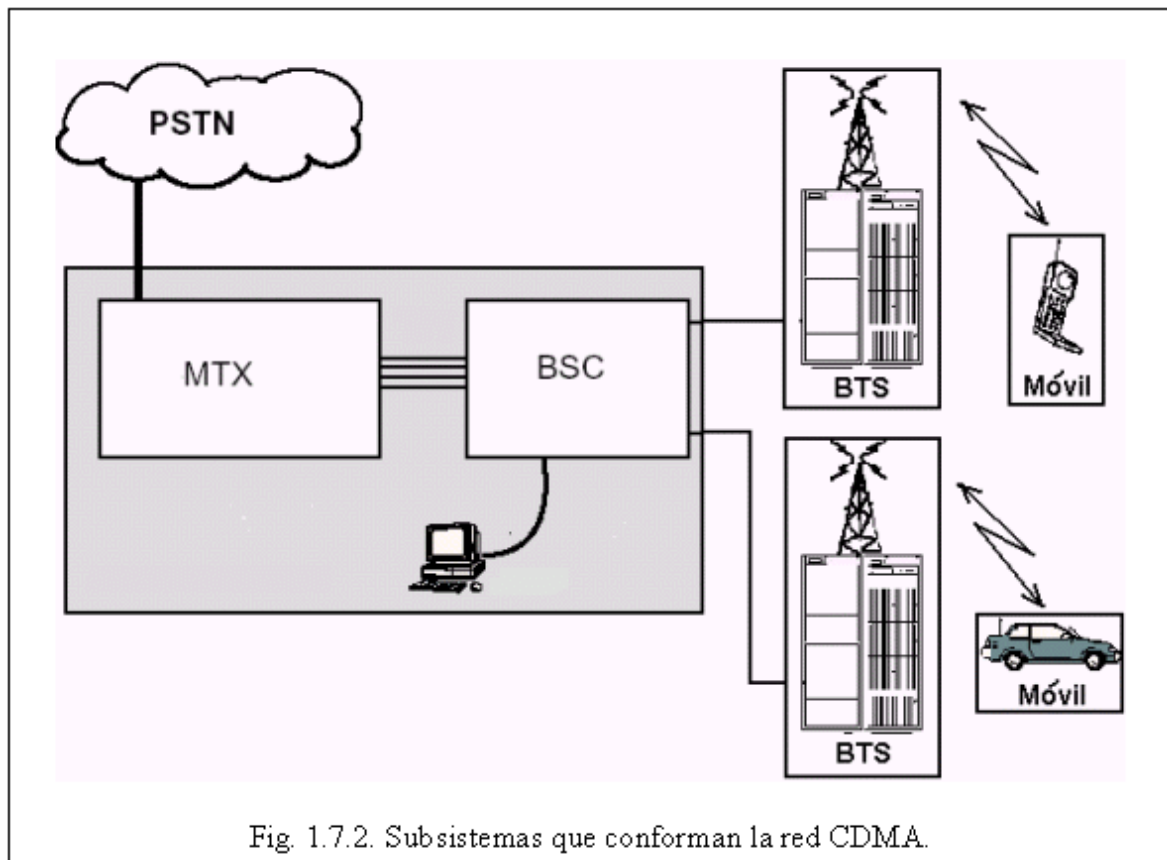
I.4.4 Descripción general de la red.

En el figura 1.71.2 se muestra un diagrama de los principales subsistemas que conforman la red CDMA bajo la norma IS-95, y se describe la función de cada uno de ellos.

- **MTX (*Mobile Telephone Exchange*):** En general el MTX o *switch* provee funciones de procesamiento como conmutación de llamadas entre las radiobases del sistema y con otros operadores tanto alámbricos como inalámbricos así como funciones de control y señalización. También se realizan funciones de enrutamiento y *handoff* con sistemas en otra plataforma.
- **BSC (*Base Station Controller*):** El BSC lleva a cabo funciones de enrutamiento de datos y de codificación de voz en donde utiliza un componente especial llamado *vocoder* que es el que lleva a cabo la conversión de la voz en bits. Realiza también funciones de *handoff* dentro del propio sistema.
- **BTS (*Base station Transceiver Subsystem*):** La BTS es la que proporciona el enlace de RF con el usuario. A éste nivel se llevan a cabo funciones de codificación de bits utilizando códigos de redundancia cíclica y convolucional. Se realizan también el entrelazado de bits así como la identificación de cada usuario en particular mediante código *Walsh* así como el multiplexaje con el resto de los usuarios y los canales piloto,

de sincronía y de búsqueda para finalmente llevar a cabo la conversión de frecuencia y la transmisión al móvil.

- **Móvil:** El móvil es simplemente el medio con el cual se establece la comunicación final con el usuario y con el que la BTS establece los enlaces de bajada y de subida. Se encarga de realizar la contraparte de todo el procesamiento que se efectúa en la señal tanto de la BSC como de la BTS; es decir, detecta la señal de radiofrecuencia, identifica el código *Walsh* que corresponde a su llamada, reacomoda los bits desapareciendo los efectos del entrelazado, decodifica los códigos convolucional y de redundancia cíclica y finalmente transforma los bits en voz.



I.4.5 Enlace de bajada.

El enlace de bajada es el que se establece de la BTS al móvil. El enlace se compone de hasta 64 canales de bajada que son los códigos Walsh, algunos tienen una función específica y otros son canales que el sistema necesita para operar de manera correcta.

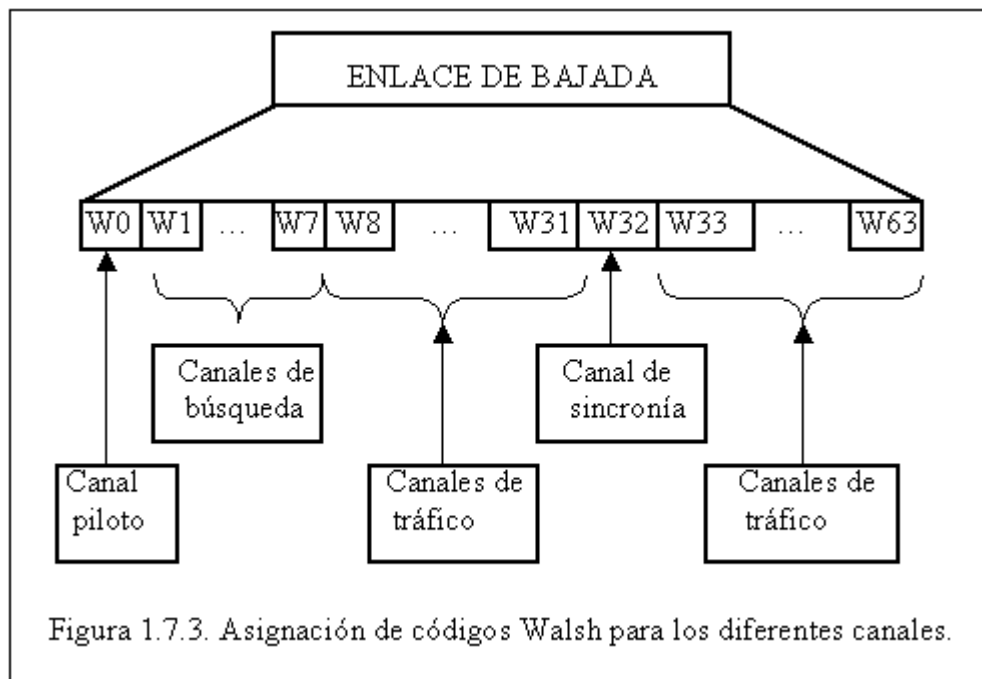
En la figura 1.7.3. se puede observar la asignación de los códigos Walsh a canales y a continuación se describe la función de dichos canales.

- Canal piloto.

El canal piloto se transmite constantemente como un faro. El móvil usa la señal del piloto para adquirir el sistema. Después de que el móvil ha adquirido el sistema, el piloto se usa para medir la intensidad de la señal. La intensidad del piloto se utiliza para determinar la potencia requerida para la transmisión del móvil.

El piloto no contiene información pero es la señal más potente en el enlace de bajada, ésta contiene al menos un 20% del total de la potencia del enlace de bajada.

El canal piloto se identifica por la función Walsh 0 (W0). El canal en sí no contiene información de banda base. La secuencia de banda base es una cadena de ceros que se dispersa por la función Walsh 0, la cual es también una secuencia de ceros. La secuencia resultante (aún todos los ceros) se dispersa o multiplica, por un par de secuencias en cuadratura PN. Por esto, el canal piloto es efectivamente la secuencia PN por sí misma (ver figura 1.7.4.). La secuencia PN con un offset específico únicamente identifica el sector particular que está transmitiendo la señal. Después del esparcimiento PN se usan filtros en banda base para moldear los pulsos digitales. El canal piloto provee al móvil la referencia de tiempo y fase y transmite una tasa de 19.2kbps.



- Canal de sincronía.

A diferencia del canal piloto, el canal de sincronización lleva la información en banda base. La información está contenida en el mensaje del canal de sincronía (*sync channel message*) que notifica al móvil de información importante acerca de la sincronización del sistema y parámetros del mismo. La figura 1.7.5 muestra que la información en banda base se protege contra error. Entonces, se dispersa por la función de Walsh 32 y enseguida por la secuencia PN que identifica con el sector que está sirviendo. La información en banda base se encuentra a una tasa de 1.2kbps.

A nivel de bit, el canal sincronización se transmite en grupos de supertramas de canal de sincronía (*sync channel superframes*), cada supertrama contiene 96 bits y dura 90ms, resultando

en una tasa de 1200bps. Cada supertrama contiene tres tramas de canal de sincronía de igual longitud y duración. Cada trama del canal de sincronización se alinea con la secuencia PN corta asociada con el sector que transmite. Cada periodo de la secuencia PN corta está sincronizada con cada trama de canal de sincronización. Por esto, una vez que el móvil obtiene sincronización mediante el canal piloto, se conoce la alineación para el canal de sincronización. Una vez que el móvil logra alinearse con canal de sincronización, el móvil puede comenzar a leer el mensaje de este canal. Una vez que el móvil está sincronizado con la estación base se ignora el canal de sincronización.

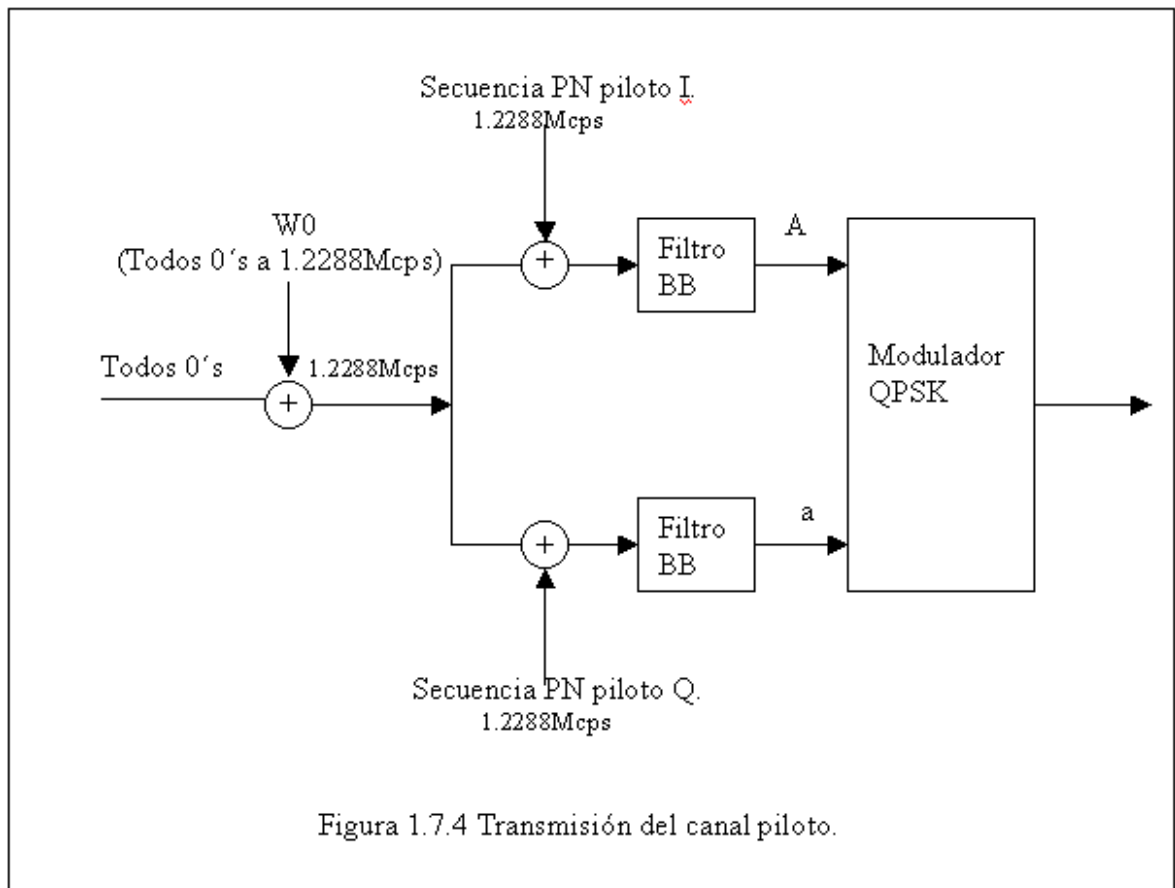


Figura 1.7.4 Transmisión del canal piloto.

- Canal de Búsqueda.

Similar al canal de sincronía, el canal de búsqueda también lleva información en banda base. Pero a diferencia del canal anterior, el canal de búsqueda transmite a tasas más altas; este puede transmitir ya sea a 9.6kbps, 4.8kbps e inclusive a 2.4kbps.

Como se muestra en la figura 1.7.6, la información en banda base primero se protege contra error, entonces si la tasa de datos es 4.8kbps, los bits se repiten una vez. Los datos se mezclan primero por una secuencia PN larga, entonces se dispersan por una función de Walsh específica asignada al canal de búsqueda y después dispersa por la secuencia PN corta asignada al sector que está sirviendo. También nótese que el código PN largo sostiene una tasa de 64:1 (por ejemplo 1.2288Mcps a 19.2kbps.). El generador de códigos largo por sí mismo se

enmascara con número de canal de búsqueda único. Por esto, la máscara de código largo que se usa para el canal de “búsqueda 1” (disperso por una función de Walsh 1) es diferente al que utiliza el canal de “búsqueda 3” (disperso por una función de Walsh 3), por ejemplo.

El canal de búsqueda está dividido en ranuras de 80ms. A un grupo de 2048 ranuras se le llama un ciclo de ranura máximo (*maximum slot cycle*). Una ranura de 80ms se divide en 4 tramas de canal de búsqueda, y cada trama de canal de búsqueda está dividida en dos medias tramas. El primer bit de cada trama media se llama el indicador de cápsula sincronizada o SCI (*synchronized capsule indicator*).

Los mensajes de señalización y búsqueda se envían en el canal de búsqueda. La información de señalización se utiliza para notificar al móvil, parámetros de configuración importantes del sistema. Algunos ejemplos de mensaje de señalización son el mensaje de parámetros del sistema, mensaje de parámetros de acceso, y el mensaje de lista de vecinos.

- Canal de tráfico.

El canal de tráfico de bajada se usa para transmitir datos y voz del usuario; los mensajes de señalización también se envían sobre el canal de tráfico. La estructura del canal de tráfico de bajada es similar al del canal de búsqueda. La única diferencia es que el canal de tráfico de bajada contiene Bits de Control de Potencia o PCBs (*Power Control Bits*) multiplexados.

La figura 1.7.7 muestra el canal de tráfico de bajada para el conjunto de tasa 1. Para esta tasa de transmisión, el codificador de voz es capaz de variar su tasa de datos de salida en respuesta a las actividades del habla. Se puede manejar hasta cuatro tasas de datos diferentes para un vocoder de 8kbps: 9.6kbps, 4.8kbps, 2.4kbps y 1.2kbps. Por ejemplo, durante periodos cortos de calma de la voz, el codificador puede elegir el código del habla a la tasa más baja de 1.2kbps.

La tasa en banda base de la voz se codifica por medio de una convolución contra error. Para el conjunto de tasa 1, se usa un codificador convolucional de tasa $\frac{1}{2}$. La codificación efectivamente duplica la tasa de datos. Después del codificador convolucional, los datos sostienen una repetición de símbolos, la cual repite los símbolos cuando el codificador de voz produce los datos a una tasa más baja.

Cuando la tasa de datos es 9.6kbps, la tasa de símbolos del código (a la salida del codificador convolucional) es 19.2ksps (kilosímbolos por segundo.). En este caso, no se implementa la repetición.

Cuando la tasa de datos es 4.8kbps, la tasa de símbolos del código es 9.6ksps. Se repite cada símbolo una vez, logrando una tasa de símbolos de modulación final de 19.2ksps.

Cuando la tasa de datos es 2.4kbps, la tasa de símbolos del código es 4.8ksps. Se repite cada símbolo tres veces, logrando una tasa de símbolo de modulación final de 19.2ksps.

La razón para la repetición de símbolos es el reducir la potencia de interferencia en un tiempo dado cuando los datos son transmitidos a una tasa más baja.

El esquema es efectivamente un medio de tomar ventaja del factor de actividades de voz en la implementación del hardware (por ejemplo cuando el codificador de voz está transmitiendo a tasa más bajas, la potencia transmitida de bajada se reduce.).

En un sistema real CDMA, cuando el codificador de voz está transmitiendo a 4.8kbps, la energía por símbolo transmitida es la mitad de 9.6kbps.

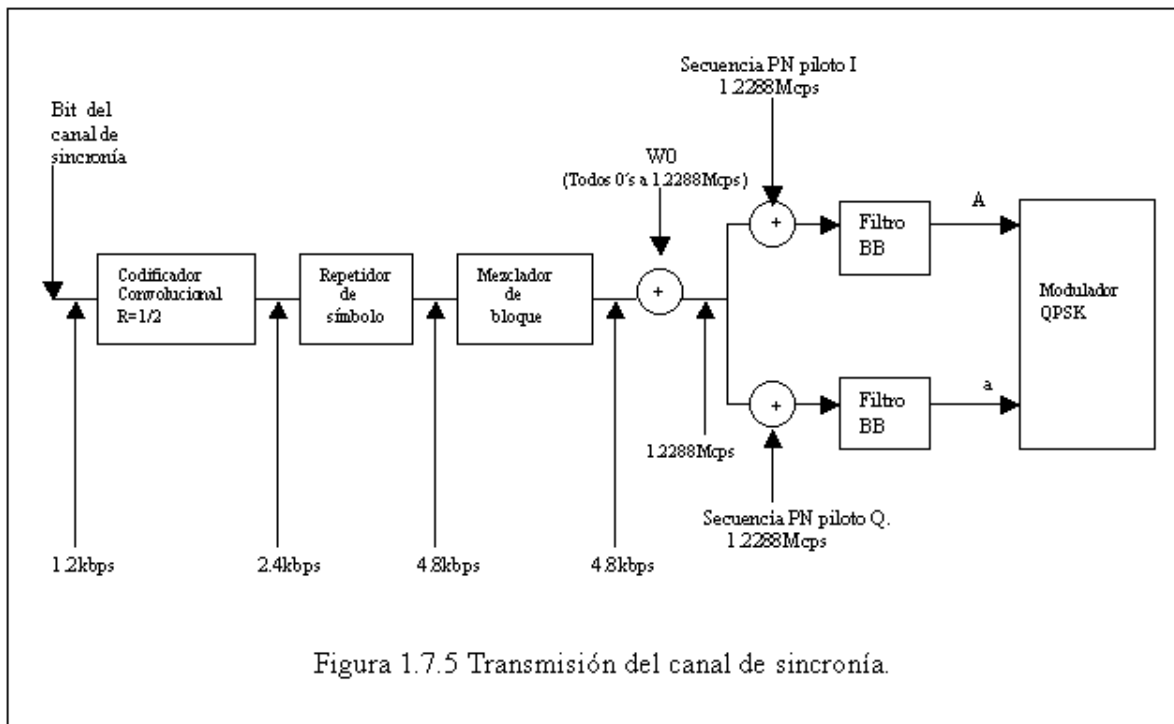


Figura 1.7.5 Transmisión del canal de sincronía.

Cuando el codificador de voz está transmitiendo a 2.4kbps, la energía por símbolo es una cuarta parte de 9.6kbps, y cuando el codificador de voz está transmitiendo a 1.2 kbps, la energía por símbolo transmitida es un octavo de la de 9.6kbps.

Después de la repetición de símbolos, los datos se mezclan para combatir el desvanecimiento, entonces los datos mezclados se revuelven mediante una secuencia de PN larga. La secuencia PN larga se reproduce mediante un generador de códigos PN largos. El generador saca una secuencia PN larga a 1.2288Mcps. Como la tasa de datos de salida del mezclador es 19.2 kbps, la secuencia PN se convierte a una tasa de 64:1 para también lograr los 19.2kbps; la secuencia PN larga a 19.2kbps se multiplica por la cadena de datos de 19.2kbps. El generador de códigos largos produce la secuencia PN larga usando una máscara que es específica al móvil. En realidad, la máscara es una función del número de serie electrónico o ESN (*Electronic Serial Number*) del móvil.

Los PCBs a 800bps se multiplexan con la cadena de datos mezclados a 19.2kbps. Es importante reconocer que la localización exacta del PCB en el Grupo de Control de Potencia PCG (*Power Control Grup*) no es fija, esta se determina de manera pseudo aleatoria.

Hasta este punto, la función de Walsh asignada dispersa de manera ortogonal la cadena de datos multiplexados (aún a 19.2kbps). Cada canal de tráfico de bajada se identifica por su función de Walsh asignada. La función de Walsh dispersa tiene entonces una tasa de 1.2288Mcps; cada símbolo es disperso por un factor de 64, y el resultado es una cadena de datos dispersos a una tasa de 1.2288Mcps.

La cadena de datos se dispersa después por la secuencia PN corta asignada al sector que está transmitiendo. La secuencia PN corta provee una segunda capa de aislamiento que

distingue entre los diferentes sectores. De esta forma, todas las 64 funciones de Walsh disponibles se pueden rehusar en cada sector.

La estructura del canal de tráfico bajada es similar para el conjunto de tasa 2. El codificador de voz para el conjunto de tasa 2 codifica el habla a tasas más altas, y este entrega una mejor calidad de voz que la del conjunto de tasa 1. El codificador de voz del conjunto de tasa 2 soporta cuatro tasas variables: 14.4kbps, 7.2kbps, 3.6kbps y 1.8kbps.

La salida de los canales lógicos es la que alimenta el modulador. La ganancia de cada canal lógico, incluyendo el piloto, el canal de sincronía, el de búsqueda, y todos los canales de tráfico, se ajusta primero mediante la función de control de ganancia. La ganancia de cada canal establece cuanta potencia se puede transmitir por cada canal. Las ganancias para los canales de tráfico individuales están cambiando dinámicamente.

Ya que las ganancias de los canales se ajustan, las señales se suman coherentemente para formar la señal compuesta de espectro disperso. Después de la suma, las trayectorias I y Q se convierten por sus respectivas portadoras. Las señales convertidas se suman para formar la señal QPSK pasa banda final.

I.4.6 Enlace de Subida.

El enlace de subida soporta dos tipos de canales lógicos: canales de acceso y canales de tráfico. Debido a la naturaleza no coherente del enlace de subida, las funciones de Walsh no se usan para formar los canales. Para distinguir a los usuarios en vez de las funciones de Walsh se usan las secuencias PN largas.

- Canal de acceso.

El móvil usa el canal de acceso para comunicarse con la estación base cuando este no tiene asignado un canal de tráfico. El móvil usa este canal para realizar la “originación” de llamadas y responder a búsqueda u órdenes. La tasa de datos en banda base del canal de acceso es fija a 4.8kbps.

La información en banda base se protege primero contra error por un codificador convolucional $R=1/3$. La tasa de codificación más baja hace la protección contra error más robusta en el enlace de subida, el cual es el más débil de los dos enlaces. La función de repetición de símbolos repite el símbolo una vez, logrando una tasa de símbolo de código de 28.8kbps. Los símbolos a la salida se mezclan para combatir el desvanecimiento.

Después de la mezcla, se codifican los datos por un modulador ortogonal 64. Se usa el conjunto de funciones de Walsh 64, pero aquí las funciones de Walsh se usan para modular, o representar grupos de seis símbolos. La razón de la modulación ortogonal de los símbolos se debe nuevamente a la naturaleza no coherente del enlace de subida. Cuando una transmisión de usuario es no coherente, el receptor (en la BTS) aún puede detectar cada símbolo correctamente. Tomar una decisión de si un símbolo es +1 0 -1 puede ser difícil durante un periodo de símbolos.

Sin embargo, si un grupo de seis símbolos se representa por una única función de Walsh, entonces la estación base puede fácilmente detectar seis símbolos en un tiempo al decidir cual función de Walsh se envió durante ese periodo. El receptor puede decidir fácilmente cual función de Walsh se envió al correlacionar la secuencia que recibió con el conjunto de 64 funciones de Walsh conocidas. En el enlace de bajada, las funciones de Walsh se usan para distinguir entre los diferentes canales. En el enlace de subida, las funciones de Walsh se usan para distinguir entre los diferentes símbolos (o entre grupos de seis símbolos).

El grupo de seis símbolos binarios corresponde a un valor decimal entre 0 y 63. El patrón del grupo de seis símbolos establece la función de Walsh (0 a 63) se usa para representar ese grupo de seis símbolos.

Los datos modulados ortogonalmente a 4.8kbps (símbolos modulados) o a 307.2ksps (símbolos de código) se dispersan entonces por la secuencia PN larga. La secuencia PN larga está corriendo a 1.2288Mcps, y el ancho de banda de los datos después del dispersamiento es 1.2288Mcps.

Los datos se revuelven después en las trayectorias I y Q por las secuencias PN cortas (también corriendo a 1.2288Mcps) definidas en el estándar IS-95. Debido a que el enlace de subida usa modulación OQPSK los datos en la trayectoria Q están retrasados por una mitad de chip PN. El propósito principal de este retraso de chip es asegurar que la envolvente de la señal QPSK no se colapse a cero.

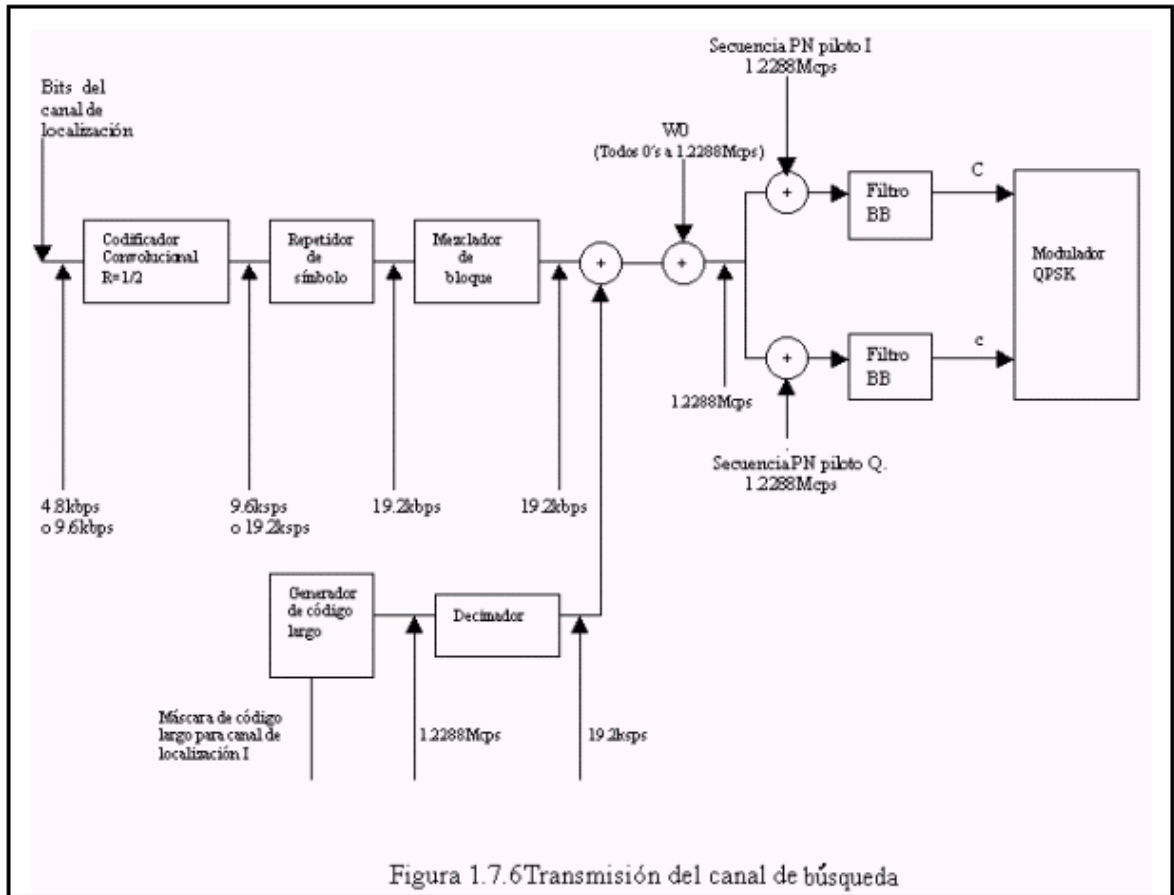
Finalmente los mensajes que se envían en el canal de acceso son dos: un mensaje respuesta (en respuesta al mensaje estación base) o un mensaje de petición (enviado por la estación móvil). Dichos mensajes, así como cualquier otra información en el canal de acceso, se transmite por medio de ranuras (*access channel slots*) que componen tramas (*access channel frames*).

- Canal de tráfico.

El canal de tráfico de subida se usa para transmitir datos del usuario y voz. Los datos modulados ortogonalmente se alimentan en el transformador de tramas de datos aleatorio. La función de transformador de tramas de datos aleatorio es tomar ventaja del factor de actividad de la voz en el enlace de subida.

El esquema que se describe para el enlace de bajada es inadecuado para el enlace de subida. La razón es que el requerimiento de velocidad de control de potencia es mucho más exigente en el enlace de subida. La BTS necesita detectar rápidamente cada símbolo, aún cuando el codificador de voz está operando a una tasa más baja, y la BTS no puede esperar al integrador.

La finalidad de llevar a cabo un acercamiento para reducir la potencia en el enlace de subida durante periodos de calma del habla es para enmascarar pseudoaleatoriamente los símbolos redundantes que se producen por la repetición de símbolos. Esto lo efectúa el transformador de tramas de datos aleatorio. El transformador de tramas de datos aleatorio genera un patrón enmascarado de 0s y 1s que aleatoriamente enmascaran los datos redundantes. El patrón de enmascaramiento está parcialmente determinado por la tasa del codificador de voz. Si el codificador de voz está operando a 9.6kbps, entonces los datos no se enmascaran. Si el codificador de voz está operando a 1.2kbps, entonces los símbolos se repiten siete veces, y el transformador de tramas de datos aleatorio enmascara, en promedio, siete de ocho grupos de símbolos.



1.5 Handoff.

En CDMA existen varios tipos de handoff, los cuales se describen a continuación.

1. **Intercelular o handoff suave (*soft handoff*).** Durante el handoff, un móvil mantiene simultáneamente conexión con dos o tres sectores de diferentes BTSs. Cuando el móvil se mueve de su célula actual (célula fuente) a la siguiente célula (célula objetivo), siempre se mantiene una conexión de canal de tráfico con ambas células. En el enlace de bajada, el móvil usa el receptor múltiple o *rake receiver* para demodular dos señales separadas de dos BTSs diferentes. Las dos señales se combinan para obtener una señal compuesta de mejor calidad. En el enlace de subida, la señal que transmite el móvil se transmite por ambas BTSs, las dos BTS demodulan la señal por separado y envían las tramas demoduladas al MTX, el MTX contiene un selector que obtiene la mejor trama de las dos.
2. **Ínter sector o handoff más suave (*softer handoff*).** Este tipo de handoff ocurre cuando el móvil realiza una transición entre sectores de la misma BTS. En el enlace de bajada, el móvil realiza el mismo proceso de combinación de señales como en el handoff suave. En este caso, el móvil usa su receptor múltiple para combinar las señales recibidas de los dos sectores. En el enlace de subida, sin embargo, dos sectores de la misma BTS reciben simultáneamente las dos señales del móvil. Estas señales son demoduladas y combinadas dentro de la célula, y únicamente se envía una trama al MTX.

-
-
3. **Handoff duro o handoff de hardware (hard handoff).** Puede haber dos diferentes tipos de hard handoff. El hard handoff de CDMA a CDMA se realiza cuando el móvil pasa de una portadora a otra utilizando el mismo MTX o bien se puede realizar cuando el móvil cambia de MTX; para llevar a cabo este proceso el móvil se ve obligado a dejar de transmitir, ajustar sus parámetros y comenzar su transmisión.

Antes de describir el proceso de handoff en detalle, es importante notar que cada sector en un sistema CDMA se distingue de cualquier otro por el canal piloto de ese sector. El canal piloto sirve como un “faro” para el sector y ayuda al móvil a adquirir otros canales lógicos del sector. El piloto no tiene información más que el código corto PN con un desplazamiento (offset) específico asignado a cada sector en particular.

Se usa un término especial para describir la relación señal a ruido (SNR. Signal Noise Ratio) del canal piloto: energía por chip por densidad de interferencia, o E_c/I_o .

I.5.6 El móvil en el handoff.

En CDMA, el móvil es un participante esencial en el proceso de handoff. El móvil constantemente notifica a la estación base las condiciones de la propagación local; la estación base hace uso de esta información para tomar decisiones sobre el handoff. Este handoff asistido del móvil actúa cuando el móvil toma una medida de E_c/I_o del enlace de bajada y reporta el resultado de la medición a la BTS. Dado que cada BTS transmite su propio piloto en un diferente offset PN, el E_c/I_o de un piloto da una buena indicación de si un sector en particular puede o no ser el sector más apropiado para servir al móvil.

En el manejo del proceso de handoff, el móvil mantiene en su memoria cuatro listas que se excluyen entre sí compuestas por los sectores de las BTSs. Los sectores se almacenan en la forma de PN offsets del piloto de dichos sectores. A estas listas también se les llama conjuntos. Los cuatro conjuntos son: conjunto activo, conjunto candidato, conjunto vecino y conjunto residuo.

El conjunto activo contiene los canales piloto de aquellos sectores que se están comunicando con el móvil en los canales de tráfico. Si el conjunto activo contiene más de un canal piloto, entonces el móvil mantiene la conexión con todos esos sectores en canales de tráfico separados. El conjunto activo puede contener a lo más seis pilotos.

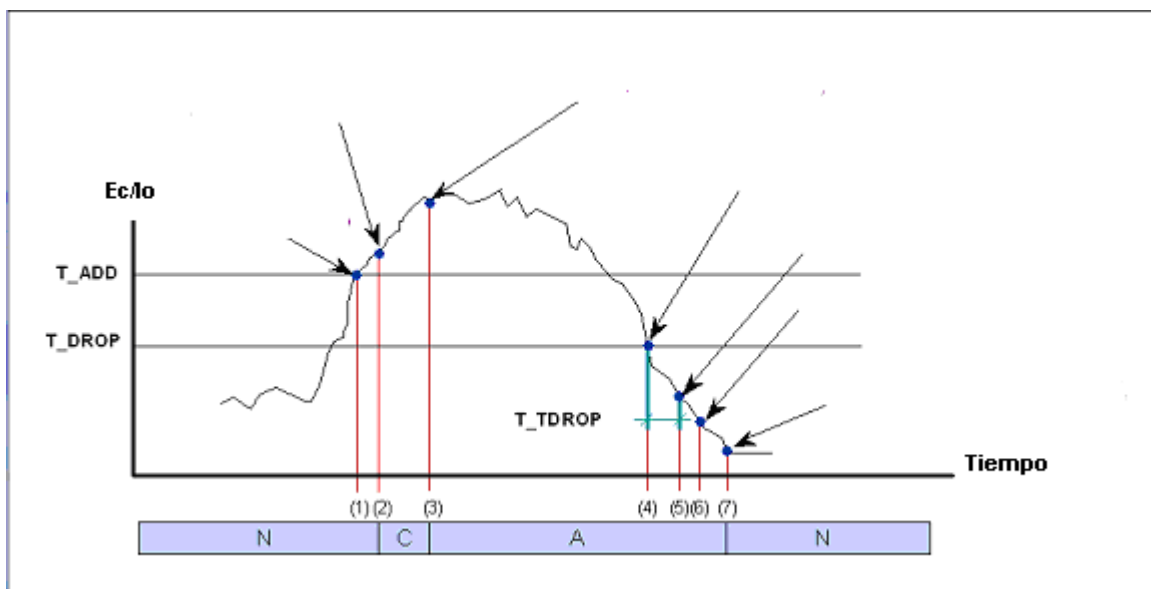
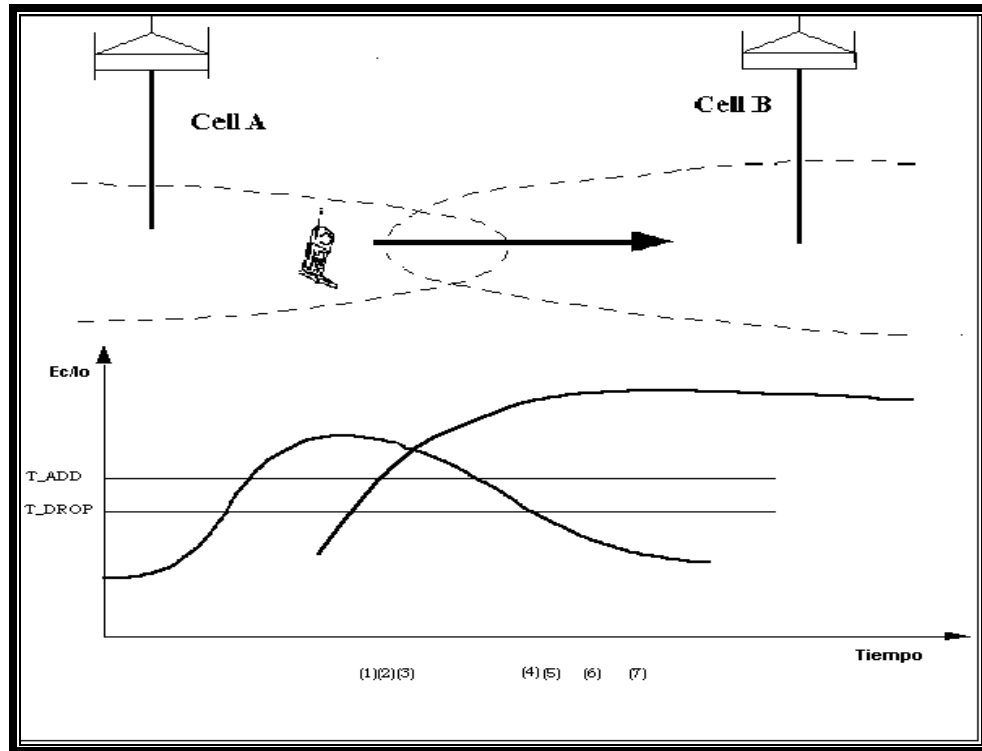
El conjunto candidato contiene aquellos pilotos cuyo E_c/I_o son suficientes para hacerlos candidatos de handoff. Esto significa que si el E_c/I_o de un piloto en particular es más grande que el umbral de detección de piloto T_ADD , entonces ese piloto se agrega al conjunto candidato. El conjunto candidato puede contener hasta seis pilotos.

El conjunto vecino contiene aquellos pilotos que están en la lista de vecino del actual sector servidor del móvil. Inicialmente, el conjunto vecino contiene aquellos pilotos que son enviados al móvil en el mensaje lista de vecinos por la BTS servidora. El conjunto vecinos contiene a lo más 20 pilotos.

El conjunto residuo contiene todos los posibles pilotos en el sistema para esta frecuencia portadora CDMA, excluyendo a los pilotos que están en los conjuntos activo, candidato y vecino.

I.5.7 El proceso de transferencia de la llamada.

A continuación se presenta el proceso de transferencia de la llamada de manera gráfica y con su correspondiente explicación.



-
-
1. En primera instancia el móvil se encuentra alimentado únicamente por la BTS A, y su conjunto activo contiene solamente al piloto A. El móvil mide el nivel de E_c/I_o del piloto B y lo encuentra mayor que T_ADD . Así es que cuando el móvil envía un mensaje de medida de fuerza de piloto (pilot strength measurement message) y transfiere al piloto B del conjunto vecino al conjunto candidato.
 2. Ahora el móvil recibe un mensaje de dirección de handoff (handoff direction message) de la célula B. El mensaje contiene el PN offset de la célula B y el código de Walsh del nuevo canal de tráfico.
 3. Entonces el móvil mueve el piloto del conjunto candidato al conjunto activo. En este momento el móvil envía un mensaje de acabado handoff (handoff direction message) inmediatamente después de adquirir el canal de tráfico de bajada especificado en el mensaje de dirección de handoff (handoff direction message). Ahora el conjunto activo contiene dos canales pilotos en su lista.
 4. Después de que tiene dos pilotos, el móvil detecta que el piloto A ha caído por debajo de T_DROP y es entonces cuando el móvil inicia el contador de tiempo o drop timer.
 5. Cuando el temporizador alcanza el valor correspondiente a T_TROP el móvil envía un mensaje de medida de fuerza del piloto.
 6. Una vez que el móvil recibe un mensaje de dirección de handoff, el mensaje contiene únicamente el PN offset de la BTS B.
 7. Finalmente el móvil cambia el piloto A del conjunto activo al conjunto vecino, así como enviar un mensaje para indicar que el handoff ha terminado.

