

---

# CAPÍTULO 5

## Opnet Wireless Suite

OPNET es un software de simulación de red, este programa es una herramienta muy poderosa que permite crear una simulación de red desde capa 1 hasta la última capa, dependiendo del modelo que se utilice. Por lo general los resultados obtenidos es un compendio de valores estadísticos y discretos para la red en las diferentes capas, como pueden ser BER, SNR y carga, por mencionar algunos.

Sin embargo en este mismo programa existen diferentes herramientas que pueden mostrar otro tipo de datos, ya que también toma en cuenta la orografía del lugar y presenta diferentes modelos de propagación. De esta manera se pudo presentar y corroborar los resultados obtenidos en Radio Mobile.

### 5.1 Introducción de datos

Para realizar las pruebas el primer paso fue crear una célula en el área que abarcará la radio-base de SICOM Puebla, con un radio de 20km, para de esta manera tener una cobertura aproximada de 40km y saber donde es el borde de la célula. Se introdujeron los mismos datos que se utilizaron en Radio Mobile<sup>1</sup> en la radio-base y las estaciones suscriptoras.

En las siguientes figuras se aprecia tanto la célula creada como los parámetros para cada nodo, tanto la radio-base (BS) como para las estaciones suscriptoras (SS).

---

<sup>1</sup> Ver tabla 4.1

---

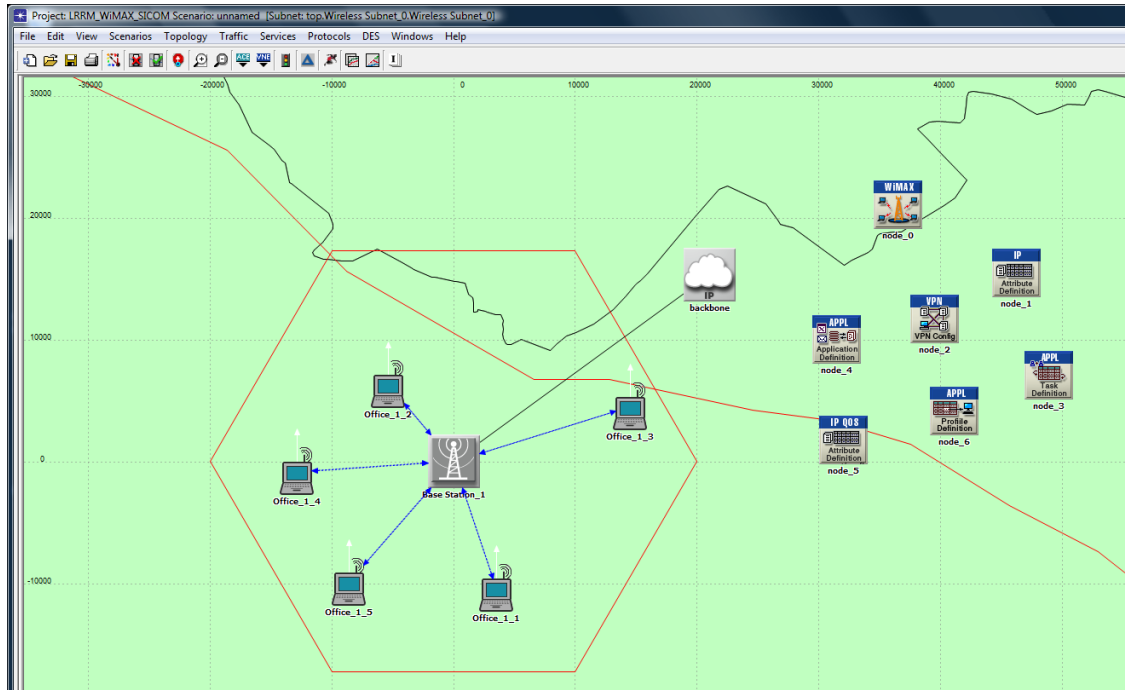


Figura 5.1 Célula para la radio-base de SICOM Puebla sin orografía.

WiMAX Parameters		
?	Antenna Gain (dBi)	Use Antenna Model
?	<b>BS Parameters</b>	(...)
?	<b>Classifier Definitions</b>	(...)
?	MAC Address	Auto Assigned
?	Maximum Transmission Power (W)	3.94
?	PHY Profile	WirelessOFDMA 20 MHz
?	PHY Profile Type	OFDM
?	PermBase	0
?	Receiver Sensitivity	-110

Figura 5.2 Atributos de la radio-base de SICOM Puebla.

