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

"ANALISIS Y MEJORA DE COBERTURA DE RED CON TECNOLOGÍA LTE USANDO EL MODELO DE PROPAGACIÓN OKOMURA-HATA EN UNA ZONA URBANA DE MANAGUA"

Presentado por:

Br. Danields Odel Olivares Pineda 2002-15308

Tutor: Msc. Ing. Cedrick Dalla Torre

Managua, Nicaragua

Febrero del 2023

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	**1**
2. OBJETIVOS	**2**
3. JUSTIFICACION	**3**
4. MODELO OKOMURA HATA	**4**
5. TECNOLOGÍA LTE	**6**
6. DISEÑO METODOLOGICO	**17**
7. PROPUESTA DE DISEÑO	**18**
8. CONCLUCIONES Y RECOMENDACIONES	**34**
9. BIBLIOGRAFÍA	**35**

RESUMEN

Es importante el desarrollo de proyectos monográficos que consideren la planeación de redes móviles y los modelos de propagación adecuados en función del entorno al cual se requiere radiar. También considerar parámetros que son requeridos por un determinado modelo, como, por ejemplo: frecuencia, distancia entre la antena de la estación base y del teléfono móvil, altura, etc. Se configuró la estación base (e-Nodeb) que satisface los niveles de cobertura para el servicio de datos en los residenciales Versalles y La Robaleda. Se considero una antena omnidireccional a una altura de 12mts, ya que es el máximo permitido por la administración de los residenciales antes mencionados. Se muestra la simulación con un histograma donde se muestra el área que es radiada con respecto a los niveles de potencia que recibirá la terminal.

I. INTRODUCCIÓN

El acceso a las telecomunicaciones juega un papel muy importante en este mundo moderno, cada vez los operadores hacen esfuerzos por hacer despliegues de infraestructura de telefonía móvil que pueda satisfacer con el servicio de datos en los objetivos de cobertura planificados. En lo que respecta al diseño de una red LTE, tiene un peso significativo la propagación de ondas electromagnéticas, y considerar un modelo que pueda satisfacer un escenario con variables propias del mismo.

El presente trabajo de investigación, tiene como objeto realizar un diseño de propagación de telefonía móvil, basado en el estándar Long Term Evolution (LTE), con la ayuda de simulaciones por niveles de potencia para brindar el servicio en una zona definida de interés. De tal manera, que tiene un peso significativo la ubicación del e-Nodeb, ya que a partir de las coordenadas se tendrán que configurar los parámetros como azimuth, titl eléctrico, tilt mecánico. También y no menos importante, el nivel de potencia que va a radiar, además del tipo de antenas que se utilizará para radiar los objetivos de cobertura.

Una vez que se tengan estos parámetros, se procederá a hacer pruebas para determinar cuál es todas las combinaciones es la más idónea para que haya un excelente nivel de potencia, y se pueda brindar un servicio de acceso de datos, mediante el servicios de telefonía inalámbrica.

Se presentará un histograma, donde se relaciona las áreas cubiertas, en función de una clasificación de escalas de potencia en función, además de un informe que muestra un análisis de cuantitativo de la distribución de señal.

II. OBJETIVOS

Objetivo General:

Analizar y mejorar cobertura de red con tecnología LTE usando el modelo Okomura-Hata en una zona urbana de Managua.

Objetivos Específicos:

- Presentar un estudio detallado de la tecnología LTE para telefonía móvil.
- Configurar los parámetros de los sectores que se van a requerir para el cumplimiento de los niveles de potencia.
- Realizar predicciones de señal que satisfagan los objetivos de cobertura.

III. JUSTIFICACIÓN

El acceso al internet tiene mucha importancia en el desarrollo educativo y laboral, ya que después de la pandemia del COVID19, muchas instituciones de enseñanza optaron por seguir con la formación en línea, para lograr terminar los objetivos de los cursos o asignaturas en dependencia del nivel, primario, secundaria o educación superior. Por otro lado, la apertura de teletrabajos desde casa, se ha hecho cada vez más popular, precisamente por la necesidad de la continuidad laboral, para el cumplimiento de las metas establecidas por cada organización, institución o empresa. Es por ello, que el acceso a internet tiene un peso significativo en la vida cotidiana de las personas. Por ello, se realiza un diseño de un e-Nodeb, que, a partir de sus parámetros primarios, definidos, para lograr el cumplimiento de los objetivos de cobertura en los residenciales Versalles y La Rosaleda.

IV. MARCO TEÓRICO

- **Modelo Okomura Hata.**

A partir de una extensa campaña de medidas llevada a cabo en Tokyo, en el rango de 100 MHz a 1920 MHz, Okumura et al. [1] publicaron uno de los modelos más utilizados para la predicción de la pérdida de propagación en áreas urbanas. El principal resultado del trabajo de Okumura fue un conjunto de curvas que proporcionan el nivel de atenuación media relativa al espacio libre, en función de la frecuencia, la distancia entre transmisor y receptor, la altura de las antenas de la estación base y la estación móvil, además de varios factores de corrección específicos para diferentes tipos de trayecto. Este modelo está considerado entre los más simples y mejores en términos de su precisión en el cálculo de las pérdidas en el trayecto y se ha convertido en el método de planificación de sistemas móviles en Japón.

Con el objetivo de hacer que este método fuera más fácil de aplicar, Hata [2] estableció una serie de relaciones numéricas que describen el método gráfico propuesto por Okumura. Dichas expresiones de carácter empírico, son conocidas bajo el nombre de modelo de Okumura-Hata, también llamado modelo de Hata.

El principal resultado que proporciona el modelo es el valor mediano de la pérdida básica de propagación, en función de la frecuencia, la distancia, y las alturas de las antenas de la estación base y el móvil, Aunque éste no incluye ninguno de los factores de corrección por tipo de trayecto, los cuales sí están en el modelo de Okumura, las ecuaciones propuestas por Hata tienen un importante valor práctico.

El modelo de Okumura-Hata está restringido a los siguientes límites:

- f: 150 a 1500 MHz
- h_b: 30 a 200 m
- h_m: 1 a 10 m
- d: 1 a 20 km

DESARROLLO

El modelo de Okumura-Hata expresa la pérdida básica de propagación, Lb, de la siguiente manera [3]:

$$L_b = 69.55 + 26.16 \log f - 13.82 \log h_b - a(h_m) + (44.9 - 6.55 \log h_b) \log d_m \quad (1)$$

donde a(hm) es un factor de corrección que depende de la altura del móvil y que se calcula como sigue:

1) para áreas urbanas:

a) para ciudades pequeñas o medianas:

$$a(h_m) = (1.1 \log f - 0.7) h_m - (1.56 \log f - 0.8) \quad (2)$$

donde 1 ≤ hm ≤ 10 m

b) para ciudades grandes:

$$a(h_m) = \begin{cases} 8.29(\log 1.54 h_m)^2 - 1.1 & f \leq 200\ MHz \\ 3.2(\log 11.75 h_m)^2 - 4.97 & f \geq 400\ MHz \end{cases} \quad (3)$$

2) para áreas suburbanas:

$$L_b = L_b(urban) - 2\left[\log(f/28)\right]^2 - 5.4 \quad (4)$$

3) para áreas rurales:

$$L_b = L_b(urban) - 4.78 \log(f)^2 + 18.33 \log f - 40.94 \quad (5)$$

De manera general, este método de cálculo proporciona buenos resultados en entornos urbanos y suburbanos, pero no así en áreas rurales, ya que no tiene en cuenta la ondulación del terreno ni los efectos derivados del grado de urbanización a lo largo del trayecto.

- **TECNOLOGÍA LTE**

El sistema LTE fue diseñado por la 3GPP con la idea de incrementar en gran medida las capacidades que ofrecían las diferentes generaciones de comunicaciones móviles anteriores. El sistema LTE introduce gran variedad de modificaciones, pero quizá la más novedosa es la de ofrecer todos los servicios del sistema, incluida la voz, soportada sobre un protocolo de IP, dejando atrás conmutación de circuitos para pasar a un nuevo sistema basado completamente en conmutación de paquetes. Las velocidades que se pueden llegar a conseguir con la interfaz radio de LTE también aumentan respecto a la anterior generación, llegando a un rango de 100Mbps y 1Gbps. [7]

En este apartado se va a presentar la arquitectura del sistema LTE, la red de acceso y la red troncal, las tecnologías de transmisión a nivel físico que se utilizan en el enlace ascendente, SC-FDMA, y en el descendente, OFDMA, y se describirán las características principales de la interfaz radio del sistema. [7]

4.1.1Arquitectura Del Sistema LTE

En las especificaciones se denomina a la arquitectura del sistema LTE como Evolved Packet System (EPS). La idea es la misma que en las otras generaciones, dividir el sistema en los tres elementos mencionados anteriormente. Un equipo de usuario, una nueva red de acceso que denominaremos E-UTRAN y una red troncal que denominaremos EPC. Todos los componentes que engloban este sistema están diseñados para soportar todo tipo de servicios de telecomunicación mediante mecanismos de conmutación de paquetes, por lo que no es necesario disponer de un dispositivo que trabaje en modo circuito, ya que en el sistema LTE los servicios con restricciones de tiempo real se soportan también mediante conmutación de paquetes. En la Figura 1 vemos un ejemplo de la distribución de la arquitectura del sistema LTE [8].

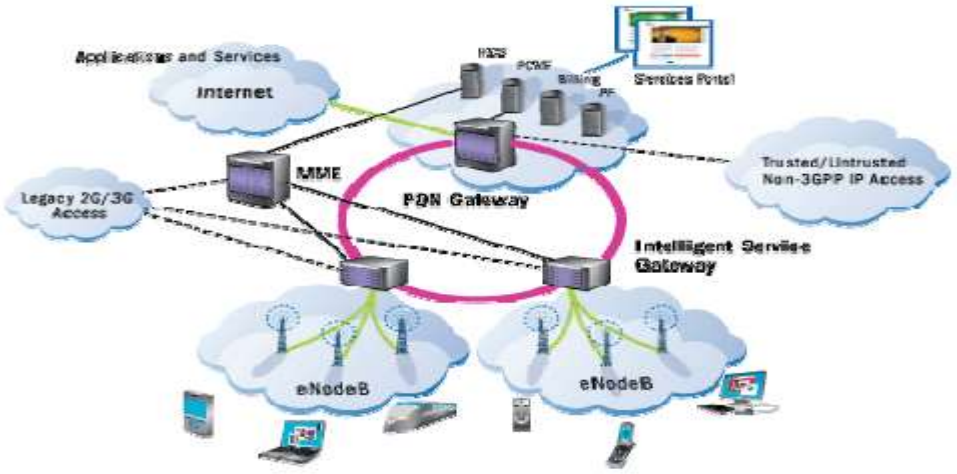


Figura 1: Esquema general de la arquitectura del sistema LTE [8]

Otra característica de LTE es que se contempla también el acceso a sus servicios a través de UMTS y GSM. También mediante otras redes de acceso como CDMA2000, Mobile WiMAX, redes 802.11, etc.) La red física que se utiliza en LTE para interconectar todos los equipos de la red, que se denomina red de transporte, es una red IP convencional. En la infraestructura de red LTE aparte de los equipos que realizan las funciones específicas del estándar, también habrá elementos de la red propios de redes IP como routers, servidores DHCP, servidores de DNS, switches, etc. [8]

Red de Acceso evolucionada: E-UTRAN

En E-UTRAN la única entidad de red de en dicha red es la estación base, que en esta generación denominamos evolved NodeB (eNB). Esta estación base integra todas las funcionalidades de la red de acceso. Esto representa un cambio respecto a las anteriores generaciones, GSM y UMTS, ya que en éstas, la red de acceso contenía además de las estaciones base (BTS y NodoB), un equipo controlador (BSC y RNC).