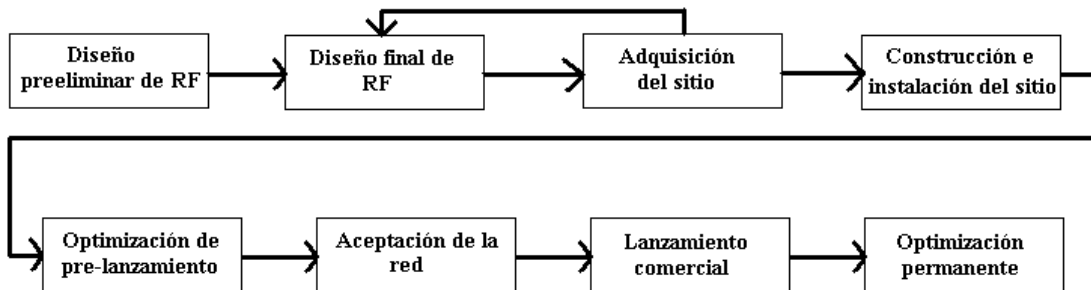
Existe otro mecanismo que puede disparar la transmisión de un mensaje de medida de fuerza de piloto por el móvil. Si la fuerza de un piloto en el conjunto candidato excede la fuerza de un piloto en el conjunto activo por el umbral de comparación conjunto activo contra conjunto candidato T_COMP , entonces el móvil envía un mensaje de medida de fuerza de piloto.

CAPÍTULO II

PROCEDIMIENTO DE OPTIMIZACIÓN EN RADIOFRECUENCIA.

PROCEDIMIENTO DE OPTIMIZACION EN RADIOFRECUENCIA.

La optimización en una red de telefonía celular es una de las últimas etapas en el desarrollo de la red, a continuación se muestra un diagrama de flujo mostrando el desarrollo de la red y la importancia de la optimización en la misma.



II.1 Optimización en Radiofrecuencia (definiciones)

La optimización en radiofrecuencia (RF) es el proceso de ingeniería de una red inalámbrica celular en la cual se define un nivel de calidad y se mantiene este nivel a medida que el sistema crece.

Existen tres aspectos importantes a optimizar en radiofrecuencia de una red inalámbrica, todos ellos tienen una interrelación en la cual los cambios pueden afectar y/o beneficiar a otros, los tres aspectos se mencionan a continuación.

II.1.1. Mejora en la calidad de llamada. Este aspecto incluye la reducción de llamadas caídas y accesos fallidos lo cual se refleja en el aumento del promedio de accesos completados.

Causa de Accesos fallidos.

- Alta interferencia de PN's.
- Bajo nivel de señal (menor a -100dBm)
- Problema de lista de vecinos
- Problemas de equipo

Causa de llamadas caídas

- Vecindades faltantes
- Baja cobertura
- Alto nivel de FER (*Frame Error Rate*)
- Problemas con handoff.
- Problemas con equipo en radiobase.

II.1.2 Control de handoff. Éste aspecto consiste en reducir al máximo posible el uso de los recursos de la red, esto es posible con la realización mínima pero suficiente de soft, softer y hard handoff para continuar con la llamada sin que ésta se llegue a caer.

II.1.3 Eficiente manejo de capacidad. Este aspecto consiste en mantener los suficientes recursos de la red necesarios para que los usuarios puedan realizar llamadas con la mínima cantidad de bloqueo posible, es decir que el sistema cuente siempre con la suficiente capacidad de tráfico que se le demanda.

II.2 Etapas de optimización.

El proceso de optimización ocurre en tres etapas, tal como se desarrolla la red. Las etapas de optimización son:

1. Precomercial
2. Lanzamiento comercial
3. Crecimiento de la red.

Cada una de estas etapas provee la ingeniería de RF con objetivos particulares y pruebas.

LL.2.1. Etapa precomercial.

Esta etapa de optimización es la clave para el futuro manejo del sistema. Esta etapa establece la base o referencia para la calidad del sistema de RF desde el lanzamiento comercial hasta la maduración de la red. Existen muchas aplicaciones teóricas y prácticas planeadas durante esta fase. La realización de la aplicación de esta etapa consiste en lo siguiente:

- Revisión de cobertura y de control de handoff.
- Creación inicial de una lista de vecinos.
- Minimización de las llamadas caídas y accesos fallidos.
- Determinación y establecimiento del search window.
- Revisión de las tablas de parametrización y pruebas de recepción de señal.

II.2.2. Etapa del lanzamiento comercial.

Después del lanzamiento comercial de la red, la optimización se concentrará principalmente en las siguientes actividades.

- Revisión de cobertura y de control de handoff.
- Entonación de la lista de vecinos.
- Reducción de llamadas caídas y accesos fallidos.
- Monitorear la capacidad de las radiobases y crecimiento del tráfico.

II.2.3. Etapa de crecimiento y maduración.

La optimización en esta etapa es un proceso que requiere constante atención. El sistema se desarrolla y crece, es importante el monitoreo diario del desempeño de la red así como la afectación de agregar mucho más usuarios; en esta etapa es necesario tomar decisiones tales como integrar una segunda portadora o división tanto de BSC's como de Switches, las actividades más importantes en esta etapa son:

- Integración de nuevos sitios a la red ya existente.

-
-
- Revisión de cobertura y de control de handoff.
 - Monitorear la capacidad de las radio bases y crecimiento del tráfico.
 - Reducción de llamadas caídas y accesos fallidos.
 - Maximización de los hard handoff exitosos.

II.3 Procedimiento de optimización

Esta sección muestra el posible procedimiento para asegurar la correcta optimización.

II.3.1 Criterios iniciales del sistema.

Antes de empezar a optimizar, existe una lista de actividades a realizar, referidos a criterios iniciales que deberán ser completados. La realización exitosa del esfuerzo de optimización depende de la correcta realización de esta logística de las actividades. Por ejemplo si la BTS no ha sido calibrada correctamente, el esfuerzo de la optimización no surtirá efecto.

Antes de mencionar los criterios iniciales, es necesario mencionar las siguientes definiciones.

Canal ortogonal de simulación de ruido (OCNS: Orthogonal Channel Noise Simulator).

Cuando se encuentra habilitado tiene la función de simular tráfico degradando el desempeño del sitio.

Llamada markov. Llamada de prueba utilizada en CDMA cuyo principal propósito es probar los canales de tráfico entre el móvil y la radiobase y así realizar el diagnóstico del desempeño de los teléfonos.

Registros de operación (OMs: Operational Measurements). Los OMs proveen información referente al desempeño del sistema, grado de servicio ofrecido, facilidad de conexión de los usuarios, niveles de tráfico. La principal función de los OMs es monitorear y contabilizar los eventos ocurridos en el sistema durante un determinado periodo de tiempo.

Subsistema de banco selector (SBS: Selector Bank Subsystem). La función del SBS es soportar los procesos de *handoff* de la BTS, también realiza el control de potencia tanto en el enlace de subida como en el de bajada.

SRCH_WIN_A: Este es un parámetro que describe la ventana de tiempo en la cual el móvil busca los componentes de multitrayectoria de los pilotos en activo y candidato. Esta ventana está centrada normalmente alrededor de la componente de la trayectoria más cercana del canal de tráfico que empieza a demodularse. Dependiendo del plan de PNs, valores muy grandes de éste parámetro pueden incrementar el riesgo de interferencia por PNs, en el cual el móvil puede confundirse con otro rastro de PN.

SRCH_WIN_N: Este parámetro es similar al SRCH_WIN_A excepto que éste aplica la búsqueda de pilotos que están en la lista de vecinos. Esta ventana puede ser ligeramente más alta que SRCH_WIN_A debido a que antes de empezarse a demodular es necesario que el piloto que está como activo tenga que reconocer al candidato en su lista de vecinos. Una ventana muy grande aumenta la probabilidad de que el piloto vecino sea encontrado.

SRCH_WIN_R: Este parámetro es similar al SRCH_WIN_N excepto que aplica la búsqueda de pilotos restantes del PN plan.

Los siguientes elementos representan los mínimos criterios iniciales para una exitosa optimización.

-
-
1. Todas las BTS's deberán estar instaladas y calibradas correctamente. Los valores de calibración se deberán introducir en las tablas de parametrización.
 2. Se deberá limpiar el espectro, en el cual se trabajará, de cualquier interferencia, esto deberá ser debajo de -111 dBm.
 3. Todas las antenas deberán estar instaladas con la orientación e inclinación de diseño, además de revisar cualquier desperfecto en las líneas de transmisión.
 4. Todos los sectores de las BTS's deberán estar en operación, capaces de originar llamadas, y realizar handoffs.
 5. Personal suficiente para realización de cambio de parámetros, habilitar o deshabilitar OCNS, monitoreo de sectores.
 6. Una base de datos de predicción de cobertura actualizada.
 7. Preparación del vehículo de prueba, herramientas, mapas, herramienta para recolección de datos instalada.
 8. El PN offset plan deberá crearse e introducirse en las tablas de parametrización.
 9. La lista de vecinos creada e introducida en las tablas de parametrización.
 10. Superación de los criterios de calidad establecidos.

II.3.2 Aplicación en la etapa precomercial.

El sistema que optimizará por primera vez requiere una atención especial. Esta es la ocasión en la que se pueden realizar cambios en la red sin afectar a usuarios. Es también cuando se puede observar el comportamiento de la red con carga y sin carga de usuarios.

El método para simular carga en la red, es habilitando el OCNS en la BSM.

A continuación se listan las actividades mínimas a realizar en la optimización de una red en la etapa precomercial. El posprocesamiento y análisis de la información se describirá en capítulos posteriores.

Optimización sin carga (OCNS deshabilitado)

1. Realización de auditoria a las tablas de parametrización y realización de pruebas de recepción de antenas.
2. Realización de prueba de manejo con llamadas tipo Markov de 2 minutos.
3. Optimización del SRCH_WIN_A y la ventana de demodulación de la BTS.
4. Optimización del SRCH_WIN_N/R.
5. Realización del análisis de cobertura de RF.
6. Realización del análisis de llamadas caídas y accesos fallidos.
7. Realizar la sintonización de la lista de vecinos con base en el análisis de llamas caídas y accesos fallidos, además de poder utilizar alguna herramienta para sintonización de lista de vecinos.
8. Realización de los cambios necesarios en la red (movimientos de orientación y/o inclinación de antenas)
9. Creación de base de datos de los problemas y soluciones a éstos con el propósito de no regresar a los mismos parámetros.
10. Realización de prueba de manejo en las zonas donde se encontraron los problemas con el fin de validar los cambios realizados.

11. Realización de los pasos del 2 al 11 si los resultados no son los óptimos.

Optimización con carga (OCNS habilitado)

1. Aplicación de simulación de carga y realización de prueba de manejo con llamadas tipo markov de 2 minutos.
2. Realización del análisis de cobertura de radiofrecuencia.
3. Realización del análisis de llamadas caídas y accesos fallidos.
4. Realización de los cambios necesarios en la red (movimientos de orientación y/o inclinación de antenas).
5. Modificación y adición de los cambios a la base de datos de problemas y soluciones.
6. Realizar especial análisis en zonas complicadas debidas a huecos de cobertura o zonas geográficas muy accidentadas para discriminarlas en las estadísticas finales.
7. Si se han alcanzado las especificaciones de calidad establecidas tales como porcentaje de llamadas caídas, porcentaje de accesos fallidos, promedio de sectores por usuario, entonces la optimización estará completada, si no se cumple con los objetivos, habrá que realizar los pasos del 1 al 6.

II.3.3 Optimización después del lanzamiento comercial y en la etapa de crecimiento y maduración de la red.

La principal diferencia entre las etapas precomercial y las siguientes etapas, es que después del lanzamiento comercial de la red, no se puede experimentar sino hasta haber estudiado bien los parámetros y verificar que los cambios a realizar no afecten considerablemente a los usuarios.

Los siguientes puntos son un ejemplo de cómo optimizar después del lanzamiento comercial.

- Utilizar la información de los OMs para localizar los sectores o sitios con problemas de calidad de llamadas.
- Recopilar la información de los registros de los SBS para obtener información de handoff en la red.
- Realizar pruebas de manejo en las zonas donde se han detectado problemas específicos, y recopilando los la información de los SBS específicamente para los teléfonos de prueba.
- Proponer nuevas BTS para ayudar a zonas con BTS's de elevado tráfico.
- Realizar pruebas de manejo para la optimización de las zonas en las cuales se integren nuevas BTS's.
- En caso de saturación de capacidad de las BTS's es necesario proponer y planear la integración de segundas portadoras en la red.
- En el caso de saturación de la BSC es necesario implementar la división de BSCs en el MTX y en caso de saturación de capacidad del MTX, implementar la expansión de éste.

CAPÍTULO III

CRITERIOS INICIALES DE SOFTWARE Y HARDWARE

CRITERIOS INICIALES DE SOFTWARE Y HARDWARE

III.1 Parámetros iniciales del sistema.

Debido a que parte importante de la optimización se basa en el control de la tabla de parametrización, es importante partir de parámetros iniciales que el proveedor establece como los recomendados.

Existe un determinado número de parámetros que pueden ser controlados para mejorar el desempeño de la red de radiofrecuencia. Estos parámetros pueden controlar los handoff, el desempeño de la llamada, el control de potencia y capacidad. Con el estudio y la experiencia en el cambio de ciertos parámetros podemos observar que éstos tienen un efecto positivo o negativo en el desempeño de la red.

Algunos parámetros son definidos por el estándar IS-95 o JSTD-008 mientras que otros son parámetros específicos del proveedor del equipo.

Dentro de los parámetros podemos dividirlos por el efecto que causan en el sistema en dos tipos, los parámetros globales, y los parámetros aplicados a sectores específicos, a continuación se describen ambos.

Parámetros globales: Estos parámetros se aplican al sistema en general (ya sea en la BSC o MTX) y los cambios surtirán efecto en toda la red

Parámetros de sector: Estos parámetros solo aplican y surtirán efecto en el sector específico de cualquier BTS en el cual se apliquen.

Los parámetros pueden clasificarse también por las tabla de parametrización de los diferentes sistemas, a continuación se describen éstos.

Tabla de parametrización de la BTS: Estos valores son comunicados al móvil por medio de los canales de búsqueda y sincronía durante el estado inactivo. Si una llamada es iniciada, el móvil utiliza los parámetros establecidos del último sector en el cual se registró el móvil.

Tabla de parametrización de la BSC: Estos valores son comunicados al móvil en canal de tráfico del enlace de bajada. Los SBS constantemente le actualizan la información al móvil con los nuevos valores de los parámetros. Cabe señalar que muchos de los parámetros están establecidos tanto en la tabla de parametrización de la BSC como de la BTS.

Finalmente tenemos la última clasificación de parámetros, estos son, tabla de parametrización estática de la BSC y tabla de parametrización estática de la BTS, a continuación se describen cada uno de ellos.

III.2 Tabla de parametrización estática de la BSC.

Esta sección describe el significado y uso de la interfase aérea de RF relacionada con la tabla de parametrización estática de la BSC. Esta tabla se puede dividir en dos grupos:

1. *Parámetros del Subsistema de banco selector (SBS)*
2. *Parámetros de base de datos piloto.*

III.2.1 Parámetros del Subsistema de banco selector (SBS)

En la siguiente tabla se describe el tipo, nombre, si es modificable, rango valor sugerido por el proveedor y notas relacionadas del parámetro en cuestión.

Tipo de parámetro	Nombre del parámetro	Modificable	Rango	Valor sugerido	Nota
Control de potencia	PrRXerror (FER%)				
	Full	Si	1/16 - 256/16 dB	8	0.5%
	Half	Si	1/16 - 256/16 dB	24	1.5%
	Quarter	Si	1/16 - 256/16 dB	40	2.5%
	Eight	Si	1/16 - 256/16 dB	40	2.5%
	Desconocido	Si	1/16 - 256/16 dB	8	0.5%
	RRXincrease				
	Full	Si	1/256 - 4095/256 dB	42	
	Half	Si	1/256 - 4095/256 dB	14	
	Quarter	Si	1/256 - 4095/256 dB	7	
	Eight	Si	1/256 - 4095/256 dB	7	
	Desconocido	Si	1/256 - 4095/256 dB	14	
	PRXlower	Si	1/256 - 4095/256 dB	1562	3.1 dB (Eb/No)
	PRXupper	Si	1/256 - 4095/256 dB	3123	9.2 dB (Eb/No)
	PRXstart	Si	1/256 - 4095/256 dB	2611	7.2 dB (Eb/No)
	PrTxerror	Si	1/16 - 256/16 dB	24	1.5%
	RTXincrease	Si	1/256 - 4095/256 dB	24	
	PTXlower	Si	-4095/256 - 0/256 dB	-4095	-16 dB
	PTXupper	Si	-4095/256 - 0/256 dB	-512	-2 dB
	PTXstart	Si	-4095/256 - 0/256 dB	-1024	-4 dB
	TxFramErrCnt	Si	1 - 31 frames	2	Solo 8 kbps
	TXPilotGain	Si	0 - 255	164	Determina el control de potencia del enlace de bajada referido a un punto.
PILOT_INC	Si	0 - 15	4		
NUM_PREAMBLE	Si	0 - 7	0		

A continuación se describen cada uno de los parámetros mencionados.

PrRXerror

Representa el valor designado de FER para el enlace de subida.

Los valores de PrRXerror son requeridos para cada tipo de tramas, es decir, *full-rate*, *half-rate*, *quarter-rate*, *eighth-rate* y *unknown-rate*. Altos valores de este parámetro ocasionan baja calidad de voz y alta probabilidad de llamadas caídas, pero también provoca un ligero aumento en capacidad del sistema y ligero aumento de cobertura.

RRXincrease

Este parámetro establece el rango de incremento en la designación del enlace de subida del Ew/Nt.

Altos valores de este parámetro trae como consecuencia respuesta rápida a grandes cambios de condiciones de RF, pero puede reducir la capacidad de interfase aérea causada por sobrepasar el Ew/Nt designado. Bajos valores pueden ocasionar alto FER debido a que los lazos de control de potencia no pueden ser confiables en condiciones en las cuales se realicen grandes cambios de condiciones de RF, pero también estos bajos valores pueden incrementar la capacidad de interfase aérea.

PRXlower

Este parámetro define el mínimo Ew/Nt aceptable para el enlace de subida.

Altos valores de este parámetro ocasiona un alto FER en el enlace de subida y como consecuencia reduce su capacidad. Bajos valores pueden ocasionar un incremento de llamadas caídas si los móviles se trasladan de zonas con buen nivel de señal a zonas con bajo nivel de señal.

PRXupper

Este parámetro define el máximo Ew/Nt aceptable para el enlace de subida.

Es importante establecer este parámetro en un valor alto debido a lo siguiente:

La mayoría de las llamadas requieren niveles bajos de Ew/Nt, entre 10 y 11 dB. Sin embargo, una pequeña porción de llamadas requieren más. Aunque estas llamadas reducen la capacidad de la red, necesitamos establecer niveles suficientes para permitir realizarse satisfactoriamente estas llamadas para no incrementar el porcentaje de llamadas caídas.

Altos valores de este parámetro reducen el porcentaje de llamadas caídas pero reducen la capacidad del sistema. Bajos valores representan un incremento de llamadas caídas resultado de un alto FER en el enlace de subida.

PRXstart

Este parámetro define el Ew/Nt del enlace de subida en el inicio de la llamada.

PrTXerror

Este parámetro define el FER del enlace de bajada para el cual el móvil utiliza como el valor inicial para realizar su algoritmo de control de potencia. Este valor de FER es utilizado para incrementar o decrementar la ganancia del canal de tráfico asignado a un móvil, con base en el

valor de FER que reporta el móvil al sistema. Existe una relación entre este valor y la calidad de voz.

RTXincrease

Este parámetro controla el incremento de potencia en el enlace de bajada asignado al móvil. Altos valores proporcionan una respuesta rápida a cambios bruscos de nivel de señal, pero pueden reducir la capacidad de la interfase aérea causada por sobrepasar la potencia del enlace de bajada asignada al móvil. Bajos valores pueden incrementar la capacidad de la interfase aérea.

PTXlower

Este parámetro establece la mínima potencia (dada en dB relativo a la potencia del canal piloto) permitida para el enlace de bajada.

Altos valores de este parámetro tiene como consecuencia un bajo FER para algunos móviles y una reducción en la capacidad del enlace de bajada. Bajos valores pueden ocasionar un incremento en el porcentaje de llamadas caídas si los móviles tienen cambios bruscos de nivel de señal.

PTXupper

Este parámetro establece la mínima potencia (dada en dB relativo a la potencia del canal piloto) permitida para el enlace de bajada.

Altos valores de éste parámetro podrían causar un bajo porcentaje de llamadas caídas pero también reducen la capacidad del enlace de baja. Bajos valores podrían causar un incremento de llamadas caídas.

PTXstart

Este parámetro define la potencia del enlace de bajada (dB relativo a la potencia del canal piloto) en el inicio de cada llamada.

TXFrameErrCnt

Este parámetro determina el número máximo de tramas con error en el enlace de bajada que el móvil podría contener en el periodo antes de la señalización.

TXPilotGain

Este parámetro determina el punto de referencia para el control de potencia del enlace de bajada. Durante una llamada, la ganancia del canal de tráfico es determinada relativamente a esta ganancia de piloto. Este valor no representa un control absoluto; la verdadera potencia de salida es controlada con el parámetro TXAttenNormal de la BTS.

PILOT_INC

El PILOT_INC es el menor PN offset de separación aceptado entre dos pilotos en un sistema, en unidades de 64 PN chips. Si el PILOT_INC es pequeño, se pueden usar PN offset repetido con menos frecuencia, pero pueden causar mayor interferencia entre pilotos. Si PILOT_INC es grande, El reuso de PN offset es más frecuente.

III.2.2 Parámetros de base de datos piloto

En la siguiente tabla se describe el tipo, nombre, si es modificable, rango valor sugerido por el proveedor y notas relacionadas del parámetro en cuestión

Tipo de parámetro	Nombre del parámetro	Modificable	Rango	Valor sugerido	Nota
Grabación en base de datos piloto.	ExtendedBaseID	Acción de tabla	Palabra de 32 bytes	Deducido por el sistema	Clase de banda, freq. De CDMA, Base_ID. Sector.
	Pilot_PN	Si	0-512	Ver descripción	Valor determinado por el PN plan.
	ForwardGain	Acción de tabla	0-255	0	
	CellType	Acción de tabla	Ver descripción	Ver descripción	Cell_Standard Cell_Pilot_Beacon Cell_Border
	MultiPilotHHOEnabled		0-1	1	Habilita o deshabilita EHHO
Parámetros de búsqueda.	SEARCH_WIN_A	Si	0-15 (4-452 PN chips)	5	20 PN chips
	SEARCH_WIN_N	Si	0-15 (4-452 PN chips)	10	100 PN chips
	SEARCH_WIN_R	Si	0-15 (4-452 PN chips)	11	130 PN chips
Parámetros de energía de Piloto	T_ADD	Si	0-63 (-0.5x dB)	28	-14 dB
	T_DROP	Si	0-63 (-0.5x dB)	32	-16 dB
	T_COMP	Si	0-15 (0.5x dB)	2	1 dB
	T_TDROP	Si	0-15	3	4 segundos
	T_ADD_OFFSET_A	SI	0-8 (0.5xdB)	0	Corrimiento agregado a T_ADD cuando existen dos pilotos en la tabla de activos.
	T_ADD_OFFSET_B	Si	0-8 (0.5xdB)	0	Corrimiento agregado a T_ADD cuando existen más de dos pilotos en la tabla de activos.
	T_DROP_OFFSET_A	SI	0-8 (0.5xdB)	0	Corrimiento agregado a T_DROP cuando existen dos pilotos en la tabla de activos.
	T_DROP_OFFSET_B	Si	0-8 (0.5xdB)	0	Corrimiento agregado a T_DROP cuando existen más de dos pilotos en la tabla de activos.
	T_COMP_OFFSET_A	Si	-4 a 4 (0.5 xdB)	0	Corrimiento agregado a T_COMP cuando existen dos pilotos en la tabla de activos.
T_COMP_OFFSET_B	Si	-4 a 4 (0.5 xdB)	0	Corrimiento agregado a T_COMP cuando existen más de dos pilotos en la tabla de activos.	

Tipo de parámetro	Nombre del parámetro	Modificable	Rango	Valor sugerido	Nota
	T_TDROP_OFFSET_B	Si	-4 a 4 (0.5xsegundo)	0	Corrimiento agregado a T_TDROP cuando existen más de dos pilotos en la tabla de activos
Parámetros de sectores borde	BorderRefPilotRTDThresh	Acción de tablas	Ver nota	Deducido por el operador	Ver nota
	BorderTargetCellIdList	Acción de tablas	Ver nota	Deducido por el operador	Ver nota

Extended Base ID

Este parámetro determina la banda, la frecuencia de CDMA, el número de sitio y el sector de una BTS. Este campo es la llave para la tabla de base de datos piloto.

Ejemplo.

PILOT_PN_Offset

Cada BTS transmite una señal piloto el cual es usado por el móvil para la adquisición del sistema y sincronización. Cada BTS en una red CDMA debe usar un tiempo de corrimiento para la secuencia piloto PN y así identificar un canal un canal de enlace de bajada CDMA. Cada BTS genera una idéntica secuencia PN (32768 PN chips de longitud) determinada por la característica polinomial definida en el estándar. Para este caso se tienen un total de 512 corrimientos de PN. Este diferente corrimiento de PN es usado para identificar la idéntica secuencia PN generada por cada BTS en el sistema. La BTS establece este campo en unidades de 64 PN chips. Por ejemplo si una determinada BTS tiene el PN 12, entonces el corrimiento es $12 \times 64 = 768$ PN chips.

ForwardGain

Para incrementar la probabilidad de que un móvil reciba la correcta dirección de los mensajes de handoff, la ganancia del enlace de bajada asignada a las tramas contenidas en la dirección de los mensajes de handoff pueden ser incrementados a través del parámetro ForwardGain.

CellType

Dependiendo del tipo de celda (CellType) el contenido de los parámetros de la base de datos piloto puede variar. A continuación se describen los diferentes tipos de celdas (CellType)

CELL_PILOT_BEACON. Esta configuración es usada para la realización del handoff duro ya sea entre BSCs o entre switches.

CELL_BORDER. Esta configuración es usada para la realización del handoff duro entre portadoras.

Para los casos anteriores es necesario especificar los sectores con los cuales se realizará dicho handoff.

CELL_STANDARD. Esta es la configuración para cualquier sector que realice handoff suave.

MultiPilotHHOEnabled

Este parámetro si el handoff duro entre portadoras es habilitado.

SRCH_WIN_A

Este parámetro define la ventana de tiempo donde el móvil busca componentes de multitrayectoria del piloto para establecerlos en su tabla de activos o candidatos.

La ventana normalmente es centrada alrededor de la componente de trayectoria más cercana del canal de tráfico que empieza a demodular.

Valores pequeños de este parámetro decrementan la probabilidad de que el móvil reciba suficientes componentes de multitrayectorias teniendo como consecuencia niveles bajos de Ec/Io debido a que el móvil combina los niveles de Ec/Io de cada componente de multitrayectoria para establecer un Ec/Io compuesto. Por tal motivo reduce la probabilidad de que el piloto sea establecido en la tabla de activos e incrementa la probabilidad de que ocurran llamas caídas.

SRCH_WIN_N

Este parámetro es muy similar al anterior, excepto que este aplica a la búsqueda de pilotos para establecerlo en la tabla de vecinos. Esta ventana puede ser establecida ligeramente más larga que SRCH_WIN_A.

Una ventana grande incrementa la probabilidad de que en la búsqueda del piloto vecino sea encontrado.

SRCH_WIN_R

Este parámetro es muy similar al SRCH_WIN_N excepto que este aplica a la búsqueda de pilotos para establecerla en la tabla de los restantes.

T_ADD

El móvil continua la búsqueda de señal piloto de la BTS con la cual el móvil no está en comunicación. Por cada búsqueda de piloto, el móvil calcula la relación de energía por chip recibida entre el total de potencia recibida, Ec/Io (El término Io incluye señal necesaria, interferencia de señal y ruido térmico.)

En el momento que Ec/Io excede el umbral de T_ADD, el móvil envía el mensaje de reconocimiento de un piloto fuerte (PSMM, *Pilot Strength Measurement Message*) a la BTS que sobrepasó el umbral. El PSMM es usado por la BSC para facilitar la decisión de realizar el

handoff. El umbral de T_ADD es el factor que determina la frontera de los handoff que realiza el móvil.

Altos valores (menos negativos) de este parámetro pueden causar un incremento de llamadas caídas debido a que el sector que provee el servicio al móvil no se agrega a la tabla de activos.

Valores bajos (más negativos) de este parámetro podrían causar un excesivo uso de elementos de canal debido a que pilotos con niveles bajos de Ec/Io podrían estar en la tabla de activos.

T_DROP

Si el valor de Ec/Io de un determinado piloto está por debajo del umbral de T_DROP por un cierto periodo de tiempo, el móvil envía un PSMM a la BTS la cual reporta este nivel de señal. El PSMM es utilizado por la BTS para facilitar la decisión de realizar el handoff.

Altos valores de este parámetro pueden causar un alto porcentaje de llamadas caídas debido a que pilotos de sectores que proveen el servicio al móvil pueden ser removidos de la tabla de activos.

Bajos valores de este parámetro pueden causar una excesiva utilización de elementos de canal debido a que pilotos que no mejoran su calidad de señal pueden continuar en la tabla de activos.

T_COMP

Si el valor de Ec/Io de un distinto piloto el cual se encuentra establecido en la ventana de candidato supera el nivel de Ec/Io designado por T_COMP a algún piloto establecido en la tabla de activos, el móvil envía un PSMM a la BTS reportando el nivel de señal más fuerte. El PSMM es utilizado por la BTS para facilitar la decisión de realizar el handoff.

Por tal motivo podemos decir que los umbrales T_ADD, T_DROP y T_COMP son los factores importantes para determinar las fronteras de handoff.

T_TDROP

Este parámetro determina el tiempo en el que la señal de Ec/Io de un piloto activo ha caído a la frontera del umbral de T_DROP y se envía el mensaje de PSMM indicando que ha ocurrido. Este tiempo de caída es cancelado y mandado a cero si la señal del piloto ha caído por debajo del umbral antes de que el tiempo de caída termine.

T_ADD_OFFSET_A.

Este parámetro es utilizado para reducir el handoff suave cuando sea necesario. Este es un desplazamiento que se agrega a T_ADD cuando se encuentran establecidos dos pilotos en la tabla de activos.

Un bajo T_ADD_OFFSET es un buen comienzo para reducir los pilotos establecidos en la tabla de activos, el cual no siempre se requiere. Un alto T_ADD_OFFSET incrementa la cantidad de mensajes y tener un efecto negativo en la calidad de voz.

Para deshabilitar este parámetro se establece el valor de 0.

T_ADD_OFFSET_B.

Este parámetro es utilizado para reducir el handoff suave cuando sea necesario. Este es un desplazamiento que se agrega a T_ADD cuando se encuentran establecidos más de dos pilotos en la tabla de activos.

Para deshabilitar este parámetro se establece el valor de 0.

T_DROP_OFFSET_A.

Este parámetro es utilizado para reducir el handoff suave cuando sea necesario. Este es un desplazamiento que se agrega a T_DROP cuando se encuentran establecidos dos pilotos en la tabla de activos.

Para deshabilitar este parámetro se establece el valor de 0.

T_DROP_OFFSET_B.

Este parámetro es utilizado para reducir el handoff suave cuando sea necesario. Este es un desplazamiento que se agrega a T_DROP cuando se encuentran establecidos más de dos pilotos en la tabla de activos.

Para deshabilitar este parámetro se establece el valor de 0.

T_COMP_OFFSET_A.

Este parámetro es utilizado para reducir el handoff suave cuando sea necesario. Este es un desplazamiento que se agrega a T_COMP cuando se encuentran establecidos dos pilotos en la tabla de activos.

T_COMP_OFFSET_B.

Este parámetro es utilizado para reducir el handoff suave cuando sea necesario. Este es un desplazamiento que se agrega a T_COMP cuando se encuentran establecidos más de dos pilotos en la tabla de activos

Border RefPilotRTDThresh

Este parámetro es establecido para sectores en los cuales están definidos como CELL_BORDER. Si un determinado móvil tiene en su tabla de activos establecido como CELL_BORDER entonces el BorderRefPilotRTDThresh controla distancia máxima a la cual el handoff duro entre portadoras se inicializa, esto es posible por medio de la medición del retraso

de mensaje en lazo cerrado (*RTD, Round-Trip Delay*). Si el móvil se encuentra en el proceso de handoff suave, el umbral de RTD relacionado al piloto de referencia es usado para disparar el proceso de handoff duro. Este parámetro está establecido en unidades de 1/8 PN chips.

A continuación se describe el cálculo para obtener esta distancia en metros.

Asumiendo que 1/8 PN chips es igual a 101.725 ns y la velocidad de propagación de la señal es 3×10^8 m/s, si R es la distancia radial en metros a la cual se iniciará el proceso de handoff, el valor de BorderRefPilotRTDThresh está dado por:

$$\text{BorderRefPilotRTDThresh} = \left[\frac{2xR}{(3x10^8)(101.725x10^{-9})} \right] = 0.06554 R$$

BorderTargetCellIdList

Cuando se tiene un sector configurado como Cell_Border, es necesario definir los sectores con los cuales se realizará el handoff duro que en este caso será entre frecuencias, por tal motivo el parámetro BorderTargetCellIdList determina los sectores con los cuales el sector borde realizará el handoff duro, teniendo como máximo hasta seis sectores seleccionados en el BorderTargetCellIdList.

III.3 Tabla de parametrización estática de la BTS.

Esta sección describe el significado y uso de los parámetros estáticos de la BTS que están relacionados con la interfase aérea llamada radiofrecuencia.

Los valores iniciales de los parámetros de RF son valores sugeridos por el proveedor, sujeto a cambios por la optimización de la red.

Tipo de parámetro	Nombre del parámetro	Modificable	Rango	Valor sugerido	Nota
Parámetros de adquisición y determinación del sistema	ChannelList	No	25 a 675	Valor determinado por concesión.	Para aplicaciones de multiportadoras, puede tener diferentes valores.
	BAND_CLASS	No	0 o 1	Valor determinado por concesión.	0 = Celular 1 = PCS
	OTAProtocolId	No	IS-95A o JSTD-008	Valor determinado por concesión.	IS-95A para 800MHz JSTD-008 para 1900MHz
	P_REV	NO	0 a 255	Valor determinado por concesión.	1 = 1900 MHz 3 = 800 MHz
Parámetros de control de potencia.	PowerControlGainOffset	Si	-127 a +128	1	Este parámetro ahora es usado para controlar el tiempo en la BTS detecta un problema de T1/E1 y desactiva la BTS.

Tipo de parámetro	Nombre del parámetro	Modificable	Rango	Valor sugerido	Nota
Parámetros de búsqueda y registración.	MAX_SLOT_CYCLE_INDEX	No	0 – 7	2	Selecciona el periodo de tiempo en el que el móvil observa las ranuras de búsqueda.
	REG_ZONE	No	0 – 4095	0	
	TOTAL_ZONES	No	0 – 7	0	Máximo número de zonas donde el móvil puede ser registrado
	ZONE_TIMER	No	0 – 7	0	Indica la longitud del tiempo para registrarse en la zona
Parámetros de habilitación y deshabilitación.	FowardPowerEstimation Enable	No	0 – 1	1	Habilitado
	Digital TxPowerEstimationRate	Si	1 – 200 s	2 s	

ChannelList

Esta lista identifica el número de portadoras en CDMA (CDMA_FREQs) en el actual sector que tiene el canal de búsqueda asociado.

BAND_CLASS.

Este parámetro identifica el rango de frecuencia del sistema.

Para 800 MHz y 1900 MHz la operación es la siguiente:

BAND_CLASS

Valor	Significado	Unidades
0 x 00	Celular	ninguna
0 x 01	PCS	ninguna

PowerControlGainOffset

La ganancia para el subcanal de control de potencia del enlace de bajada es igual al valor del código de la actual ganancia del canal de tráfico del enlace de bajada más el PowerControlGainOffset. Por tal motivo, un incremento o decremento en este parámetro dará como resultado un incremento o decremento lineal en el subcanal de ganancia de control de potencia.

Altos valores de este parámetro incrementan la calidad en el control de potencia de los bits recibidos en el móvil, pero este resultado decrementa la capacidad del enlace de bajada en la red.

Este parámetro también es usado para el control de la cantidad de tiempo en el que la BTS espera para detectar ausencia T1/E1. Un mensaje de inactividad es enviado de la tarjeta TFU ubicada en la BTS hacia la BSC. El PowerControlGainOffset es un entero que determina cuantos mensajes de reconocimiento de inactividad puede la BTS esperar antes de que ésta se

inhabilite. Entonces la BTS se inhabilita para reducir la interferencia hacia el sistema. La BTS puede esperar hasta seis mensajes de reconocimiento de inactividad antes de inhabilitarla.

MAX_SLOT_CYCLE_INDEX.

Este parámetro controla el máximo ciclo de ranuras el cual el móvil puede seleccionar. “*Slot cycle*” indica el periodo de tiempo en el que el móvil observa las ranuras de búsqueda. El ciclo de ranura del móvil es calculado por:

$$T = 1.28 \times 2^i$$

Donde:

T = ciclo de ranura [s]

i = *slot cycle index*

Bajos valores de éste parámetro reducen el tiempo de vida de la batería. Altos valores dan como resultado excesiva espera para que el móvil termine la llamada.

REG_ZONE

Este parámetro identifica el número de zona en el que el móvil se encuentra.

Una zona de registración incluye un grupo de BTSs con un sistema dado (SID) y una red (NID). Las BTSs son identificadas por el SID, NID y REG_ZONE.

TOTAL_ZONES

Este parámetro define el máximo número de zonas donde el móvil puede registrarse.

Altos valores de éste parámetro pueden incrementar carga en el sistema debido a que se requiere de mayor mensajes de búsqueda. Bajos valores de este parámetro pueden causar una innecesaria búsqueda para un móvil

ZONE_TIMER

Este parámetro indica la longitud de tiempo usada por el móvil para determinar la zona de registración.

Después de que este tiempo termina, el móvil se vuelve a registrar para diferente zona. Altos valores de este parámetro pueden resultar en la perdida de registración. Bajos valores de este parámetro pueden resultar en un innecesario mensaje.

ForwardPowerEstimationEnabled

Este parámetro habilita o deshabilita el algoritmo de estimación de la potencia de transmisión del enlace de bajada. Este algoritmo es usado para estimar el exceso de capacidad de enlace de

bajada. La cantidad de exceso de capacidad de enlace de bajada es una entrada a algoritmo de control de la llamada.

Este parámetro habilita el cálculo de la estimación de la potencia digital de transmisión en el enlace de bajada para los tres sectores de la BTS.

Digital TxPowerEstimationRate

El algoritmo que estima el exceso de capacidad del enlace de bajada requiere de una entrada que es la actual potencia total digital de transmisión. Debido a que la potencia total digital de transmisión no es calculada continuamente, DigitalTxPowerEstimationRate es establecida para controlar la taza a la cual este número es calculado.

Bajos valores de este número pueden reducir la cantidad del proceso en tiempo real de la potencia disponible. Altos valores pueden causar que el algoritmo de estimación falle debido a que el algoritmo opera con un valor estimado muy viejo de la potencia de enlace de bajada.

III.3.1 Parámetros de Sector, avanzado y de complemento.

