



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE ELECTROTECNIA Y COMPUTACIÓN
DEPARTAMENTO DE SISTEMAS DIGITALES Y TELECOMUNICACIONES

**Trabajo Monográfico para optar al Título de
Ingeniero en Electrónica**

**“Análisis Comparativo de los Modelos Okomura-Hata & SPM en un
Entorno Semi-Urbano para tecnología W-CDMA”**

Autor: Br. Oscar Antonio Parrales Rivera

Carnet: 2005-23418

Tutor: Ing. Cedrick Dalla-Torre

**Managua, Nicaragua
Julio 2019**

AGRADECIMIENTO

A Dios que sin él no tendría la fuerza para la elaboración de este trabajo, agradezco a mis maestros y colegas que me ayudaron a completar la monografía. También quiero agradecer a mis padres, por sus palabras de ánimo y aliento cuando más lo necesite.

A mi profesor Cedrick Dalla-Torre que me apoyo como tutor y con mucha paciencia me orientaba y compartía sus conocimientos para poder culminar este trabajo monográfico.

Gracias a todas las personas que apoyaron a la realización de este estudio académico.

Oscar Parrales Rivera

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a:

A mis padres Thelma Rivera y Oscar Parrales quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

A mi Abuelita por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias. A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	2
3. JUSTIFICACION	3
4. OBJETIVO (GENERAL Y ESPECIFICOS)	4
5. TECNOLOGÍA W-CDMA	5
6. DRIVE TEST EN CIUDAD SANDINO	27
7. COMPARACIÓN DE LOS MODELOS DE PROPAGACIÓN OKOMURA HATA & SPM	35
8. CONCLUSIONES	52
9. RECOMENDACIONES	53
10. BIBLIOGRAFIA	54

RESUMEN

En la presente investigación se realizó una comparación de los modelos de propagación Okomura-Hata y Standard Propagation Model (SPM) a partir de información que contiene los parámetros de los sitios y transmisores que conforman la red W-CDMA en Ciudad Sandino, y también de 35, 593 mediciones de niveles de RSCP obtenidos en el Drive Test que se realizó en esa misma zona. Se ubicaron los 7 nodos, y se hicieron las mediciones correspondientes en la Banda V de frecuencia. Se tiene como objetivo, determinar cuál de los 2 modelos de propagación se ajusta mejor a las mediciones reales, para posteriormente utilizarlos en otras zonas del país, que posean entornos similares, nos referimos precisamente a entornos semi-urbanos o suburbanos.

1. INTRODUCCIÓN

Para diseñar una red móvil basada en tecnología W-CDMA (3G), Además de saber elegir el transmisor, receptor, estimar y especificar los esquemas de acceso múltiple, también es necesario conocer modelo de propagación que se utilizará para la estimación de cobertura.

La predicción de la propagación de frente de ondas electromagnéticas tiene un peso muy importante en lo que respecta a la planeación de redes. Ya que en función de esta simulación se podrá hacer la estimación del número de estaciones bases que se requerirán para satisfacer la necesidad de cobertura de entorno dado.

Según lo antes expuesto, el presente trabajo monográfico, centrara sus esfuerzos en reproducir hacer simulaciones en un entorno semi-urbano (Municipio de Ciudad Sandino) de los modelos de propagación Okomura-Hata & SPM (Standar Propagation Model) y posteriormente comparar ambos comportamientos con mediciones de campo de los niveles de RSCP de la red 3G. Este proyecto consiste en hacer un estudio técnico de análisis y estimación de la propagación de la señal en tecnología W-CDMA con el propósito de estudiar y asimilar los fundamentos teóricos sobre los modelos de propagación Okomura-Hata & SPM, procedimientos y estrategias tanto de diseño de redes basadas en esta tecnología como su implantación y ajustes finales a un diseño cualquiera propuesto; y así, poder generar soluciones tecnológicas de bajo costo y alta efectividad adaptable a cualquier entorno de potencial utilización. En general, según lo propuesto en el tema, nuestro proyecto estará centrado en la descripción de los siguientes elementos relativos a la tecnología W-CDMA.

Finalmente se concluirá y se presentarán simulaciones, para comparar con las mediciones de los niveles de RSCP para determinar cuál es el modelo de propagación más idóneo para hacer simulaciones en entornos simulados al que se pretende presentar en este proyecto monográfico.

2. ANTECEDENTES

En el contexto educativo superior nacional, se realizó un proceso de búsqueda y recopilación de datos orientados a verificar cuantos trabajos de este nivel se han realizado en relación a modelos de propagación encontrando el siguiente trabajo de investigación que también fue la base para la presentación de 2 artículos científicos.

En [1] el resultado fue el siguiente: Las empresas de telecomunicaciones han invertido en hardware de mayor capacidad y nueva tecnología para soportar la gran demanda de tráfico de usuarios de DL y UL en Nicaragua. LTE-A es una nueva tecnología que proporciona mayor velocidad de datos, ancho de banda más estable, agregación de portadoras con un mínimo de 2 portadoras de 10 Mhz, técnicas de múltiples antenas (MIMO). La selección de la programación de paquetes en una red es bastante importante para la optimización del recurso físico de la red LTE. Este trabajo monográfico tiene dos propósitos principales: la calibración del modelo de propagación estándar (SPM) y la comparación de la programación de paquetes: Round Robin, Proporcional Fair, Proporcional Demand y Max C/I. La calibración del modelo de propagación estándar (SPM) de Atoll se realizó en una red de LTE-FDD (Duplexación por División de Frecuencia) de 15 sitios que se despliega en un clúster de alto tráfico de la ciudad de Managua en la banda de frecuencia de 1900 Mhz. Se realizó una prueba de campo (drive test) desplegada en el clúster de alto tráfico para recopilar al menos 30,000 muestras de datos. La información recopilada fue post- procesada y se usó para realizar la calibración automática del SPM. La red LTE-A se optimizo después de concluir el proceso de calibración del modelo SPM para tener una mejor estimación de la predicción en Atoll con la información recopilada en campo (DT). La calibración del SPM y la optimización de la red LTE-A son esenciales para realizar el estudio comparativo entre la programación de paquetes como Round Robin, Proporcional Fair, Proporcional Demand y Max C/I. El resultado del estudio de comparación muestra que el proporcional Fair es el mejor programador de paquetes en relación con los otros tres planificadores de paquetes.

3. JUSTIFICACIÓN

Mediante el análisis comparativo de los modelos de propagación Okomura-Hata & SPM (Standard Propagation Model) permitirá determinar cuál de los dos modelos se aproxima más a la realidad, para ello se realizará mediciones de campo de los niveles de potencia RSCP con una herramienta de medición, y posteriormente se harán simulaciones con una herramienta de predicción. Con estas actividades, se logrará conocer de ambos modelos y comparar su comportamiento que generará valor para definir qué modelo utilizar en función del entorno donde se realizará la predicción.

Las utilización del modelo de propagación empírico Okomura-Hata & SPM, técnicas para la estimación-caracterización del entorno de radiocomunicaciones, son indispensables, por cuanto contribuyen en modo significativo a garantizar de manera óptima un uso eficiente del espectro en una determinada área de cobertura, evitando pérdidas por desvanecimiento o los efectos nocivos de las múltiples trayectorias, mejorar la calidad de transmisión desde el punto de vista de potencia de los transmisores, inclusive la cantidad de puntos de radiación requeridos lo que, sin lugar a dudas, impactara sensiblemente en el desempeño del sistema en materia de tráfico, congestionamiento, reutilización de frecuencias, traspaso, crecimiento de usuarios, etc.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo General:

Realizar un análisis comparativo de cobertura de los modelos Okomura-Hata & SPM en el municipio de Ciudad Sandino para determinar el modelo más idóneo para utilizarse en simulaciones de entornos similares.

4.2 Objetivos Específicos:

- Realizar un estudio detallado de la tecnología W-CDMA para telefonía móvil.
- Hacer mediciones de campo para determinar los niveles de potencia que se reciben en diferentes puntos del municipio de Ciudad Sandino.
- Simular la red propuesta para ambos modelos de propagación (Okomura-Hata & SPM) para conocer el comportamiento de propagación en el municipio de Ciudad Sandino.

5. TECNOLOGÍA W-CDMA PARA TELEFONÍA MÓVIL

En esta parte del documento, se recopila lo especificado en las normas de la ITU-T y 3GPP en lo que refiere al sincronismo requerido en las radiobases (NodeB) de comunicaciones móviles de la tecnología WCDMA para un correcto funcionamiento de las principales funcionalidades de la misma. Si bien la norma prevé dos variantes de WCDMA, FDD y TDD, las redes actuales implementan la primera, en que se utiliza distintos canales en frecuencia para el uplink que para el Down link. Adicionalmente la evolución de la tecnología permitió que el tráfico de los NodeB pudiera ser transmitido sobre IP/Ethernet. En las normas se diferencia el sincronismo de frecuencia, sincronismo de fase y sincronismo de frecuencia. Transmitir tráfico sobre IP/Ethernet presenta nuevos desafíos desde el punto de vista del sincronismo que las anteriores tecnologías TDM no sufrían. Un estudio en campo sobre una red WCDMA FDD estudiando el sincronismo y sus efectos muestra los resultados de implementar distintos mecanismos de sincronización entre nodos de una red de telefonía móvil. Se confirma la importancia del estado de sincronización que requieren los nodos, y se confirman los problemas de no contar con un mecanismo de priorización de tráfico crítico en una red de transporte de paquetes. [2]

Palabras Claves: WCDMA, transporte Ethernet, sincronismo, NTP.

Una correcta sincronización de los nodos de una red es fundamental para lograr un servicio adecuado. En redes de servicios de telecomunicaciones móviles – como puede ser telefonía móvil y el últimamente en aumento banda ancha móvil – la calidad de esta sincronización impacta en varios aspectos y servicios que pueden perjudicar la percepción que el cliente tendrá del mismo: impacta directamente en el éxito de la ejecución de los handover. [2]

También afecta la frecuencia de la portadora en el aire, por lo cual la calidad de sincronización de la red disminuye la interferencia entre celdas adyacentes; para aquellos casos en que se implemente la red con tecnología basada en TDD (Time

Division Dúplex) a diferencia de las FDD (Frequency Division Dúplex), es necesario que cada NodeB esperen al instante adjudicado a él para utilizar el canal; el servicio de Localización del UE (user equipment, término con el que se denomina al dispositivo móvil del usuario) mediante triangulación también depende de la calidad de sincronización de la red. Con la evolución de UMTS se fueron mejorando las prestaciones favoreciendo el advenimiento de mayores velocidades; esto presentó un problema para las interfaces tradicionales E1s (IMA ATM) con las que hasta ese momento se había implementado el backhaul obligando a especificar la interconexión de los NodeB con el RNC a través de una interface física tipo Ethernet.

El transporte de sincronismo sobre las primeras interfaces E1s estaba resuelto por ser estas sincrónicas, sin embargo, en las nuevas interfaces Ethernet no sincrónicas la solución presentó un desafío.

Protocolo

Tipos de Sincronización. - En la recomendación ITU-T G.8261 se identifican principalmente tres tipos de sincronización. Cada aplicación tendrá distintas necesidades en cuanto a sincronismo, y es necesario que la red de transporte sea capaz de atender esa necesidad; en caso contrario el operador se verá obligado a resolverlo por fuera de la red de transporte agregando aún más elementos a la ya complicada red.

Los tres tipos de sincronización son:

1. Sincronización de frecuencia.
2. Sincronización de fase.
3. Sincronización de tiempo.

La sincronización de frecuencia [2]:

Está relacionada con el alineamiento de los relojes en frecuencia, también conocido como sintonización donde los relojes oscilan a la misma frecuencia. La

sincronización de fase implica que dos relojes están alineados en fase, es decir, sincronización de tiempo relativo. Sincronización de tiempo es también conocido como time-of-day (hora del día), donde los relojes están relacionados a una base de tiempo común y universal (ejemplo UTC). En el caso que dos relojes estén sincronizados en tiempo y en fase, también lo estarán en frecuencia.

La necesidad de utilizar uno y otro de estos tipos de sincronización varía de una arquitectura de red a otra.

Algunas sólo requerirán sincronización de frecuencia; otras requerirán una combinación de frecuencia y **tiempo/fase**. Por ejemplo, GSM (Groupe Special Mobile) y UMTS FDD requieren sincronización de frecuencia, mientras que UMTS TDD y TD-SCDMA (Time Division – Synchronous Code Division Multiple Access) requieren sincronización tanto de frecuencia como de fase. CDMA2000 estandarizado por el grupo 3GPP2 requiere sincronización de frecuencia y de tiempo. Este trabajo muestra los resultados del estudio de sincronización en una red UMTS. 3G Arquitectura de la red UMTS(WCDMA).

La sección UTRAN resuelve la necesidad que tiene un usuario de conectar su UE (user equipment) o dispositivo de comunicación móvil con el MSC (mobile switching center - centro de procesamiento de llamadas). Para dar mejor y mayor cobertura se despliegan en el área de servicio una gran cantidad de NodeB (término con el que se denomina a las radiobases en UMTS) que son controladas centralizadamente desde un RNC (radio network controller). Estos NodeB generan las comunicaciones radioeléctricas en el aire que “dan señal” a los usuarios. Los NodeB y el RNC integran el UTRAN, y el tramo de red que los une se denomina “backhaul”. El backhaul puede ser inalámbrico, puede ser sobre fibra, sobre cobre o sobre combinaciones de todos.

Sincronización en la red:

La estandarización otorga flexibilidad a los operadores previendo que puedan utilizar en el backhaul las tradicionales redes de transporte síncronas (PDH/SDH y también ATM) así como las nuevas redes de transporte asíncronas de paquetes (ethernet - IP/MPLS) según se detalla en la especificación técnica TS-25.411 elaborada por el grupo 3GPP. Sin embargo, las primeras y las segundas no tienen las mismas propiedades en cuanto a su capacidad de transportar las referencias de reloj. En el Reléase 9 de diciembre 2009 la especificación TS-25.402 (Synchronisation in UTRAN Stage 2) están establecidos todos los procesos que regulan los aspectos de sincronismo.

