

---

# CAPÍTULO 3

## Datos para las simulaciones

Existen diferentes compañías que se encargan de crear y distribuir el equipo necesario para crear una red de WiMAX, sin embargo SICOM optó por la compañía de Redline y su línea RedMAX para poder actualizar el backbone que se tiene. Otro punto a discutir en este capítulo es la información que se nos entregó por parte de SICOM así como de la planeación que se utilizó para realizar las simulaciones de propagación de RF.

### 3.1 Equipo Redline

Para este proyecto SICOM ha decidido utilizar el equipo RedMAX de la compañía Redline Communications. De acuerdo con su página de internet sus productos están basados en el protocolo IEEE 802.16-2004 y certificados en base a perfiles en WiMAX fijo (802.16d). (7)

Entre los equipos propuestos se encuentran:

- **Antena AN-80i.-** Etapa pre-WiMAX, utiliza OFDM Redline, trabaja a 5.8/5.4/4.9/3.5GHz con una alta capacidad de acceso y backhaul (red de retorno).
  - **Radio-Base AN-100U/AN-100UX.** - Certificado con IEEE 802.16-2004, bandas de 3.3-3.8GHz, con suscriptores ya sean fijos o nómadas.
  - **Plataforma Móvil WiMAX RedMAX 4C.-** Utiliza IEEE 802.16-2005 certificado con OFDMA, con bandas de 2.5/3.5GHz, los suscriptores pueden ser nómadas y móviles /portables/fijos.
-

---

Una radio-base RedMAX consiste del AN-100U/AN-100UX y una unidad suscriptor para exteriores (SU-O) y una unidad suscriptor para interiores (SU-I). La SU-O puede venir con una antena integrada (SU-O-IA) o con un puerto RF (SU-O-RF) que permite la conectividad con la antena externa. Esta última configuración es la que se va a utilizar para las simulaciones.

RedMAX implementa el protocolo 802.16-2004 PMP en la capa física OFDM. El despliegue PMP consiste en la radio-base y ésta a su vez consiste de uno, dos, tres, cuatro o seis controladores de sector (SC). Cada SC va a funcionar como servidor para una o más estaciones suscriptoras (SS). RedMAX tiene un soporte para aproximadamente unos 511 suscriptores por SC.

Cada SS puede tener uno o más hosts conectados. Cuando el aprendizaje de hosts está activado, la SU-O/SU-I puede registrar hasta 256 direcciones MAC de los hosts. El estándar 802.16-2004 especifica QoS para voz, video y datos, lo cual es reforzado por un mecanismo de listado central que reside en la SC de WiMAX. Los datos del usuario pueden ser implementados actualmente en WiMAX fijo por Ethernet o IPv4, basados en IEEE 802.16d.

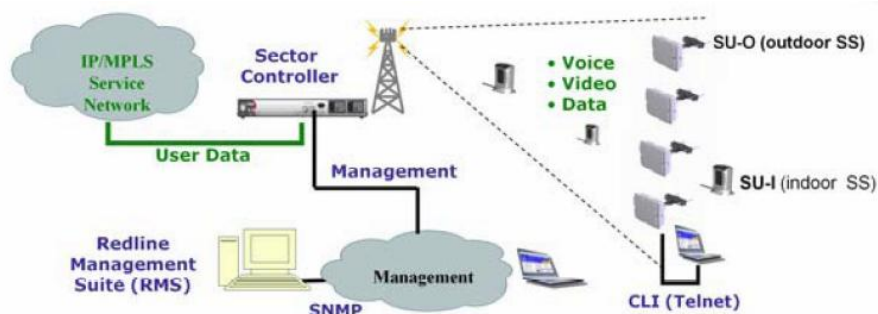


Figura 3.1 Funcionamiento del equipo RedMAX. (7)

La transmisión de banda ancha inalámbrica puede incluir cualquiera de los siguientes escenarios:

---

- 
- **Acceso.-** En este segmento de la red, normalmente una radio-base sirve a cierto número de estaciones suscriptoras (SS). La típica radio-base consiste de una, dos, tres, cuatro o seis controladores de sector (SC) dependiendo tanto de la cobertura como del requerimiento de ancho de banda. El número de SC's por radio-base es determinado en el momento del proceso de planeación de una célula. Las SC's de RedMAX son la AN-100U y la AN-100UX y tienen soporte para estaciones suscriptoras tanto fijas como nómadas.
  - **Red de retorno (Backhaul).-** El segmento backhaul es un enlace punto a punto, usualmente requiere tener un ancho de banda mayor al de una SC para que pueda soportar el ancho de banda completo de la radio-base.
  - **Acceso Premium.-** Es el segmento en el que la demanda de ancho de banda por SS esta en el rango máximo de Mbps. Usualmente, este tipo de acceso entrega un flujo de datos a una red de acceso, la cual distribuye estos datos a un menor ancho de banda por SS.

### 3.1.1 RedMAX y los modelos TCP-IP/OSI

El estándar IEEE 803.16-2004 especifica la capa 2 y la capa 1 de este modelo para el acceso inalámbrico fijo de banda ancha (BFWA). El estándar define MAC, PHY, RF y el Duplexado para la interfaz aérea para el Acceso Inalámbrico de Banda Ancha (BWA).

RedMAX es un aparato que funciona en capa 2, el cual implementa una MAC de WiMAX fijo, 802.16-2004 OFDM PHY y soporte para RF tanto para TDD como para Half-Duplex FDD (HD FDD) para un Duplexado de interfaz aérea. El puerto de datos de RedMAX (puerto Ethernet) acepta únicamente paquetes Ethernet validados con IEEE 802.3, sin importar el protocolo que transporte.

RedMAX soporta una banda de frecuencias permitidas de 3.3GHz a 3.8GHz utilizando TDD y HD FDD.

---

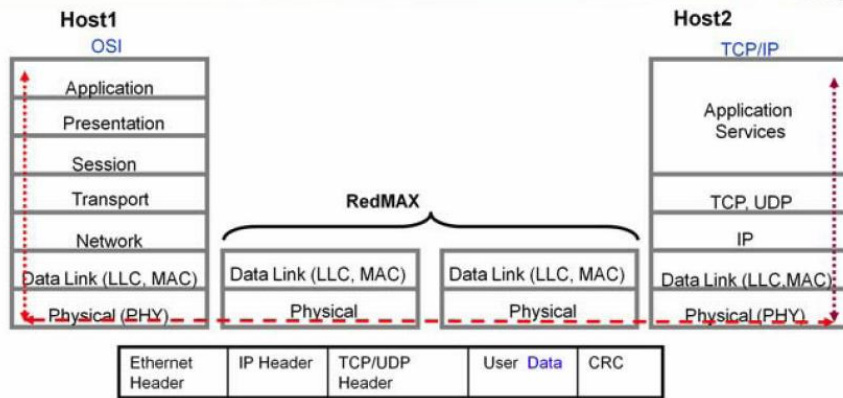


Figura 3.2 Funcionamiento de RedMAX en los modelos TCP-IP/OSI. (7)

RedMAX puede utilizar encabezados de paquetes para capas 2, 3 y 4, estos es para poder clasificar los paquetes en downlink (DL) y uplink (UL). Las direcciones MAC e IP, VLAN ID, y la IP DSCP son las más utilizadas. También tiene soporte para el etiquetado 802.1Q/1p, con filtrado VLAN para los suscriptores.

### 3.1.2 Red MPM RedMAX

El despliegue PMP (Punto-multipunto) consiste de una BS que a su vez consiste de varios controladores de sector; uno, dos, tres, cuatro o seis, según sea el caso. Como ya se mencionó anteriormente, cada SC se utiliza como servidor para las estaciones suscriptoras. De acuerdo con (7) las radio-bases AN-100U y la AN-100UX son referenciadas como controladores de sector en la literatura Redline.

Estos aparatos tienen un soporte para unas 511 estaciones suscriptoras por SC, cuando la capa de privacidad o la seguridad están deshabilitadas. En cambio, cuando éstas están habilitadas el máximo número de SS's se reduce a unas 250 por SC.

