



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E
INSTRUMENTACIÓN**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA E
INSTRUMENTACIÓN**

**TEMA: “ANÁLISIS DE COBERTURA Y CALIDAD DEL
SERVICIO DE TELEFONÍA FIJA INALÁMBRICA CDMA 450
DE LA CORPORACIÓN NACIONAL DE
TELECOMUNICACIONES (CNT. EP.) EN LA PROVINCIA DE
COTOPAXI, CANTONES LATACUNGA Y SALCEDO”**

AUTORES: MILDRED LISSETH CAJAS BUENAÑO

DANIEL EDUARDO JARAMILLO SALAZAR

DIRECTOR: ING. MAYRA ERAZO

CODIRECTOR: ING. RIVAS DAVID

LATACUNGA

2015

UNIVERSIDAD DE LA FUERZAS ARMADAS - ESPE**INGENIERÍA ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN****CERTIFICADO**

Ing. Mayra Erazo (DIRECTOR DE TESIS)
Ing. David Rivas (CODIRECTOR DE TESIS)

CERTIFICAN

Que el trabajo titulado **“ANÁLISIS DE COBERTURA Y CALIDAD DEL SERVICIO DE TELEFONÍA FIJA INALÁMBRICA CDMA 450 DE LA CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (CNT. EP.) EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI, CANTONES LATACUNGA Y SALCEDO”** realizado por la señorita Cajas Buenaño Mildred Lisseth y el señor Jaramillo Salazar, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE.

Debido a que constituyo un trabajo de alto contenido de investigación y que ayuda a la formación profesional y aplicación de conocimientos se recomienda su publicación.

El mencionado trabajo consta de un documento empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (pdf). Autorizan a la señorita Cajas Buenaño Mildred Lisseth y el señor Jaramillo Salazar Daniel Eduardo que lo entregue al Ing. Franklin Silva, en su calidad de Director de la Carrera.

Latacunga, Julio del 2015.

Ing. Mayra Erazo
DIRECTOR

Ing. David Rivas
CODIRECTOR

UNIVERSIDAD DE LA FUERZAS ARMADAS - ESPE
INGENIERÍA ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros: Mildred Lisseth Cajas Buenaño
Daniel Eduardo Jaramillo Salazar

DECLARAMOS QUE:

El proyecto de grado denominado “**ANÁLISIS DE COBERTURA Y CALIDAD DEL SERVICIO DE TELEFONÍA FIJA INALÁMBRICA CDMA 450 DE LA CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (CNT. EP.) EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI, CANTONES LATACUNGA Y SALCEDO**”, ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan el pie de las páginas correspondiente, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, Julio del 2015.

Mildred Cajas
C.C.: 050349760-4

Daniel Jaramillo
C.C.: 050315087-2

UNIVERSIDAD DE LA FUERZAS ARMADAS - ESPE

INGENIERÍA ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

AUTORIZACIÓN

Nosotros: Mildred Lisseth Cajas Buenaño
Daniel Eduardo Jaramillo Salazar

Autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo “ANÁLISIS DE COBERTURA Y CALIDAD DEL SERVICIO DE TELEFONÍA FIJA INALÁMBRICA CDMA 450 DE LA CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (CNT. EP.) EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI, CANTONES LATACUNGA Y SALCEDO”, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Julio del 2015

Mildred Cajas
C.C.: 050349760-4

Daniel Jaramillo
C.C.: 050315087-2

DEDICATORIA

MILDRED LISSETH CAJAS BUENAÑO

Principalmente a mi Madre ya que me brindo amor, apoyo y fortaleza, necesaria para el desarrollo de mi tesis para y así concluir satisfactoriamente este propósito en mi vida.

También dedico este proyecto a los Ingenieros de buen corazón que supieron ayudarnos con sus conocimientos y consejos para poder culminar con nuestro trabajo.

Finalmente dedico mi tesis a Jonathan Yandún mi verdadero compañero durante mi vida universitaria, ya que este fue su deseo final antes de su partida.

DANIEL EDUARDO JARAMILLO SALAZAR

Dedico este trabajo a mis padres y abuelita que con su amor no han dejado de animarme a cumplir cada nuevo reto que se ha presentado en cada ámbito de mi vida.

A Dios por su cuidado y bendición, por la sabiduría que nos brindó y la bendición de contar con las personas a nuestro alrededor que ayudaron a que este proyecto de investigación sea realizado.

AGRADECIMIENTO

MILDRED LISSETH CAJAS BUENAÑO

Agradezco a mi Dios por brindarme sabiduría y perseverancia, por poner a todas las personas que compartieron mi vida académica para culminar esta linda etapa de vida. Un agradecimiento especial para mi madre Rita por ser mi ángel que me enseñó a luchar ante pruebas difíciles y dolorosas, ya que siempre vendrá la recompensa, además por guiarme con tanto amor y paciencia y a mi padre Edwin, Además agradezco a mi hermano Saulo por su ayuda en mis prácticas pre profesional y a su esposa Ruth.

Agradezco a la Familia Yandún Vinueza por su apoyo incondicional y gran cariño para culminar el trabajo final de grado.

Agradezco a mis amigos que me han dado su mano para llegar a este escalón. Finalmente deseo agradecer a mis tutores, la Ingeniera Mayra Erazo y el Ingeniero David Rivas que gracias a sus conocimientos me ayudaron a formarme académicamente, al Doctor Nikolai Espinoza por su colaboración a nosotros los estudiantes del Campus Latacunga, a los ingenieros de CNT. EP., el Ingeniero Aldana y el Ingeniero Martínez por su colaboración para realizar las mediciones en campo; al Ingeniero Antonio Lara por su ayuda en mis prácticas en Petroecuador y un agradecimiento especial al Ingeniero Guido del Toro por su apoyo con nuestro tema de tesis.

DANIEL EDUARDO JARAMILLO SALAZAR

Agradezco primeramente a Dios, por habernos iluminado cada día en el arduo camino de la carrera profesional, por haber puesto a excelentes personas en nuestro camino dentro y fuera de la universidad que con su apoyo hicieron posible el desarrollo de este trabajo de investigación.

A mi madre por su ejemplo de ser una persona luchadora que siempre busca cumplir cabalmente los planes y metas trazadas. A mi padre por su ejemplo al hacer las cosas correctamente, por su ayuda y apoyo disponible cada que existieron dificultades. A ambos por ser más que padres, mis amigos.

A nuestros tutores Ingeniera Mayra Erazo e Ingeniero David Rivas, por su apoyo, guía y amistad; por incluirnos en las capacitaciones que existían con los equipos analizadores de espectros que adquirió nuestra universidad, dándonos más ánimo y compromiso por desarrollar esta investigación y diseminar el conocimiento adquirido por el beneficio de los demás estudiantes que integran nuestra facultad. Así también al Doctor Nikolai Espinoza director de la carrera de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones de la ESPE Sangolquí por compartir sus conocimientos, su apoyo, y soporte en el aprendizaje de la herramienta SIRENET e importante guía en temas de telecomunicaciones, los Ingenieros Alex Aldana y Miguel Martinez de CNT E.P Cotopaxi. por no reservar ningún conocimiento en pro de este proyecto de investigación, mil gracias por su gran ayuda siempre que la hemos necesitado.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA	i
CERTIFICACIÓN	ii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN	iiv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTOS	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE TABLAS	xviii
ÍNDICE DE CUADROS	xx
RESUMEN	xxii
ABSTRACT	xxiii
INTRODUCCIÓN	xxiv
CAPÍTULO I	1
1. GENERALIDADES	1
1.1. Antecedentes	3
1.2. Análisis de resultados	4
1.3. Objetivos	5
1.3.1. Objetivo general	5
1.3.2. Objetivos específicos	5
1.4. Alcance	5
1.5. Justificación.....	6
CAPÍTULO II	7
2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA CDMA 450, ELEMENTOS DE MONITOREO Y SOFTWARE DE SIMULACIÓN	7
2.1. Generalidades de la tecnología CDMA.	7
2.2. Descripción de CDMA.....	8

2.2.1.	Control de Potencia.....	9
2.2.2.	Hand off.....	10
2.2.3.	Capacidad.....	10
2.2.4.	Arquitectura del CDMA.....	11
2.2.5.	Procesamiento de llamadas.....	13
2.2.6.	Evolución de la tecnología CDMA.....	15
2.3.	Sistema CDMA 450.....	15
2.3.1.	Definición y funcionamiento del Sistema CDMA 450.....	16
2.3.2.	Arquitectura del Sistema CDMA 450.....	18
2.3.3.	Ventajas de usar el Sistema CDMA 450.....	18
2.4.	Tecnología EV-DO.....	21
2.4.1.	Definición.....	22
2.4.2.	Arquitectura – Integración a la arquitectura CDMA.....	22
2.5.	Elementos de Monitoreo.....	23
2.5.1.	Tipos de estaciones de monitoreo.....	23
2.5.2.	Sistemas de monitoreo portátiles.....	25
2.5.3.	Composición de una estación portátil de monitoreo.....	26
2.6.	Herramientas de simulación.....	27
2.6.1.	Estudio de Sirenet.....	27
2.6.2.	Estudio de Radio Mobile.....	28
2.6.3.	Estudio de Path Loss.....	30
CAPÍTULO III.....		33
3	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA CDMA 450 EN LOS CANTONES DE LATACUNGA Y SALCEDO.....	33
3.1.	Situación Geográfica.....	33
3.2.	Situación actual de la red CDMA 450 en cotopaxi.....	37

3.3.	Identificación Geográfica de las localidades con servicio CDMA en Cotopaxi	38
3.4.	Análisis de la BTS3606AC	43
3.4.1.	Interfaz	47
3.4.2.	Especificaciones Técnicas	47
3.5.	Ubicación geográfica y descripción de la BTS El Guango	49
3.6.	Ubicación geográfica y descripción de la BTS Pilisurco.....	51
CAPÍTULO IV		53
4.	SIMULACIONES DEL SISTEMA CDMA EN LATACUNGA Y SALCEDO.....	53
4.1.	Simulaciones en Sirenet.....	53
4.1.1.	Modelos de propagación usados en la simulación	53
4.1.2.	Simulación de la BTS de el Guango	56
4.1.3.	Simulación de la BTS de Pilisurco	82
4.2.	Simulación en Radio Mobile	85
4.2.1.	Modelo de propagación Longley Rice	85
4.2.2.	Simulación de un radio enlace utilizando Radio Mobile	87
4.3.	Simulacion en Pathloss	106
CAPÍTULO V		114
5.	MEDICIÓN Y PRUEBA DE LA CALIDAD DE SERVICIO EN LAS COMUNIDADES DE LATACUNGA Y SALCEDO.....	114
5.1.	Análisis de estándares internacionales sobre calidad de servicio para CDMA 450	114
5.2.	Indicadores de rendimiento	120
5.3.	Indicadores del teléfono terminal Huawei ETS2055.....	121
5.4.	Evaluación de la red.....	124
5.5.	Analizador de espectros.....	124

5.5.1.	Principales características y especificaciones.....	125
5.5.2.	Atributos físicos FieldFox	126
5.6.	Procedimiento de medición en los terminales	126
5.7.	Análisis de resultados	127
5.7.1.	Localidades sin problemas.....	127
5.7.2.	Localidades con problemas de altura de antenas	129
5.7.3.	Localidades con problemas criticos.....	131
5.7.4.	Estadística comparativa	145
CAPÍTULO VI		152
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	152
6.1.	Conclusiones:.....	152
6.2.	Recomendaciones.....	154
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		155
ANEXOS.....		159
ANEXO A: GLOSARIO		
ANEXO B: INSTALACIÓN DE PROGRAMAS		
ANEXO C: CARACTERÍSTICAS DE LA ANTENA AGISSON Y AMPHENOL		
ANEXO D: GUÍA DE USUARIO		
ANEXO E: SIMULACIÓN DE COBERTURAS EN SIRENET EXPORTADAS A GOOGLE EARTH		
ANEXO F: DATOS FIELDFOX, SILACIOÓN EN RADIO MOBILE Y PATHLOSS		
ANEXO G: TABLA COMPARATIVA		
ANEXO H: SOLUCIÓN		

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1:	Acceso al medio por el método CDMA	9
Figura 2.2:	Métodos de acceso al medio	9
Figura 2.3:	Arquitectura de una red CDMA.....	11
Figura 2.4:	Etapas del proceso de llamada en el Sistema CDMA	13
Figura 2.5:	Bandas de la telefonía CDMA 450	17
Figura 2.6:	Mapa de Acceso de una Red CDMA 450.....	18
Figura 2.7:	Número de estaciones base para Frecuencias.	20
Figura 2.8:	Arquitectura Integrada CDMA.....	22
Figura2.9:	Imágenes de variados estudios que se pueden realizar en SIRENET; (a) y (b) Análisis de Cobertura con diferentes métodos de análisis;(c) Estudio de cobertura en Google Earth.....	28
Figura 2.10:	Estudio realizado en Radio Mobile	29
Figura 2.11:	Visualización del mapa del proyecto en Radio Mobile.....	30
Figura 2.12:	Ejemplo de un Estudio de Pathloss	31
Figura 3.1:	Mapa Geopolítico de la Provincia de Cotopaxi	34
Figura 3.2:	Mapa Político de la Ciudad de Latacunga con sus Parroquias.	35
Figura 3.3:	Mapa Político del Cantón Salcedo y sus Parroquias	36
Figura 3.4:	Comunicación entre BTS y BSC.....	43
Figura 3.5:	Diagrama de bloques de la BTS3606C y su función dentro del sistema de comunicación CDMA 450	44
Figura 3.6:	Diagrama de bloques del subsistema de Radio Frecuencia.....	45
Figura 3.7:	Interfaz de la BTS3606.....	47
Figura 3.8:	Captura de la Ubicación Geográfica de El Guango en Google Earth	49
Figura 3.9:	Fotografía de la BTS El Guango.....	50
Figura 3.10:	BTS Pilisurco visualizada desde Google Earth.....	51
Figura 3.11:	Antenas Agisson DX-450-47'-65-15i-0F en la BTS de Pilisurco	51

Figura 4.1:	Efecto filo de cuchillo.....	54
Figura 4.2:	Método con una arista predominante	54
Figura 4.3:	Crear un nuevo Proyecto.....	57
Figura 4.4:	Ingreso de Datos del Proyecto	58
Figura 4.5:	Importar una nueva Capa de Altimetría.....	58
Figura 4.6:	Ingreso de Datos de la nueva Capa de Altimetría	59
Figura 4.7:	Importar una nueva Capa de Visualización	59
Figura 4.8:	Ingreso de Datos de la nueva Capa de Visualización	60
Figura 4.9:	Importación de una nueva Capa de Demografía.....	61
Figura 4.10:	Ingreso de Datos de la nueva Capa de Demografía.....	61
Figura 4.11:	Crear un nuevo Estudio.....	62
Figura 4.12:	Tipo de Estudio.....	62
Figura 4.13:	Ingreso de los Datos del Estudio.....	63
Figura 4.14:	Datos del Estudio	63
Figura 4.15:	Abrir una nueva ventana en modo Gestión	64
Figura 4.16:	Insertar una nueva Antena en la base de Datos.....	65
Figura 4.17:	Nombre de la Antena.....	65
Figura 4.18:	Datos del Diagrama Directivo Copolar	65
Figura 4.19:	Diagrama Horizontal de la Antena.....	66
Figura 4.20:	Datos del Diagrama Directivo Contrapolar	66
Figura 4.21:	Diagrama Horizontal de la Antena.....	67
Figura 4.22:	Datos de la Antena Transmisora	67
Figura 4.23:	Insertar un nuevo Transmisor.....	68
Figura 4.24:	Identificación del Transmisor.....	68
Figura 4.25:	Parámetros del Radio.....	69
Figura 4.26:	Parámetros de la Antena.....	69
Figura 4.27:	Fuente del Transmisor.....	70
Figura 4.28:	Parámetros 3G y 4G del Transmisor	70
Figura 4.29:	Modificar el Estudio	71
Figura 4.30:	Datos de Estudio a Modificar.....	71
Figura 4.31:	Modificar Cartografía	72
Figura 4.32:	Método de Cálculo de la Cobertura	72
Figura 4.33:	Definir el Área de Cobertura.....	73

Figura 4.34:	Seleccionar el Área de Cobertura.....	73
Figura 4.35:	Cálculo Automático del Área	73
Figura 4.36:	Ingreso de Datos para el Cálculo Automático del Área	74
Figura 4.37:	Cálculo de Estudio.....	74
Figura 4.38:	Cobertura del Tx1 Guango con el Método Okumura Hata..	75
Figura 4.39:	Rango de Potencias del Transmisor Tx1 Guango con el Modelo Okumura Hata Rural.	75
Figura 4.40:	Método de Cálculo Deygout	76
Figura 4.41:	Cálculo de Cobertura Tx1 Guango	76
Figura 4.42:	Cobertura del Tx1 Guango	77
Figura 4.43:	Rango de Potencias del Tx1 Guango con el modelo Deygout	77
Figura 4.44:	Nuevo Estudio Cobertura Multiple	78
Figura 4.45:	Añadir Estudios para Multicobertura.....	78
Figura 4.46:	Transmisores Añadidos de cada Estudio	79
Figura 4.47:	Área de Cobertura 50km	79
Figura 4.48:	Método de Cálculo Nuevo o Modificarlo.	80
Figura 4.49:	Selección del Método de Cálculo de Estudio.....	80
Figura 4.50:	Cálculo de Estudio.....	81
Figura 4.51:	Cobertura de Okumura Hata para la BTS Guango.....	81
Figura 4.52:	Cobertura Multiple Guango Deygout	82
Figura 4.53:	Área de Cobertura del Transmisor TX1 Pillisurco.....	83
Figura 4.54:	Área de Cobertura con el Método Deygout	84
Figura 4.55:	Área de Cobertura con el Método Deygout	84
Figura 4.56:	Área de Cobertura con el Método de Okumura Hata Rural.	84
Figura 4.57:	Barra de menús de Radio Mobile	87
Figura 4.58:	Ventana para la Inicialización de una nueva red.	88
Figura 4.59:	Propiedades del mapa.....	88
Figura 4.60:	Ingreso de latitud y longitud.....	89
Figura 4.61:	Visualización del mapa exportado	89
Figura 4.62:	Ícono de las Propiedades de las Redes	90
Figura 4.63:	Ventana de Propiedades de las Redes	91
Figura 4.64:	Propiedades de la red (Topología)	91

Figura 4.65:	Propiedades de la red (Miembros)	92
Figura 4.66:	Propiedades de la red (Sistemas)	93
Figura 4.67:	Modelos de Antenas Disponibles en Radio Mobile.....	94
Figura 4.68:	Vista del Patrón Horizontal del Plano XY.....	95
Figura 4.69:	Valores Tomados Para el Archivo .ant Tipo 2 del a) Patrón de Radiación Horizontal b) Patrón de Radiación Vertical.....	95
Figura 4.70:	Valores Tomados Para el Archivo .ant Tipo 3 del a) Patrón de Radiación Horizontal b) Patrón de Radiación Vertical.....	96
Figura 4.71:	Vista del Archivo del Patrón de Radiación Provisto por Amphenol en Excel.....	96
Figura 4.72:	a) Patrón de Radiación Horizontal b) Patrón de Radiación Vertical vistos en Radio Mobile.....	97
Figura 4.73:	Ícono de Enlace de radio	98
Figura 4.74:	Ventana de Enlace de Radio	98
Figura 4.75:	a) Opción de Exportar b) Ventana de Exportar Perfil	98
Figura 4.76:	Visualización en Google Earth del Perfil Creado en Radio Mobile.....	99
Figura 4.77:	Cobertura de Radio Polar	100
Figura 4.78:	Cobertura de Radio Cartesiana	100
Figura 4.79:	Cobertura Generada por la antena sectorial 0 BTS El Guango.....	102
Figura 4.80:	Cobertura Generada por la antena sectorial 1 BTS	103
Figura 4.81:	Cobertura Generada por la antena sectorial 2 BTS El Guango.....	103
Figura 4.82:	Cobertura generada por la antena sectorial BTS de Pilisurco 0	104
Figura 4.83:	Cobertura generada por la antena sectorial BTS de Pilisurco 1	104
Figura 4.84:	Cobertura generada por la antena sectorial BTS de Pilisurco 2	105

Figura 4.85:	Leyenda de cobertura generada en Radio Mobile	105
Figura 4.86:	Ventana de Inicialización de Pathloss	106
Figura 4.87:	Ingreso de los Nombres de los Sitios.	107
Figura 4.88:	Ingreso de las Coordenadas Geográficas de los Sitios	107
Figura 4.89:	Ingreso de Datos de Elevación y Altura.....	108
Figura 4.90:	Ingreso de Código de la Antena	108
Figura 4.91:	Configuración de la Antena	109
Figura 4.92:	Configuración Antenas.	109
Figura 4.93:	Configuración de Altura de Antenas.....	109
Figura 4.94:	Configuración Geográfica.....	110
Figura 4.95:	Configuración de Datos del Terreno.....	110
Figura 4.96:	Base de datos SRTM	111
Figura 4.97:	Configuración del Idioma	111
Figura 4.98:	Módulo de Datos del Terreno	112
Figura 4.99:	Rango de Estructuras.....	112
Figura 4.100:	Perfil del terreno con Rango de Estructuras	112
Figura 4.101:	Línea de vista BTS Guango – Chitan	113
Figura 5.1:	La calidad de servicio comprende criterios de red e independientes de la red	116
Figura 5.2:	Cuatro polos de calidad de servicio	116
Figura 5.3:	Indicadores Huawei ETS2055	122
Figura 5.4:	Analizador de Espectros FieldFox N9917A	124
Figura 5.5:	Diagrama de bloques de los elementos de la estación móvil y el procedimiento de medición.....	127
Figura 5.6:	Antena Yagi 450-470 MHz CDMA	130
Figura 5.7:	Perfil Geográfico BTS Pilisurco- Chaupi Contadero- BTS Guango.....	132
Figura 5.8:	Perfil Geográfico BTS Pilisurco- San Antonio- BTS Guango.....	132
Figura 5.9:	Perfil Geográfico BTS Pilisurco- Inchapo- BTS Guango...	133
Figura 5.10:	Perfil Geográfico BTS Simahurco- Caspi- BTS Guango...	133
Figura 5.11:	Perfil Geográfico BTS Simahurco- Langualo Grande- BTS Guango.....	134

Figura 5.12:	Perfil Geográfico BTS Guango- Maca Centro.....	135
Figura 5.13:	Perfil Geográfico BTS Pilisurco- Maca Centro.....	135
Figura 5.14:	Perfil Geográfico BTS Simahurco- Maca Centro	135
Figura 5.15:	Perfil Geográfico BTS Guango- La Libertad	136
Figura 5.16:	Perfil Geográfico BTS Pillisurco- La Libertad.....	136
Figura 5.17:	Perfil Geográfico BTS Simahurco- La Libertad.....	136
Figura 5.18:	Perfil Geográfico BTS Guango- Rasuyacu Chiguanto	137
Figura 5.19:	Perfil Geográfico BTS Pilisurco- Rasuyacu Chiguanto	137
Figura 5.20:	Perfil Geográfico BTS Simahurco- Rasuyacu Chiguanto .	137
Figura 5.21:	Perfil Geográfico BTS Guango- Rasuyacu Corazón.....	138
Figura 5.22:	Perfil Geográfico BTS Pilisurco- Rasuyacu Corazón	138
Figura 5.23:	Perfil Geográfico BTS Simahurco- Rasuyacu Corazón	138
Figura 5.24:	Perfil Geográfico BTS Guango- Cuicuno Sur	139
Figura 5.25:	Perfil Geográfico BTS Pilisurco- Cuicuno Sur.....	139
Figura 5.26:	Perfil Geográfico BTS Simahurco- Cuicuno Sur	139
Figura 5.27:	Perfil Geográfico BTS Guango- San Francisco de Toacaso.....	140
Figura 5.28:	Perfil Geográfico BTS Pilisurco- Atocha- BTS El Guango	140
Figura 5.29:	Perfil Geográfico BTS Pilisurco- Compañía Alta- BTS El Guango.....	141
Figura 5.30:	Perfil Geográfico BTS Pilisurco- Consolación- BTS El Guango.....	141
Figura 5.31:	Perfil Geográfico BTS Pilisurco- Fernando Valdiviezo- BTS El Guango.....	142
Figura 5.32:	Perfil Geográfico BTS Pilisurco- Lagumaza- BTS El Guango.....	142
Figura 5.33:	Perfil Geográfico BTS Pilisurco- Lactahurco- BTS El Guango.....	143
Figura 5.34:	Perfil Geográfico BTS Pilisurco- San José de Rubio- BTS El Guango.....	143
Figura 5.35:	Perfil Geográfico BTS Pilisurco- Santa Isabel- BTS El Guango.....	144

Figura 5.36: Perfil Geográfico BTS Pilisurco- Chambapongo Bajo- BTS
El Guango..... 144

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1:	Valores de cobertura de Frecuencias.....	19
Tabla 3.1:	Demografía de la Provincia de Cotopaxi	33
Tabla 3.2:	Distribución poblacional en los cantones Latacunga y Salcedo por sus Parroquias Urbanas y Rurales.	34
Tabla 3.3:	Demografía del cantón Latacunga.....	36
Tabla 3.4:	Población de la ciudad de Salcedo.....	37
Tabla 3.5:	BTS's que brindan cobertura a Latacunga y Salcedo.....	37
Tabla 3.6:	Localidades de la parroquia Aláquez.....	39
Tabla 3.7:	Localidades de la parroquia Belisario Quevedo	39
Tabla 3.8:	Localidades de la parroquia de Latacunga	39
Tabla 3.9:	Localidades de la Parroquia Mulaló.....	40
Tabla 3.10:	Localidades de la Parroquia Poaló	40
Tabla 3.11:	Localidades de la Parroquia San Juan De Pastocalle	41
Tabla 3.12:	Localidades de la Parroquia Tanicuchi	41
Tabla 3.13:	Localidades de la Parroquia De San Francisco de Toacaso.....	42
Tabla 3.14:	Localidades de la Parroquia Cusubamba	42
Tabla 3.15:	Localidades de la parroquia San Miguel.....	43
Tabla 3.16:	Interfaz de la BTS3606.....	47
Tabla 3.17:	Especificaciones de transmisión de BTS 3606 en la banda clase 1-A.....	48
Tabla 3.18:	Especificaciones de recepción de BTS en la banda clase1-A.....	48
Tabla 3.19:	Especificaciones BER.....	48
Tabla 3.20:	Especificaciones de confiabilidad	49
Tabla 3.21:	Datos de la configuración de la BTS de El Guango.....	50
Tabla 3.22:	Configuración BTS Pilisurco	52
Tabla 4.1:	Características de la BTS El Guango	57
Tabla 4.2:	Características de la BTS Pillisurco.....	83
Tabla 4.3:	Parámetros Ingresados a Radio Mobile BTS El Guango..	101
Tabla 4.4:	Parámetros BTS Pilisurco.....	101

Tabla 4.5:	Parámetros del sistema de recepción del terminal móvil..	102
Tabla 5.1:	Parámetros para evaluar la calidad de servicio	119
Tabla 5.2:	Valores recomendados de Rx	123
Tabla 5.3:	Valores recomendados de E_c/I_0	123
Tabla 5.4:	Características Técnicas Antena Yagi 450-470 MHz CDMA	131
Tabla 5.5:	Estadística de Grupo Realizada en SPSS.....	147
Tabla 5.6:	Prueba de Muestra Independiente.	150

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 4.1:	Propiedades de la red	90
Cuadro 4.2:	Descripción de Propiedades de la Red.....	92

RESUMEN

En el presente proyecto se analizará la red CDMA de 450Mhz de telefonía inalámbrica en las zonas rurales en el cantón Latacunga y Salcedo, la tesis se enfoca en medir diferentes parámetros de la señal de CDMA 450 como potencia de la señal, calidad de servicio, área de cobertura, distancia, interferencias y otras que se definirán durante el desarrollo del presente trabajo. Además presenta el desarrollo de simulaciones en tres softwares de radio enlace como son Radio Mobile, Sirenet y Pathloss, los que permiten usar modelos matemáticos y se determinó cual fue el más cercano a los datos tomados en las localidades. El estudio finaliza con una tabla de datos recopilados en donde encontramos varios parámetros que fueron obtenidos en los sectores rurales del cantón Latacunga y Salcedo donde se cuenta con este servicio, y finalmente se analizaran bajo los criterios de calidad de servicio que dictan los estándares internacionales para telefonía inalámbrica CDMA 450 para así identificar los problemas que se presentan y determinar cuáles serían las medidas correctivas a aplicarse.