WiMAX Parameters	
Antenna Gain (dBi)	14 dBi
Classifier Definitions	(...)
MAC Address	Auto Assigned
Maximum Transmission Power (W)	0.25
PHY Profile	WirelessOFDMA 20 MHz
PHY Profile Type	OFDM
SS Parameters	(...)

Figura 5.3 Parametros en las Estaciones Suscriptoras.

Sólo se decidió poner cinco estaciones suscriptoras debido a que el programa realiza las estadísticas para cada enlace que se realiza, entonces es más fácil recabar información de cinco estaciones que de 100. Hay que tomar en cuenta que el programa coloca aleatoriamente la posición de las SS, es decir, no son coordenadas reales de algún edificio del gobierno.

Otros datos que son igual de importantes para la creación de la red y tener las características necesarias son:

- **Modelo de la antena**, la cual se puede editar para que tenga la potencia deseada, el tipo de antena ya sea omnidireccional o sectorizada se define desde que se elige el tipo de radio-base a utilizar.
- **Modelo de propagación**, el cual puede ser Okumura-Hata, Walfisch-Ikegami, Longley-Rice o Espacio Libre.
- **Modelo de atenuación (pathloss)** para distintos puntos dentro de la célula.

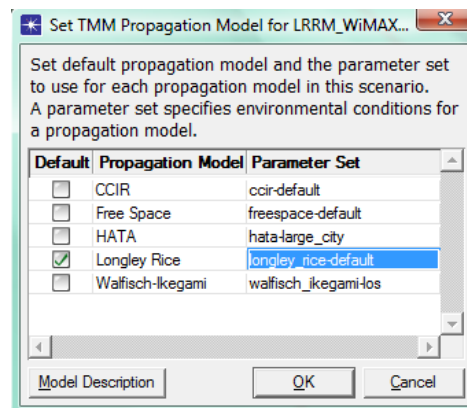


Figura 5.4 Introducción del modelo de propagación.

---

## 5.2 Simulaciones y resultados

En esta parte se muestran los resultados obtenidos para la atenuación de señal, estos resultados se compararon con los obtenidos en Radio Mobile para comprobar la caída de la señal a cierta distancia.

El programa utiliza mapas de elevación de terreno para poder representar la orografía del lugar, estos mapas se obtienen de la página [http://geoengine.nga.mil/muse-cgi-bin/rast\\_roam.cgi](http://geoengine.nga.mil/muse-cgi-bin/rast_roam.cgi), la cual es recomendada por la página web de OPNET, sin embargo no utiliza mapas de urbanización.

### 5.2.1 Resultados de cobertura

La última simulación que se realizó fue la de la figura 5.5, se utilizó esta para comprobar los resultados debido a que las estaciones suscriptoras se encuentran bastante alejadas y de esta manera se puede observar de mejor manera la atenuación de la señal y comparar los resultados con los obtenidos en el software Radio Mobile.