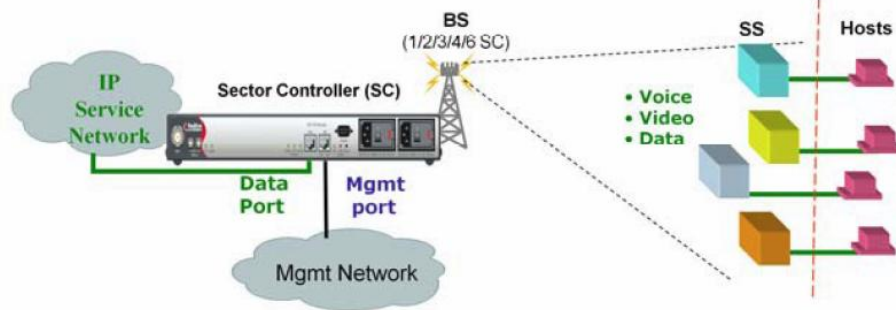


Figura 3.3 Red punto-multipunto RedMAX. (7)

### 3.1.3 Calidad de Servicio (QoS)

La calidad de servicio (QoS por sus siglas en inglés) son tecnologías que nos garantizan la transmisión de datos o paquetes de información en un tiempo dado, conocido como **throughput (rendimiento)**. La QoS se puede medir utilizando los siguientes parámetros:

- Paquetes sueltos
- Retardos
- Jitter
- Entrega de paquetes fuera de orden
- Throughput
- Errores

La QoS en el equipo Redline aplica para la entrega de datos por enlace aéreo únicamente, (7) nos da las siguientes características de su equipo con relación al QoS:

- **Unsolicited grant services (UGS).**- Esta diseñado para soportar paquetes de datos de tamaño fijo a una tasa constante de bits (CBR). Ejemplos de algunas aplicaciones que pueden utilizar estos servicios son la emulación de T1/E1 y VoIP sin la supresión de silencio. UGS ofrece porciones de tamaño fijo en una base periódica de tiempo real y no necesita la SS para pedir explícitamente ancho de banda.

- 
- **Real-time polling services (rtPS).**- Este servicio está diseñado para soportar flujos de servicio en tiempo real, tales como videos MPEG, que generan paquetes de datos de tamaño variable en una base periódica. En ésta clase de servicio, la radio-base provee oportunidades de petición en unicast para la petición de ancho de banda a la SS.
  - **Non-real-time polling services (nrtPS).**- Este servicio está diseñado para soportar flujo de datos tolerantes al retraso, tales como un FTP, que requiere porciones de datos de tamaño variable a una tasa mínima garantizada. En nrtPS se permite tener oportunidades de petición en Unicast, pero el promedio de duración entre dos de éstas oportunidades esta en el orden de unos cuantos segundos, que es más grande comparado con rtPS.
  - **Best-effort (BE) service.**- Este servicio está diseñado para soportar flujo de datos que no requieran un estricto soporte de QoS, tales como navegar por la red. Los datos son enviados cuando los recursos están disponibles y no se requieren para otra clase de servicios que ya estaban programadas.
  - **Extended real-time polling service (ertPS).**- Este servicio está diseñado para funcionar exclusivamente con el protocolo IEEE 802.16-2005d, soporta aplicaciones en tiempo real, como VoIP con supresión de sonido, que tengan tasa de datos variables pero que requieran una tasa de datos y retraso garantizados.

De manera resumida, la tabla 3.1 nos da las características más importantes de los puntos mencionados anteriormente.

---

Tabla 3.1 QoS de Redline

<b>Categoría QoS</b>	<b>Aplicaciones</b>	<b>Especificaciones de QoS</b>
<b>UGS</b>	VoIP Voz TDM	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tolerancia máxima de latencia</li> <li>- Tolerancia al jitter</li> <li>- Tasa máxima prolongada</li> </ul>
<b>rtPS</b>	Flujo de audio o voz	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tasa mínima reservada</li> <li>- Tasa máxima prolongada</li> <li>- Tolerancia máxima de latencia</li> <li>- Prioridad al tráfico</li> </ul>
<b>nrtPS</b>	Protocolo de transferencia de archivos (FTP)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tasa mínima reservada</li> <li>- Tasa máxima prolongada</li> <li>- Prioridad al tráfico</li> </ul>
<b>BE</b>	Transferencia de datos, navegar por la red, etc	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tasa máxima prolongada</li> <li>- Prioridad al tráfico</li> </ul>