PALABRAS CLAVE:

- **ELECTRICA Y ELECTRÓNICA**
- **TELEFONÍA FIJA INALÁMBRICA**
- **RED CDMA**
- **TELECOMUNICACIONES – SECTOR RURAL**

ABSTRACT

With the advancement of telephony services in Ecuador, it has been the need to resort to technologies such as CDMA 450 to provide telephone number and rate of any fixed telephone to rural areas. This document is given to know the status of the communication CDMA450 implemented Cotopaxi Province, specifically in Latacunga and Salcedo cantons. First, by using simulation programs link: Radio Mobile and Sirenet using propagation models ITM (Irregular Terrain Model), Okumura Hata and Deygout analyzed the theoretical coverage. Then by measurements on site with portable spectrum analyzer Agilent N9917A FieldFox and omnidirectional antenna own Huawei phones involved in the communication frequencies designated for CDMA 450. With these studies arises: identifying the theoretical and actual state of the network in the province, the problems that affect the quality of service in the communities where they have this type of telephony solutions for people who have problems in service

KEYWORDS:

- **ELECTRICAL AND ELECTRONICS**
- **FIXED TELEPHONY WIRELESS**
- **CDMA NETWORK**
- **TELECOMMUNICATIONS - RURAL SECTOR**

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I

Generalidades del proyecto de investigación, análisis del problema, además antecedentes, objetivos, alcance y justificación del proyecto de grado.

CAPÍTULO II

Describe el Sistema CDMA 450 MHz, Elementos de Monitoreo y Software de Simulación, para familiarizarse con el tema y tener una idea de cómo funciona la tecnología CDMA y cuáles fueron las herramientas que necesitamos conocer con anterioridad

CAPÍTULO III

Descripción del sistema CDMA 450 en los cantones de Latacunga Salcedo y conocer geográficamente la ubicación y más características de las localidades, las que poseen el servicio de CMA 450 MHz.

CAPÍTULO IV

Simulaciones del sistema CDMA en Latacunga Y Salcedo, dónde se observará y podrá seguir paso a paso las simulaciones con cada Software en que se realizó las simulaciones.

CAPÍTULO V

Procedimiento de medición, análisis por localidades, análisis estadístico de los datos obtenidos y simulados en las comunidades de Latacunga y Salcedo de la provincia de Cotopaxi.

CAPÍTULO VI

Finalmente tenemos las conclusiones y recomendaciones que se obtuvo del Proyecto de investigación.

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES

CDMA450 es una solución 3G que combina los servicios de comunicación inalámbrica CDMA2000 con cobertura de red asequible con base en la banda de frecuencia 450 MHz, así como se puede determinar la red actual de CDMA 450 para la provincia de Cotopaxi.

En la Provincia de Cotopaxi se tiene 5 estaciones base (BTS), ubicadas en La Mariela, Guasaganda, Tzhigua, Guango y Simahurco, las cuales están constituidas con toda la infraestructura necesaria para brindar un servicio de voz y datos satisfactorio en una etapa de la región. La red CDMA450 en la provincia de Cotopaxi fue diseñada para brindar un óptimo servicio para el cliente, teóricamente se logra una cobertura de la mayor parte del territorio provincial sin considerar ciertas zonas rurales en las cuales por las condiciones geográficas no se puede brindar una cobertura óptima.

Para poder determinar el nivel de cobertura del sistema CDMA-450 actual, se procedió a utilizar la herramienta de Simulación de Redes Radioeléctricas llamada SIRENET, RADIO MOBILE Y PATH LOSS 4.0.

SIRENET complementa en un mismo programa un potente Sistema de Información Geográfica que permite la representación de entidades y simulaciones radioeléctricas sobre cartografía digital, con los algoritmos de cálculo más difundidos y reconocidos a nivel internacional en materia de comunicaciones inalámbricas.

Considerando, que el objetivo principal de esta tesis de grado, es realizar el : “ANÁLISIS DE COBERTURA Y CALIDAD DEL SERVICIO DE TELEFONÍA FIJA INALÁMBRICA CDMA 450 DE LA CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (CNT. EP.) EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI, CANTONES LATACUNGA Y SALCEDO” tiene como objetivo evaluar diferentes parámetros técnicos para determinar la afectación de los

mismos en la calidad del servicio prestado y a través del análisis de estos poder brindar soluciones que mejoren el servicio. La idea surgió como una respuesta a la cantidad de reclamos que se registran en las oficinas de CNT EP en sus diferentes agencias a nivel de la provincia de Cotopaxi, específicamente en el cantón Latacunga y Salcedo.

El sistema CDMA 450 permite brindar servicio de telefonía fija haciendo uso de la interfaz aire como última milla, de esta forma posibilita la expansión del acceso universal a los sectores más alejados y donde la geografía es el factor limitante para el desarrollo tanto tecnológico como social y cultural de los pueblos. Al ser un sistema de última milla inalámbrica se ve afectado por muchos más agentes que en una red de cobre convencional, como son la interferencia del mismo sistema por cercanía de BTS o también debido a la alta propagación de la señal, geografía limitante, problemas con los equipos terminales y además debido a radios piratas que ocupan frecuencias sin ninguna licencia. Por estas razones se vio necesario el monitoreo del servicio en el cantón Latacunga y Salcedo, donde se realizó un registro de niveles de potencia de recepción en los terminales de usuario, cobertura de las BTS, la capacidad para realizar y recibir llamadas y el tiempo de establecimiento de las mismas, así como también determinar la probabilidad de llamadas bloqueadas en base al tráfico que maneja cada sector.

Además se crearon mapas de cobertura por nodo usando la herramienta RADIO MOBILE, PATH LOSS 4.0, SIRENET y los datos correspondientes a cada BTS como azimuts, potencia, altura, tipo de antena, etc. para determinar las localidades donde debería brindarse un buen servicio según el nivel de potencia y cobertura de cada BTS.

Finalmente se realizan pruebas en campo con el analizador de frecuencia de AGILENT para mediante la comparación entre los resultados de los diferentes softwares dar varias propuestas para mejorar el servicio en lugares, donde según las visitas y pruebas de llamadas realizadas, se han identificado varios problemas por lo que la calidad del mismo se ha visto degradada.

1.1. ANTECEDENTES

La telefonía fija ha sido por mucho tiempo uno de los medios de comunicación más importantes en el país, es así que se ha cubierto gran parte del territorio nacional con las redes de cobre para brindar este servicio, considerando que las tarifas de la telefonía fija son mucho más accesibles para los ciudadanos de los sectores urbano marginales (USD 0,04 centavos por minuto), comparadas con las tarifas de telefonía móvil, es necesario la difusión de este servicio en las áreas rurales del país donde el factor económico juega un papel importante en el progreso de estos sectores.

El inconveniente para poder brindar el servicio de telefonía fija en las zonas rurales y distantes de centrales o nodos, es el alto costo de la construcción de la red de planta externa, que varía entre 400 y 700 dólares por abonado, dependiendo de la distancia y obras civiles a ejecutarse. Además las atenuaciones en el cobre debido a la distancia hacen que el servicio no presente las condiciones adecuadas para garantizar una buena calidad a los usuarios finales.

Por esta razón, la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT, en el año 2012 inicia un proyecto para brindar el servicio de telefonía fija inalámbrica CDMA en la banda 450Mhz, a las provincias de Cotopaxi y Tungurahua, con alrededor de 15.000 líneas.

Es así que inicia con la primera etapa de este proyecto en la provincia de Cotopaxi con la instalación de BTS en el sector del Guango, que brinda cobertura al cantón Latacunga

Con la puesta en operación de este sistema se pudo evidenciar una gran demanda de la telefonía fija inalámbrica en la zonas rurales de la provincia, que conlleva a la necesidad de ampliar el área de cobertura, para la cual se realizó la instalación de un mayor número de BTS's. En el cantón de Sigchos

se instaló una BTS ubicada en el sector de Simahurco, en el cantón Pujilí las BTS's instaladas en el sector Achayandi y Tzhigua, Pangua, la BTS para la Maná y Pilisurco está en el sector de Guasaganda que es parte de las repetidoras de Tungurahua que cubre el cantón Salcedo.

1.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Uno de los problemas a resolver en las comunicaciones de datos es cómo repartir entre varios usuarios el uso de un único canal de comunicación o medio de transmisión, para que puedan gestionarse varias comunicaciones al mismo tiempo, sin un método de organización, aparecen interferencias de radio frecuencia (IRF) que son perjudiciales y afectan en el correcto desempeño de los Sistemas de Comunicación, a este método de gestión del canal se denomina multiplexado o control de acceso al medio.

CDMA emplea una tecnología de espectro expandido y un esquema especial de codificación, en el que a cada transmisor se le asigna un código único, escogido de forma que sea ortogonal respecto al resto; el receptor capta las señales emitidas por todos los transmisores al mismo tiempo y selecciona la señal de interés si conoce el código correspondiente.

CDMA450 nace como una idea específica para zonas rurales, cuya ventaja es que con la utilización de una sola estación base BTS y sin la presencia de obstáculos en su trayectoria pueda cubrir hasta 80 Km, esto sería lo ideal pero debido a la geografía irregular y montañosa de la provincia, posible solapamiento entre BTS's generando inconvenientes a los usuarios en diversas zonas rurales, por tal razón es necesario un análisis de cobertura de la red CDMA en estas zonas, a fin de establecer las fuentes de los problemas de cobertura y calidad de señal que afectan a muchos abonados con este servicio.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar un análisis de cobertura y calidad de servicio de telefonía fija inalámbrica CDMA 450 de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT. EP) en la provincia de Cotopaxi, cantones Latacunga y Salcedo.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer el estado actual la red CDMA 450 existente en el cantón Latacunga y el cantón Salcedo (Provincia Cotopaxi)
- Realizar las simulaciones del área de cobertura de las BTS's del Guango y Pillisurco en Radio Mobile, Sirenet y Path Loss.
- Realizar mediciones de campo de los diferentes parámetros de la señal del sistema CDMA 450 en el cantón Latacunga y Salcedo.
- Determinar cuál modelo de simulación se aproxima más a la realidad de la cobertura de la comunicación CDMA 450 mediante una comparativa entre las simulaciones y la medición en campo.
- Analizar los efectos causados en la red debido a la evolución de las diferentes etapas de implementación del servicio.
- Determinar cuáles son los problemas que existe en la telefonía fija inalámbrica CDMA 450 en los cantones Latacunga y Salcedo.
- Determinar las soluciones con los cuales se podría mejorar el servicio en las comunidades rurales que se han presentado reclamos de los cantones Latacunga y Salcedo.

1.4. ALCANCE

El proyecto de CDMA constituye una gran inversión a nivel provincial ya que necesita estudios técnicos para ver el alcance y necesidades que tiene la tecnología CDMA 450MHZ. Es así que el proyecto consiste en realizar análisis

de cobertura y calidad del servicio de telefonía fija inalámbrica CDMA 450 de la corporación nacional de telecomunicaciones (CNT. EP.) En la provincia de Cotopaxi, cantones Latacunga y Salcedo, realizando los siguientes pasos:

- Investigar datos detallados de las características de la red así como de las antenas que se usan para la red CDMA450.
- Efectuar el estudio del software en el cual se realizarán las simulaciones: Radio Mobile, Path Loss y Sirenet.
- Simular la potencia de señal y área de cobertura generada en las BTS's para la señal del CDMA 450 y sus alcances en las comunidades a estudiar.
- Realizar el análisis de la disponibilidad de vías y lugares precisos a medir la señal CDMA 450.
- Realizar la medición en las comunidades seleccionadas de potencia de la señal, atenuaciones, área de cobertura, distancia e interferencias.
- Identificar los problemas que se presentan y determinar cuáles serían las medidas correctivas a aplicarse.

1.5 JUSTIFICACIÓN

Después de la implementación del servicio de telefonía fija inalámbrica CDMA 450 en la provincia de Cotopaxi en los cantones de Latacunga y Salcedo con las BTS`s ubicadas en el Guango que cubre el cantón Latacunga y Pilisurco que cubre al cantón Salcedo, se han ido presentando diversos problemas conforme este sistema ha ido evolucionando; es así que sectores donde inicialmente contaban con el servicio en excelentes condiciones, luego de las diferentes etapas de implementación se han visto afectados al punto de quedarse con un servicio intermitente, o en el peor de los casos sin servicio. Es por ello necesario evaluar la actual condición de la red, su cobertura y calidad, para determinar cuáles son las posibles causas de los diferentes problemas que experimenta este servicio.

CAPÍTULO II

2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA CDMA 450, ELEMENTOS DE MONITOREO Y SOFTWARE DE SIMULACIÓN

En este capítulo se revisará las generalidades de la tecnología CDMA así como su evolución y características hasta la comunicación CDMA 450, su definición, arquitectura y ventajas. Además de describirá sobre los elementos de monitoreo y cuáles son las necesidades del servicio de monitoreo según la UIT para el análisis de espectros en la investigación. Y finalmente la descripción básica de los programas de simulación de radio enlace que se usarán para teóricamente estudiar el estado de la red antes de proceder a su verificación en campo con el analizador de señales.

2.1. GENERALIDADES DE LA TECNOLOGÍA CDMA.

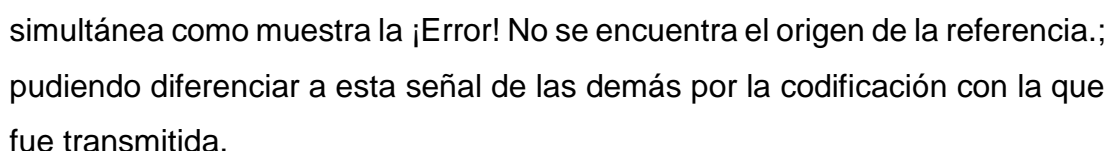
Hoy en día el desarrollo de las telecomunicaciones es una necesidad tanto urbana como rural es así que el principal inconveniente que enfrentan las comunicaciones inalámbricas es el escaso recurso radioeléctrico, por lo que se han desarrollado diferentes técnicas para que éste pueda ser compartido eficientemente entre los usuarios de la red. Las técnicas comúnmente utilizadas son: TDMA (Time Division Multiple Access - Acceso Múltiple por División de Tiempo), FDMA (Frequency Division Multiple Access – Acceso Múltiple por División de Frecuencia) y CDMA (Code Division Multiple Access – Acceso Múltiple por División de Código), cada una de éstas ha ido evolucionando conjuntamente con las tecnologías para comunicaciones móviles ofreciendo características únicas según el área en el cual se han especializado. [1]

CDMA es una tecnología basada en la técnica de espectro expandido (Spread Spectrum) que consiste en el ensanchamiento de la señal a transmitir a lo largo de una banda muy ancha de frecuencias, incluso más ancho del mínimo necesario para transmitir la información que se quiere enviar. No es el método más eficiente en la utilización de ancho de banda pero rinde al

máximo cuando se combina con sistemas existentes que hacen uso de la frecuencia. CDMA inició siendo utilizada con fines militares, principalmente usado y desarrollado en la II Guerra Mundial; en este período se investigó los beneficios del uso de la técnica de Espectro Ensanchado en las comunicaciones inalámbricas, entre las cuales se caracteriza la fortaleza de la señal frente al ruido, la seguridad que provee a la información, etc. Posteriormente en Estados Unidos se despliega todo un sistema celular con tecnología CDMA según el estándar IS-95 (primer estándar para telefonía móvil celular basado en CDMA y desarrollado por Qualcomm). Comercialmente se conoció a este estándar como CDMA-ONE y se lo clasificó como un estándar de segunda generación debido a que estaba diseñado para transmitir voz y datos. [2]

2.2. DESCRIPCIÓN DE CDMA

En CDMA los diferentes usuarios comparten de manera simultánea la misma banda de frecuencia en el tiempo. Con CDMA cada usuario es asignado a una forma de onda particular digitalizada que es casi ortogonal a las formas de ondas usadas por otros. La información podría ser modulada sobre esta forma de onda, transmitida sobre el sistema de comunicaciones y recuperada. [3]

El sistema de Acceso Múltiple por División de Código se define como un método de acceso al medio en el cual la información se encuentra distribuida en el ancho de banda debido a que está codificada usando la técnica de Espectro Ensanchado. Esta técnica permite la transmisión de varias señales de información (múltiples usuarios) dentro de un mismo canal de forma simultánea como muestra la ; pudiendo diferenciar a esta señal de las demás por la codificación con la que fue transmitida.

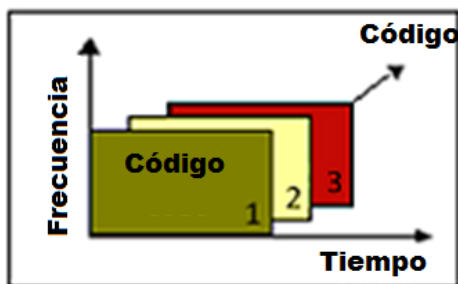


Figura 2.1: Acceso al medio por el método CDMA

Fuente: [4]

A continuación puede diferenciar cada señal de las demás por la codificación con la que fue transmitida en la Figura 2.2.

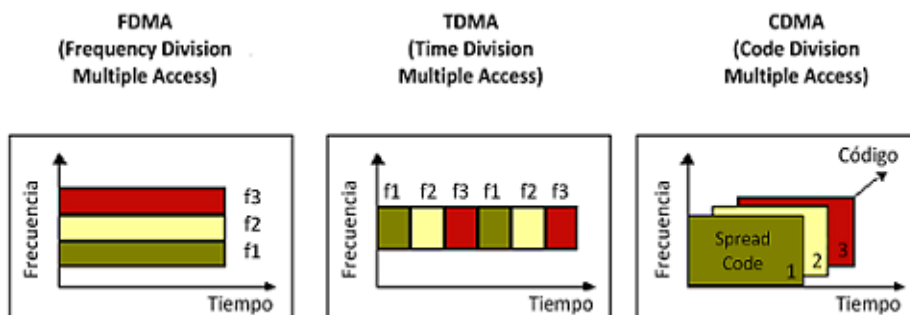


Figura 2.2 Métodos de acceso al medio

Fuente: [4]

2.2.1. CONTROL DE POTENCIA

La señal del CDMA se expande, consiguiendo una ocupación de todo el volumen de los recursos por todos los usuarios a los que se brinda comunicación. Debido a que todos los usuarios comparten la misma porción del espectro de radiofrecuencia simultáneamente, el control de potencia es una característica esencial para la operación de los Sistemas CDMA.

Esto implica un control de la lejanía y proximidad de los terminales, de tal forma que uno transmita exclusivamente la potencia necesaria para conseguir que la comunicación se realice. Para resolver lo planteado, la estación base

envía información a los terminales respecto de la calidad y potencia con la que escucha a cada uno de ellos, de acuerdo a las características de propagación en cada instante.

El control de potencia permite además el ahorro de energía de las terminales, ya que no se desperdicia energía en la etapa de radiofrecuencia; por otro lado, el efectivo control de potencia permite que la capacidad del sistema se optimice. Es decir, manteniendo a los usuarios con el mínimo nivel de potencia, se facilita el ingreso de nuevos usuarios al sistema.

2.2.2. HAND OFF

Se denomina al sistema utilizado en comunicaciones móviles celulares con el objetivo de transferir el servicio de una estación base a otra cuando la calidad del enlace es insuficiente en una de las estaciones. Este mecanismo garantiza la realización del servicio cuando un móvil se traslada a lo largo de su zona de cobertura.

2.2.3. CAPACIDAD

El sistema CDMA se ve limitando en capacidad por la interferencia existente en el medio, sea ésta por factores externos o por la cantidad de usuarios en el canal, que puede degenerar las señales más débiles de los usuarios. La cantidad de usuarios por canal está definida por la fórmula:

$$T_u \approx \left(\frac{W}{\frac{R}{E_b}} \right) \quad (2.1)$$

Don T_u representa el número de usuarios totales, W el ancho de banda, R la tasa de bits, E_b/N_0 la relación señal al ruido. Esta relación está establecida para el caso de una sola celda, en caso de varias celdas se debe considerar la interferencia generada por otros usuarios por lo que la relación señal al ruido se ve afectada de la siguiente manera:

$$\frac{E_b}{N_o} = \left(\frac{1}{T_{u-1}} \right) * \left(\frac{W}{R} \right) * \left(\frac{1}{\eta+1} \right) * \lambda * \frac{1}{v} \quad (2.2)$$

Donde η representa el factor de carga de la celda, λ representa la ganancia de sectorización y v representa el factor de actividad de la voz.

2.2.4. ARQUITECTURA DEL CDMA

En la Figura 2.3 se muestra la arquitectura de una red CDMA:

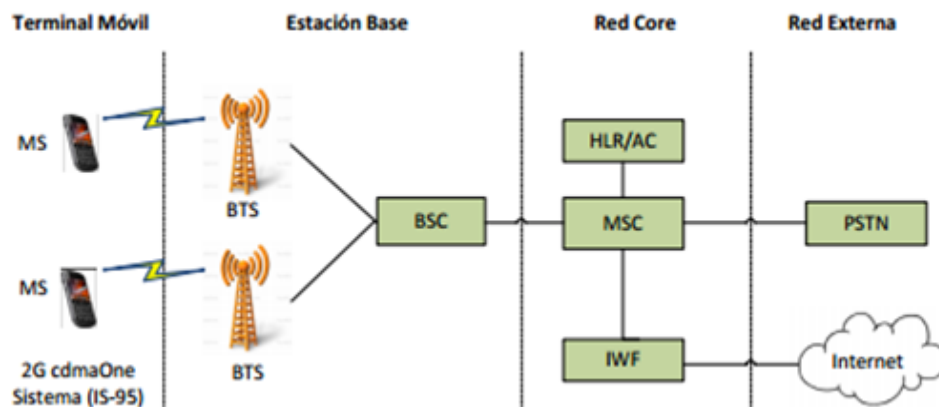


Figura 2.3: Arquitectura de una red CDMA

Fuente: [5]

- **MS (Mobile Station o Estación Móvil):** se trata del terminal móvil del usuario, está enlazado a una BTS que es mediante la cual establece la comunicación.
- **BTS (Base Station Transceiver o Estación Base Transceptora):** la BTS es usada para transmitir y recibir señales de radio y para implementar la comunicación entre la red móvil y los terminales de abonado.
- **BSC (Base Station Controller o Estación Base de Control):** la BSC se usa para implementar las siguientes funciones:
 - a. Controlar y administrar las BTS's.
 - b. Configurar conexiones de llamadas.
 - c. Implementar control de potencia.