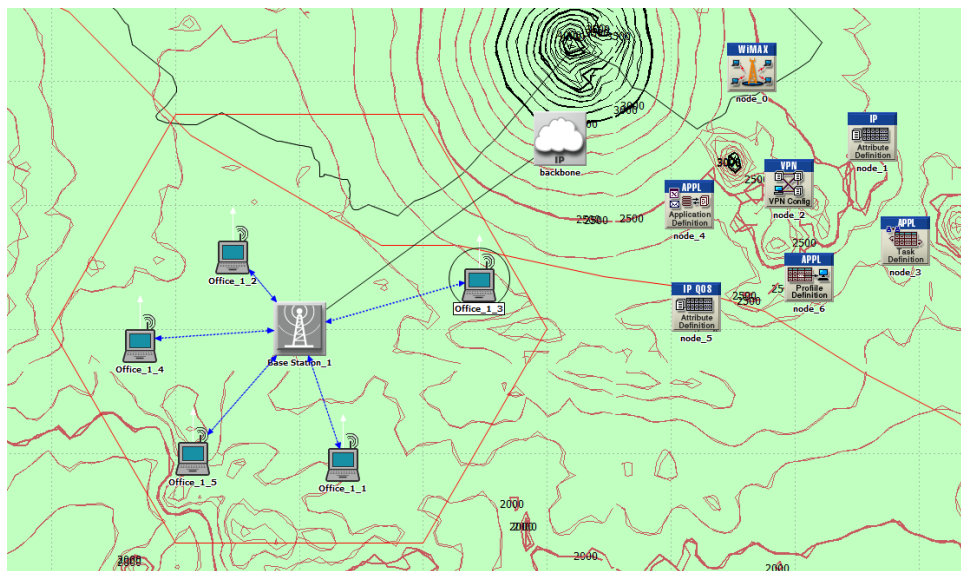


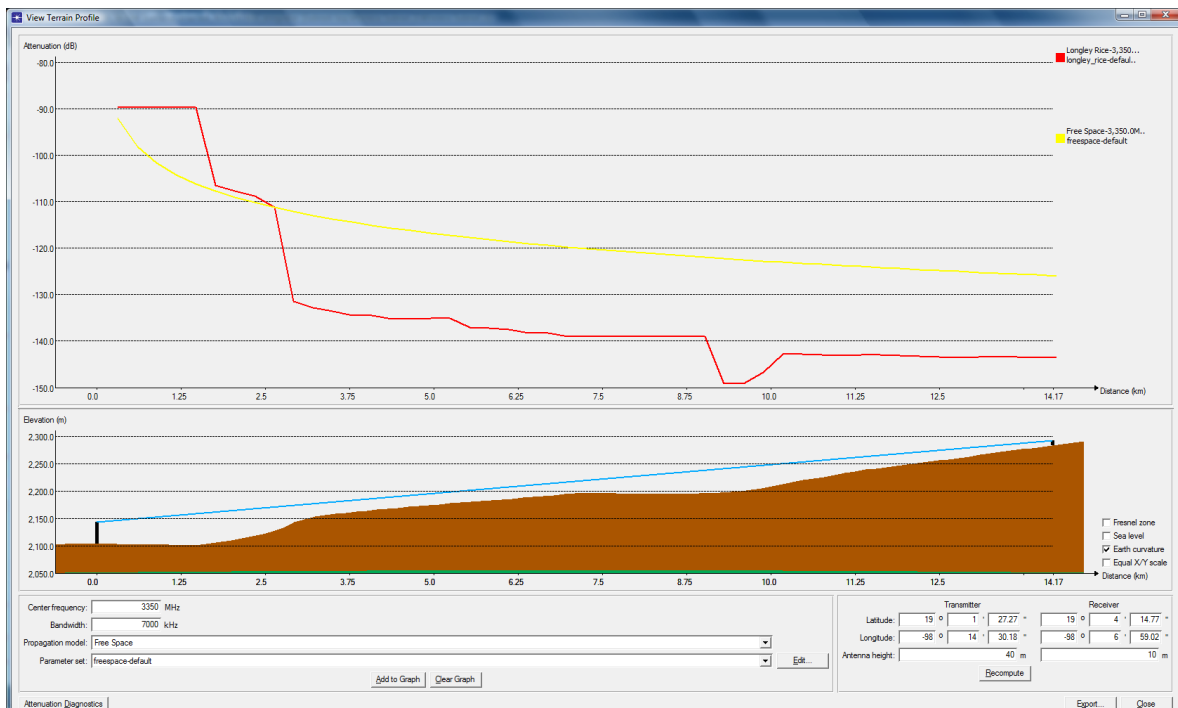
Figura 5.5 Red de WiMAX con orografía.

Para poder ver la elevación del terreno con su respectiva orografía y ver los efectos que se va a tener sobre la señal se elige la opción “**Topology>Terrain>View**”

---

**Terrain Profile**”, donde se elige primero el punto del transmisor y del receptor. No tiene que ser exacto en un principio ya que en la ventana que aparece se pueden colocar las coordenadas exactas.

Para los resultados de la pérdida de la señal entre la radio-base y la estación suscriptor llamada **Office\_1\_3** se obtuvieron los resultados mostrados en la figura 5.6



**Figura 5.6 Atenuación de la señal entre BS y la oficina 3.**

En la gráfica de la figura 5.6 se aprecian dos curvas, la que está en rojo pertenece al resultado obtenido utilizando el modelo Longley-Rice, mientras la que se encuentra en color amarillo pertenece al modelo de Espacio Libre, esta última muestra el comportamiento ideal de la señal.

En la gráfica en rojo (figura 5.6) se muestran las variaciones resultantes debido a los cambios en el terreno y se puede apreciar cómo la señal tiene un

---

comportamiento parecido al de Espacio Libre, sin embargo la caída es más rápida lo que indica que el terreno afecta considerablemente a la señal.