En la red de acceso E-UTRAN, al estar formada únicamente por estaciones base eNB, éstas serán los que proporcionen la conectividad entre los usuarios y la red troncal EPC.[8]

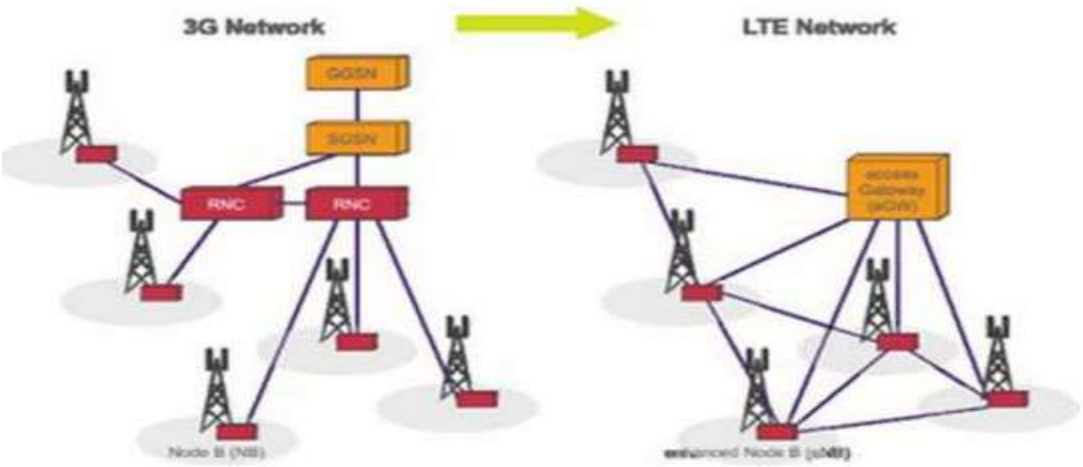


Figura 2. Comparativa de la red de acceso entre 3G y 4G [8]

El eNB tiene tres interfaces para comunicarse con los usuarios, con la red troncal y con otro eNB. E-UTRAN Uu es la interfaz radio que comunica al usuario con la estación base utilizando el canal radio. Todas las funciones y protocolos que se necesitan para realizar el envío de datos y controlar la interfaz se implementa en la eNB. A la red troncal se comunica a través de la interfaz S1, que a su vez se divide en otras dos, la S1-MME, que se utiliza para el plano de control y S1-U para el plano de usuario. El plano de usuario se refiere a la torre de protocolos empleada para el envío de tráfico de usuario a través de dicha interfaz. El plano de control se refiere a la torre de protocolos necesaria para sustentar las funciones y procedimientos necesarios para gestionar la interfaz. Esta separación entre las entidades de red, una dedicada al plano de usuario y otra al de control, nos permite dimensionar de forma independiente los recursos de transmisión necesarios para el soporte de la señalización del sistema y para el envió del tráfico de los usuarios. [8]

La otra interfaz que existe es la X2, que se utiliza para conectar los eNBs entre sí. Gracias a esta interfaz se pueden intercambiar tanto mensajes de señalización, destinados a permitir una gestión más eficiente de los recursos radio, así como el tráfico de los usuarios del sistema cuando estos se desplazan de un eNB a otro en el momento de un traspaso (handover).

Red troncal de paquetes: EPC

Esta red ha sido concebida para proporcionar un servicio, como decíamos en la introducción, “all-IP”, es decir conectividad IP. El núcleo de la red troncal EPC está formado por tres entidades de red, MME (Mobility Management Entity), Serving Gateway (S-GW) y el Packet Data Network Gateway (P-GW), que, junto a la base de datos principal del sistema denominada HSS (Home Subscriber Server), constituyen los elementos principales para la prestación del servicio de conectividad IP entre los equipos de usuario conectados al sistema a través de la red de acceso E-UTRAN y redes externas a las que se conecta la red troncal EPC.[8]

Definimos a continuación cada una de estas entidades de red:

MME: Es el elemento principal del plano de control de la red LTE para gestionar el acceso de los usuarios a través de E-UTRAN. Todo terminal que se encuentre registrado en la red LTE y sea accesible a través de E-UTRAN, tiene una entidad MME asignada.

Esta elección de MME se realiza dependiendo de varios aspectos tales como la ubicación geográfica del terminal en la red, así como a criterios de balanceo de cargas. Las principales funciones de esta entidad son:

- Autenticación y autorización del acceso de los usuarios, siempre a través de EUTRAN.
- Gestión de los servicios portadores EPS (EPS Bearer Service). Esta entidad es la encargada de gestionar la señalización que se necesita para establecer, mantener, modificar y liberar los servicios portadores.
- Gestión de movilidad de los usuarios en modo idle (son terminales que no tienen establecida ninguna conexión de control con E-UTRAN pero están registrados en la red LTE).
- Señalización para el soporte de movilidad entre EPS y otras redes externas.

S-GW: es la pasarela del plano de usuario entre E-UTRAN y la red troncal EPC. Igual que en la entidad MME, todo usuario registrado en la red LTE tiene asignado una entidad S-GW en la red EPC a través de la cual transcurre su plano de usuario. Las características principales son:

- Proporciona un punto de anclaje en la red EPC con respecto a la movilidad del terminal entre eNBs. o La funcionalidad de anclaje también se aplica a la gestión de la movilidad con las otras redes de acceso del 3GPP (UMTS y GSM).
- Almacenamiento temporal de los paquetes IP de los usuarioslos terminales se encuentren en modo idle.
- Encaminamiento del tráfico de usuario. Esta entidad albergará la información y funciones de encaminamiento necesarias para dirigir el tráfico de subida hacia la pasarela P-GW que corresponda y el tráfico de bajada hacia el eNB.

PDN Gateway (P-GW): Es la encargada de proporcionar conectividad entre la red LTE y las redes externas. Por lo tanto, un paquete IP generado en la red LTE resulta “invisible” en la red externa, a través de la entidad P-GW, que hace de pasarela entre una red y otra. Un usuario tiene asignada como mínimo una pasarela P-GW desde su registro en la red LTE. Principales características de esta entidad de red:

- Aplicación de reglas de uso de la red y control de tarificación a los servicios portadores que tenga establecidos el terminal.
- La asignación de la dirección IP de una terminal utilizada en una determinada red externa se realiza desde la pasarela P-GW que corresponda.
- Actúa de punto de anclaje para la gestión de movilidad entre LTE y redes externas no 3GPP (WiMAX, WiFi, CDMA2000, etc.)
- El tráfico IP que transcurre por la pasarela P-GW es procesado a través de un conjunto de filtros que asocian cada paquete IP con el usuario y servicio portador EPS que corresponda.

HSS: es la base de datos principal que almacena los datos de todos los usuarios de la red. La información almacenada es tanto lo relativo a la subscripción del usuario como lo necesario para la operatividad de la red.

Esta base de datos es consultada y modificada desde las diferentes entidades de red encargadas de prestar los servicios de conectividad o servicios finales (desde el MME de red troncal EPC y también desde servidores de control del subsistema IMS, que explicaremos más adelante).

La información almacenada en la HSS que podemos encontrar: identificadores universales del usuario, identificadores de servicio, información de seguridad y cifrado, información relacionada con la ubicación de un usuario en la red, etc. HSS se estandarizó en 3GPP R5 en base a la integración de dos entidades definidas en redes GSM y que se denominan HLR y AuC, a las que se les han añadido funcionalidades adicionales necesarias para soportar el acceso y la operativa del sistema LTE. [8]

IP Multimedia Subsystem (IMS)

Es un subsistema que proporciona los mecanismos de control necesarios para la prestación de servicios de comunicación multimedia que están basados en la utilización del protocolo IP a los usuarios de la red LTE. La idea es desplegar una infraestructura constituida por una serie de elementos (servidores, base de datos, pasarelas) que se comunicarán entre sí mediante una serie de protocolos, la mayoría estándares del IETF, y que nos permiten ofrecer servicios de voz y video sobre IP, videoconferencia, mensajería instantánea, etc. El acceso a estos servicios por parte de los terminales de usuario se realiza a través de los servicios de conectividad que ofrece la red LTE. La prestación de estos servicios por parte del IMS pretende sustituir a medio-largo plazo los servicios equivalentes ofrecidos actualmente en modo circuito. El modelo de prestación de servicio en base al subsistema IMS se estructura en tres capas: transporte, control y aplicación. [8]

- Capa de transporte: representa la infraestructura de red IP, que depende de la tecnología de acceso, que nos proporciona el encaminamiento de los flujos IP entre terminales y demás elementos de la red.
- Capa de control: aquí se ubican los elementos especializados en la gestión de sesiones, como los servidores SIP, así como otros elementos específicos para la interacción con redes telefónicas convencionales (pasarelas VoIP, controladores, etc.).
- Capa de aplicación: en esta capa residen los servidores de aplicación que albergan la lógica y datos asociados a los diferentes servicios proporcionados a

través de IMS. En esta capa también se presentan elementos ligados a otras plataformas de servicios como redes inteligentes.

- El establecimiento y liberación de sesiones a través del IMS se basa en el protocolo de señalización SIP complementándolo con una serie de extensiones adicionales. SIP es un protocolo que se concibió para el establecimiento y liberación de sesiones multimedia (telefonía, videoconferencia, etc.) sobre redes IP entre dos o más participantes. Gracias a la flexibilidad de SIP, ahora abarca una gama de aplicaciones mucho más extensa, mensajería instantánea, juegos distribuidos, control remoto de dispositivos, etc. [8]

Equipos de usuario

Es el equipo que permite al usuario conectarse a la red LTE y disfrutar de los servicios que nos proporciona a través de la interfaz radio. La arquitectura funcional de un equipo de usuario es la misma que se definió para GSM y UMTS .

El equipo de usuario (User Equipment, UE) contiene dos elementos básicos: un módulo de subscripción del usuario (SIM/USIM) y el terminal móvil propiamente dicho (Mobile Equipment, ME). A su vez, el SE ME considera dos entidades funcionales: la terminación móvil (MT) y el equipo terminal (TE). A continuación, definimos todos estos elementos. [8]

- Módulo de subscripción de usuario: La SIM/USIM está asociada a un usuario y por tanto es quien le identifica dentro de la red independientemente del equipo móvil utilizado. La separación entre SIM y ME facilita que un usuario pueda cambiar de terminal sin necesidad de cambiar de identidad, de SIM.