Tipo de parámetro	Nombre del parámetro	Modificable	Rango	Valor sugerido	Nota
Parámetros de OCNS	NumOfOCNSCh	Si	0 – 10	0	Este es el número de canales de tráfico.
	OCNSGainMode	Si	Constant/Variable	Variable	Solo es usado en la prueba de carga de enlace de bajada.
	OCNSRateSet	Si	1 o 2	2	Solo es usado en la prueba de carga de enlace de bajada
Canales superiores	Pilot_Gain	Si	0 – 255	164	
	Sync_Gain	Si	0 – 255	60	
	Paging_Gain	Si	0 - 255	138	
	HandoffBlockingThreshold	No	0 – 4194303 bits cuadrados	0	
	CallBlockingThreshold	No	0 – 4194303		
	MiniPilotToTotalPower	No	-255/16 a 0/16 dB	-187	
	FwdDistributionDelay	No	Unidades de 1/8 PN chips	79	
RvsDistributionDelay	No	Unidades de 1/8 PN chips	212		
Parámetros de control de Potencia y acceso					
Control de potencia de lazo abierto	NOM_PWR	No	-8 a +7	0	Este parámetro está presente tanto en BTS como en los SBS
	INIT_PWR	No	-16 a +15	0	0 dB
	PWR_STEP	No	0 – 7	3	3 dB
	NUM_STEP	No	0 – 15	3	
Control de potencia de lazo cerrado	PWR_REP_TRES	Si	0 – 31	2	
	PWR_REP_FRAMES	Si	0 – 15	15	
	PWR_THRES_ENABLER	Si	0 – 1	1 (verdadero)	
	POWER_PERIOD_ENABLER	Si	0 – 1	0 (falso)	
	POWER_REP_DELAY	Si	0 – 31	1	
Parámetros de acceso	MAX_CAP_SZ	No	0 – 7	2	
	PAM_SZ	No	0 – 15	3	
	PSISTO_9	No	0 – 63	0	

Tipo de parámetro	Nombre del parámetro	Modificable	Rango	Valor sugerido	Nota
	PSIST10-PSIST15	No	0 – 7	0	
	MSG PSIST	No	0 – 7	0	
	REG PSIST	No	0 – 7	0	
	PROBE PN RAN	No	0 – 15	0	
	ACC TMO	No	0 – 15 (x80 ms)	3	
	PROBE BKOFF	No	0 – 15	0	
	BKOFF	No	0 – 15	1	
	MAX REQ_SEQ	No	0 – 15	2	
	MAX RSP_SEQ	No	0 – 15	2	
Adquisición del sistema (información del canal de sincronía)	PRAT	No	0 – 3	1	Búsqueda de medio periodo.
	Pilot_PN	Si	0 – 511	Determinado por el PN-plan	
Parámetros de handoff					
Parámetros de búsqueda de piloto.	SEARCH_WIN_A	Si	0-15 (4-452 PN chips)	5	20 PN chips
	SEARCH_WIN_N	Si	0-15 (4-452 PN chips)	10	100 PN chips
	SEARCH_WIN_R	Si	0-15 (4-452 PN chips)	11	130 PN chips
	NGHBOR_MAX_AGE	Si	0 – 15	0	
Parámetros de energía de piloto.	T_ADD	Si	0-63 (-0.5x dB)	28	-14 dB
	T_DROP	Si	0-63 (-0.5x dB)	32	-16 dB
	T_COMP	Si	0-15 (0.5x dB)	2	1 dB
	T_TDROP	Si	0-15	3	4 segundos
Parámetros de adquisición.	AccesChannelDemodulationSearchWidth	No	25 – 4095 en unidades de 1/8 PN chips	500	Determina la ventana para la aplicación de la multitrayectoria.
	TrafficChannelDemodulationSearchWidth	No	25 – 4095 en unidades de 1/8 PN chips	500	Determina la ventana para la aplicación de la multitrayectoria.

NumOfOCNSCh

Este parámetro controla el número de elementos de canal los cuales son reservados para soportar la acción para simular usuarios. Cuando la red ya tiene usuarios, todos los canales deben ser habilitados para tráfico, ninguno debe ser reservado para OCNS.

Pilot_Gain

El rango para este parámetro es de 0 a 255 que corresponde de 0 a 4 watts.

Si se establece la ganancia demasiado baja, la cobertura del enlace de bajada del sector será reducida, la potencia piloto determina el nivel de E_c/I_o del enlace de bajada.

Si el parámetro se establece demasiado alto, habrá más potencia en el enlace de bajada del canal piloto, pero la cantidad de potencia disponible para los canales de tráfico será disminuida, lo cual reduce la capacidad del enlace de bajada.

Sync_Gain.

El canal de sincronía puede ser transmitido en potencia mucho más baja que el canal piloto y el canal de tráfico, el proveedor indica que el canal de sincronía puede transmitirse en

aproximadamente 10 dB más bajo que la ganancia del piloto (Pilot_Gain). El proveedor recomienda la siguiente ganancia (el rango de este parámetro es de 0 a 255).

Si Pilot_Gain= 192 \Rightarrow Synch_Gain=60 (0.22 W).

Si Pilot_Gain= 164 \Rightarrow Synch_Gain=52 (0.17 W).

Si se establece la ganancia demasiado baja, los móviles que se encuentren en el borde de cobertura del sector, podrían solo adquirir el canal piloto pero no estará capacitado para demodular el canal de sincronía por lo tanto la cobertura del sector estará delimitada por la cobertura del canal de sincronía.

Si el parámetro se establece demasiado alto, se estaría desperdiciando la potencia del canal de bajada y la potencia total disponible del canal de tráfico será reducida. Si la cobertura del canal de sincronía es más grande que la del canal piloto y si un móvil en el borde de cobertura no puede demodular el canal piloto en primera instancia, entonces el móvil tampoco podrá demodular el canal de sincronía.

Paging_Gain.

El propósito de la variación de este parámetro es:

1. Reducir la capacidad del enlace de bajada con la finalidad de reducir el FER para los móviles que se encuentran en el borde de cobertura, o
2. Incrementar la capacidad del enlace de bajada pero reduciendo la fiabilidad del acceso.

El valor recomendado por el proveedor es el siguiente.

Paging_Gain = 138 (Paging Power = 1.8 W).

Como se puede apreciar existe muchos otros parámetros que el proveedor recomienda los valores de inicio pero solo describo los que por experiencia laboral son los posibles modificables para la solución de problemas existentes en la red.

III.4 Hardware.

Así como al inicio de la optimización definimos parámetros iniciales de sistema software, es necesario realizar una minuciosa auditoria en el sistema hardware, esto con el propósito de descartar el equipo de transmisión como el causante del mal desempeño de cierta zona o radiobase-sector.

Cabe señalar que en la actualidad con el crecimiento y desarrollo de las telecomunicaciones, las compañías telefónicas deben de contar con procedimientos y protocolos de aceptación para efectuar la evaluación y recepción de equipos que están involucrados en el servicio telefónico inalámbrico, de este modo cumplir con los estándares que debe mantener la compañía hacia los usuarios para poder ofrecer calidad y competitividad. Debido a que se supone que se realizó el protocolo de recepción de la BTS de manera correcta, consideramos en este caso solo la parte que nos incumbe en la realización de este trabajo de tesis, es decir las líneas de transmisión y antenas, a continuación se describen las partes a auditar.

III.4.1 Auditoria en antenas.

EQUIPO REQUERIDO

Cinturón de seguridad con bandola.

Brújula (preferentemente de baño de aceite).

Binoculares (preferentemente con brújula integrada).

Inclinómetro digital.

Medidor de distancia digital.

INSTRUCCIONES

Esta prueba no es una prueba de afectación de servicio, por lo que se puede realizar a cualquier hora, preferiblemente a la luz del día, ya que muchas veces los instrumentos antes mencionados no cuentan con iluminación integrada o no es posible usarlos de noche.

Con los datos de ingeniería del sitio en cuestión, y con los binoculares medir el acimut de cada sector, para esto realizar la siguiente recomendación.

1. Colocarse al lado de un sector, como a unos 50 m si es posible, de tal forma que las antenas se vean de canto, si los binoculares tienen brújula integrada esta medición es más fácil de obtener, si no proceda como sigue.
2. En el lugar en donde se determinó que las antenas están una detrás de la otra y están perfectamente traslapadas, tomar la brújula, y mire por el colimador de la misma para encontrar el ángulo en el que se encuentran.
3. En ambos casos 2 o 3, sin dejar de observar la brújula gire su cuerpo en la dirección en que apuntan las antenas, si la brújula aumenta su valor entonces a la medición que obtuvo al encontrar las antenas perfectamente traslapadas suma 90° y esta será la orientación correcta de las mismas, si por el contrario al girar el cuerpo en dirección que apuntan las antenas, la brújula disminuye su valor, entonces reste 90° a la medición anterior.

4. Las antenas deberán de estar también perfectamente paralelas a su soporte horizontal (comúnmente llamado Boom), por lo que debe de coincidir el traslape de estas con el acimut del soporte, a menos que por cuestiones de instalación, las antenas se encuentren montadas en mástiles independientes, en este caso solamente busque en el arco el traslape de antenas o antena en el caso de que la antena en el sector sea cros polarizada.
5. Para determinar la inclinación de cada antena será necesario subir hasta donde se encuentran estas, **POR LO QUE SE RECOMIENDA EXTREMA PRECAUCIÓN, si no tiene experiencia para subir a una torre NO SUBA, y deje este trabajo a un experto.**
6. Coloque el inclinómetro en la parte posterior de la antena y anote la lectura.
7. Para determinar la altura de los centros de radiación utilice el medidor de distancia, colocándose exactamente debajo de cada antena, y dispere el láser del medidor a la base de la antena, sume a esta medición su altura promedio.
8. Llene la tabla que a continuación se presenta.

Sector	No. Antena	Datos de diseño				Datos de auditoria en campo			
		Acimut [°]	Inclinación [°]	Altura [m]	Modelo de antena	Acimut [°]	Inclinación [°]	Altura [m]	Modelo de antena
Alfa	Rx0								
	Rx1								
Beta	Rx0								
	Rx1								
Gama	Rx0								
	Rx1								

III.4.2 Procedimiento de prueba de pérdida por retorno del sistema de transmisión de RF en BTS.

Este documento muestra el modo de cómo se debe realizar el barrido de una antena de transmisión o de recepción en la banda de CDMA 1900 y los valores aceptables con base en la pérdida por retorno en el sistema de transmisión.

EQUIPO REQUERIDO

Analizador de espectro con generador de barrido o tracking (Anritsu Sitemaster II, BIRD, HP 8935)

LapTop con el programa “BTS laptop Utilities”, SAT32 de BIRD o SMTS32 de Anritsu.

Kit de Cables de RF para el equipo HP8935

Kit Adaptadores de RF para el equipo HP8935

CONSIDERACIONES

La pérdida por retorno es la relación en dBm de la onda incidente contra la onda reflejada medida en voltaje, de allí que si se cuenta con el valor de VSWR, se puede cambiar este valor a dB mediante la fórmula:

$$|\Gamma| = \frac{VSWR + 1}{VSWR - 1}$$

Dado que se esta trabajando con voltajes entonces la fórmula que relaciona estos con dBm es:

$$RL = -20 \log_{10} (|\Gamma|)$$

A partir de esta ecuación se puede establecer una referencia en donde esta se establece como (-14dBm) de RL que equivaldría a un coeficiente de reflexión en el sistema de 0.2 o 20%, dicho en otras palabras del 100% que envía el generador a la carga, el 20% se regresa o se tiene una relación de onda estacionaria de 1:1.5.

Con estas consideraciones se tiene que los fabricantes de antenas que se utilizan en este trabajo marcan como sus valores estándar de antenas:

Decibel antenas valor nominal RL	= -15.6 dB
Allgon antenas valor nominal RL	= -17.7 dB
EMS antenas valor nominal RL	= -16.5 dB
CCS antenas valor nominal RL	= -16.5 dB
RFS antenas valor nominal RL	= -14.0 dB

Las líneas de transmisión y su atenuación a 2000MHz que se utilizan en este trabajo son:

LDF7-50A de 1' 5/8" con 3.7dB de atenuación @100m línea de transmisión principal (*feeder*)

LDF5-50A de 7/8" con 6.1dB de atenuación @ 100m línea de transmisión principal (*feeder*)

LDF4-50A de 1/2" con 10.7dB de atenuación @ 100m línea de conexión (*jumper* antena)

FSJ4-50A DE 1/2" con 17.6dB de atenuación @ 100m línea de conexión (*jumper* radio)

Si consideramos que la pérdida por retorno es la suma de varias de las atenuaciones en dB's, podemos aplicar que el término retorno es la señal que llegó a la carga y regresó, por lo que se deduce que:

$$RL[dB] = -2 \left\{ (RL_{conexión\ equipo-línea}) + (RL_{Línea}) + (RL_{conexión\ línea-antena}) + 1 \right\} + (RL_{antena})$$

Ejemplo:

Calcular la pérdida por retorno de un conjunto de transmisión compuesto con los siguientes elementos:

- 6m de línea de conexión del radio de Tx a línea, la línea es modelo LDF4-50A.

- 40m de línea de transmisión, la línea es modelo LDF7-50A.
- 3m de línea de conexión de línea principal a antena, la línea es modelo LDF4-50A.
- Antena de transmisión marca Allgon.

$$RL[dB] = -2\{(0.06 * 10.7) + (0.3 * 3.7) + (0.03 * 10.7) + 1\} + (-17.7) = -23.8[dB]$$

Este valor esta calculado con base en las atenuaciones en la línea de transmisión, conforme a lo establecido por los fabricantes, el equipo de medición realiza ésta con base en la pérdida por retorno en cada uno de los puntos del sistema, por medio de una señal de barrido o *tracking* que se inyecta al sistema, por lo que como el sistema de transmisión es un sistema que se construye en sitio, se debe de considerar una tolerancia al valor antes obtenido, de ± 2 dB.

La pérdida por retorno afecta a la señal desde que sale del puerto del generador por lo que entre más bajo sea este valor más bajo será el coeficiente de reflexión en el sistema, en nuestro caso comienza en el puerto de salida del equipo de radiación.

PROCEDIMIENTO

Esta es una prueba de afectación de tráfico por lo que se recomienda realizarla en ventana de mantenimiento

Dado que el sistema CDMA transmite siempre en la misma frecuencia, se recomienda apagar toda la radiobase durante la prueba ya que se tendría una “interferencia”, la cual no sería otra cosa mas que nuestra propia señal del sector contiguo. El procedimiento esta diseñado para realizarse con el equipo HP9835, pero se puede aplicar al los equipos Anritsu y Bird.

1. Encienda el equipo HP, y presione la tecla de *MENU*, con la perilla pase a la opción de *Select Procedure Location*, presione la perilla y escoja la opción de *ROM*, en la sección de *Select Procedure Filename*, presione la perilla y escoja *RF_TOOLS*, a continuación presione *RUN* o *KI* y seleccione en las opciones que aparecen de *RF TOOLS*, *Sweep Return Loss* presione la perilla (fig. 3.2.1)

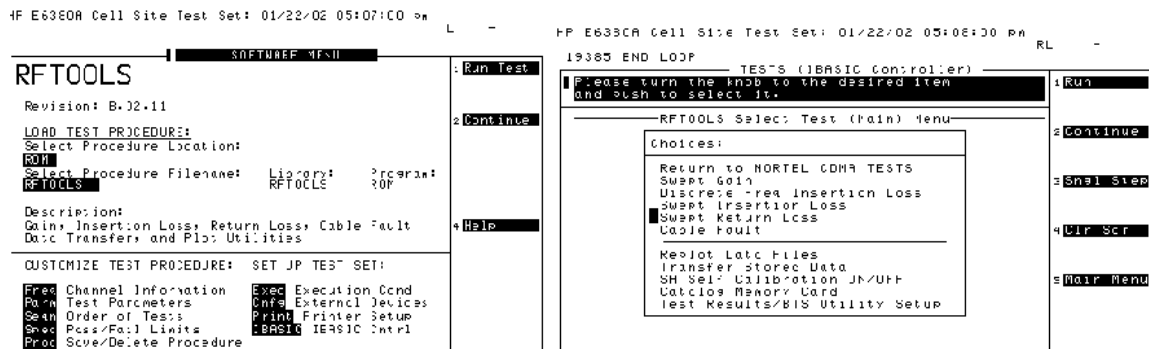


Fig. 3.2.1

- Enseguida aparecerá otra pantalla la cual le indica la configuración del generador, en esta pantalla en *Start Frequency* asignar el valor de 1845 MHz, en *Stop Frequency* el valor de 1945 MHz, en *Max expected loss in dB* asigne el valor de 40, y en *DUPLEX OUT* ponga un valor de 0 (cero), esto indicará que se están inyectando 0dBm al sistema, entre más bajo sea el valor recibido al final de la prueba significa que el coeficiente de reflexión es pequeño (fig. 3.2.2).

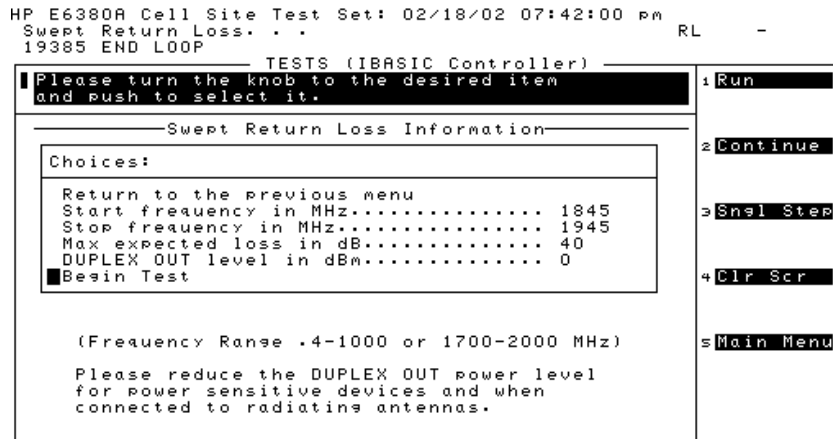


Fig. 3.2.2

- Presione *Begin Test* o *K1* y aparecerá la pantalla de conexión de calibración, siga las instrucciones que le indica la pantalla (fig.3.2.3)

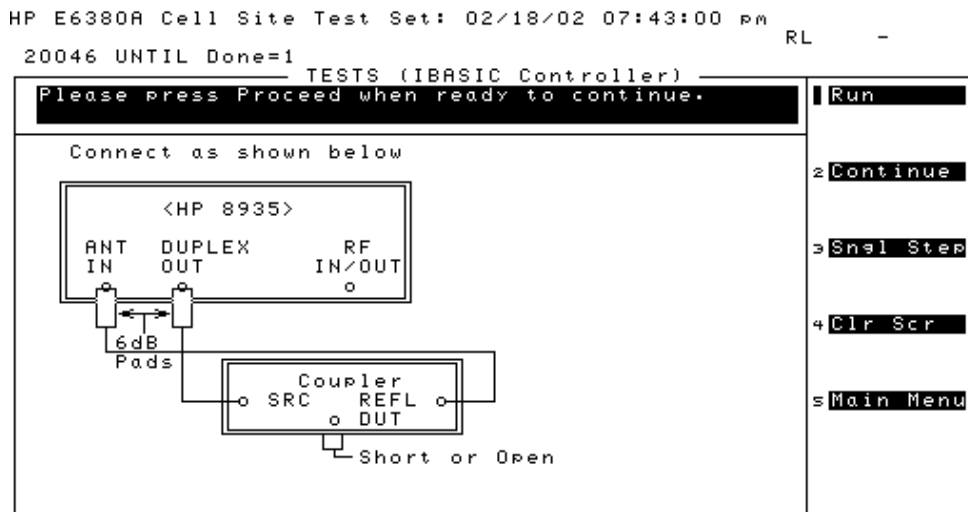


Fig. 3.2.3

- Encienda la laptop y habilite el programa *BTS laptop Utilities* y la opción *Screen Capture* conecte la computadora al puerto P9 del equipo HP con un cable DB9 H-H

5. Solicite al área autorizada que ponga todos los sectores de la radiobase en modo *LOCK*.
6. Una vez que le notifique que los sectores están completamente *Wilted*, desconecte los cables de los puertos D2 y D6 del FRM (fig.3.2.4) en que empezará a trabajar (se recomienda empezar con Alfa). Fig. 3.2.4.

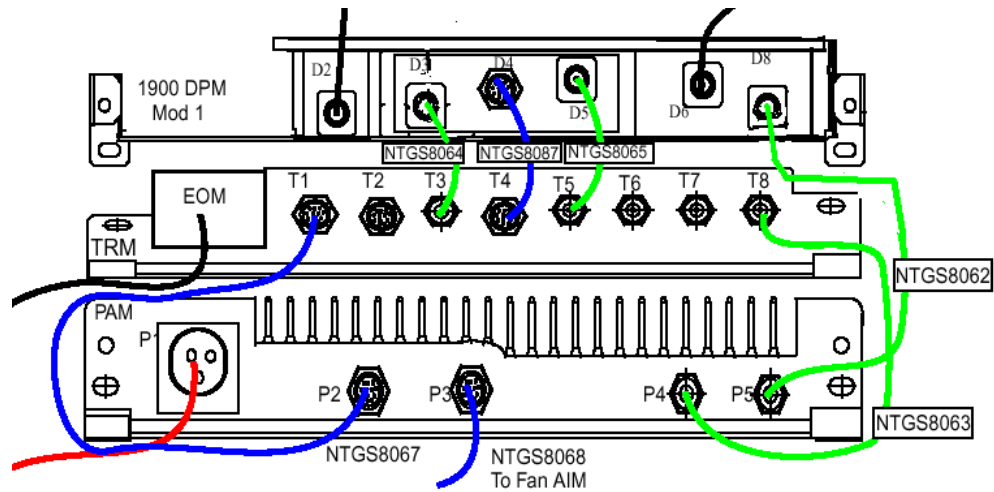


Fig.3.2.4

7. Vuelva a presionar *Proceed* o *K1* y el instrumento le indicará que está en etapa de calibración, al terminar entonces le solicitará que conecte el dispositivo bajo prueba (*DUT*) en nuestro caso comience con el cable del puerto *D2* o *RX0* (fig.3.2.5).

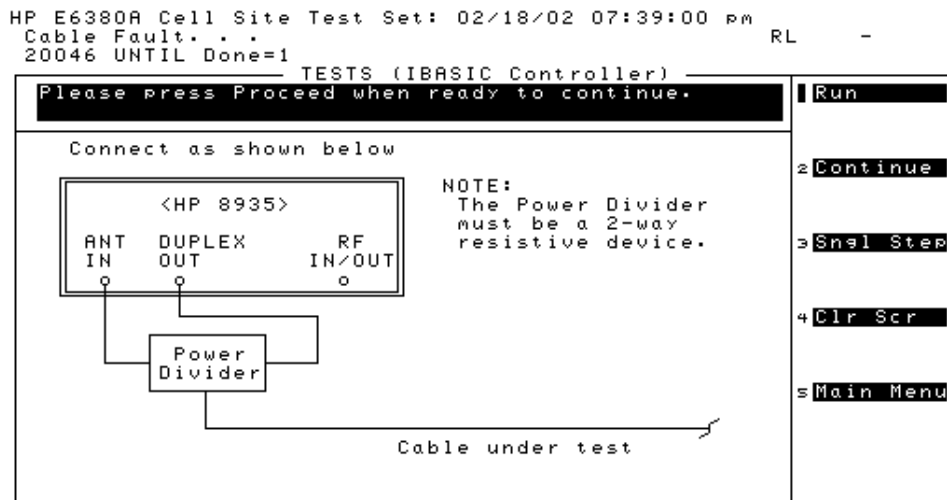


Fig.3.4.5

- Presione la tecla *Proceed* o *K1* y espere a que el instrumento le presente una pantalla como la siguiente (fig.3.2.6):

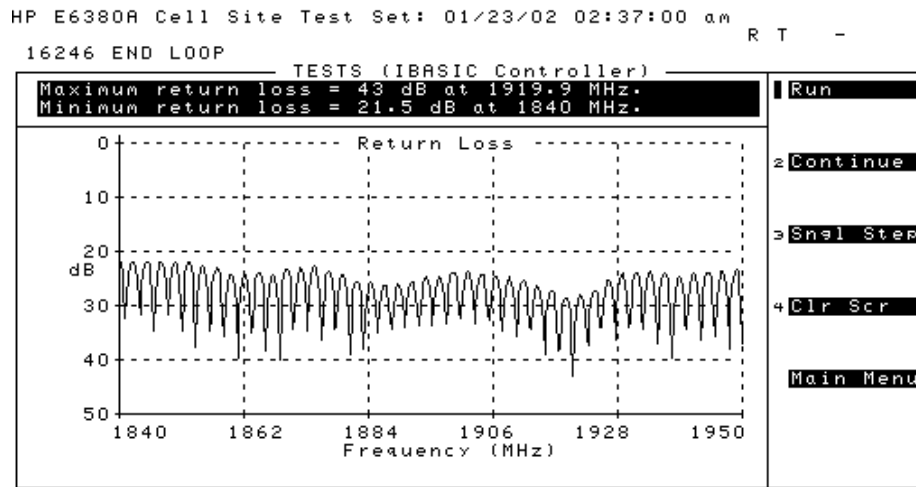


Fig.3.2.6

- Ahora en el panel de *Generator/Analyzer* presione la tecla que dice *Spec Anl* y el instrumento pasa a la opción de analizador de espectro en tiempo real, en donde podremos asignar 2 marcadores y ver los valores de pérdida por retorno en TX y en RX (fig.3.2.7).

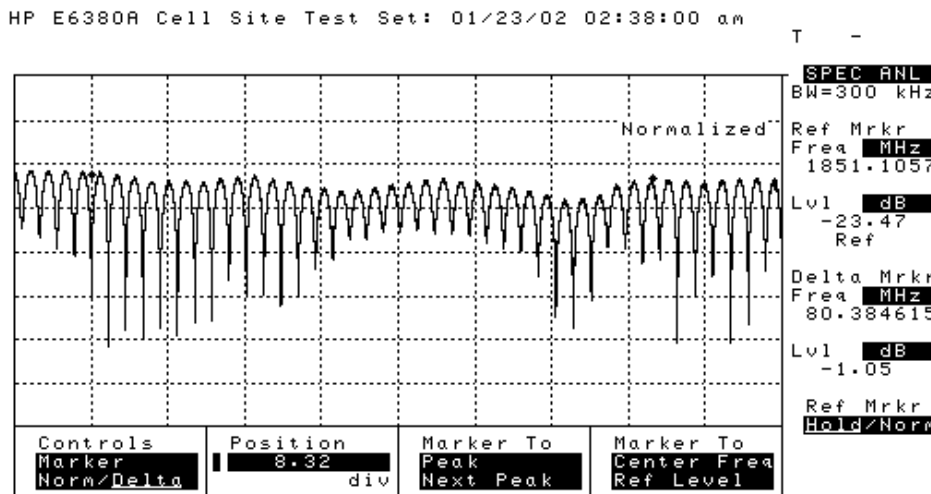


Fig.3.2.7

- En este punto es importante sacudir suavemente el *jumper* que esta conectado al acoplador y observar la pantalla del instrumento, si el barrido al momento de sacudir el *jumper* varía o no se mantiene estable, esto es indicación de que el *jumper* esta dañado, y necesita ser reemplazado, esta prueba también se puede aplicar para verificar que los cables de prueba ya están vencidos y es conveniente reemplazarlos.

11. Estando en analizador de espectro en la opción de *Main*, presionar la perilla, y pasar a la opción de *Marker*, abrir este menú y cambiar el cursor a *Position*, en *Position* presionar la perilla selectora y en el recuadro de la derecha girando la perilla hacia la izquierda veremos que el valor del *Marker* llegue aproximadamente al valor de 1851MHz, que es la frecuencia de RX de la red en estudio, al tener el *Marker* en este valor volver a presionar la perilla para regresar a la ventana de CONTROLS, poner el cursor en *Norm/Delta* y presionar para que el cursor ahora tome el menú Delta, pasar el cursor nuevamente a *Position*, presionar la perilla y gírela hacia la derecha, y observe el recuadro de la derecha, cuando el *Delta Mrkr* indique aproximadamente 80MHz estaremos alcanzando el valor de RL en la frecuencia de TX, con el *Software* “*BTS laptop Utilities*” grabe esta pantalla con el formato

Ejemp. WWW-123A0_RL

En donde las primeras tres letras el guión y el número es el identificador de la radiobase, la letra a continuación de los números es el sector (Alfa, Beta, Gamma) y a continuación un cero ó un uno indicando si se trata de la línea principal (cero) o la de diversidad (uno) por último un guión bajo y las letras RL que indican *Return Loss*. El programa graba la información en archivo de imagen.

10. Presione la tecla *Pause/Continue* y regresará al menú de *RF TOOLS*, presione la tecla *K1* o *Proceed* y aparecerá una pantalla con los resultados en VSWR en la máximo y mínimo pérdida por retorno que el instrumento encontró en el barrido, este resultado no siempre satisface nuestras expectativas de medición, es por eso que los valores se toman de la prueba de analizador de espectro en tiempo real (fig.3.2.8).

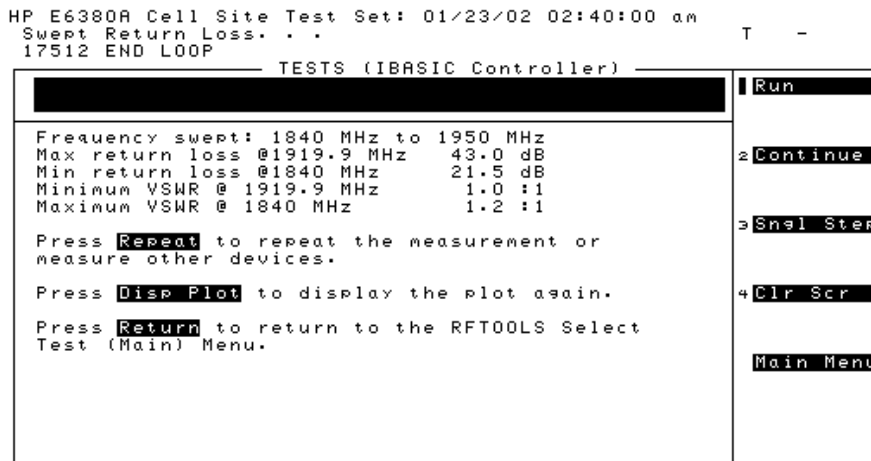


Fig.3.2.8

11. Presione la tecla *K1* o *Proceed* y cambie el cable o *jumper* que esta probando, por ejemplo si comenzó en D2, pase a D6 y viceversa, repita las mediciones desde el paso 8, para todos los sectores de la radiobase.

-
-
12. Reconecte el *jumper* del puerto que trabajó, con cuidado para no trasroscar el conector, gire y apriete el conector con la mano hasta el tope y en ese punto apriete con unas pinzas dando solamente $\frac{1}{4}$ de vuelta, verifique la correcta colocación del conector tomando el cable unos 3 cm antes del conector, una vez fijado, sacudiéndolo muy suavemente, si se siente flojo, retírelo y repita la operación.

 13. Una vez terminados todos los sectores y colocados los jumpers en su posición, solicite al área autorizada que ponga a todos los FRM's en modo *UNLOCK*.

CAPÍTULO IV

APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE OPTIMIZACION

APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE OPTMIZACION.

Para efectos de este trabajo aplicaremos los procedimientos descritos anteriormente para una red en etapa de crecimiento y maduración, esto es para una zona que será el municipio de Ecatepec, Estado de México.

IV.1 Criterios iniciales.

Debido a que es una red que se encuentra en etapa de crecimiento y maduración omitiremos algunas etapas que se consideran ya establecidas.

IV.2 Auditoria de las tablas de parametrización.

Como primera instancia empezaremos con la auditoria de las tablas de parametrización.

IV.1.1.1 Parámetros del Subsistema de banco selector (SBS).

La consulta de estos parámetros son arrojados en formato texto como se muestra en la siguiente figura.

```
Consulta sin errores, reporte:
Fri Feb 21 16:53:28 CST 2004 agu      acceso exitoso
Información obtenida:

"0%:CBS1:SBSs1:SBSCSubsystem1:Root1:SBS1:SelectorSubsystem1"
{
  Parent = 22.3.0.16.1.1,
  Children =
  {
    0
  },
  CDA_ACNAddress =
  {
    ACNNodeId = 0
  },
  PowerControl =
  {
    RateSet1Data =
    {
      PrRXerror =
      {
        5 =
        0 = 8,
        1 = 24,
        2 = 40,
        3 = 40,
        4 = 8
      },
      RRXincrease =
      {
```

Fig. 4.1

Para facilitar la lectura, a continuación mostraremos los datos arrojados en forma tabular, estos son los datos obtenidos de la consulta.

Nombre del parámetro	Valor	Observaciones
PrRXerror (FER%)		
Full	8	Correcto

Half	24	Correcto
Quarter	40	Correcto
Eight	40	Correcto
Desconocido	8	Correcto
RRXincrease		
Full	42	Correcto
Half	14	Correcto
Quarter	7	Correcto
Eight	7	Correcto
Desconocido	14	Correcto
PRXlower	1562	Correcto
PRXupper	3123	Correcto
PRXstart	2611	Correcto
PrTxerror	24	Correcto
RTXincrease	24	Correcto
PTXlower	-3584	Modificado previamente de -16 a -14 dB para mejorar FER.
PTXupper	-512	Correcto
PTXstart	-1024	Correcto
TxFramErrCnt	2	Correcto
TXPilotGain	164	Correcto
PILOT_INC	4	Correcto
NUM_PREAMBLE	0	Correcto

Tabla 4.1

Como se puede observar, esta tabla de parametrización se encuentra establecida correctamente, salvo el cambio de **PTXlower** modificado previamente a este trabajo.

IV.1.2 Parámetros de base de datos piloto

A continuación se muestra el resultado de la revisión de esta tabla de parametrización.

ExtendedBaseID	Pilot_PN	ForwardGain	CellType	MultiPilotHH OEnabled	SEARCH _WIN_A	SEARCH _WIN_N	SEARCH _WIN_R	T_ADD	T_DROP	T_COMP	T_TDROP	T_ADD OFFSET _A	T_ADD OFFSET _B	T_DROP OFFSET _A	T_DROP OFFSET _B	T_COMP OFFSET _A	T_COMP OFFSET _B	T_TDR P_OFFSET _B	Border RelPilotRTD Thresh	BorderTarget CellIdList
1501_01_1900_0025	4	0	cell_standard	false	5	10	11	28	32	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0*
1501_02_1900_0025	8	0	cell_standard	false	5	10	11	28	32	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0*
1501_03_1900_0025	12	0	cell_standard	false	5	10	11	28	32	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0*
1502_01_1900_0025	16	0	cell_standard	false	5	10	11	28	32	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0*
1502_02_1900_0025	20	0	cell_standard	false	5	10	11	28	32	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0*
1502_03_1900_0025	24	0	cell_standard	false	5	10	11	28	32	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0*
1503_01_1900_0025	28	0	cell_standard	false	5	10	11	28	32	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0*
1503_02_1900_0025	32	0	cell_standard	false	5	10	11	28	32	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0*
1503_03_1900_0025	36	0	cell_standard	false	5	10	11	28	32	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0*
1504_01_1900_0025	40	0	cell_standard	false	5	10	11	28	32	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0*
1504_02_1900_0025	44	0	cell_standard	false	5	10	11	28	32	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0*
1504_03_1900_0025	48	0	cell_standard	false	5	10	11	28	32	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0*
1505_01_1900_0025	52	0	cell_standard	false	5	10	11	28	32	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0*
1505_02_1900_0025	56	0	cell_standard	false	5	10	11	28	32	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0*
1505_03_1900_0025	60	0	cell_standard	false	5	10	11	28	32	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0*
1506_01_1900_0025	64	0	cell_standard	false	5	10	11	28	32	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0*
1506_02_1900_0025	68	0	cell_standard	false	5	10	11	28	32	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0*
1506_03_1900_0025	72	0	cell_standard	false	5	10	11	28	32	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0*
1507_01_1900_0025	76	0	cell_standard	false	5	10	11	28	32	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0*
1507_02_1900_0025	80	0	cell_standard	false	5	10	11	28	32	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0*
1507_03_1900_0025	84	0	cell_standard	false	5	10	11	28	32	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0*
1508_01_1900_0025	88	0	cell_standard	false	5	10	11	28	32	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0*
1508_02_1900_0025	92	0	cell_standard	false	5	10	11	28	32	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0*
1508_03_1900_0025	96	0	cell_standard	false	5	10	11	28	32	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0*
1509_01_1900_0025	100	0	cell_standard	false	5	10	11	28	32	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0*
1509_02_1900_0025	104	0	cell_standard	false	5	10	11	28	32	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0*
1509_03_1900_0025	108	0	cell_standard	false	5	10	11	28	32	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0*
1510_01_1900_0025	112	0	cell_standard	false	5	10	11	28	32	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0*
1510_02_1900_0025	116	0	cell_standard	false	5	10	11	28	32	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0*
1510_03_1900_0025	120	0	cell_standard	false	5	10	11	28	32	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0*
1511_01_1900_0025	124	0	cell_standard	false	5	10	11	28	32	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0*
1511_02_1900_0025	128	0	cell_standard	false	5	10	11	28	32	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0*
1511_03_1900_0025	132	0	cell_standard	false	5	10	11	28	32	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0*
1512_01_1900_0025	136	0	cell_standard	false	5	10	11	28	32	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0*
1512_02_1900_0025	140	0	cell_standard	false	5	10	11	28	32	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0*
1512_03_1900_0025	144	0	cell_standard	false	5	10	11	28	32	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0*
1513_01_1900_0025	148	0	cell_standard	false	5	10	11	28	32	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0*
1513_02_1900_0025	152	0	cell_standard	false	5	10	11	28	32	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0*
1513_03_1900_0025	156	0	cell_standard	false	5	10	11	28	32	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0*
1514_01_1900_0025	160	0	cell_standard	false	5	10	11	28	32	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0*
1514_02_1900_0025	164	0	cell_standard	false	5	10	11	28	32	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0*
1514_03_1900_0025	168	0	cell_standard	false	5	10	11	28	32	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0*



Como se puede observar en la tabla de base de datos piloto no se encontró ninguna diferencia con los valores recomendados por el proveedor, por tal motivo esta tabla de parametrización es correcta.

IV.2.1 Tabla de parametrización estática de la BTS.

A continuación se muestran los valores obtenidos de la consulta realizada a la tabla de parametrización estática de la BTS.

ExtendedBaseID	ChannelList	BAND_CLASS	OTAProtocolId	P_REV	PowerControlGainOffset	MAX_SLOT_CYCLE_IN_DEX	REG_ZONE	TOTAL_ZONES	ZONE_TIMER	FowardPowerEstimationEnable	DigitalTxPowerEstimationRate
1501_01_1900_0025	25	1	J STD_008	1	1	2	0	0	0	TRUE	2
1501_02_1900_0025	25	1	J STD_008	1	1	2	0	0	0	TRUE	2
1501_03_1900_0025	25	1	J STD_008	1	1	2	0	0	0	TRUE	2
1502_01_1900_0025	25	1	J STD_008	1	1	2	0	0	0	TRUE	2
1502_02_1900_0025	25	1	J STD_008	1	1	2	0	0	0	TRUE	2
1502_03_1900_0025	25	1	J STD_008	1	1	2	0	0	0	TRUE	2
1503_01_1900_0025	25	1	J STD_008	1	1	2	0	0	0	TRUE	2
1503_02_1900_0025	25	1	J STD_008	1	1	2	0	0	0	TRUE	2
1503_03_1900_0025	25	1	J STD_008	1	1	2	0	0	0	TRUE	2
1504_01_1900_0025	25	1	J STD_008	1	1	2	0	0	0	TRUE	2
1504_02_1900_0025	25	1	J STD_008	1	1	2	0	0	0	TRUE	2
1504_03_1900_0025	25	1	J STD_008	1	1	2	0	0	0	TRUE	2
1505_01_1900_0025	25	1	J STD_008	1	1	2	0	0	0	TRUE	2
1505_02_1900_0025	25	1	J STD_008	1	1	2	0	0	0	TRUE	2
1505_03_1900_0025	25	1	J STD_008	1	1	2	0	0	0	TRUE	2
1506_01_1900_0025	25	1	J STD_008	1	1	2	0	0	0	TRUE	2
1506_02_1900_0025	25	1	J STD_008	1	1	2	0	0	0	TRUE	2
1506_03_1900_0025	25	1	J STD_008	1	1	2	0	0	0	TRUE	2
1507_01_1900_0025	25	1	J STD_008	1	1	2	0	0	0	TRUE	2
1507_02_1900_0025	25	1	J STD_008	1	1	2	0	0	0	TRUE	2
1507_03_1900_0025	25	1	J STD_008	1	1	2	0	0	0	TRUE	2
1508_01_1900_0025	25	1	J STD_008	1	1	2	0	0	0	TRUE	2
1508_02_1900_0025	25	1	J STD_008	1	1	2	0	0	0	TRUE	2
1508_03_1900_0025	25	1	J STD_008	1	1	2	0	0	0	TRUE	2
1509_01_1900_0025	25	1	J STD_008	1	1	2	0	0	0	TRUE	2
1509_02_1900_0025	25	1	J STD_008	1	1	2	0	0	0	TRUE	2
1509_03_1900_0025	25	1	J STD_008	1	1	2	0	0	0	TRUE	2
1510_01_1900_0025	25	1	J STD_008	1	1	2	0	0	0	TRUE	2
1510_02_1900_0025	25	1	J STD_008	1	1	2	0	0	0	TRUE	2
1510_03_1900_0025	25	1	J STD_008	1	1	2	0	0	0	TRUE	2
1511_01_1900_0025	25	1	J STD_008	1	1	2	0	0	0	TRUE	2
1511_02_1900_0025	25	1	J STD_008	1	1	2	0	0	0	TRUE	2
1511_03_1900_0025	25	1	J STD_008	1	1	2	0	0	0	TRUE	2
1512_01_1900_0025	25	1	J STD_008	1	1	2	0	0	0	TRUE	2
1512_02_1900_0025	25	1	J STD_008	1	1	2	0	0	0	TRUE	2
1512_03_1900_0025	25	1	J STD_008	1	1	2	0	0	0	TRUE	2
1513_01_1900_0025	25	1	J STD_008	1	1	2	0	0	0	TRUE	2
1513_02_1900_0025	25	1	J STD_008	1	1	2	0	0	0	TRUE	2
1513_03_1900_0025	25	1	J STD_008	1	1	2	0	0	0	TRUE	2
1514_01_1900_0025	25	1	J STD_008	1	1	2	0	0	0	TRUE	2
1514_02_1900_0025	25	1	J STD_008	1	1	2	0	0	0	TRUE	2
1514_03_1900_0025	25	1	J STD_008	1	1	2	0	0	0	TRUE	2

Como se puede observar, no existe ningún problema con ésta tabla de parametrización.

IV.2.2 Parámetros de sector, de sector avanzado y de complemento.

Debido a lo extenso de la tabla, se dividirá en cuatro partes.