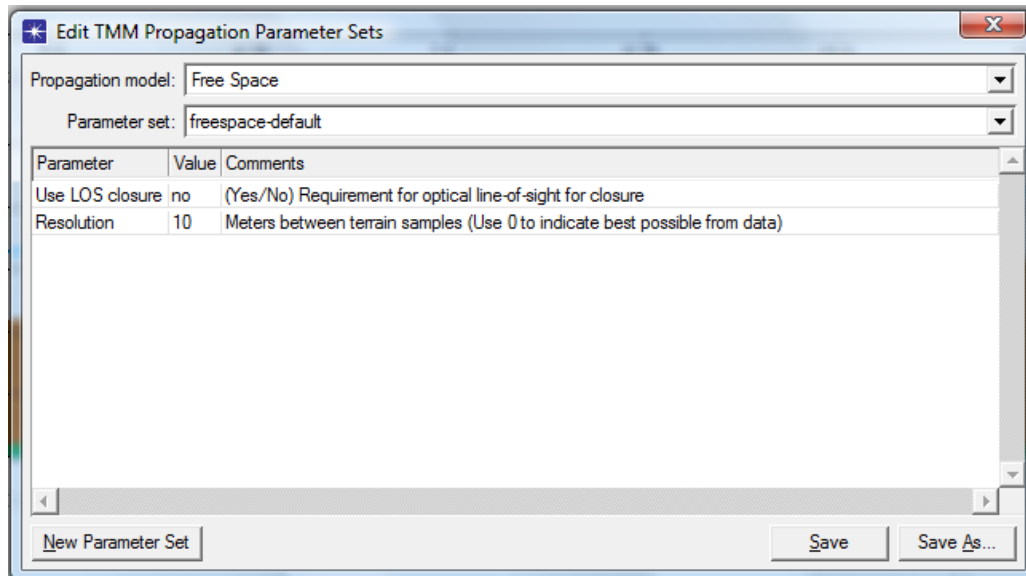
Sólo se muestran los resultados con estos dos modelos debido a que el Walfisch-Ikegami y el HATA trabajan con un rango de frecuencia menor al deseado, entre 1.5GHz y 2GHz como máximo; ya que la frecuencia central para estas simulaciones es de 3.35GHz y se eligió el mayor ancho de banda permitido para el canal, el cual es de 7MHz.

Al hacer estas simulaciones hay que tomar en cuenta los parámetros necesarios para que los resultados obtenidos sean los mejores posibles, en el caso del modelo de Espacio Libre los parámetros que se tienen que cambiar son:

- **Use LOS Closure.**- Se cambia si se requiere línea de vista o no, para estas simulaciones no se requiere LOS, por lo que pone en NO.
- **Resolution.**- La cantidad de muestras por metro que se pueden obtener, en este caso se utilizó una resolución de 10 metros. De esta manera se obtiene la curva mostrada en la figura 5.6.

Estos parámetros utilizados se aprecian en la figura 5.7.

---



**Figura 5.7** Parámetros para el modelo de Espacio Libre.

Sin embargo para el modelo ITM los parámetros cambian significativamente ya que se tienen que tomar en cuenta diferentes propiedades, como se vio en el capítulo 2, donde la más importante es la refractividad de la tierra, ya que se necesita un valor de  $N_s = 320$  para que la simulación se pueda realizar y poner una distancia mínima de 20,000m (20km) entre transmisor y receptor, y en este caso se utilizó una resolución de 0 para obtener los mejores resultados posibles. Los demás parámetros se dejan en sus valores preestablecidos. Estos datos se aprecian en la figura 5.8.