- El equipo móvil (ME): en él se integran las funciones propias de comunicación con la red celular, así como las funciones adicionales que permiten la interacción del usuario con los servicios que ofrece la red.

- Terminación móvil (MT): alberga las funciones propias de la comunicación.

- Equipo terminal (TE): equipo que se ocupa de la interacción con el usuario.[8]

Tecnologías de nivel físico. OFDMA, SC-FDMA y MIMO.

En este apartado se definen los fundamentos más importantes del nivel físico que se implementan en el sistema LTE y que permiten alcanzar mayores niveles de capacidad y eficiencia en el uso de los recursos radio que los sistemas predecesores. En el enlace descendente se usa la técnica de acceso múltiple denominada OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) y para el enlace ascendente, la técnica denominada CS-FDMA (Single Carrier Frequency Division Multiple Access).

La figura muestra un ejemplo del esquema OFDMA con tres usuarios que comparten cuatro subportadoras, en cada tiempo de símbolo todos los usuarios tienen acceso, la asignación de subportadoras para un usuario puede cambiar en cada tiempo de símbolo

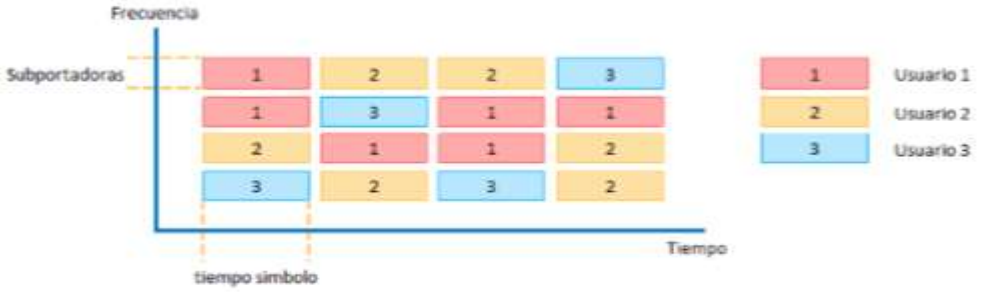


Figura 3: Esquema del OFDMA. [6]

modulan utilizando QPSK, 16QAM o 64QAM, las señales moduladas se les asigna una subportadoras distinta, el bloque IFTT transforma el diagrama frecuencia al de tiempo mediante la suma de las subportadoras, se agrega el CP para evitar la interferencia inter simbólica y se realiza la transmisión por el canal de comunicación, para la parte del receptor se realiza el mismo procedimiento pero tomando en cuenta que los pasos finales serán los primeros que se deben emplear.[6]

Figura 4. Funciones del Transmisor OFDMA. [6]

- OFDMA permite la asignación de subportadoras a los usuarios dinámicamente, gracias al método de scheduling, scheduling es un método que permite tener un mejor manejo de la banda y una mayor velocidad de transmisión.
- Se reduce considerablemente la interferencia inter simbólica (ISI) y mayor robustez frente a la propagación de multitrayecto, esto se logra por la aplicación del prefijo cíclico.
- La velocidad de transmisión es flexible esto se debe a la asignación dinámica de recursos en función de los servicios solicitados.
- Permite la compatibilidad con tecnologías de antenas avanzadas.

La desventaja que presenta la técnica de acceso OFDMA es la presencia de un PAPR elevado (Peak to Average Power Ratio), cuanto más alto los picos, mayor es la gama de niveles de potencia sobre la que se requiere trabajar el transmisor, esto implica amplificadores de potencia lineales que eviten la distorsión ocasionada por la intermodulación, esto involucran costos elevados. [6]

SC-FDM

Single Carrier Frequency división Multiple Access es la técnica de acceso utilizada para el enlace ascendente, tiene mejores características a nivel de PAPR, que lo consigue empleando una pre codificación de los símbolos antes que ingrese al proceso de transmisión OFDM, reduciendo las variaciones en la potencia instantánea e ideal para el enlace ascendente.[6]

La figura muestra el esquema SC FDM empleado con tres usuarios que comparten todo el ancho de banda disponible, en una parte de tiempo de símbolo todos los usuarios tienen acceso.

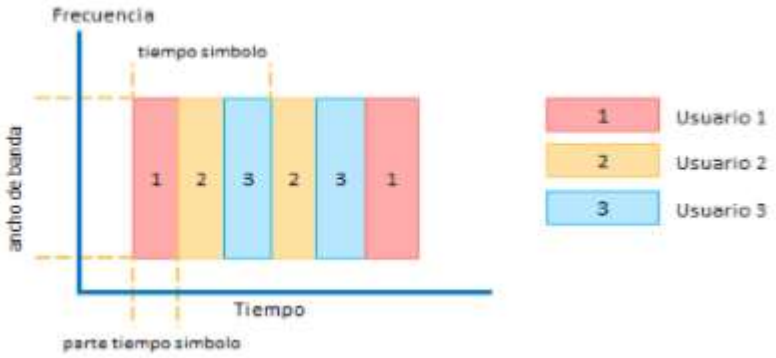


Figura 5: Esquema SCFDM [9]

El esquema de transmisión y recepción SCFDM es similar a la técnica de acceso OFDMA, la única diferencia entre estos dos sistemas es la ubicación del módulo de IDFT (Inverse Discret Fourier Transform). SC-FDMA se utiliza en el UE por ser sencilla y económica, al utilizar amplificadores que no consuman mucha potencia, prolongan la vida útil de la batería del equipo.[9]

Para poder transportar información por una onda de radio se utiliza una técnica de modulación. La modulación es el proceso en el cual se cambia la amplitud, frecuencia o fase de la onda de radio. Las técnicas de modulación que admite LTE son QPSK (2 bits por símbolo), 16QAM (4 bits por símbolo) y 64 QAM (6 bits por símbolo) para el enlace ascendente y descendente, la técnica es seleccionada en base a la relación señal a interferencia y ruido (SINR), por ejemplo cuando el usuario se encuentra lejano a la estación base y con malas condiciones climáticas necesita de un esquema de modulación más robusta.[9]

MIMO

Multiple Input Multiple Output (MIMO) es un mecanismo utilizado en las transmisiones inalámbricas, utilizando el dominio espacial y fenómenos físicos que permiten mejorar el rendimiento de la red. Como utiliza dominio espacial, se requiere de múltiples antenas en el transmisor y receptor, que deben estar separadas una distancia prudente para crear canales espaciales. MIMO trabaja en sistemas de trasmisión sin línea de vista (NLOS), emplea el concepto de propagación multitrayecto.[9]

Interfaz de radio

Se define como el conjunto de parámetros físicos de radio que permiten la comunicación entre en UE y la estación base tanto en el enlace de bajada como de subida. Soporta dos esquemas de acceso múltiple que son OFDMA Orthogonal Frequency división Multiple Access) y SCFDMA (Single Carrier Frequency Division Multiple Access), adicionalmente LTE opera con dos modos de duplexión que es FDD y TDD. [9]

Capa Física

La capa física de la interfaz radio del sistema LTE se basa en la utilización de técnicas de acceso múltiple OFDMA en el enlace descendente y SC-FDMA en el enlace ascendente [2.1].

La capa física del sistema LTE está diseñada para que opere en las bandas altas de UHF, es decir, por encima de los 450 MHz y hasta los 3,5 GHz. El estándar define hasta 40 posibles bandas de operación para trabajar en modo duplexión por división en frecuencia (FDD) o en modo duplexión por división en el tiempo (TDD).[9]

Los posibles esquemas de modulación para el enlace descendente son: QPSK, 16-QAM y 64-QAM, y para el up link: QPSK y 16-QAM, y la 64-QAM dependiendo de la capacidad del terminal móvil.[6]
Si se utilizan técnicas MIMO (2x2, esto es, 2 antenas en el transmisor y 2 antenas en el receptor) y una canalización de 20 MHz se podría alcanzar una velocidad de transmisión de pico a nivel de capa física de 150 Mb/s en el enlace descendente y de 75 Mb/s en el ascendente.[9]

Bloque de Recursos Físicos (Physical Resource Block)

Se denomina PRB (Physical Resource Block), al mínimo elemento de información que puede ser asignado por el eNB a un terminal móvil. Un PRB ocupa 180 KHz de banda equivalente a 12 subportadoras equi-espaciadas 15 KHz entre ellas y en él se

transmiten 6 ó 7 símbolos OFDMA, dependiendo de la longitud del prefijo cíclico. La duración de un PRB es de 0,5 ms, es decir la duración de un slot o ranura de tiempo. [9]

Señales y Canales Físicos

En LTE existen señales físicas y canales físicos para los enlaces ascendentes y descendentes, las señales físicas permiten al UE realizar la evaluación del canal de radio y la sincronización con la red. Mientras que los canales físicos son los encargados de transportar la información a los usuarios que se encuentran en la zona de cobertura de una estación base eNB.

Para el enlace descendente se tiene señales físicas como las Señales de Referencia que permiten al UE decodificar los canales físico, tener una estimación del canal de forma permanente y realizar un mecanismos de búsqueda de celdas, mientras que las señales de sincronización permiten a los UEs detectar e identificar la celda durante el ingreso a la red. El identificador físico de la celda (PCI – Physical Cell ID) es transmitido en la señal de sincronización y tiene un rango de 0 a 503, que están divididos en tres grupos de 168, estos valores permiten distinguir a las celdas dentro de un grupo. El ID asignado debe ser único en la cobertura de la celda y las celdas adyacentes no deben tener el mismo ID.

Los canales físicos empleados en LTE se clasifican en canales de tráfico y de control, en LTE los canales de tráfico son compartidos. A continuación, se describe los canales físicos utilizados en el desarrollo del proyecto: [8][9]

- Physical Downlink Shared Channel (PDSCH) es el canal físico principal que lleva los datos del Usuario, y mensajes de señalización (paging) que no es transmitido por el canal PBCH. Al no ser un canal dedicado, este es asignado solo al usuario

que necesite recibir información. Utiliza las modulaciones QPSK, 16 QAM y 64 QAM.

- Physical Downlink Control Channel (PDCCH) este canal es usado por el eNB para transportar información de control a los Ues, cada 1ms informa sobre los recursos que han sido asignados en el enlace descendente, así como la modulación y codificación. El canal PDCCH puede usar 3 símbolos OFDM. Se utiliza para la información de control de enlace descendente y utiliza modulación QPSK, muy robusta .

- Physical Uplink Shared Channel (PUSCH) se emplea para trasmitir información del usuario (lleva tráfico para múltiples UE) y de control que proviene de las capas superiores.

- Physical Uplink Control Channel (PUCCH) es un canal de control utilizado para realizar peticiones de recursos, y para transmitir información sobre la calidad del canal (CQI).