- Sincronización de red.
- Sincronización de nodo.
- Sincronización del canal de transporte
- Sincronización de la interface de radio
- Control del alineamiento del tiempo
- Sincronización en el uplink

La sincronización de red está referida a la distribución de referencias de sincronismo entre los nodos y la estabilidad de sus relojes. La distribución de una referencia de frecuencia precisa (mejor que 0,05ppm) es necesaria para la correcta generación de las portadoras de frecuencia en el aire, tanto FDD como TDD, siendo deseable que pueda ser trazable hasta una fuente de sincronismo G.811.

La sincronización de nodo está referida a la estimación y compensación de diferencias temporales entre distintos nodos del UTRAN. Tecnologías FDD y TDD especifican distintas precisiones a la estimación de este parámetro.

Funcionalidades de posicionamiento para localización también especificarán valores para este parámetro.

La sincronización del canal de transporte refiere al alineamiento de la trama de transporte entre el RNC y los NodeB.

La sincronización de la interface de radio refiere al alineamiento de la trama de transporte en el Down link si se utiliza FDD o en ambos sentidos si se utiliza TDD. En FDD es necesario para que un UE reciba tramas alineadas desde distintos NodeB, con la finalidad de minimizar los buffers en los UE.

En TDD se usa para sincronización de celdas de forma de alinear tramas de celdas adyacentes minimizando así la interferencia y para simplificar procesos que involucran varias celdas como ser el handover. El control de alineamiento del tiempo refiere al control de la temporización de la transmisión desde el CN hacia los RNC para minimizar el tamaño de buffers en los RNC. Este procedimiento es controlado desde el SRNC.

La sincronización en el uplink refiere a la sincronización necesaria en sistemas TDD. [2]

Acceso: [3]

Se trata de, una vez implementado la estructura, identificar los problemas que afectan la red, de tal manera que interfieren con la calidad de servicio desde el operador hacia los clientes, y una vez identificados proceder con métodos los cuales mitiguen los efectos de dichos problemas y se consiga un funcionamiento cercano a óptimo en el desempeño de la red. En términos de la satisfacción de usuarios, el punto ideal sería, por ejemplo, que siempre que intente realizar una llamada pueda hacerlo (acceso), o que una vez conducida la llamada la misma sea completada sin desconexión (retenibilidad). Tales niveles de satisfacción del 100% en redes celulares es un límite deseable, pero inalcanzable debido a los diferentes fenómenos físicos y las capacidades instaladas que intervienen en la realización y retención de las llamadas en comunicaciones móviles. Variables tales como el entorno geográfico, dispositivos celulares terminales, actuar de los

usuarios, infraestructuras, interferencia, ruido, carga de tráfico etc. hace que los esfuerzos de optimización tiendan hacia el límite del 100% de manera asintótica.
[3]

Por ello para alcanzar un nivel óptimo cada vez más próximo 100% es requerido un esfuerzo de optimización muy grande y con él una inversión elevada a medida que transcurre una gran cantidad de tiempo. Es decir, podemos imaginar en este caso la función del desempeño de la red como una función que es asintótica al cien por ciento del nivel de desempeño en el cual, una vez llegado a cierto punto, los esfuerzos necesarios resultan en una mejora pequeña. Por tanto, el trabajo de optimización se extiende durante todo el tiempo de vida de la red teniendo como objetivo alcanzar niveles de desempeño “meta” tales que satisfagan las exigencias del cliente y al mismo tiempo mantener los costos de inversión en infraestructura y operación relativamente bajos. La red móvil a la cual hacemos alusión en este trabajo es a la red de acceso de un sistema de tercera generación UMTS basada en tecnología WCDMA/HSPA. Para lograr administrar de manera satisfactoria el desempeño de una red celular, es necesario ser capaz de navegar a través de toda la información que se recopila en la red y determinar las áreas donde las mejoras son requeridas. Debido a que la cantidad de información recolectada en una red WCDMA/HSPA es muy amplia, resultaría confuso correlacionar todos estos datos para un propósito en específico. Por ello se trabajan con indicadores, llamados Key Performance Indicators KPI. Los KPI representan la percepción de los usuarios a gran escala y por ende están directamente relacionados con la calidad. Son importantes entonces en el diario análisis con fines de optimización.
[3]

Los KPI son la percepción que tiene el usuario final de la red. Las estadísticas tomadas de los KPI son más que todo ocupadas como punto de referencia para detectar áreas con problemas. Las estadísticas son tomadas de contadores de monitoreo de rendimiento “PM” que se encuentran en la red. Para leer a los datos de estos contadores, que se encuentran en la base de Datos del sistema ubicada

en el Core, que en Ericsson Systems es denominado ENIQ, una de los medios más usados es el uso de SQL y Excel para su extracción y manejo. Los contadores son muy diversos, para trabajar con ellos pueden asociarse y dividirse en módulos para ser tratados en conjunto. Dicho conjunto conforma los Indicadores en los cuales los parámetros se encuentran asociados por similitudes en su funcionamiento. [3]

- ✚ Accessibility (Accesibilidad)

- ✚ Retainability (Retenibilidad)

- ✚ Throughput

Se abordarán los tres indicadores más relevantes desde la perspectiva de usuario, los cuales son: Accesibilidad, Retenibilidad y Throughput.

La Accesibilidad es la habilidad de un servicio de ser obtenido, bajo una tolerancia específica, cuando sea solicitado por el usuario.

La Retenibilidad es la probabilidad que un servicio una vez obtenido siga siendo proveído bajo ciertas circunstancias durante un tiempo dado.

El Throughput es la calidad experimentada por el usuario durante una sesión de datos, en términos de la velocidad de transmisión de datos libres de errores por unidad de tiempo.

La red de acceso es la parte más próxima a los usuarios finales y también es el objeto de nuestro análisis en este documento. La red de acceso en los sistemas de comunicación celular hace referencia a la parte de la red que interconecta al usuario con el operador de la red encargado de brindarle servicios, y está conformada por lo que se conoce como estación base y el equipo móvil del usuario que explicamos más adelante en este documento.

Para comprender un poco mejor que es una estación base. En 3G, que es el centro de nuestra documentación, el término Estación base es referido como Nodo B, por lo cual de ahora en adelante en el documento así es como haremos referencia a él. Celda o también llamada “célula”, se refiere a un espacio geográfico diseñado para brindar cobertura por parte de un equipo de transmisión RF (conocido como sector), ya sea una antena o arreglo de antenas, de ahora en adelante nos referiremos usando la palabra celda. Es decir, para cada sector corresponde una celda la cual marca su espacio de cobertura. El término 3G es una abreviación que connota tercera generación.

El sistema móvil implementado en las redes de tercera generación hecho para la entrega de múltiples tipos de servicio es el llamado UMTS (Universal Mobile Telecommunications System). Por tanto una tecnología de acceso al medio radioeléctrico, que es en donde se desenvuelven las comunicaciones, implementada en UMTS, es WCDMA, que es además en el que se centra este documento, es una de las tecnologías de tercera generación más usada en el mundo, tal que existe una organización de cooperación de diversas partes del mundo dedicada a definir los estándares de esta tecnología.

Esto con el objetivo principal de terminar con la fragmentación de tecnologías para telefonías móviles que existía previa a su creación. A esta organización se le llama 3GPP (3rd Generation Partnership Project) la cual ha hecho una serie de publicaciones conocidas como Releases que sumarian las nuevas especificaciones que tendría que abarcar cada estándar.

WCDMA Wideband Code Division Multiple Access (WCDMA) es una técnica de acceso al medio, es decir una manera de mantener transferencia de datos entre un Nodo B y un dispositivo móvil.

Consiste en que los usuarios están usando la misma frecuencia al mismo tiempo, pero se logran diferenciar unos de otros porque cada uno tiene un código diferente

para la transmisión y recepción de tramas (spreading code), en el estándar de UMTS se le conoce específicamente como channelization code, el cual además ensancha la señal en el espectro de la frecuencia dándole un mayor ancho de banda. Adicionalmente se usa otra codificación para separar diferentes señales de diferentes fuentes, en el Uplink y de separar diferentes celdas en el Downlink, el llamado scrambling code, esto no añade mayor ancho de banda a la señal [5, p. 102]. Debido a este tipo de tecnología cada dispositivo móvil es una interferencia de otro, por eso es vital tener un control de la energía entre la transmisión y recepción en la red.

En esta técnica de acceso al medio se puede operar de dos modos Frequency Division Duplex (FDD) y Time Division Duplex TDD. El Release inicial de WCDMA fue denominado R99 y permite conexiones dedicadas, es decir, a cada usuario se le asigna un código de canalización (CC) no compartido (Dedicated Channel, DCH) y solo existía un canal relativamente lento compartido por múltiples usuarios en un estado de transmisión lenta denominado estado de transmisión CELL_FACH (Forward Access Channel). Este documento se enfocará la comparación de los modelos Okomura-Hata & SPM con respecto también a mediciones realizadas de los niveles de RSCP por los Drive Test en Ciudad Sandino, en tecnología W-CDMA que esta implementada en los sistemas 3G actuales en Nicaragua.

Existen dos modos de operación especificados por 3GPP denominados TDD (Time Division Duplexing) y FDD (Frequency Division Duplexing) siendo este último el de mayor despliegue a nivel mundial. Este proceso se da cuando se mueve de una celda a otra, transfiriendo el servicio en progreso, ejemplo llamadas de voz. Existen muchos tipos de handover en los sistemas de tercera generación y cada uno de ellos con sus propias particularidades, son de suma importancia en el desempeño de la red.

El Softer Handover es uno de ellos y ocurre cuando el equipo móvil se encuentra trasladado entre dos celdas de cobertura de misma estación base. Mientras que en el Soft Handover el equipo móvil se encuentra trasladado entre dos celdas de dos base estación diferente. El “Inter-frequency hard handover”, es cuando se realiza un traslado en WCDMA de una frecuencia a otra. Y el “Inter-system hard handover”, es el cambio que se hace cuando se pasa de un modo como por el ejemplo el FDD a TDD o lo inverso, o también cuando se cambia de wcdma a GSM.

Para realizar el manejo de administración de los recursos de red y el conducir la llamada se requiere de una arquitectura de red. Una red de tercera Generación UMTS está compuesta básicamente por 3 partes.

Las cuales son el UE, UTRAN y CN. Accesibilidad es la habilidad de un servicio de ser obtenido, con una tolerancia específica y otras condiciones dadas, cuando es solicitada por el usuario.

Es el porcentaje de intentos de llamada hechos por el usuario final que son exitosos. Fallas con el establecimiento de la llamada pueden ser llamadas bloqueadas, debido al retardo de recursos en la red en varios niveles por ejemplo la red de transmisión, elementos de canal, potencia de DL, entre otros. El usuario final es de donde proviene el punto de vista más importante en cuanto a los servicios, dado que es el objetivo de la existencia de estos. Por ello la percepción del usuario es un criterio que siempre se ha de tomar en cuenta. La accesibilidad, bajo su perspectiva, es la capacidad que posee de adquirir un servicio de comunicación inalámbrica cada vez que lo solicite, con la menor probabilidad, o incluso sin probabilidad alguna de no completarse dicha solicitud.

En términos de los operadores de redes móviles, el mismo concepto de accesibilidad es válido. Dado que los tipos de conexiones, desde el punto de vista del UE pueden ser diferentes, Es fácil demostrar la propiedad del Ec/No de

siempre ser negativo ya que $RSCP_{CPICH} < RSSI$. Ello debido a que la potencia de CPICH es una fracción de la potencia total del nodo y, aún sin carga de tráfico o interferencia de nodos vecinos, se necesitan otros canales de señalización no asociados a tráfico que consumen potencia adicional (Common Control Channels, CCH). La potencia total en CCHs se configura normalmente con respecto a la PCPICH, y puede expresarse como se muestra en la ecuación.

$$P_{CCH} = \text{Beta} \times P_{CPICH}, \text{Beta} > 1.$$

El acceso aleatorio es el proceso en el que se le asigna recursos al UE para obtener un servicio, este se puede ver afectado por uno o varios problemas ocasionando el llamado Fallas de Acceso, Access Failure, que es cuando no se le asigna ningún recurso al UE para tener una conexión con la RNC.

Las principales causas de fallas de Acceso en sistemas 3G son : 1. Definición incorrecta de vecindades (Missing Neighbors) 2. Baja Cobertura 3. Pilot Pollution 4. Pobre selección de celdas. 5. Falta de recursos disponibles, negación por parte del control de admisión. 6. Fallas de Hardware (Nodo B) 7. Fallas del UE 8. Incorrecta asignación de códigos (Scrambling Codes) 9. Congestión 10. Interferencia Externa 11. Alto RSSI 12. Acceso distante.

- 1) Definición incorrecta de vecindades (Missing Neighbors): En idle y connected mode el UE debe medir un set de celdas vía SIB. Dicho set debe definirse en cada celda y es empleado por el UE en modo idle para decidir en qué celda acampar. La definición incorrecta de vecinas en una celda puede ocasionar que el terminal quiera establecer conexión con una celda lejana, y es sujeto a interferencia por celdas no definidas más cercanas. Esto se ejemplifica en un caso de estudio posteriormente en el desarrollo de este capítulo.
- 2) Baja cobertura: La cobertura que ofrece cierta celda o cierto cluster puede variar ya sea desde los requerimientos del operador, los parámetros de

diseño de la red, incidencia geográfica y natural, hasta por el nivel de tráfico con el que se tiene que soportar. Los objetivos de cobertura son, por lo general y en la mayoría de los casos, poder brindar acceso a los clientes mediante sus terminales. En zonas donde en términos de potencia nos encontramos con niveles muy bajos, existen fallas de acceso por el hecho que no se cuenta con la potencia suficiente para llevar a cabo de manera normal el inicio de un servicio.