- d. Administrar recursos de radio.
- e. Implementar handoffs que aseguran conexiones de radio confiables.
- **MSC (Mobile Switching Center o Centro de Conmutación Móvil):** el MSC se usa para implementar las siguientes funciones:
 - a. Configuración de llamada.
 - b. Selección de Rutas.
 - c. Asignación de Recursos de Radio.
 - d. Administración de movilidad.
 - e. Registro de Ubicación.
 - f. Conmutación de canales dentro de un área.
 - g. Generación de facturas.
 - h. Coordinación de servicios con la red telefónica.
 - i. Interfaz SS7 e interfaz de red.
- **HLR (Home Location Register o Registro de Ubicación Base):** es una base de datos para administración de suscriptores móviles. Almacena la información de suscripción, estado del suscriptor, e información de la ubicación de la estación de abonado.
- **VLR (Visitor Location Register o Registro de ubicación de Visitante):** en esta base de datos se guardan datos temporales de usuarios y que son necesarios para brindar servicio a aquellos que están en una zona geográfica diferente a la que habitualmente se encuentran. En este caso el móvil al estar en un área cubierta por un nuevo MSC necesita que sus datos sean compartidos temporalmente al VLR de manera que pueda tener servicio.
- **AC o AuC (Authentication Center o Centro de Autenticación del Usuario):** éste es el encargado de determinar los parámetros que permitan verificar la identidad de un usuario. Los parámetros de autenticación y encriptación son importantes porque brindan seguridad y confidencialidad a la comunicación además de prevenir fraudes a los operadores.
- **IWF: (Interworking function o Función de Interoperación):** es un Gateway entre la red móvil y la infraestructura de datos, nos permite dirigir

las llamadas desde y hacia la nube de internet.

2.2.5. PROCESAMIENTO DE LLAMADAS

Para llevar a cabo una llamada, mantenerla y finalizarla, se necesita varias funciones que permitan realizar dichos procesos.

El estándar IS-95 CDMA, describe estas funciones con respecto a la estación móvil. A continuación se describe las etapas del proceso de llamada en el sistema CDMA que se visualiza en la Figura 2.4.

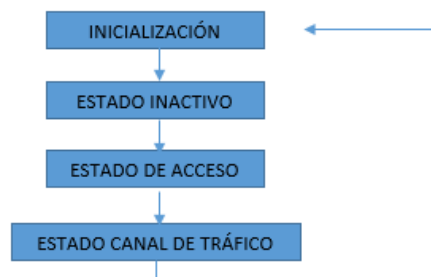


Figura 2.4: Etapas del proceso de llamada en el Sistema CDMA

Fuente: [5]

a. ESTADO DE INICIALIZACIÓN

La etapa de inicialización tiene cuatro subetapas que son:

- Determinación del sistema, en la que el móvil selecciona que sistema usará (por ejemplo el sistema A o B de la banda celular.)
- Adquisición del canal piloto, en el que adquiere el canal piloto más fuerte mediante la búsqueda de todas las posibilidades.
- Adquisición del canal de sincronización, en el que obtiene dicho canal utilizando la función de Walsh y el offset de tiempo detectado por el canal piloto. Mediante este canal obtiene información acerca de la configuración del sistema y los datos de sincronización de tiempo
- Cambio de reloj, en el que el móvil sincroniza su reloj y la fase del código largo, al del sistema CDMA.

b. ESTADO LIBRE DEL SISTEMA

En este estado libre del sistema se monitorea el canal de paging del enlace de ida, para así enviar y recibir mensajes y obtener los parámetros necesarios para iniciar o recibir una llamada. El móvil envía sobre el canal de paging la siguiente información: parámetros del sistema, lista de canales CDMA, parámetros de acceso, etc.

Tomemos en cuenta que mientras el móvil está en estado libre puede moverse de una a otra área de cobertura de una estación, entonces se produce un handoff. En esta situación es necesario que el sistema monitoree el conjunto de señales piloto es decir las señales piloto activas, vecinas y remanentes, para decidirse por una de ellas de acuerdo a su potencia.

c. ESTADO DE ACCESO AL SISTEMA

En este estado el móvil envía mensajes sobre el canal de acceso y la estación base envía mensajes en el canal de paging. El móvil monitorea el canal de paging hasta que recibe el conjunto actualizado de mensajes de configuración. Entonces el móvil envía hacia la estación base el mensaje de inicio, mensaje de respuesta, asignación de canal de acceso con prioridad.

Otra función del estado de acceso es el subestado de registro de acceso en el que el móvil informa a la estación base acerca de la identificación del móvil, estado, localidad y otra información pertinente.

Para la autenticación del móvil se usa la clave A, que es un número aleatorio conocido solamente por el centro de autenticación (AC Authentication Center). Para la obtención de la clave A se necesita datos como el número serial electrónico (ESN Electronic Serial Number) y el número de identificación el móvil (MIN Mobile Identification Number).

d. ESTADO DEL CANAL DE TRÁFICO

Cuando el intento de acceso es exitoso, la estación móvil pasa al estado de canal de tráfico. En este estado es cuando se da lugar a la comunicación de voz. Para concluir una llamada el móvil envía una petición de liberación de llamada y espera la respuesta desde la estación base, también la estación base ordena al móvil terminar la llamada y liberar los recursos en cualquier momento, esta información se transmite a través del canal de tráfico de ida. Además se envían mensajes de control de potencia.

2.2.6. EVOLUCIÓN DE LA TECNOLOGÍA CDMA

Desde su aparición a principios de la década de los 90, la tecnología CDMA impulsó los sistemas 2G ante las nuevas demandas de los usuarios como son la transmisión de datos. En la actualidad CDMA toma un papel muy importante en las actividades de desarrollo de los sistemas 3G, con su versión de banda ancha W-CDMA (Wideband CDMA).

Un sistema 3G no solamente brinda servicios de voz, también incluye servicios de internet y fax, y la posibilidad de usarlos en cualquier parte del mundo gracias a la capacidad del Roaming internacional. Sobre estas posibilidades se han ofrecido más servicios de valor agregado como multimedia, entretenimiento, etc.

2.3. SISTEMA CDMA 450

No es más que la tecnología CDMA2000 desarrollada en las Bandas de 450-470 MHz, la novedad es el impulso que el CDMA Development Group quiere hacer de CDMA2000 en la banda de los 450 MHz, que se utiliza más en áreas de baja densidad poblacional.

La tecnología CDMA original se conoce como cdmaOne/IS-95-A, ofrece soporte a señales de voz conmutada por circuitos y las señales de datos pueden ser conmutadas por circuitos o paquetes con velocidades 14.4 Kbps.

También se utilizan uno o más portadoras de 1.25 MHz y operan dentro de las bandas de frecuencia de 800 y 1900 MHz.

La interfaz aire IS-95 fue normalizada por la Asociación de Industrias de Telecomunicaciones (TIA) en julio de 1993. Las redes que utilizan la interfaz aire IS-95 CDMA y el protocolo de red ANSI-41 se marcan como redes CdmaOne, es posible comprimir entre 8 y 10 llamadas digitales para que estas ocupen el mismo espacio que ocuparía una llamada en el sistema analógico.

Así mismo ofrece mayor capacidad que otros estándares digitales (celulares 10 a 15 veces mayor que analógicos), voz relativamente de alta calidad y un alto nivel de aislamiento.

CdmaOne se caracteriza por su alta capacidad, celdas de radio pequeño, que emplea espectro extendido y un esquema de codificación especial. Este ya incorpora en sus terminales los protocolos TCP/IP y PPP. Los teléfonos de esta generación son de gran capacidad y menor necesidad de carga de batería

2.3.1. DEFINICIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA CDMA 450

El sistema CDMA 450 no es más que la tecnología CDMA 2000 que emplea códigos matemáticos para distinguir las distintas conversaciones entre terminales y estación base bajo un mismo intervalo de frecuencia. Siguiendo los principios de CDMA cada código es único para cada usuario y sus valores de correlación son muy bajos, razón por la cual cada receptor es capaz de seleccionar la señal deseada del transmisor.

Debido a que en la tecnología CDMA los usuarios comparten una misma porción del espectro de manera simultánea, el control de potencia se vuelve esencial para la correcta operación del sistema. El mismo implica un control de proximidad entre el terminal y la estación, permitiendo que la comunicación

transmita únicamente la potencia necesaria para realizar la comunicación. De esta manera la estación base envía información a los terminales sobre la potencia y calidad de la señal recibida en cada instante de acuerdo a las características de propagación.

Un efectivo control de potencia permite reducir el consumo de energía en los terminales, así como también se optimiza la capacidad del sistema permitiendo que más usuarios ingresen al sistema. Dado que CDMA 450 utiliza la misma frecuencia de operación con códigos individuales para cada usuario, permite que no se den interrupciones en la comunicación para usuarios que transitan entre celdas, el ya previamente explicado Soft handoff.

Por último, el patrón de reuso de frecuencias permite utilizar al máximo el espectro asignado en tanto no se repita el código de cada usuario ya que en este caso no existe interferencia en el canal. La banda de 450 MHz incluye sub-bandas en los rangos de frecuencia 410-430 MHz, 450-470MHz y 470-490 MHz como muestra la Figura 2.5.

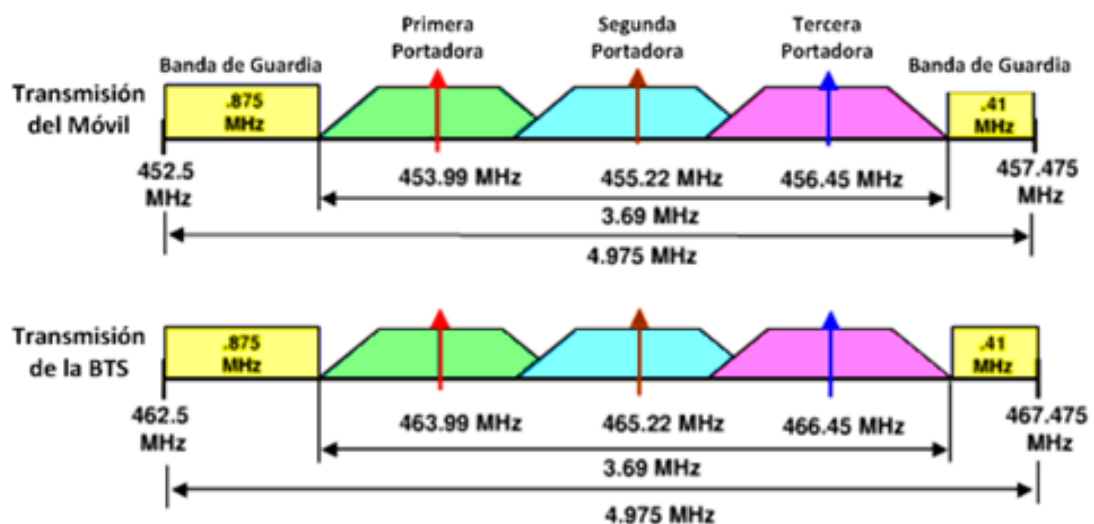


Figura 2.5: Bandas de la telefonía CDMA 450

Fuente [5]

2.3.2. ARQUITECTURA DEL SISTEMA CDMA 450

En la Figura 2.6 se muestra los componentes básicos de una red CDMA 450 donde un conjunto de estaciones base (BTS's) se encuentran controladas por una estación controladora (BSC).

Las comunicaciones telefónicas son conmutadas por una central (MSC), que además interconecta el sistema a la red de telefonía (PSTN). El acceso a la red de datos en paquetes es provisto por un nodo tipo PDSN, que permite brindar servicio de datos a los usuarios.

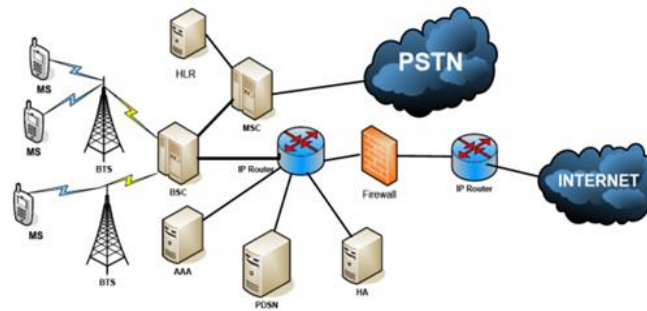


Figura 2.6: Mapa de Acceso de una Red CDMA 450

Fuente: [5]

2.3.3. VENTAJAS DE USAR EL SISTEMA CDMA 450

Los primeros usos que se dio a la tecnología CDMA fueron en el campo militar ya que facilitaban detectar las señales ensanchadas en el espectro. El sistema al igual que cualquier sistema de comunicación móvil debe estar en la capacidad de ofrecer un amplio servicio multimedia con sus correspondientes garantías de Calidad de Servicio (QoS). Dichas garantías deben incorporar tanto aspectos relacionados con el retardo en la transmisión que se va a poder tolerar, como la máxima tasa de error, y todas ellas son directamente dependientes del servicio en cuestión y de sus necesidades de interactividad y robustez frente a errores de transmisión. [5] De tal manera podemos describir algunas ventajas:

a. MAYOR COBERTURA

La principal razón para elegir CDMA 450 son las características superiores de propagación y su alto porcentaje de penetración (in-building), comparado con las frecuencias 800, 900, 1800, 1900 MHz. Como resultado tenemos celdas de cobertura más amplias que permiten reducir el número de estaciones base (BTS) requeridas para brindar servicio a un área determinada como se muestra en la Figura 2.7 y los valores de frecuencia como muestra la Tabla 2.1.

Tabla 2.1

Valores de cobertura de Frecuencias

Frecuencia (MHz)	Radio de la celda (Km)	Área de la celda (Km ²)	Número de celdas relativas
450	48.9	7521	1
850	29.4	2712	2.8
950	26.9	2269	3.3
1800	14.0	618	12.2
1900	13.3	553	13.6
2500	10.0	312	24.1

Por lo tanto, en términos económicos la utilización del estándar CDMA 450 para zonas rurales en donde la densidad poblacional es baja y el territorio que se debe cubrir es extenso. Se debe considerar que en la comunicación CDMA la cobertura es inversamente proporcional al número de usuarios.

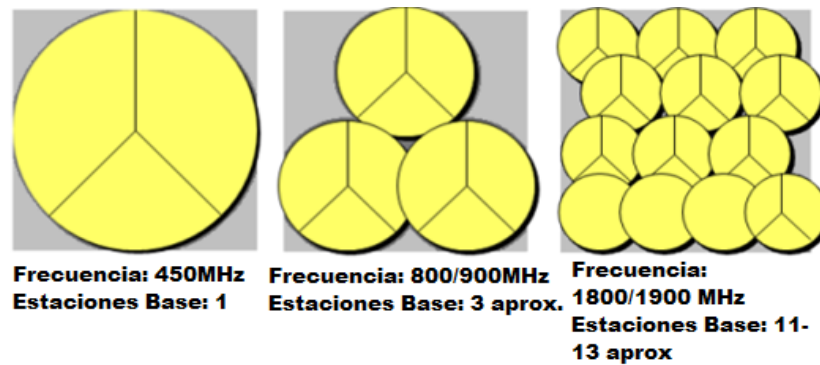


Figura 2.7: Número de estaciones base para Frecuencias.

Fuente: [5]

b. MAYOR FLEXIBILIDAD EN EL TAMAÑO DE CELDAS

La tecnología CDMA opera la relación entre su capacidad y la cobertura por medio del control de su mecanismo de potencia y la dinámica del tamaño de sus celdas, por ejemplo cuando su capacidad máxima no sea utilizada es posible brindar servicio a más usuarios, o caso contrario entregar el máximo de capacidad cuando el rango máximo de cobertura no lo requiera. Este efecto dinámico de las celdas se lo cataloga como “cell breathing” o “celda respirando” y sucede cuando más usuarios se conectan a la estación base, se reduce el rango de efectividad de la celda.

Este posible problema en su mayoría no se presenta en escenarios rurales por su poca densidad poblacional y por las exigencias propias del lugar; opuesto a una zona urbana en donde la cobertura y su capacidad es un factor primordial y por lo tanto sus celdas se reducen considerablemente.

c. USO DEL ESPECTRO

En muchos países como Argentina, México, Perú, Surinam, Venezuela e incluyendo el Ecuador, el canal de los 450 MHz fue utilizado para la transmisión de portadoras de celular para comunicaciones analógicas y actualmente está fuera de uso.

Este canal que se encuentra libre, puede ser concesionado de manera más factible que otras frecuencias. Por esta razón países como Belice, Bolivia, Brasil, Colombia, El Salvador, Guatemala Honduras, Jamaica, Nicaragua, Panamá, Paraguay y República Dominicana han indicado su interés en el uso del espectro para esta tecnología.

d. SERVICIOS Y APLICACIONES

CDMA 450 es una red de tercera generación tiene: servicios de voz, SMS, MMS, datos de banda ancha, bajada de videos, bajada de música, push-to-talk (PTT), servicios de localización, TV móvil, servicios de emergencia, seguridad nacional, tele-educación y tele-medicina.

e. UNA TECNOLOGÍA COMPROBADA Y ESTABLE

La tecnología CDMA es una tecnología respaldada por empresas protagonistas en el campo de las telecomunicaciones como Qualcomm, Huawei, ZTE, Alcatel – Lucent, UTStarcom y Nortel por mencionar algunas; además su implementación está enfocado en economías emergentes y en desarrollo. Actualmente existen más de 15 millones de suscriptores CDMA 450 en 55 países en el mundo, utilizando servicios ofrecidos por 100 operadores, de los cuales 95 tienen redes comerciales CDMA2000 1x, 42 EV-DO Release 0 y 14 EV-DO Rev A.

2.4. TECNOLOGÍA EV-DO

La tecnología EV-DO (de las siglas en inglés Evolution-Data Optimized o Evolution-Data Only), comúnmente abreviado EV, es un estándar de telecomunicaciones para la transmisión inalámbrica de datos de redes de telefonía celular evolucionadas desde IS-95 (CdmaOne).EV-DO está clasificado como un acceso de banda ancha y usa técnicas de multiplexación como CDMA (Code Division Multiple Access) y TDMA (Time Division Multiplex Access) para maximizar la cantidad de información transmitida.

2.4.1. DEFINICIÓN

CDMA 1x EV-DO es un estándar aplicado a redes CDMA para brindar servicio de banda ancha e internet, es decir permite velocidades de descarga de hasta 2.4576 Mbps.

EVDO divide los datos a transmitirse en paquetes, los mismos se envían de manera independiente entre sí, lo que permite ahorrar ancho de banda en la comunicación que puede ser utilizado por otras aplicaciones.

2.4.2. ARQUITECTURA – INTEGRACIÓN A LA ARQUITECTURA CDMA

Para ser completamente compatible con CDMA, 1x EVDO requiere un dispositivo multimodo de apoyo a la red IP y a la interfaz de aire. EVDO utiliza el modelo de arquitectura basado en el protocolo IP.

El usuario con un terminal EVDO se conecta a la BTS IP, la misma se conecta con la oficina central donde los controladores de la red manejan el tráfico necesario. Este tráfico es enviado a la red a través de un router como se puede visualizar en la Figura 2.8.

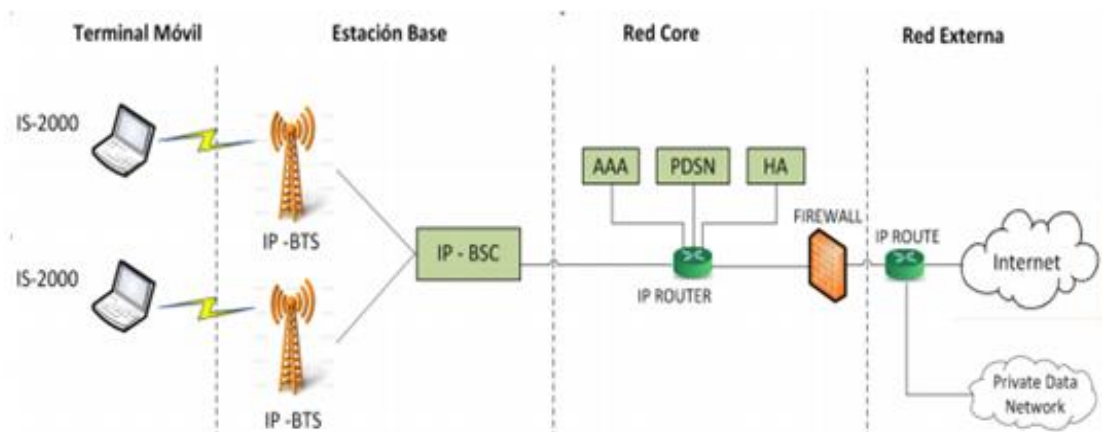


Figura 2.8: Arquitectura Integrada CDMA

Fuente: [1]

2.5. ELEMENTOS DE MONITOREO

El proceso de mediciones se orienta a recolectar la información técnica mínima requerida para verificar los valores en uso de todos y cada uno de los parámetros técnicos autorizados a una estación radioeléctrica, los que están asociados por supuesto a un servicio Radioeléctrico determinado. Esto por eso el estricto Cumplimiento de los valores y rangos autorizados es esencial para poder garantizar la explotación del ERE (Espectro Radioeléctrico) de manera armónica, sin generar interferencias perjudiciales entre estaciones, además de garantizar el uso del ERE conforme con el Cuadro Nacional de Frecuencias, y el cumplimiento de los compromisos inherentes al respecto en lo relativo a la aplicación nacional del RR(Reglamento de Radiocomunicaciones) de la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones), en el entendido que las asignaciones correspondieron a un Plan Técnico previo, que ha determinado los valores de los parámetros que se pueden autorizar en cada caso. Fuente: [27]

2.5.1. TIPOS DE ESTACIONES DE MONITOREO

De acuerdo a su propósito y funcionalidad se puede realizar la clasificación de las estaciones de Monitoreo en 4 tipos:

- Estaciones Fijas, Atendidas y no atendidas
- Estaciones Transportables
- Estaciones Móviles
- Sistemas portátiles de Monitoreo

De acuerdo al MCTE (EL Manual de Comprobación Técnica del espectro Radioeléctrico) 2011, las estaciones monitoras fijas y transportables comparten varias características técnicas en cuanto al tipo de antenas y la altura de la torre. Su diferencia radica en el hecho de que la estación transportable puede ser reubicada en diferentes sitios, de acuerdo a las

necesidades del servicio de monitoreo (UIT -R, 2011s). Por esta razón las estaciones fijas y las transportables típicamente utilizan las mismas especificaciones técnicas.

Cada estación debe contar con los equipos necesarios para realizar al menos las tareas de: mediciones de las frecuencias; mediciones de la intensidad de campo y de la densidad de flujo de potencia; mediciones del ancho de banda; mediciones de la modulación; mediciones de la ocupación del espectro; análisis de la señal e identificación del transmisor; radiogoniometría y determinación del emplazamiento.

Para ello deben contar con un conjunto básico de equipos que consta de: Analizador de Espectros o analizador vectorial entre 20kHz y 6GHz; Equipo de radio determinación (goniómetro) que cubra al menos las bandas de VHF y UHF; Equipo o software para registro y análisis de información, y para medidas de ocupación (es suficiente contar con analizadores de espectros con capacidad de realizar espectrogramas y el software adecuado para el registro); equipos para análisis de modulación (puede estar incorporado en el analizador de espectros o en el analizador vectorial); GPS para sincronización de los equipos de medida; generador de frecuencia de referencia; computador para tareas de ejecución del software de registro y análisis, y tareas documentales, tales como reportes.

Adicionalmente, la estación fija debe contar con el conjunto de antenas que cubra el rango de frecuencias a monitorear típicamente hasta los 3 GHz y en aplicaciones de rango extendido hasta 6 GHz.

Las Estaciones Móviles, a diferencia de las transportables que son ubicadas en sitios por semanas o meses, se desplazan de manera permanente, por lo que utilizan diferentes tipos de antenas y configuración para ser más compactas.

El Analizador de espectros sigue siendo el equipo receptor de aplicación general más utilizado y con el cual se pueden acometer gran parte de las tareas de monitoreo y control. De igual manera el avance de la electrónica y los nuevos diseños de antenas de banda ancha, con grandes prestaciones en ganancia y bajo ruido permiten integrar soluciones muy prácticas de monitoreo y a costos muy competitivos.