#### 3.1.4 Radio-Base AN-100U/AN-100UX

La radio-base es la parte más importante para la fase de WiMAX ya que es gracias a esta que se logra el despliegue de la red. Existen dos variaciones de las radio-bases en los equipos RedMAX, cada una con sus características importantes:

- La **AN-100U** es una micro radio-base con una potencia máxima de transmisión de 23dBm y consume alrededor de unos 75 Watts.
- La **AN-100UX** es una macro radio-base con una potencia máxima de transmisión de 36dBm y consume alrededor de unos 120 Watts.

Para la radio-base AN-100UX se puede usar en una configuración sectorizada, sin embargo este tipo de configuración introduce pérdidas de hasta 10dB en el camino de

la transmisión. Cuando se hace su despliegue es muy importante que la potencia sea puesta en la GUI para dos diferentes tipos de canales:

- Canal de 3.5MHz: Potencia de Tx = 44dBm – ganancia de la antena (dBi)
- Canal de 7MHz: Potencia de Tx = 47dBm – ganancia de la antena (dBi)

Estas radio-bases tienen un sistema de arquitectura separada en que el transceptor (transceiver) y las terminales están conectadas a través de un cable IF de 50 Ohm como se muestra en la figura 3.4.

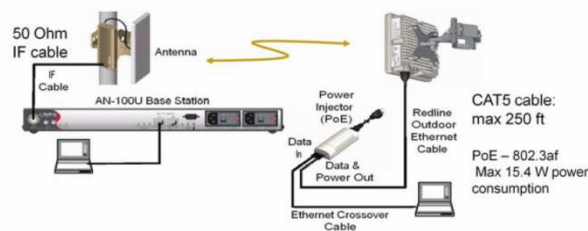


Figura 3.4 Conexión de la radio-base.

La figura 3.5 muestra una tabla de los equipos que se pueden utilizar con la radio-base:

		3.4-3.6GHz	3.6-3.8GHz	3.3-3.5GHz
base station	<b>AN-100U</b> Indoor Unit	TB3436F7 +23dBm Tx power	TB3638F7 +23dBm Tx power	TB3335F7 +23dBm Tx power
	<b>AN-100UX</b> Indoor Unit	HTB3436F7 +36dBm Tx power	HTB3638F7 +36dBm Tx power	HTB3335F7 +36dBm Tx power
subscriber unit	<b>SU-OIA</b> Integrated antenna, PoE	34dBm EIRP	34dBm EIRP	34dBm EIRP
	<b>SU-ORF</b> External antenna, PoE	up to 44dBm EIRP	up to 44dBm EIRP	up to 44dBm EIRP
	<b>SU-I</b> Indoor, Ethernet	34dBm EIRP	34dBm EIRP	34dBm EIRP

Figura 3.5 Equipos para las radio-bases.



---

Para más información acerca de la radio base y las estaciones suscriptoras utilizadas para realizar las simulaciones, ver las hojas técnicas indexadas en el Apéndice F.

### 3.2 Planeación de simulaciones.

Las herramientas para el modelado y simulación de redes pueden ser bastante poderosas para obtener un acercamiento bastante acertado del comportamiento de un sistema complejo. Generalmente, una red puede ser representada de tres maneras:

- Hardware
- Software
- Híbrido

El utilizar software provee un acercamiento conceptual de cómo trabajará el sistema, esto puede evitar muchos problemas a la hora de la implementación del hardware ya que en el software se pueden encontrar los errores y problemas que se tengan en el sistema; más allá de esto, también se pueden actualizar los modelos con nuevas características del sistema o experimentar con variaciones. (8)