- 3) Pilot pollution: Este evento sucede cuando el número de celdas potencialmente servidoras excede el tamaño del active set definido. Típicamente el tamaño del active set es 3.
- 4) Pobre reelección de celda: El UE ejecuta muy pocas veces el proceso de selección de celdas, acampando bajo una misma celda por mucho tiempo incluso cuando los niveles de RSCP y Ec/No se han degradado. Posiblemente se deba a una incorrecta configuración de los umbrales de selección para pasar de una celda a otra. Puede deberse también a errores del mismo UE.
- 5) Admission Control: En un sistema de comunicación de tercera generación cuando la carga en la interfaz aire, crece de manera excesiva la cobertura de una celda se ve reducida, incluso si no se hace algo al respecto se reduce hasta por debajo de los valores planificados para cierta celda, siendo también que la calidad de servicio no sea garantizada. El cálculo de la carga se ejecuta mediante la cual es una aproximación de la carga en el enlace de subida.
- 6) Congestión: La admisión de un UE cuando la celda está cargada provocaría una sobrecarga en la celda, al suceder esto nos encontraremos también con una falla de acceso. Ante esta eventualidad estamos delante de lo que se conoce como Congestión, la cual en un sistema planeado

apropiadamente no ocurrirá más que en casos excepcionales, pero aun así es una situación bastante común en los sistemas sobre todo cuando se enfrentan a las conocidas horas pico, las cuales son periodos del día donde se registra la mayor demanda de servicios.

- 7) Fallas de Hardware: Uno de los problemas relacionados a la fallas de acceso puede provenir de fallas en el equipo del nodo B. Parte de las razones es la incorrecta instalación de los equipos (antenas, feeders, conectores, etc.) o ya sea que con el tiempo se presenten deterioros de los equipos. Esto incurre en mal funcionamiento del sistema y los terminales no son capaces de acceder a la celda en donde se encuentran las fallas de hardware.
- 8) Fallas de Terminal: De igual manera como fallas en el Nodo B afecta la accesibilidad, fallas en el terminal al inicio de la conexión pueden ocurrir puesto que no está libre de mal funcionamientos. Es posible que el UE no sea capaz de sostener la conexión una vez solicitado el RRC y ni siquiera se establezca por tanto un RAB para la conexión inicialmente solicitada. Estas fallas en el UE pueden ser muy variadas y no necesariamente representan un problema de la red, siendo que es el mismo UE que oscila o es intermitente en su sistema debido a suministro de energía es variable o Software no depurados correctamente al entorno. Son fallas de acceso al iniciarse los procesos para comenzar una llamada y no completarse debidamente.
- 9) Interferencia Externa: La interferencia en los sistemas no necesariamente puede provenir de los elementos propios de la red, también pueden darse por elementos ajenos. Fuentes de interferencia externas a la red, tales como dispositivos creados para evitar las comunicaciones en lugares privados, por ejemplo. De tal manera que son generadores también de fallas de acceso para el establecimiento de un servicio.

- 10) Incorrecta asignación de códigos: Dos celdas cercanas empleando el mismo Scrambling Code en la misma portadora WCDMA incrementa la interferencia intercelda y deteriora la accesibilidad. Este tipo de problema puede ser debido a un error involuntario o a un pobre planeamiento de Scrambling codes (hay 512 Scrambling code disponibles por carrier).
- 11) Alto RSSI: El UL RSSI o uplink Received Signal Strength Indicator, es el indicador de la intensidad de señal de la potencia total recibida sobre todo el canal en el enlace de subida. Con este parámetro se pueden presentar algunas situaciones que afecten la calidad de la red. Tal como bajo UL RSSI lo cual indica la celda no está recepcionando señales de ningún UE, debiéndose esto tal vez a fallas de componentes, instalaciones inapropiadas, etc. También alto UL RSSI es perjudicial e indeseable, y es más probable la presencia de este, indicando alta interferencia que puede llevar a caídas frecuentes y fallas de acceso así como calidad de voz muy baja.
- 12) Acceso Distante: Sucede cuando el UE acampa en una celda lejana que por motivos del escenario actual presenta niveles suficientes para ser la servidora momentáneamente. Dicho escenario puede ser una sobre propagación, obstrucción de las celdas cercanas, etc. El problema se presenta cuando el UE se mueve y no se elige otra celda con mejores niveles para acampar, puesto que al moverse los niveles de señal y calidad de la celda actual se degradan provocando una falla de acceso al momento que el UE intente acceder a la red para utilizar algún servicio. [3]

Arquitectura: [4]

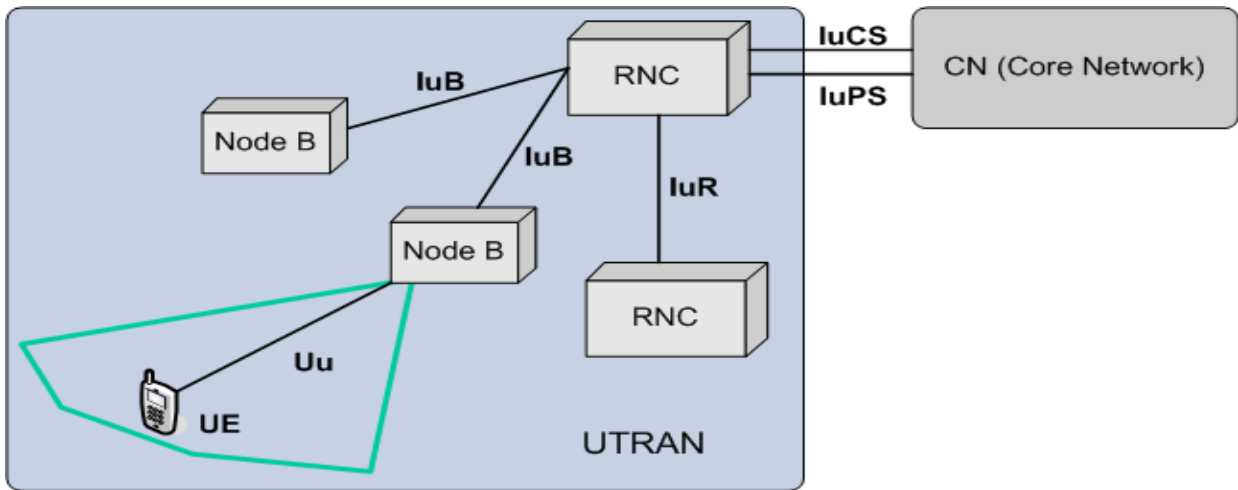


Figura 5.1. Arquitectura en Redes 3G [4]

Las redes de telefonía móvil, por su naturaleza radioeléctrica, son tanto o más vulnerables que otras redes de comunicaciones. Con su uso generalizado, garantizar la seguridad en este tipo de redes cobra mayor importancia. El estándar UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) de telefonía 3G implementa un esquema de seguridad específico que intenta garantizar la confidencialidad y la integridad de la información enviada a través de la interfaz radio, ya sean datos de usuario o de señalización.

3G: UMTS, del que hablaremos. La estación base (torre) sí se autentica contra el teléfono. Actualmente, 2G es un desastre porque permite a un atacante suplantar la estación base (la torre) y que el teléfono se conecte a ella sin dudarle. A todo esto ayuda bastante que los teléfonos “degraden” la conexión a 2G cuando lo necesitan y que uno de los modelos más usados (el iPhone) no permita evitar este comportamiento. Además, un atacante podría montar una estación base por relativamente poco dinero (actualmente, unos pocos miles de euros). El teléfono puede, para ahorrar batería o porque la señal es más fuerte, conectarse a esa estación base falsa que emite en 2G y ofrecer todos sus datos.

Arquitectura de Seguridad: [4]

La arquitectura de seguridad de UMTS(WCDMA) está compuesta por un conjunto de características y mecanismos de seguridad. Un mecanismo de seguridad es un elemento que proporciona una característica de seguridad. Y una característica de seguridad es una funcionalidad de un servicio que satisface uno o varios requisitos de seguridad. Brevemente, en UMTS tenemos cinco grupos de características de seguridad, cada uno orientado a hacer frente a ciertas amenazas y alcanzar determinados objetivos.

- Seguridad en el acceso a la red (I en la figura): Proporciona acceso seguro a los servicios y protege contra ataques en el enlace radio.
- Seguridad en el dominio de red (II): Permite a los nodos del operador de red intercambiar datos de señalización de forma segura, y protege contra ataques en la red cableada.
- Seguridad en el dominio del usuario (III): Permite a los usuarios disponer de acceso seguro a las estaciones móviles.
- Seguridad en el dominio de aplicación (IV): Permite que las aplicaciones en el dominio de usuario y en el dominio del proveedor intercambien mensajes de forma segura.
- Visibilidad y configuración de seguridad: Permite al usuario obtener información sobre las características de seguridad que se están utilizando.

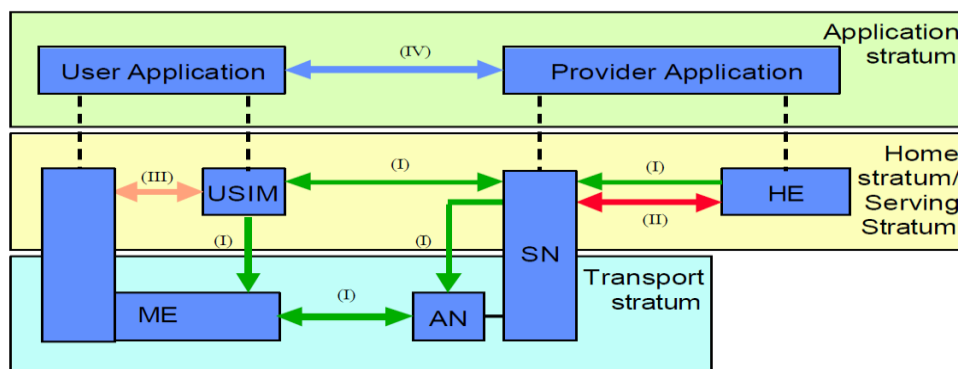


Figura 5.2. Arquitectura de seguridad UMTS [4]

Proceso UMTS AKA es gestionado por el registro de ubicación de visitante (Visitor Location Register, VLR), y consta de los siguientes pasos:

1. El VLR envía al Registro de ubicación base (Home Location Register, HLR) del abonado una petición de autenticación.
2. El HLR computa un conjunto de vectores de autenticación (AV1:AVn) a partir de la clave privada K del usuario (que solo se almacena en la propia USIM y en el HLR/AuC), y lo envía al VLR, que los almacena.
3. El VLR escoge uno de los vectores de autenticación (AVi), y desafía a la USIM enviándole los campos RAND y AUTN (token de autenticación) del vector seleccionado.
4. La USIM del usuario procesa el token de autenticación, y mediante su clave privada K puede comprobar que los datos recibidos solo pueden provenir de alguien que tenga acceso a esa clave, por lo que de esta forma la red queda autenticada frente al usuario. La USIM procede entonces a generar una clave de confidencialidad (CK), una clave de integridad (IK), y una respuesta para la red (RES).
5. La USIM envía la RES al VLR.
6. Como el VLR conoce el AV, puede computar la respuesta esperada (XRES), y contrastar la RES que recibe con ésta. De esta manera el usuario queda autenticado también. El VLR computa entonces CK e IK a partir del AV.
7. Las CK e IK establecidas son transmitidas por la USIM y el VLR a las entidades encargadas de las funciones de integridad y cifrado (generalmente el RNC).

Mecanismo de control de integridad

La información de señalización es vital tanto para el usuario como para la red, por lo que es fundamental poder garantizar su integridad (para prevenir, por ejemplo, ataques de falsa estación base).

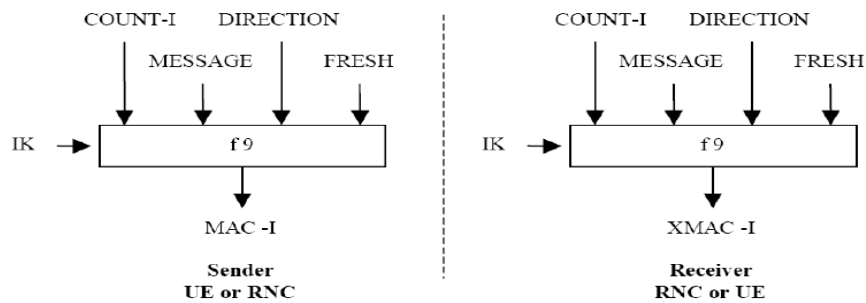


Figura 5.3. Mecanismo de control de integridad UMTS [4]

El dispositivo del usuario calcula un código de autenticación de mensaje de 32 bits (MAC-I) a partir de ciertos parámetros de entrada, entre ellos los propios datos y la IK que se obtuvo en el proceso de autenticación.

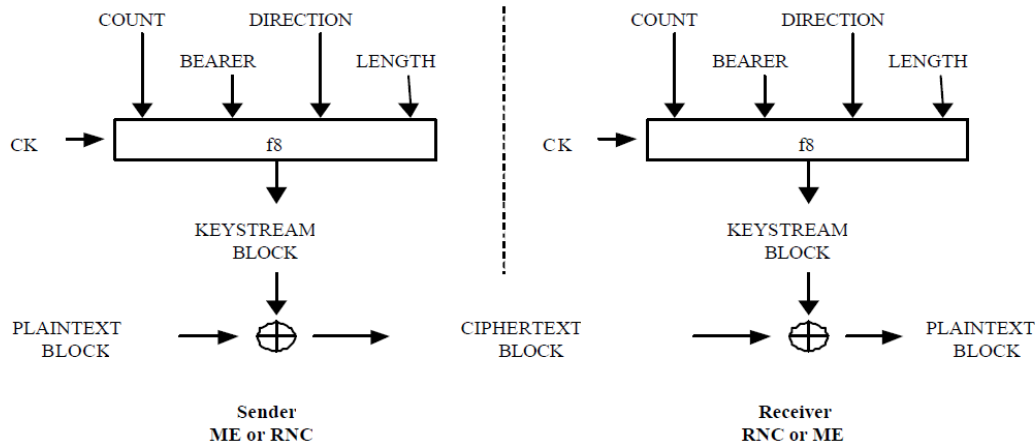
1. El MAC-I calculado se adjunta a los datos de señalización y se envía al controlador de red.
2. Una vez que el controlador de red recibe la información de señalización con el MAC-I adjunto, calcula, empleando el mismo método que el dispositivo de usuario, el XMAC-I.
3. La integridad de la información de señalización se comprueba comparando MAC-I y XMAC-I.