ExtendedBaseID	NumOf OCNSCh	OCNSGain Mode	OCNS	Pilot_G ain	Sync_ Gain	Paging Gain	HandoffBlocking Threshold	CallBlocking Threshold	MiniPilot ToTotalPower	FwdDistribution Delay	RvsDistribution Delay
1501_01_1900_0025	0	Variable	2	164	60	148	0	220000	-187	79	212
1501_02_1900_0025	0	Variable	2	164	60	148	0	220000	-187	79	212
1501_03_1900_0025	0	Variable	2	164	60	148	0	220000	-187	79	212
1502_01_1900_0025	0	Variable	2	164	60	148	0	220000	-187	79	212
1502_02_1900_0025	0	Variable	2	164	60	148	0	220000	-187	79	212
1502_03_1900_0025	0	Variable	2	164	60	148	0	220000	-187	79	212
1503_01_1900_0025	0	Variable	2	164	60	148	0	220000	-187	79	212
1503_02_1900_0025	0	Variable	2	164	60	148	0	220000	-187	79	212
1503_03_1900_0025	0	Variable	2	164	60	148	0	220000	-187	79	212
1504_01_1900_0025	0	Variable	2	164	60	148	0	220000	-187	79	212
1504_02_1900_0025	0	Variable	2	164	60	148	0	220000	-187	79	212
1504_03_1900_0025	0	Variable	2	164	60	148	0	220000	-187	79	212
1505_01_1900_0025	0	Variable	2	164	60	148	0	220000	-187	79	212
1505_02_1900_0025	0	Variable	2	164	60	148	0	220000	-187	79	212
1505_03_1900_0025	0	Variable	2	164	60	148	0	220000	-187	79	212
1506_01_1900_0025	0	Variable	2	164	60	148	0	220000	-187	79	212
1506_02_1900_0025	0	Variable	2	164	60	148	0	220000	-187	79	212
1506_03_1900_0025	0	Variable	2	164	60	148	0	220000	-187	79	212
1507_01_1900_0025	0	Variable	2	164	60	148	0	220000	-187	79	212
1507_02_1900_0025	0	Variable	2	164	60	148	0	220000	-187	79	212
1507_03_1900_0025	0	Variable	2	164	60	148	0	220000	-187	79	212
1508_01_1900_0025	0	Variable	2	164	60	148	0	220000	-187	79	212
1508_02_1900_0025	0	Variable	2	164	60	148	0	220000	-187	79	212
1508_03_1900_0025	0	Variable	2	164	60	148	0	220000	-187	79	212
1509_01_1900_0025	0	Variable	2	164	60	148	0	220000	-187	79	212
1509_02_1900_0025	0	Variable	2	164	60	148	0	220000	-187	79	212
1509_03_1900_0025	0	Variable	2	164	60	148	0	220000	-187	79	212
1510_01_1900_0025	0	Variable	2	164	60	148	0	220000	-187	79	212
1510_02_1900_0025	0	Variable	2	164	60	148	0	220000	-187	79	212
1510_03_1900_0025	0	Variable	2	164	60	148	0	220000	-187	79	212
1511_01_1900_0025	0	Variable	2	164	60	148	0	220000	-187	79	212
1511_02_1900_0025	0	Variable	2	164	60	148	0	220000	-187	79	212
1511_03_1900_0025	0	Variable	2	164	60	148	0	220000	-187	79	212
1512_01_1900_0025	0	Variable	2	164	60	148	0	220000	-187	79	212
1512_02_1900_0025	0	Variable	2	164	60	148	0	220000	-187	79	212
1512_03_1900_0025	0	Variable	2	164	60	148	0	220000	-187	79	212
1513_01_1900_0025	0	Variable	2	164	60	148	0	220000	-187	79	212
1513_02_1900_0025	0	Variable	2	164	60	148	0	220000	-187	79	212
1513_03_1900_0025	0	Variable	2	164	60	148	0	220000	-187	79	212
1514_01_1900_0025	0	Variable	2	164	60	148	0	220000	-187	79	212
1514_02_1900_0025	0	Variable	2	164	60	148	0	220000	-187	79	212
1514_03_1900_0025	0	Variable	2	164	60	148	0	220000	-187	79	212

ExtendedBaseID	NOM_PWR	INIT_PWR	PWR_STEP	NUM_STEP	PWR_RE_P_TRES	PWR_REP_FRAMES	PWR_THRES_ENABLE	POWER_PERIOD_ENABLE	POWER_REP_DELAY
1501_01_1900_0025	0	0	3	3	2	15	1	0	1
1501_02_1900_0025	0	0	3	3	2	15	1	0	1
1501_03_1900_0025	0	0	3	3	2	15	1	0	1
1502_01_1900_0025	0	0	3	3	2	15	1	0	1
1502_02_1900_0025	0	0	3	3	2	15	1	0	1
1502_03_1900_0025	0	0	3	3	2	15	1	0	1
1503_01_1900_0025	0	0	3	3	2	15	1	0	1
1503_02_1900_0025	0	0	3	3	2	15	1	0	1
1503_03_1900_0025	0	0	3	3	2	15	1	0	1
1504_01_1900_0025	0	0	3	3	2	15	1	0	1
1504_02_1900_0025	0	0	3	3	2	15	1	0	1
1504_03_1900_0025	0	0	3	3	2	15	1	0	1
1505_01_1900_0025	0	0	3	3	2	15	1	0	1
1505_02_1900_0025	0	0	3	3	2	15	1	0	1
1505_03_1900_0025	0	0	3	3	2	15	1	0	1
1506_01_1900_0025	0	0	3	3	2	15	1	0	1
1506_02_1900_0025	0	0	3	3	2	15	1	0	1
1506_03_1900_0025	0	0	3	3	2	15	1	0	1
1507_01_1900_0025	0	0	3	3	2	15	1	0	1
1507_02_1900_0025	0	0	3	3	2	15	1	0	1
1507_03_1900_0025	0	0	3	3	2	15	1	0	1
1508_01_1900_0025	0	0	3	3	2	15	1	0	1
1508_02_1900_0025	0	0	3	3	2	15	1	0	1
1508_03_1900_0025	0	0	3	3	2	15	1	0	1
1509_01_1900_0025	0	0	3	3	2	15	1	0	1
1509_02_1900_0025	0	0	3	3	2	15	1	0	1
1509_03_1900_0025	0	0	3	3	2	15	1	0	1
1510_01_1900_0025	0	0	3	3	2	15	1	0	1
1510_02_1900_0025	0	0	3	3	2	15	1	0	1
1510_03_1900_0025	0	0	3	3	2	15	1	0	1
1511_01_1900_0025	0	0	3	3	2	15	1	0	1
1511_02_1900_0025	0	0	3	3	2	15	1	0	1
1511_03_1900_0025	0	0	3	3	2	15	1	0	1
1512_01_1900_0025	0	0	3	3	2	15	1	0	1
1512_02_1900_0025	0	0	3	3	2	15	1	0	1
1512_03_1900_0025	0	0	3	3	2	15	1	0	1
1513_01_1900_0025	0	0	3	3	2	15	1	0	1
1513_02_1900_0025	0	0	3	3	2	15	1	0	1
1513_03_1900_0025	0	0	3	3	2	15	1	0	1
1514_01_1900_0025	0	0	3	3	2	15	1	0	1
1514_02_1900_0025	0	0	3	3	2	15	1	0	1
1514_03_1900_0025	0	0	3	3	2	15	1	0	1

ExtendedBaseID	MAX_CAP_SZ	PAM_SZ	PSIST0_9	PSIST10-PSIST15	MSG_PSIST	REG_PSIST	PROBE_PN_RAN	ACC_TMO	PROBE_BKOFF	BKOFF	MAX_REQ_SEQ	MAX_RSP_SEQ	PRAT	Pilot_PN	
1501_01_1900_0025	2	3	0	0	0	0	0	0	3	0	1	2	2	1	4
1501_02_1900_0025	2	3	0	0	0	0	0	0	3	0	1	2	2	1	8
1501_03_1900_0025	2	3	0	0	0	0	0	0	3	0	1	2	2	1	12
1502_01_1900_0025	2	3	0	0	0	0	0	0	3	0	1	2	2	1	16
1502_02_1900_0025	2	3	0	0	0	0	0	0	3	0	1	2	2	1	20
1502_03_1900_0025	2	3	0	0	0	0	0	0	3	0	1	2	2	1	24
1503_01_1900_0025	2	3	0	0	0	0	0	0	3	0	1	2	2	1	28
1503_02_1900_0025	2	3	0	0	0	0	0	0	3	0	1	2	2	1	32
1503_03_1900_0025	2	3	0	0	0	0	0	0	3	0	1	2	2	1	36
1504_01_1900_0025	2	3	0	0	0	0	0	0	3	0	1	2	2	1	40
1504_02_1900_0025	2	3	0	0	0	0	0	0	3	0	1	2	2	1	44
1504_03_1900_0025	2	3	0	0	0	0	0	0	3	0	1	2	2	1	48
1505_01_1900_0025	2	3	0	0	0	0	0	0	3	0	1	2	2	1	52
1505_02_1900_0025	2	3	0	0	0	0	0	0	3	0	1	2	2	1	56
1505_03_1900_0025	2	3	0	0	0	0	0	0	3	0	1	2	2	1	60
1506_01_1900_0025	2	3	0	0	0	0	0	0	3	0	1	2	2	1	64
1506_02_1900_0025	2	3	0	0	0	0	0	0	3	0	1	2	2	1	68
1506_03_1900_0025	2	3	0	0	0	0	0	0	3	0	1	2	2	1	72
1507_01_1900_0025	2	3	0	0	0	0	0	0	3	0	1	2	2	1	76
1507_02_1900_0025	2	3	0	0	0	0	0	0	3	0	1	2	2	1	80
1507_03_1900_0025	2	3	0	0	0	0	0	0	3	0	1	2	2	1	84
1508_01_1900_0025	2	3	0	0	0	0	0	0	3	0	1	2	2	1	88
1508_02_1900_0025	2	3	0	0	0	0	0	0	3	0	1	2	2	1	92
1508_03_1900_0025	2	3	0	0	0	0	0	0	3	0	1	2	2	1	96
1509_01_1900_0025	2	3	0	0	0	0	0	0	3	0	1	2	2	1	100
1509_02_1900_0025	2	3	0	0	0	0	0	0	3	0	1	2	2	1	104
1509_03_1900_0025	2	3	0	0	0	0	0	0	3	0	1	2	2	1	108
1510_01_1900_0025	2	3	0	0	0	0	0	0	3	0	1	2	2	1	112
1510_02_1900_0025	2	3	0	0	0	0	0	0	3	0	1	2	2	1	116
1510_03_1900_0025	2	3	0	0	0	0	0	0	3	0	1	2	2	1	120
1511_01_1900_0025	2	3	0	0	0	0	0	0	3	0	1	2	2	1	124
1511_02_1900_0025	2	3	0	0	0	0	0	0	3	0	1	2	2	1	128
1511_03_1900_0025	2	3	0	0	0	0	0	0	3	0	1	2	2	1	132
1512_01_1900_0025	2	3	0	0	0	0	0	0	3	0	1	2	2	1	136
1512_02_1900_0025	2	3	0	0	0	0	0	0	3	0	1	2	2	1	140
1512_03_1900_0025	2	3	0	0	0	0	0	0	3	0	1	2	2	1	144
1513_01_1900_0025	2	3	0	0	0	0	0	0	3	0	1	2	2	1	148
1513_02_1900_0025	2	3	0	0	0	0	0	0	3	0	1	2	2	1	152
1513_03_1900_0025	2	3	0	0	0	0	0	0	3	0	1	2	2	1	156
1514_01_1900_0025	2	3	0	0	0	0	0	0	3	0	1	2	2	1	160
1514_02_1900_0025	2	3	0	0	0	0	0	0	3	0	1	2	2	1	164
1514_03_1900_0025	2	3	0	0	0	0	0	0	3	0	1	2	2	1	168

ExtendedBaseID	SEARCH_WIN_A	SEARCH_WIN_N	SEARCH_WIN_R	NGHBOR_MAX_AGE	T_ADD	T_DROP	T_COMP	T_TDROP	AccessChannel Demodulation SearchWidth.	TrafficChannel Demodulation SearchWidth.
1501_01_1900_0025	5	10	11	0	28	32	2	3	500	500
1501_02_1900_0025	5	10	11	0	28	32	2	3	500	500
1501_03_1900_0025	5	10	11	0	28	32	2	3	500	500
1502_01_1900_0025	5	10	11	0	28	32	2	3	500	500
1502_02_1900_0025	5	10	11	0	28	32	2	3	500	500
1502_03_1900_0025	5	10	11	0	28	32	2	3	500	500
1503_01_1900_0025	5	10	11	0	28	32	2	3	500	500
1503_02_1900_0025	5	10	11	0	28	32	2	3	500	500
1503_03_1900_0025	5	10	11	0	28	32	2	3	500	500
1504_01_1900_0025	5	10	11	0	28	32	2	3	500	500
1504_02_1900_0025	5	10	11	0	28	32	2	3	500	500
1504_03_1900_0025	5	10	11	0	28	32	2	3	500	500
1505_01_1900_0025	5	10	11	0	28	32	2	3	500	500
1505_02_1900_0025	5	10	11	0	28	32	2	3	500	500
1505_03_1900_0025	5	10	11	0	28	32	2	3	500	500
1506_01_1900_0025	5	10	11	0	28	32	2	3	500	500
1506_02_1900_0025	5	10	11	0	28	32	2	3	500	500
1506_03_1900_0025	5	10	11	0	28	32	2	3	500	500
1507_01_1900_0025	5	10	11	0	28	32	2	3	500	500
1507_02_1900_0025	5	10	11	0	28	32	2	3	500	500
1507_03_1900_0025	5	10	11	0	28	32	2	3	500	500
1508_01_1900_0025	5	10	11	0	28	32	2	3	500	500
1508_02_1900_0025	5	10	11	0	28	32	2	3	500	500
1508_03_1900_0025	5	10	11	0	28	32	2	3	500	500
1509_01_1900_0025	5	10	11	0	28	32	2	3	500	500
1509_02_1900_0025	5	10	11	0	28	32	2	3	500	500
1509_03_1900_0025	5	10	11	0	28	32	2	3	500	500
1510_01_1900_0025	5	10	11	0	28	32	2	3	500	500
1510_02_1900_0025	5	10	11	0	28	32	2	3	500	500
1510_03_1900_0025	5	10	11	0	28	32	2	3	500	500
1511_01_1900_0025	5	10	11	0	28	32	2	3	500	500
1511_02_1900_0025	5	10	11	0	28	32	2	3	500	500
1511_03_1900_0025	5	10	11	0	28	32	2	3	500	500
1512_01_1900_0025	5	10	11	0	28	32	2	3	500	500
1512_02_1900_0025	5	10	11	0	28	32	2	3	500	500
1512_03_1900_0025	5	10	11	0	28	32	2	3	500	500
1513_01_1900_0025	5	10	11	0	28	32	2	3	500	500
1513_02_1900_0025	5	10	11	0	28	32	2	3	500	500
1513_03_1900_0025	5	10	11	0	28	32	2	3	500	500
1514_01_1900_0025	5	10	11	0	28	32	2	3	500	500
1514_02_1900_0025	5	10	11	0	28	32	2	3	500	500
1514_03_1900_0025	5	10	11	0	28	32	2	3	500	500

IV.3 Auditoría Antenas (Hardware)

Aplicando el procedimiento descrito en el capítulo anterior se obtiene la siguiente información.

Sector	No. Antena	Datos de diseño				Datos de auditoria en campo			
		Acimut [°]	Inclinación [°]	Altura [m]	Modelo de antena	Acimut [°]	Inclinación [°]	Altura [m]	Modelo de antena
1501_01	Rx0	345	4	35	MP-17-65-0D	345	4	35	MP-17-65-0D
	Rx1	345	4	35	MP-17-65-0D	345	4	35	MP-17-65-0D
1501_02	Rx0	140	2	35	MP-17-65-0D	140	2	35	MP-17-65-0D
	Rx1	140	2	35	MP-17-65-0D	140	2	35	MP-17-65-0D
1501_03	Rx0	260	1	35	MP-17-65-0D	260	1	35	MP-17-65-0D
	Rx1	260	1	35	MP-17-65-0D	260	1	35	MP-17-65-0D
1502_01	Rx0	90	2	45	M-1900-90-18i-2	90	0	45	M-1900-90-18i-2
	Rx1	90	2	45	M-1900-90-18i-2	90	0	45	M-1900-90-18i-2
1502_02	Rx0	198	2	45	DB980H65T3-M	204	1	45	DB980H65T3-M
	Rx1	198	2	45	DB980H65T3-M	204	1	45	DB980H65T3-M
1502_03	Rx0	314	2	45	DB980H65T3-M	318	3	45	DB980H65T3-M
	Rx1	314	2	45	DB980H65T3-M	318	3	45	DB980H65T3-M
1503_01	Rx0	5	2	30	DB980H65T3-M	20	1	32	DB980H65T3-M
	Rx1	5	2	30	DB980H65T3-M	20	1	32	DB980H65T3-M
1503_02	Rx0	123	2	30	DB980H65T3-M	123	1	32	DB980H65T3-M
	Rx1	123	2	30	DB980H65T3-M	123	2	32	DB980H65T3-M
1503_03	Rx0	254	2	30	M-1900-90-18i-2	254	-2	32	M-1900-90-18i-2
	Rx1	254	2	30	M-1900-90-18i-2	254	-2	32	M-1900-90-18i-2
1504_01	Rx0	27	3	39	DB980H65T3-M	27	3	39	DB980H65T3-M
	Rx1	27	3	39	DB980H65T3-M	27	3	39	DB980H65T3-M
1504_02	Rx0	152	4	39	DB980H65T3-M	145	3	39	DB980H65T3-M
	Rx1	152	4	39	DB980H65T3-M	145	3	39	DB980H65T3-M
1504_03	Rx0	243	4	39	DB980H65T3-M	243	6	39	DB980H65T3-M
	Rx1	243	4	39	DB980H65T3-M	243	6	39	DB980H65T3-M
1505_01	Rx0	23	4	44	DB980H65T3-M	23	3	44	M-1900-65-20i-2
	Rx1	23	4	44	DB980H65T3-M	23	3	44	M-1900-65-20i-2
1505_02	Rx0	135	1	44	M-1900-65-20i-2	145	3	44	M-1900-65-20i-2
	Rx1	135	1	44	M-1900-65-20i-2	145	3	44	M-1900-65-20i-2
1505_03	Rx0	264	-1	44	M-1900-65-20i-2	270	3	44	DB980H65T3-M
	Rx1	264	-1	44	M-1900-65-20i-2	270	3	44	DB980H65T3-M
1506_01	Rx0	23	2	35	DB980H65T3-M	33	2	35	DB980H65T3-M
	Rx1	23	2	35	DB980H65T3-M	33	2	35	DB980H65T3-M
1506_02	Rx0	145	1	35	DB980H65T3-M	145	0	35	DB980H65T3-M
	Rx1	145	1	35	DB980H65T3-M	145	0	35	DB980H65T3-M
1506_03	Rx0	263	2	35	DB980H65T3-M	263	0	35	DB980H65T3-M
	Rx1	263	2	35	DB980H65T3-M	263	0	35	DB980H65T3-M
1507_01	Rx0	54	1	45	DB980H65T3-M	60	2	39	DB980H65T3-M
	Rx1	54	1	45	DB980H65T3-M	60	2	39	DB980H65T3-M
1507_02	Rx0	146	1	45	DB980H65T3-M	146	1	39	DB980H65T3-M
	Rx1	146	1	45	DB980H65T3-M	146	1	39	DB980H65T3-M
1507_03	Rx0	293	1	45	DB980H65T3-M	293	1	39	DB980H65T3-M
	Rx1	293	1	45	DB980H65T3-M	293	1	39	DB980H65T3-M
1508_01	Rx0	13	3	42	DB980H65T3-M	13	3	42	DB980H65T3-M
	Rx1	13	3	42	DB980H65T3-M	13	3	42	DB980H65T3-M
1508_02	Rx0	160	3	42	M-1900-90-17.5i	160	2	42	M-1900-90-17.5i
	Rx1	160	3	42	M-1900-90-17.5i	160	2	42	M-1900-90-17.5i
1508_03	Rx0	264	4	42	M-1900-65-20i-2	258	3	42	M-1900-65-20i-2
	Rx1	264	4	42	M-1900-65-20i-2	258	3	42	M-1900-65-20i-2
1509_01	Rx0	63	0	42	DB980H65T3-M	63	2	47	DB980H65T3-M
	Rx1	63	0	42	DB980H65T3-M	63	2	47	DB980H65T3-M
1509_02	Rx0	173	3	42	DB980H65T3-M	173	3	47	DB980H65T3-M
	Rx1	173	3	42	DB980H65T3-M	173	3	47	DB980H65T3-M

1509_03	Rx0	283	3	42	M-1900-65-20i-2	326	1	47	M-1900-65-20i-2
	Rx1	283	3	42	M-1900-65-20i-2	326	1	47	M-1900-65-20i-2
1510_01	Rx0	0	4	45	DB980H65T3-M	0	4	46	DB980H65T3-M
	Rx1	0	4	45	DB980H65T3-M	0	4	45	DB980H65T3-M
1510_02	Rx0	150	4	45	DB980H65T3-M	150	4	45	DB980H65T3-M
	Rx1	150	4	45	DB980H65T3-M	150	4	45	DB980H65T3-M
1510_03	Rx0	240	1	45	DB980H65T3-M	240	1	45	DB980H65T3-M
	Rx1	240	1	45	DB980H65T3-M	240	1	45	DB980H65T3-M
1511_01	Rx0	15	1	45	M-1900-65-20i-2	15	2	45	M-1900-65-20i-2
	Rx1	15	1	45	M-1900-65-20i-2	15	2	45	M-1900-65-20i-2
1511_02	Rx0	110	1	45	M-1900-65-20i-2	110	2	45	M-1900-65-20i-2
	Rx1	110	1	45	M-1900-65-20i-2	110	2	45	M-1900-65-20i-2
1511_03	Rx0	266	1	45	DB980H65T3-M	266	3	45	DB980H65T3-M
	Rx1	266	1	45	DB980H65T3-M	266	3	45	DB980H65T3-M
1512_01	Rx0	320	4	30	DB980H90	320	3	30	DB980H65T3-M
	Rx1	320	4	30	DB980H90	320	3	30	DB980H65T3-M
1512_02	Rx0	153	5	30	DB980H65T3-M	153	4	30	DB980H65T3-M
	Rx1	153	5	30	DB980H65T3-M	153	4	30	DB980H65T3-M
1512_03	Rx0	225	4	30	CSS MP17-65-0	225	5	30	CSS MP17-65-0
	Rx1	225	4	30	CSS MP17-65-0	225	5	30	CSS MP17-65-0
1513_01	Rx0	40	2	30	DB980H65T3-M	40	0	30	DB980H65T3-M
	Rx1	40	2	30	DB980H65T3-M	40	0	30	DB980H65T3-M
1513_02	Rx0	180	3	30	DB980H65T3-M	180	1	30	DB980H65T3-M
	Rx1	180	3	30	DB980H65T3-M	180	1	30	DB980H65T3-M
1513_03	Rx0	285	0	30	DB980H90	285	0	30	DB980H65T3-M
	Rx1	285	0	30	DB980H90	285	0	30	DB980H65T3-M
1514_01	Rx0	5	2	30	DB980H65T3-M	0	2	30	DB980H65T3-M
	Rx1	5	2	30	DB980H65T3-M	0	2	30	DB980H65T3-M
1514_02	Rx0	123	2	30	DB980H65T3-M	155	2	30	DB980H65T3-M
	Rx1	123	2	30	DB980H65T3-M	155	2	30	DB980H65T3-M
1514_03	Rx0	254	2	30	M-1900-90-18i-2	240	3	30	DB980H65T3-M
	Rx1	254	2	30	M-1900-90-18i-2	240	3	30	DB980H65T3-M

En la tabla anterior podemos observar toda la información de los sitios implicados en nuestro trabajo de tesis; se encuentran algunas diferencias entre el diseño original y la información recolectada en la auditoría (Site-Audit).

Estas diferencias se muestran en color amarillo y partiremos de aquí para nuestro trabajo de optimización.

Dentro de las diferencias encontradas, podemos enlistar las siguientes:

- Modelos de antenas diferentes.
- Inclinaciones diferentes.
- Acimut diferente.
-

IV.4 Protocolos de recepción de Radio Bases

Existe un protocolo de recepción de Radio bases, que se debe de tener en cuenta para corregir cualquier detalle diferente entre el diseño y lo que se encuentra en campo.

En la actualidad con el crecimiento y desarrollo de las telecomunicaciones, las compañías telefónicas deben de contar con procedimientos y protocolos de aceptación para efectuar la evaluación y recepción de equipos que están involucrados en el servicio telefónico inalámbrico,

de este modo cumplir con los estándares que debe mantener la compañía hacia los usuarios para poder ofrecer calidad y competitividad.

El objetivo de esta acta es el de servir como documento base para la recepción y aceptación de la Radio base Metro Cell, tomando en cuenta su reubicación y la infraestructura asociada a ella tal como, conexión eléctrica, banco de baterías, sistema de tierra física del equipo de BTS, líneas de transmisión y antenas instaladas en el sistema de comunicación personal de “la compañía de telecomunicaciones”.

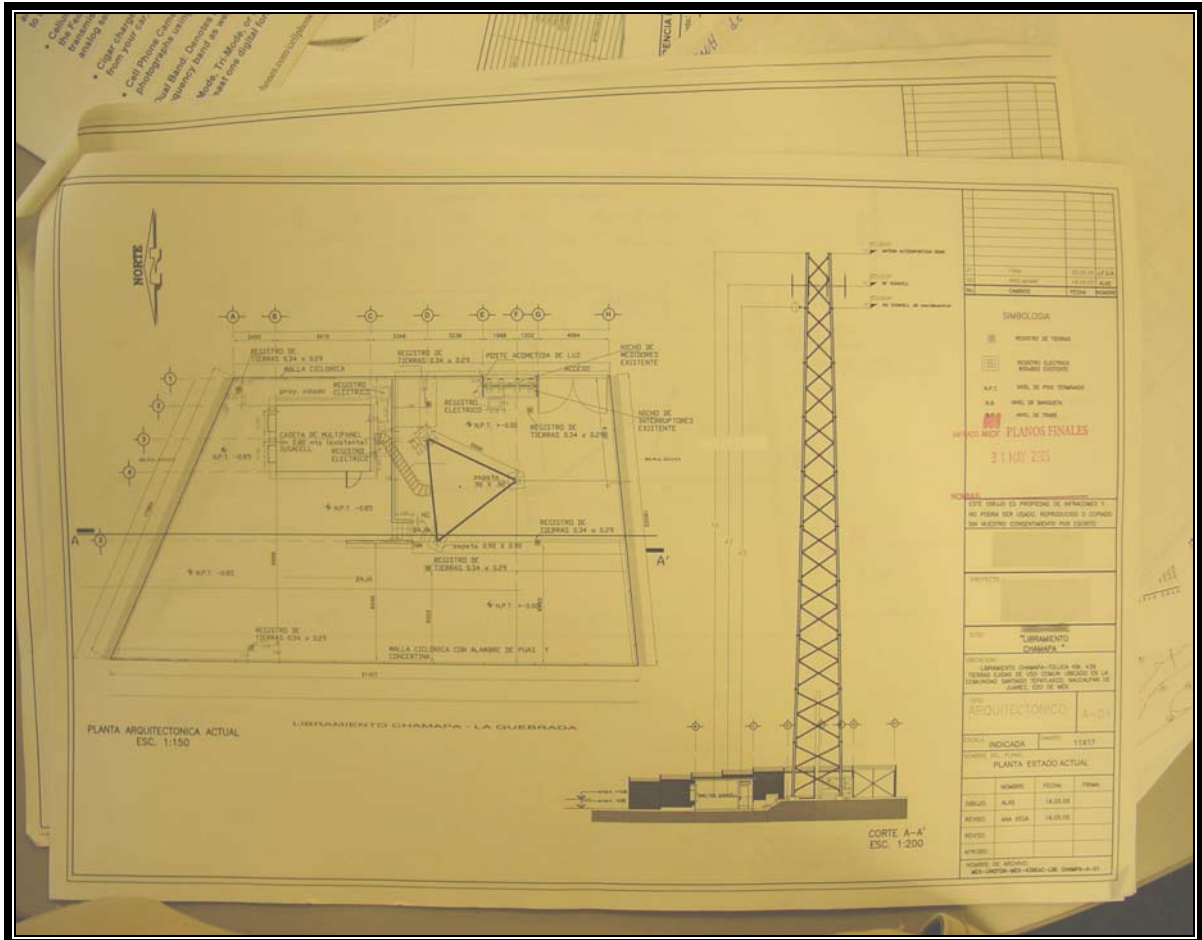
En este documento se indican las pruebas indispensables que deberá de cumplir la radio base, objeto de la recepción, en el entendido de que cualquier modificación a lo indicado deberá ser realizada de común acuerdo entre la compañía de telefonía celular y el contratista.

Con la finalidad de evitar contratiempos al iniciar la operación de una radio base, es necesario considerar diversos aspectos como el estado físico, eléctrico y las interfaces necesarias. Además es primordial confirmar que las radio bases cumplan con los requisitos solicitados por el área de Radiofrecuencia, Transmisión, Fuerza y Clima y Construcción.

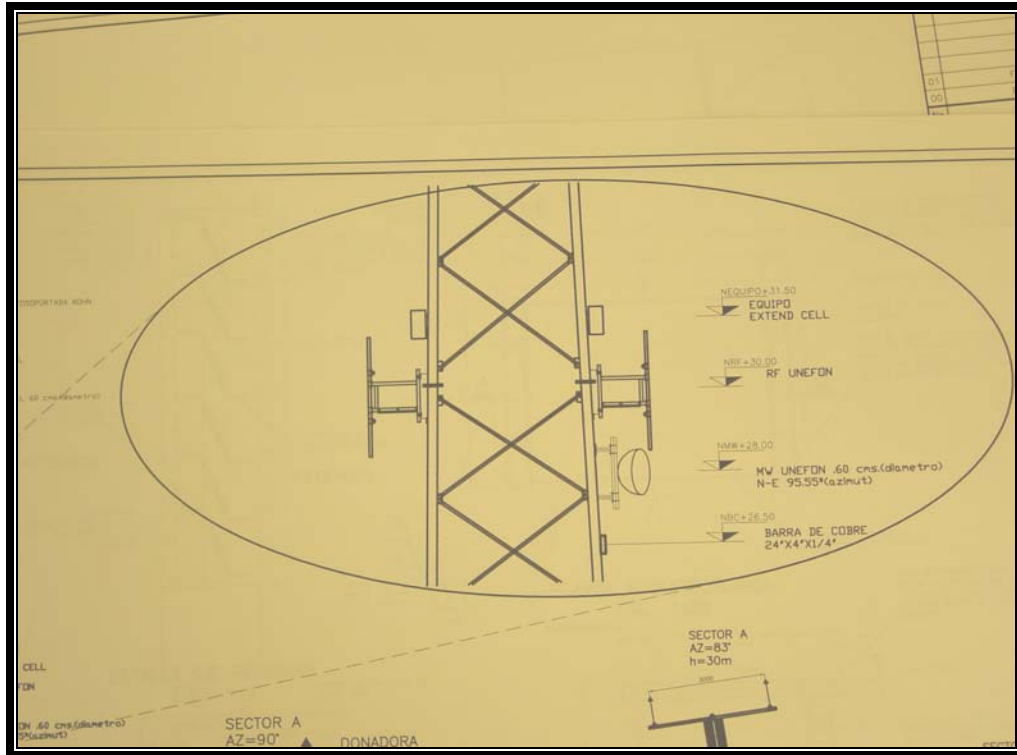
Esta acta podrá ser modificada en función de los resultados de sus futuras aplicaciones y de las observaciones precedentes que sobre el mismo hagan todas las partes involucradas en la recepción de los sistemas.

IV.2.2 Planos e Ingenierías

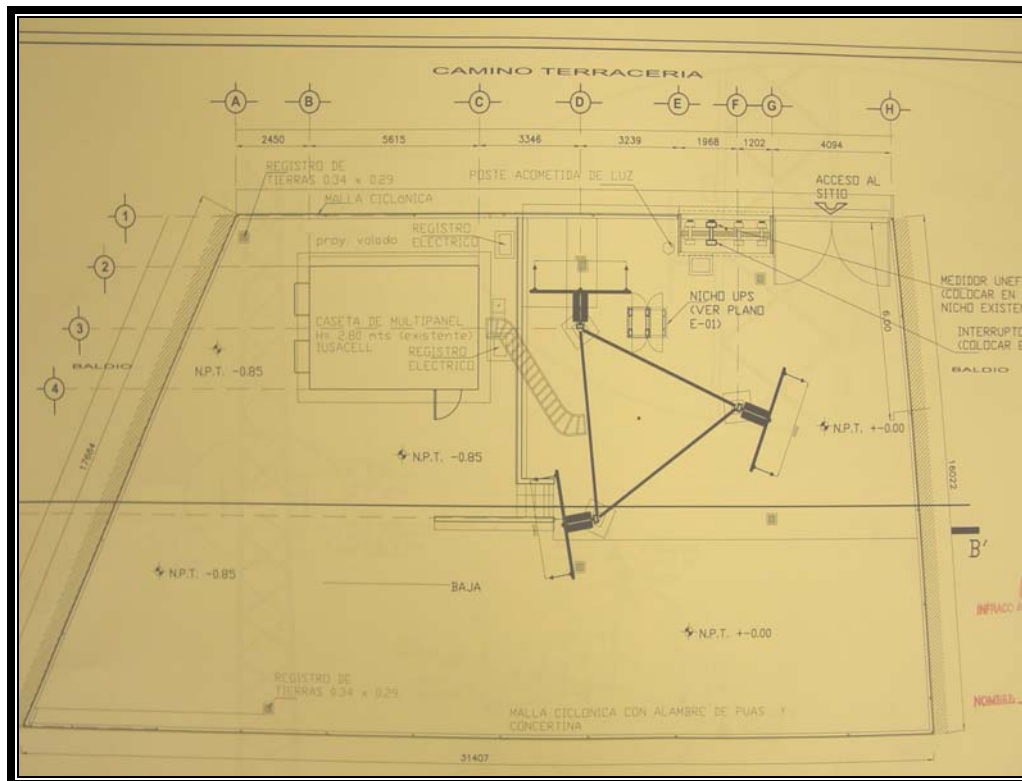
A continuación se mostrarán algunas figuras de los planos que el contratista que ejecutará, ya sea en la obra civil y/o de instalación, los cuales deberá proporcionar al Ingeniero de Radiofrecuencia para que verifique su diseño en los planos y apruebe su ejecución del futuro sitio.



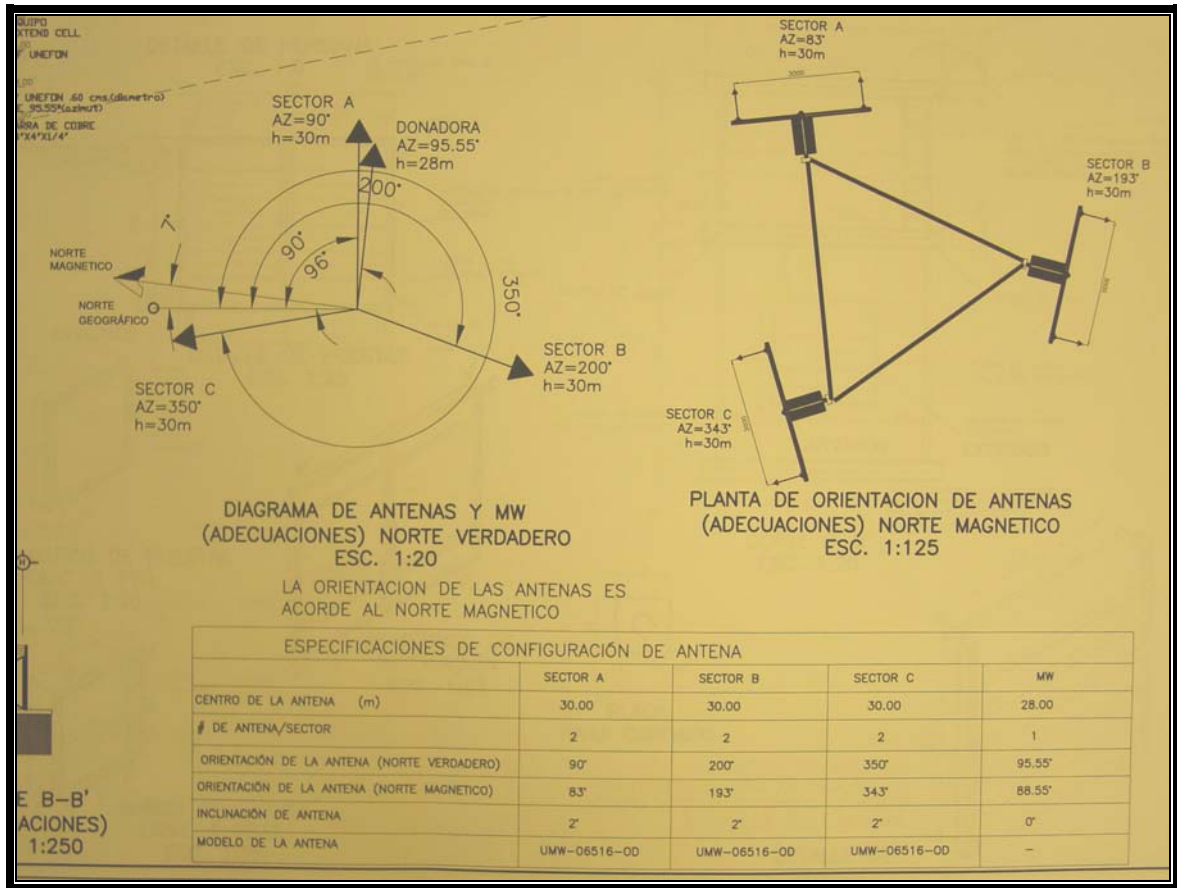
Plano completo con ubicación de BTS en terreno y detalles de torre.



Se muestra con mas detalle las alturas de los soportes para las antenas de RF.



Se muestran los sectores de RF con las orientaciones de una manera general.



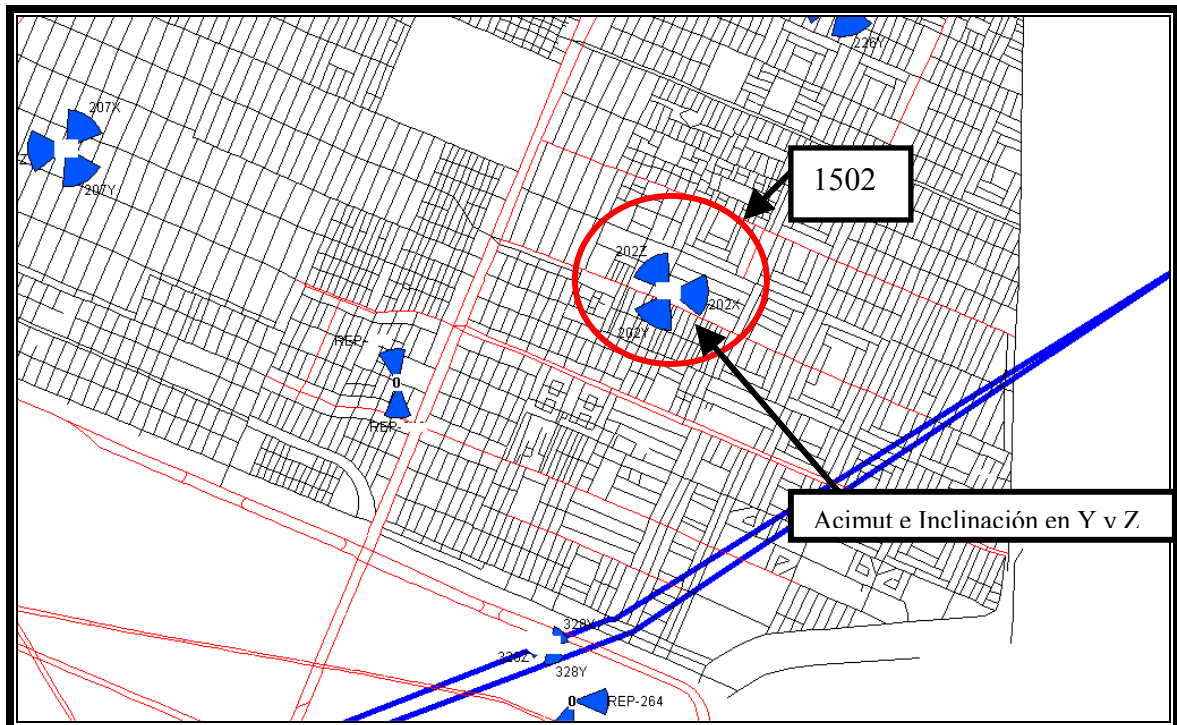
En esta vista se muestra con mas detalle las especificaciones de RF.

- Especificaciones para cada sector.
- Altura requerida.
- Orientación geográfica.
- Orientación magnética.
- Modelo de antena.
- Número de antenas por sector.
- Inclinación de las antenas.

IV.6 Identificación de los sitios con diferencias en auditoría.