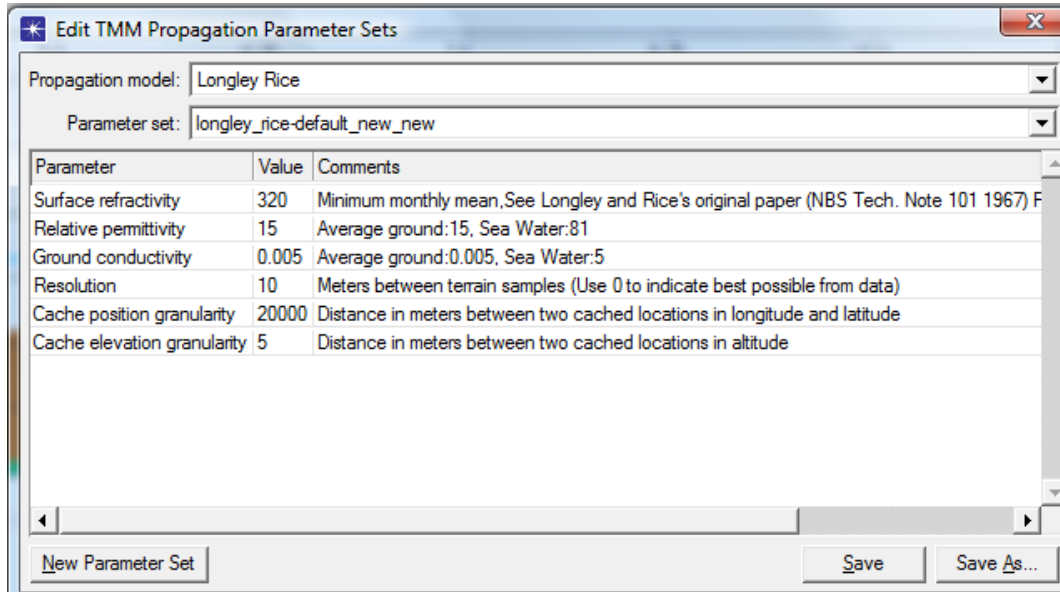


Figura 5.8 Parametros para el model Longley-Rice.

OPNET nos permite la opción de exportar los resultados obtenidos a una hoja de Excel donde nos muestra cierta distancia y el nivel de potencia que se encuentra en dicho punto, los resultados que se muestran a continuación en la tabla 5.1 son para los dos modelos utilizados en estas simulaciones, utilizando 49 muestras, y marcando tanto la frecuencia central como el ancho de banda del canal y el nombre del set de parámetros utilizados.



Tabla 5.1 Resultado de atenuación de la señal.

		Attenuation Trace 1		Attenuation Trace 2	
Propagation model name		Longley Rice		Free Space	
Parameter set name		longley_rice-default_new_new		freespace-default	
Frecuencia central (MHz)		3,350.00		3,350.00	
Ancho de Banda (KHz)		7,000.00		7,000.00	
Index	Distancia del transmisor (m)	Atenuación (dB)	Atenuación (dBm)	Atenuación (dB)	Atenuación (dBm)
1	289.136	-89.6792	<b>-59.6792</b>	-92.2158	<b>-62.2158</b>
2	578.272	-89.6792	<b>-59.6792</b>	-98.2018	<b>-68.2018</b>
3	867.409	-89.6792	<b>-59.6792</b>	-101.717	<b>-71.717</b>
4	1156.54	-89.6792	<b>-59.6792</b>	-104.22	<b>-74.22</b>
5	1445.68	-89.6792	<b>-59.6792</b>	-106.156	<b>-76.156</b>
6	1734.82	-106.58	<b>-76.58</b>	-107.737	<b>-77.737</b>
7	2023.95	-107.739	<b>-77.739</b>	-109.075	<b>-79.075</b>
8	2313.09	-108.763	<b>-78.763</b>	-110.237	<b>-80.237</b>
9	2602.23	-111.262	<b>-81.262</b>	-111.259	<b>-81.259</b>
10	2891.36	-131.43	<b>-101.43</b>	-112.174	<b>-82.174</b>
11	3180.5	-132.866	<b>-102.866</b>	-113.001	<b>-83.001</b>
12	3469.63	-133.635	<b>-103.635</b>	-113.757	<b>-83.757</b>
13	3758.77	-134.439	<b>-104.439</b>	-114.453	<b>-84.453</b>
14	4047.91	-134.439	<b>-104.439</b>	-115.097	<b>-85.097</b>
15	4337.04	-135.284	<b>-105.284</b>	-115.696	<b>-85.696</b>
16	4626.18	-135.284	<b>-105.284</b>	-116.256	<b>-86.256</b>
17	4915.32	-135.124	<b>-105.124</b>	-116.784	<b>-86.784</b>
18	5204.45	-135.124	<b>-105.124</b>	-117.28	<b>-87.28</b>
19	5493.59	-137.106	<b>-107.106</b>	-117.749	<b>-87.749</b>
20	5782.72	-137.234	<b>-107.234</b>	-118.194	<b>-88.194</b>
21	6071.86	-137.485	<b>-107.485</b>	-118.619	<b>-88.619</b>
22	6361	-138.268	<b>-108.268</b>	-119.023	<b>-89.023</b>
23	6650.13	-138.268	<b>-108.268</b>	-119.409	<b>-89.409</b>
24	6939.27	-139.102	<b>-109.102</b>	-119.778	<b>-89.778</b>
25	7228.41	-139.102	<b>-109.102</b>	-120.133	<b>-90.133</b>
26	7517.54	-139.102	<b>-109.102</b>	-120.474	<b>-90.474</b>
27	7806.68	-139.102	<b>-109.102</b>	-120.801	<b>-90.801</b>
28	8095.81	-139.102	<b>-109.102</b>	-121.117	<b>-91.117</b>
29	8384.95	-139.102	<b>-109.102</b>	-121.422	<b>-91.422</b>