Mecanismo de control de confidencialidad

La confidencialidad de la información transmitida es esencial tanto para el usuario como para el operador móvil. De la comprobación de confidencialidad se encarga el denominado algoritmo f8, que funciona de la siguiente manera:

1. El dispositivo de usuario, a partir de la CK previamente calculada durante la autenticación y otros parámetros, calcula una secuencia de cifrado.
2. Se realiza un XOR entre esta secuencia de bits y los datos, obteniendo un bloque de datos cifrados.
3. Estos datos cifrados se envían a la red a través de la interfaz radio.

4. El RNC, a partir de los mismos parámetros que el dispositivo de usuario (incluyendo la CK compartida), genera la misma secuencia binaria de cifrado.
5. Realizando una operación XOR entre esta secuencia y el bloque cifrado recibido,



se recuperan los datos originales.

Figura 5.4. Mecanismos de control de confidencialidad [4]

Características: [5]

WCDMA es un Sistema de Acceso Múltiple por División de Código de Secuencia Directa (Direct Sequence Code División Múltiple Access, DSCDMA) de banda ancha, es decir, que los bits de información de usuario se extienden dentro de una amplia banda ancha, multiplicando los datos de los usuarios con los bits cuasi aleatorios (llamados chips) derivados de códigos de expansión o ensanchamiento de CDMA. Con el fin de apoyar a muy altas tasas de bits (hasta 2 Mbps), se admite el uso de un factor de ensanchamiento variable y conexiones de núcleo múltiple. La tasa de chips o velocidad de segmentos de 3,84 Mcps conducen a una banda ancha de portadora de aproximadamente 5 MHz.

Sistemas DSCDMA con una banda ancha de 1 MHz, como IS-95, se conoce comúnmente como sistemas CDMA de banda estrecha. La amplia banda ancha de portadora inherentemente de WCDMA, soporta altas velocidades de datos de

los usuarios y también tiene ciertas ventajas de rendimiento, como el aumento de la diversidad de trayectos múltiples. Sin perjuicio de su licencia de explotación, el operador de red puede implementar varias portadoras de 5 MHz para aumentar la capacidad, posiblemente en forma de capas de células jerárquicas.

La separación de portadoras reales, se puede seleccionar en una cuadrícula de 200 kHz entre aproximadamente 4,4 y 5 MHz, dependiendo de la interferencia entre las portadoras.

WCDMA soporta dos modos de operación básicos: Duplexación por División de Frecuencia (Frequency División Dúplex, FDD) y Duplexación por División de Tiempo (Time División Dúplex, TDD). En el modo FDD, las frecuencias de portadora separadas 5 MHz se utilizan para enlaces ascendente y descendente, respectivamente, mientras que en el modo TDD sólo una frecuencia de portadora de 5 MHz es compartida entre el tiempo de enlaces ascendente y descendente. El enlace ascendente, es la conexión desde el móvil a la estación base; y el enlace descendente, es desde la estación base al móvil.

WCDMA soporta la operación de estaciones base asincrónica, de modo que, a diferencia del sistema IS-95 síncrono, no hay necesidad de una referencia de tiempo global, tal como un GPS. El despliegue de estaciones base para interiores (indoor) y micro es más fácil cuando ninguna señal GPS sea recibida. 16 •S WCDMA emplea detección coherente tanto para enlaces ascendente y descendente basado en la utilización de símbolos piloto o piloto común.

Mientras que ya se utiliza en el enlace descendente en IS-95, el uso de detección coherente en el enlace ascendente es nuevo para los sistemas públicos CDMA y con esto daba lugar a un aumento global de la cobertura y capacidad en los enlaces ascendentes. S La interfaz de aire WCDMA ha sido diseñado de tal manera que los conceptos de receptores avanzados CDMA, como la detección multiusuario y las antenas adaptativas inteligentes pueden ser desplegados por el

operador de la red como una opción de sistema para aumentar la capacidad y/o cobertura.

En la mayoría de los sistemas 2G (Segunda Generación) no se ha previsto para tales conceptos del receptor y, como resultado, o bien no son aplicables o puede ser aplicado sólo bajo severas restricciones con aumentos limitados en el rendimiento. S WCDMA se ha diseñado para ser desplegado en combinación con GSM.

Por lo tanto, el traspaso entre GSM y WCDMA son compatibles con el fin de ser capaces de aprovechar la cobertura GSM para la introducción de WCDMA. En la tabla 2.1 se muestra la comparación entre los diferentes sistemas móviles WCDMA, IS-95 y GSM.

Los datos del usuario se suponen aquí como la modulación BPSK de secuencia de bits de la tasa R , los bits de datos de usuario asumen valores de ± 1 . La operación de ensanchado, en este ejemplo, es la multiplicación de cada bit de datos de usuario con una secuencia de 8 bits de código, llamados chips. Vemos que el ensanchado de datos resultante es igual a una tasa de $8 \times R$ y tiene la misma apariencia aleatoria (similar al pseudo-ruido) tal como el código de ensanchamiento.

En este caso diríamos que se utilizó un factor de expansión de 8. Esta señal de banda ancha sería entonces transmitida a través de un canal inalámbrico para el extremo receptor. Durante el desenchamiento multiplicamos la secuencia de datos/chip de usuario ensanchado, la secuencia original de bits de usuario se ha recuperado perfectamente, siempre tenemos sincronización perfecta entre la señal de ensanchamiento y el código de ensanchamiento.

La energía de la señal puede llegar al receptor a través de instantes de tiempo claramente distinguibles. La energía que llega está "manchada" en un determinado perfil de retardo multitrayecto. El perfil de retardo se extiende normalmente de 1 a 2 μ s en las zonas urbanas y suburbanas, aunque en algunos casos los retrasos es hasta 20 μ s o más, con la señal significativa de energía se han observado en zonas montañosas. La duración de chips a 3.84 Mcps es 0.26 μ s.

Si la diferencia de tiempo de los componentes de trayectos múltiples es de al menos 0,26 μ s es el receptor WCDMA puede separar los componentes de trayectos múltiples y combinarlos de manera coherente para obtener la diversidad de trayectos múltiples. El retardo de 26 μ s se puede obtener si la diferencia de longitudes de trayecto es de al menos 78 m. Con una velocidad de chip de aproximadamente 1 Mcps, la diferencia en las longitudes de trayectoria de los componentes de trayectorias múltiples debe ser de aproximadamente 300 m, que no puede ser obtenida en las células pequeñas. Por lo tanto, es fácil ver que 5 MHz de WCDMA puede proporcionar diversidad de trayectos múltiples en las células pequeñas, que no es posible con IS-95.

Además, para una determinada posición de retardo de tiempo por lo general hay muchos caminos casi iguales en longitud a lo largo que viaja la señal de radio. Por ejemplo, las trayectorias con una diferencia de longitud de $\lambda/4$ (a 2 GHz, esto es aproximadamente 7.5 cm) llegan prácticamente al mismo instante cuando se compara con la duración de 21 un único chip, que es 78 m en 3,84 Mcps. Como resultado, la cancelación de la señal, llamado rápido desvanecimiento, tiene lugar ya que el receptor se mueve a través de distancias incluso cortas. La cancelación de señal se entiende mejor como una suma de varios fasores ponderados que describen el desplazamiento de fase y la atenuación a lo largo de un cierto camino en un cierto instante de tiempo. [5]

6. PLANEACIÓN DEL PROYECTO DE DRIVE TEST EN CIUDAD SANDINO

PROYECTO: DRIVE TEST EN CIUDAD SANDINO

Elaborado por: Oscar Parrales

Version #	Presentando por	Fecha de entrega	Aprobado por	Fecha de aprobado	Observaciones
1.0	<i>Cedrick Dalla Torre</i>	<i>05/11/2015</i>	Cedrick Dalla-Torre		
2.0	Cedrick Dalla Torre	06/11/2015	Cedrick Dalla-Torre		

Julio, 2019

I. Introducción

La importancia de la realización de Drive Test para conocer el estado del arte de las operadoras es muy significativo ya que permite conocer las trayectorias y áreas que no están siendo cubiertas. Mediante el Drive Test se podrá hacer un análisis de los niveles de RSCP en Ciudad Sandino, para posteriormente realizar una comparación con los modelos de propagación Okomura-Hata y Standard Propagation Model (SPM). En este acápite del trabajo de investigación, se pretende describir la dirección y gestión del proyecto Drive Test para la medición de niveles de potencia RSCP de Ciudad Sandino, Municipio de Managua, Nicaragua.

II. Objetivos del Proyecto de Drive Test en Ciudad Sandino:

- a. Realizar Drive Test en Ciudad Sandino que permita la recolección de datos para que mediante un análisis comparación se determine cuál de los modelos de propagación se ajusta mejor a las mediciones.
- b. Post procesar la información para realizar el análisis de cobertura, basado en la tecnología W-CDMA en Ciudad Sandino.
- c. Determinar la cobertura de los operadores alrededor de los sitios identificados, para realizar determinar los niveles de RSCP.

III. Requisitos del Proyecto:

a. Requisitos Técnicos

- Descripción del equipo (Pilot RCU 2.0)

Pilot RCU 2.0 es una sonda autónoma para la recolección de datos y medición que se utiliza principalmente para el control de la red para potencia, calidad, voz y verificación de servicio de datos, y realiza una evaluación comparativa. Se compone de una variedad de módulos de prueba que apoyan múltiples estándares de redes (2G, 3G & 4G). Pilot RCU 2.0 ofrece un sistema incorporado en la plataforma de procesamiento de datos, un diseño con un alto rendimiento y la estabilidad, y bajo consumo de energía.

- Requisitos de funcionamiento del equipo (Pilot RCU 2.0)

- Para el servidor Fleet se requiere una IP pública, estática, con acceso a Internet. En este caso no es recomendable el uso de redes privadas o corporativas donde se haga uso de aplicaciones VPN para la configuración del servidor Fleet, ya que esto requeriría de solicitar a los operadores de red crear APNs para aplicaciones especiales.
- Para las Pilo RCU 2.0 se requiere SIM cards con lo saldo para hacer pruebas de voz y de datos.
- Se requieren también tener protocolos de pruebas definidos para voz y datos.

- Proceso de medición, recolección de información, post process & realización de informe por el ingeniero RF.

- Pilot RCU 2.0 recolecta la información en función de la configuración que se requiera, posteriormente transfiere esa información al servidor Fleet. El Sistema Pilot Fleet es capaz de gestionar de forma remota el examen de manejo del proceso de recolección de datos de todos los equipos DINGLI y la gestión de datos centralizada.

- Posteriormente se configura el Fleet para que envíe la información al servidor donde está Gladiator para realizar el Post Process.
- Esa información es enviada nuevamente para que se realice el análisis.

b. Requisitos de personal

- Perfil del Ingeniero RF que se requiere para el manejo del Pilot RCU 2.0

El Ingeniero RF debe ser egresado en ingeniería en Electrónica y/o Telecomunicaciones. Posee conocimientos en tecnologías 2G, 3G & 4G. Sirve como apoyo para el despliegue de los operadores telefonía móvil. Realiza predicciones para determinar la cobertura, sobre propagación, relación señal ruido e interferencia, que sirven para el determinar el comportamiento de la propuesta del diseño del plan nominal y candidatos con nuevos emplazamientos. Propone las características de los parámetros estaciones base (azimuth, tilt eléctrico, tilt mecánico, etc). Hace análisis de drive-test. Propone opciones como candidatos para presentarse al cliente con un alto grado de colaboración e integración de la infraestructura a implementar en el proceso de construcción. Apoya al operador coordinando tareas con propuestas que satisfagan al cliente e intercambia información con el fin de lograr sinergia y cumplir con los objetivos, metas y plan estratégico de nuestra organización y de la empresa operadora.

- Capacitación para el manejo del equipo Pilot RCU 2.0

La capacitación se realizará para la utilización de los equipos para hacer mediciones de RSCP en Ciudad Sandino, y después de la herramienta de Post Process "Gladiator" que es de suma importancia para nuestro proyecto.

IV. Alcance

Para determinar el alcance se realizará una Estructura de Desglose de Trabajo (EDT).