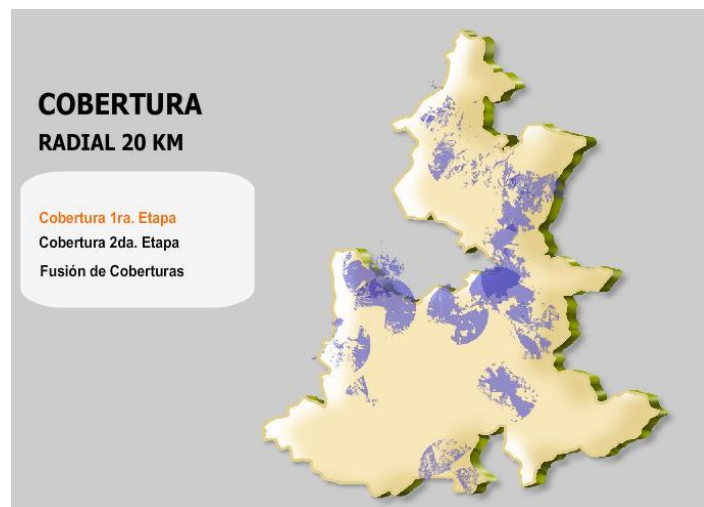
Utilizando los programas o software de simulación Radio Mobile (9) y Opnet (10) se planeó simular la cobertura de la red de WiMAX (IEEE 802.16-2004), utilizando las especificaciones de los equipos dados por SICOM, así como los efectos que tendrá la orografía sobre ésta red. Estos programas presentan grandes beneficios ya que simulan también la geografía actual de las zonas en que se planea instalar las radio-bases WiMAX.

Los programas ofrecen las siguientes características para los usuarios:

- **Radio Mobile** es un programa gratis que puede simular propagación de RF, así como enlaces punto-punto y punto-multipunto trabajando con línea de vista (LOS), existen varias paginas con información del funcionamiento del software, tanto en inglés como en español.
-

- 
- **Opnet** es un software que simula redes tanto alámbricas como inalámbricas, en el caso de esta tesis se utilizó la licencia de Opnet Modeler Wireless Suite que entre sus muchas características proporciona predicción del rendimiento de la red para diferentes perfiles de capa física y MAC, así como herramientas para ver la atenuación de la señal. (10)

Más adelante se darán las especificaciones de ambos software. Las simulaciones se planeaban llevar a cabo en dos etapas propuestas por SICOM inicialmente, donde la primera etapa abarca las zonas que se muestran en la figura 3.6:



**Figura 3.6 Primera etapa de simulación**

Mientras que la segunda etapa se muestra en la figura 3.7:

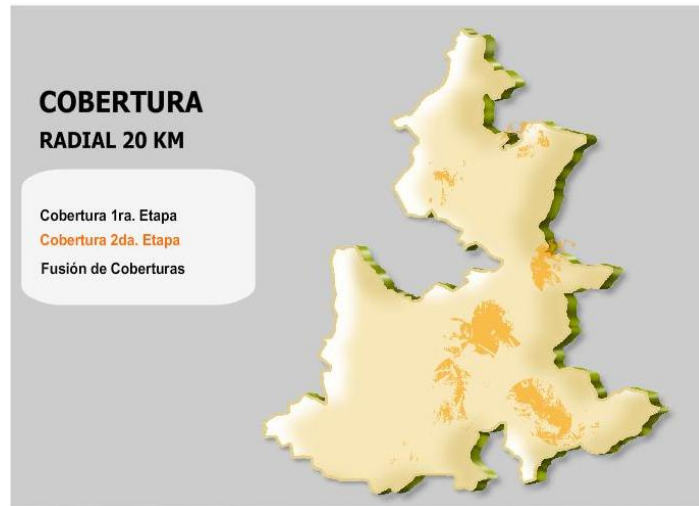


Figura 3.7 Segunda etapa de simulación.