Sector	No. Antena	Datos de diseño				Datos de auditoria en campo			
		Acimut [°]	Inclinación [°]	Altura [m]	Modelo de antena	Acimut [°]	Inclinación [°]	Altura [m]	Modelo de antena

1502_01	Rx0	90	2	45	M-1900-90-18i-2	90	0	45	M-1900-90-18i-2
	Rx1	90	2	45	M-1900-90-18i-2	90	0	45	M-1900-90-18i-2
1502_02	Rx0	198	2	45	DB980H65T3-M	204	1	45	DB980H65T3-M
	Rx1	198	2	45	DB980H65T3-M	204	1	45	DB980H65T3-M
1502_03	Rx0	314	2	45	DB980H65T3-M	318	3	45	DB980H65T3-M
	Rx1	314	2	45	DB980H65T3-M	318	3	45	DB980H65T3-M



Observaciones:

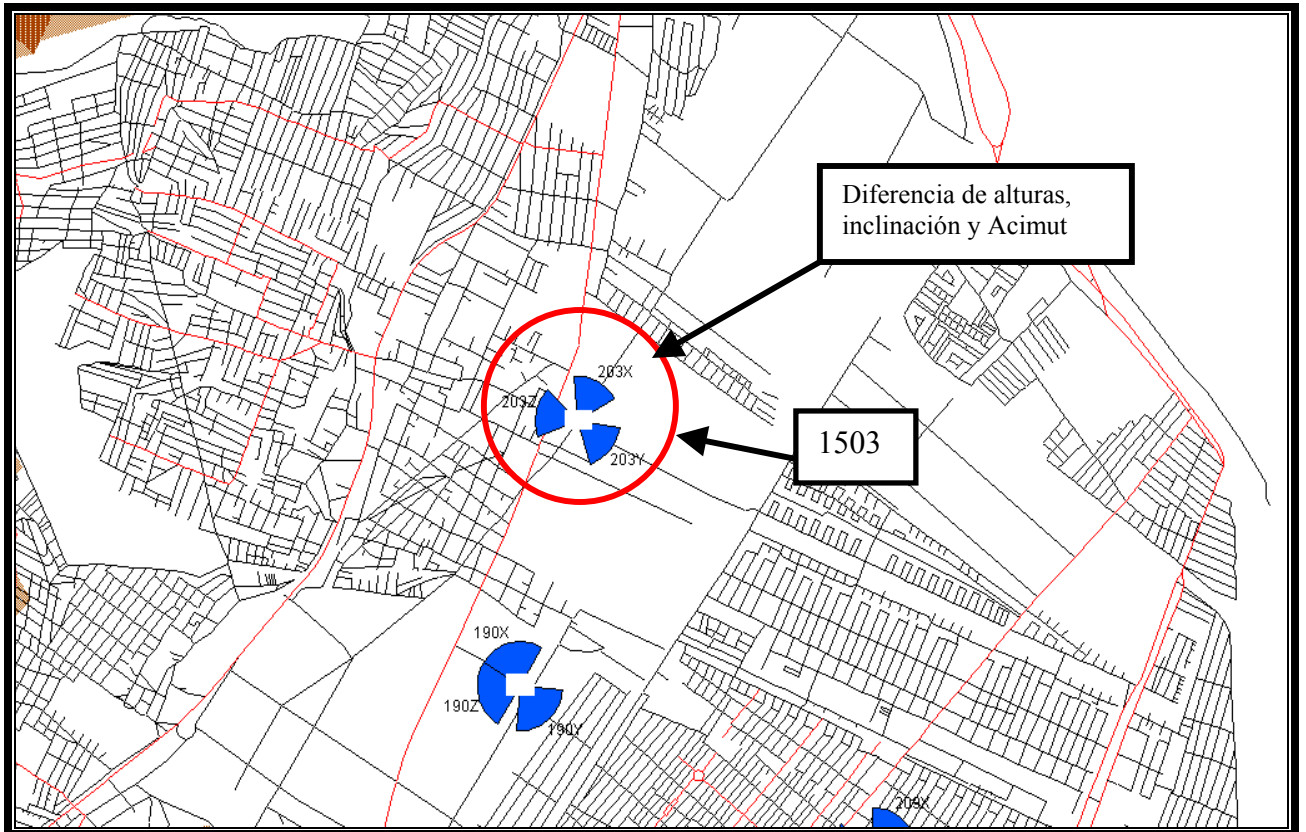
- Diferente acimut en Beta y en Gamma.
- Inclinaciones de las antenas de los sectores Beta y Gamma diferentes.

Probables causas de las diferencias en la Ingeniería

- Equipo mal calibrado o en mal estado.
- Brújulas de diferentes marcas
- No se realizó con equipo profesional.
- Falta de profesionalismo al hacer el trabajo.

Sector	No. Antena	Datos de diseño				Datos de auditoria en campo			
		Acimut [°]	Inclinación [°]	Altura [m]	Modelo de antena	Acimut [°]	Inclinación [°]	Altura [m]	Modelo de antena

1503_01	Rx0	5	2	30	DB980H65T3-M	20	1	32	DB980H65T3-M
	Rx1	5	2	30	DB980H65T3-M	20	1	32	DB980H65T3-M
1503_02	Rx0	123	2	30	DB980H65T3-M	123	1	32	DB980H65T3-M
	Rx1	123	2	30	DB980H65T3-M	123	2	32	DB980H65T3-M
1503_03	Rx0	254	2	30	M-1900-90-18i-2	254	-2	32	M-1900-90-18i-2
	Rx1	254	2	30	M-1900-90-18i-2	254	-2	32	M-1900-90-18i-2



Observaciones:

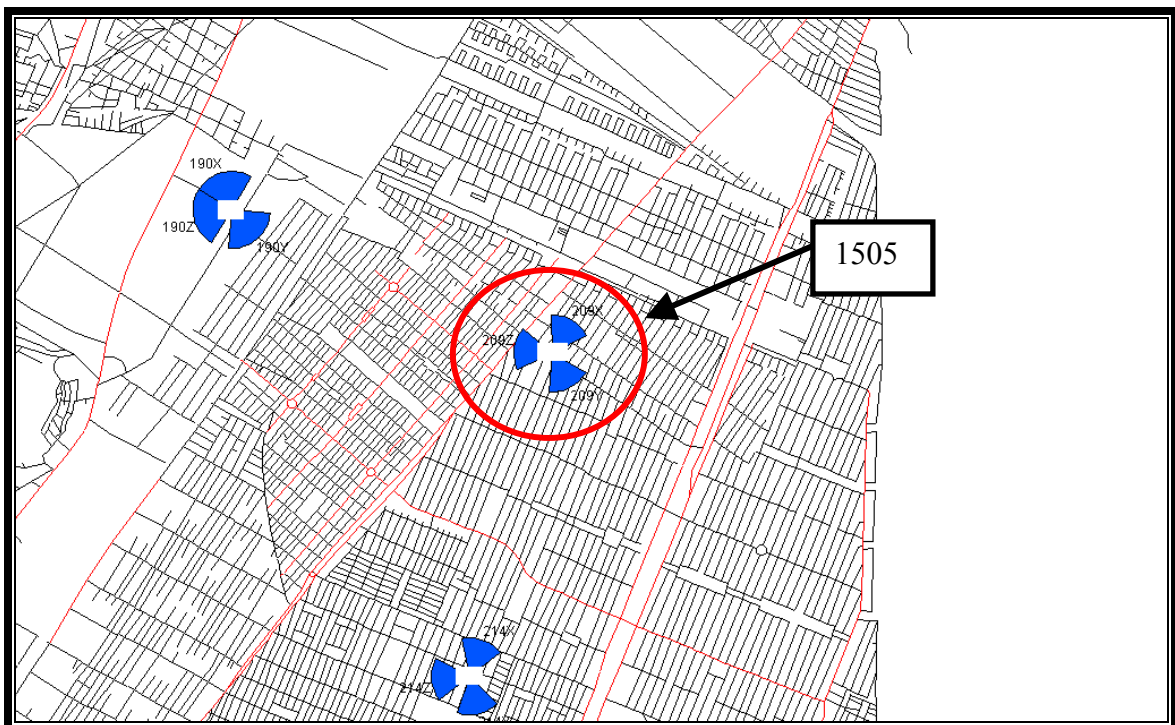
- Diferente altura en los 3 sectores.
- Diferente acimut en el sector alfa.
- Diferente inclinación en alfa y gamma

Probables causas de las diferencias en la ingeniería

- Equipo mal calibrado o en mal estado.
- Brújulas de diferentes marcas
- No se realizó con equipo profesional.
- Falta de profesionalismo al hacer el trabajo.
- Conveniencia de alturas al armar la torre, previa autorización por construcción y RF.

Sector	No. Antena	Datos de diseño				Datos de auditoria en campo			
		Acimut [°]	Inclinación [°]	Altura [m]	Modelo de antena	Acimut [°]	Inclinación [°]	Altura [m]	Modelo de antena

1505_01	Rx0	23	4	44	DB980H65T3-M	23	3	44	M-1900-65-20i-2
	Rx1	23	4	44	DB980H65T3-M	23	3	44	M-1900-65-20i-2
1505_02	Rx0	135	1	44	M-1900-65-20i-2	145	3	44	M-1900-65-20i-2
	Rx1	135	1	44	M-1900-65-20i-2	145	3	44	M-1900-65-20i-2
1505_03	Rx0	264	-1	44	M-1900-65-20i-2	270	3	44	DB980H65T3-M
	Rx1	264	-1	44	M-1900-65-20i-2	270	3	44	DB980H65T3-M



Observaciones:

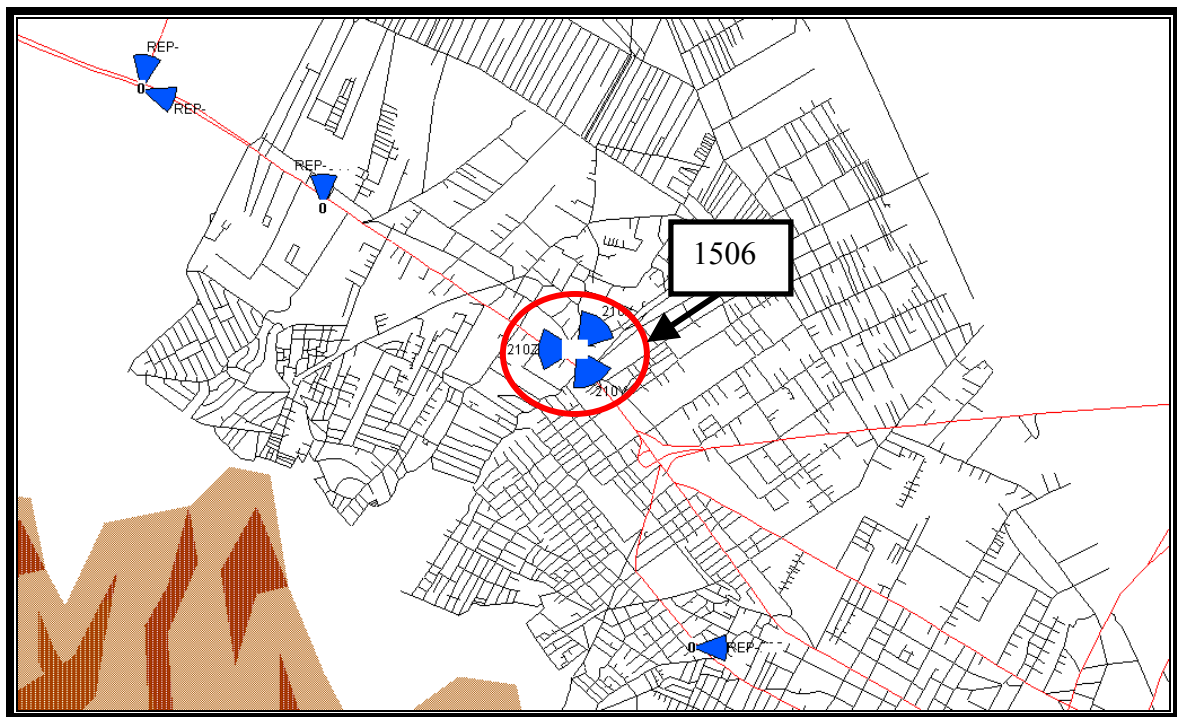
- Diferente modelo de antenas en alfa y gamma.
- Diferente acimut en el sector beta.
- Diferente inclinación en los tres sectores.

Probables causas de las diferencias en la ingeniería

- Equipo mal calibrado o en mal estado.
- Brújulas de diferentes marcas
- No se realizó con equipo profesional.
- Falta de profesionalismo al hacer el trabajo.
- Cambio de contratista.

Sector	No. Antena	Datos de diseño				Datos de auditoria en campo			
		Acimut [°]	Inclinación [°]	Altura [m]	Modelo de antena	Acimut [°]	Inclinación [°]	Altura [m]	Modelo de antena

1506_01	Rx0	23	2	35	DB980H65T3-M	33	2	35	DB980H65T3-M
	Rx1	23	2	35	DB980H65T3-M	33	2	35	DB980H65T3-M
1506_02	Rx0	145	1	35	DB980H65T3-M	145	0	35	DB980H65T3-M
	Rx1	145	1	35	DB980H65T3-M	145	0	35	DB980H65T3-M
1506_03	Rx0	263	2	35	DB980H65T3-M	263	0	35	DB980H65T3-M
	Rx1	263	2	35	DB980H65T3-M	263	0	35	DB980H65T3-M



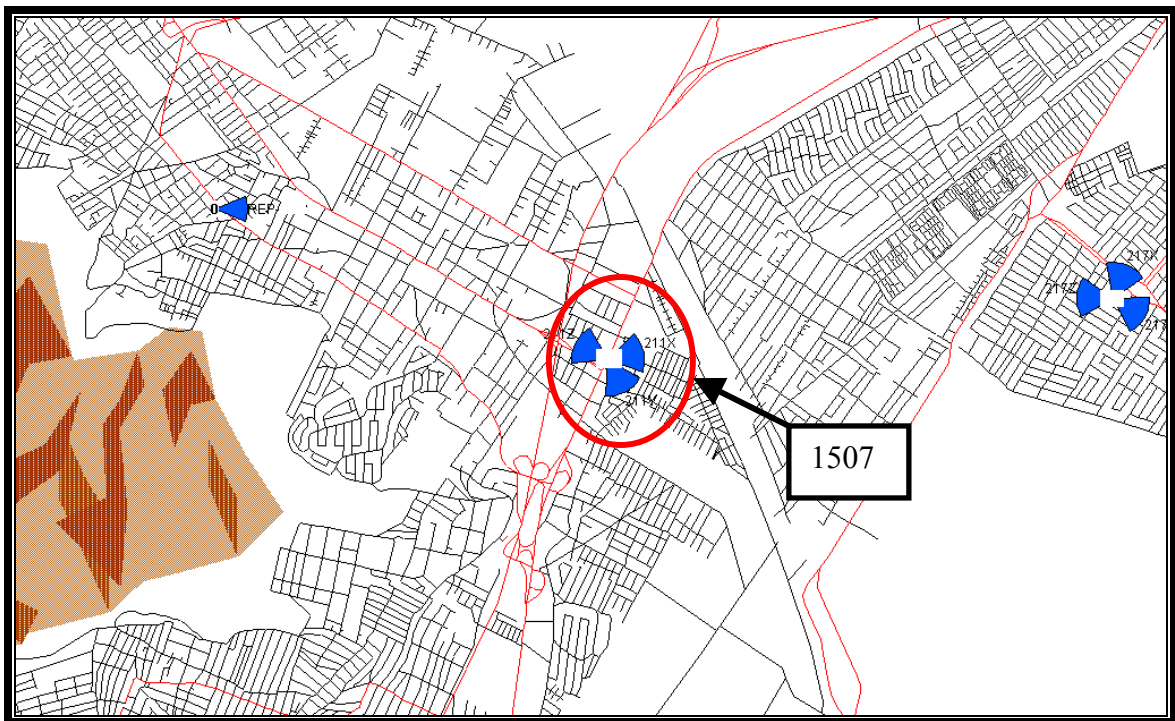
Observaciones:

- Diferente acimut en el sector alfa.
- Diferente inclinación en beta y gamma.

Probables causas de las diferencias en la ingeniería

- Equipo mal calibrado o en mal estado.
- Brújulas de diferentes marcas.
- No se realizó con equipo profesional.
- Falta de profesionalismo al hacer el trabajo.
- Confusión entre norte magnético y norte geográfico

Sector	No. Antena	Datos de diseño				Datos de auditoria en campo			
		Acimut [°]	Inclinación [°]	Altura [m]	Modelo de antena	Acimut [°]	Inclinación [°]	Altura [m]	Modelo de antena
1507_01	Rx0	54	1	45	DB980H65T3-M	60	2	39	DB980H65T3-M
	Rx1	54	1	45	DB980H65T3-M	60	2	39	DB980H65T3-M
1507_02	Rx0	146	1	45	DB980H65T3-M	146	1	39	DB980H65T3-M
	Rx1	146	1	45	DB980H65T3-M	146	1	39	DB980H65T3-M
1507_03	Rx0	293	1	45	DB980H65T3-M	293	1	39	DB980H65T3-M
	Rx1	293	1	45	DB980H65T3-M	293	1	39	DB980H65T3-M



Observaciones:

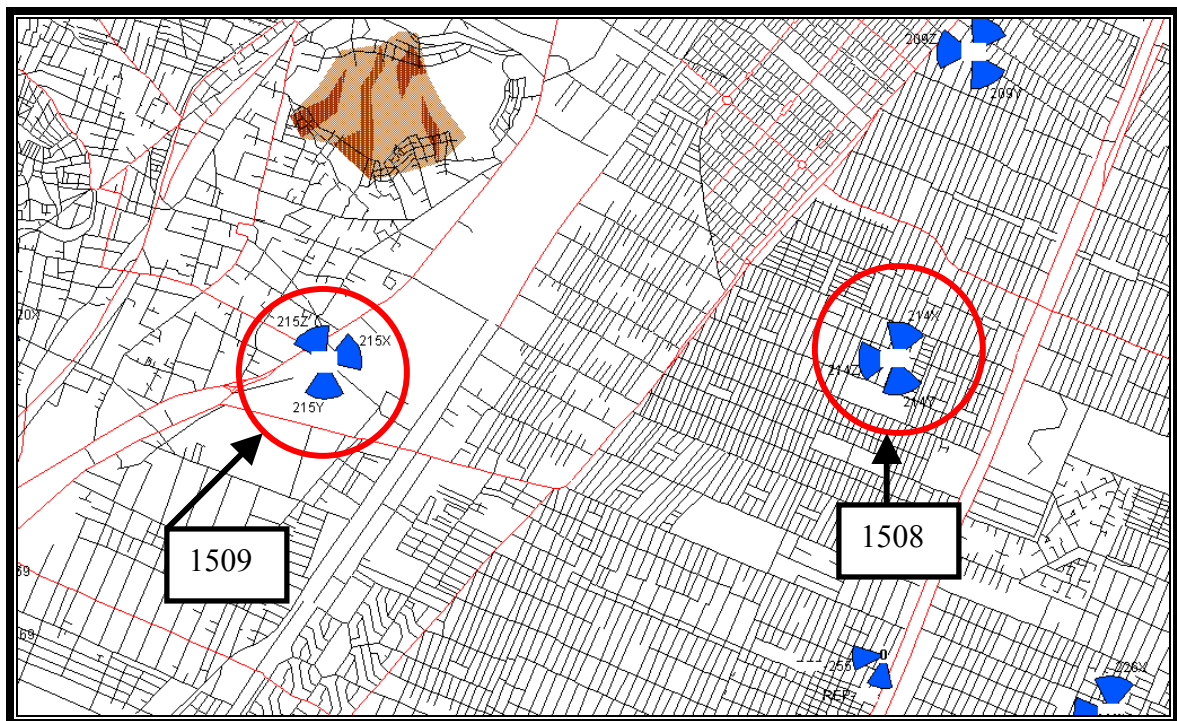
- Diferente acimut en el sector alfa.
- Diferente inclinación en alfa.
- Diferencia de alturas entre la Ingeniería y lo encontrado en campo. (Problema de gestoría).

Probables causas de las diferencias en la ingeniería

- Equipo mal calibrado o en mal estado.
- Brújulas de diferentes marcas.
- No se realizó con equipo profesional.
- Falta de profesionalismo al hacer el trabajo.
- Confusión entre norte magnético y norte geográfico.
- Faltó actualización de datos entre gestoría con ingeniería.

Sector	No. Antena	Datos de diseño				Datos de auditoria en campo			
		Acimut [°]	Inclinación [°]	Altura [m]	Modelo de antena	Acimut [°]	Inclinación [°]	Altura [m]	Modelo de antena

1508_01	Rx0	13	3	42	DB980H65T3-M	13	3	42	DB980H65T3-M
	Rx1	13	3	42	DB980H65T3-M	13	3	42	DB980H65T3-M
1508_02	Rx0	160	3	42	M-1900-90-17.5i	160	2	42	M-1900-90-17.5i
	Rx1	160	3	42	M-1900-90-17.5i	160	2	42	M-1900-90-17.5i
1508_03	Rx0	264	4	42	M-1900-65-20i-2	258	3	42	M-1900-65-20i-2
	Rx1	264	4	42	M-1900-65-20i-2	258	3	42	M-1900-65-20i-2
1509_01	Rx0	63	0	42	DB980H65T3-M	63	2	47	DB980H65T3-M
	Rx1	63	0	42	DB980H65T3-M	63	2	47	DB980H65T3-M
1509_02	Rx0	173	3	42	DB980H65T3-M	173	3	47	DB980H65T3-M
	Rx1	173	3	42	DB980H65T3-M	173	3	47	DB980H65T3-M
1509_03	Rx0	283	3	42	M-1900-65-20i-2	326	1	47	M-1900-65-20i-2
	Rx1	283	3	42	M-1900-65-20i-2	326	1	47	M-1900-65-20i-2

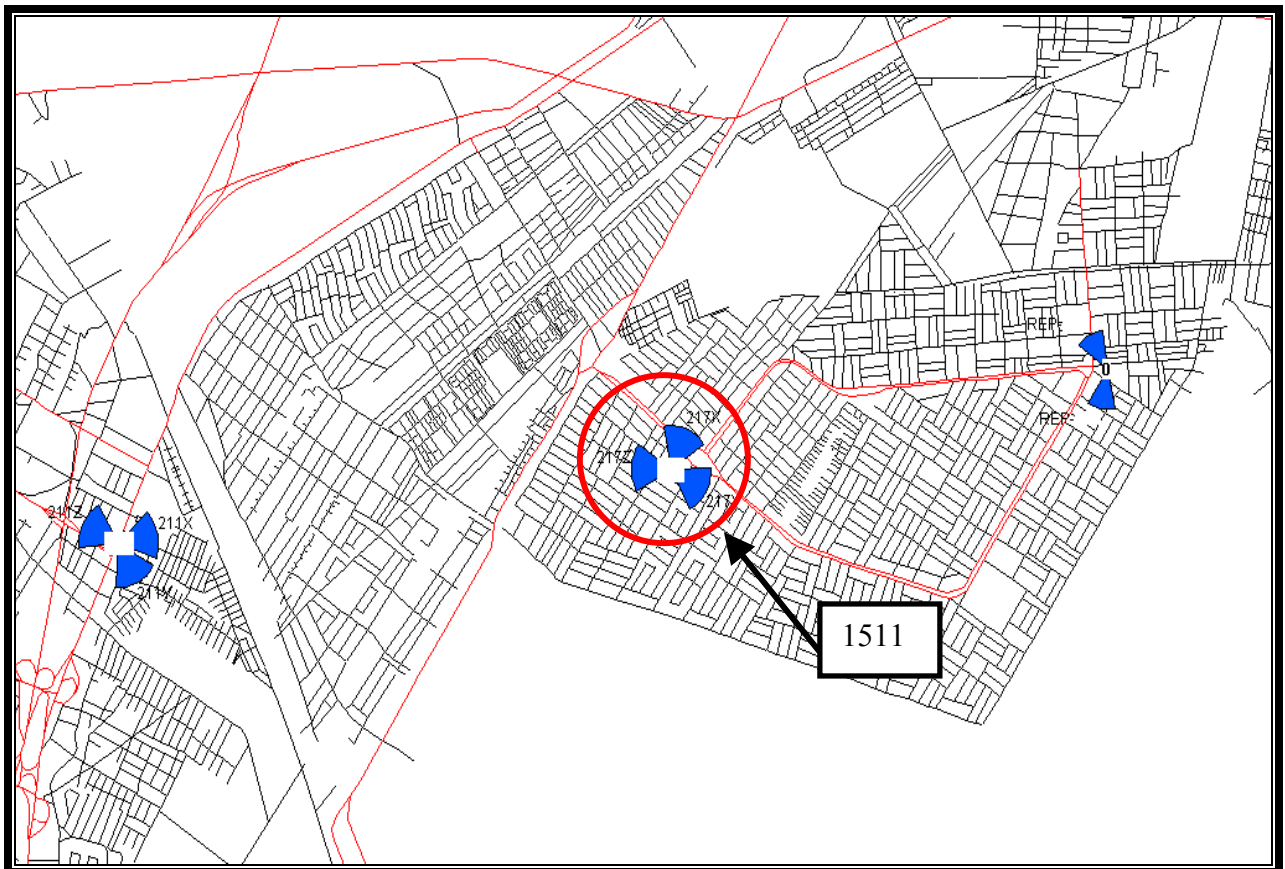


Observaciones:

- Diferente acimut en el sector gamma del sitio 1509.
- Diferente inclinación en gamma del sitio 1509 y en beta y gamma del sitio 1508.
- Diferencia de alturas, cambio de diseño una vez empezada la obra.

Sector	No. Antena	Datos de diseño				Datos de auditoria en campo			
		Acimut [°]	Inclinación [°]	Altura [m]	Modelo de antena	Acimut [°]	Inclinación [°]	Altura [m]	Modelo de antena

1511_01	Rx0	15	1	45	M-1900-65-20i-2	15	2	45	M-1900-65-20i-2
	Rx1	15	1	45	M-1900-65-20i-2	15	2	45	M-1900-65-20i-2
1511_02	Rx0	110	1	45	M-1900-65-20i-2	110	2	45	M-1900-65-20i-2
	Rx1	110	1	45	M-1900-65-20i-2	110	2	45	M-1900-65-20i-2
1511_03	Rx0	266	1	45	DB980H65T3-M	266	3	45	DB980H65T3-M
	Rx1	266	1	45	DB980H65T3-M	266	3	45	DB980H65T3-M

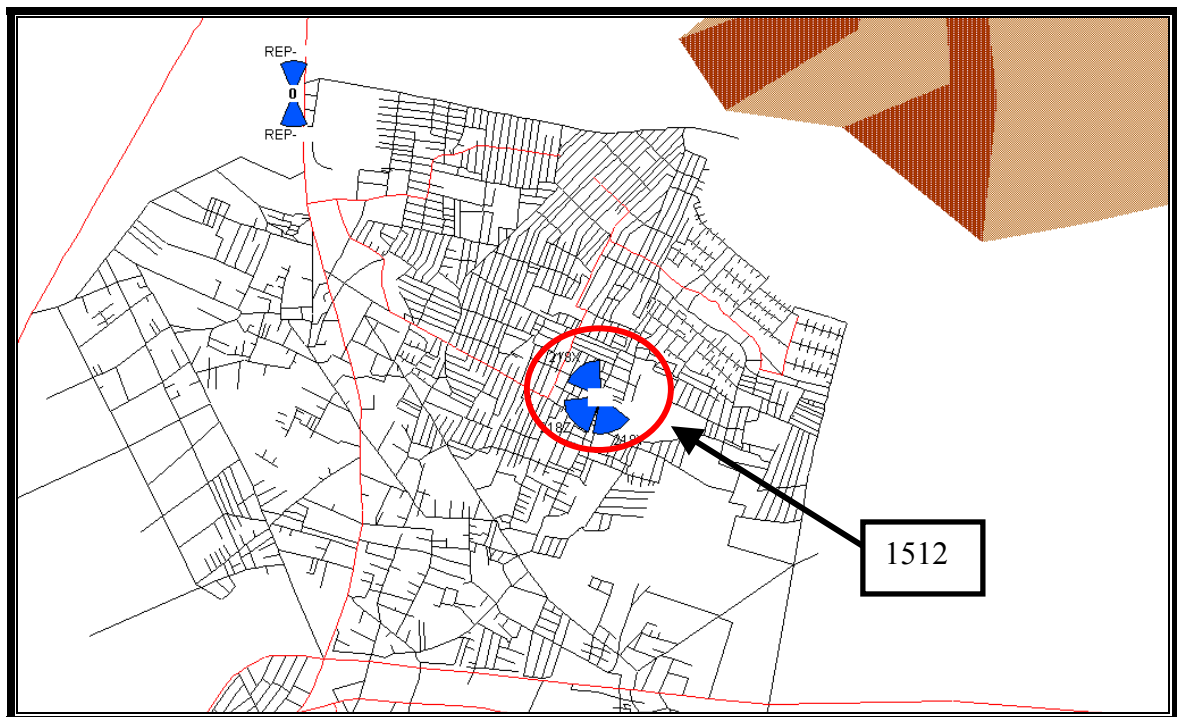


Observaciones:

- Diferente inclinación en los tres sectores.

Sector	No. Antena	Datos de diseño				Datos de auditoria en campo			
		Acimut [°]	Inclinación [°]	Altura [m]	Modelo de antena	Acimut [°]	Inclinación [°]	Altura [m]	Modelo de antena

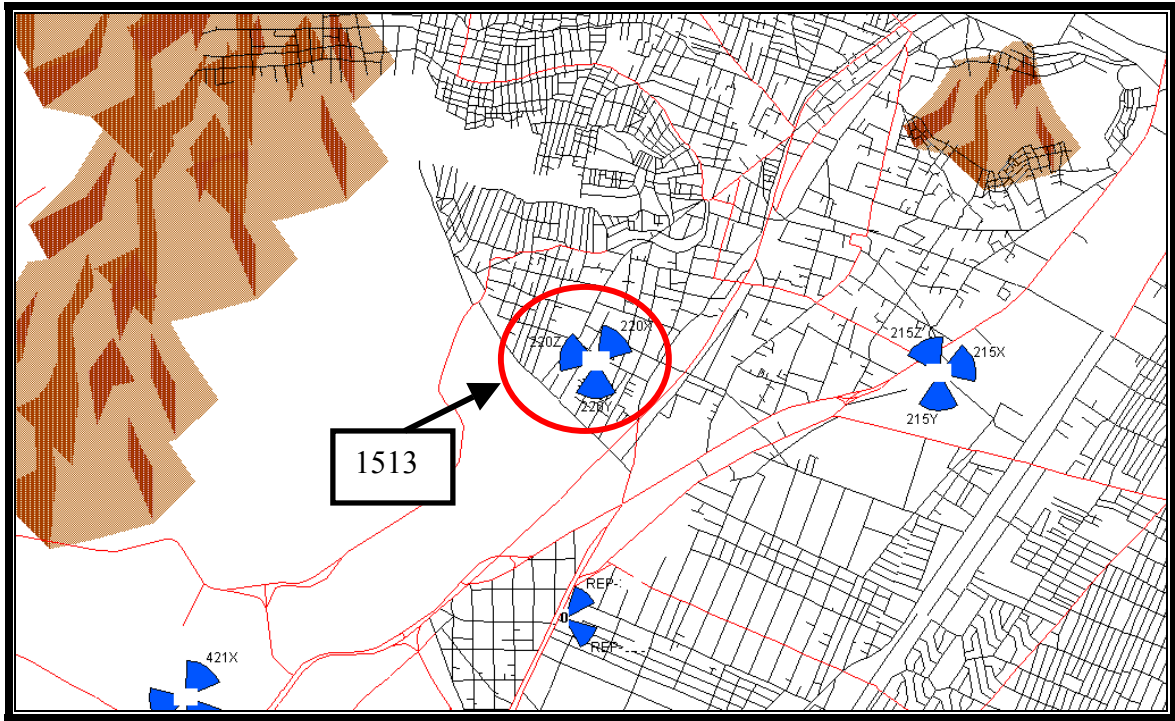
1512_01	Rx0	320	4	30	DB980H90	320	3	30	DB980H65T3-M
	Rx1	320	4	30	DB980H90	320	3	30	DB980H65T3-M
1512_02	Rx0	153	5	30	DB980H65T3-M	153	4	30	DB980H65T3-M
	Rx1	153	5	30	DB980H65T3-M	153	4	30	DB980H65T3-M
1512_03	Rx0	225	4	30	CSS MP17-65-0	225	5	30	CSS MP17-65-0
	Rx1	225	4	30	CSS MP17-65-0	225	5	30	CSS MP17-65-0



Observaciones:

- Diferente inclinación en los tres sectores.

Sector	No. Antena	Datos de diseño				Datos de auditoria en campo			
		Acimut [°]	Inclinación [°]	Altura [m]	Modelo de antena	Acimut [°]	Inclinación [°]	Altura [m]	Modelo de antena
1513_01	Rx0	40	2	30	DB980H65T3-M	40	0	30	DB980H65T3-M
	Rx1	40	2	30	DB980H65T3-M	40	0	30	DB980H65T3-M
1513_02	Rx0	180	3	30	DB980H65T3-M	180	1	30	DB980H65T3-M
	Rx1	180	3	30	DB980H65T3-M	180	1	30	DB980H65T3-M
1513_03	Rx0	285	0	30	DB980H90	285	0	30	DB980H65T3-M
	Rx1	285	0	30	DB980H90	285	0	30	DB980H65T3-M

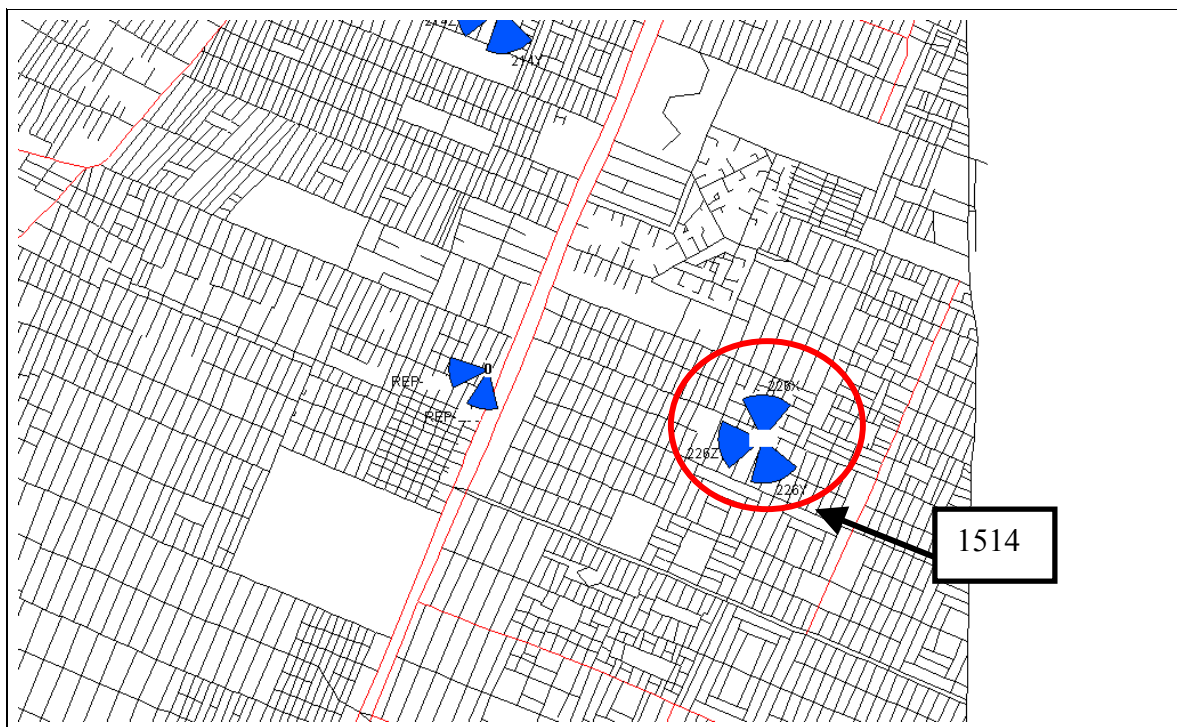


Observaciones:

- Diferente inclinación en los tres sectores.
- Diferencia en el modelo de antenas del sector gamma.

Sector	No. Antena	Datos de diseño				Datos de auditoria en campo			
		Acimut [°]	Inclinación [°]	Altura [m]	Modelo de antena	Acimut [°]	Inclinación [°]	Altura [m]	Modelo de antena

1514_01	Rx0	5	2	30	DB980H65T3-M	0	2	30	DB980H65T3-M
	Rx1	5	2	30	DB980H65T3-M	0	2	30	DB980H65T3-M
1514_02	Rx0	123	2	30	DB980H65T3-M	155	2	30	DB980H65T3-M
	Rx1	123	2	30	DB980H65T3-M	155	2	30	DB980H65T3-M
1514_03	Rx0	254	2	30	M-1900-90-18i-2	240	3	30	DB980H65T3-M
	Rx1	254	2	30	M-1900-90-18i-2	240	3	30	DB980H65T3-M



Observaciones:

- Diferente inclinación en el sector gamma con diferencia de 2 grados
- Diferencia en el modelo de antenas del sector gamma.

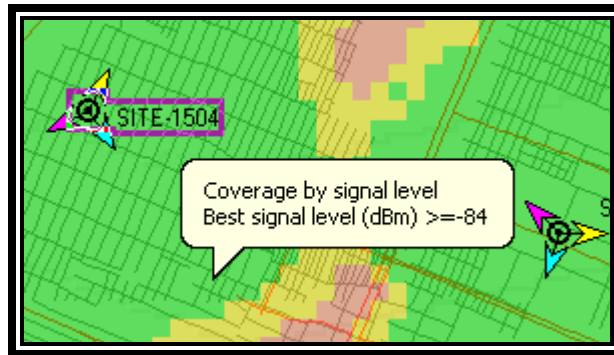
Es muy importante realizar la auditoria de las radio bases, ya que nos permite tener pleno conocimiento del hardware de nuestra Red.

IV.7 Cobertura Esperada.

En la actualidad con el avance de las telecomunicaciones y la computación es común encontrarse con herramientas de diseño con las que podemos realizar entre otras aplicaciones:

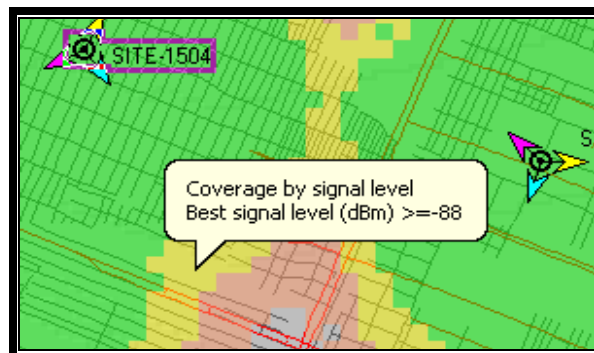
- Simulación de una red celular.
- Predicción de alcances en cobertura y parámetros de radiofrecuencia.
- Modificación y localización geográfica de cada uno de los sitios.
- Altitudes de cada sitio.
- Estudios de cobertura.
- Utilización de diferentes modelos de antenas.
- Etc.

Los rangos medición que utilizaremos para la recepción de señal (Mobile Receive Power), son los siguientes:

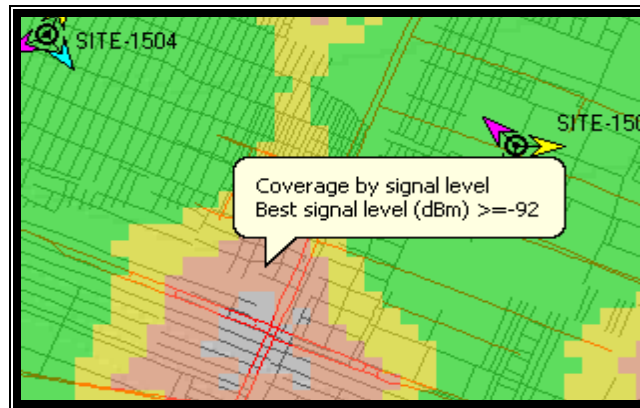


1

En verde se muestra donde habrá buena cobertura (-84 dbm) exterior e interior.