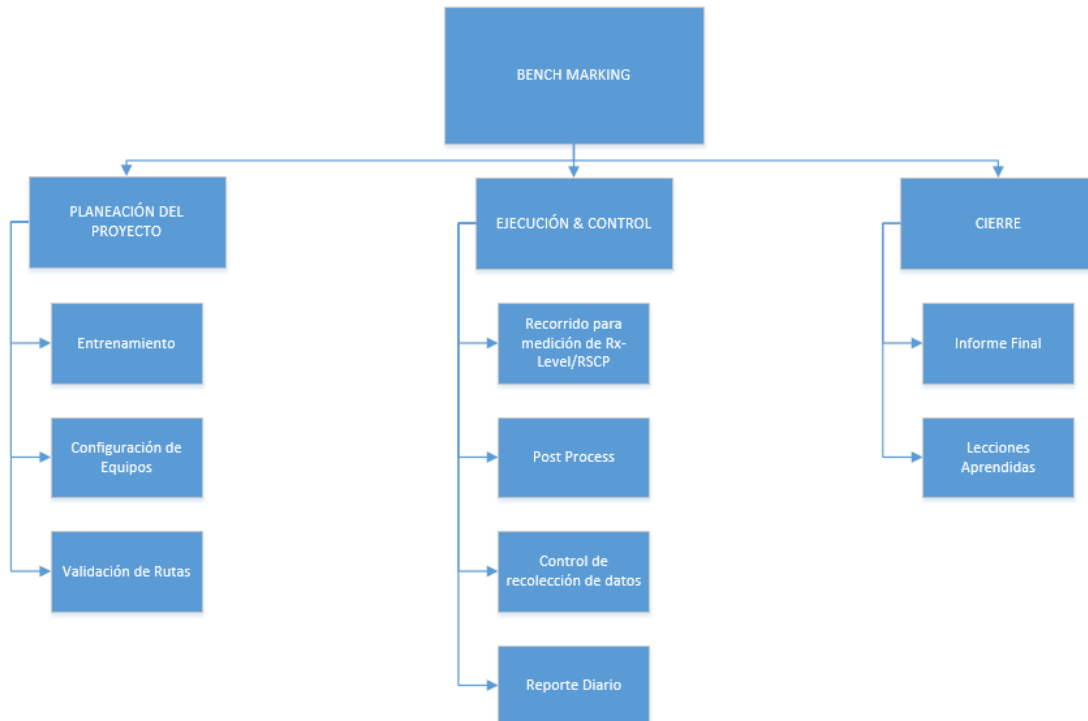


Figura 6.1. EDT del proyecto de DT en Ciudad Sandino

Alcance del Proyecto:

Se harán Drive Test en Modo Scanner para medir los niveles de RSCP en el municipio de Ciudad Sandino, departamento de Managua, Nicaragua. Para determinar cuál de los 2 modelos de propagación se ajusta mejor (Okomura-Hata & SPM). La duración del proyecto de Drive Test será de 15 días, primeramente la realización de la planeación de rutas en Ciudad Sandino, configuración del equipo, medición de los niveles de RSCP para tecnología W-CDMA y el Post Procesamiento.

V. Tiempo

- Gestión del Tiempo

La unidad de medida de tiempo se realizará en semanas. El tiempo total del proyecto basado en juicio de expertos será de 15 días para Ciudad Sandino.

- Cronograma de actividades para Ciudad Sandino

Actividad	2 días	2 días	2 días	2 días	2 días	2 días	2 días	1 día
1.								
2.								
3.								

Descripción de actividades

Actividad 1: Entrenamiento, Configuración de los equipos, Planeación y Validación de Rutas.

Actividad 2: Recorridos para medición RSCP.

Actividad 3: Elaboración de informe final y lecciones aprendidas.

VI. COSTOS

Se utilizará la moneda dólar para determinar los costos de las actividades. Para estimar los costos se hará uso de la herramienta “Estimación Ascendente” y juicio de expertos.

- Línea base de costos para Ciudad Sandino.

Actividad	Semana1
Viáticos Driver	U\$150
Alquiler vehículo	U\$250
SIM CARD	U\$ 100
Combustible	U\$50
Total	U\$ 550

- **Control de costos**

El control de los costos se realizará a partir de los entregables definidos, estos entregables serán los informes semanales que desarrollará el ingeniero RF con las rutas planeadas. La herramienta que se utilizará para determinar el estado del proyecto en costos y tiempo será “Valor Ganado” (EV).

VII. Calidad

El ingeniero RF se encargará de que el equipo Pilot RCU 2.0 esté midiendo correctamente los niveles de RSCP. Los informes deberán ser entregados con el formato desarrollado por Oscar PARRALES y supervisados por Cedrick Dalla-Torre. Las mediciones deberán de coincidir con las rutas planeadas.

VIII. Monitoreo y Control

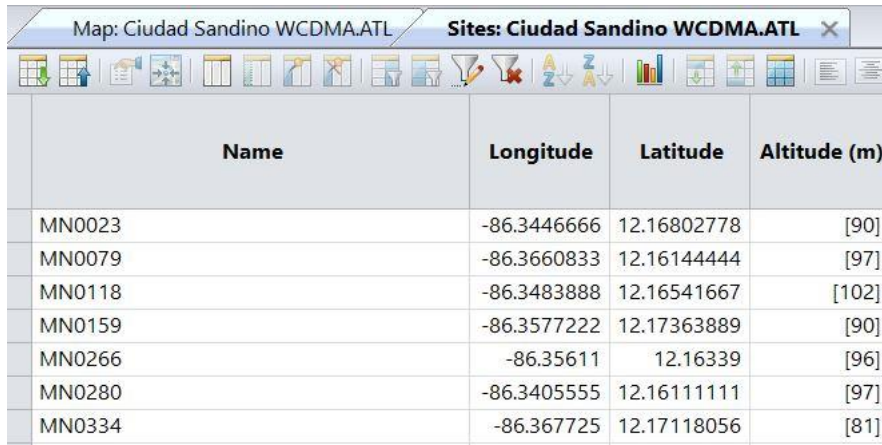
El departamento de RF hará el monitoreo para el cumplimiento de las rutas planeadas. También se realizará el control del alcance, tiempo y costos con herramientas como el “Valor Ganado” que determinen el estado del proyecto.

IX. Control de Integrado de Cambios

Para realizar cualquier cambio en el proyecto, se realizará una solicitud formal de cambio que contenga el motivo, justificación o argumento del cambio al tutor(Cedrick Dalla-Torre).

7. COMPARACIÓN DE LA SIMULACIÓN DE LA SIMULACIÓN DE LOS MODELOS OKOMURA-HARA & SPM CON RESPECTO A MEDICIONES REALIZADAS EN DRIVE TEST EN CIUDAD SANDINO

A continuación se muestran la ubicación de cada uno de los sitios que están situados en Ciudad Sandino.



Name	Longitude	Latitude	Altitude (m)
MN0023	-86.3446666	12.16802778	[90]
MN0079	-86.3660833	12.16144444	[97]
MN0118	-86.3483888	12.16541667	[102]
MN0159	-86.3577222	12.17363889	[90]
MN0266	-86.35611	12.16339	[96]
MN0280	-86.3405555	12.16111111	[97]
MN0334	-86.367725	12.17118056	[81]

Figura 7.1. Sitios que están ubicados en Ciudad Sandino

Además de las coordenadas de ubicación de los 7 sitios que están ubicados en Ciudad Sandino, se cuenta con la altura sobre el nivel del mar de cada uno de ellos, a partir de estas localizaciones se realizarán las simulaciones de los 2 modelos de propagación que se requiere hacer la comparación para determinar cuál se ajusta de mejor manera para un entorno semi urbano, como el que presenta Ciudad Sandino.

Sin embargo, se requiere también la información referente a los transmisores que conforman cada uno de los sitios, parte de esta información, tales como nombre del transmisor, altura, azimuth, tilt mecánico, tilt eléctrico, etc., se muestran a continuación dicha información (el archivo .ATL se estará adjuntando con la información completa de la red).

Site	Transmitter	Active
MN0023	MN0023_1755	<input checked="" type="checkbox"/>
MN0023	MN0023_1756	<input checked="" type="checkbox"/>
MN0023	MN0023_1757	<input checked="" type="checkbox"/>
MN0023	MN0023_1758	<input checked="" type="checkbox"/>
MN0079	MN0079_2115	<input checked="" type="checkbox"/>
MN0079	MN0079_2116	<input checked="" type="checkbox"/>
MN0079	MN0079_2117	<input checked="" type="checkbox"/>
MN0079	MN0079_2118	<input checked="" type="checkbox"/>
MN0079	MN0079_2119	<input checked="" type="checkbox"/>
MN0079	MN0079_2120	<input checked="" type="checkbox"/>
MN0118	MN0118_2344	<input checked="" type="checkbox"/>
MN0118	MN0118_2345	<input checked="" type="checkbox"/>
MN0118	MN0118_2346	<input checked="" type="checkbox"/>
MN0118	MN0118_2347	<input checked="" type="checkbox"/>
MN0118	MN0118_2348	<input checked="" type="checkbox"/>
MN0118	MN0118_2349	<input checked="" type="checkbox"/>
MN0159	MN0159_2493	<input checked="" type="checkbox"/>
MN0159	MN0159_2494	<input checked="" type="checkbox"/>
MN0159	MN0159_2495	<input checked="" type="checkbox"/>
MN0159	MN0159_2496	<input checked="" type="checkbox"/>
MN0159	MN0159_2497	<input checked="" type="checkbox"/>
MN0159	MN0159_2498	<input checked="" type="checkbox"/>
MN0266	MN0266_2779	<input checked="" type="checkbox"/>
MN0266	MN0266_2780	<input checked="" type="checkbox"/>
MN0266	MN0266_2781	<input checked="" type="checkbox"/>
MN0266	MN0266_2782	<input checked="" type="checkbox"/>
MN0266	MN0266_2783	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 7.2. Parámetros de los transmisores

Height (m)	Azimuth (°)	Mechanical Downtilt (°)
36	10	1
36	125	1
36	10	0
36	130	0
25	40	2
25	150	1
25	320	1
25	40	2
25	150	1
25	320	1
30	145	1
30	245	1
30	305	0
30	145	0
30	245	0
30	305	0
24	40	2
24	160	2
24	250	0
24	40	0
24	160	0
24	250	0
15	0	4
15	170	2
15	265	4
15	0	1
15	170	1

Figura 7.3. Parámetros de los transmisores

Esta información es de suma importancia, debido a que con estos parámetros se tendrá mediante la simulación de los modelos de propagación Okomura-Hata & SPM, el comportamiento de cobertura de los niveles de potencia con que se propagan, para posteriormente compararlo con los niveles de potencia recolectados en los Drive Test que se realizaron en el área.

Se procederá mostrando el proceso para cargar la cartografía de Nicaragua, después los sitios con sus respectivos transmisores en el área de Ciudad Sandino. Ver figura 7.4.

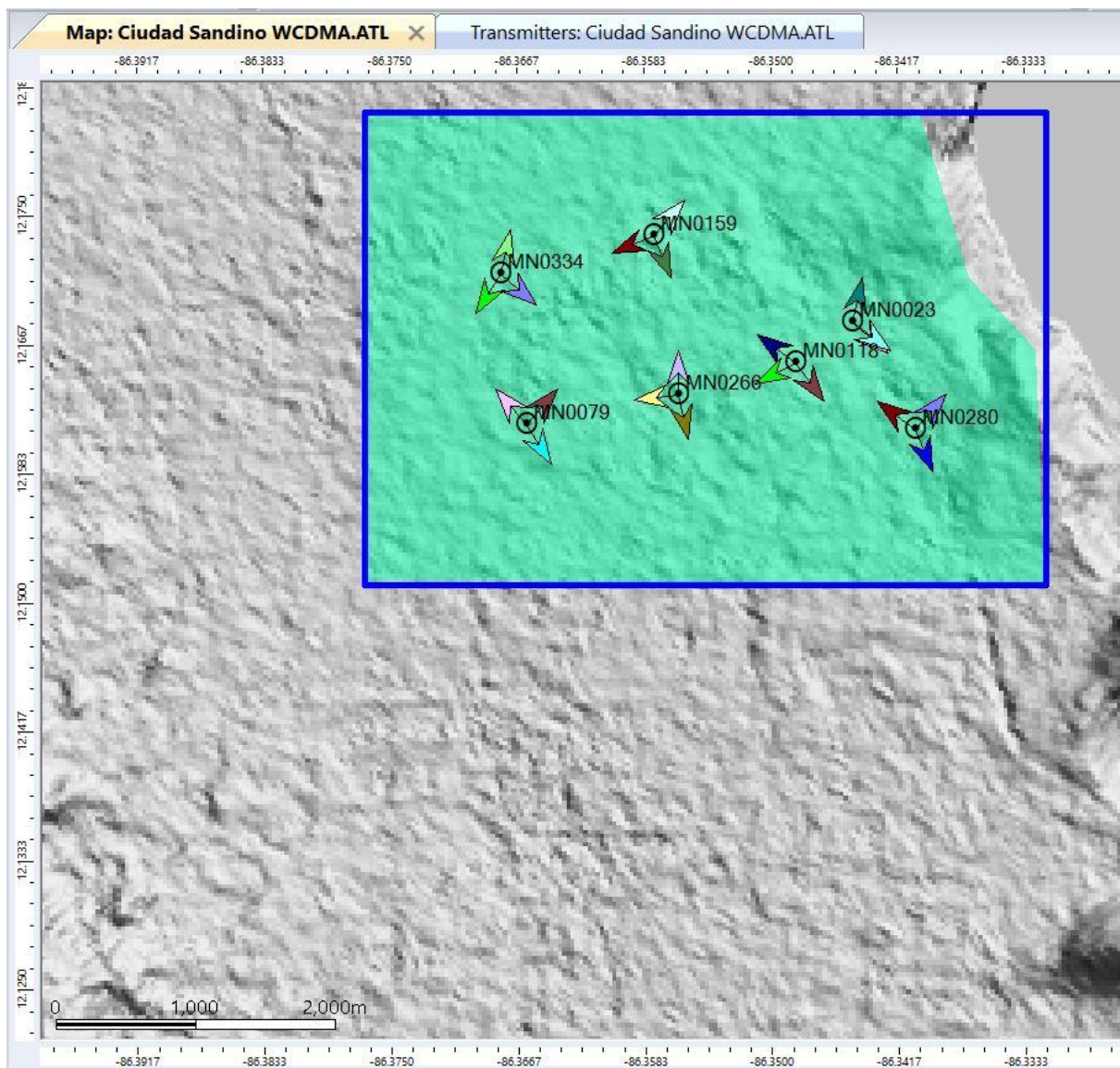


Figura 7.4. Sitios Cargados en Ciudad Sandino

Es necesario introducir las propiedades para cada uno de los 7 sitios. A continuación, se muestra un ejemplo de uno de ellos. Ver figura 7.5.