30	8674.09	-139.102	<b>-109.102</b>	-121.717	<b>-91.717</b>
31	8963.22	-139.102	<b>-109.102</b>	-122.001	<b>-92.001</b>
32	9252.36	-149.111	<b>-119.111</b>	-122.277	<b>-92.277</b>
33	9541.49	-149.111	<b>-119.111</b>	-122.544	<b>-92.544</b>
34	9830.63	-146.786	<b>-116.786</b>	-122.804	<b>-92.804</b>
35	10119.8	-142.779	<b>-112.779</b>	-123.056	<b>-93.056</b>
36	10408.9	-142.857	<b>-112.857</b>	-123.3	<b>-93.3</b>
37	10698	-142.996	<b>-112.996</b>	-123.538	<b>-93.538</b>
38	10987.2	-143.1	<b>-113.1</b>	-123.769	<b>-93.769</b>
39	11276.3	-142.916	<b>-112.916</b>	-123.996	<b>-93.996</b>
40	11565.4	-142.916	<b>-112.916</b>	-124.215	<b>-94.215</b>
41	11854.6	-143.174	<b>-113.174</b>	-124.43	<b>-94.43</b>
42	12143.7	-143.309	<b>-113.309</b>	-124.639	<b>-94.639</b>
43	12432.9	-143.369	<b>-113.369</b>	-124.844	<b>-94.844</b>
44	12722	-143.535	<b>-113.535</b>	-125.043	<b>-95.043</b>
45	13011.1	-143.434	<b>-113.434</b>	-125.238	<b>-95.238</b>
46	13300.3	-143.463	<b>-113.463</b>	-125.429	<b>-95.429</b>
47	13589.4	-143.411	<b>-113.411</b>	-125.616	<b>-95.616</b>
48	13878.5	-143.621	<b>-113.621</b>	-125.799	<b>-95.799</b>
49	14167.7	-143.607	<b>-113.607</b>	-125.978	<b>-95.978</b>

De la tabla 5.1 se aprecia que se tienen los resultado tanto en dB como en dBm, esto es debido a que OPNET nos despliega únicamente los resultados en decibeles pero utilizando la fórmula de la ecuación 5.1 para convertir de dB a dBm se obtienen los resultados y demostrando que a pesar de la distancia todavía se tiene un buen nivel de potencia, tomando en cuenta que el nivel mínimo que aceptan las SS de Redline es de -98dBm.<sup>2</sup>

$$dBm = dB + 30 = -89.6792 + 30 = -59.6792dBm$$

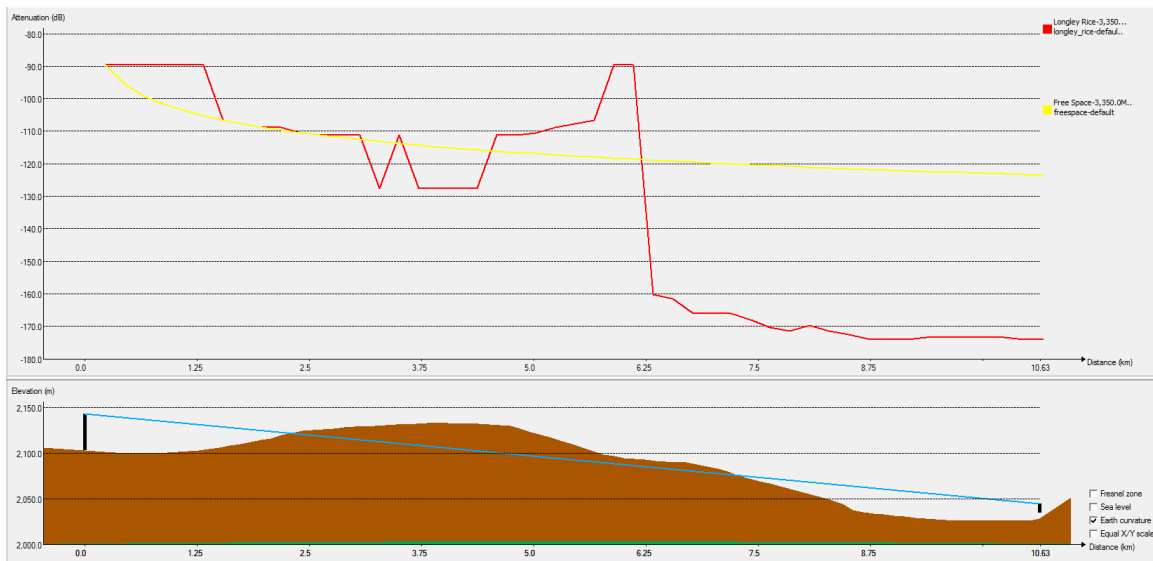
Ecuación 5.1

Observando estos resultados, la potencia más baja al ser de -113.6dBm la señal se encuentra en un rango todavía aceptable, porque a pesar del nivel mínimo de