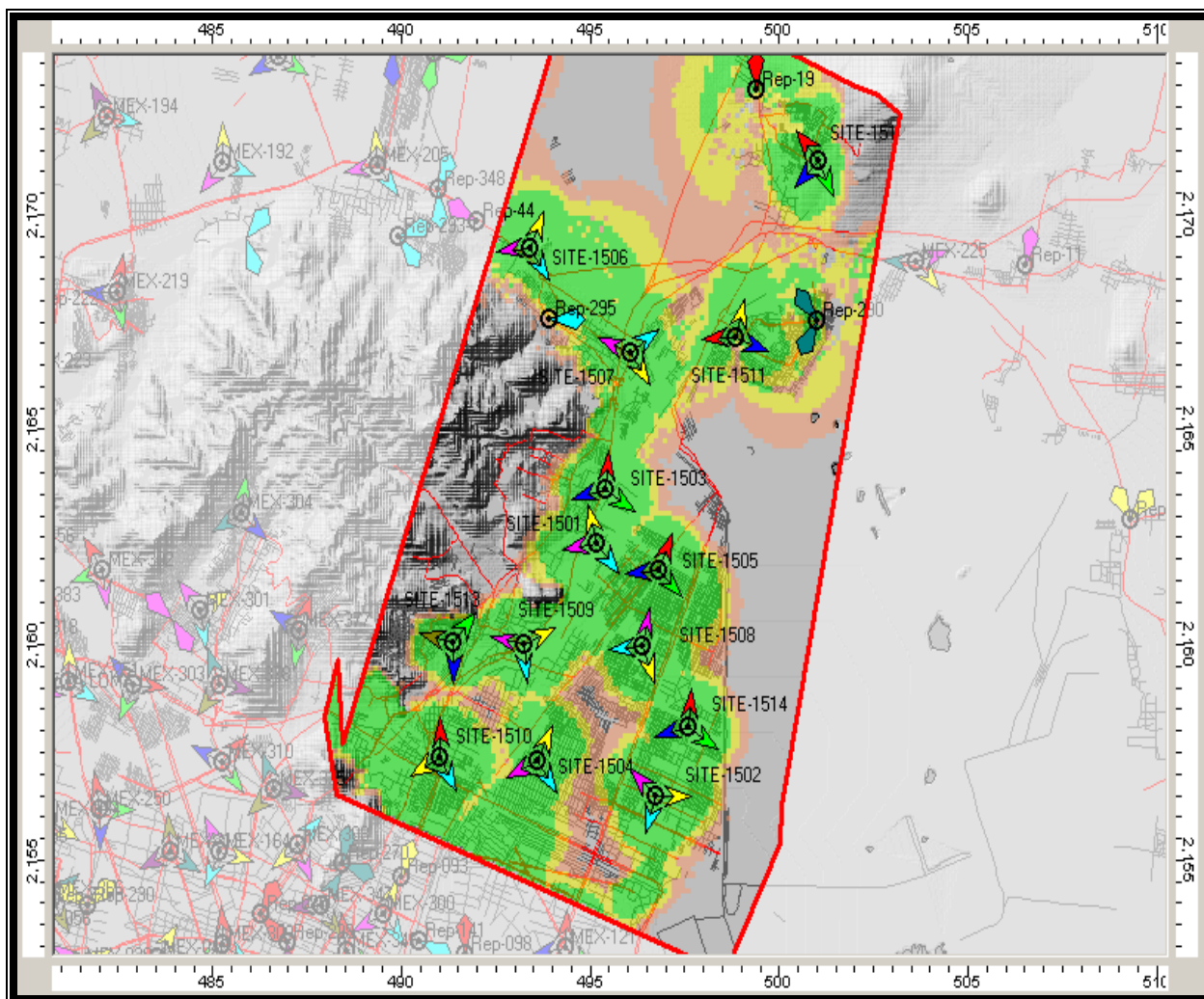


En amarillo se muestra donde habrá cobertura de -84 dbm a -88 dbm.



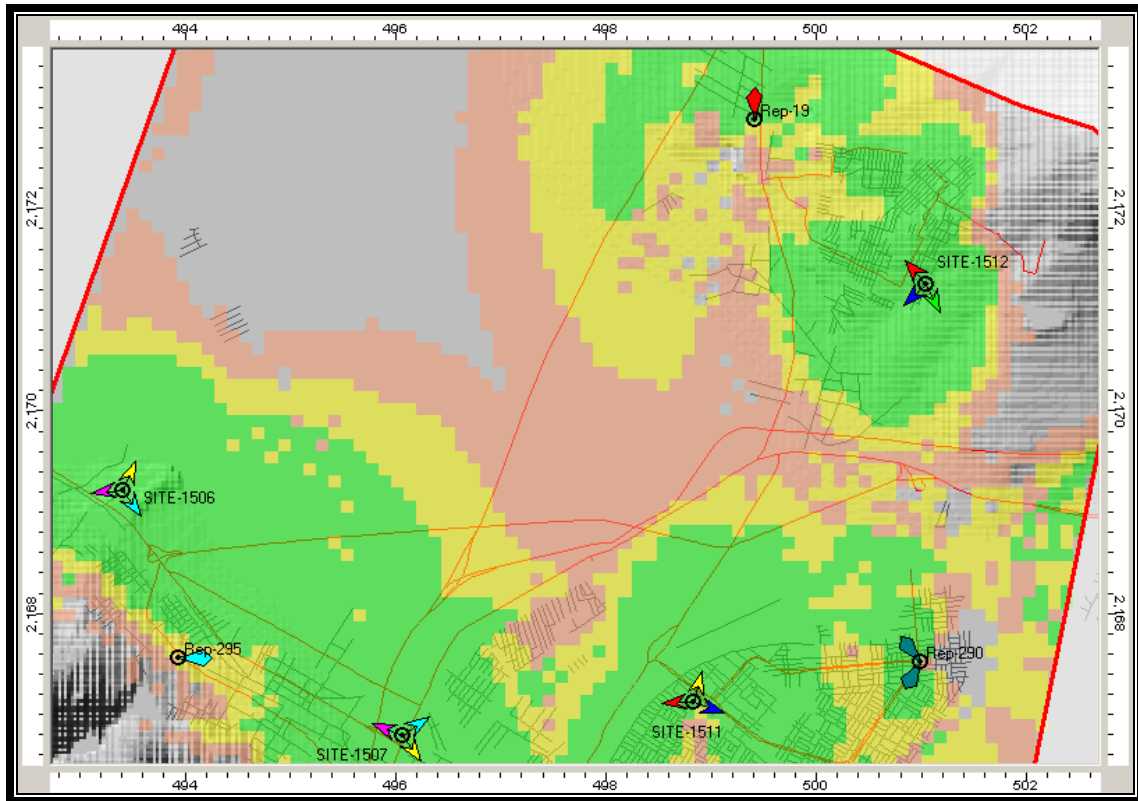
En naranja se muestra donde habrá cobertura de -88 dbm a -92 dbm.

IV.8 Cobertura de nuestra red celular con los datos de diseño.

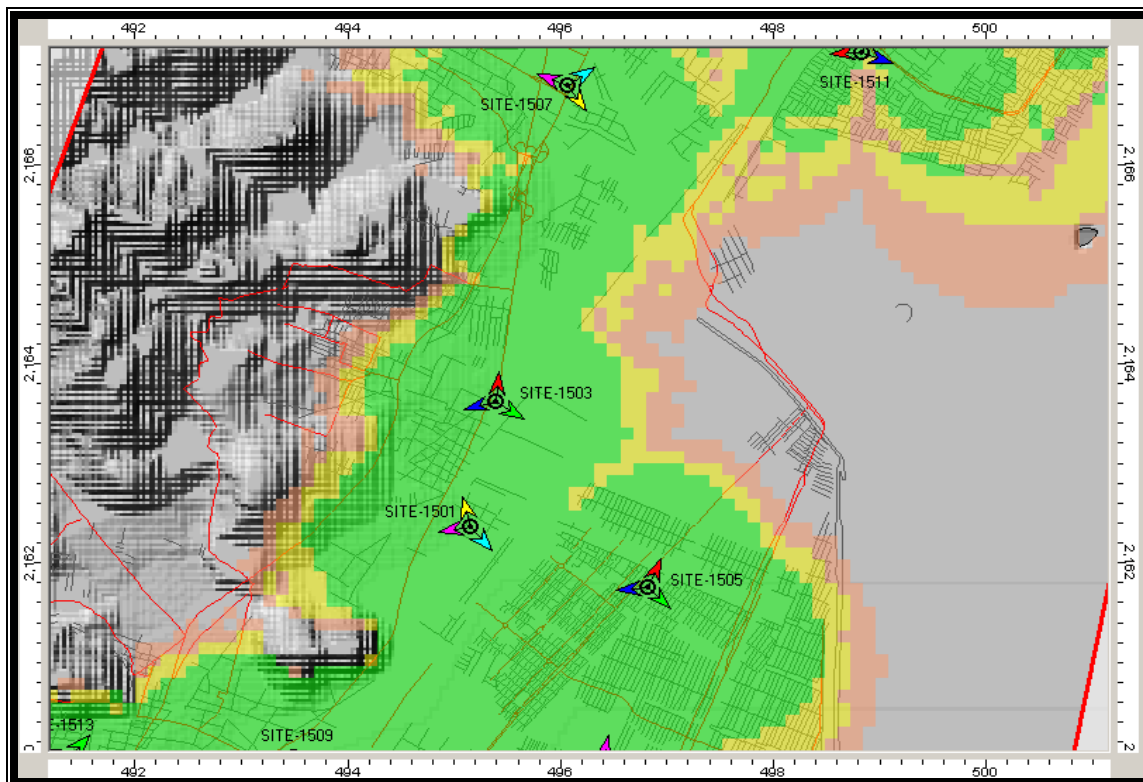


- Número de sitio.
- Orientación de los sectores.
- Avenidas principales y calles.
- Geografía del terreno.
- Zona delimitada de nuestro análisis.
- Cobertura con los diferentes niveles explicados en paginas anteriores.

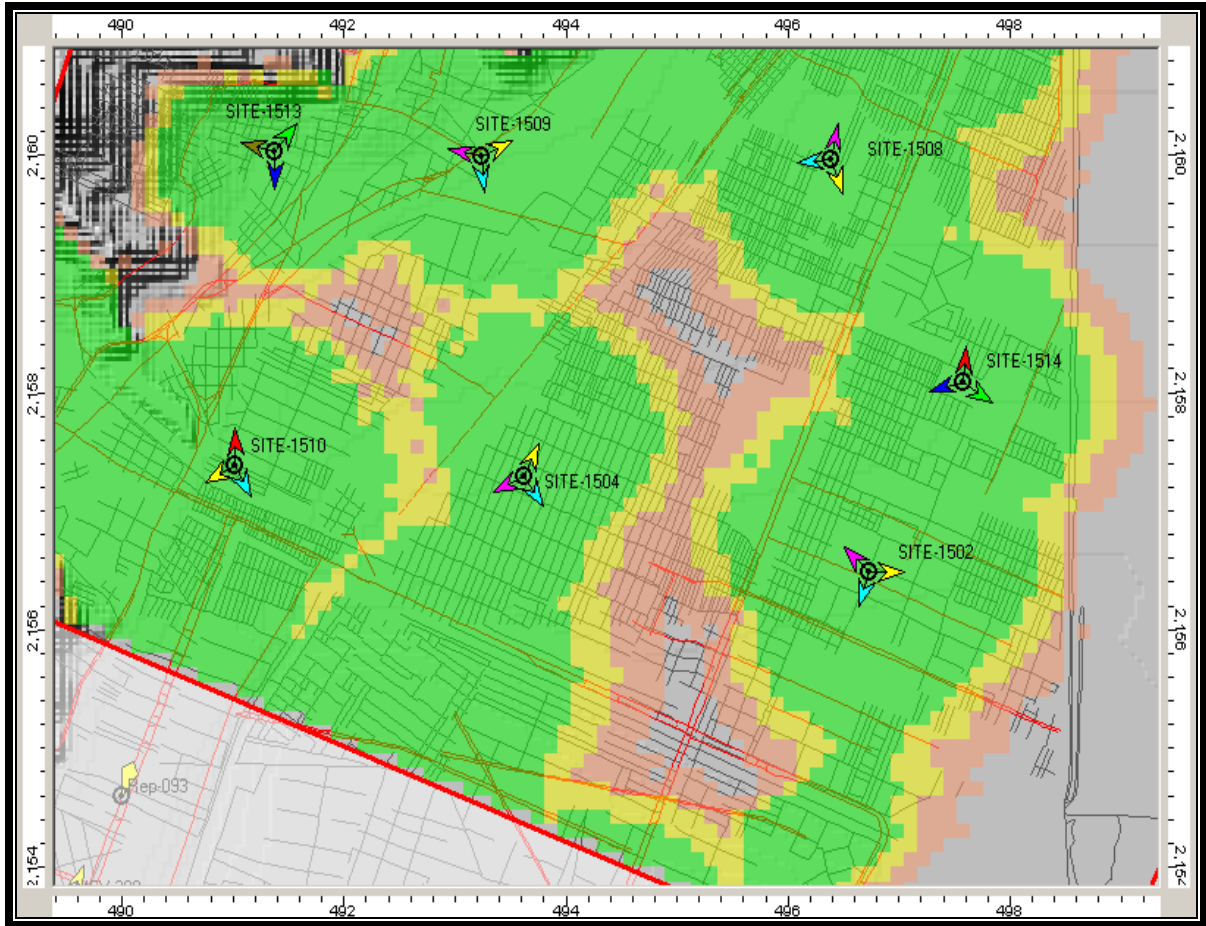
Zona Norte.



Zona Centro

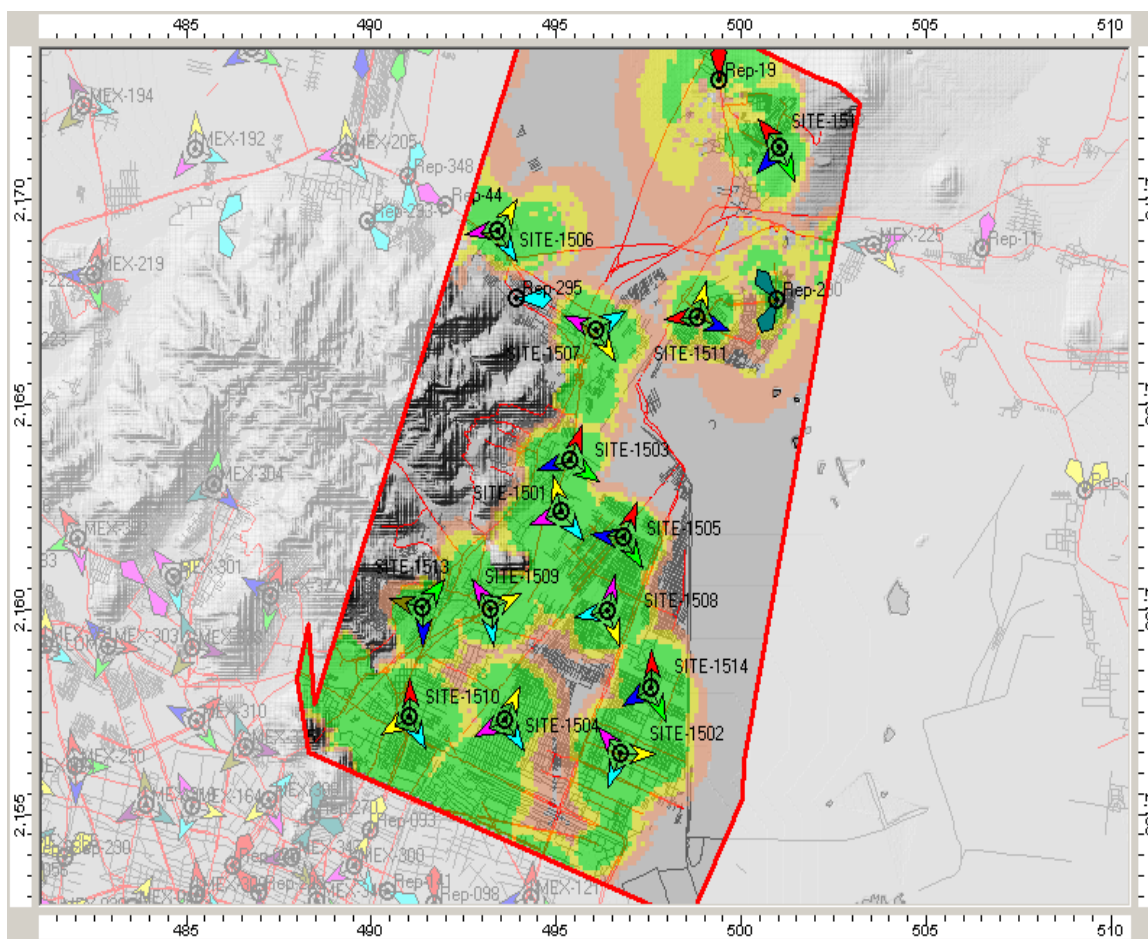


Zona Sur



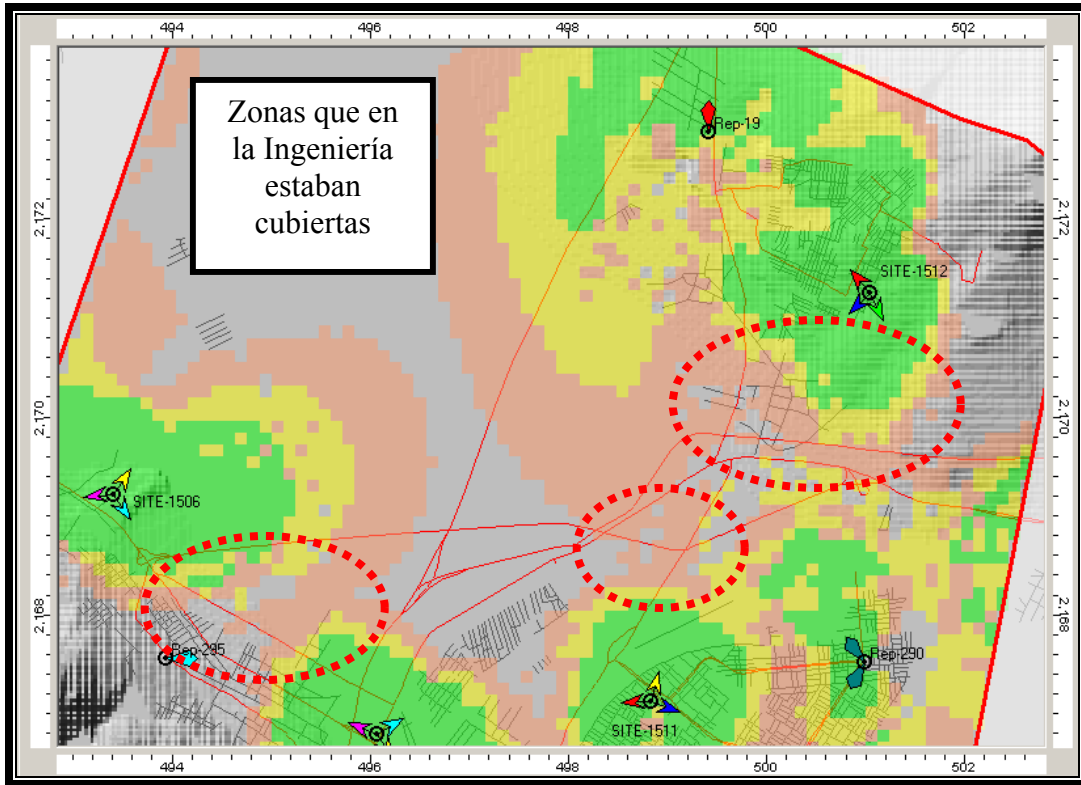
IV.9 Cobertura de nuestra red celular con los datos de auditoría.

En la figura abajo siguiente se observa la predicción de cobertura tomando los valores obtenidos en la auditoría.

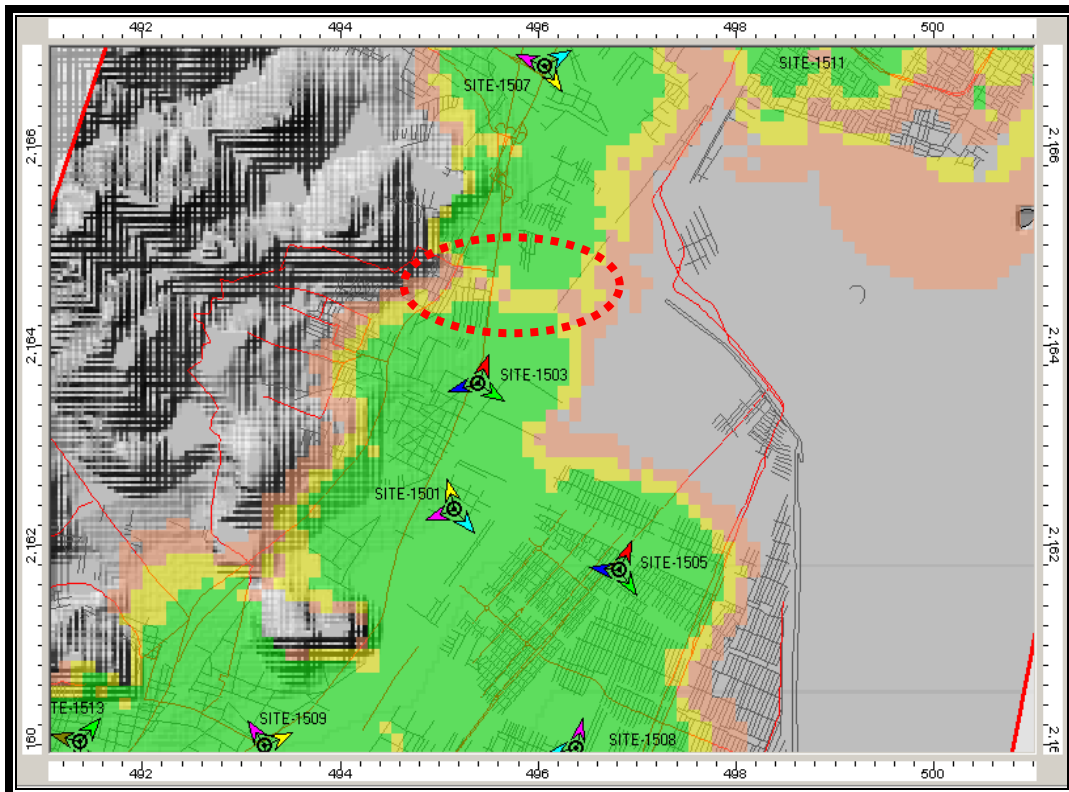


- Número de sitio.
- Orientación de los sectores.Cambian
- Avenidas principales y calles .
- Geografía del terreno.
- Zona delimitada de nuestro análisis.
- InclinationesCambian
- Alturas.Cambian
- La cobertura que llega a las diferentes zonas y calles de nuestra red varía considerablemente.
- Existen huecos de cobertura que en nuestro diseño de ingeniería no teníamos.

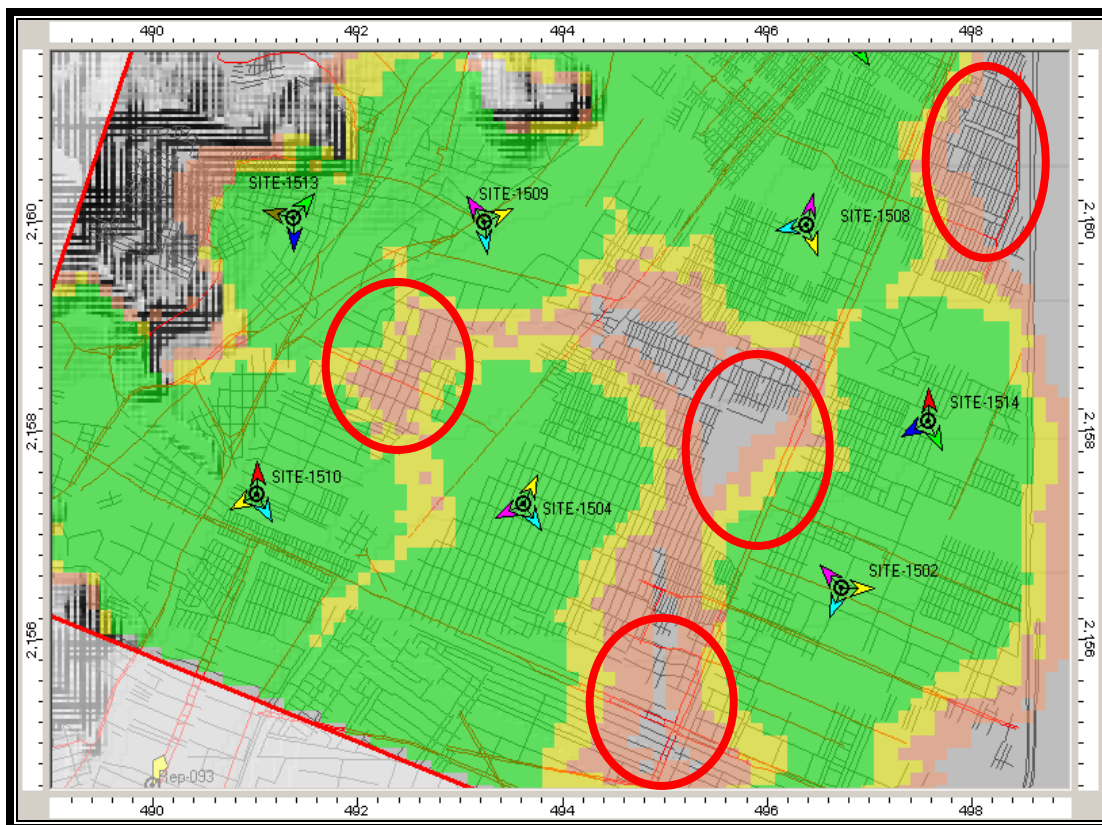
Zona Norte



Zona Centro



Zona Sur



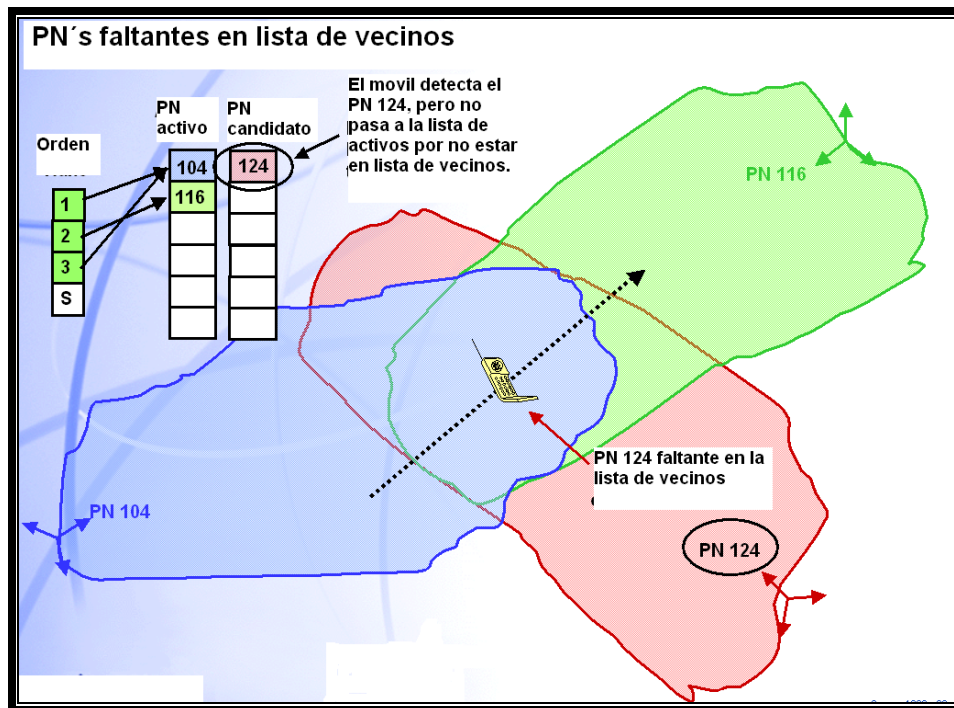
CAPITULO V

RESULTADOS.

V.1 Lista de Vecinos

Una de las características principales de una red de telefonía celular es la de permitir movilidad, esto se logra estableciendo una continuidad entre las diferentes radio bases de nuestra Red.

Para lograr esto es necesario crear una lista de vecinos para cada sector que le permita al móvil hacer handoff reconociendo y aceptando los pilotos y sectores que llevaran la llamada activa sin que esta se llegue a caer.



El teléfono vera varios PNs, pero solo podrá establecer o mantener una llamada con aquel PN que este en su lista de vecinos.

Es necesario resaltar que la lista de vecinos no es permanente, esta cambia conforme la red crece y se optimiza.

V.1.1 Ingreso de la lista de vecinos.

La lista de vecinos se genera y configura de la siguiente manera:

Reconcile PDB and BTS Neighbor Lists

Key Values for Data

SUBSYS	NUM	FREQ	SECTOR
MC1900BTS1064	1	25	Alpha

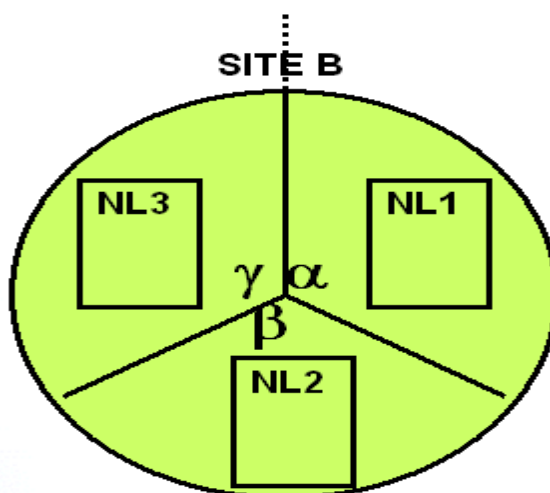
NList:

#	BTS Name	CELL	SECTOR	FREQ	BAND
1	MC1900BTS1064	64	Beta	25	1900
2	MC1900BTS1064	64	Gamma	25	1900
3	MC1900BTS1065	65	Gamma	25	1900
4	Logical	95	Gamma	25	1900
5	Logical	59	Beta	25	1900
6	MC1900BTS1069	69	Gamma	25	1900
7	MC1900BTS1070	70	Gamma	25	1900
8	Logical	57	Beta	25	1900
9	Logical	57	Gamma	25	1900
10	MC1900BTS1140	140	Gamma	25	1900
11	Logical	322	Beta	25	1900
12	Logical	322	Gamma	25	1900
13	Logical	321	Alpha	25	1900
14	Logical	321	Beta	25	1900
15	MC1900BTS1157	157	Alpha	25	1900
16	MC1900BTS1140	140	Alpha	25	1900
17	MC1900BTS1139	139	Alpha	25	1900
18	Logical	179	Gamma	25	1900
19	MC1900BTS1157	157	Beta	25	1900
20	MC1900BTS1074	74	Alpha	25	1900

Neighbor List:

#	PN	PILOTINC	Config	SPri	FVal	Band	Freq	ACCEHOP	ACCHOAP	Status
1	428	4	0	1	F	1900	25	F	F	OK
2	432	4	0	1	F	1900	25	F	F	OK
3	348	4	0	1	F	1900	25	F	F	OK
4	300	4	0	1	F	1900	25	F	F	OK
5	44	4	0	1	F	1900	25	F	F	OK
6	84	4	0	1	F	1900	25	F	F	OK
7	384	4	0	1	F	1900	25	F	F	OK
8	356	4	0	1	F	1900	25	F	F	OK
9	360	4	0	1	F	1900	25	F	F	OK
10	120	4	0	1	F	1900	25	F	F	OK
11	200	4	0	1	F	1900	25	F	F	OK
12	204	4	0	1	F	1900	25	F	F	OK
13	208	4	0	1	F	1900	25	F	F	OK
14	212	4	0	1	F	1900	25	F	F	OK
15	172	4	0	1	F	1900	25	F	F	OK
16	112	4	0	1	F	1900	25	F	F	OK
17	448	4	0	1	F	1900	25	F	F	OK
18	24	4	0	1	F	1900	25	F	F	OK
19	176	4	0	1	F	1900	25	F	F	OK
20	256	4	0	1	F	1900	25	F	F	OK

Buttons: Add, Delete, Top, Up, Down, Bottom, Copy->, Align BTS To PDB, OK, Cancel



La lista de vecinos es para cada sector.

En la siguiente tabla se muestra nuestra lista de vecinos inicial de diseño, de acuerdo a las vecindades naturales y posibles Handoff que el móvil necesitará hacer para mantener una llamada en curso.

LISTA DE VECINOS

Sector	Vecino (1)	Vecino (2)	Vecino (3)	Vecino (4)	Vecino (5)	Vecino (6)	Vecino (7)	Vecino (8)	Vecino (9)	Vecino (10)	Vecino (11)	Vecino (14)	Vecino (15)	Vecino (16)	Vecino (17)	Vecino (18)	Vecino (19)	Vecino (20)
1501_01	1501_02	1501_03	1503_02	1503_03	1503_01	1507_02	1505_03	1505_01	1507_03	1511_03	1508_01	1514_01	1509_03		1513_01	1507_01	1511_02	
1501_02	1501_03	1501_01	1505_03	1505_01	1505_02	1508_01	1508_03	1503_02	1509_01	1509_02	1504_01	1514_01	1502_03	1508_02	1503_03	1514_03	1509_03	1511_02
1501_03	1501_01	1501_02	1509_01	1509_02	1509_03	1505_03	1508_03	1504_01	1513_01	1513_03	1503_03	1508_01	1503_02	1514_01	1505_01			
1502_01	1502_02	1502_03	1505_02	1508_02	1514_03	1514_02	1514_01	1504_02	1508_03	1509_01	1509_02							
1502_02	1502_01	1502_03	1504_02	1508_02	1510_02	1514_02	1514_03	1508_03	1504_01	1509_01	1509_02							
1502_03	1502_01	1502_02	1504_01	1504_02	1509_01	1505_02	1508_02	1508_03	1509_02	1514_02	1514_03	1513_02						
1503_01	1503_02	1503_03	1507_02	1511_03	1505_01	1505_03	1511_01	1511_02	1507_01	1512_01	1507_03	1501_01	1501_02	1508_01	1514_01			
1503_02	1503_01	1503_03	1505_01	1505_03	1507_02	1509_01	1505_02	1511_03	1508_01	1511_02	1514_01	1512_02	1501_01	1501_02				
1503_03	1503_01	1503_02	1505_03	1511_03	1507_02	1508_01	1509_03	1505_01	1509_01	1508_03	1504_01	1501_01	1501_03	1501_02	1507_03	1514_01		
1504_01	1504_02	1504_03	1502_03	1509_02	1509_01	1508_03	1508_02	1510_01	1513_02	1514_03	1501_03	1510_02	1505_02	1502_02				
1504_02	1504_01	1504_03	1502_02	1502_03	1510_02	1508_02	1514_03	1508_03	1509_02	1509_01	1502_01	1505_02						
1504_03	1504_02	1504_01	1510_01	1510_02	1509_02	1513_02	1510_03	1509_03	1501_03	1508_03								
1505_01	1505_02	1505_03	1507_02	1503_02	1511_02	1512_02	1511_03	1503_01	1502_01	1514_01	1503_03	1507_01	1501_01	1501_02	1509_01	1508_02		
1505_02	1505_01	1505_03	1502_01	1508_01	1508_02	1511_02	1503_02	1508_03	1514_01	1514_03	1514_02	1504_02	1509_01	1501_02	1504_01	1509_02		
1505_03	1505_01	1505_02	1509_01	1503_02	1503_03	1508_01	1510_01	1513_03	1503_01	1510_03	1510_02	1514_01	1501_01	1501_02	1501_03	1508_02	1507_02	
1506_01	1506_02	1506_03	1507_01	1512_03	1507_03	1511_01	1512_02	1512_01										
1506_02	1506_01	1506_03	1507_03	1507_01	1511_03	1512_03	1507_02	1512_02	1505_01	1511_01	1512_01	1511_02						
1506_03	1506_01	1506_02	1507_03	1512_03	1512_01	1511_03	1512_02											
1507_01	1507_02	1507_03	1506_02	1506_01	1511_03	1511_01	1511_02	1512_02	1512_03	1512_01	1503_01	1505_01	1501_01					
1507_02	1507_01	1507_03	1505_01	1506_02	1503_01	1511_03	1503_02	1512_02	1511_02	1503_03	1512_03	1505_03	1512_01	1501_01				
1507_03	1507_01	1507_02	1506_02	1511_03	1512_03	1506_01	1506_03	1501_01	1503_03	1512_02	1503_01	1512_01						
1508_01	1508_02	1508_03	1505_02	1505_03	1509_01	1503_03	1514_01	1503_02	1501_02	1501_03	1509_03	1504_01	1513_01	1509_02				
1508_02	1508_01	1501_02	1508_03	1502_01	1502_03	1505_02	1504_01	1509_01	1502_02	1505_03	1504_02	1514_01	1514_03	1509_02	1514_02	1503_02		
1508_03	1508_01	1508_02	1502_03	1504_01	1509_01	1505_02	1514_01	1514_03	1509_02	1504_02	1501_02	1501_03	1502_02	1502_01	1513_02			
1509_01	1509_02	1509_03	1505_03	1502_03	1504_01	1508_01	1508_03	1508_02	1514_03	1514_01	1505_02	1504_02	1501_02	1501_03	1513_02	1514_02	1502_01	
1509_02	1509_01	1509_03	1504_01	1504_03	1510_01	1513_02	1513_01	1502_03	1513_03	1501_03	1514_03	1508_03	1510_02	1508_02	1501_02			
1509_03	1509_01	1509_02	1505_03	1513_01	1510_01	1513_03	1502_03	1504_01	1503_03	1513_02	1501_03	1501_01	1501_02	1508_01	1504_03			
1510_01	1510_02	1510_03	1513_02	1509_02	1504_03	1505_03	1509_03	1513_01	1504_01	1513_03	1508_03	1514_03	1508_01					
1510_02	1510_01	1510_03	1504_03	1513_02	1504_02	1502_02	1505_03	1504_01	1514_03	1509_02								
1510_03	1510_01	1510_02	1504_03	1513_01	1513_02	1513_03	1505_03	1508_01										
1511_01	1511_02	1511_03	1507_01	1512_02	1512_03	1505_01	1512_01	1507_02	1503_01	1506_01	1506_02							
1511_02	1511_01	1511_03	1505_01	1505_02	1512_02	1507_01	1507_02	1502_01	1501_01	1503_01	1514_01	1501_02	1512_03	1503_02				
1511_03	1511_01	1511_02	1507_01	1507_02	1503_01	1506_02	1507_03	1505_01	1512_02	1512_03	1503_03	1503_02	1512_01	1506_01	1501_01	1506_03		
1512_01	1512_02	1512_03	1511_01	1507_03	1507_01	1506_02	1506_01	1511_03	1503_01									
1512_02	1512_01	1512_03	1511_01	1511_02	1507_01	1505_01	1511_03	1507_02	1506_02	1507_03	1506_03	1506_01						
1512_03	1512_01	1512_02	1506_01	1507_01	1511_01	1507_03	1506_02	1511_03	1506_03	1507_02	1505_01	1511_02						
1513_01	1513_02	1513_03	1509_02	1509_03	1509_01	1510_01	1504_03	1510_03	1501_03	1501_01	1504_01							
1513_02	1513_01	1513_03	1509_02	1510_01	1504_03	1509_03	1504_01	1510_03	1510_02	1514_03	1508_03	1509_01						
1513_03	1513_02	1509_03	1505_03	1510_01	1509_02	1502_03	1508_01	1510_03	1504_01	1501_02	1504_03	1501_03						
1514_01	1514_02	1514_03	1508_01	1508_02	1508_03	1505_02	1505_01	1502_03	1505_03	1511_02	1502_01	1509_01	1501_02	1509_02	1503_02			
1514_02	1514_01	1514_03	1502_01	1502_02	1502_03	1508_02	1505_02	1509_01	1503_02	1501_02	1504_02	1511_02	1508_03					
1514_03	1514_01	1514_02	1502_01	1502_03	1504_01	1504_02	1509_01	1509_02	1508_02	1508_03	1502_02	1505_02	1513_02					



V.2 Preparación del vehículo para prueba de manejo (drive test).

En esta etapa de la optimización, será necesario hacer un recorrido por toda la zona a optimizar, recolectando grandes cantidades de información que posteriormente analizaremos en herramientas de postproceso.

Para este fin será necesario contar con el siguiente material.

- Un Auto



- Un mapa de la zona a recorrer
-



V.2.1 Equipos para hacer prueba de manejo (drive test).

- Equipo de medición y recolección de datos instalado en el vehículo.



V.2.2 Prueba de manejo (drive test) y análisis de información.

Una vez que se tiene todo el equipo necesario para realizar la prueba de manejo, se procede a iniciar la recolección de los datos realizando llamadas durante una ruta predefinida.

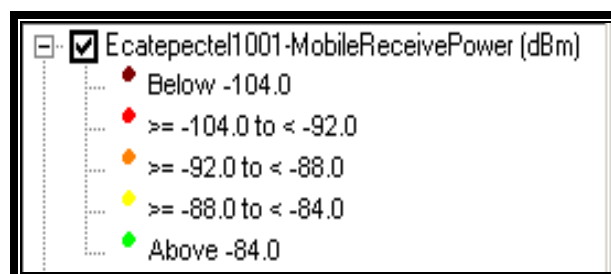
Después que se ha terminado la prueba de manejo, los archivos generados se analizan y se hacen mapas de acuerdo a la información requerida.