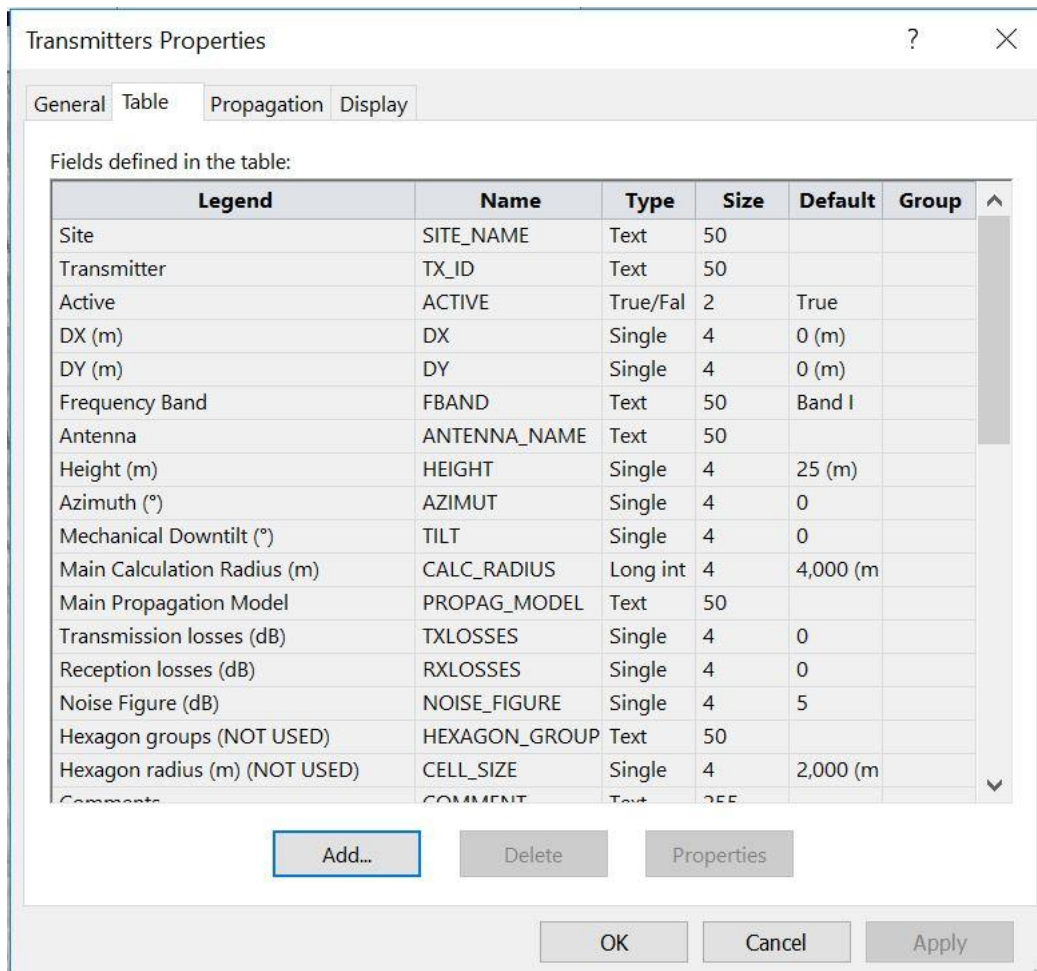


Figura. 7.5. Propiedades de los transmisores

También se deberá de definir el tipo de modelo de propagación, se empezará con el modelo de propagación Okomura-Hata. Ver figura 7.6.

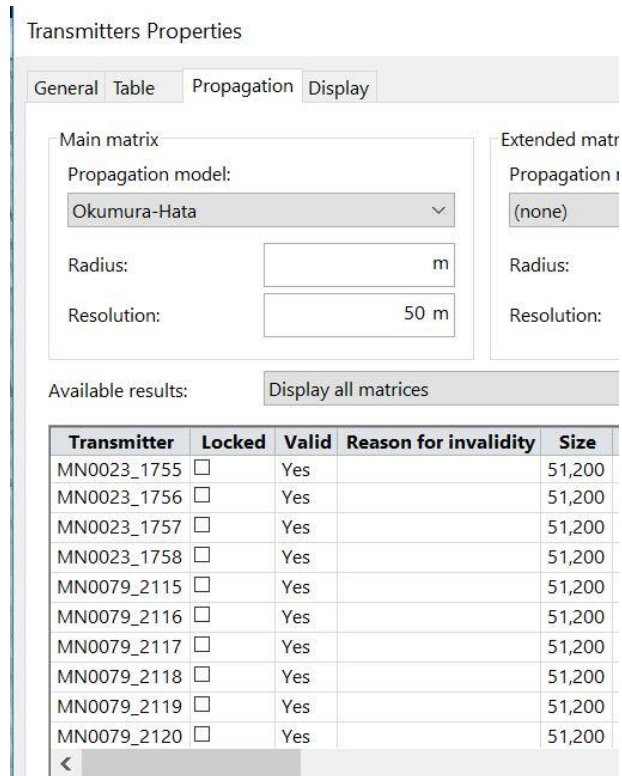


Figura 7.6. Definir el modelo de propagación Okomura-Hata

Es necesario también hacer la configuración para el display. Ver figura 3.7.

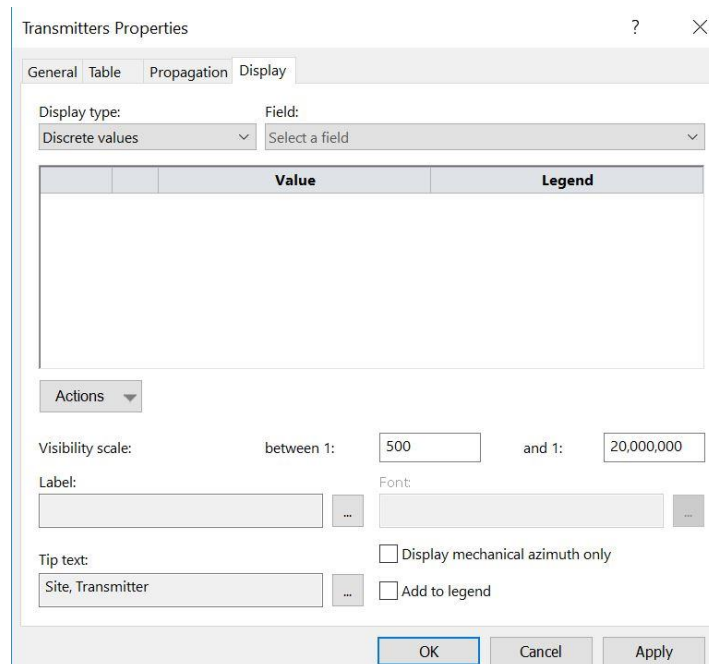


Figura 7.7. Configuración del display

Para hacer la simulación se determinará esta asignación de colores en función de los niveles de potencia de la predicción. Ver figura 7.8.



Figura 7.8. Niveles de potencia

Es necesario mostrar los parámetros en función de los sitios y transmisores que radiarán en Ciudad Sandino, la simulación se realizará en la Banda V. A como se muestra a continuación.

MN0079_2119 Properties

General Transmitter Cells Propagation Display

Name: MN0079_2119

Site: MN0079

Frequency band: Band V

Shared antenna:

Shared pattern:

Antenna position

Relative to site:

Dx: 0 m Dy: 0 m

Coordinates:

X: -86.36608333 Y: 12.16144444

Figura 7.9 Asignación de la banda de frecuencia para cada transmisor

Se deberá de asignar en la configuración de los transmisores el total de pérdidas que estará en función de las especificaciones del equipo. Ver figura 7.10.

Equipment Specifications

Both the selected equipment and the user-defined gains and losses are used to initialise the transmitter total UL and DL losses

TMA: TMA

Feeder: [Empty]

Transmitter: Node B

Feeder length: Transmission 1.5 m, Reception 1.5 m

Miscellaneous losses: Transmission 1.5 dB, Reception 1.5 dB

Receiver antenna diversity gain: 0 dB

Loss related to repeater noise rise: 0 dB

Buttons: Commit, Cancel

Figura 7.10. Especificaciones del equipo

A continuación, se muestra la configuración de las celdas. Ver figura 7.11.

	1
Name	MN0079_2119(4357)
Active	<input checked="" type="checkbox"/>
Order	1
Carrier	4,357
Layer	Macro Layer
ID	
Primary scrambling code	
Scrambling Code Domain	
SC Reuse Distance (m)	
SC Locked	<input type="checkbox"/>
Max Power (dBm)	43
Pilot Power (dBm)	33
SCH Power (dBm)	21
Other CCH Power (dBm)	30
AS Threshold (dB)	5
Min RSCP (dBm)	
Handover Margin (dB)	0
Cell Individual Offset (dB)	0
Total Power (dBm)	
UL Load Factor (%)	
Max DL Load (% Pmax)	75
Max UL Load Factor (%)	50
UL Reuse Factor	
Additional DL Noise Rise (dB)	
Additional UL Noise Rise (dB)	
DL Max Throughput per User (kbps)	1,000
UL Max Throughput per User (kbps)	1,000

Figura 7.11. Configuración de las celdas

Es necesario asignar al modelo de propagación Okomura-Hata un entorno Suburbano. Ver figura 7.12.

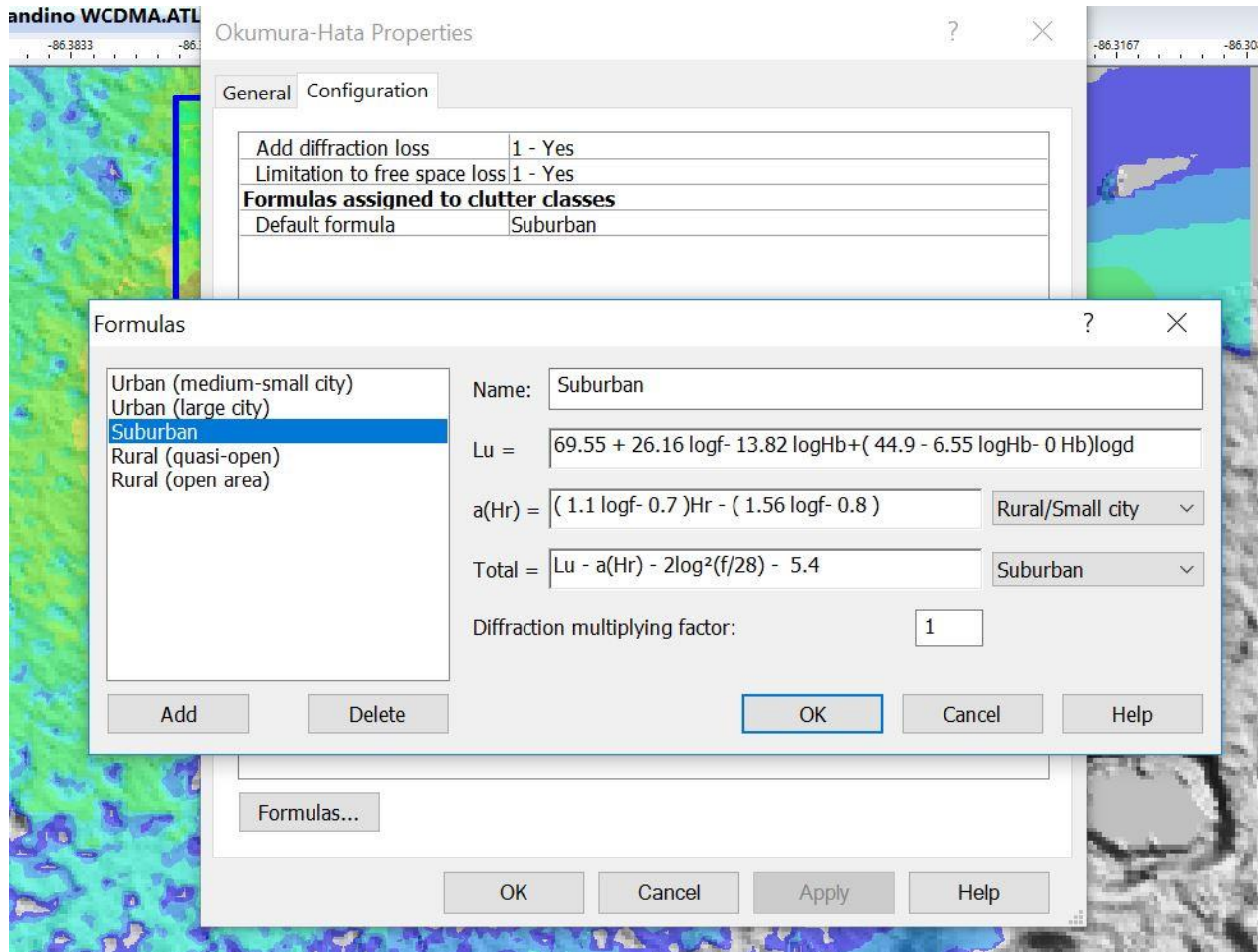


Figura 7.12. Configuración de un entorno suburbano al modelo de propagación Okomura-Hata

Es importante, incluir las propiedades de las terminales que estarán recibiendo el servicio de telefonía móvil basado en tecnología W-CDMA. Ver figura 7.13.