V. DISEÑO METODOLÓGICO

Ubicación del Estudio:

El diseño de la red móvil basada en tecnología LTE se realizará en los residenciales Versalles y La Raboleda. Utilizando el modelo de propagación Okomura-Hata.

Tipo de Investigación:

El estudio que se realizará en esta investigación es de tipo aplicativo se pretende la realización de simulaciones por niveles de potencia, para el cumplimiento de los niveles de cobertura.

La naturaleza de la investigación es aplicativa. ya que se pretende aplicar simulaciones para sistemas de LTE, que brinda servicios de datos, por lo que también se prevé en este estudio hacer estimaciones por niveles de potencia que sugiera la mejor configuración de los parámetros de la estación base.

Área Del Estudio:

Radio Frecuencia

Materiales:

Para el desarrollo de este proyecto de finalización de estudios, se hará uso de ciertos materiales que ayudaran a la elaboración completa de este proyecto y cumplir con los objetivos planteados.

- Recursos informáticos.
- Manuales especializados.
- Software de radio frecuencia

VI. PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA RED MOVIL LTE UTILIZANDO EL MODELO DE PROPAGACIÓN OKOMURA HATA LOS RESIDENCIALES VERSALLES Y LA ROSALEDA.

La propuesta de diseño se realizó en los residenciales Versalles y La Rosaleda, dichos residenciales, tienen aproximadamente 6 y 10 años de haber empezado su construcción de viviendas, actualmente hay aproximadamente 401 casas de habitación, según información realizada mediante un survey, se identificó que la estación base más cercana se encuentra a más de 1km de distancia, la coordenada es Latitud: 12° 02’ 26.19” N; Longitud: 86° 12’ 15.24” W, lo que implica bajos niveles de potencia hacia estos objetivos de cobertura.

Por ello, es de suma importancia que mediante la agregación de más infraestructura LTE se mejore los niveles RSRP. Hay que considerar las restricciones de ambos residenciales, ya que los habitantes se oponen a una torre auto soportada, lo que habrá que limitarse a una altura de 12mts, que es la que te brinda un poste, para la colocación de una antena omnidireccional.

Figura 7.1. Vista aérea del residencial Villa Milagro desde Google Earth.

Se realizó una búsqueda, para la ubicación de la estructura, dicha ubicación debe de ser la idónea para satisfacer los objetivos de cobertura propuesta, además que no haya problemas con su posible implementación, para ello se apoyó en la junta directiva de los residenciales, obteniendo varias ubicaciones. Posteriormente, mediante simulaciones se descartaron varios candidatos, y se eligió la ubicación con coordenadas:

Latitud: 12°2’51.57” N Longitud: 86°12’52.08” O

A continuación, se muestra la vista aérea de dicha ubicación.

Figura. 7.2. Vista aérea de la ubicación de la propuesta del sitio.

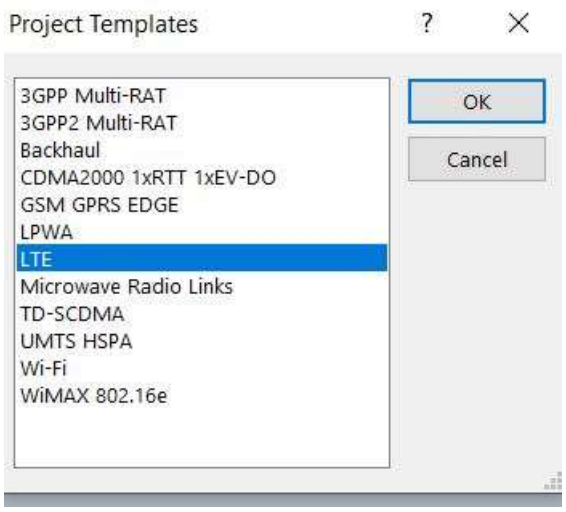


Figura 7.3 Ventana de un nuevo proyecto en LTE.

Posteriormente, se tiene lo siguiente:

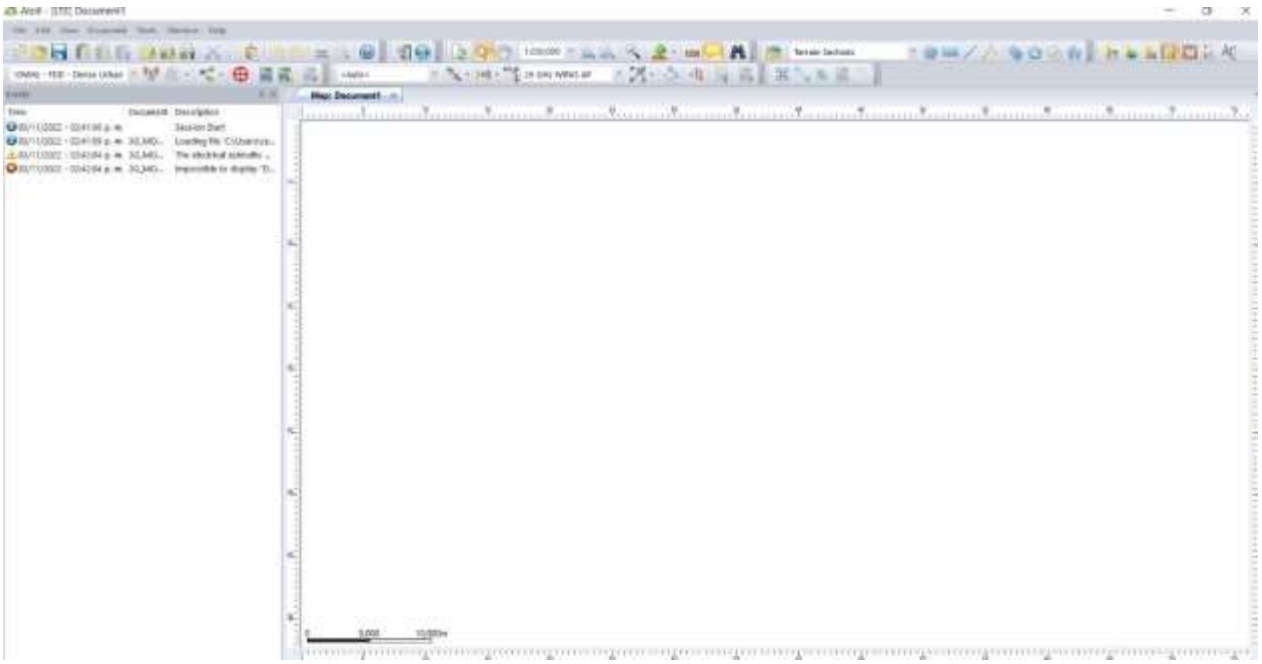


Figura 7.4. Ambiente de Atoll.

Después se configuró el formato de coordenadas que se utilizó para la realización de las simulaciones.

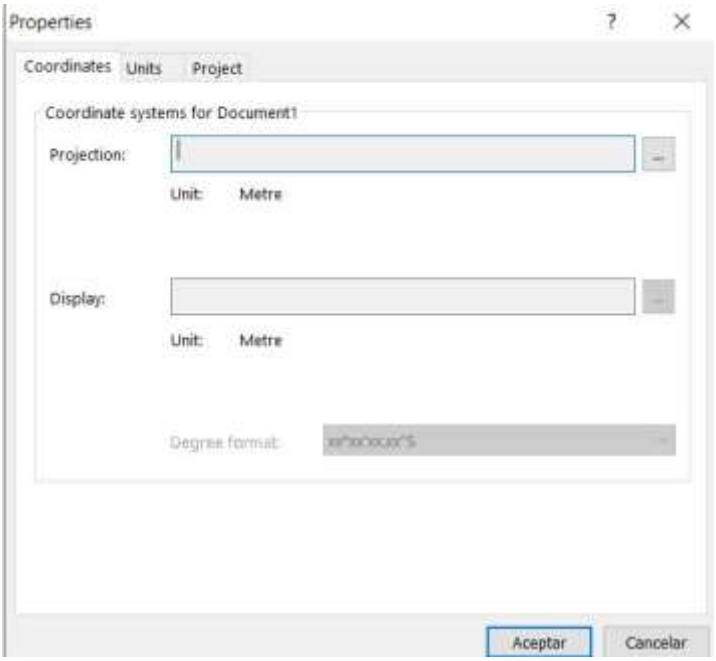


Figura 7.5. Configuración del formato de coordenadas

Obteniéndose lo siguiente:

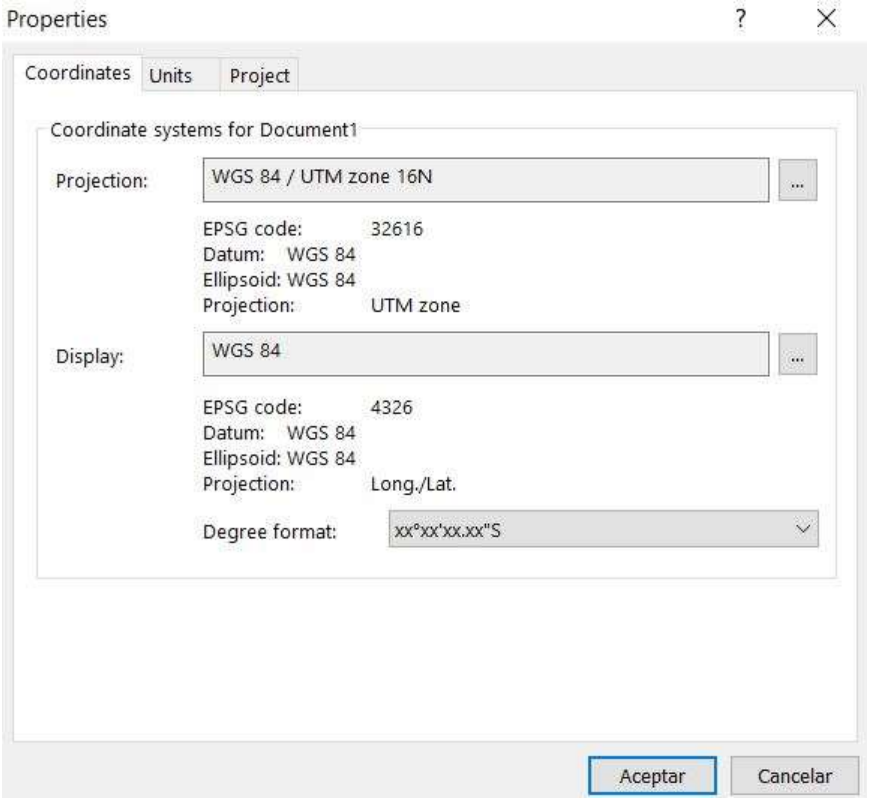


Figura 7.6. Ventana con la configuración terminada del formato de coordenadas.

A continuación, se muestra en la ventana la referencia del sistema de coordenadas con que se configuró el proyecto.