Hay muchas características y parámetros que se pueden mostrar en un mapa, para nuestro análisis trabajaremos con los siguientes:

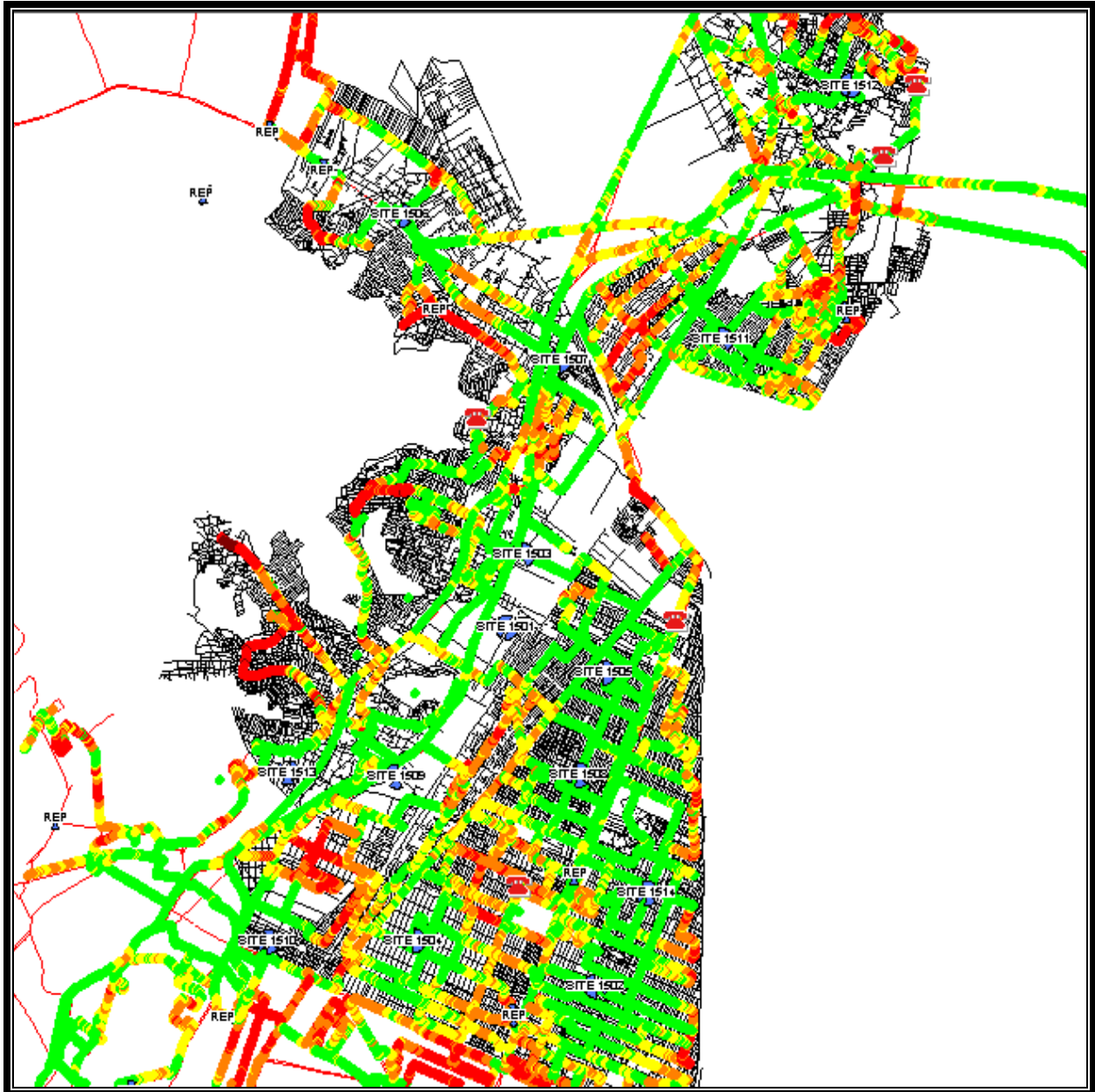
Para poder procesar toda la información recolectada en campo, existen diferentes software que ayudan a clasificar y separar la información para mostrarla de manera más amigable al usuario.

- Llamadas caídas.
- Recepción de señal (MobileReceivePower).



V.3 Mapas de cobertura antes de optimizar.

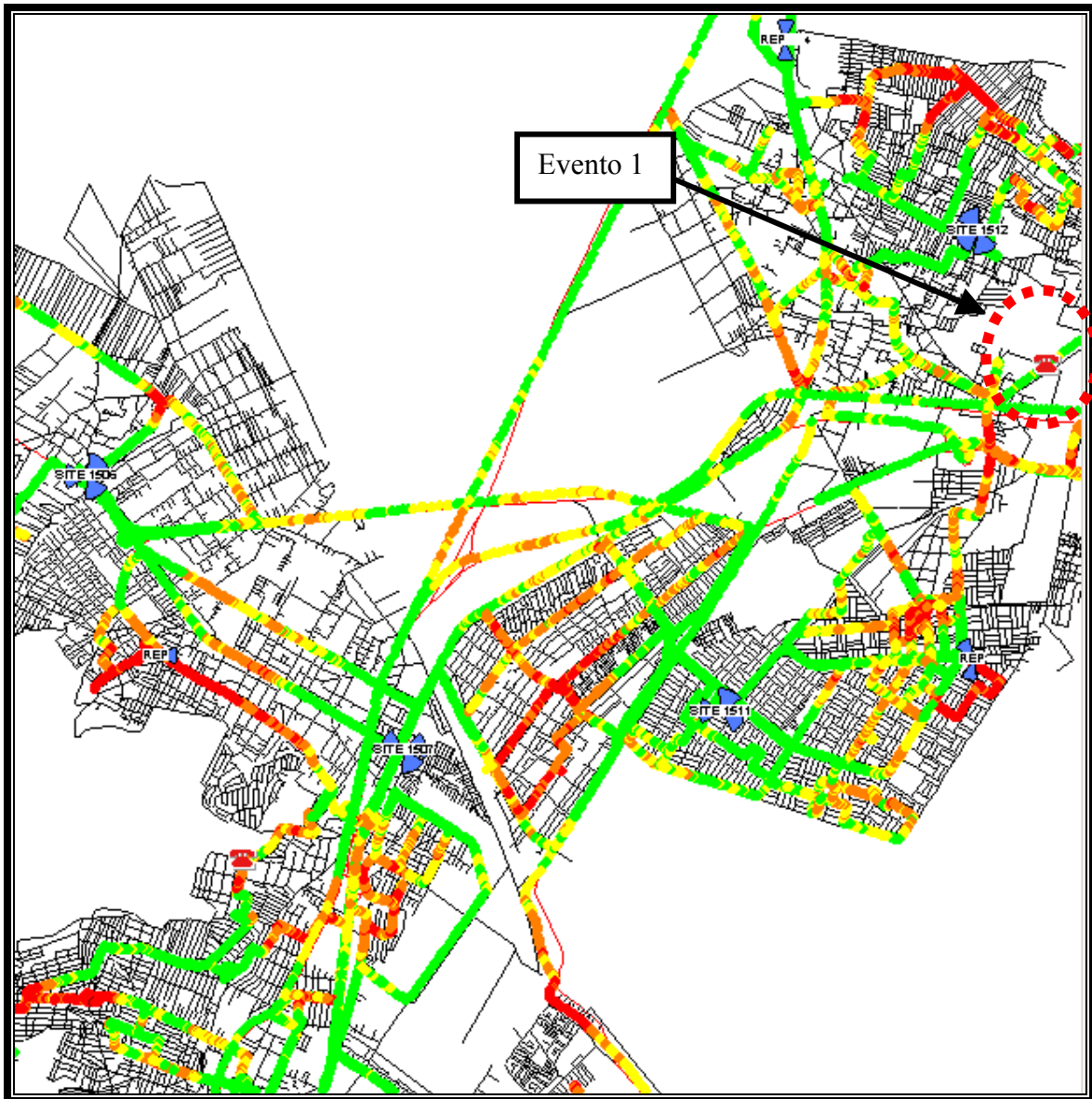
RECEPCIÓN DE SEÑAL ANTES DE OPTIMIZAR.



Resultados:

- 5 llamadas caídas.
- Huecos de cobertura

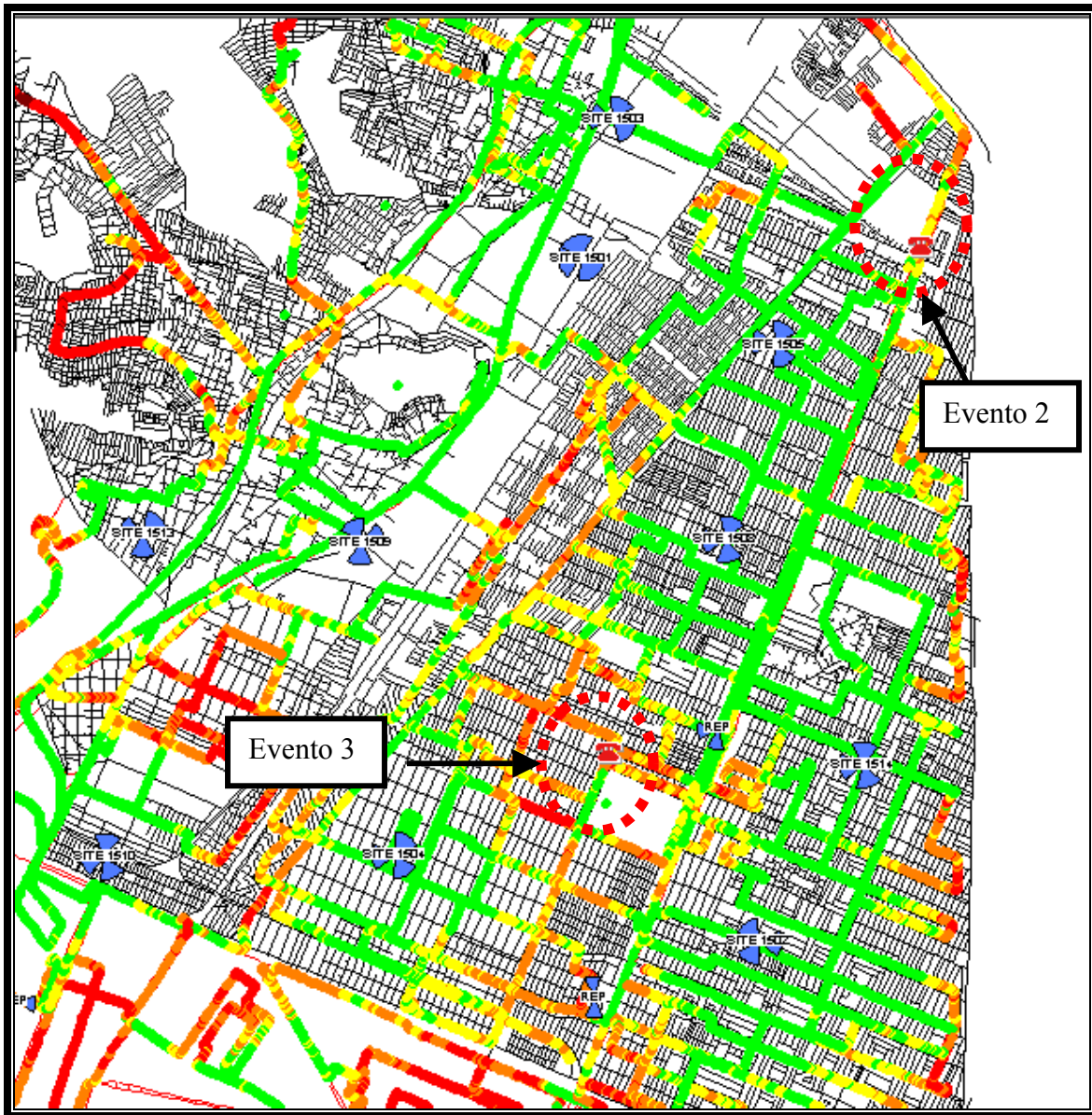
Zona NORTE



Evento 1

Causa: llamada caída por falta de vecindades en la lista de vecinos.
Solución: Se actualiza lista de vecinos.

Zona SUR



Evento 2

Causa: Falta de vecindades con sitios vecinos

Solución: Se actualiza lista de vecindades.

Evento 3

Causa: Interferencia de sitio lejano.

Solución: Se mandan ordenes de trabajo para dejar un sector y piloto dominante

V.4 Estadísticas de desempeño en nuestra red celular antes y después de las ordenes de trabajo (OT's).

Para mostrar los resultados final es importante mencionar los siguientes conceptos prácticos.

La unidad de tráfico que utilizamos es el Erlang, el cual está definido por la siguiente formula:

$$E = (\text{Llamada}) * (\text{tiempo de conexión de la llamada}) / 3600$$

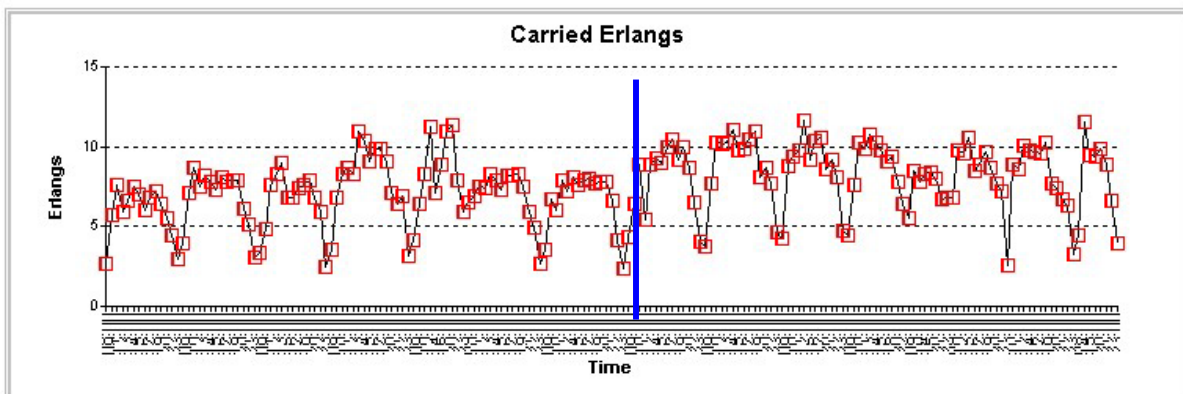
Así por ejemplo:

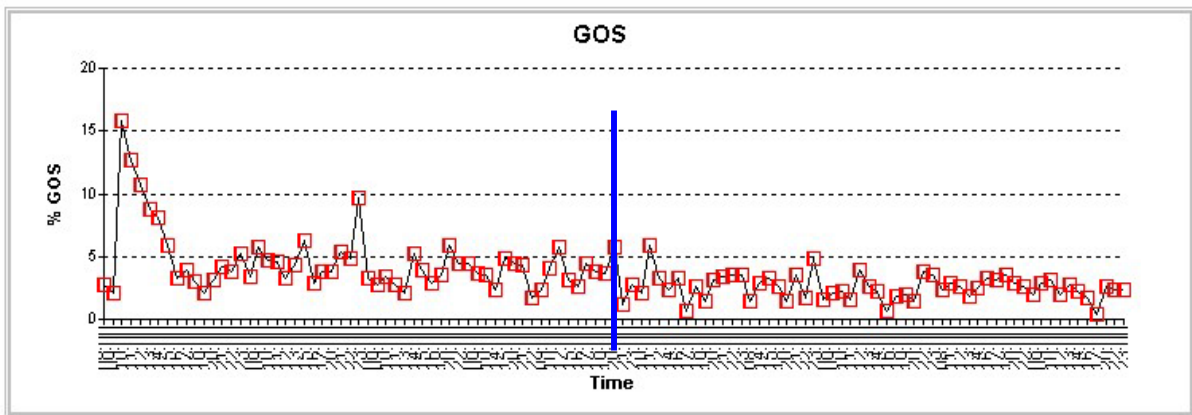
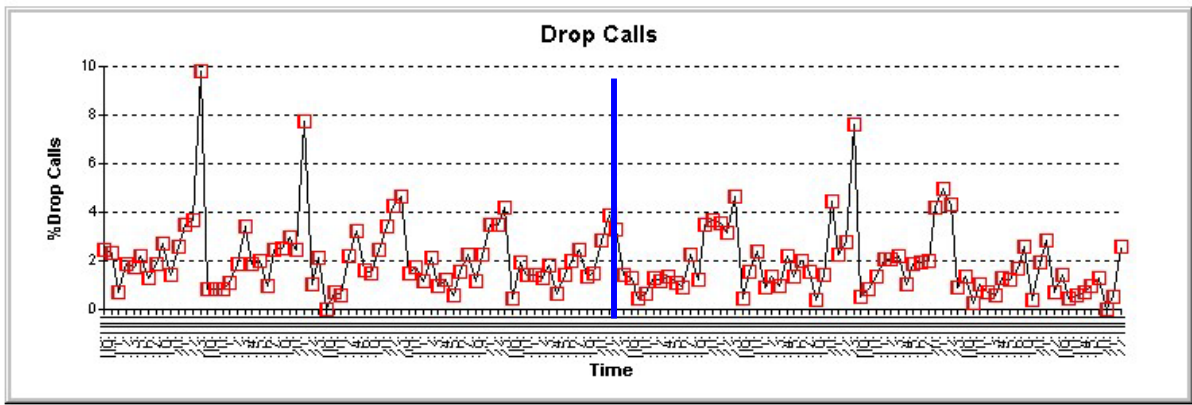
$$600 (\text{llamadas}) * 60 (\text{segundos}) / 3600 = 10 \text{ Erlangs.}$$

Existe otra unidad de calidad llamada GOS (*grade of service*), la cual determina el grado de servicio, es decir, el porcentaje de llamadas que no son exitosas al intentar conectarse a la red, y está definida por la siguiente formula.

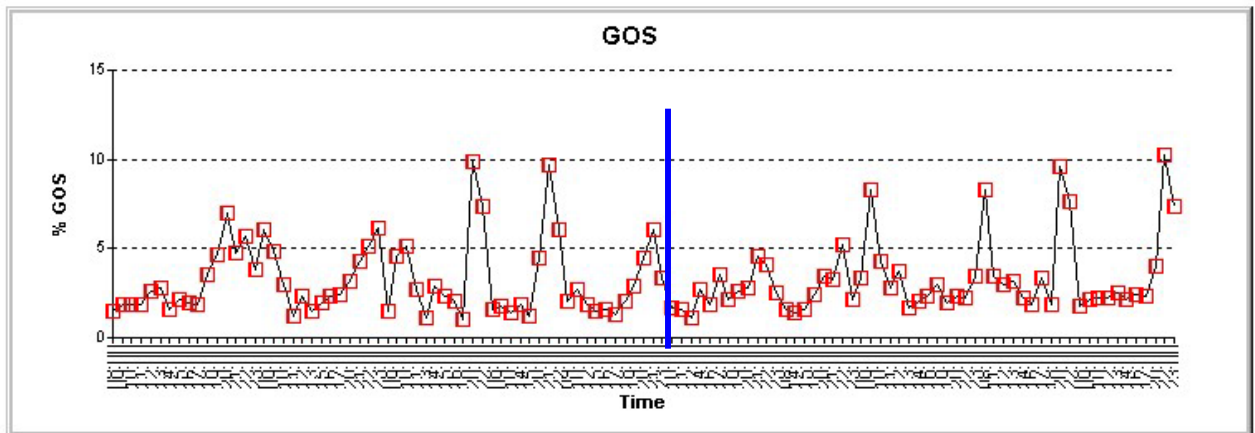
$$\text{GOS} = [(\text{accesos fallidos}) * 0.6 + \text{accesos bloqueados}] / [(\text{accesos fallidos}) * 0.4 + \text{accesos blqueados}]$$

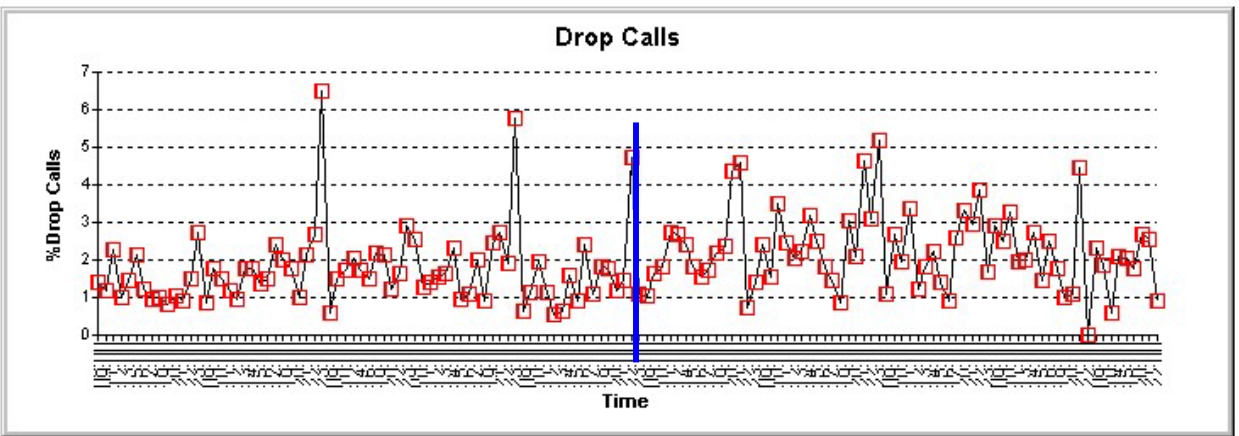
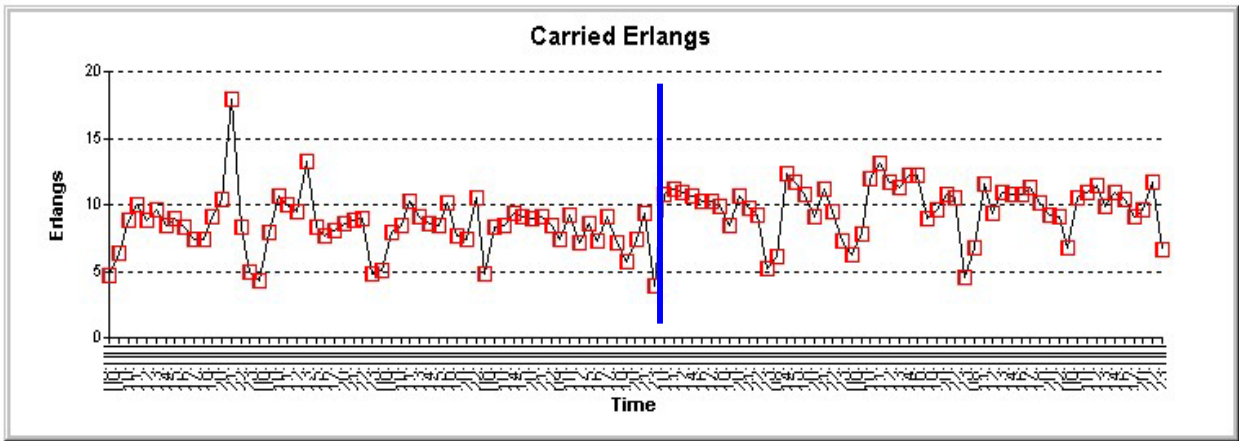
CAMBIOS PROPUESTOS EN NUESTRA RED.					
Sitio	Sector	Hardware	Causa	Efecto	Pendientes
1502Y		Acimut de 204° a 190°	Ganar tráfico y cobertura	Erlangs suben de 8 a 10 llamadas caídas (drop calls) (de 4% a 2.5% y GOS de 5 a 3	Ok



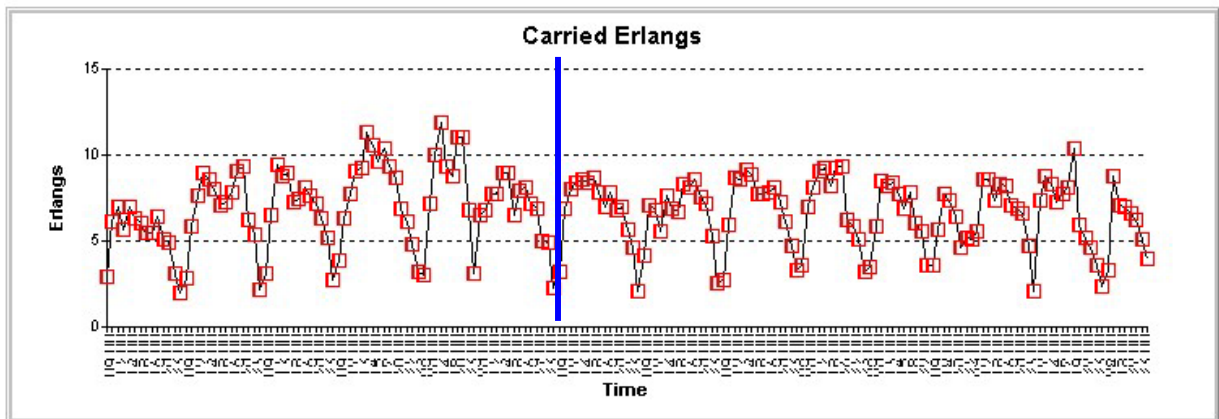


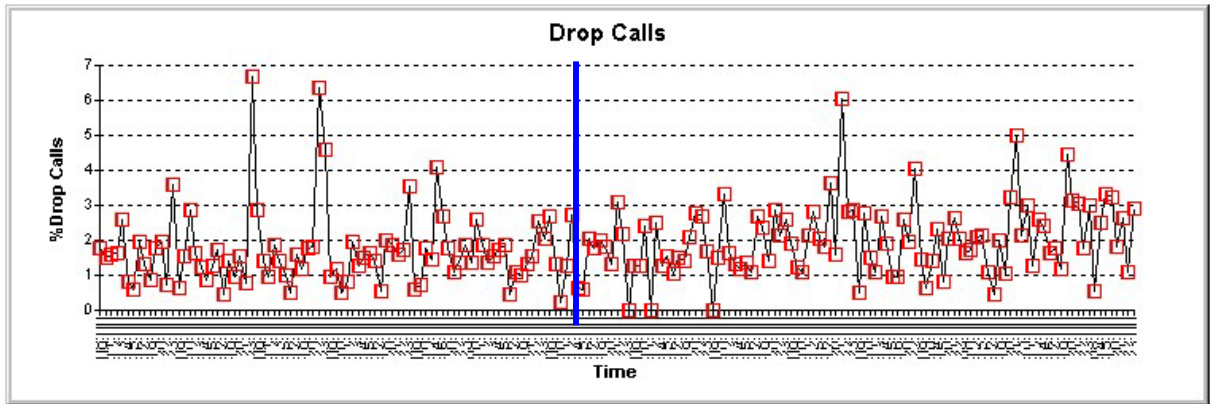
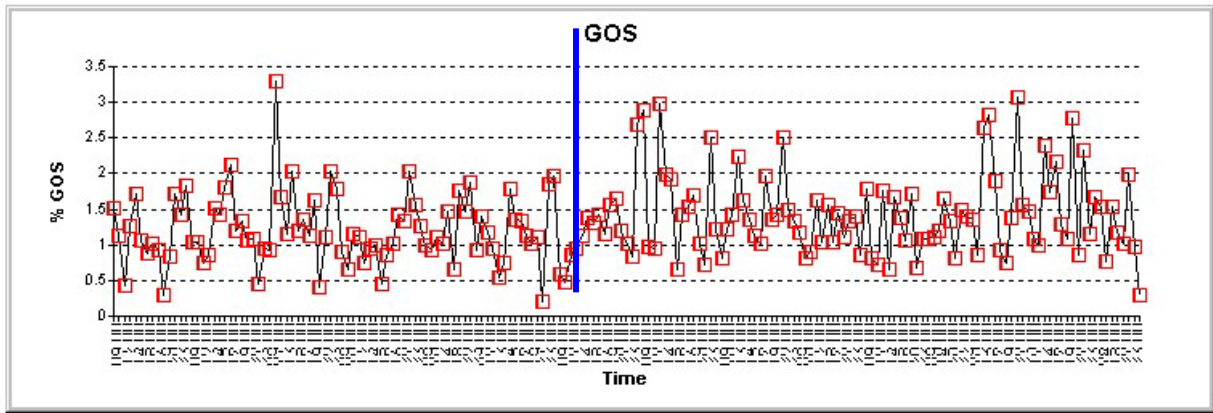
Sitio	Sector	Hardware	Causa	Efecto	Pendientes
1502Z		Tilt de 3° a 1°	Aumentar Área de cobertura y ganar tráfico	GOS sube de 3 a 4, llamadas caídas(drop calls) suben de 2% a 3%, Erlangs suben de 10 a 12	Ok



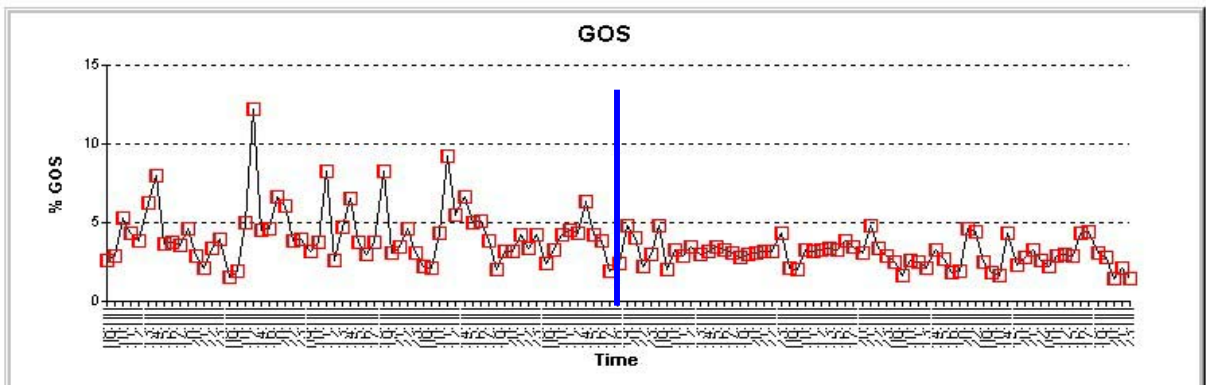


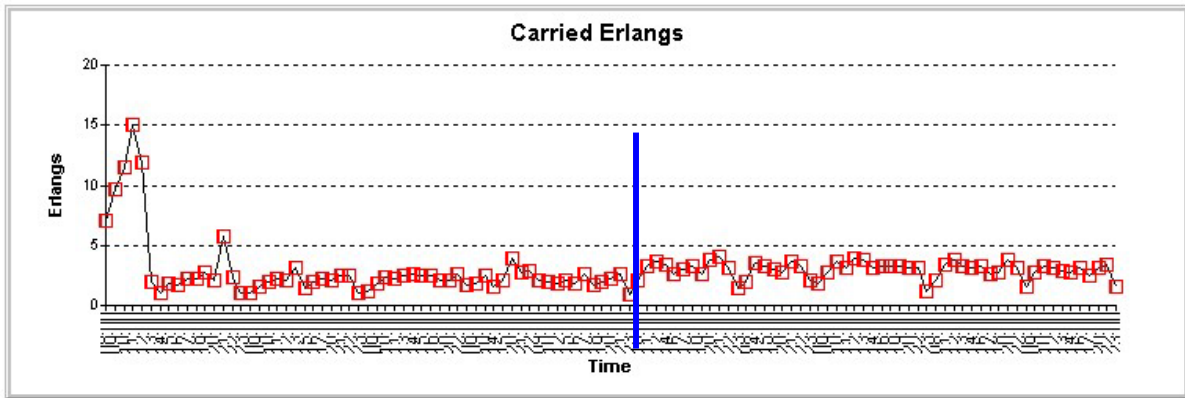
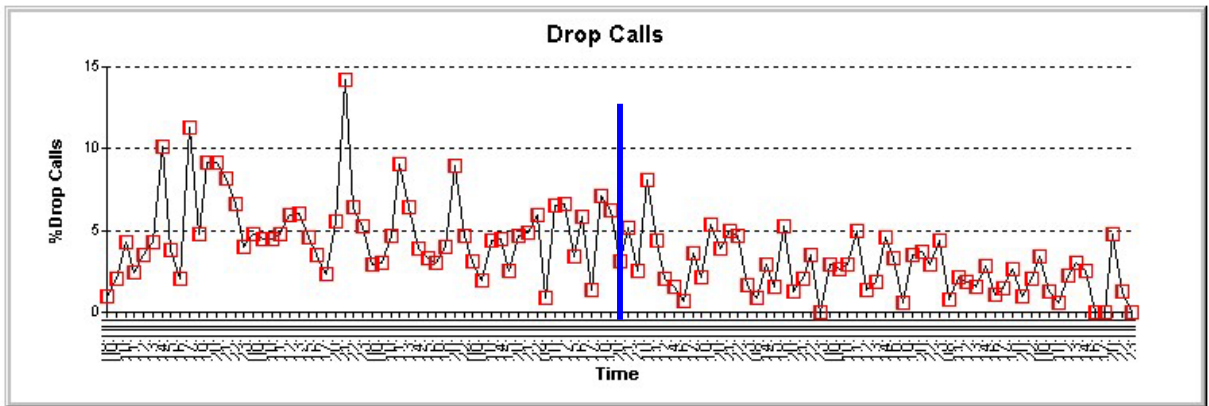
CAMBIOS PROPUESTOS EN NUESTRA RED.					
Sitio	Sector	Hardware	Causa	Efecto	Pendientes
1503X		Downtilt de 1° a 2°	Objetivo de cobertura por incremento de altura	Erlangs bajan de 11 a 9, GOS sube de 1.5% a 2% y Llamadas caídas (drop calls) aumentan de 2% a 3%	Nuevamente Optimización



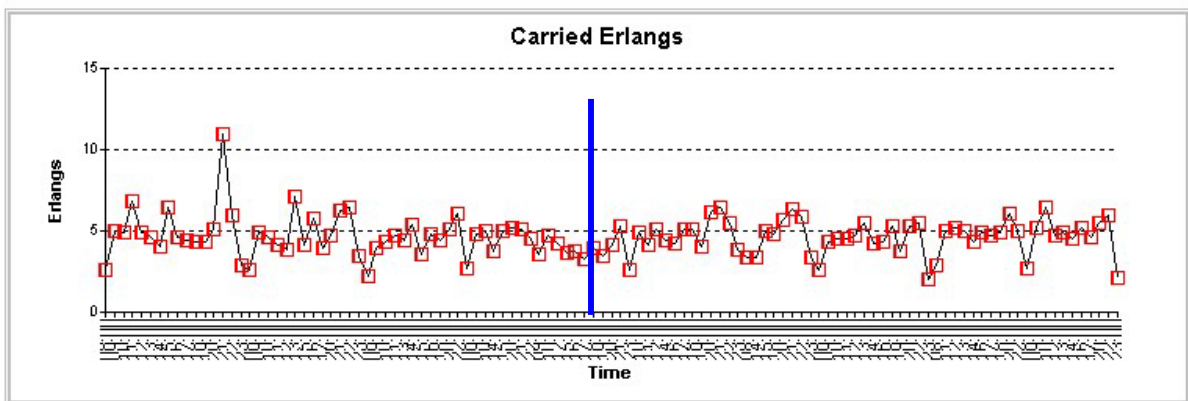


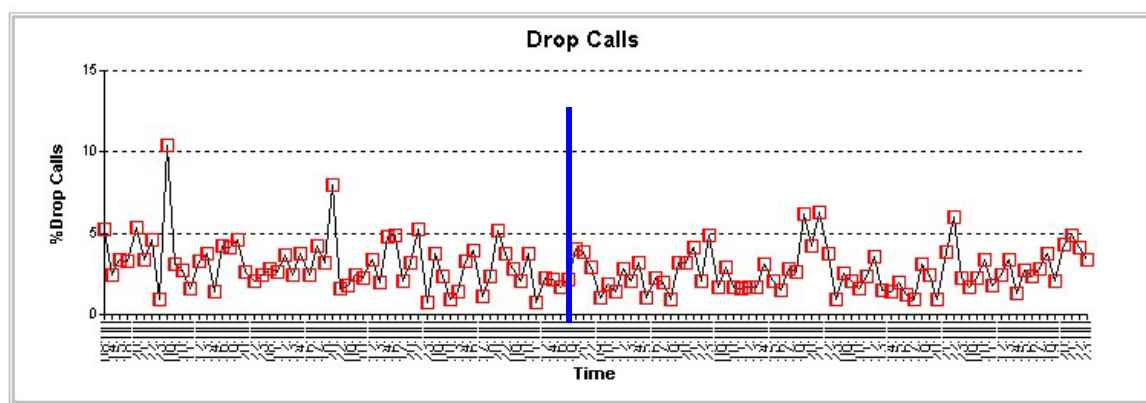
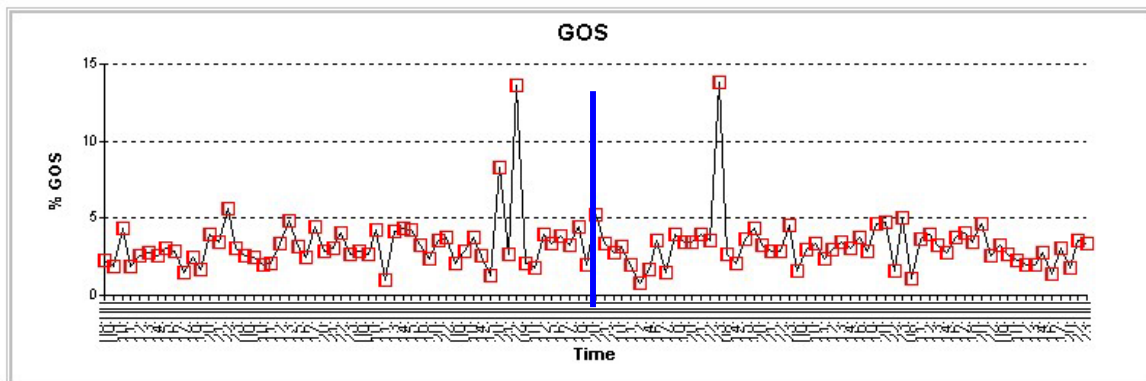
CAMBIOS PROPUESTOS EN NUESTRA RED.					
Sitio	Sector	Hardware	Causa	Efecto	Pendientes
1503	Z	Down Tilt de -2 a 2	Alta propagación causando llamadas caídas	GOS de 5% a 2.5%, Llamadas caídas (drop calls) de 5% a 2.5% y Erlangs de 2.5 a 3	Ok



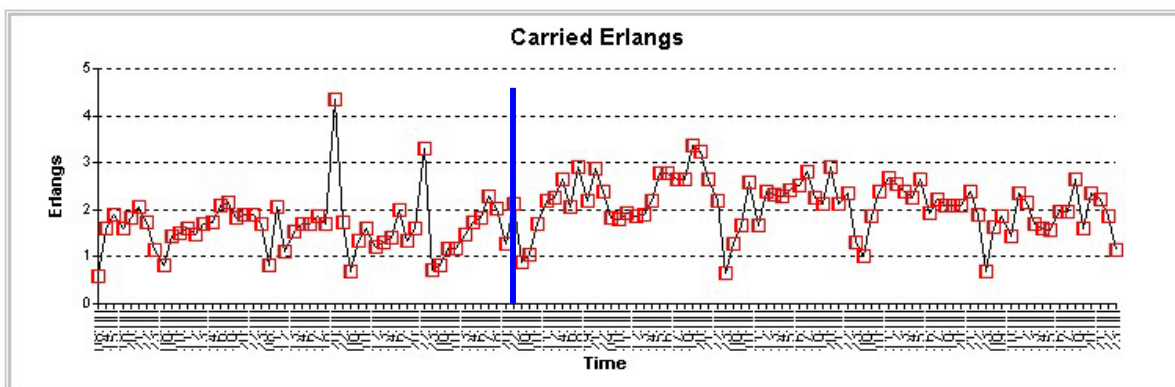


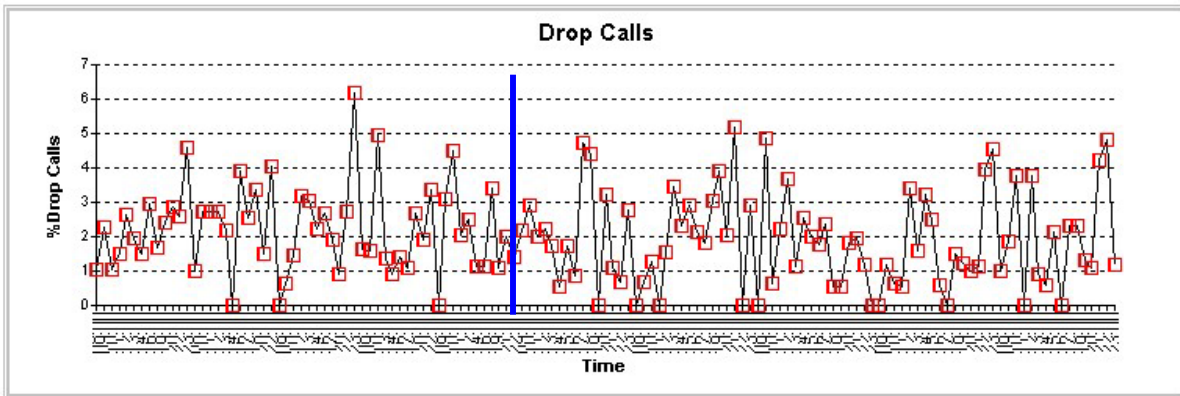
CAMBIOS PROPUESTOS EN NUESTRA RED.					
Sitio	Sector	Hardware	Causa	Efecto	Pendientes
1505	X	Cambio de antena de M-1900-65-20i-2D a DB980H65T3-M	Objetivo de cobertura y cobertura en interiores.	Erlangs se mantienen en 5, Gos se mantiene a un máximo de 5%, Llamadas caídas (drop calls) bajan en hora pico a un máximo de 5.5%	Ok