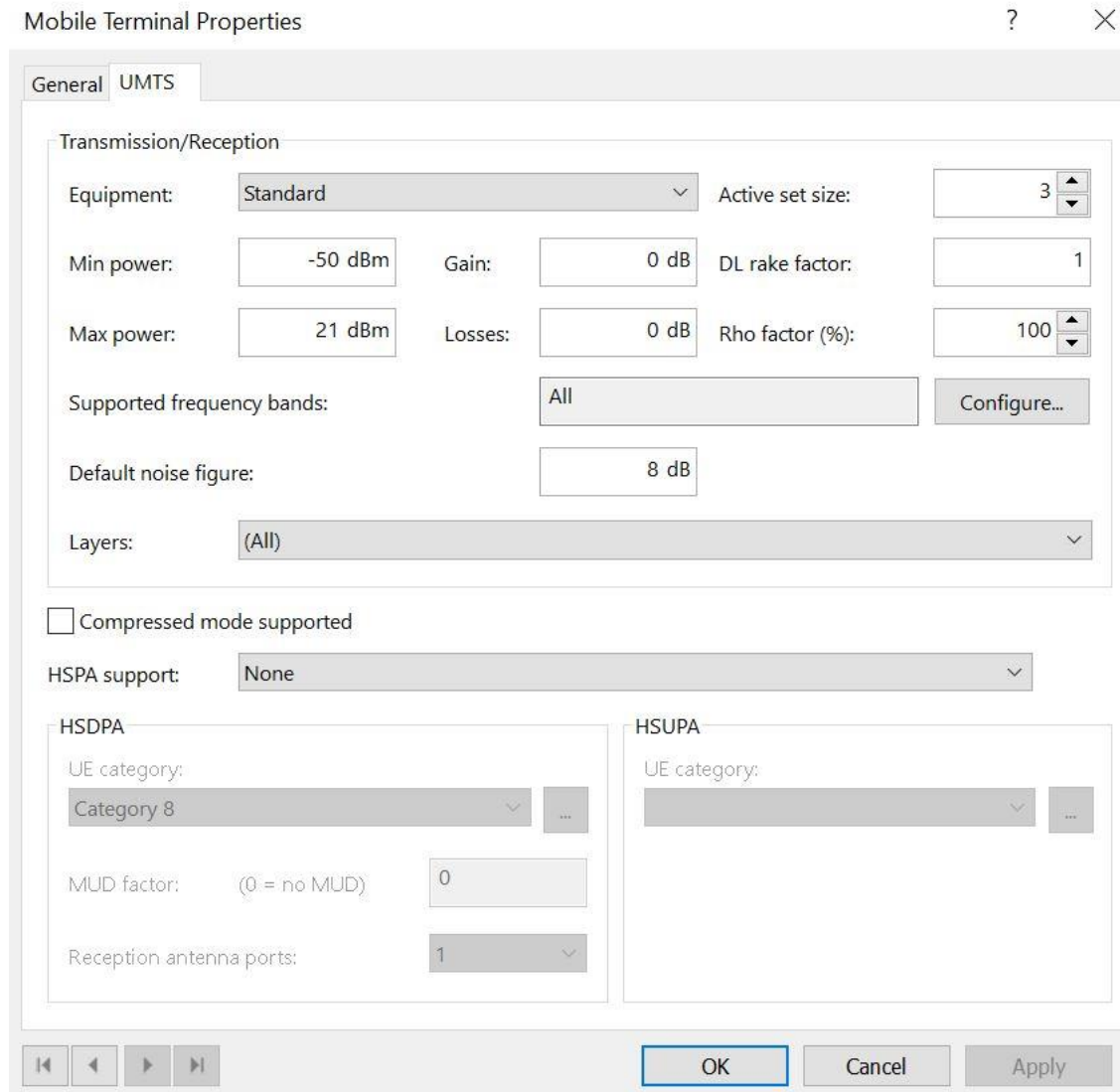


Figura. 7.13. Propiedades de las terminales

Después se deberá hacer la predicción, en el presente estudio únicamente se realizará por nivel de señal en el DL. Ver Figura. 7.14.

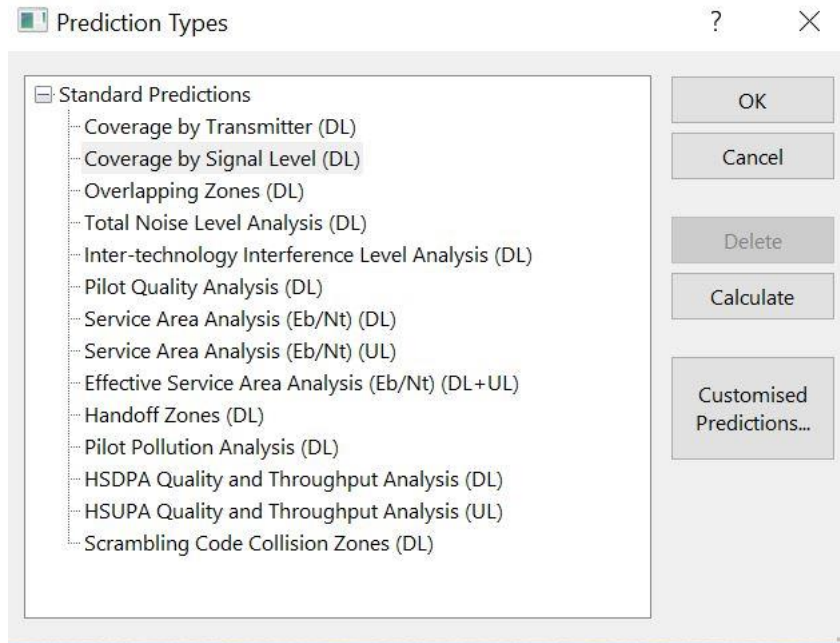


Figura 7.14. Selección Predicción por nivel de señal en el DL

A continuación, se muestra el resultado de la predicción. Ver figura 7.15.

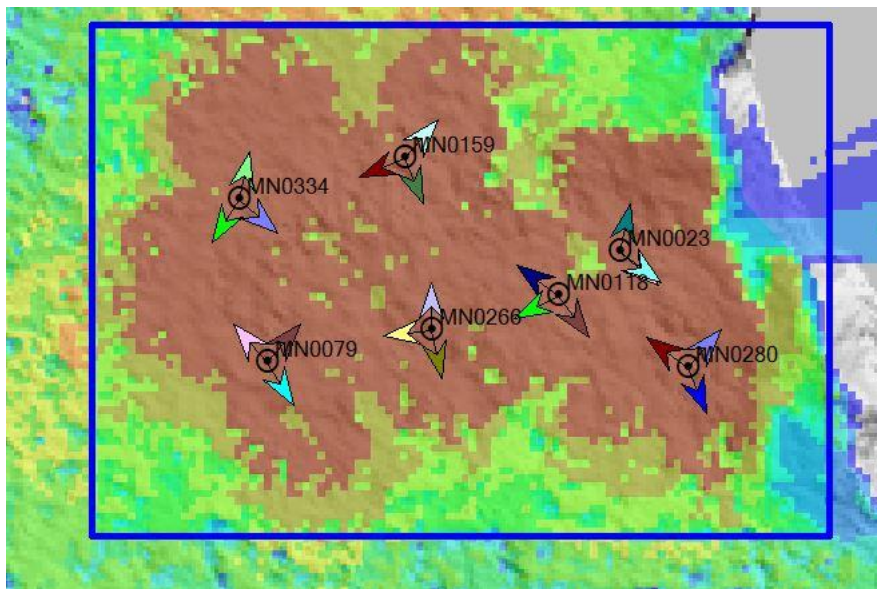


Figura 7.15. Comportamiento de la predicción por nivel de señal en el DL

Para un mejor análisis del comportamiento de cobertura, y para posteriormente su comparación con el modelo de propagación SPM y los datos recolectados en el Drive Test, es idóneo cargar un “Online Maps” en la ventana Geo. Ver figura 7.16.

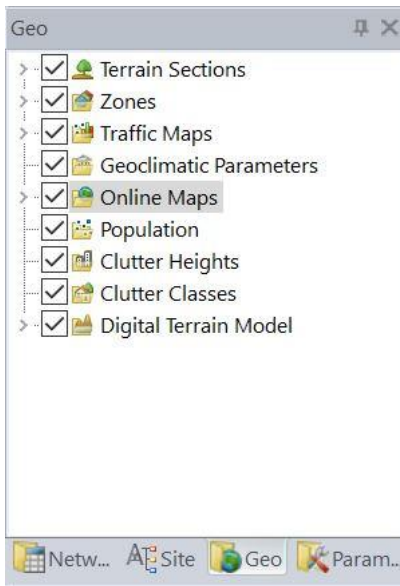


Figura 7.16. Selección “Online Maps”

Se tendrá el siguiente resultado. Ver figura. 7.17.

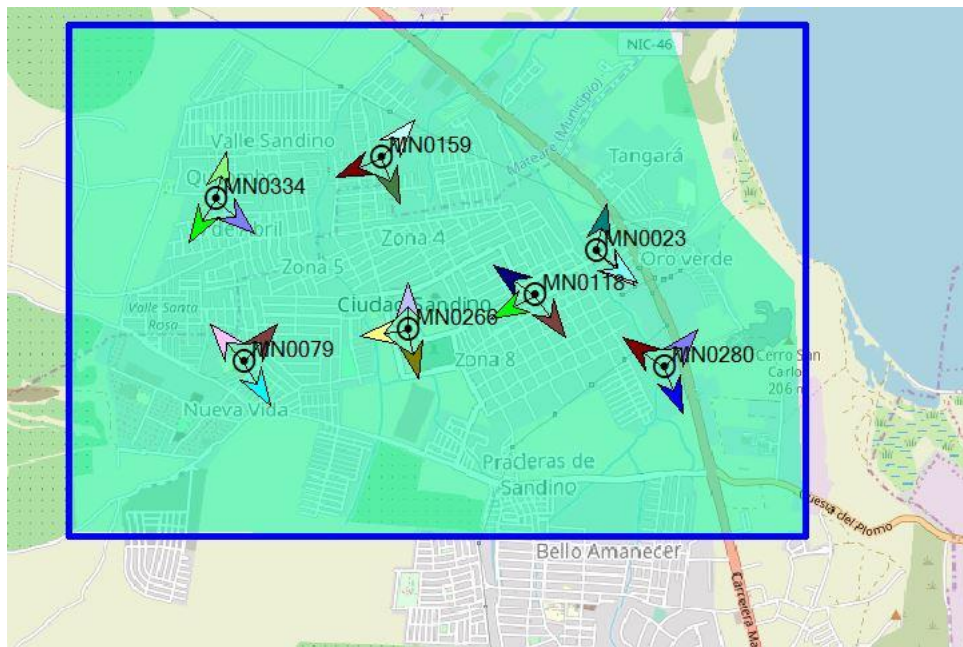


Figura 7.17. Sitios con el uso Online Maps

Después se realiza nuevamente la predicción, teniendo el siguiente comportamiento de cobertura. Ver figura 7.18.

También, se debe de configurar los parámetros del modelo de propagación SPM. Ver figura 7.20.

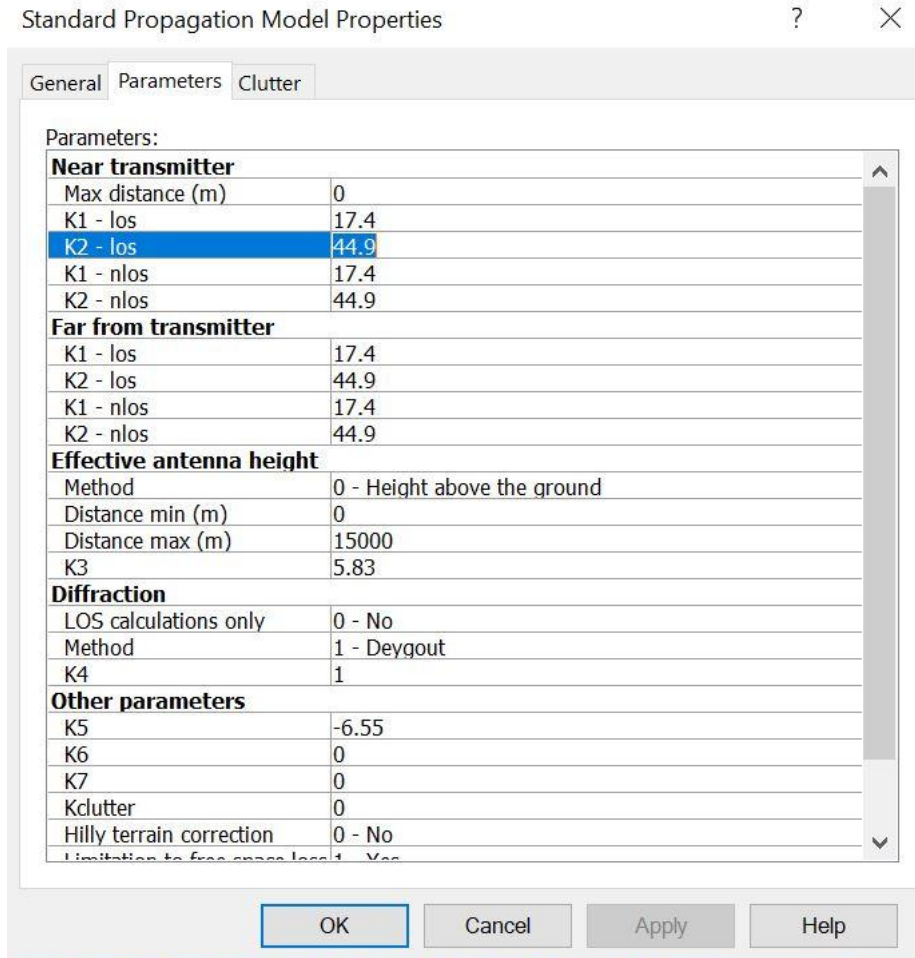


Figura 7.20. Parámetros del modelo de propagación SPM

Ahora, se procederá a comprobar si quedó de manera correcta la configuración, se tomará uno de los transmisores que conforman la red W-CDMA en Ciudad Sandino. Ver figura 7.21.

MN0023_1755 Properties

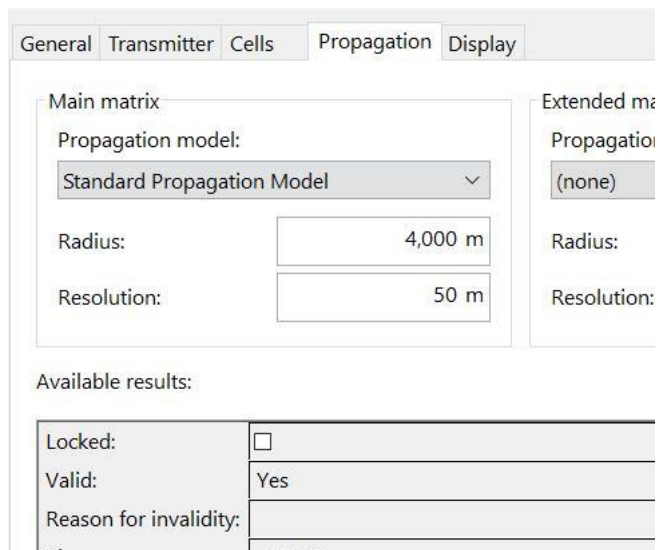


Figura 7.21. Propiedades de uno de los transmisores con el modelo SPM

Se procederá, con la simulación de la predicción de la red W-CDMA en Ciudad Sandino, pero con el modelo de propagación SPM. Ver figura 7.22.