Dependiendo de la banda y del tipo de servicio existen diferentes técnicas y procesos de medición. La gran dinámica en el despliegue de nuevas infraestructuras para ampliar la cobertura de las redes de telecomunicaciones inalámbricas plantean requerimientos de mediciones de comprobación que requieren movilidad, portabilidad y la capacidad de medir en bandas de frecuencias múltiples, que van desde los MHz hasta los 26 o 30 GHz. Fuente: [27]

2.5.2. SISTEMAS DE MONITOREO PORTÁTILES

Los sistemas de monitoreo portátiles son la respuesta a necesidades de movilidad y portabilidad con el propósito de identificar con exactitud la posición de una fuente interferente o, para el caso de enlaces de microondas, con el propósito de realizar el inventario en bandas del espectro hasta los 26 GHz. para el reuso de frecuencias en sitios de alta congestión y en sitios en donde las estaciones fijas o transportables no alcanzan a cubrir, un sistema portátil se puede configurar para que opere si se requiere en un vehículo adecuado para tal fin y convertirlo en una estación móvil.

Las principales características que debe tener un sistema portátil de monitoreo se indican a continuación:

- Fácil de transportar en vehículo campero o en avión.
- Debe ser práctico y fácil de instalar.
- Debe ser robusto pero de fácil manipulación

- Debe hacer manejo georreferenciado de toda la información.
- Debe contar con un Sistema computarizado para automatizar mediciones y almacenar registros.
- Debe estar en capacidad de medir ocupación de uno o más canales de forma automática.
- Debe permitir la detección y localización de fuentes interferentes.

Las antenas y equipos de medida deben cumplir con los requerimientos mínimos de la recomendación ITU-R SM.1392-2 (UIT-R, 2011q). El sistema podrá contar con un sistema de rotación de antena situado en la parte alta del mástil con sistema de control que permita rotación en 360 grados en acimut y 90 grados en elevación (opcional).

La unidad debe estar provista con un computador portátil, una unidad de disco externa con capacidad de al menos 2TB. El computador debe tener mecanismos de protección contra vibración e impactos leves, que protejan los dispositivos de almacenamiento, o en su defecto utilizar mecanismos de almacenamiento de Estado Sólido. Fuente: [27]

2.5.3. COMPOSICIÓN DE UNA ESTACIÓN PORTÁTIL DE MONITOREO

Las principales partes con las que se puede configurar una estación portátil de monitoreo son:

- Antenas Receptoras de Banda ancha, rangos típicos:
- 1 MHz a 30 MHz
- 20 MHz a 3 GHz
- 700 MHz. a 18 GHz
- 18 GHz. A 26 GHz
- Preamplificador de alta ganancia y banda ancha, características típicas
- 700 MHz a 18 GHz
- Ganancia promedio 40 dB
- Figura de ruido de 3.5 dB.

- Analizador de espectros, algunos requerimientos típicos
- Rango de operación de 15KHz. A 26 GHz.
- RBW de 10 kHz. o mejor
- Puerto IEEE-488 o LAN de control remoto
- Computador portátil, con las siguientes especificaciones:
- Con 4 puertos USB
- Memoria RAM: 128 MB o mejor.
- Espacio en disco duro de 200 MB o mejor.
- Display: 1024x768, 32 bits color depth.
- Components 2.7
- Software de automatización
- Hardware de Interconexión de dispositivos.
- Interface USB-IEEE-488
- Servomecanismo de movimiento de antena con interface RS-232.
- Cables de RF de baja pérdidas calibrados. Fuente: [27]

2.6. HERRAMIENTAS DE SIMULACIÓN

A continuación podrá ver una descripción breve de lo que trata cada programa de simulación q fue utilizado en la realización del proyecto de grado.

2.6.1. ESTUDIO DE SIRENET

SIRENET (Simulation of Radio Electric Networks o Simulación de Redes Radio Eléctricas) es una potente herramienta informática que facilita la planificación y gestión de redes de radio así como el análisis de compatibilidad electromagnética.

SIRENET permite realizar funciones de diseño, planificación, gestión y optimización de redes radioeléctricas para todo tipo de tecnologías inalámbricas, en cualquier parte del mundo y tanto en entornos rurales como urbanos como se muestra en la Figura 2.9.

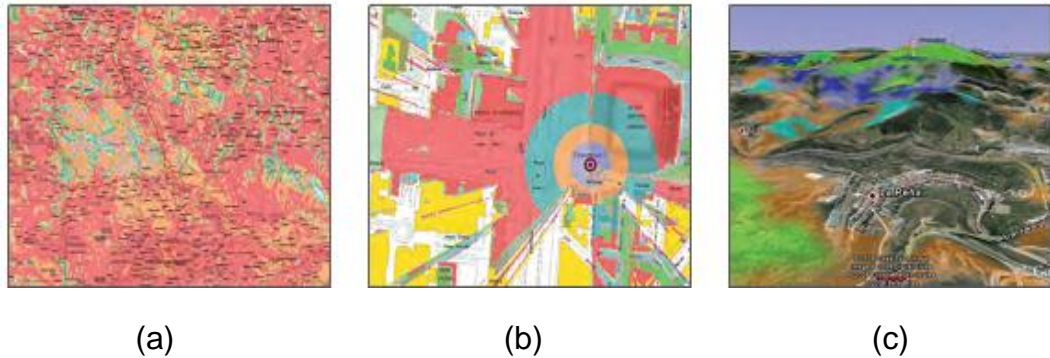


Figura 2.9: Imágenes de variados estudios que se pueden realizar en SIRENET; (a) y (b) Análisis de Cobertura con diferentes métodos de análisis;(c) Estudio de cobertura en Google Earth

La herramienta se basa en la simulación de entornos reales apoyándose en un avanzado sistema de información geográfica, en la reproducción exacta del comportamiento de los equipos radioeléctricos y en los algoritmos más avanzados y actuales para la predicción de la propagación en distintos entornos. La aplicación nos brinda un entorno de simulación amigable dentro del Sistema Operativo Windows. Su manejo no es complejo y permite intuitivamente trabajar de acuerdo las necesidades de distintos perfiles de usuarios.

Adicionalmente SIRENET brinda la facilidad de trabajar en el entorno local de una PC equipada con Windows o en entornos multiusuario de una red de área local.

2.6.2. ESTUDIO DE RADIO MOBILE

Radio Mobile es un software de simulación de radio enlaces que se lo puede descargar de manera gratuita y permite trabajar en el rango de frecuencias de 20 MHz a 20 GHz, todo esto basado en el modelo de propagación ITM (Irregular Terrain Model o Modelo de Terreno Irregular).

El programa permite obtener cálculos y todos los datos necesarios para realizar radio enlaces funcionales y abandonar la tarea que resultaría de hacerlo manualmente como obtener las cartas topográficas e ir relevando todas las curvas de nivel por las que atraviesa el enlace, para después recién

poder empezar a considerar los demás aspectos operativos para un óptimo enlace. Radio Mobile usa cartografía y mapas satelitales de mediana definición que nos permite realizar un radio enlace básico, dando entre otros resultados los visualizados en la siguiente Figura 2.10.

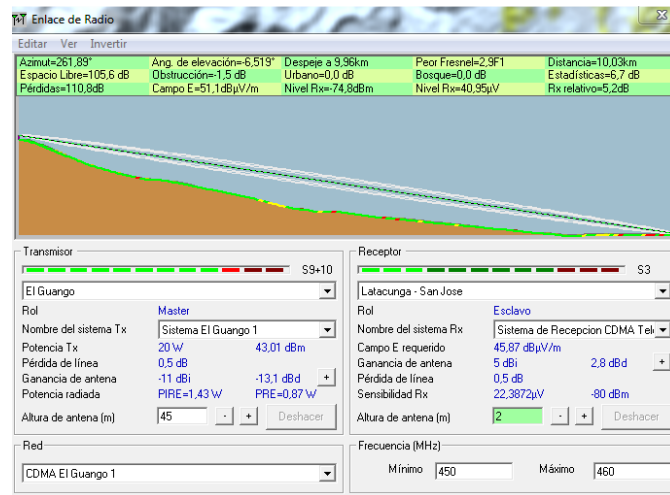


Figura 2.10: Estudio realizado en Radio Mobile

El programa está destinado para el aprendizaje, sin embargo, después de años de desarrollo de su autor Roger Coudé alcanzó un nivel de eficacia y excelencia equiparable a herramientas de simulación de radio enlaces de reconocidas marcas como Motorola, cuyas licencias llegan a tener un costo de miles de dólares.

El programa permite dibujar la elevación usando la información SRTM, además se ofrece la posibilidad de agregar mapas de caminos y carreteras simultáneamente a los relieves del contorno junto a las curvas de nivel.

El funcionamiento de cada unidad transmisora o receptora se da detallando la potencia, parámetros de la antena, sensibilidad, etc. Los enlaces entre las unidades también pueden ser analizados. El patrón de cobertura puede analizarse individualmente para cada unidad en caso de ser necesario. Radio Mobile además presenta la característica “Best Site” que nos sugiere los mejores lugares de emplazamiento si se desea diseñar un radio enlace óptimo.

No es necesario especificar las características básicas que debe poseer un software para simulación de este estilo, y que por supuesto Radio Mobile posee, a saber: curvatura terrestre, radio de fresnel, horizonte visual, características climatológicas, características troposféricas, etc. Todo tomado en consideración al hacer una simulación de radioenlace como la mostrada en la Figura 2.11.

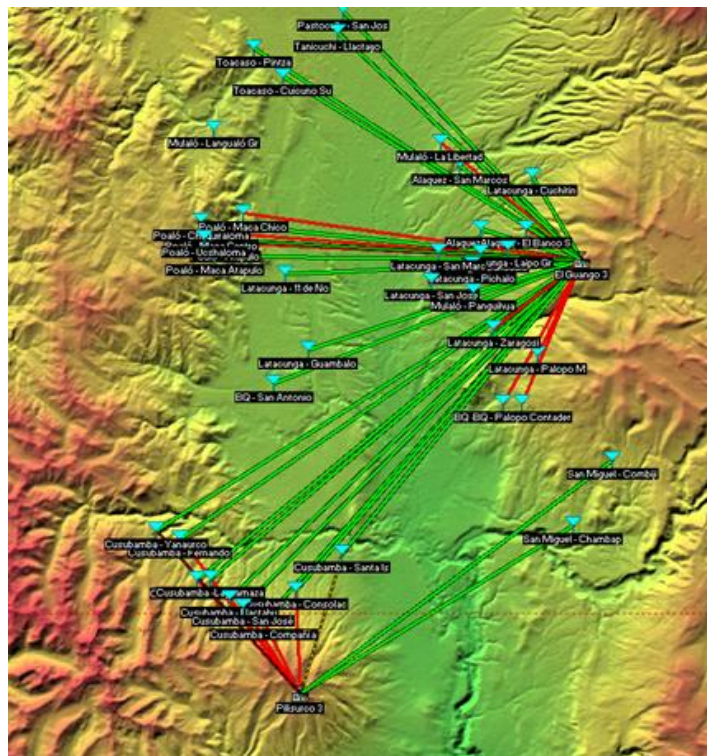


Figura 2.11: Visualización del mapa del proyecto en Radio Mobile

2.6.3. ESTUDIO DE PATH LOSS

Pathloss es un potente software de simulación de radio enlace creado por Contract Telecommunication Engineering Ltd. que permite hacer cálculos de ingeniería para enlaces de microonda como: Predicciones de la propagación de señales radioeléctricas, analizar su confiabilidad y diseñar redes para enlaces de radio. Estos enlaces se pueden realizar en Pathloss en el rango de frecuencias desde los 30 MHz hasta los 100 GHz. En la Figura 2.12, podemos ver un ejemplo de punto de vista entre dos estaciones.

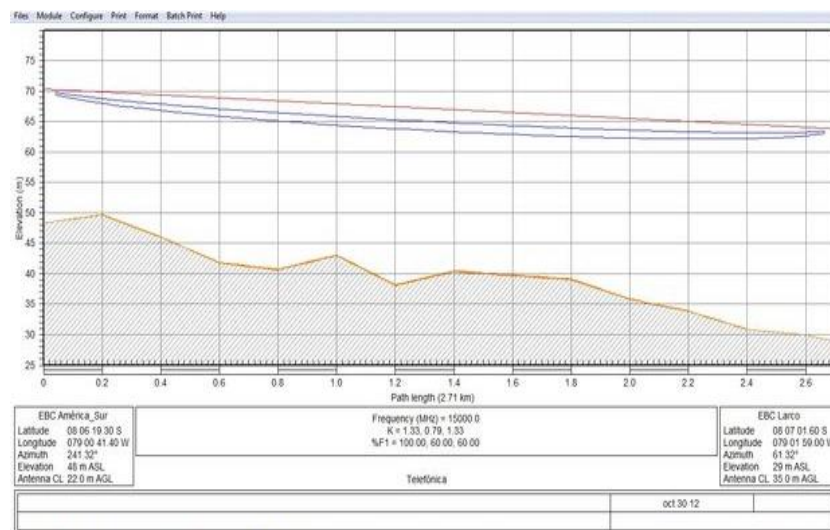


Figura 2.12: Ejemplo de un Estudio de Pathloss

Adicionalmente este software cuenta con ocho módulos de diseño de ruta que nos permiten realizar el cálculo de radio enlace que puede ser analizado.

Pathloss es una herramienta inteligente, potente y profesional que le ayuda a encontrar los enlaces de radio además de generar reportes como de:

- Perfil de terreno
- Cálculos de ingeniería
- Zona de fresnel
- Multitrayectorias
- Reflexión, entre otros.

El programa Pathloss tiene varios propósitos:

- Tiene una pantalla principal en la cual se puede ingresar los parámetros de datos de la trayectoria. Los datos son procesados en la ruta y se lleva a cabo hasta el nivel de recibir la señal. El módulo hoja de cálculos, completa el análisis de confiabilidad de propagación. Algunos artículos, como nombre de los sitios y sus siglas pueden ser ingresadas en el módulo principal. Otros como alturas de las antenas se pueden modificar en un módulo diseñado en el programa. Las coordenadas

geográficas pueden ser ingresadas tanto geográficamente, como mediante coordenadas en su correspondiente módulo.

- La interface Pathloss provee el ingreso de datos, uso de datos internos, y una interface de análisis de los mismos, así como detalles de cálculos de interferencias en secciones específicas del enlace.
- Establece el tipo de aplicación que se desea, por ejemplo como microondas (punto a punto o punto a multipunto) de VHF – UHF.

CAPÍTULO III

3 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA CDMA 450 EN LOS CANTONES DE LATACUNGA Y SALCEDO

En el presente capítulo se muestra las características geográficas de las localidades de Latacunga y Salcedo dónde la tecnología CDMA ha tenido acceso con la telefonía inalámbrica fija y tener una perspectiva de como son los sitios visitados.

3.1. SITUACIÓN GEOGRÁFICA

Los cantones Latacunga y Salcedo están ubicados en la provincia de Cotopaxi, la misma se encuentra ubicada entre los Andes de la Sierra Ecuatoriana dentro de la hoya central oriental del Patate, cuenta con un clima variado que va desde el gélido de las cumbres andinas hasta el cálido húmedo en el subtrópico occidental. [4]

La situación demográfica en esta provincia se encuentra distribuida como se muestra en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1

Demografía de la Provincia de Cotopaxi

Hombres	198.625
Mujeres	210.580
Total	409.206

Fuente: [7]

En Cotopaxi como muestra la Figura 3.1 viven 255.965 personas en sectores rurales de la provincia que representa más del 60% de su población.

Fuente: [6]

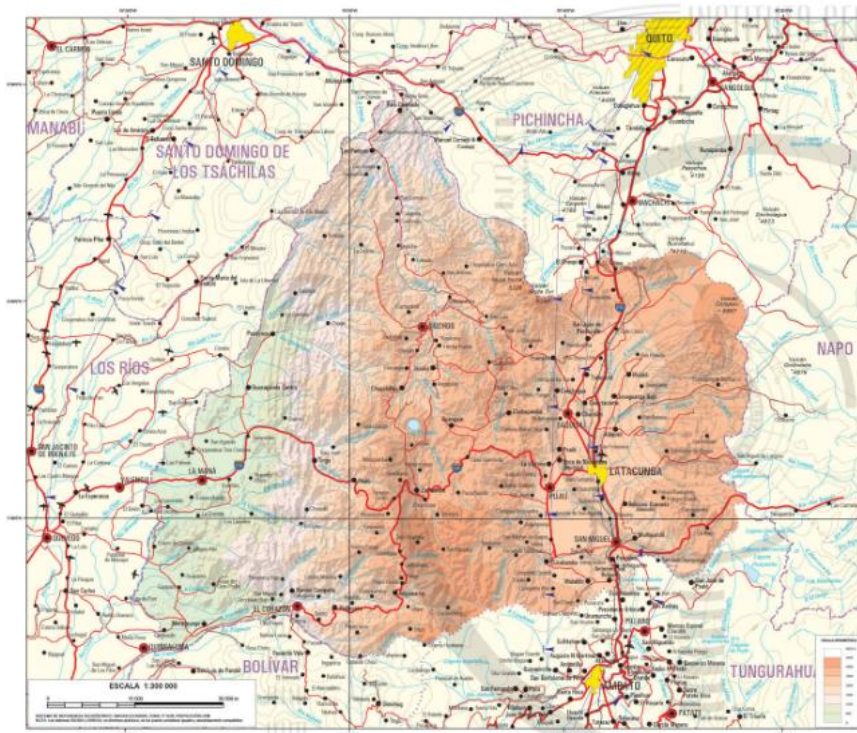


Figura 3.1: Mapa Geopolítico de la Provincia de Cotopaxi

Fuente: [9]

Siendo la distribución urbana y rural de los cantones de interés la que se describe en la siguiente tabla.

Tabla 3.2

Distribución poblacional en los cantones Latacunga y Salcedo por sus Parroquias Urbanas y Rurales.

	PARROQUIA	URBANO	RURAL	TOTAL
LATACUNGA	11 De Noviembre (Ilinchisi)	-	1.988	1.988
	Alaques (Aláquez)	-	5.481	5.481
	Belisario Quevedo	-	6.359	6.359
	Guaytacama (Guaytacama)	-	9.668	9.668
	Joseguango Bajo	-	2.869	2.869
	Latacunga	63.842	34.513	98.355
	Mulalo	-	8.095	8.095
	Poalo	-	5.709	5.709
	San Juan De Pastocalle	-	11.449	11.449
	Tanicuchi	-	12.831	12.831

CONTINÚA →

SALCEDO	Toacaso	-	7.685	7.685
	TOTAL	63.842	106.647	170.489
	Antonio Jose Holguin	-	2.664	2.664
	Cusubamba	-	7.200	7.200
	Mulalillo	-	6.379	6.379
	Mulliquindil (Santa Ana)	-	7.203	7.203
	Pansaleo	-	3.455	3.455
	San Miguel	12.488	18.827	31.315
	TOTAL	12.488	45.728	58.216

Fuente: [7]

El cantón Latacunga se encuentra en la Región Interandina del Ecuador, al sureste de la provincia de Cotopaxi, a 2750 metros sobre el nivel del mar. Latacunga limita con: Al norte la Provincia de Pichincha, al sur los cantones de Salcedo y Pujilí, al este la Provincia del Napo y al oeste el cantón Saquisilí y Sigchos, tal como se puede notar en la Figura 3.2.

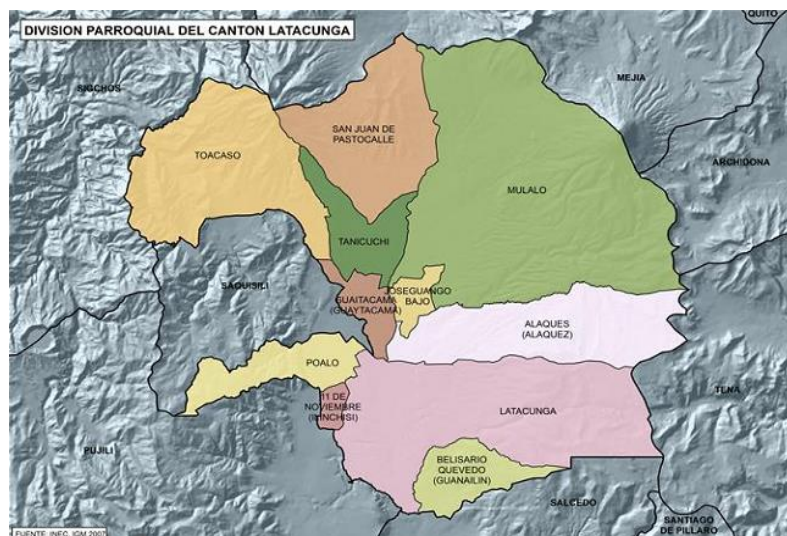


Figura 3.2 Mapa Político de la Ciudad de Latacunga con sus Parroquias.

Fuente: [10]

Según el censo del INEC del 2010 la población en Latacunga es de 170.489 habitantes como se muestra en la tabla 3.3.

Tabla 3.3

Demografía del cantón Latacunga

Hombres	82301
Mujeres	88188
Total	170489

Fuente: [11]

El cantón Salcedo se encuentra ubicado al sur oriente de la Provincia de Cotopaxi. San Miguel de Salcedo tiene una superficie de 255 Km², además se encuentra a una altitud media de 3513 metros sobre el nivel del mar, con altura máxima a 4545 msnm y mínima a 2480 msnm. Salcedo limita al norte con los cantones de Pujilí y Latacunga, al sur con los cantones de Ambato y Píllaro, al este con la Cordillera Central de los Andes (Provincia del Napo) y al oeste con el cantón Pujilí (IGM) tal como se puede visualizar en la Figura 3.3.

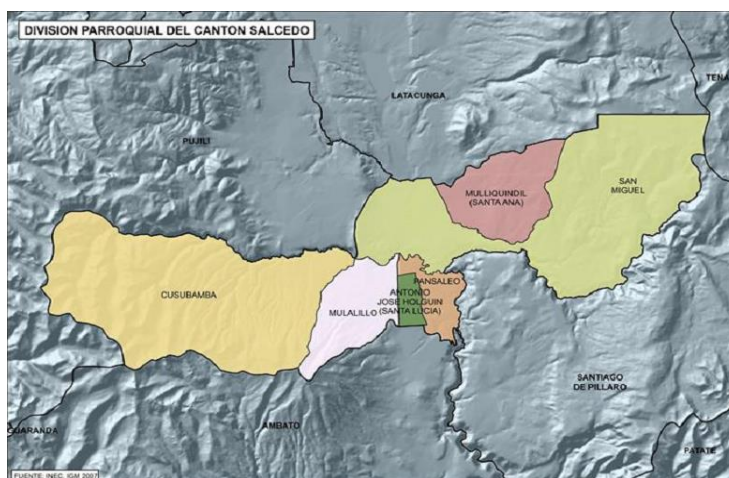


Figura 3.3: Mapa Político del Cantón Salcedo y sus Parroquias

Fuente: [6]

Según el censo del INEC del 2010 la población en Salcedo se encuentra distribuida de como se muestra en la tabla 3.4

Tabla 3.4

Población de la ciudad de Salcedo.

Hombres	27880
Mujeres	30336
Total	170489

Fuente: [6]

3.2. SITUACIÓN ACTUAL DE LA RED CDMA 450 EN COTOPAXI

Al ser la comunicación CDMA450 una de las mejores soluciones 3G en servicios de comunicación inalámbrica en la banda de frecuencia 450 MHz, ésta fue implementada para comunicar a los sectores rurales de los cantones Latacunga y Salcedo como ya fue descrito anteriormente en el Capítulo 1.

En la Provincia de Cotopaxi se encuentran instaladas 5 estaciones base (BTS), ubicadas en los sectores de La Mariela, Guasaganda, Tzhigua, Guango y Simahurco, las cuales están constituidas con la infraestructura necesaria para brindar un servicio de voz y datos satisfactorio en la provincia. Pero para dar cobertura a las comunidades de la parroquia Cusubamba del cantón Salcedo se utiliza la BTS de Pillisurco, la misma que pertenece a la Provincia de Tungurahua.

Tabla 3.5

BTS's que brindan cobertura a Latacunga y Salcedo

BTS	LAT/LON	Cantón	Parroquia	#Localidad
El Guango	00° 53' 44,2" S / 78° 30' 03,4" W	Latacunga	Aláquez	3
		Latacunga	Latacunga	10
		Latacunga	Belisario Quevedo	3

		Latacunga	Mulaló	4
		Latacunga	Poaló	6
		Latacunga	San Juan de Pastocalle	11
		Salcedo	San Miguel	1
		Latacunga	Tanicuchi	2
		Latacunga	Toacaso	3
Pilisurco	01° 09' 17,3" S / 78° 40' 07,8" W	Salcedo	Cusubamba	9
		Salcedo	San Miguel	1
Simahurco	0 °44' 08,9" S / 78 °50' 06,8" W	Latacunga	Mulaló	1
		Latacunga	Toacaso	2

Fuente:[12]

3.3. IDENTIFICACIÓN GEOGRÁFICA DE LAS LOCALIDADES CON SERVICIO CDMA EN COTOPAXI

Para realizar la presente investigación se usó la información de CNT, donde describe las parroquias y sus localidades en las cuales se encuentra implementada la comunicación CDMA 450. Siendo tomadas en consideración únicamente las que se encuentran dentro de los cantones Latacunga y Salcedo, previo al levantamiento de la información en campo y gracias a la colaboración de CNT se presenta un resumen de las localidades y las parroquias a las cuales pertenecen, con sus respectivas coordenadas y BTS a la cual se proyectó los terminales telefónicos en dichas comunidades se enlacen.