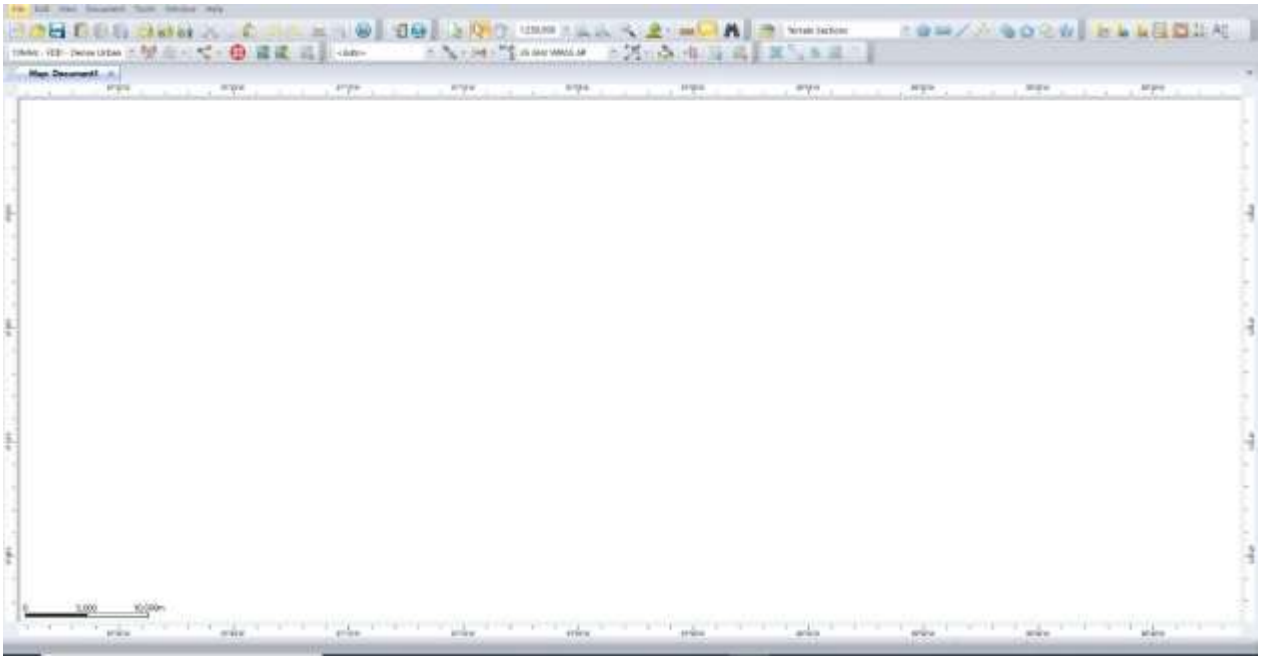


Figura 7.7. Ventana con la referencia de coordenadas del proyecto.

Se seleccionó un mapa digital, para hacer las simulaciones y analizar el comportamiento de cobertura de la señal.

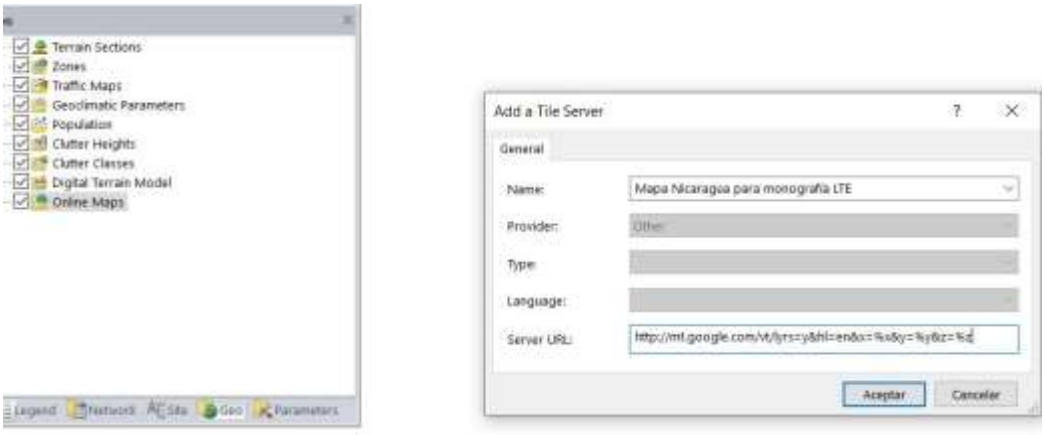


Figura 7.8. Cargando el mapa digital para el proyecto LTE.

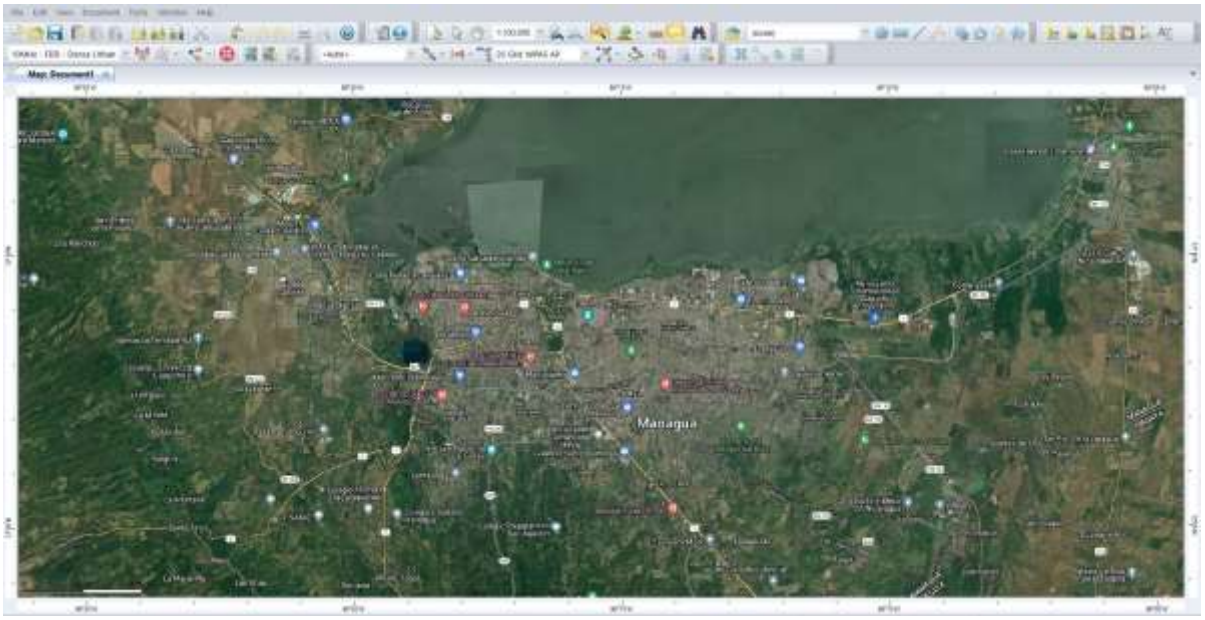
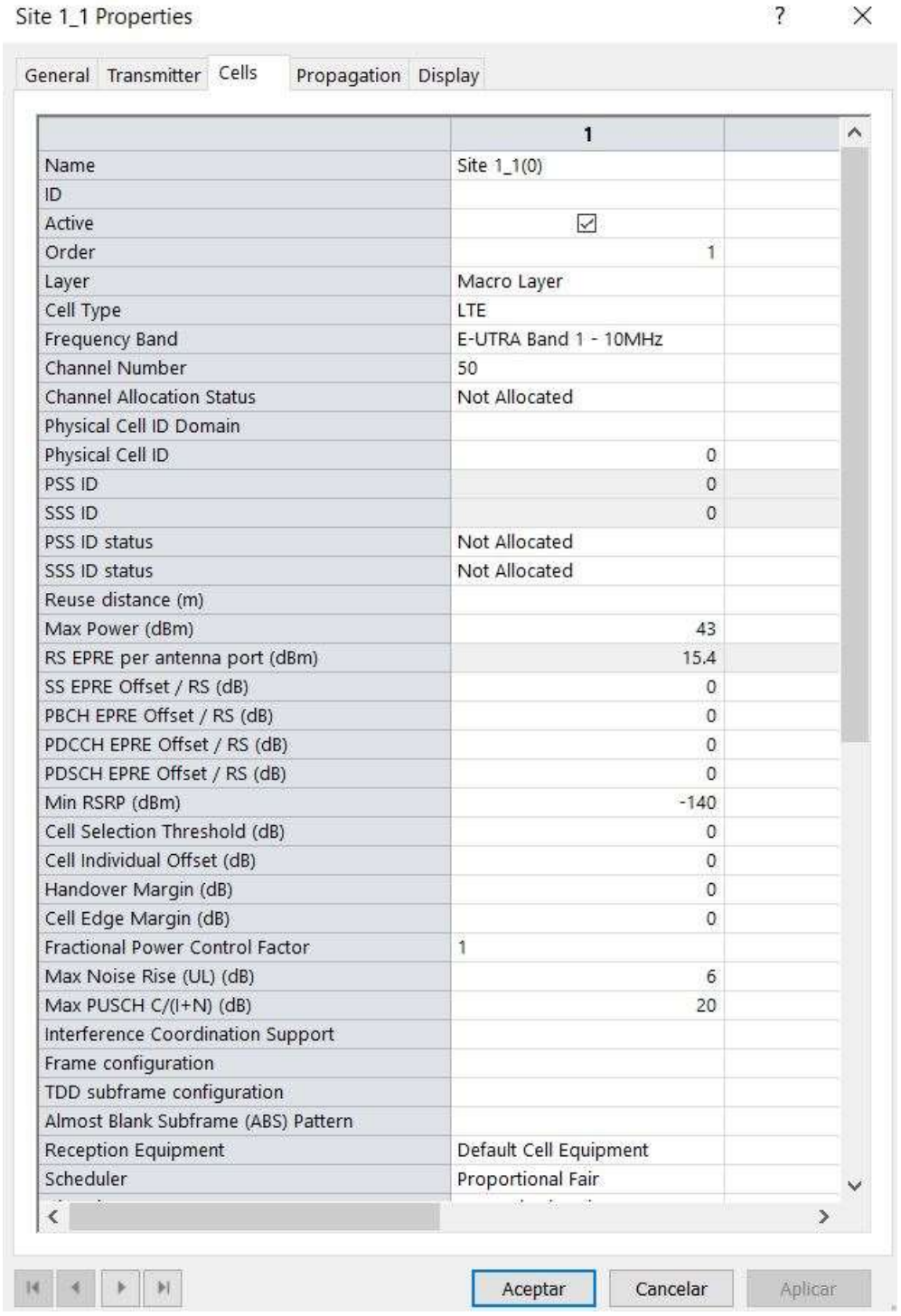


Figura 7.9. Imagen del mapa digital+.

A continuación, se seleccionó el modelo de propagación Okomura Hata para la realización de las simulaciones.

Figura 7.10. Selección del modelo de propagación.

Posteriormente se configuró el ancho de banda de la portadora, potencia y máxima relación de señal sobre ruido e interferencia.