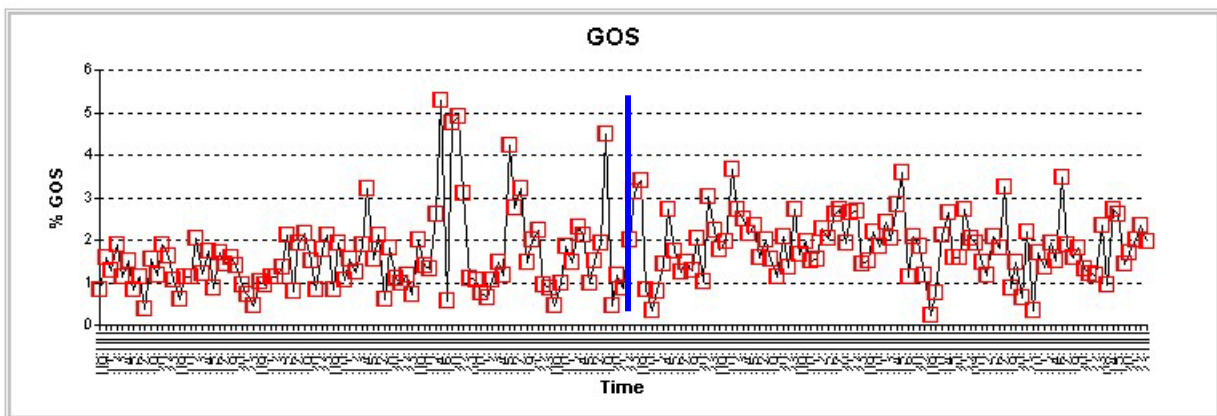


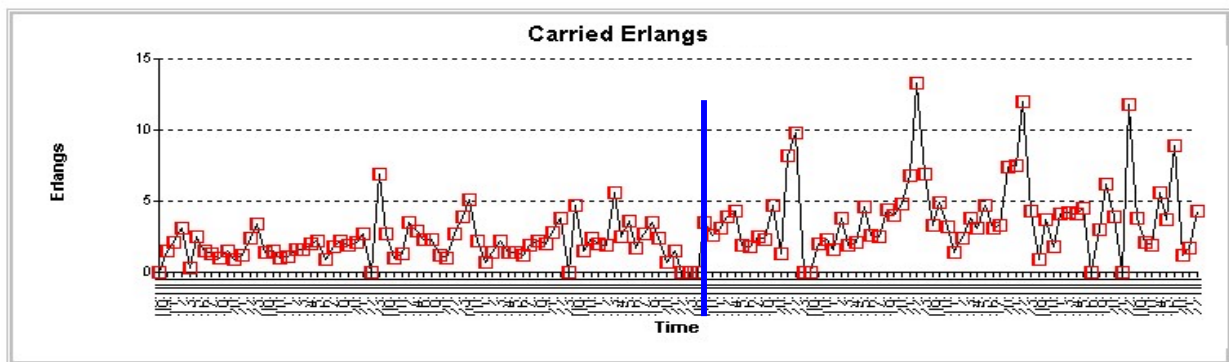
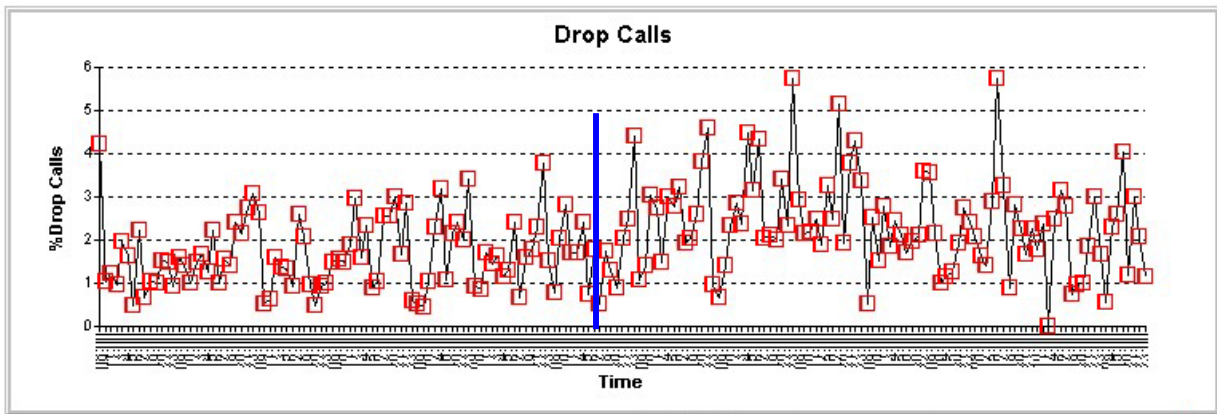
CAMBIOS PROPUESTOS EN NUESTRA RED.					
Sitio	Sector	Hardware	Causa	Efecto	Pendientes
1505Y		Tilt de 3° a 1°	Cobertura limitada	Llamadas caídas (drop calls) se mantienen en un promedio de 2.5%, Erlangs suben de 2 a 3 y el GOS se mantiene por debajo de en 2.5%	Ok



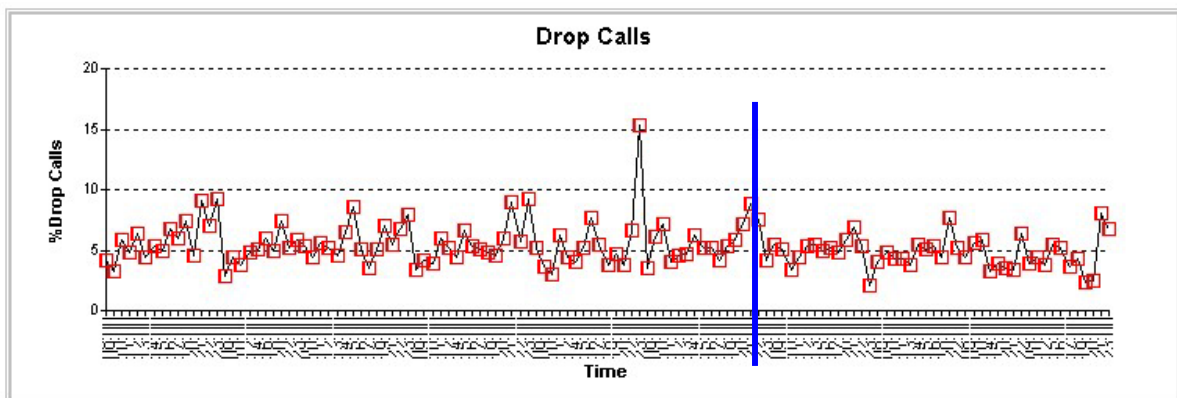


CAMBIOS PROPUESTOS EN NUESTRA RED.					
Sitio	Sector	Hardware	Causa	Efecto	Pendientes
1505	Z	Cambio de antena de DB980H65T3 a M-1900-65-20i-2D, Tilt de 3° a 0°	Balacear Tráfico con Sitio 1501	GOS subió de 2% a 3% Llamadas caídas (drop calls) subieron de 1.5% a 3% y los Erlangs aumentaron a 5	



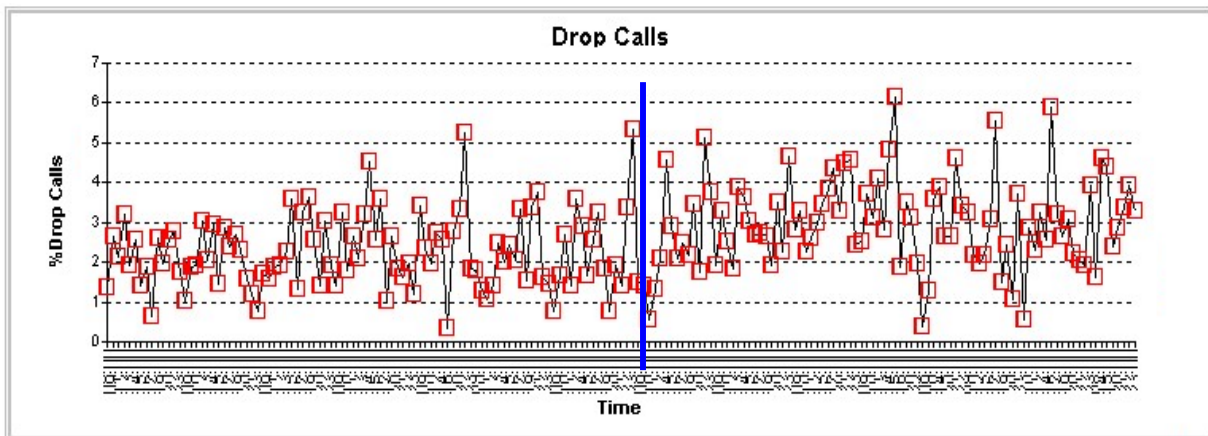
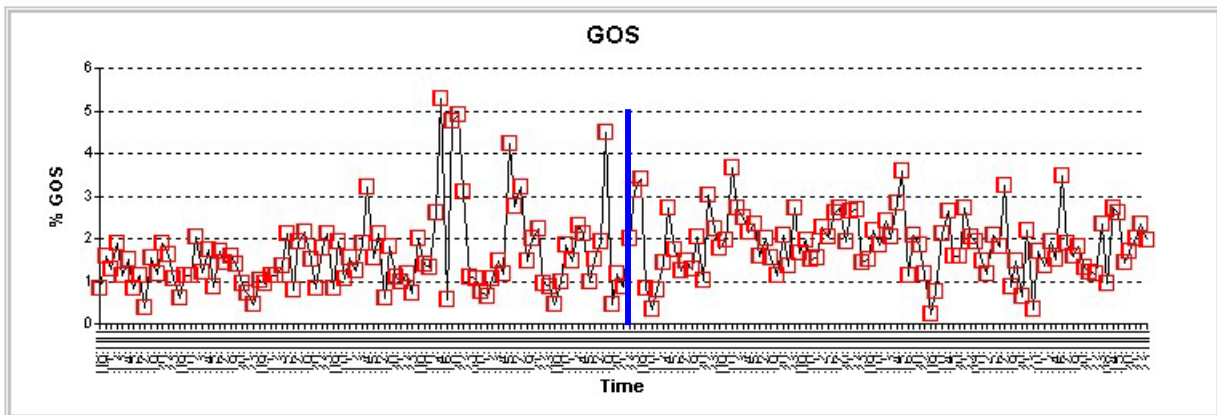
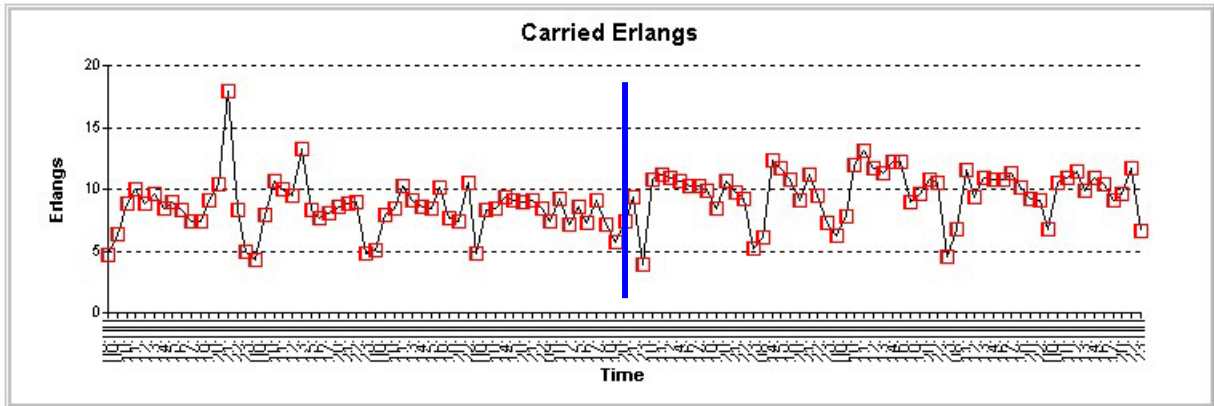


CAMBIOS PROPUESTOS EN NUESTRA RED.					
Sitio	Sector	Hardware	Causa	Efecto	Pendientes
1506	X	Tilt de 33° a 23°	Objetivo de cobertura	GOS se mantiene, Erlangs se mantienen Llamadas caídas (drop calls) bajan a 4.5	Continuar con el proceso de Optimización

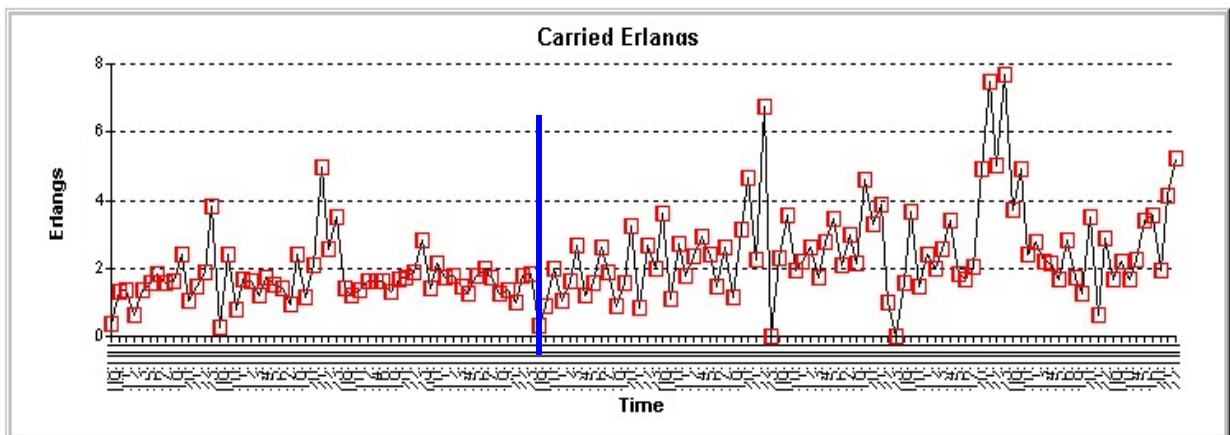
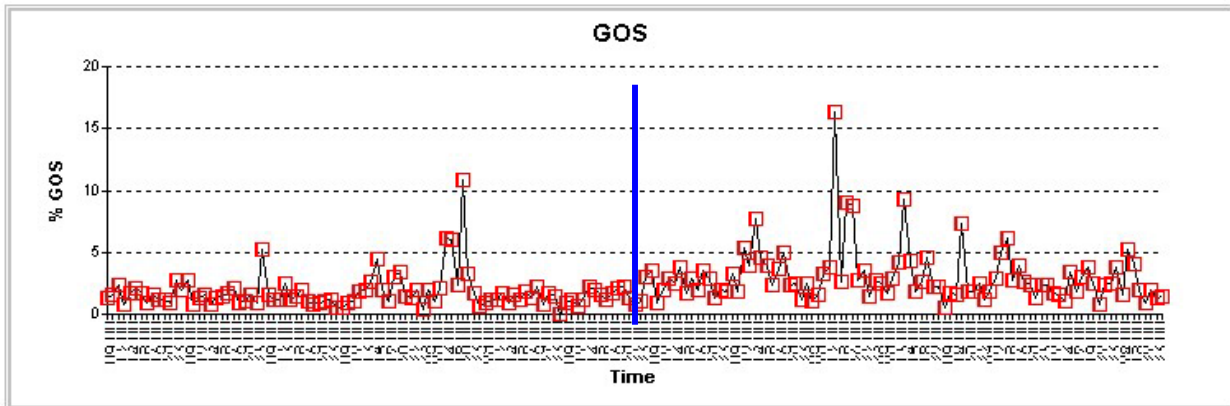
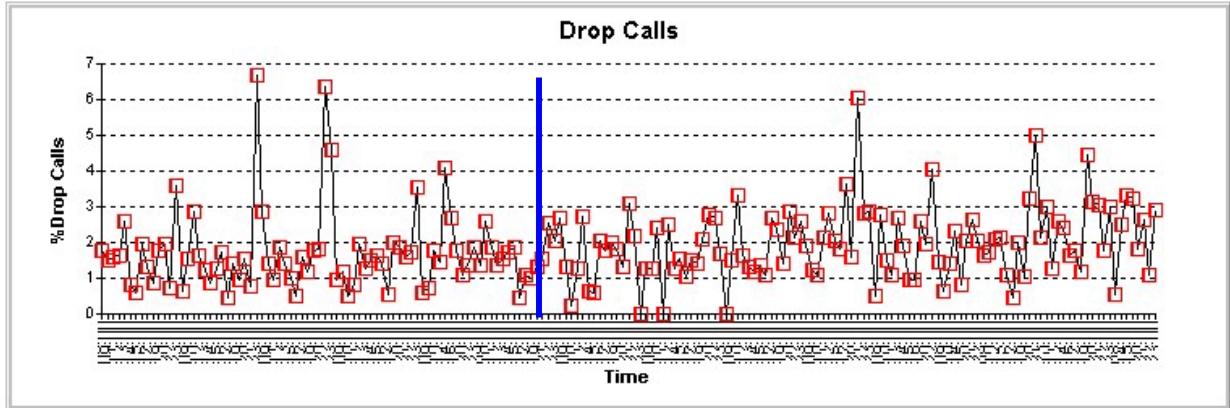


CAMBIOS PROPUESTOS EN NUESTRA RED.

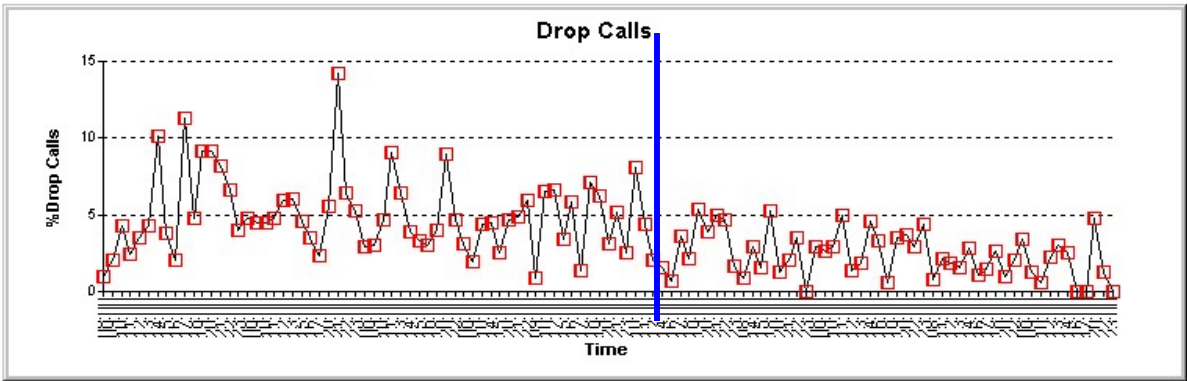
Sitio	Sector	Hardware	Causa	Efecto	Pendientes
1506Y		Cambio de antenas de DB980H65T3 a M1900-65-20i-2D	Hueco de cobertura	Erlangs suben de 10 a 12, Gos aumenta de 2% a 3% y Llamadas caídas (drop calls) aumentan de 2% a 3.5%	Ok



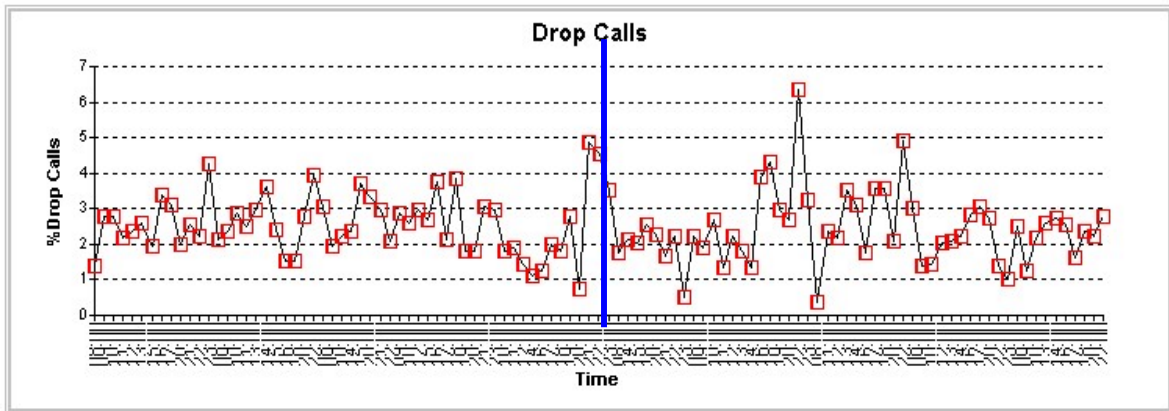
CAMBIOS PROPUESTOS EN NUESTRA RED.					
Sitio	Sector	Hardware	Causa	Efecto	Pendientes
1507X		Tilt de 2° a 1°	Objetivo de cobertura	Llamadas caídas (drop calls) aumentaron 1%, pero bajaron en la hora pico. GOS aumento a 4%, Erlangs subieron a 3.5%	Ok

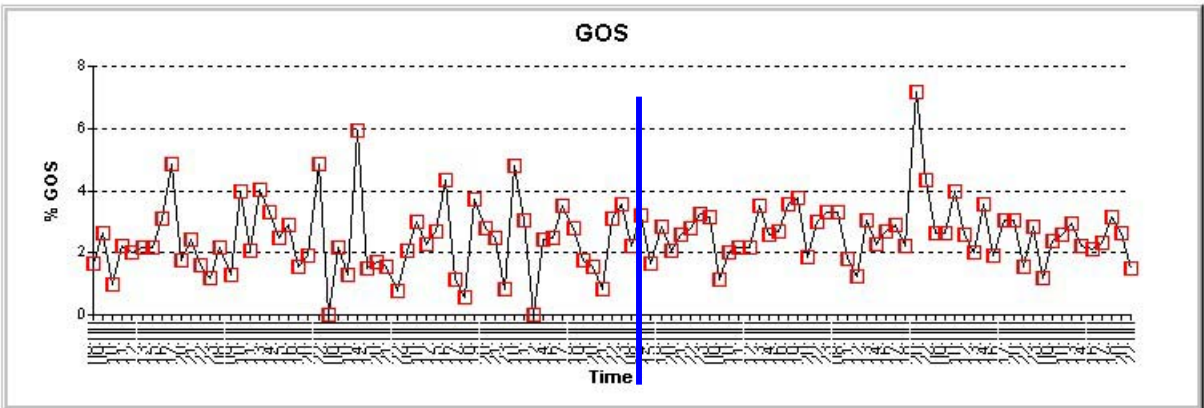
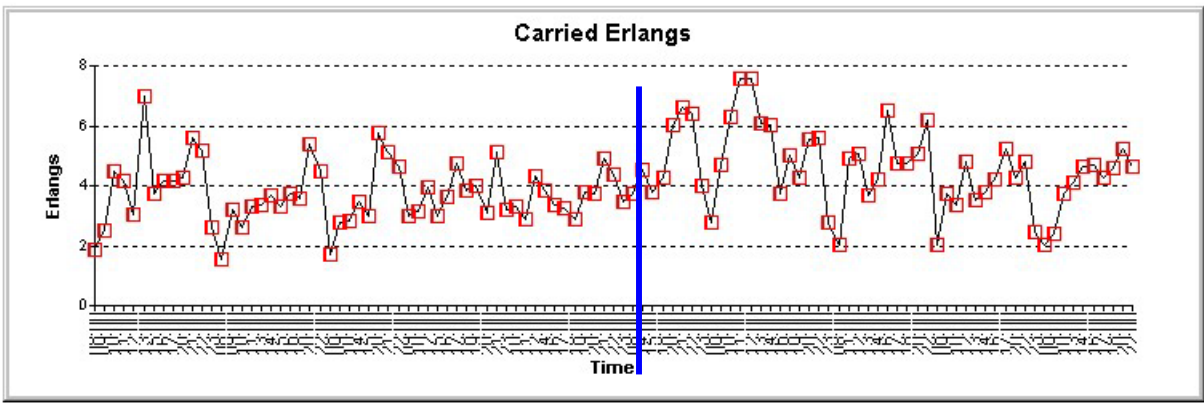


CAMBIOS PROPUESTOS EN NUESTRA RED.					
Sitio	Sector	Hardware	Causa	Efecto	Pendientes
1507Y		Tilt de 1° a 0°	Balancear Tráfico con Sitio 1506	El área de cobertura aumento, Llamadas caídas (drop calls) bajaron de 7.5% a 5%, GOS bajo en hora pico de 8% a 5%	Ok



CAMBIOS PROPUESTOS EN NUESTRA RED.					
Sitio	Sector	Hardware	Causa	Efecto	Pendientes
1507Z		Tilt de 1° a 0°	Ganar tráfico y cobertura	Llamadas caídas (drop calls) se mantienen en 3%, Los Erlangs aumentaron de 4 a 4.5 y el GOS aumento de 2% a 2.5%	Ok

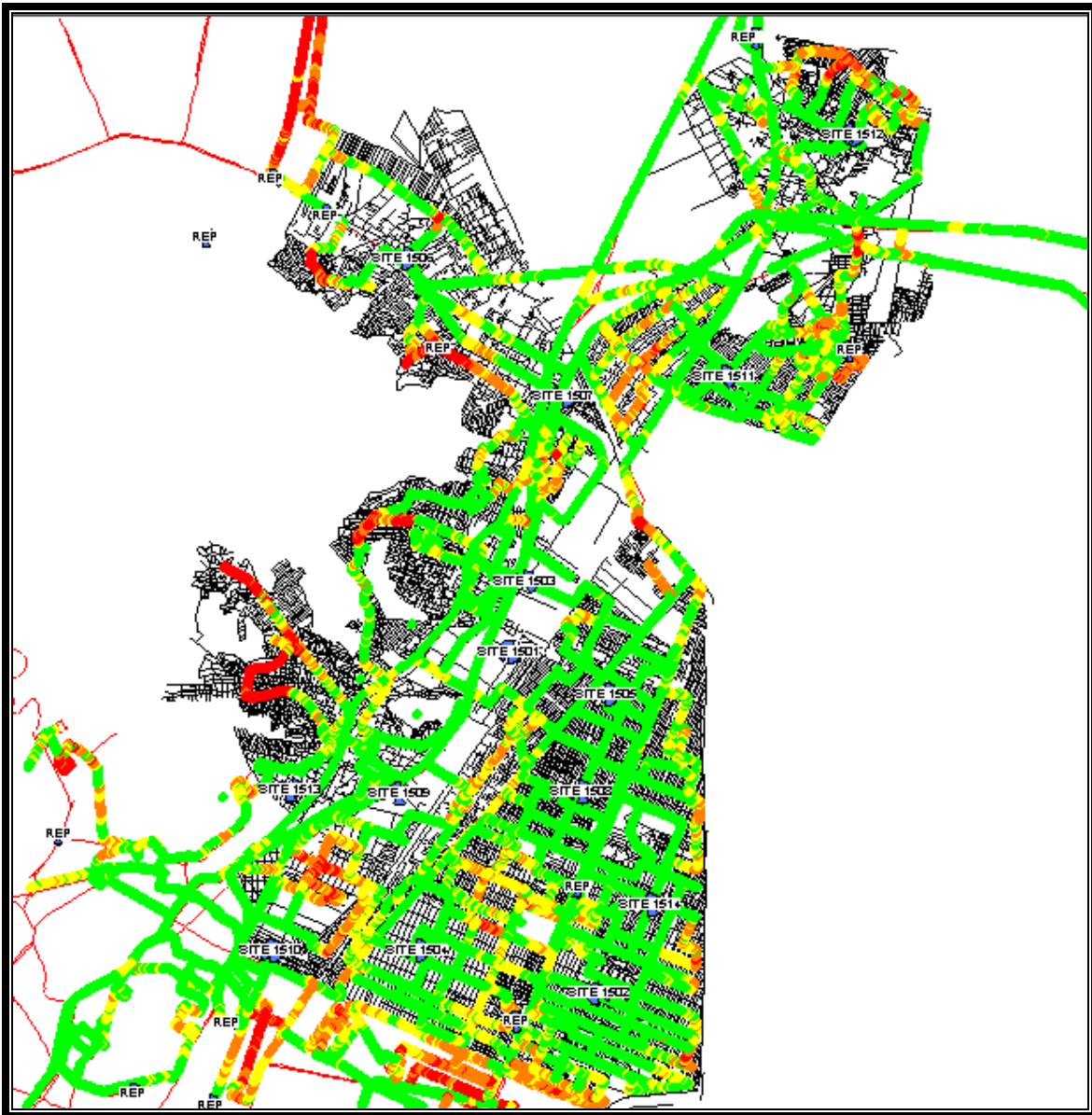




V.4.1 Ordenes de trabajo para cada sitio y desempeño

CAMBIOS PROPUESTOS EN NUESTRA RED.					
Sitio	Sector	Hardware	Causa	Efecto	Pendientes
1509	X	Tilt de 2° a 0°	Ganar cobertura y trafico	El Área de cobertura aumenta, los Erlangs aumentan de 6 a 8, Las Llamadas caídas (drop calls) aumentan de 2.5% a 3% y el GOS se incrementa de 3° a 4°	Ok
1509	Z	Cambio de Acimut de 326° a 285°	Objetivo de cobertura y balancear tráfico con 1513_X	Los Erlangs aumentan de 4 a 5, las Llamadas caídas (drop calls) aumentan de 2.5% a 3% y el Gos permanece en 3.5%	Continuar con el proceso de Optimización
1511	X	Tilt de 2° a 0°	Reducir GOS y Llamadas caídas (drop calls)	Las Llamadas caídas (drop calls) se reducen de 5% a 4% y el Trafico se mantiene. AF se reduce.	Ok
1511	Y	Tilt de 2° a 0°	Ganar tráfico y cobertura	Los Erlangs aumentaron de 3 a 4.5, Las Llamadas caídas (drop calls) aumentaron y el GOS se incrementa.	Ok
1511	Z	Tilt de 3° a 1°	Balancear tráfico con 1507_X	Los Erlangs aumentaron, el Gos disminuye y las Llamadas caídas (drop calls) aumentan en 2%	Monitoreo
1512	X	Cambio de acimut de 320° a 335°	Objetivo de cobertura	El GOS se mantiene, las Llamadas caídas (drop calls) bajan en 0.5% y los Erlangs aumentan 1%	Ok
1512	Y	Tilt de 4° a 3°	Ganar tráfico y cubrir Central de abastos	Los Erlangs aumentan 2%, las Llamadas caídas (drop calls) disminuyen de 4 a 3.5% y el Gos se mantiene en 3.5%	Ok
1513	X	Tilt de 0° a 1°	Reducir llamadas caídas	Llamadas caídas (drop calls) se mantienen en 4%, GOS se reduce de 4% a 2.5% y Erlangs se incrementan de 5.5 a 6	Ok
1513	Y	Tilt de 1° a 2°	Reducir GOS y Llamadas caídas (drop calls)	Llamadas caídas (drop calls) se reducen en 1%, GOS se reduce a 3.5% y Erlangs bajan de 8 a 7	Monitoreo
1513	Z	Cambio de antenas de DB980H65T3-M a DB980H90T2 y Tilt en 2°	Alta propagación causando llamadas caídas	Llamadas caídas (drop calls) se reducen en la hora pico, GOS se mantiene en 3% y Erlangs se incrementan en la hora pico a 5	Ok
1514	Z	Cambio de antenas de DB980H65T3-M a M-1900-90-18i-2D y cambio de acimut de 240° a 260°	Objetivo de cobertura	Erlangs suben de 3.5 a 4.5, Llamadas caídas (drop calls) se mantienen y GOS se reduce a 2.5%	Ok

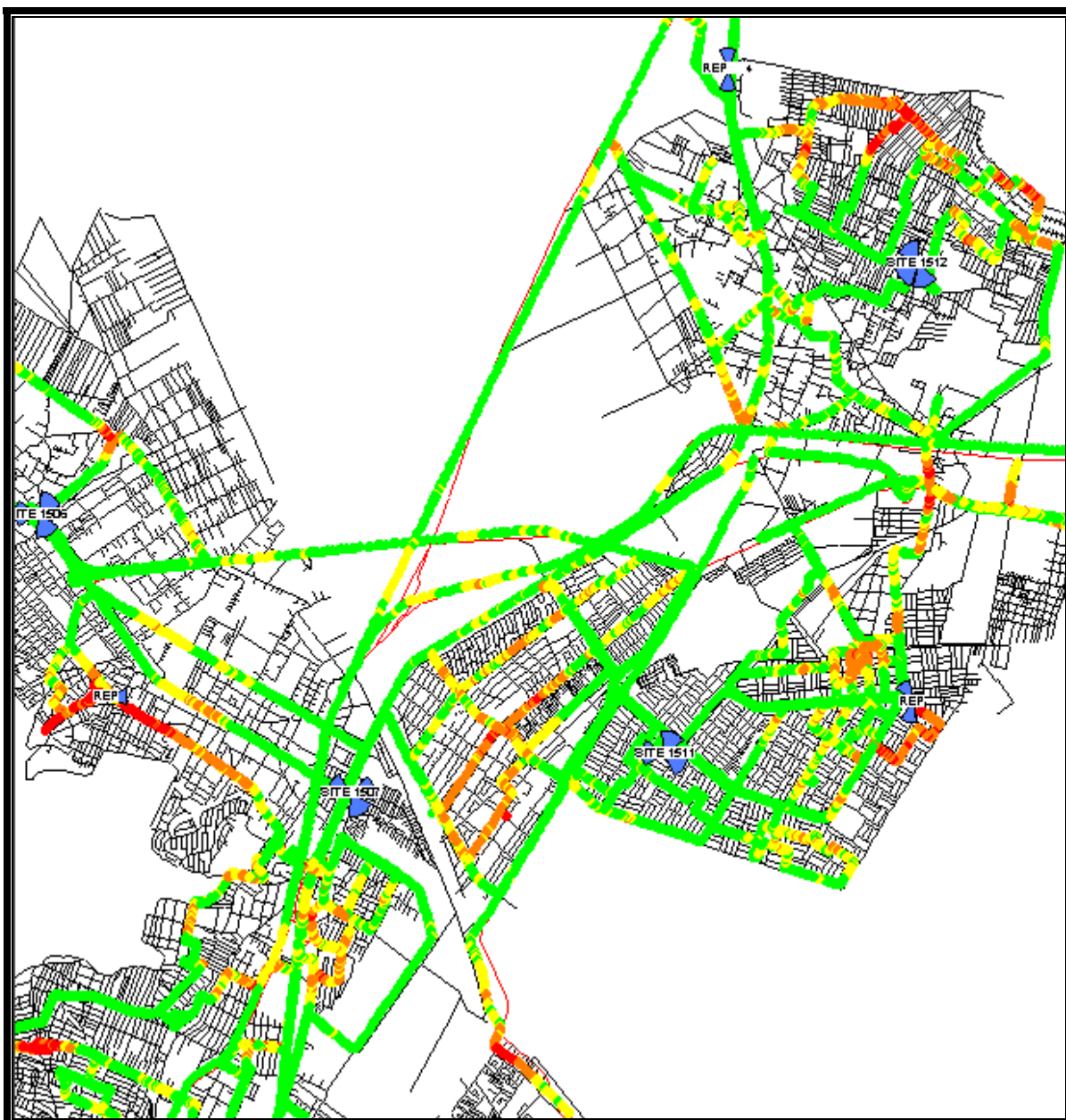
V.5 Mapas de cobertura después de optimizar.



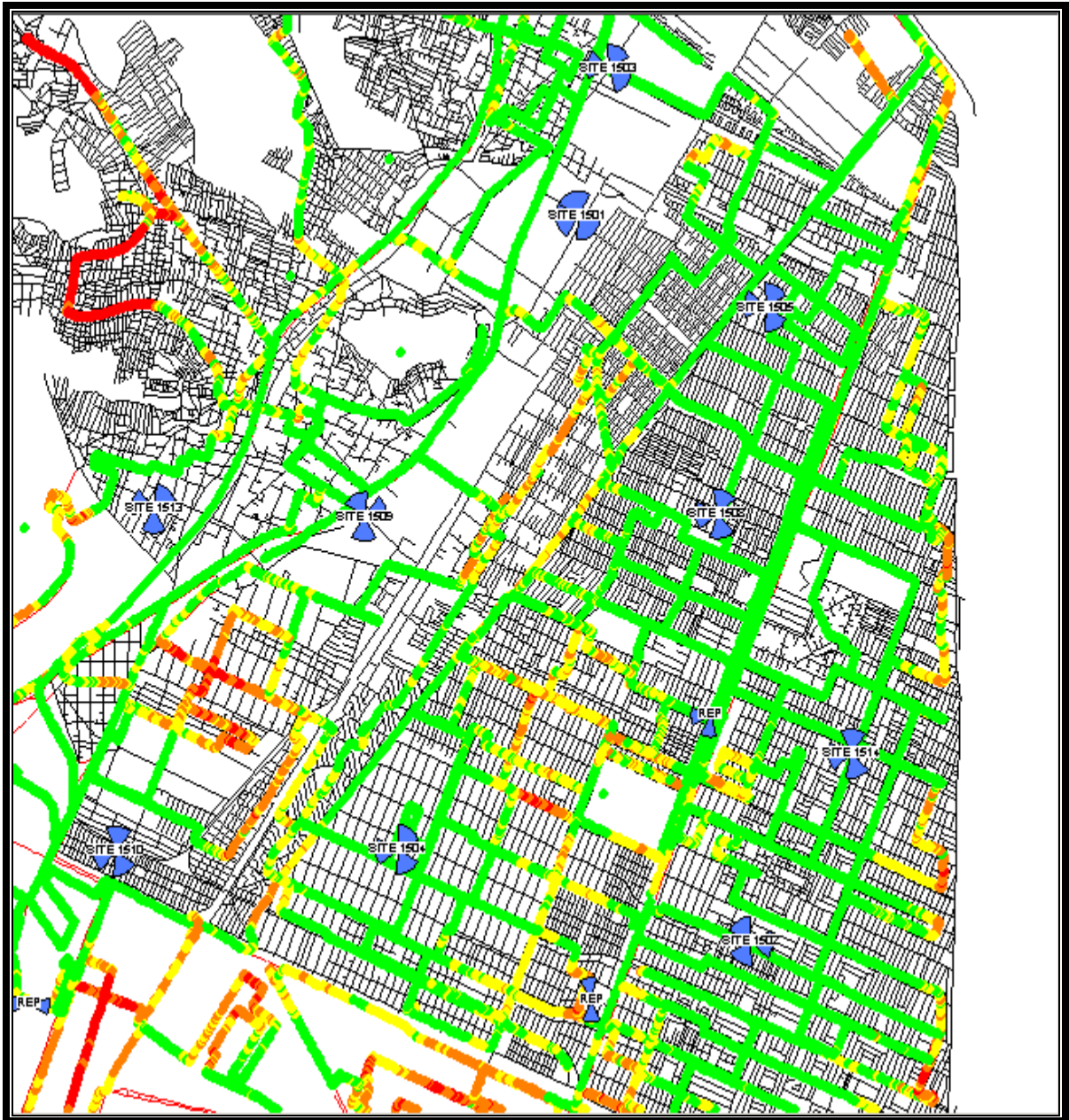
Resultados

- Se reducen huecos de cobertura
- Se eliminan llamadas caídas.

ZONA NORTE



ZONA SUR



Conclusiones

Las redes de telefonía celular han ido evolucionando a lo largo de la historia, tanto en su método de acceso como en la complejidad de su arquitectura, se han realizado grandes inversiones para la migración de cierta generación de tecnología a otra, ha sido necesario abrir nuevos mercados o ciudades debido al mundo global en el cual nos encontramos, también es necesario implementar nueva infraestructura debido a los problemas de capacidad que pudiera tener la red.

Debido a la rapidez con la que los nuevos mercados requieren ponerse en operación, muchas veces se realiza un diseño final con cierta calidad de servicio y cobertura, se realizan grandes esfuerzos por instalar y poner en funcionamiento los equipos lo más rápido posible.

Debido a todo lo anterior, desarrollamos métodos y procedimientos para cumplir con los requerimientos mínimos de calidad que, ya no solo los usuarios demandan, sino que ya están establecidos por el organismo gubernamental designado a regular dicha calidad (Cofetel).

En el trabajo presentado pudimos comprobar que es necesario realizar una rigurosa auditoría a los datos de diseño, ya que debido a la rapidez con la que se realizan los trabajos, aunado a la falta de profesionalismo de algunos instaladores, pudimos verificar que algunos parámetros físicos como inclinación y orientación de las antenas no fueron instalados de acuerdo a diseño, dado lo anterior tenemos dos opciones, regresar los parámetros físicos conforme lo marca el diseño, o partir de los datos que la auditoría nos arroja. Para el trabajo presentado, partimos de los datos que la auditoría nos arrojó.

También verificamos todos los parámetros en todas las tablas de parametrización sin encontrar problema alguno.

En general, pudimos comprobar que aplicando los métodos y procedimientos presentados en este trabajo para optimizar en radiofrecuencia una red de telefonía celular CDMA, se pueden esperar resultados favorables. Presentamos resultados reales, los cuales por un lado demuestran la importancia del proceso aquí presentado, y por otro, demuestran que la optimización es un proceso continuo el cual requiere una constante supervisión por parte de los ingenieros de radiofrecuencia, así como también llevar un control de todos los movimientos realizado tanto de sus aciertos como de sus errores para descartar o aplicar posibles soluciones.

Es importante que el ingeniero de optimización debe tener un conocimiento pleno de la zona la cual optimiza, pero sobre todo tener conocimientos sólidos de radiofrecuencia los cuales omitimos en este trabajo por considerarlos parte de la formación académica de todo ingeniero dedicado a las comunicaciones inalámbricas.

Por último, es importante destacar que en la evaluación de la Cofetel realizada en el mes de julio del presente año, aplicamos a nuestra red los métodos y procedimientos descritos en este trabajo y obtuvimos resultados aprobatorios.

Bibliografía

Mobile telecommunications networking
Michael D. Gallagher; Randall A. Snyder
MCGRAW_HILL

Wireless Technician's Handbook
Andrew Miceli
Artech House Publishers

CDMA RF System Engineering
Samuel C. Yang
Artech House

CDMA Systems Engineering Handbook
Jhong Sam Lee, Leonard E. Miller
Artech House

Wireless Personal Communications Systems
David J. Goodman
Addison Wesley

CDMA Technology and IS-95 Standards
Nortel Networks.

IS-95 Standards EIA/TIA

Call processing
Qualcomm Incorporated.

RF & Network Planning Issues
Mauricio Guerra
Qualcomm Incorporated.

Voice Network Optimization
Qualcomm Incorporated.