Dentro del cantón Latacunga se realizaron las mediciones en campo en las siguientes localidades ordenadas por parroquias:

Tabla 3.6

Localidades de la parroquia Aláquez

Localidad	Coordenadas		Altitud (msnm)	BTS
	Latitud	Longitud		
Chitan	00 52 37.00 S	78°33'38.85"O	3024	El Guango
El Banco	0°50'22.69"S	78°32'2.46"O	3246	El Guango
San Isidro				
San Marcos	0°52'29.39"S	78°34'25.40"O	2974	El Guango

Fuente:[12]

Tabla 3.7

Localidades de la parroquia Belisario Quevedo

Localidad	Coordenadas		Altitud (msnm)	BTS
	Latitud	Longitud		
Chaupi Contadero	0°57'8.57"S	78°31'39.40"O	3213	El Guango
Palopo Contadero	0°58'5.11"S	78°32'11.58"O	3345	El Guango
San Antonio	0°59'0.64"S	78°33'18.13"O	3094	El Guango

Fuente:[12]

Tabla 3.8

Localidades de la parroquia de Latacunga

Localidad	Coordenadas		Altitud (msnm)	BTS
	Latitud	Longitud		
11 De Noviembre (Ilinchisi)	0°54'1.90"S	78°39'57.99"O	2875	El Guango
Cuchitinge	0°50'44.76"S	78°31'49.10"O	3247	El Guango
Cundualo	0°53'29.97"S	78°33'39.44"O	2999	El Guango
Guambaló	0°58'17.01"S	78°39'31.02"O	2928	El Guango
Inchapo	0°56'55.60"S	78°39'51.86"O	2960	El Guango

CONTINÚA →

Laipo Grande	0°53'20.32"S	78°32'41.05"O	3156	El Guango
Palopo Mirador	0°56'08.7"S	78°31'39.4"O	3159	El Guango
Pichaló Bajo	0°53'54.44"S	78°33'58.06"O	2953	El Guango
San Jose	0°54'29.53"S	78°35'23.68"O	2882	El Guango
San Marcos Chico	0°53'25.77"S	78°35'10.10"O	2923	El Guango
Zaragosin	0°56'12.17"S	78°33'12.31"O	2993	El Guango

Fuente:[12]

Tabla 3.9

Localidades de la Parroquia Mulaló

Localidad	Coordenadas		Altitud (msnm)	BTS
	Latitud	Longitud		
Caspi	0°42'54.1"S	78°34'9.67"O	3145	El Guango
La Libertad	0° 49 32.00 S	78 35 05.00 O	2985	El Guango
Panguihua	0°54'37.31"S	78°33'42.97"O	2974.2	El Guango
San Agustín De Callo	0°43'46.30"S	78°34'30.50"O	3104	El Guango
Langualo Grande	0°49'03.46"S	78°33'13.23"O	3165	El Guango

Fuente:[12]

Tabla 3.10

Localidades de la Parroquia Poaló

Localidad	Coordenadas		Altitud	BTS
	Latitud	Longitud		
Atapulo	0° 53 07.43 S	78 42 49.15 O	3517	El Guango
Chuquiraloma	0°52'28.9"S	78°43'56.46"O	3607	El Guango
Maca Atapulo	0°53'18.66"S	78°43'2.13"O	3505	El Guango
Maca Centro	0°52'29.82"S	78°43'5.25"O	3289	
Maca Chico	0°51'58,34"S	78°42'0,88"O	3092	El Guango
Uchsaloma	0°53'14.45"S	78°43'37.01"O	3634	El Guango

Fuente:[12]

Tabla 3.11

Localidades de la Parroquia San Juan De Pastocalle

Localidad	Coordenadas		Altitud (msnm)	BTS
	Latitud	Longitud		
Boliche	0°37'11.28"S	78°34'25.24"O	3560	El Guango
Cuilche Boliche	0°42'38.14"S	78°36'33.90"O	3093	El Guango
El Milagro	0°44'3.67"S	78°36'26.61"O	3032	El Guango
La Libertad	0°37'0.88"S	78°37'45.42"O	3388	El Guango
Miño San Antonio	0°43'30.25"S	78°37'38.64"O	3125	El Guango
Romerillos	0°37'42.92"S	78°36'35.60"O	3458	El Guango
San Bartolomé	0°42'36.07"S	78°38'0.80"O	3196	El Guango
San Jose De Yanayacu	0°44'48.91"S	78°38'36.27"O	3080	El Guango
San Pedro De Tenería	0°42'20.18"S	78°38'31.73"O	3291	El Guango
Santa Rita	0°41'57.75"S	78°35'5.17"O	3134	El Guango
Santa Rosa De Tandacato	0°44'35.66"S	78°38'50.42"O	3043	El Guango

Fuente:[12]

Tabla 3.12

Localidades de la Parroquia Tanicuchi

Localidad	Coordenadas		Altitud (msnm)	BTS
	Latitud	Longitud		
Llactayo	0°45'37.98"S	78°39'11.05"O	3069	El Guango
Samilpamba	0°44'8.45"S	78°40'26.40"O	3268	El Guango

Fuente:[12]

Tabla 3.13

Localidades de la Parroquia De San Francisco De Toacaso

Localidad	Coordenadas		Altitud (msnm)	BTS
	Latitud	Longitud		
Pintza	0°45'39.23"S	78°41'51.84"O	3209	El Guango
Rasuyacu Chiguanto	0°44'15.07"S	78°43'17.63"O	3375	El Guango
Rasuyacu Corazón	0°44'9.02"S	78°43'8.06"O	3393	El Guango
Cuicuno Sur	0°47'10.74"S	78°40'45.00"O	3119	El Guango
San Francisco De Toacaso	0°42'34.93"S	78°46'53.73"O	3295	Simahurco

Fuente:[12]

Mientras que para el cantón Salcedo las mediciones en campo serán en las parroquias de Cusubamba y San Miguel de acuerdo a las localidades mostradas en las Tablas 3.14 y 3.15.

Tabla 3.14

Localidades de la Parroquia Cusubamba

Localidad	Coordenadas		Altitud (msnm)	BTS
	Latitud	Longitud		
Atocha	01°05'08,2"S	78°43'50,1"O	3600	Pilisorco
Compañía Alta	01°06'38.1"S	78°41'25.6"O	3568	Pilisorco
Consolación	01°05'32.96"S	78°40'17.74"O	3218	Pilisorco
Fernando Valdiviezo	01°03'42,5"S	78°44'25.2"O	3529	Pilisorco
Laguamaza	01°05'09.2"S	78°43'20.9"O	3495	Pilisorco
Llactahurco	01°05'51.00"S	78°42'39.00"O	3471	Pilisorco
San Jose De Rubio	01°06'10.00"S	78°42'10.00" O	3544	Pilisorco
Santa Isabel	01°04'14.78"S	78°38'36.61"O	2926	Pilisorco

CONTINÚA 

Yanaurco De Jigua	01°02'28.00"S	78°43'29.4"O	2652	Pilisorco
-------------------	---------------	--------------	------	-----------

Fuente:[12]

Tabla 3.15

Localidades de la parroquia San Miguel

Localidad	Coordenadas		Altitud (msnm)	BTS
	Latitud	Longitud		
Chambapongo	01°03'12.07"S	78°30'20.97"O	3140	El Guango
Bajo				Guango
Cumbijin	01°01'55.40"S	78°28'56.27"O	3364	Pilisorco

Fuente:[12]

3.4. ANÁLISIS DE LA BTS3606AC

La estación base BTS3606 es utilizada en todas las BTS instaladas en El Guango, Pilisorco, así como para todas las estaciones base cercanas como Simahurco y Chiquicha, su función es transmitir y recibir señales de radio e implementar la comunicación entre la red y la estación móvil. Se encuentra bajo el control de la BSC, puede cubrir una celda o varios sectores lógicos.

La conexión con la BSC es a través de la interfaz Abis, cuya función es comunicar a la BTS con la BSC tal como se muestra en la Figura 3.4, la BTS3606 proporciona soporte a la BSC en la administración de recursos de radio, parámetros de radio e interfaces.



Figura 3.4: Comunicación entre BTS y BSC

En la Figura 3.5 se puede visualizar el diagrama de bloques donde los subsistemas que componen a la BTS y las interfaces que lo comunican con la MS/AT (Estación Móvil, Terminal de Acceso) y la BSC.

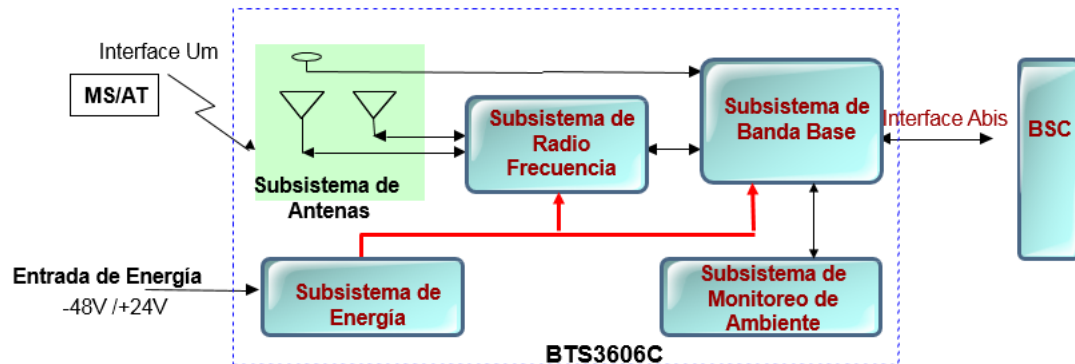


Figura 3.5: Diagrama de bloques de la BTS3606C y su función dentro del sistema de comunicación CDMA 450

El subsistema de banda base tiene las siguientes funciones:

- Proporciona interfaz y procesamiento de señales Abis de acuerdo con el protocolo de interfaz Abis.
- Proporciona una interfaz eléctrica y una interfaz para el subsistema de RF.
- Procesamiento de señales de acuerdo a protocolos
- Implementa la modulación y demodulación de las señales CDMA2000 1X y CDMA2000 1xEV-DO y codifica/decodifica los canales de CDMA.
- Proporciona señales de reloj sincronizadas para la BTS
- Realizar la gestión de los recursos del sistema , O&M, y monitoreo del medio ambiente

El Subsistema de antena incluye la antena de RF y la antena de sincronización satelital. La antena de RF incluye los siguientes componentes: antenas de transmisión y recepción, feeders (alimentadores) y jumpers; donde la antena de RF trasmite y recibe señales sobre la interface Um.

La antena de sincronización satelital incluye la antena para recepción de la señal satelital, feeder, jumper y pararrayos. La antena de sincronización de

satélite recibe señales de sincronización desde el GPS (Sistema de Posicionamiento Global) o el satélite GLONASS (Sistema Global de Navegación por Satélite) para proporcionar una fuente de reloj precisa para la BTS3606.

El subsistema de Radio Frecuencia descrito en el diagrama de bloques de la figura 3.6 tiene las siguientes funciones:

- En el enlace directo, el subsistema de radiofrecuencia termina el ajuste de conversión ascendente de potencia de las señales de transmisión moduladas y filtra las señales de transmisión para cumplir con las especificaciones correspondientes a la interfaz aérea.
- En el enlace inverso, el subsistema de radiofrecuencia filtra las señales de recepción de la antena a la BTS para suprimir la interferencia fuera de la banda, amplifica, divide y realiza el filtrado de canal seleccionado.
- El subsistema de radio frecuencia incluye dos módulos:
 - STDM: Sector de los módulos de filtro dúplex, incluida la SDFU y STRM
 - SPAM: Sector del módulo amplificador de potencia

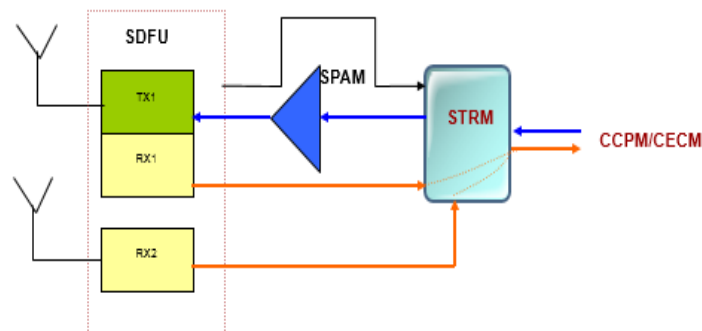


Figura 3.6: Diagrama de bloques del subsistema de Radio Frecuencia

El subsistema de energía tiene las siguientes funciones:

- Conversión desde -48 V DC a +24 V DC.
- Sistema de monitoreo para reportar y dar una alarma al tener bajos niveles de voltaje.

La BTS3606 es una BTS de interiores que soporta configuraciones multi-celda, es ideal para cubrir pueblos alejados, áreas rurales o ciudades con media o alta densidad de tráfico.

Entre las principales características de la BTS3606 están:

- La capacidad para servir una celda en configuración omnidireccional o en varios sectores.
- Tamaño compacto y fácil de instalar.
- Fácil instalación
- Cobertura flexible.
- Potencia máxima por portadora: 25 W trabajando con una sola portadora, 50 W trabajando en configuración multiportadora a alturas superiores a 3500 metros.
- Interfaces Abis para comunicación con BSC, transmisión por E1/T1.
- GPS.
- Alimentación: -48 V DC.
- Mecanismos de control de potencia en el canal de reversa y en el canal directo.
- Disponibilidad: 99.999%
- Tiempo entre fallas (MTBF) \geq 100.000 horas
- Tiempo medio en reparaciones (MTTR) \leq 1 hora.
- Banda operativa para transmisión: 460 MHz- 470 MHz.
- Banda operativa para recepción: 450MHz – 460 MHz.
- Ancho del canal: 1.23 Mhz – 1.25Mhz.
- Precisión del canal 25KHz, 20KHz.
- Tolerancia de frecuencia (partes por millón).
- Sensibilidad de recepción -127 dBm.
- Software de gestión remota airBRIDGE
- Separación Tx – Rx: 10 MHz.
- Primera, segunda y tercera portadora: Canales 160, 210 y 260.

3.4.1. INTERFAZ

La interfaz que soporta la BTS3606 se indica en la Figura 3.7. A través de estas interfaces la BTS interactúa con cualquier BSC estándar.



Figura 3.7: Interfaz de la BTS3606

En la Tabla 3.16 se puede observar las interfaces y características de la BTS3606.

Tabla 3.16

Interfaz de la BTS3606

Interfaz	Par	Protocolo	Protocolo de señalización	Transmisión
Abis	BSC	Protocolo interno	Protocolo interno	E1/T1/FE
Um	MS/AT	IS-2000-2-A, IS-200-3-A, TSB2000	Protocolo de interface de aire.	Onda de radio

3.4.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Las especificaciones de la BTS3606 en transmisión y recepción varían dependiendo de la banda de operación. Las especificaciones de transmisión de la BTS3606, en la banda clase 5, sub-banda F (470 MHz) se indican en la tabla 3.17

Tabla 3.17**Especificaciones de transmisión de BTS 3606 en la banda clase 1-A**

Ítem	Especificaciones
Banda de operación	475 MHz a 485 MHz
Ancho de banda del canal	1.23 MHz
Precisión de canal	25 KHz, 20 KHz
Tolerancia de frecuencia	≤ 0.05 ppm
Potencia de transmisión	20 W (modo de un solo canal) 60 W (modo de tres canales a una altura inferior a 3500 m)

Fuente: [12]

Las especificaciones de recepción de la BTS3606, en la banda clase 1, subbanda A (450MHz) se observan en la Tabla 3.18.

Tabla 3.18**Especificaciones de recepción BTS en la banda clase 1-A.**

Ítem	Especificaciones
Banda de operación	465 MHz a 485 MHz
Ancho de banda del canal	1.25 MHz
Precisión de canal	25 KHz, 20 KHz
Sensibilidad de señal en recepción	Mejor que -127 dBm

Fuente: [13]

Las especificaciones umbrales del BER (Bit Error Rate) en el enlace de transmisión se observan en la Tabla 3.19.

Tabla 3.19**Especificaciones BER**

Tipo	Max. VER
Servicio de voz 1X	2×10^{-4}
Servicio de paquetes	2×10^{-6}

Las especificaciones de confiabilidad constan en la Tabla 3.20.

Tabla 3.20

Especificaciones de confiabilidad

Ítem	Especificación
Disponibilidad	$\geq 99.999\%$
MTBF (Mean time between system failures)	≥ 100000 h
MTTR (Mean time to repair)	≤ 1 h

3.5. UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y DESCRIPCIÓN DE LA BTS EL GUANGO

La ubicación de la BTS El Guango se encuentra aproximadamente a una hora de la ciudad de Latacunga, a 3998 metros de altura sobre el nivel del mar con Latitud $00^{\circ} 53' 44,2''$ S y Longitud $78^{\circ} 30' 03,4''$ W, se la puede visualizar en la Figura 3.8, la configuración de la BTS se encuentra descrita en la Tabla 3.21.



Figura 3.8: Captura De La Ubicación Geográfica De El Guango En Google Earth

Tabla 3.21

Datos de la configuración de la BTS de El Guango

Antena	Sector X	Sector Y	Sector Z
	450Mhz	450Mhz	450Mhz
Modo de Configuración	S222	S222	S222
Tipo de Antena	AGISSON DX-450-470-65-15i-0F	AGISSON DX-450-470-65-15i-0F	AGISSON DX-450-470-65-15i-0F
Altura de antena desde la base (mts)	45	45	45
Orientación de la antena (azimut)	148°	244°	336°
Inclinación mecánica (grados)	0	0	0

Fuente: [12]

Donde S222 se refiere a un la configuración donde se tendrá un sector tres con dos portadoras. De tal manera que al colocar las tres antenas sectoriales, cubran 360° de cobertura requerida tal como se muestra en la figura 3.9.



Figura 3.9: Fotografía de la BTS El Guango

3.6. UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y DESCRIPCIÓN DE LA BTS PILISURCO

La estación repetidora Pilisurco de CNT se encuentra ubicada a 1 Hora de la ciudad de Ambato, Provincia Tungurahua. Se ubica a 4551 metros sobre el nivel del mar con una Latitud $01^{\circ} 09' 17,3''$ S y una Longitud $78^{\circ} 40' 07,8''$ W, que ubicada en Google Earth se verá tal cual como en la figura 3.10.



Figura 3.10: BTS Pilisurco visualizada desde Google Earth

Para llegar al sitio de Pilisurco desde Ambato hay que dirigirse al sector de Atocha, y se toma la vía Atahualpa hasta llegar al barrio Constantino. La BTS se podrá ver tal como se muestra en la Figura 3.11.

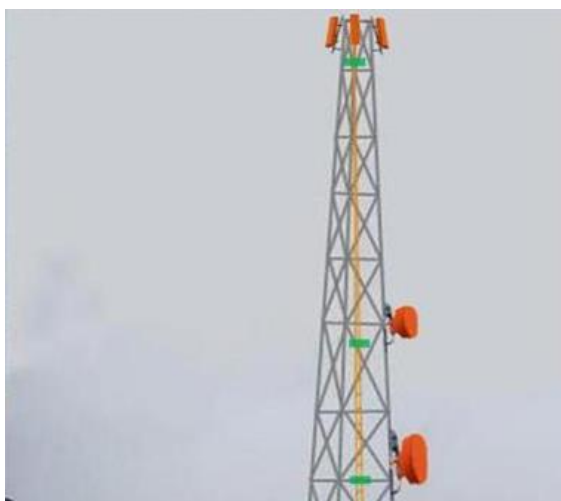


Figura 3.11: Antenas Agisson DX-450-47'-65-15i-0F en la BTS de Pilisurco

La configuración la BTS Pilisurco se encuentra descrita en la Tabla 3.22.

Tabla 3.22

Configuración BTS Pilisurco

Antena	Sector X	Sector Y	Sector Z
	450Mhz	450Mhz	450Mhz
Modo de Configuración	S333	S333	S333
Tipo de Antena	AGISSION DX-450-470- 65-15i-0F	AGISSION DX-450-470- 65-15i-0F	AGISSION DX-450-470- 65-15i-0F
Altura de antena desde la base (mts)	60	60	60
Orientación de la antena (azimut)	80°	205°	345 °
Inclinación mecánica (grados)	0	0	0

Fuente: [12]

CAPÍTULO IV

4. SIMULACIONES DEL SISTEMA CDMA EN LATACUNGA Y SALCEDO.

El presente capítulo podrá observar paso a paso como se realizaron las simulaciones con una demostración en los programas Sirenet, Radio Mobile y Pathloss.

Para Sirenet se realizó un ejemplo de Cobertura: COB 1 GUANGO y un ejemplo de Multicobertura llamado: COBERTURA MULTIPLE GUANGO que da servicio a 44 localidades del Cantón Latacunga, analizado para dos Métodos Determinísticos como Deygout y Okumura Hata. En Radio Mobile se realizó la red y una ventana de enlace entre El Guango 3 y Cuchitín que es una localidad de Latacunga, con el Método de Propagación RF ITM ("Irregular Terrain Model"). En Pathloss, el ejemplo será entre la BTS El Guango y la Localidad Chitan, es decir se hará un análisis de línea de vista.

4.1. SIMULACIONES EN SIRENET

4.1.1. MODELOS DE PROPAGACIÓN USADOS EN LA SIMULACION

Para el desarrollo de las simulaciones en Sirenet se aplicó dos modelos de propagación como el de Okumura Hata y el Método Deygout, para diferenciar con las mediciones reales tomadas en campo y poder descartar el que menos se aproxima a la realidad.

a. MODELO DEYGOUT

Es un modelo de propagación determinístico propuesto por Jacques Deygout en julio de 1996 y adaptado por Intelia. Este modelo supone una difracción de tipo "filo de cuchillo", el cual se refiere a la difracción provocada en la trayectoria de la señal por la elevación más alta de la tierra a lo largo del perfil de terreno, formando una arista aguda. En la Figura 4.1 se aprecia en forma gráfica este efecto.

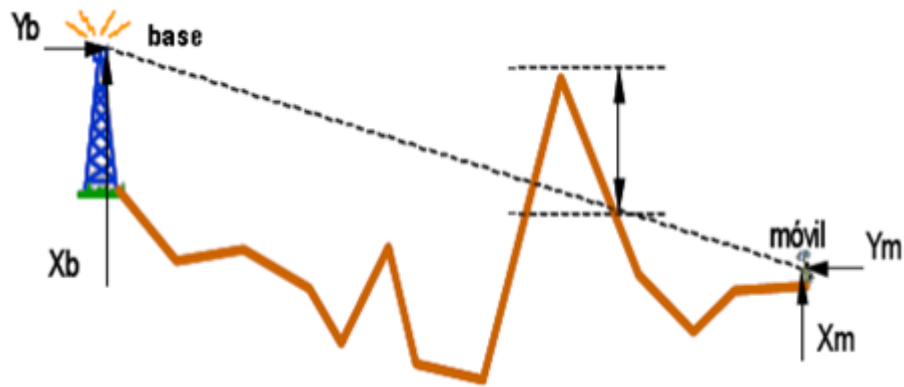


Figura 4.1: Efecto filo de cuchillo

Fuente: [14]

Además, en este modelo se ha generalizado el método para cualquier número de obstáculos utilizando un algoritmo recursivo.

Debido a esto, para analizar el efecto de la difracción debida a cualquier número de obstáculos, SIRENET identifica en primer lugar el polígono funiculari existente entre el transmisor y el receptor. Luego, se determina un segmento de este polígono por dos obstáculos dominantes consecutivos como se muestra en la Figura 4.2. Cabe resaltar que, entre estos obstáculos, pueden existir otros no dominantes, que deben tenerse en cuenta porque, a pesar de no interceder en el rayo directo del polígono funicular, penetran en el volumen de la primera zona de Fresnel.

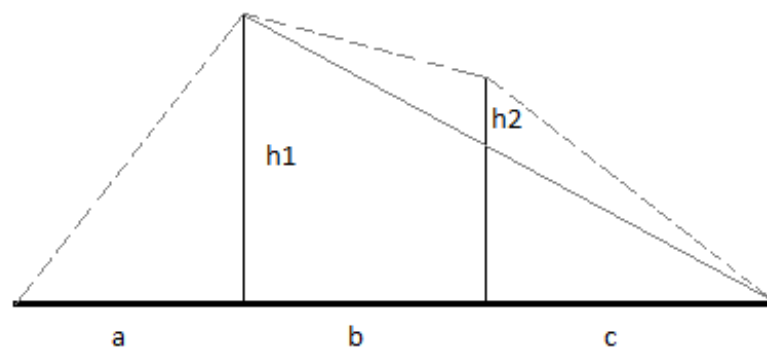


Figura 4.2: Método con una arista predominante

Fuente: [14]

Luego, el software identifica el obstáculo más dominante en el vano transmisor-receptor y calcula las pérdidas por difracción, asumiendo que fuera el único obstáculo a lo largo del trayecto. Para el resto de obstáculos, se aplica el algoritmo recursivamente para cada uno de los dos vanos divididos por los obstáculos dominantes. El algoritmo se detiene cuando el sub-enlace final presenta un despegamiento total o los obstáculos invaden la primera zona de Fresnel pero no interceptan con el rayo directo. Si sucede esto, se utiliza el método llamado EMP, en donde la pérdida total en el sub-vano se calcula como la suma de las contribuciones individuales de cada uno de los obstáculos, para lo cual se asume que son los únicos existentes.