Al final estas dos simulaciones se unirían para obtener los resultados que se pidieron. La figura 3.8 muestra la convergencia entre las etapas:

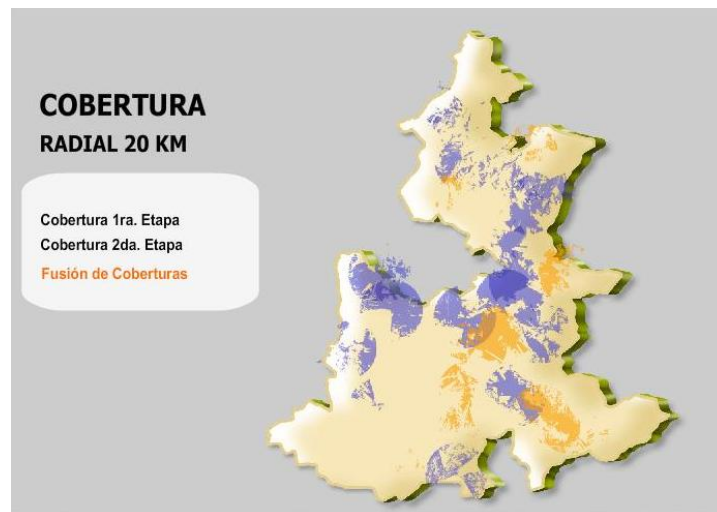


Figura 3.8 Fusión de las dos etapas propuestas por SICOM.

Finalmente SICOM entregó una lista de las principales radio-bases y se indicó que se realizarán todas las simulaciones de estos puntos ya que son los que se necesitaban, estos se muestran en la tabla 3.2 con otros datos proporcionados por SICOM como son el tipo de antena, la ganancia isotrópica y la altura, estos datos son los que se introducen al software:

**Tabla 3.2 Puntos de instalación de las radio-bases.**

No.	Nombre del Sitio	Antena Sugerida	Altura Antena
1	C4 Totolquemec (San Martín Texmelucan)	Sectorial 120° 14.8 dBi	35m
2	C4 Gorospe (Amozoc, Tepeaca, Tecamachalco)	Sectorial 120° 14.8 dBi	40m
3	C4 Chalchihuapan (Atlixco, Cd. de Puebla)	Omnidireccional 360° 13 dBi	30m
4	C4 Tomaquilo (Zacapoaxtla, Tlatlauquitepec)	Sectorial 120° 14.8 dBi	35m
5	SICOM Libres (Libres, Oriental)	Omnidireccional 360° 13 dBi	25m
6	C4 Serdán (Ciudad Serdán)	Sectorial 120° 14.8 dBi	40m
7	Chignautla (Teziutlán, Chignautla)	Omnidireccional 360° 13 dBi	25m
8	Estación Lagunillas (Xicotepec, Huauchinango)	Omnidireccional 360° 13 dBi	50m
9	SICOM Puebla (Ciudad de Puebla)	Omnidireccional 360° 13 dBi	40m
10	SICOM Tehuacán (Tehuacán)	Omnidireccional 360° 13 dBi	35m
11	C4 Xuchapa (Izúcar de Matamoros)	Sectorial 120° 14.8 dBi	30m
12	El Seco (El Seco, Jesús Carranza)	Omnidireccional 360° 13 dBi	25m

Las coordenadas exactas de cada uno de estos puntos no se muestran debido a que se pidió confidencialidad acerca de ésta información por parte de SICOM.

### **3.2.1 Puntos principales a tomar en cuenta.**

Para la realización de las simulaciones se tienen que tomar en cuenta los siguientes puntos:

- **Multipath.**- Checar las múltiples rutas que pueden tomar las ondas electromagnéticas, que problemas se pueden presentar, tales como retrasos, pérdidas, entre otras.
- **Pathloss.**- Ver como la señal se atenúa debido al efecto de la orografía y el multipath.

- 
- **Cobertura.**- Se va estimar el área total de cobertura que puede tener la señal, que zonas no va a tener por diferentes razones, que pueden ser geográficas o ruido en la señal, hasta que distancia la señal ya no llegaría, etc. Se van a proponer posibles soluciones a estos problemas.
  - **Ganancia de las antenas.**- En este punto se trabaja con dBm, que es la unidad típica con la que se mide el nivel de potencia con la que trabajan las antenas, además de los dBi, que son la ganancia isotrópica de las antenas. Estos datos se encuentran en las hojas de datos de los equipos a utilizar y de los datos proporcionados por SICOM.
-