	1
Name	Site 1_1(0)
ID	
Active	☑
Order	1
Layer	Macro Layer
Cell Type	LTE
Frequency Band	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Channel Number	50
Channel Allocation Status	Not Allocated
Physical Cell ID Domain	
Physical Cell ID	0
PSS ID	0
SSS ID	0
PSS ID status	Not Allocated
SSS ID status	Not Allocated
Reuse distance (m)	
Max Power (dBm)	43
RS EPRE per antenna port (dBm)	15.4
SS EPRE Offset / RS (dB)	0
PBCH EPRE Offset / RS (dB)	0
PDCCH EPRE Offset / RS (dB)	0
PDSCH EPRE Offset / RS (dB)	0
Min RSRP (dBm)	-140
Cell Selection Threshold (dB)	0
Cell Individual Offset (dB)	0
Handover Margin (dB)	0
Cell Edge Margin (dB)	0
Fractional Power Control Factor	1
Max Noise Rise (UL) (dB)	6
Max PUSCH C/(I+N) (dB)	20
Interference Coordination Support	
Frame configuration	
TDD subframe configuration	
Almost Blank Subframe (ABS) Pattern	
Reception Equipment	Default Cell Equipment
Scheduler	Proportional Fair

Figura 7.11. Ancho de banda, potencia y relación señal sobre ruido e interferencia.

A continuación, se agregó el sitio, con las coordenadas previstas.

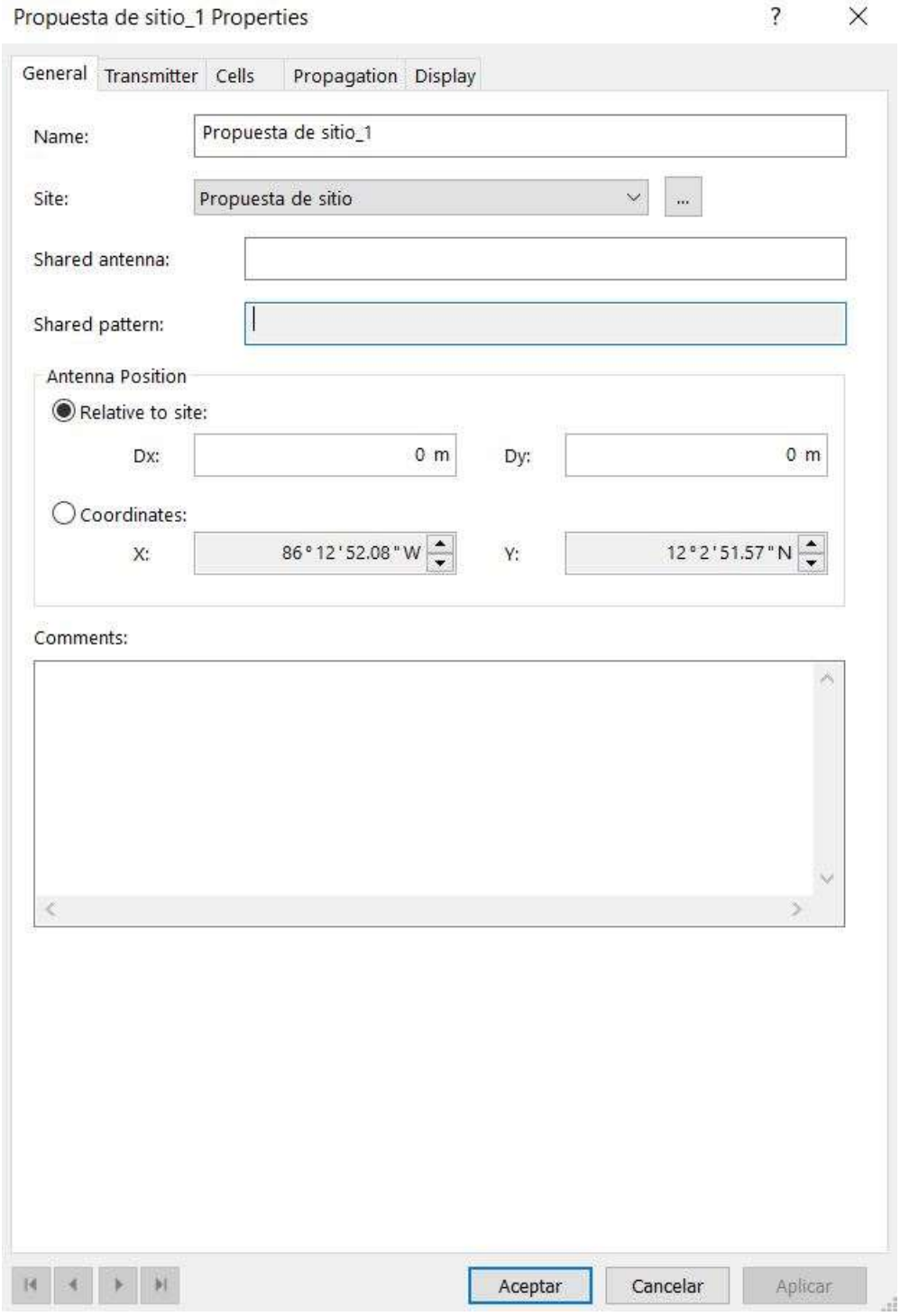


Figura 7.12. Coordenadas del sitio con tecnología LTE.

Una vez cargada la coordenada, se muestra la ubicación de la Propuesta del sitio para dar servicio a los residenciales.

Figura 7.13. Ubicación de la propuesta de sitio.

Ahora, se procede a determinar las pérdidas del radio a la antena, a como se muestra a continuación.

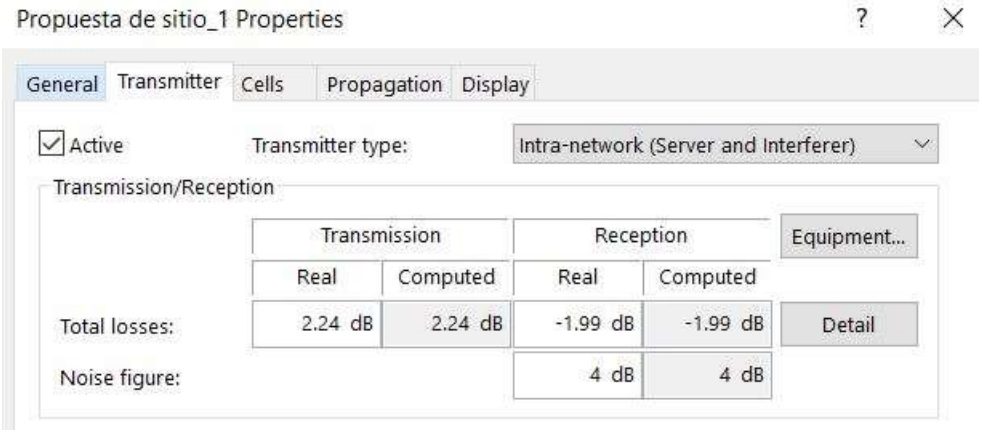


Figura 7.14. Pérdidas del radio a la antena.

El tipo de antena que se consideró, es una antena omnidireccional con las siguientes características.

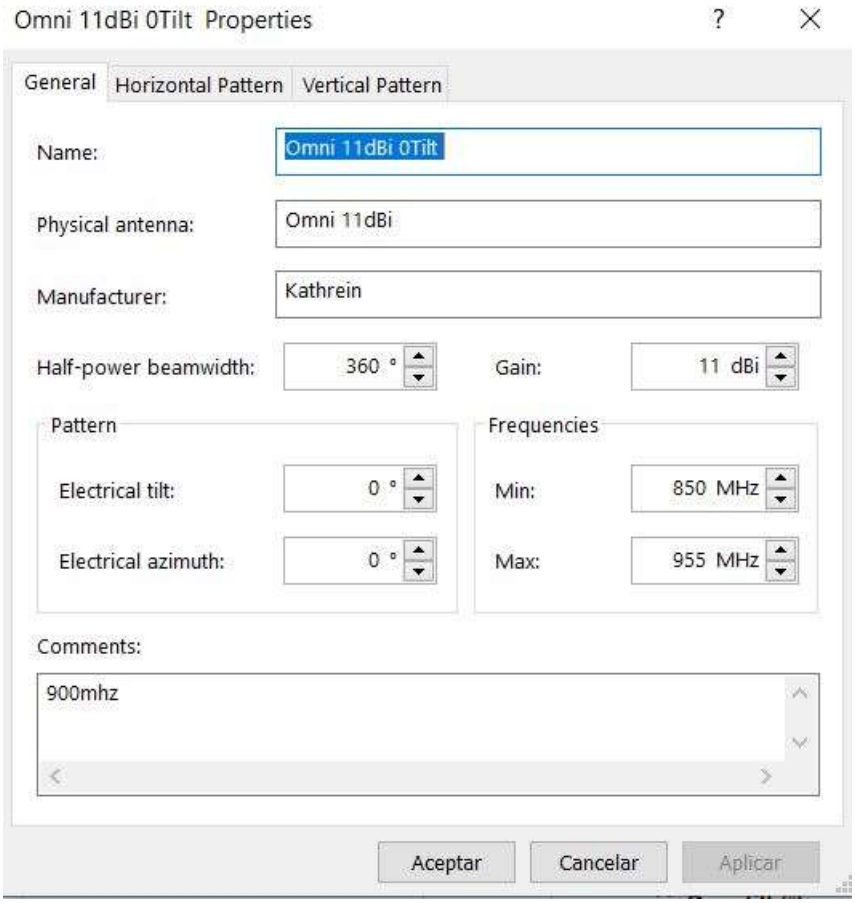


Figura 7.15. Características de la antena a utilizar.

En la ventana Network se puede observar tanto los sitios, transmisores, predicciones, simulaciones, etc., que se utilizaron para el presente proyecto.

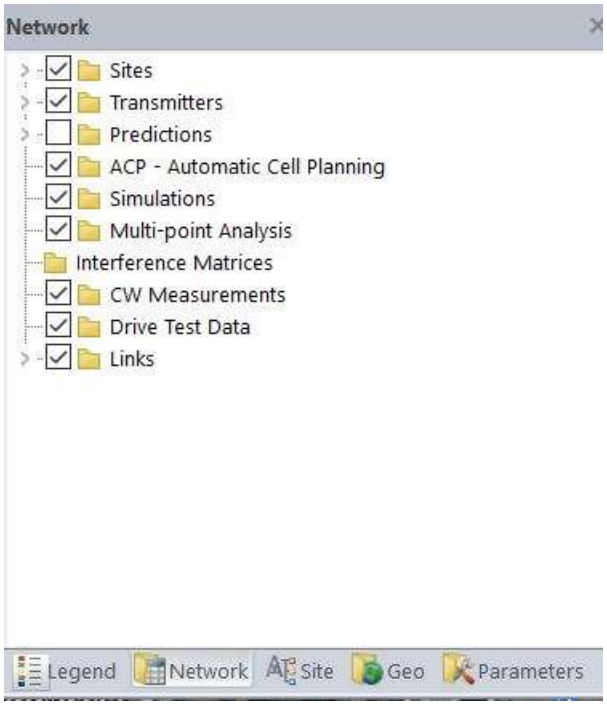


Figura 7.16. Ventana de network.