“El modelo de Deygout también se utiliza en SIRENET en el módulo de Radioenlaces Digitales para el cálculo de las pérdidas por difracción. Este módulo también calcula otras pérdidas debidas a reflexiones, absorción por lluvia y gases, despolarización, o variaciones refractivas. En cada uno de los casos utiliza fórmulas relevantes para cada modo de propagación”.

APLICACIONES

- Es usado en entornos donde dominan obstáculos determinísticos, como es el caso de enlaces de microondas punto a punto, punto a multipunto, accesos rurales o radiodifusión rural.
- Este modelo pierde fiabilidad en distancias superiores a 70 Km, donde comienza a ser aconsejable el empleo de métodos de dispersión troposférica.
- Para perfiles típicos, el modelo proporciona resultados más precisos que sus modelos predecesores: Bullington y Epstein-Peterson. Fuente: [14]

b. OKUMURA-HATA

Es un modelo empírico basado en las medidas tomadas por Y. Okumura que fueron posteriormente aproximadas matemáticamente por M. Hata. En este modelo los edificios y el terreno no se consideran determinísticamente,

lo que indica, por ejemplo, que dos ciudades diferentes mostrarán los mismos patrones teóricos de cobertura, independientemente de su relieve, alcance o edificación. Según la fórmula de Hata, las pérdidas básicas se obtienen como la suma (en decibelios) de los siguientes términos:

- Un factor constante dado.
- Un término proporcional del logaritmo de frecuencia.
- Un término proporcional del logaritmo de la altura efectiva de la antena del transmisor.
- Un término proporcional del logaritmo de la distancia.
- Un término proporcional del producto de los logaritmos de la distancia y de la altura efectiva de la antena.
- Un factor de corrección, diferente para pequeña-mediana y grandes ciudades y que varía con la frecuencia y la altura de la antena del receptor.
- Factores de corrección para áreas suburbanas y áreas rurales abiertas, que puede variar con la frecuencia.

APLICACIONES

- Este modelo únicamente es válido para el servicio móvil.
- Es bastante impreciso, porque no tiene en cuenta los efectos de elemento determinísticos (terreno, edificios dominantes, ancho de calles, tamaño y reflexiones), de todos modos tales efectos serían muy difíciles de determinar de una manera teórica.
- Es muy rápido y utilizado, mientras que otros modelos que pueden mejorar a este requieren un mayor tiempo de cálculo. Fuente: [16]

4.1.2. SIMULACIÓN DE LA BTS DE EL GUANGO

Para realizar la simulación de la BTS de El Guango es necesario ingresar los siguientes parámetros.

Tabla 4.1

Características de la BTS El Guango

UBICACIÓN	EL GUANGO
COORDENADAS	LON.: 78° 30' 03.4" W LAT.: 00° 53' 44.2" S
AZIMUTH	148° – 244° - 338°
POLARIZACIÓN	VERTICAL
COBERTURA PRINCIPAL	CANTÓN LATACUNGA
POTENCIA DEL TRANSMISOR	39.81 W – 46dBm
FRECUENCIA	450-470 MHz

Fuente: [12]

a. CREACIÓN DE UN NUEVO PROYECTO

En la herramienta SIRENET un Proyecto es una carpeta lógica donde se archivan estudios que se relacionan entre sí dentro del proyecto. El primer paso a realizar es crear un proyecto, antes de realizar los estudios de cobertura.

Para crear un nuevo proyecto se debe ir a la ventana Proyecto y luego elegir la opción Nuevo, como se muestra a continuación en la Figura 4.3.

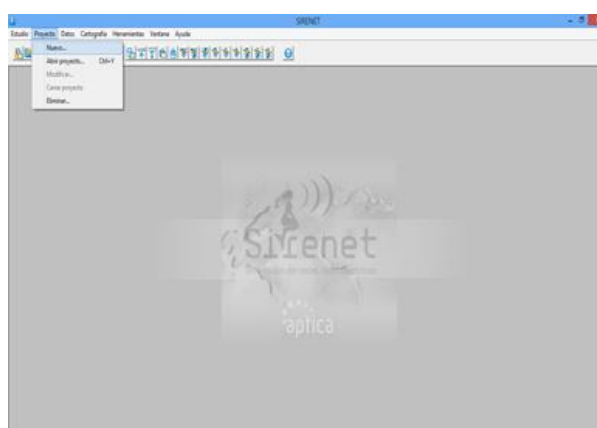


Figura 4.3: Crear un nuevo Proyecto

Defina el Nombre del proyecto y si desea escriba una breve Descripción del mismo, como muestra la Figura 4.4, que corresponde al presente proyecto. Finalmente “Aceptar”.

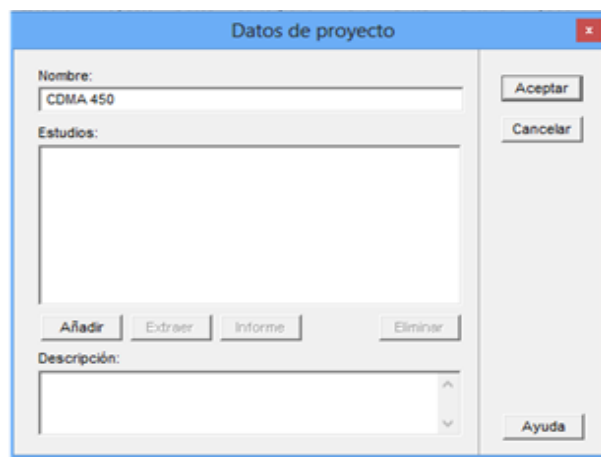


Figura 4.4: Ingreso de Datos del Proyecto

Tener en cuenta antes de realizar un estudio, definir las capas de Altimetría y las capas de Visualización que se van a usar para elaborar el proyecto. Estas capas definen la cartografía y el sistema de coordenadas que se emplean en los diferentes estudios que se vayan a realizar en el Proyecto CDMA 450. Fuente: [14]

Primero un clic en la ventana Cartografía, elija Capas de Altimetría y la opción Importar Altimetría, como muestra la Figura 4.5.

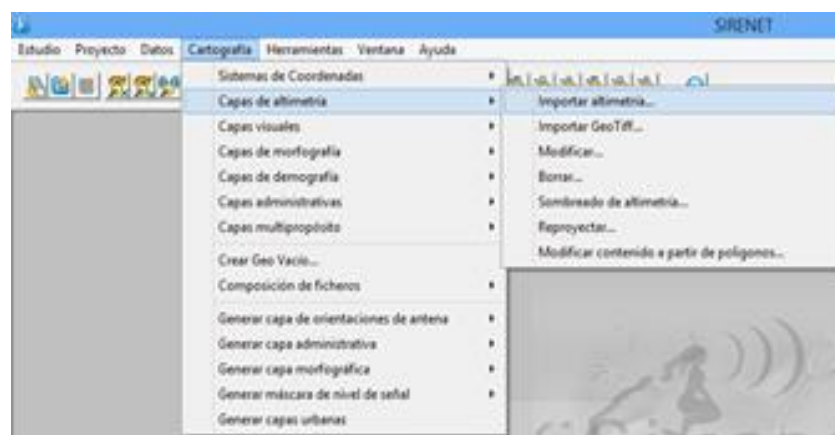


Figura 4.5: Importar una nueva Capa de Altimetría

En la ventana que muestra la Figura 4.6, escriba el Nombre del mapa y se define el archivo donde se encuentra el Mapa de Altimetría que se usará para el estudio, que previamente fue descargado e instalado en el disco C. Se debe

tener en cuenta que el Archivo debe ser de extensión “.geo” y en el caso de la cartografía del Ecuador, disponible en SIRENET, el sistema de coordenadas se carga de manera automática. El nombre elegido para el mapa en este proyecto es Altimetría. Fuente: [14]

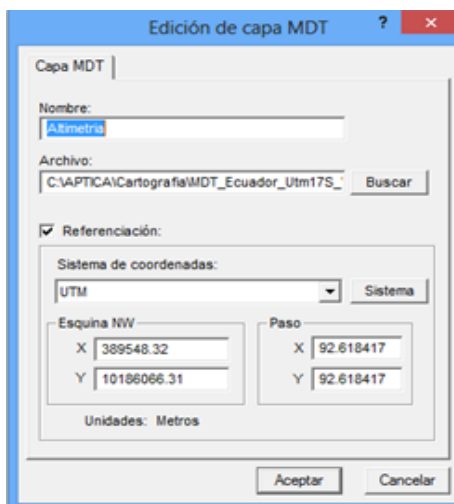


Figura 4.6: Ingreso de Datos de la nueva Capa de Altimetría

El siguiente paso es importar las capas visuales que se deseen, siempre y cuando correspondan al mismo sistema de coordenadas, por lo cual se debe ir a la ventana Cartografía, seleccionar Capas visuales y elegir Importar visual, como en la Figura 4.7.

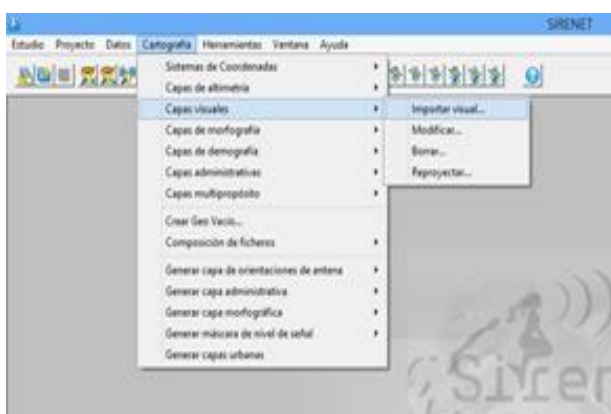


Figura 4.7: Importar una nueva Capa de Visualización

Posteriormente en la pantalla que muestra la Figura 4.8, debe ingresar el

nombre para el mapa y además seleccionar un archivo que tenga como extensión “.qp”, “.srp” o “.fre”, donde se almacena la información gráfica. Actualmente, en la cartografía del Ecuador que posee la herramienta SIRENET existen dos capas visuales: una con información geográfica (con carreteras y ciudades principales) y otra con el modelo del terreno. Para el presente proyecto, al primer mapa se le ha colocado el nombre de Ecuador Mapa Vías.

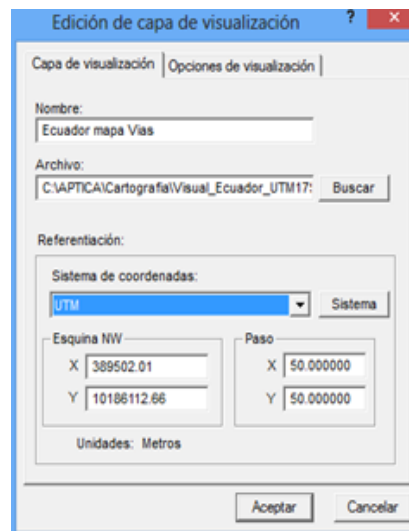


Figura 4.8: Ingreso de Datos de la nueva Capa de Visualización

Otra capa que se dispone en la cartografía del Ecuador, incluida en la herramienta SIRENET, es la demográfica. Esta capa se encuentra en el mismo archivo “.geo”, del cual se importa también la capa de altimetría; el procedimiento para la importación es el mismo que realizamos, simplemente se dirige a la opción Cartografía y se elige Capa de demografía e Importar demografía como muestra la Figura 4.9. Para el presente proyecto se le ha colocado el nombre de Ecuador Demografía como en la Figura 4.10.

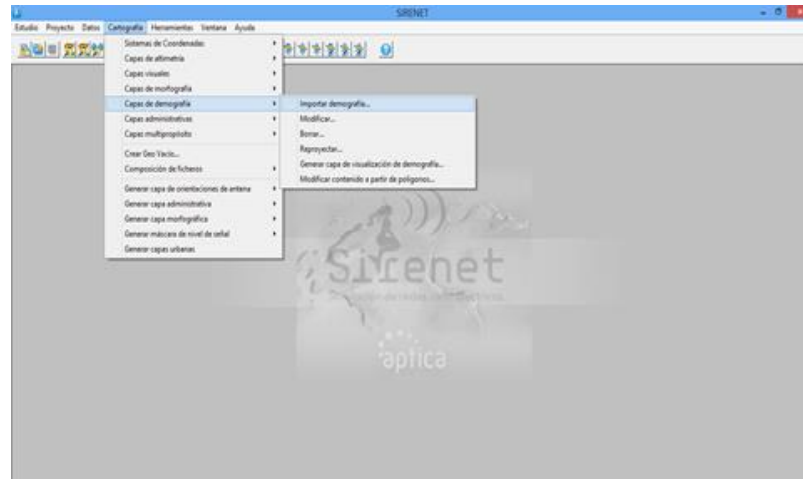


Figura 4.9: Importación de una nueva Capa de Demografía

 The image shows a dialog box titled 'Editar capa de demografía'. It contains the following fields and options:

- Nombre:** Ecuador Demografía
- Archivo:** C:\APTICA\Cartografia\MDT_Ecuador_Utm17S_ (with a 'Buscar' button)
- Referenciación:**
- Sistema de coordenadas:** UTM (with a 'Sistema' button)
- Esquina NW:**
 - X: 389548.32
 - Y: 10186066.31
- Paso:**
 - X: 92.618417
 - Y: 92.618417
- Unidades:** Metros
- Buttons: 'Aceptar' and 'Cancelar'

Figura 4.10: Ingreso de Datos de la nueva Capa de Demografía

b. CREACIÓN DE ESTUDIOS

Primeramente en la ventana Estudio, se selecciona Nuevo Estudio, como se muestra en la Figura 4.11.

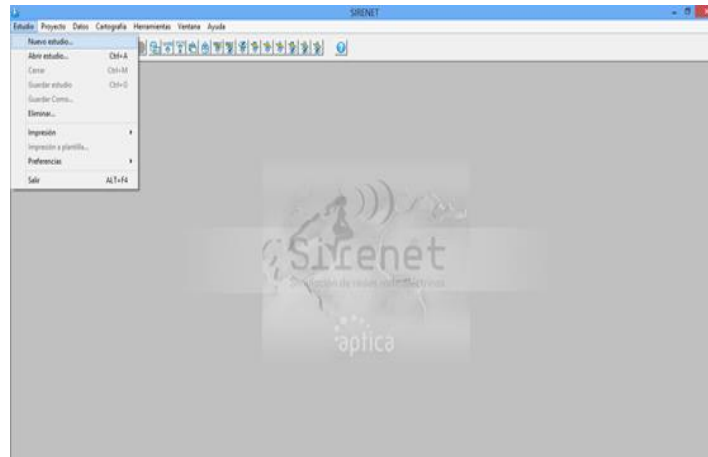


Figura 4.11: Crear un nuevo Estudio

Se muestra una pantalla en la cual se elige el Estudio para la simulación como la Figura 4.12, correspondiente al estudio Perfil, en nuestro caso será un análisis de Cobertura.

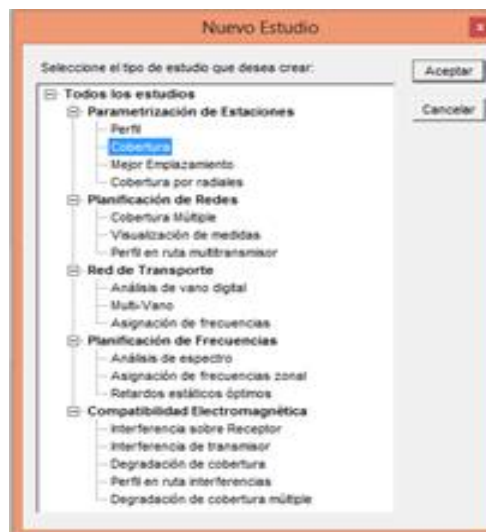


Figura 4.12: Tipo de Estudio

Seguidamente se abre una ventana de Datos de estudio como se indica en la Figura 4.13. Aquí podrá ingresar el nombre del Estudio, elegir el Proyecto al cual pertenece y el tipo de Servicio para la simulación. Además, existe la posibilidad de agregar comentarios de cualquier tipo vinculados al estudio en el campo Descripción.

Figura 4.13: Ingreso de los Datos del Estudio

Otra ficha común a todos los estudios, es la denominada Cartografía en la cual se elige el Sistema de Coordenadas, el Modelo Digital del Terreno (capa de altimetría) y las Capas de visualización como en la Figura 4.14. Si requiere, se incluye la cartografía auxiliar que se haya importado previamente, en este caso la única que se puede incluir es la Capa de demografía.

Figura 4.14: Datos del Estudio

c. CREACIÓN DE ANTENAS

La creación de Antena es muy útil para las simulaciones de la cobertura. En SIRENET, se define como la combinación de dos diagramas: copolar y contrapolar los mismos que pueden ser definidos de manera independiente. Se pueden elegir entre diagramas isótropos (radia con la misma intensidad en todas las direcciones del espacio), omnidireccionales y directivos. Para CDMA 450 MHz será con una Antena Directiva.

Los transmisores y receptores emiten y reciben con su diagrama copolar las señales con la misma polarización con la cual están configurados; de igual manera, emiten y reciben con el diagrama contrapolar señales en polarización cruzada. Si no es posible obtener el diagrama contrapolar por parte del fabricante.

Diagrama copolar: Es el diagrama correspondiente a la excitación de la sonda excitadora.

Diagrama contrapolar: Es el diagrama correspondiente a la polarización ortogonal de la antena, la mejor opción es emplear el mismo diagrama que en el caso copolar, pero reduciendo la ganancia en el mismo valor que la discriminación de polarización cruzada que suele ofrecer el fabricante. Fuente: [15]

Para crear una antena, lo primero es seleccionar nuevo modo de Gestión como muestra la Figura 4.15 y luego elegir el objeto Antena indicado en la Figura 4.16.

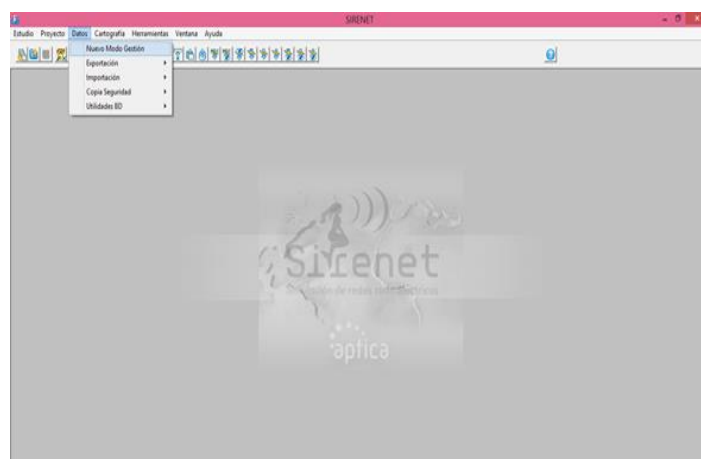


Figura 4.15: Abrir una nueva ventana en modo Gestión



Figura 4.16: Insertar una nueva Antena en la base de Datos

Se abrirá una ventana como la Figura 4.17, en la cual se pondrá el nombre de la entidad, además crear o elegir un diagrama copolar y contrapolar.

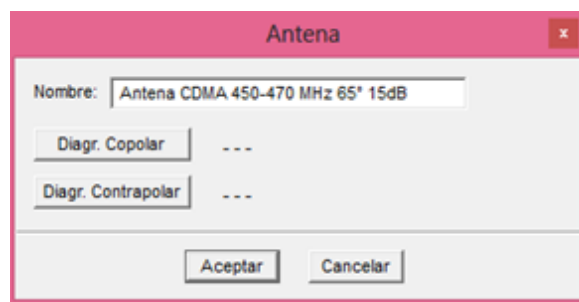


Figura 4.17: Nombre de la Antena

Colocar el nombre del diagrama y la ganancia de la antena. Además, en esta ventana el diagrama horizontal y los diagramas verticales que sean necesarios.



Figura 4.18: Datos del Diagrama Directivo Copolar

A continuación se puede observar el patrón de radiación de la antena en el plano horizontal de una manera más detallada con sus grados y db's.

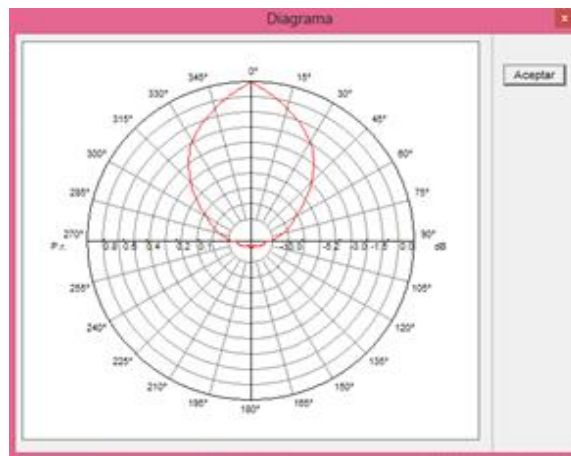


Figura 4.19: Diagrama Horizontal de la Antena

En la siguiente Figura 4.20 se observa el Diagrama Directivo Contrapolar para la antena. Ingrese la ganancia y el azimut para el plano vertical, según el tipo de antena para realizar el proyecto.

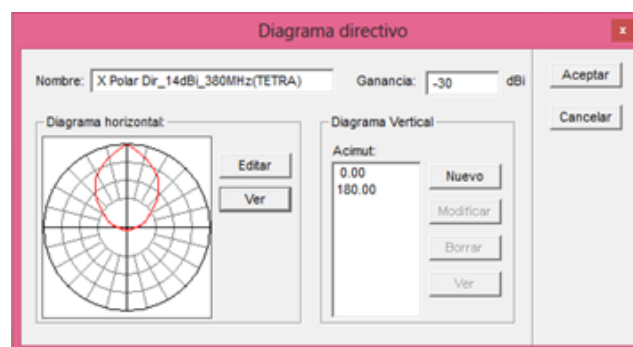


Figura 4.20: Datos del Diagrama Directivo Contrapolar

La Figura 4.21 muestra el diagrama contrapolar en el plano Horizontal, con más detalle de la Figura 4.20.

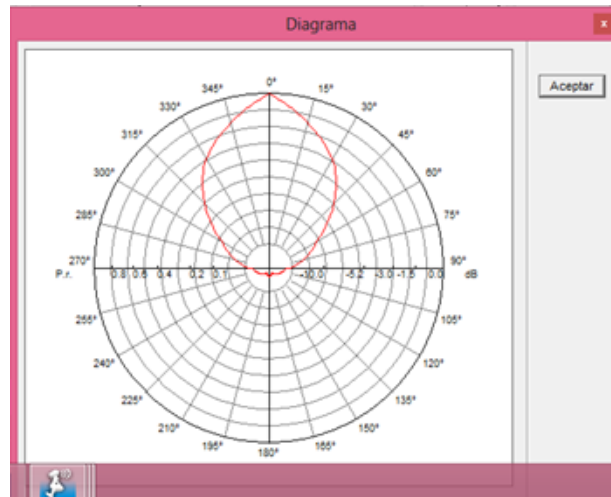


Figura 4.21: Diagrama Horizontal de la Antena

La Figura 4.22 muestra los nombres de los diagramas Copolar y Contrapolar de la Antena, aquí se puede crear un nuevo diagrama o modificar un modelo ya existente.

 A screenshot of a software window titled "Antena". It contains a form for configuring antenna data. The "Nombre:" field is filled with "Antena CDMA 450-470MHz 65° 15dB". Below this, there are two rows of buttons and text: "Diagr. Copolar" followed by "Dir_14dBi_380MHz(TETRA)", and "Diagr. Contrapolar" followed by "X Polar Dir_14dBi_380MHz(TETRA)". At the bottom of the window are "Aceptar" and "Cancelar" buttons.

Figura 4.22: Datos de la Antena Transmisora

d. CREACIÓN DE TRANSMISORES

La Figura 4.23 muestra cómo crear un transmisor, sobre la pestaña Cobertura y elegir Transmisor - Nuevo, tomar en cuenta que anteriormente debe estar dentro del estudio donde se crearan los transmisores.

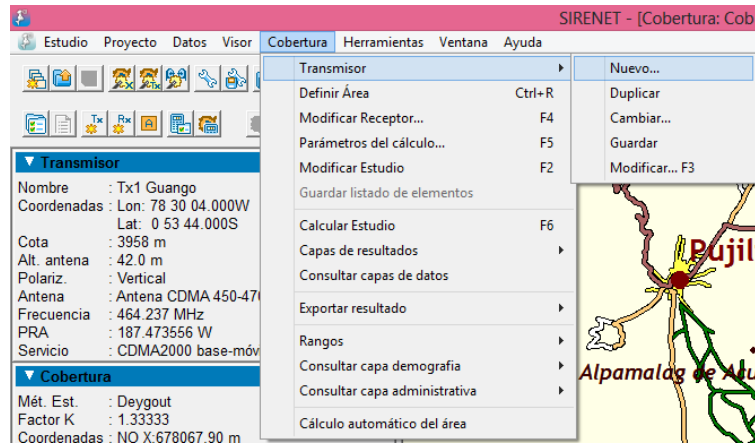


Figura 4.23: Insertar un nuevo Transmisor

La ventana de la Figura 4.24, pueden ingresar las características del transmisor como Identificación, Parámetros de Radio, Parámetros de Antena, Fuente, Parámetros 3G Y 4G.