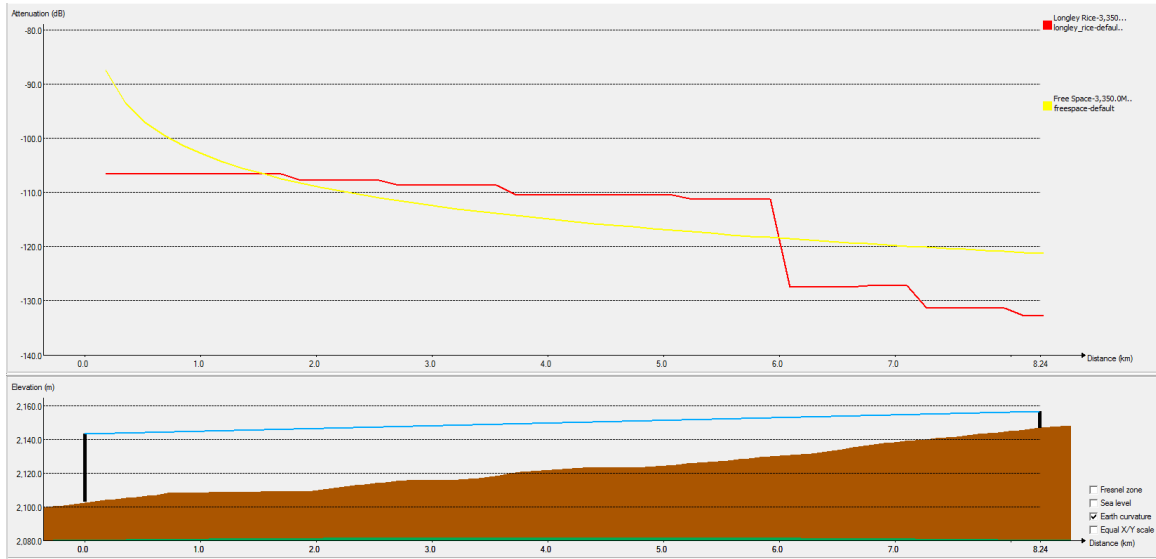
<sup>2</sup> Ver Apéndice F

recepción de los aparatos, hay ocasiones en que esta señal todavía puede ser captada por la antena y lograr la recepción de la información.

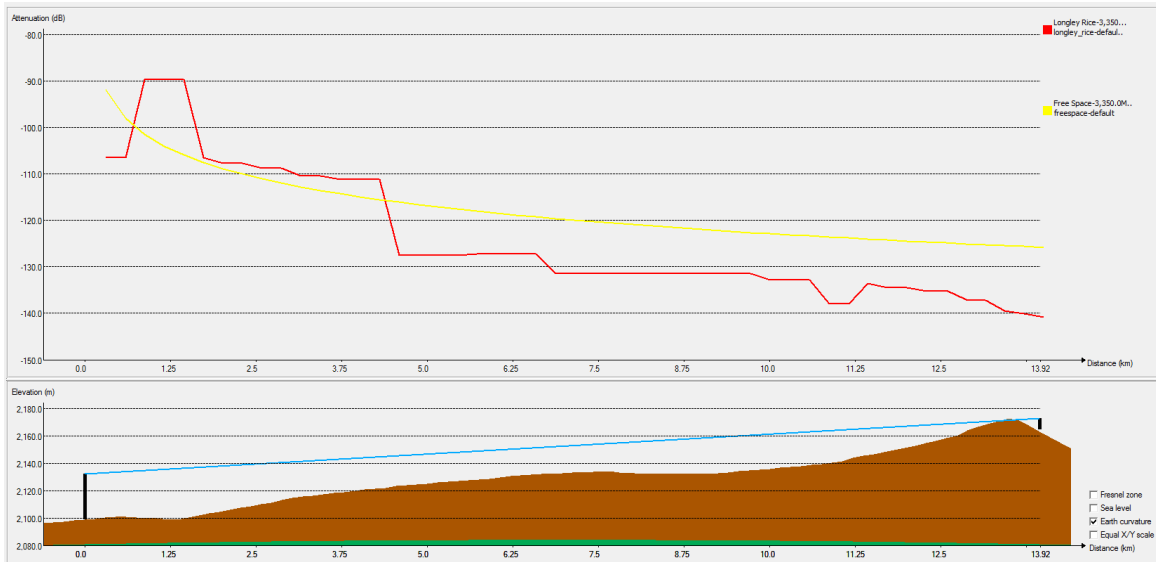
Finalmente hay que tomar en cuenta que estos resultados mostrados hasta este momento sólo son para un punto en específico, de la BS a la oficina 3. Estos mismos pasos se realizaron para las diferentes posiciones de cada estación suscriptora dentro de la red, obteniendo los resultados para cada punto los cuales se muestran de la figura 5.9 a la 5.12.