En este proyecto, únicamente se tendrá un único sitio para satisfacer la necesidad de cobertura para ambos residenciales.

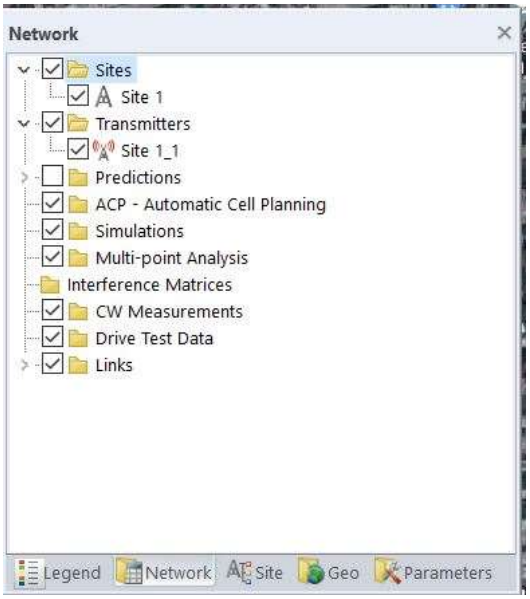


Figura 7.17. Sitio a radiar ambos residenciales.

Se utilizó la siguiente configuración de los parámetros de las terminales. Teniendo lo siguiente.

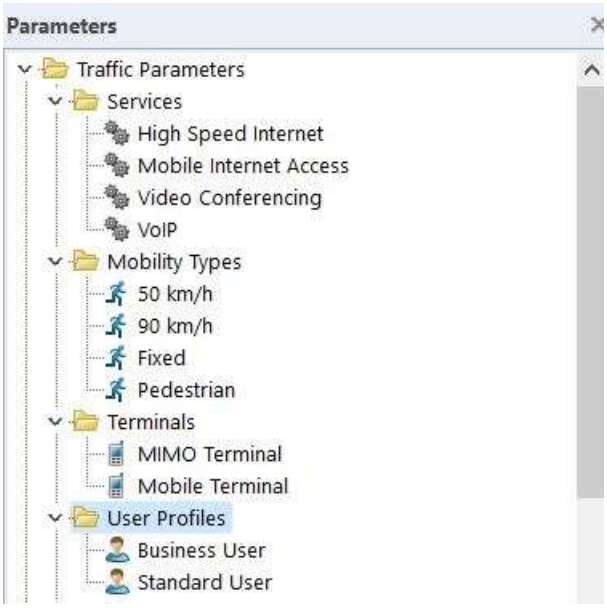


Figura 7.18. Configuración de terminales.

Se realizó una simulación por nivel de señal, para determinar el alcance de la cobertura de la propuesta del sitio para satisfacer los objetivos de cobertura.

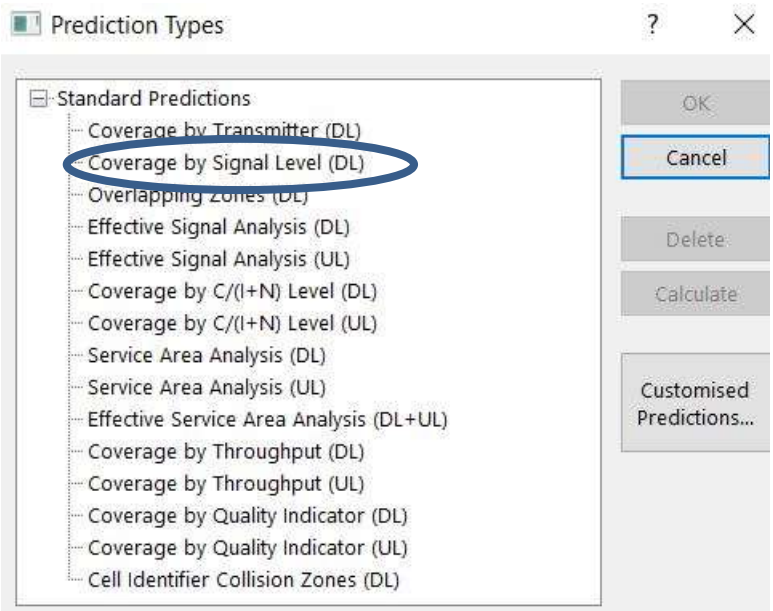
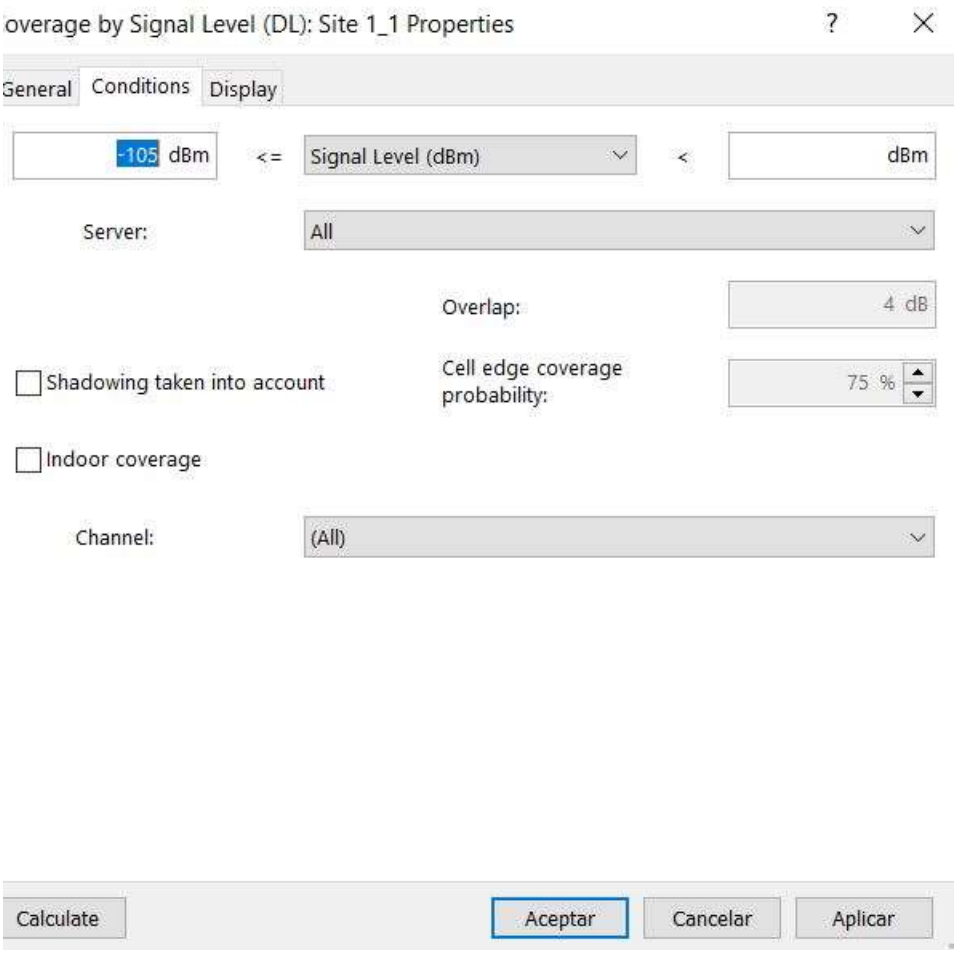


Figura 7.19. Selección del tipo de simulación.

Además, se consideraron los siguientes parámetros.



¨Figura 7.20. Propiedades de la predicción de cobertura por nivel de señal.

Cuando se realiza la predicción, deberá haber una distribución de colores en función del nivel de potencia, a continuación, se muestran dichos valores.

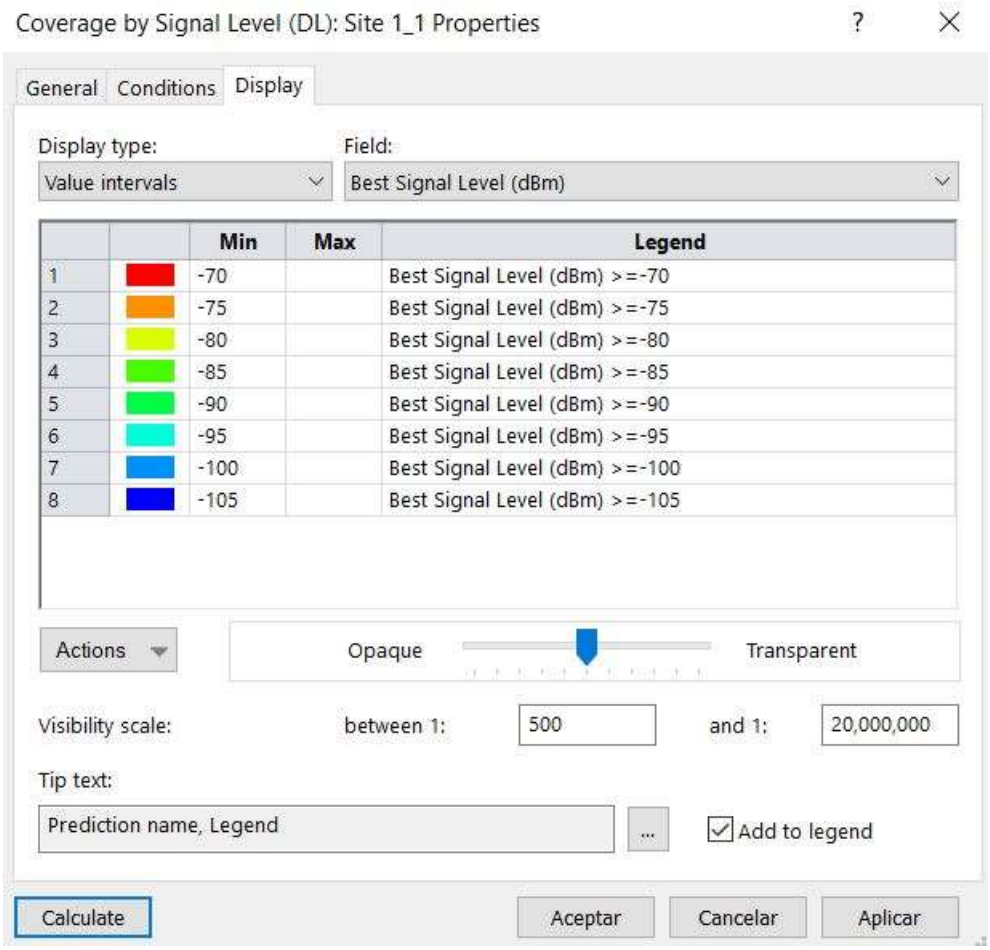


Figura 7.21. Distribución de colores de cobertura en función de los intervalos de potencia.

Se procede con la realización del cálculo de la predicción, obteniendo lo siguiente.