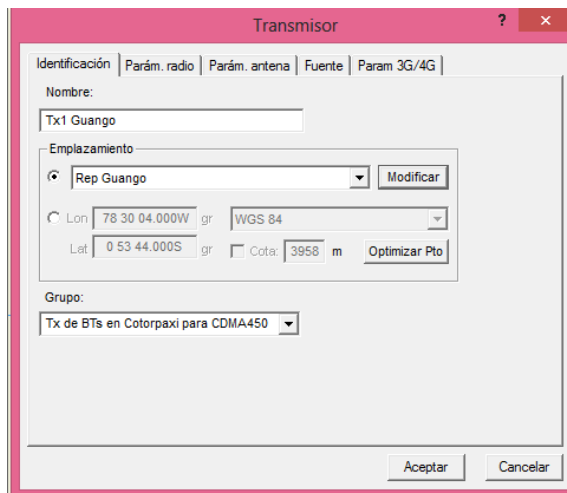


Figura 4.24: Identificación del Transmisor

Los parámetros del transmisor se observan en la Figura 4.25, aquí ingrese la frecuencia de referencia según el tipo de banda para cada transmisor, el número de canales y el retardo.

The screenshot shows the 'Transmisor' configuration window with the 'Parám. radio' tab selected. The settings are as follows:

- Servicio:** CDMA2000 downCDMA2000 base-móvil
- Fase:** >> Vacío <<
- Red:** >> Vacío <<
- Polarización:** Vertical
- Frecuencia:**
 - Banda:** Banda B CDMA 450
 - F. referencia:** 464.237 MHz
 - Canales:** 0
- Retardo:** 0.00 μ sg

Figura 4.25: Parámetros del Radio

En los parámetros de la Antena se ingresa el valor de la potencia, ganancia, y pérdidas como se observa en la Figura 4.26.

The screenshot shows the 'Transmisor' configuration window with the 'Parám. antena' tab selected. The settings are as follows:

- Potencia:**
 - PRA:** 187.474 W
 - Pot:** 25 W
 - G:** 14 dBi
 - L:** 3.1 dB
- Antena:**
 - Nombre:** Antena CDMA 450-470MHz 65° 15dB
- Orientación:**
 - Automática a Rx:** >> Vacío <<
 - Manual:** Acimut: 142 [0,359] Inclinação: 0 [-90,90]
- Altura:** 42 m

Figura 4.26: Parámetros de la Antena

Para los parámetros como Fuente y 3G/4G los dejaremos por defecto con los datos que estén como muestra la Figura 4.27 y Figura 4.28. Ya que para el tipo de servicio de CDMA 450MHz no utilizamos ese tipo de tecnología.

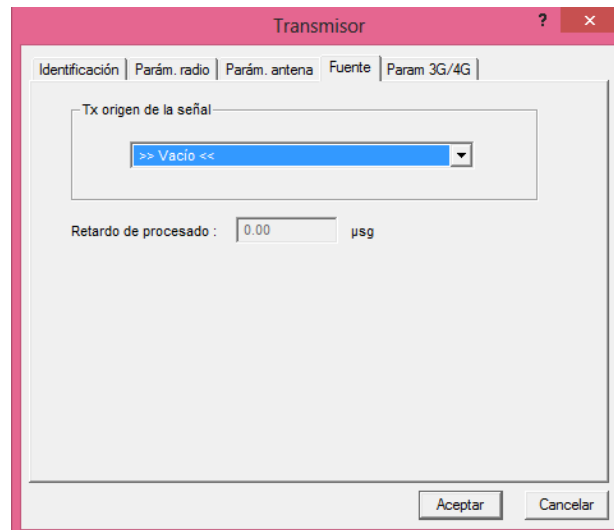


Figura 4.27: Fuente del Transmisor

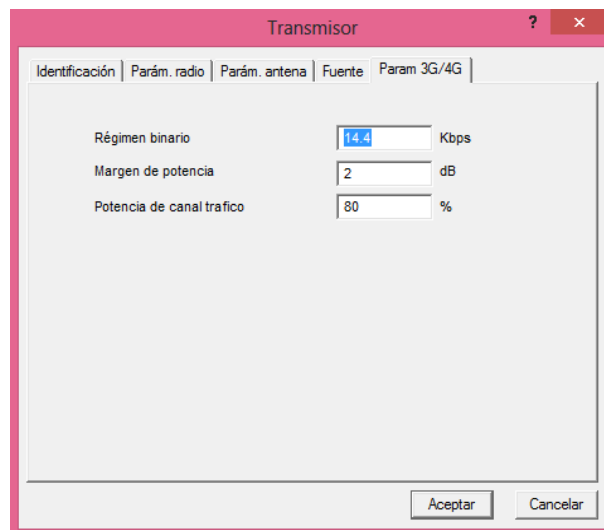


Figura 4.28: Parámetros 3G y 4G del Transmisor

Ya creado el Transmisor se observa que la orientación y la ubicación de las coordenadas del transmisor son las que ingresamos en la identificación del mismo, además para realizar las modificaciones a el Estudio se selecciona Cobertura y clic en Modificar el Estudio o también F2 como indica la Figura 4.29.

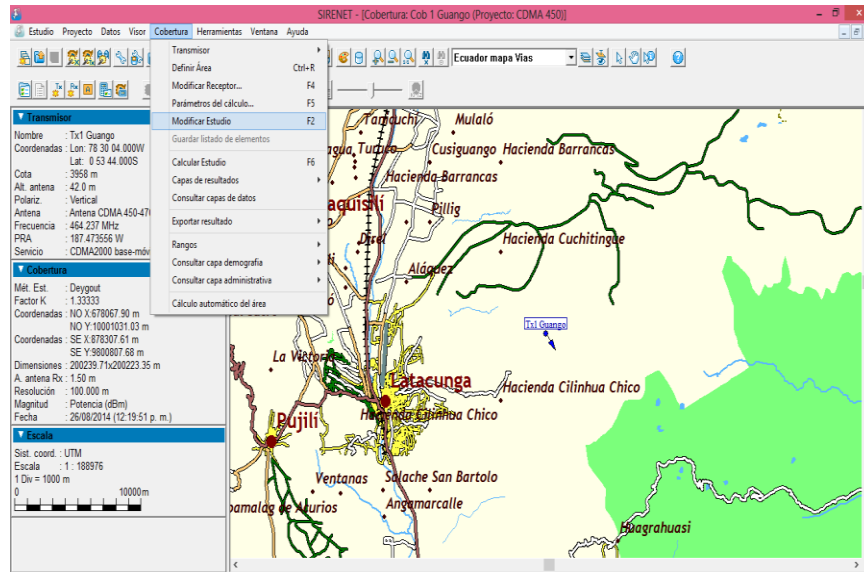


Figura 4.29: Modificar el Estudio

Seguidamente en la Figura 4.30 la ventana de los Datos del Estudio serán modificados si es el caso.

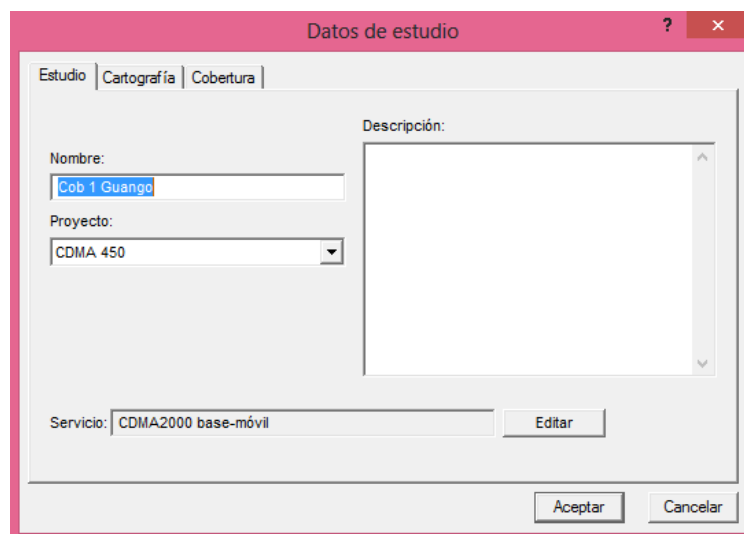


Figura 4.30: Datos de Estudio a Modificar

En la Figura 4.31 en la pestaña Cartografía se podrá cambiar el sistema de Coordenadas, Modelos Digital del Terreno, Capas de Visualización para la Cartografía Principal o en el caso de que se necesite una cartografía Auxiliar.

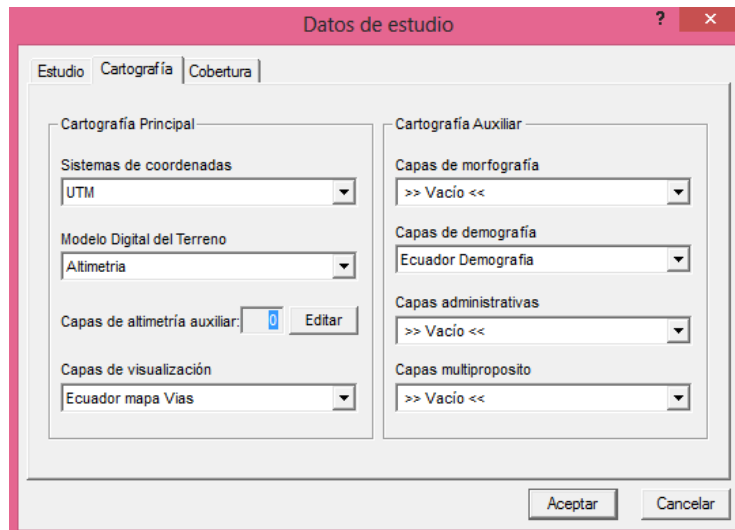


Figura 4.31: Modificar Cartografía

En la Figura 4.32 se observa que en la pestaña Cobertura se elegirá el Método de Cálculo para el Análisis de Cobertura del Estudio. En este caso el de Okumura-Hata Rural.

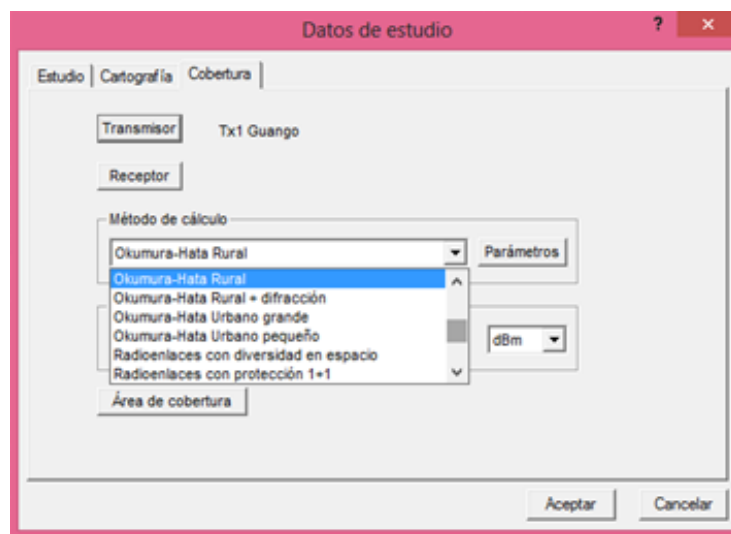


Figura 4.32: Método de Cálculo de la Cobertura

Seguidamente definir el Área en la que se realizará el análisis de cobertura como en la Figura 4.33, clic sobre Cobertura y Definir Área, elegir el área manualmente como se observa en la Figura 4.34.

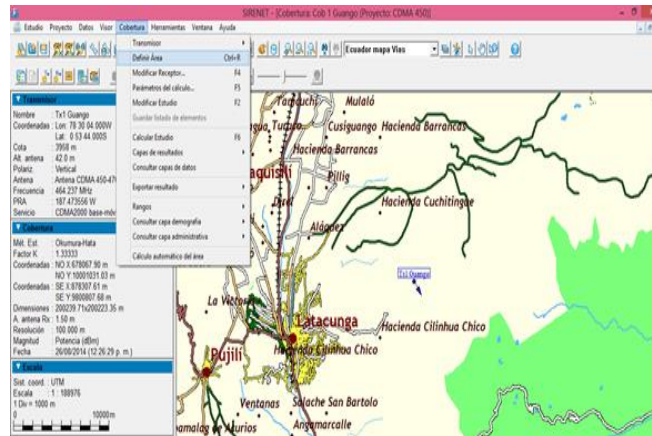


Figura 4.33: Definir el Área de Cobertura

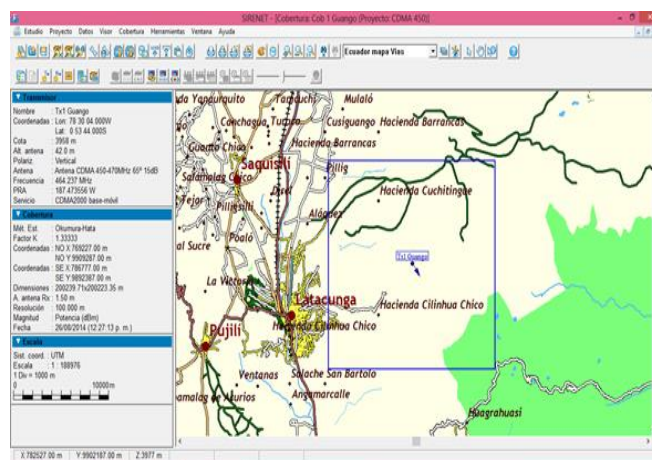


Figura 4.34: Seleccionar el Área de Cobertura

Otra manera de seleccionar el Área de cobertura es dar un clic en Cobertura, Cálculo automático del área como se observa en la Figura 4.35. En la Figura 4.36 ingresamos el valor del área en Km.

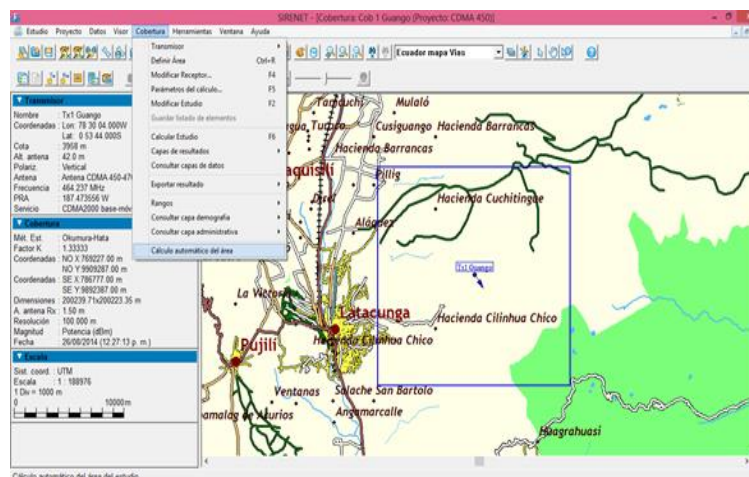


Figura 4.35: Cálculo Automático del Área

Una ventaja de trabajar en la banda de 450 MHz es la gran propagación de la señal con la utilización de una sola estación base. Se calcula que sin ningún tipo obstáculo una estación base podría cubrir hasta 50Km. Fuente: [12].

Cálculo automático del área

Separación angular: 10 °

Distancia máxima: 50 km

Margen de recepción: 10 dB

Aceptar Cancelar

Figura 4.36: Ingreso de Datos para el Cálculo Automático del Área

Por siguiente se debe realizar en Cálculo de Estudio, como en la Figura 4.37, y un clic en Cobertura y en Cálculo de Estudio.

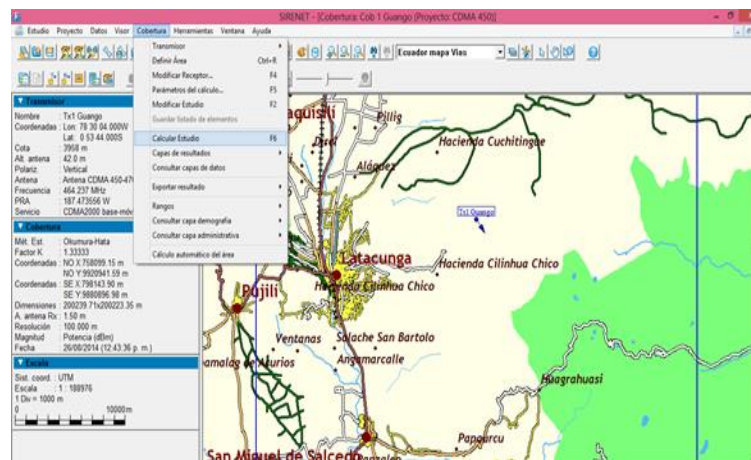


Figura 4.37: Cálculo de Estudio

Como se observa en la Figura 4.38 la cobertura del Tx1 Guango que es el nombre del transmisor es evaluado por el Método de Okumura Hata Rural. Para cada color tiene su rango de potencia, este Método de cálculo desprecia las elevaciones del sector de cobertura de la BTS El Guango, lo cual esto no es real ya que debido a consultas de los pobladores no tienen un 100% de cobertura, por lo que se deja en una segundo plano a este análisis.

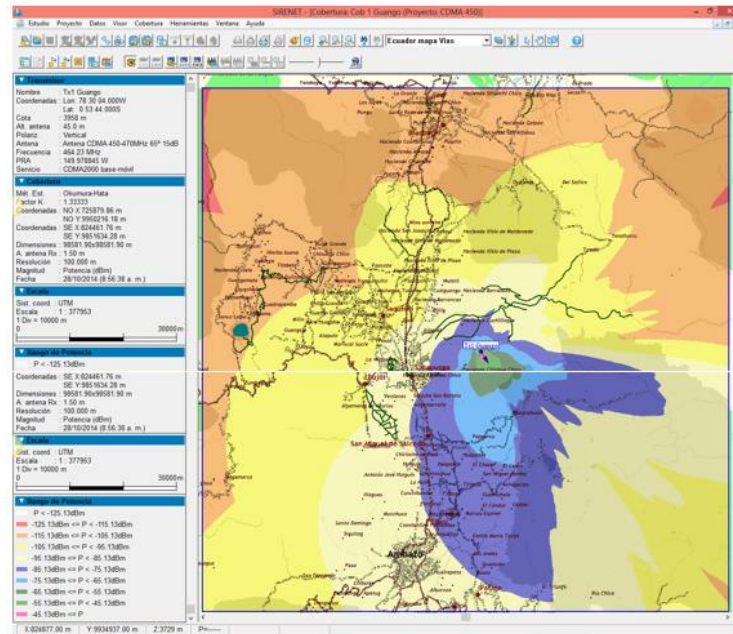


Figura 4.38: Cobertura del Tx1 Guango con el Método Okumura Hata

El Rango de potencias va desde los -45.13dBm a los -125.13dBm como muestra la Figura 4.39.



Figura 4.39: Rango de Potencias del Transmisor Tx1 Guango con el Modelo Okumura Hata Rural.

Los valores de potencia se encuentran diferenciados por colores, pero como se observa el modelo de Okumura Hata que fue utilizado para el Tx1 Guango, no determina si hay obstáculos como zonas montañosas, en el rango de -45.13dBm hasta los -105.13dBm que es límite para que exista enlace, observamos que toda la zona tiene cobertura, pero esto se demostrara en el capítulo 5 y se describirá a detalle.

Una solución que se les da a este método de Cobertura es Modificar el Estudio y que elijan el Método de Cálculo Deygout como muestra la Figura 4.40.

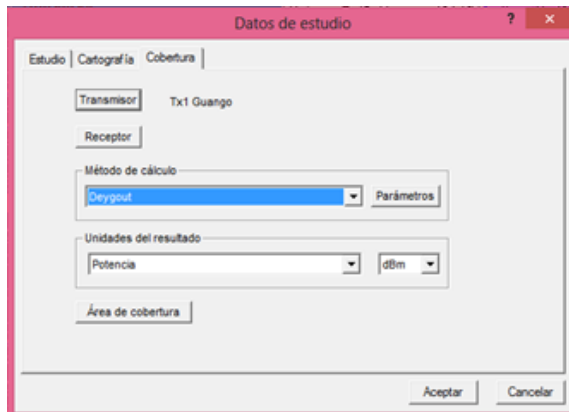


Figura 4.40: Método de Cálculo Deygout

En la Figura 4.41 observaran el inicio del Cálculo de Cobertura del Transmisor Tx1 Guango con el Método Deygout.



Figura 4.41: Cálculo de Cobertura Tx1 Guango

En la Figura 4.42, observaran que el Método Deygout es el más indicado para el Análisis de Cobertura del Tx1 Guango.

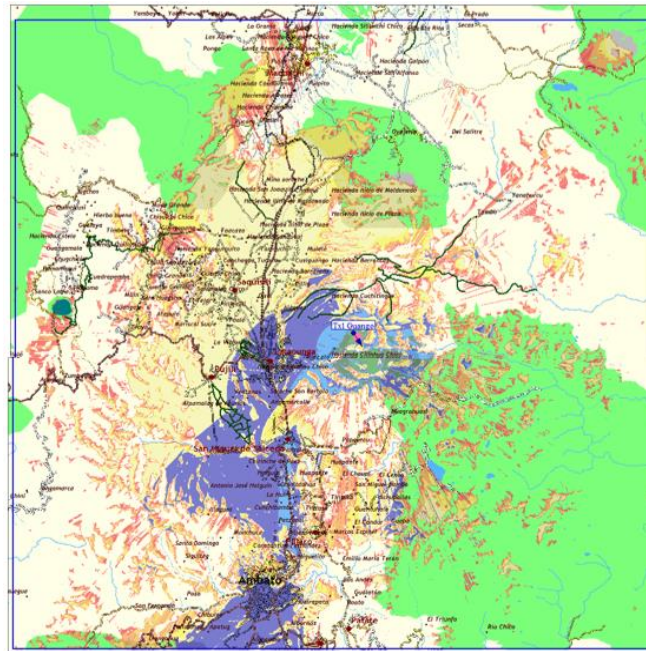


Figura 4.42: Cobertura del Tx1 Guango

De igual manera aquí en la Figura 4.43 tenemos el valor de los rangos de potencia de una manera más real ya que este modelo toma en cuenta los obstáculos en el área de cobertura.



Figura 4.43: Rango de Potencias del Tx1 Guango con el modelo Deygout

Los valores de potencia se encuentran diferenciados por colores, pero como se observa el modelo de Deygout que fue utilizado para el Tx1 Guango, observamos que este método es determinístico, es decir que toma en cuenta las zonas montañosas o la descrita cartografía; en el rango de -45.13dBm hasta los -105.13dBm que es límite para que exista enlace, observamos que tiene varias zonas críticas que van sobre los -100dBm que en el capítulo 5 y se describirá a detalle.

Al finalizar este ejemplo, lo siguiente es crear los dos transmisores TX2 Guango y Tx3 Guango en cada estudio, siguiendo los pasos desde la figura 4.1. En la siguiente Figura 4.44 se realizará el nuevo Estudio de Cobertura Múltiple, para indicar la cobertura de los tres Transmisores del Guango, los pasos son como los que se muestra.

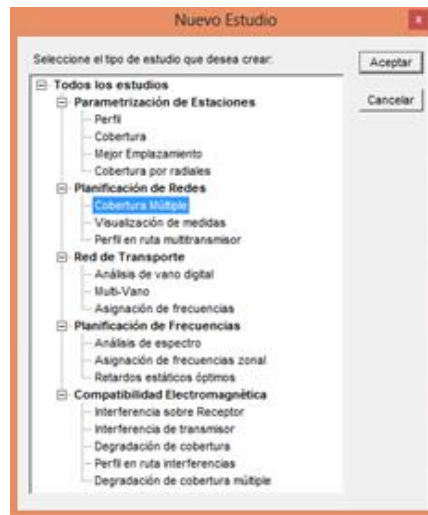


Figura 4.44: Nuevo Estudio Cobertura Multiple

El siguiente paso debe ser como la figura 4.4, que será ingresar los datos del Estudio como el Nombre: COBERTURA MULTIPLE GUANGO. Para ingresar los Estudios de los que se realizara en análisis de Cobertura, dar clic sobre la pestaña Cobertura Multi-Tx y añadir los Estudios como muestra la Figura 4.45.

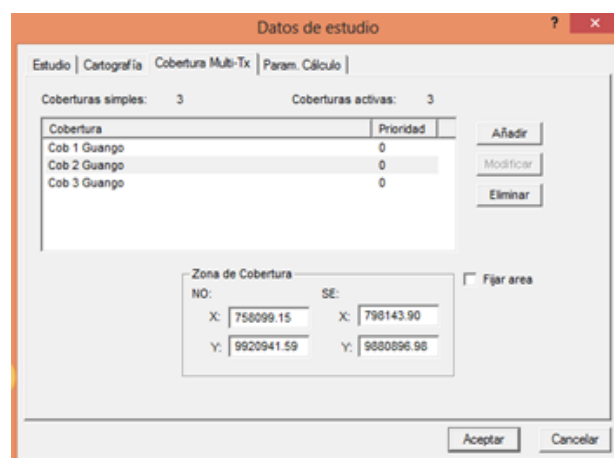


Figura 4.45: Añadir Estudios para Multicobertura

Como se observa en la Figura 4.46 los tres Transmisores que fueron añadidos por medio de los Estudios a los que pertenecía.