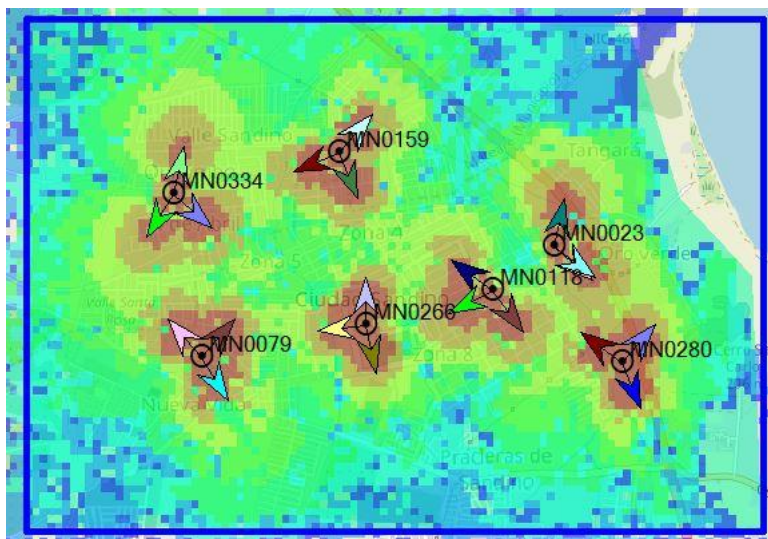


Figura 7.22. Cobertura de la red W-CDMA en Ciudad Sandino con el modelo SPM

Hay que destacar que los parámetros de los transmisores para la realización de las predicciones de ambos modelos de propagación son los mismos.

Para determinar cuál de los modelos de propagación se ajusta mejor a este entorno suburbano, se deberán de comparar ambas simulaciones con los datos recolectados en el Drive Test, donde se midieron niveles de potencia RSCP, que obedece a la tecnología W-CDMA, de la familia UMTS.

A continuación, se importará el archivo, que contiene los datos del Drive Test de Ciudad Sandino a la herramienta computacional de predicción ATOLL. Ver figura 7.23.

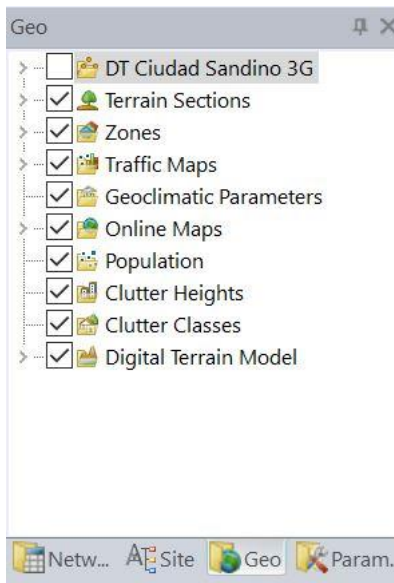


Figura 7.23. Datos del Drive Test en Ciudad Sandino

A continuación, se muestran el recorrido del Drive Test, de los niveles de RSCP en Ciudad Sandino. Ver figura 7.24.

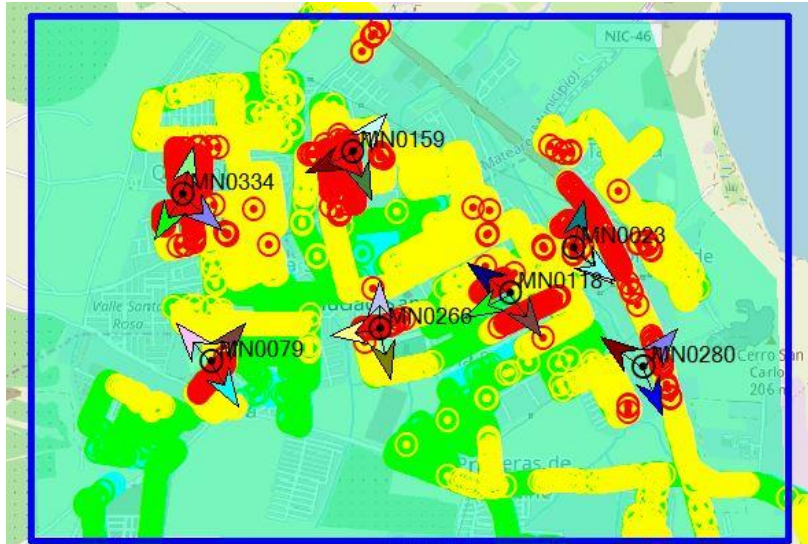


Figura 7.24. Resultados del Drive Test en Ciudad Sandino

Para este Drive Test, se realizaron 35,593 mediciones de los niveles de RSCP. Ver figura 7.25.

Id	LAYER	WCDMA_Total_RSCP	X	Y
35,566	Unknown Point Feature	-113.206	-86.33095	12.15302
35,567	Unknown Point Feature	-116.723	-86.33101	12.15306
35,568	Unknown Point Feature	-114.548	-86.33105	12.15307
35,569	Unknown Point Feature	-121.375	-86.33114	12.15311
35,570	Unknown Point Feature	-108.333	-86.33124	12.15316
35,571	Unknown Point Feature	-119.379	-86.3313	12.1532
35,572	Unknown Point Feature	-113.073	-86.33137	12.15323
35,573	Unknown Point Feature	-116.044	-86.33146	12.15327
35,574	Unknown Point Feature	-114.316	-86.33161	12.15333
35,575	Unknown Point Feature	-105.685	-86.33176	12.1534
35,576	Unknown Point Feature	-114.221	-86.3319	12.15346
35,577	Unknown Point Feature	-108.885	-86.33197	12.1535
35,578	Unknown Point Feature	-106.789	-86.33203	12.15353
35,579	Unknown Point Feature	-113.938	-86.33214	12.15357
35,580	Unknown Point Feature	-111.327	-86.33225	12.15362
35,581	Unknown Point Feature	-102.87	-86.33232	12.15365
35,582	Unknown Point Feature	-110.318	-86.33239	12.15368
35,583	Unknown Point Feature	-115.85	-86.33247	12.15371
35,584	Unknown Point Feature	-110.197	-86.33262	12.15378
35,585	Unknown Point Feature	-115.047	-86.33269	12.15382
35,586	Unknown Point Feature	-114.225	-86.33276	12.15385
35,587	Unknown Point Feature	-113.733	-86.33291	12.15391
35,588	Unknown Point Feature	-115.999	-86.33297	12.15394
35,589	Unknown Point Feature	-124.412	-86.33305	12.15398
35,590	Unknown Point Feature	-126.254	-86.33321	12.15404
35,591	Unknown Point Feature	-113.714	-86.33327	12.15407
35,592	Unknown Point Feature	-115.483	-86.33335	12.1541
35,593	Unknown Point Feature	-115.836	-86.33335	12.1541

Figura 7.25. Realización de 35,593 mediciones de los niveles de RSCP en Ciudad Sandino

Además, se muestra la asignación de colores por intervalos de potencia de los niveles de RSCP de la tecnología W-CDMA en Ciudad Sandino. Ver figura 7.26.

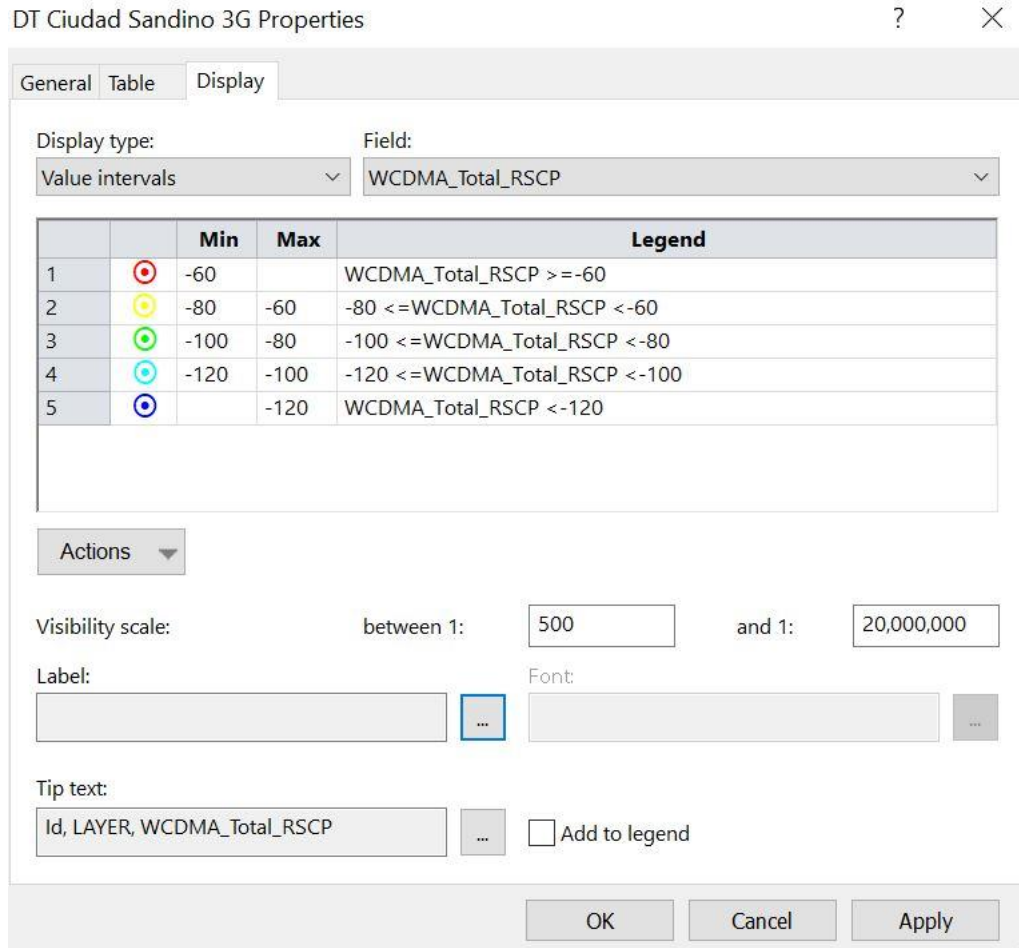


Figura 7.26. Intervalos de potencia de los niveles de RSCP en Ciudad Sandino

Se deberá de comparar las simulaciones que se presentan en las figuras 7.18 y 7.22 con el resultado del Drive Test (figura 7.24). Cuando se realiza la comparación, de los 2 modelos de propagación con respecto a los datos obtenidos en el Drive Test, para medir los niveles de RSCP de la tecnología W-CDMA en Ciudad Sandino. Se considera que el modelo de propagación que más se ajusta a las mediciones reales, es precisamente la predicción donde se utiliza el modelo de propagación Okomura-Hata.

8. CONCLUSIONES

En el presente trabajo se realizó un análisis comparativo de los modelos de propagación Okomura-Hata y Standard Propagation Model (SPM), en una red de telefonía móvil con tecnología W-CDMA en Ciudad Sandino.

Se realizó un estudio de campo, el cual se planeó mediante la estructura de un Project Charter, que consistió en la planeación y ejecución del recorrido de rutas para la realización de mediciones de los niveles de RSCP (Drive Test) en Ciudad Sandino.

Se identificaron 7 sitios, estos sitios contienen transmisores con distintos parámetros. Los parámetros fueron los mismos para las simulaciones de cobertura utilizando los modelos de propagación Okomura-Hata & SPM.

Se utilizó la herramienta Atoll para la realización de las predicciones que muestran los niveles de cobertura en el DL. Posteriormente se comparó con los datos obtenidos en el Drive Tet, mediante la importación de los datos que se muestran en un archivo LOG que es el resultado del post process de dicho Drive Test.

Se puede concluir, basado en las predicciones realizadas y las mediciones en campo de los niveles de señal que, el modelo Okomura-Hata se mejorará ajusta al comportamiento que se obtuvo de la medición de los niveles de RSCP obtenidos en el Drive Test en Ciudad Sandino.

9. RECOMENDACIONES

Se recomienda, la realización de calibración de los modelos de propagación para una mejor estimación y predicción del comportamiento de cobertura de los niveles de RSCP.

Es importantes que en otros estudios, se realicen también se aborde la calidad de servicio para la tecnología W-CDMA.

Es idóneo, la realización de comparación de otros modelos de propagación y la calibración de los mismo para entornos semi-urbanos.

También, sería importante, que se realice esta comparación para la tecnología LTE.

10. BIBLIOGRAFÍA

[1] Gómez Rojas José María. Romero Ortiz Xitlaly Regina. “ Análisis del throughput en una red LTE-A con el modelo SPM calibrado y distintas estrategias del packet scheduling”. Universidad Nacional de Ingeniería. Managua. Nicaragua. 2018

[2] Hobbins Thomas, Calvo Germán, Schandy Juan, Viera Gastón, Ghioldi Nestor, Barca Javier, Rivero Javier, Obelleyro Eduardo. Sincronismo en Redes Móviles WCDMA. Septiembre, 2010.

[3] Villareal Lederman, Pérez Leandro. Procedimientos de Optimización de Redes de Acceso 3G WCDMA/HSPA y su Efectividad en Casos de Estudio en Nicaragua. Universidad Nacional de Ingeniería. Managua, Nicaragua. 2015.

[4] Arquitectura y Cifrado de Seguridad en Redes 3G. Disponible en:
<https://empresas.blogthinkbig.com/arquitectura-y-cifrado-de-seguridad-en/>

[5] Ibarra Luis. Características Tecnológicas de los Sistemas Móviles de 3G y 4G LTE: Situación Actual en el Ecuador. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Ecuador. 2016.