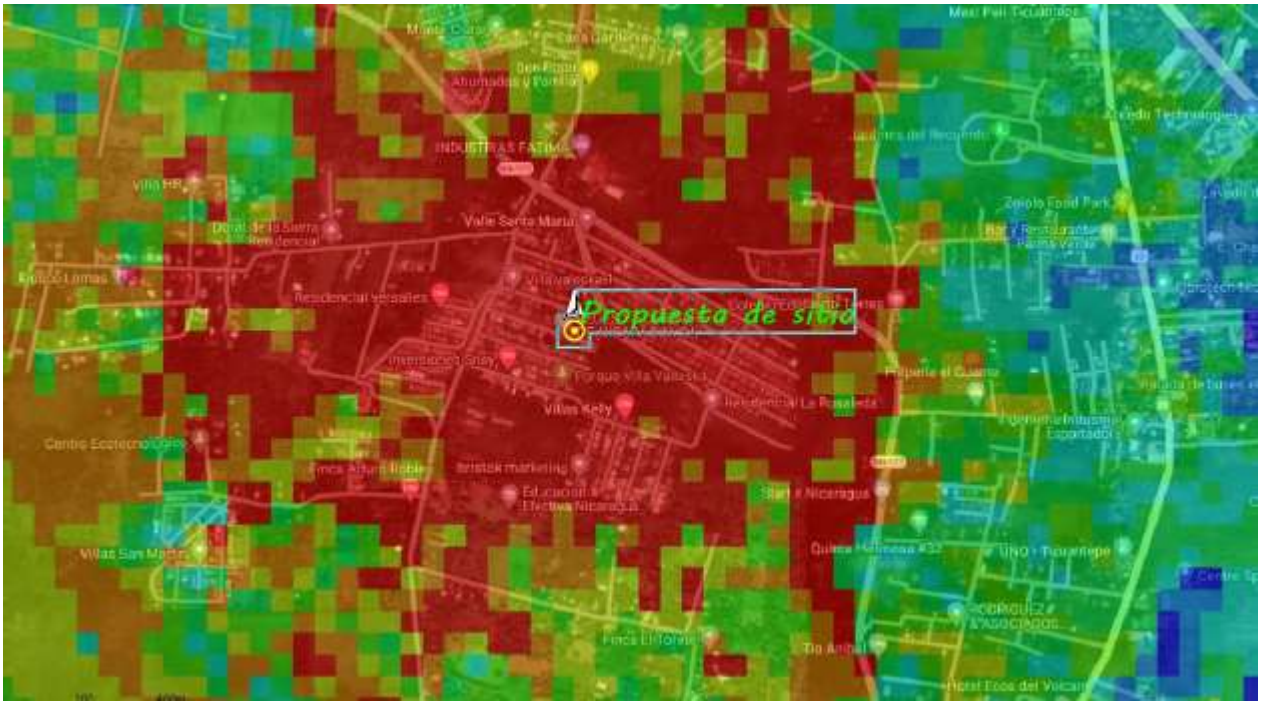


Figura 7.22. Predicción de cobertura.

Se puede apreciar, que se cubre con buenos niveles de RSRP, para ambos residenciales.

Ahora se procede a generar un reporte de predicción, donde permite determinar la superficie cubierta con respecto a los niveles de potencia que se está radiando en el objetivo de cobertura.

Prediction	Legend	Zone surface (km^2)	Surface (km^2)	% of Covered Area
Coverage by Signal Level (DL): Site 1_1		-	**4.74**	**100**
	Best Signal Level (dBm) >=-70	-	0.02	0.422
	Best Signal Level (dBm) >=-75	-	0.08	1.688
	Best Signal Level (dBm) >=-80	-	0.2	4.219
	Best Signal Level (dBm) >=-85	-	0.39	8.228
	Best Signal Level (dBm) >=-90	-	0.75	15.823
	Best Signal Level (dBm) >=-95	-	1.375	29.008
	Best Signal Level (dBm) >=-100	-	2.56	54.008
	Best Signal Level (dBm) >=-105	-	4.74	100

Figura 7.23. Reporte de predicción.

También se generará un histograma donde se muestra gráficamente la distribución de área radiado con respecto los niveles de potencia de cobertura.

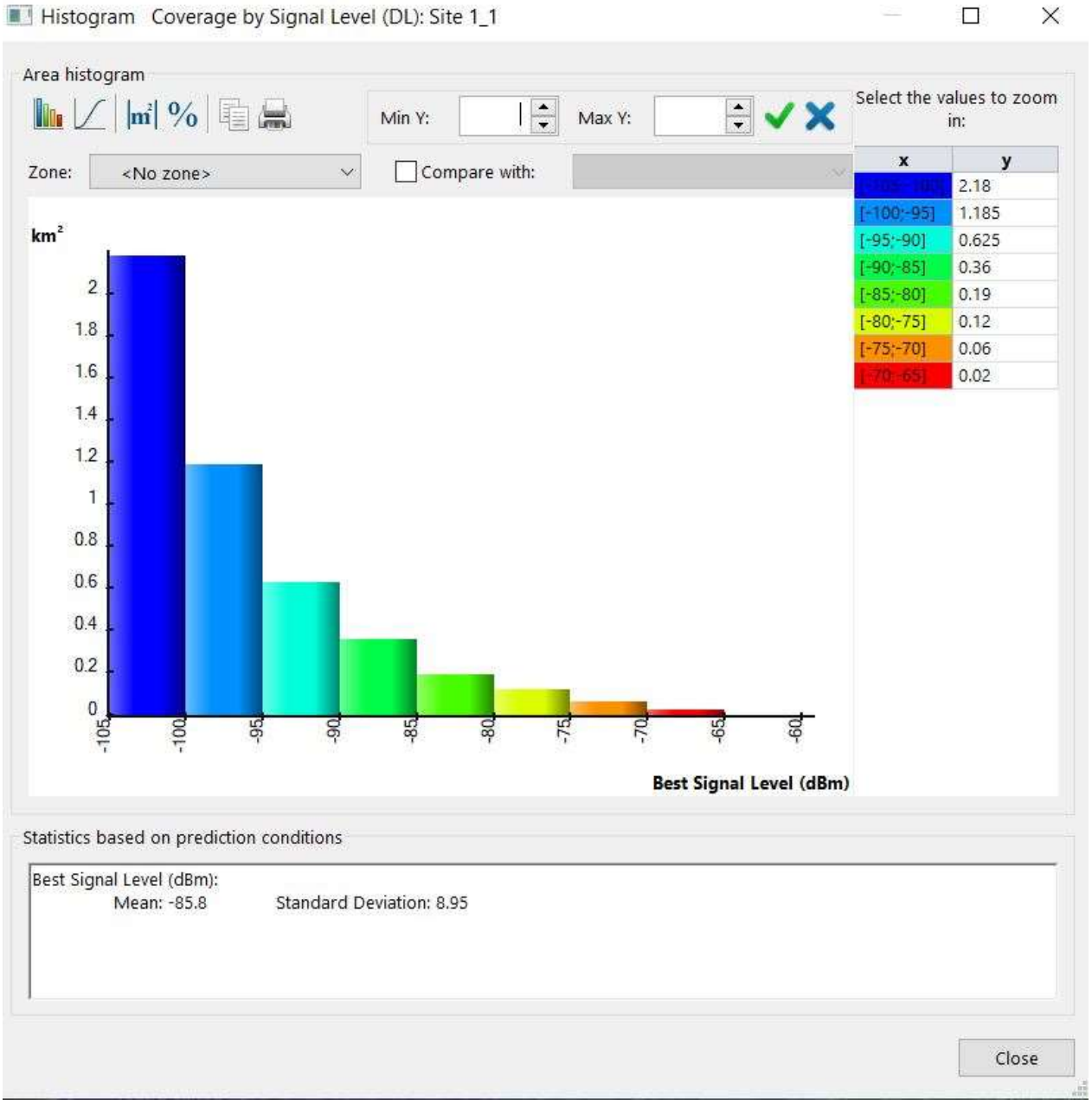


Figura 7.24. Histograma de la predicción para los niveles de cobertura.

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el presente trabajo monográfico se presentó el estándar de la tecnología LTE y una propuesta de diseño para dar el servicio de datos los residenciales Versalles y La Rosaleda. Para ello se tuvo que realizar visitas al sitio y determinar la distancia de las estructuras más cercanas por parte de los operadores.

Se determinó la ubicación del sitio y se hizo la simulación de cobertura a partir de las coordenadas obtenidas por un GPS. En el diseño de tuvo que hacer un análisis por las restricciones del sitio, ya que no es posible por política del residencial implementar estructuras que superen los 12 metros de altura.

Por tal razón, se hizo un estudio de qué tipo de antena es la más idónea, ya que únicamente se cuenta con un área de 2m x 2m, y eso indica que solamente se podría hacer la instalación de un poste de 12m de altura.

La antena es de tipo omnidireccional, con una ganancia de 11dbi, un tilt eléctrico y mecánico de cero grados, al igual que un azimuth de eléctrico y mecánico de cero grados.

Se utilizó el modelo de propagación Okomura Hata en un entorno urbano, a una frecuencia de 900Mhz. A partir de la simulación, un reporte estadístico y un histograma donde se muestra los niveles de potencia en función del área de cobertura, se determinó que basta con un único sitio para satisfacer los objetivos de cobertura en ambos residenciales.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

[1]Jarquín Sevilla, “Análisis de Mejoras de Transmission Bandwidth por Agregación de Portadora en un cluster LTE-Advanced mediante software predictivo”. UNI,2014.

[2]Gutiérrez Flores, “Estudio Técnico para el despliegue de un eNB en una zona urbana del pacífico de Nicaragua” UNI,2014.

[3] Gómez y Romero, “Análisis del throughput en una red LTE-A con el modelo SPM calibrado y distintas estrategias del Packet Scheduling”. UNI, 2018.

[4] Y. Okumura, E. Ohmori, T. Kawano and K. Fukuda, "Field strength and its variability in the VHF and UHF land mobile radio service", Review of the Electrical Communications Laboratories, vol. 16, no. 9/10, pp. 825-73, Sep 1968.

[5] M. Hata, "Empirical formula for propagation loss in land mobile radio services," in IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 29, no. 3, pp. 317-325, Aug 1980. doi: 10.1109/T-VT.1980.23859.

[6] J. D. Parsons, "The Mobile Radio Propagation Channel", New York: John Wiley & Sons, 1992.

[7]García y Umbert “Diseño de un plan nominal para un sistema Lte mediante una herramienta de planificación radio comercial”. 2014

[8]Ramon Agustí Comes, Francisco Bernardo Álvarez, “LTE: Nuevas tendencias en Comunicaciones móviles”, Cap. 2 LTE o la cuarta generacion4G de comunicaciones móviles. Editorial: Fundación Vodafone España, 2010.

[9]Logroño llumiquinga, “Diseño de una red Lte para la parroquia de Iñaquito utilizando la herramienta atoll”.2014