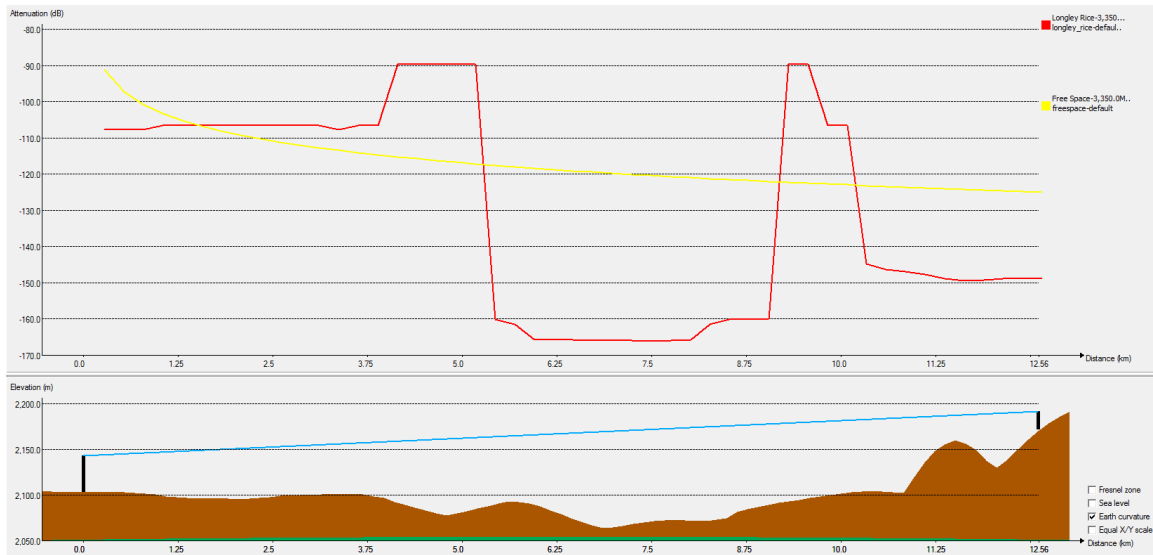
**Figura 5.9 Atenuación para la señal de BS a Oficina 1.**



**Figura 5.10 Atenuación para la señal de BS a Oficina 2.**



**Figura 5.11 Atenuación para la señal de BS a Oficina 4.**



**Figura 5.12 Atenuación para la señal de BS a Oficina 5.**

Como se puede apreciar en cada una de estas figuras, la orografía de la zona puede afectar de manera considerable la señal y de manera muy distinta a una con otra. Se puede observar que cuando cae la señal existen picos donde se vuelve a elevar la potencia y luego vuelve a caer ya sea al mismo nivel que tenía antes o una potencia más baja.

Por ejemplo en la figura 5.9 hay un momento en que la señal regresa a la misma potencia que tiene la inicio, sin embargo cae de manera muy repentina, estos picos se pueden deber a la reflexión y refracción de la señal, en la que hay puntos en que se encuentra una señal rebotada por la superficie con otra, lo que hace que aumente su potencia otra vez.

Sin embargo estos picos vuelven a caer ya que se vuelve a estabilizar la señal y regresa a la potencia que traía, o puede que las pérdidas sean más grandes y caiga la potencia de manera más rápida, como se aprecia en la figura 5.12.

---

Utilizando esos datos se pudo corroborar los datos obtenidos con Radio Mobile y ver de una mejor manera como se afecta la señal y la caída de potencia que se puede presentar ya no de manera general, sino para un punto en particular.

---