Figura 4.46: Transmisores Añadidos de cada Estudio

Para el Cálculo Automático del Área de Cobertura, seguir los pasos de la Figura 4.35 y Figura 4.36 que fueron realizados en el primer ejemplo, se ingresa el valor del Área de 50 Km. En la Figura 4.47 se observa cómo se define el área de Cobertura.



Figura 4.47: Área de Cobertura 50km

Para elegir el Método de Cálculo de la Cobertura Múltiple del Guango será como se observa en la Figura 4.48.

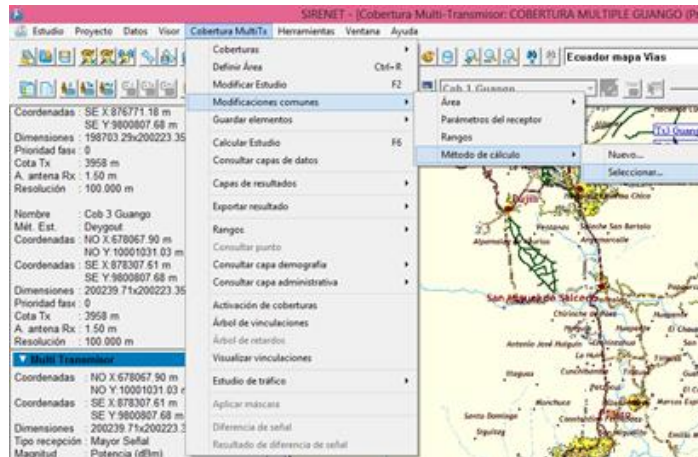


Figura 4.48: Método de Cálculo Nuevo o Modificarlo.

El Método que utiliza como primera prueba es el de Okumura Hata Rural, que se muestra en la Figura 4.49.

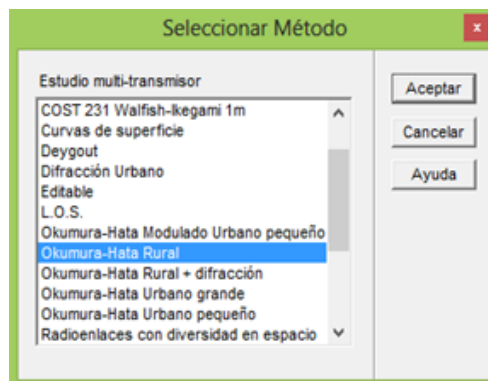


Figura 4.49: Selección del Método de Cálculo de Estudio

Para el nuevo Cálculo de estudio se muestra en la Figura 4.50 y se trazan los perfiles.

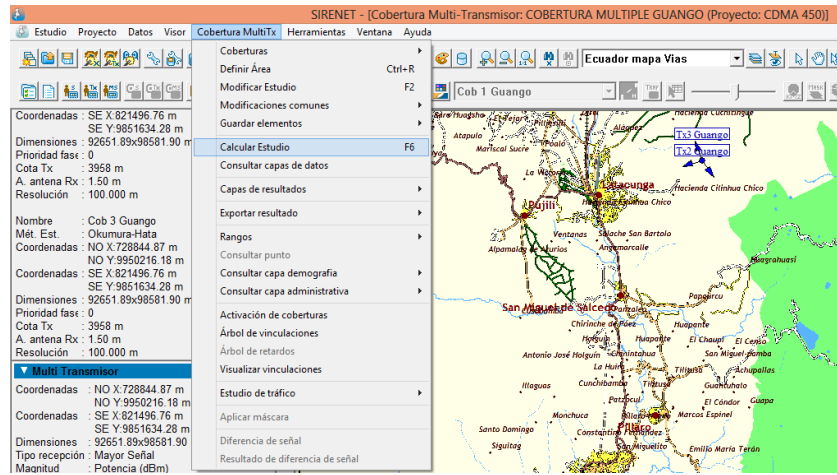


Figura 4.50: Cálculo de Estudio

La Figura 4.51 muestra el Método de Okumura Hata Rural, con un área de cobertura de 50 km.

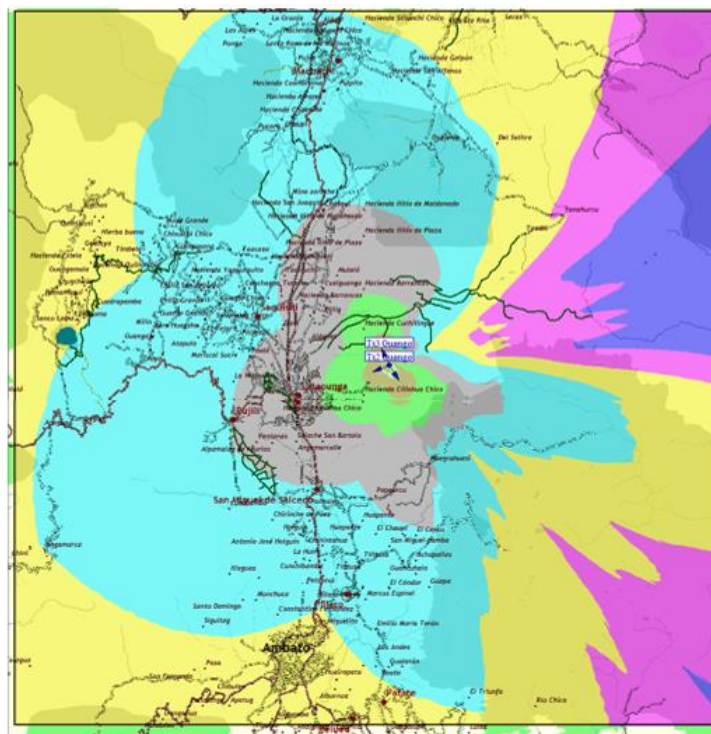


Figura 4.51: Cobertura de Okumura Hata para la BTS Guango

En la Figura 4.43 tenemos el valor de los rangos de Potencias para Cobertura Multiple el Guango. De igual manera realizaremos el trazo de los perfiles en el Método de Deygout se observa en la Figura 4.54.

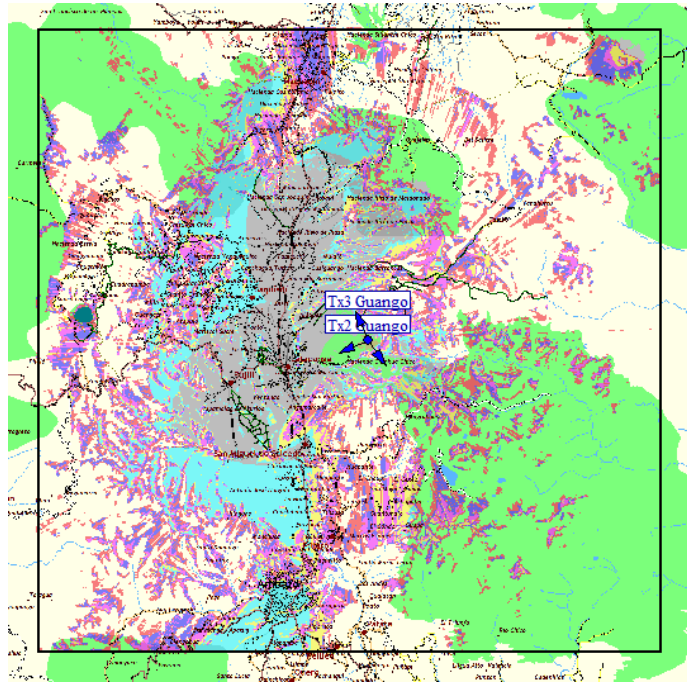


Figura 4.52: Cobertura Múltiple Guango Deygout

De igual manera en la Figura 4.43 tenemos el valor de los rangos de Potencias para Cobertura Múltiple Guango

La Figura 4.42 y Figura 4.51. Muestra la gran diferencia de trabajar con dos modelos de propagación ya que el Modelo Deygout es más real ya que mediante la zona en la que se encuentre, como en este caso una zona montañosa depende la cobertura y el rango de valores de potencia al comparar con el de Okumura Hata que está en una zona que esta con total cobertura.

4.1.3. SIMULACIÓN DE LA BTS DE PILISURCO

Para la simulación de la BTS de Pillisurco se debe realizar los mismos pasos como el la Figura 4.11, con la diferencia de su nombre y ubicación, con sus respectivas coordenadas.

Para los parámetros de cálculo del estudio para el Tx1 Pillisurco se debe realizar de la misma manera como para el Tx1 Guango, con los dos métodos como Okumura Hata Rural y Deygout.

Tabla 4.2

Características de la BTS Pillisurco

UBICACIÓN	PILLISURCO	
COORDENADAS	LON: 78° 40' 07,8" W	LAT.: 01° 09' 17,3" S
AZIMUTH	80° – 205° - 345°	
POLARIZACIÓN	VERTICAL	
COBERTURA PRINCIPAL	CANTÓN SALCEDO	
POTENCIA DEL TRANSMISOR	39,81 W – 46dBm	
FRECUENCIA	450-470 MHz	

Fuente:[12]

A continuación puede observar la Figura 4.56 el área de cobertura del transmisor Tx1 Pillisurco, la Figura 4.57 el área de cobertura con el método de Okumura Hata y la Figura 4.58 con el método de Deygout.

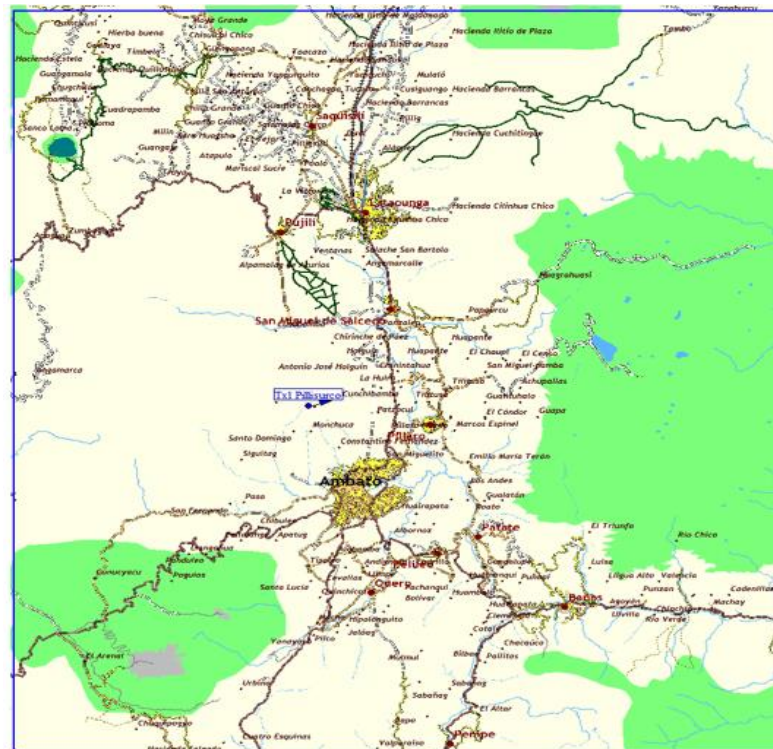


Figura 4.53: Área de Cobertura del Transmisor TX1 Pillisurco

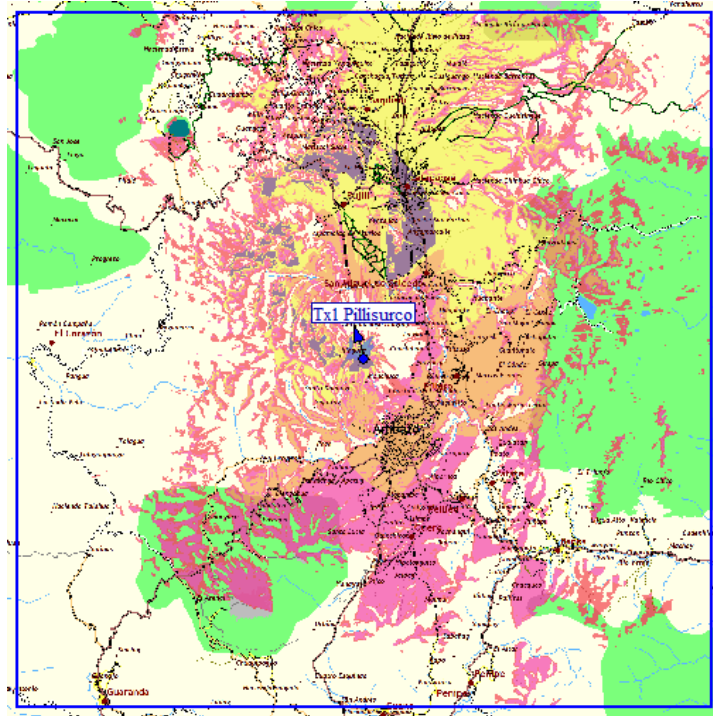


Figura 4.54: Área de Cobertura con el Método Deygout

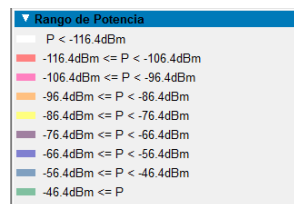


Figura 4.55: Área de Cobertura con el Método Deygout

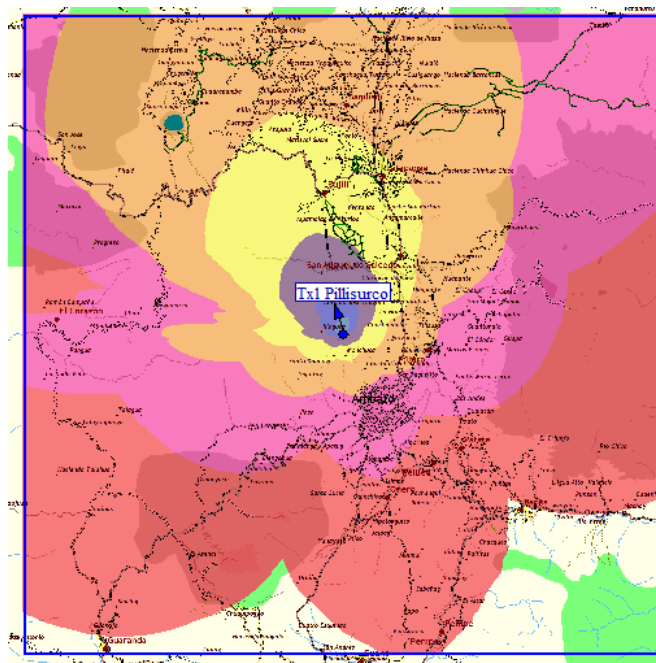


Figura 4.56: Área de Cobertura con el Método de Okumura Hata Rural.

Para el valor de los rangos de valores de Potencia podemos observar la Figura 4.55.

4.2. SIMULACIÓN EN RADIO MOBILE

Las simulaciones que se realizan en Radio Mobile son necesarias para poder comparar con la simulación en los otros programas. Radio Mobile al ser un programa libre, es decir que no es necesario obtener una licencia podemos seguir paso a paso y poder comparar con los valores que vamos obteniendo en el proyecto de investigación, además aprendemos el funcionamiento de una herramienta importante en la vida estudiantil en Telecomunicaciones para futuros proyectos universitarios.

4.2.1. MODELO DE PROPAGACIÓN LONGLEY RICE

El modelo de propagación ITM o Longley Rice es un modelo semi-empírico utilizado en Radio Mobile, el cual predice la posible propagación a larga o media distancia sobre terreno irregular. También es un modelo estadístico pero toma en cuenta muchos más parámetros para el cálculo de las pérdidas:

- Altura media del terreno (ondulación)
- Refracción de la troposfera
- Perfiles del terreno
- Conductividad y permisividad del suelo
- Clima

Para el cálculo de la propagación, el modelo Longley-Rice tiene los siguientes parámetros comunes al de otros modelos de propagación:

- Frecuencia: el rango de frecuencias nominales para el modelo varía entre 20MHz y 20GHz.
- ERP (Effective Radiated Power): potencia efectiva de radiación, se introducen en las unidades que fije el usuario en la opción de configuración del sistema (mW, W, kW, dBm, dBW, dBk).

- Polarización: debe especificarse si se trabaja con polarización horizontal o vertical. El modelo de Longley-Rice asume que ambas antenas tienen la misma polarización, vertical y horizontal.
- Refractividad: la Refractividad de la atmósfera determina la cantidad de “bending” o curvatura que sufrirán las ondas radio. En otros modelos, el parámetro de Refractividad puede introducirse como la curvatura efectiva de la tierra, típicamente 4/3 (1.333). Para el modelo Longley-Rice, hay tres formas de especificar la Refractividad. Se puede introducir el valor de Refractividad de superficie directamente, típicamente en el rango de 250 a 400 Unidades de n (correspondiente a valores de curvatura de la tierra de 1.232 a 1.767). Una curvatura efectiva de la tierra de 4/3 (=1.333) corresponde a una Refractividad de superficie de valor aproximadamente 301 Unidades de n. Longley y Rice recomiendan este último valor para condiciones atmosféricas promedio. Se dice que la onda está en condiciones de $k = 4/3$, que es el valor para una atmósfera estándar, ya que de acuerdo a valores experimentales se encontró que éste era el valor medio. De manera que el factor k multiplicado por el radio terrestre da el radio ficticio de la Tierra. La relación entre los parámetros “k” y “n”, viene dada por la siguiente expresión:

$$N_5 = 179.3 * \text{Ln} \left[\frac{1}{0.046665} \left(1 - \frac{1}{k} \right) \right]$$

Para el cálculo de las pérdidas el modelo usa la teoría de la difracción, la refracción troposférica y el escattering del terreno.

APLICACIONES

Fue diseñado para frecuencias entre los 20MHz y 20GHz, para longitudes de trayecto de entre 1 y 2000 Km. A pesar de que este modelo incluye cálculos de pérdidas por línea de vista, las pérdidas calculadas son generales para todas las distancias que estén dentro de cierto rango, es decir que no hace un análisis detallado de todas las pérdidas posibles que se puedan presentar a mayores distancias.

4.2.2. SIMULACIÓN DE UN RADIO ENLACE UTILIZANDO RADIO MOBILE

Para realizar una simulación en Radio Mobile primero debe instalar y configurar el software siguiendo los pasos mostrados dentro del **Anexo B**; para posteriormente seguir el siguiente procedimiento:

a. CREACION DE UNA NUEVA RED

Para crear una nueva red, se debe seleccionar la opción Nuevas redes, dentro de la pestaña Archivo de la barra de Menús como muestra la Figura 4.57. La red es un grupo de unidades de radio que operan en el mismo rango de frecuencia bajo las mismas condiciones climatológicas y condiciones de terreno.

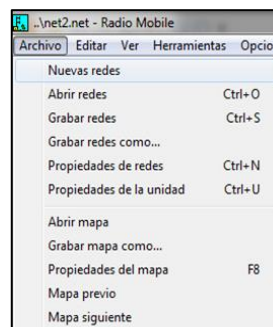


Figura 4.57: Barra de menús de Radio Mobile

Después se ingresarán los parámetros de la red que va a crear, donde se ingresará el Número de redes (enlaces o cadena de enlaces), Número de unidades y Número de sistemas de las que se quiere disponer como muestra la Figura 4.58. Con estos datos, el programa estimará la cantidad de memoria necesaria. Si se pulsa el botón Usar Mapa, lo cargará inicialmente referido al mapa del proyecto anterior con el que se haya trabajado.

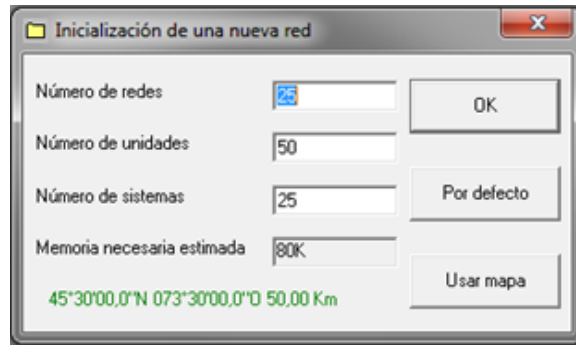


Figura 4.58: Ventana para la Inicialización de una nueva red.

Una vez llenos los parámetros solicitados en la ventana se pulsarán OK. Así se obtendrá una red con la respectiva memoria reservada, pero aún sin datos. Quedará de esta manera creado un archivo .net (network).

b. UBICACIÓN Y CREACIÓN DE EMPLAZAMIENTOS

Una vez creada la red, se procede a extraer el mapa en donde se ubicarán los emplazamientos de la red, que indica la figura 4.59. Para ello se debe acceder a las Propiedades del Mapa, ya sea desde la opción Archivos en la barra de menús o tecleando F8 en el computador.

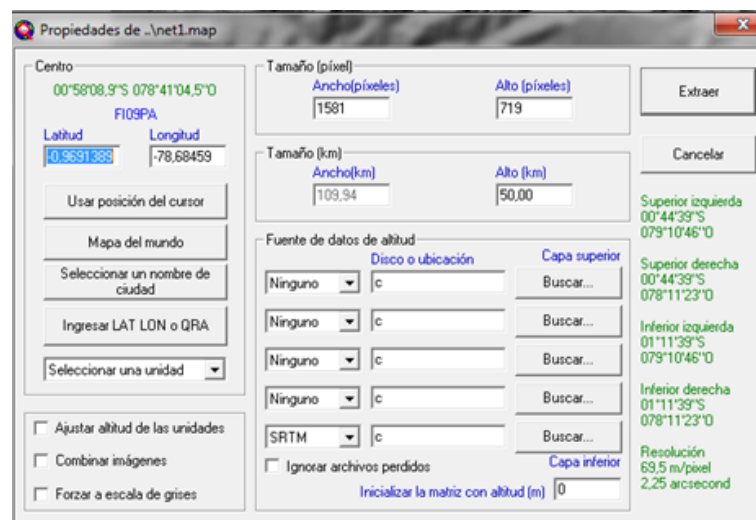


Figura 4.59: Propiedades del mapa

Si se requiere ingresar las coordenadas en formato de grados, minutos y segundos, se selecciona el botón Ingresar LAT LON o QRA y se procede a ingresar las coordenadas como en la ventana mostrada en la figura 4.60.

Figura 4.60: Ingreso de latitud y longitud

Una vez ingresadas las coordenadas, se selecciona OK, y volverá a la ventana de la Figura 4.59, allí dar clic en el botón Extraer, y el programa comenzará a descargar el mapa sino se encuentra ya cargado en el computador, lo que demorará unos minutos dependiendo la resolución y la velocidad de la conexión a Internet; o simplemente lo cargará en pocos segundos si el archivo del mapa ya se encontraba en el computador. A continuación en la figura 4.61 muestra el mapa exportado.

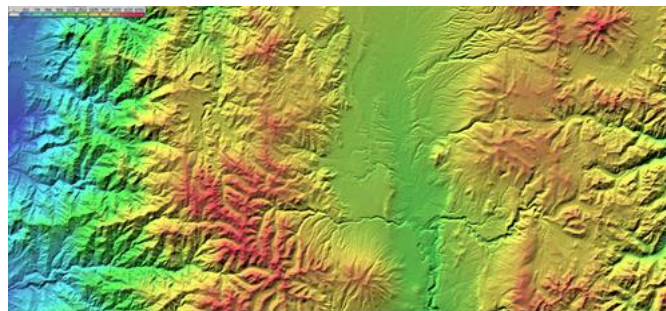


Figura 4.61: Visualización del mapa exportado

c. PROPIEDADES DE LAS REDES

Para definir las propiedades de la red se debe ingresar a Propiedades de las redes, el cual es el ícono de la figura 4.62.

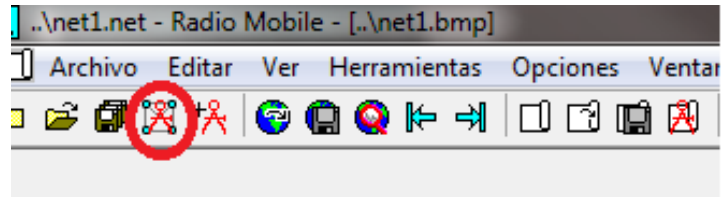


Figura 4.62: Ícono de las Propiedades de las Redes

Se desplegará entonces la ventana de Propiedades de las redes, en donde encontraremos:

PARÁMETROS

La siguiente Figura 4.63 muestra la ventana de propiedades de la red que describe el Cuadro 4.1.

Cuadro 4.1

Propiedades de la red

Nombre de la red	Es el nombre que se dará a la red
Frecuencia (MHz)	Es el rango de frecuencia en el que realizará la simulación de radioenlace (mínima y máxima).
Polarización	Es la polarización en la que los equipos de nuestra red se desempeñarán, puede ser vertical u horizontal.
Refractividad	Es un valor numérico que depende enteramente de la superficie, conductividad y permitividad relativa del suelo.

En caso de no contar con estos valores, se recomienda utilizar el que Radio Mobile da por defecto.

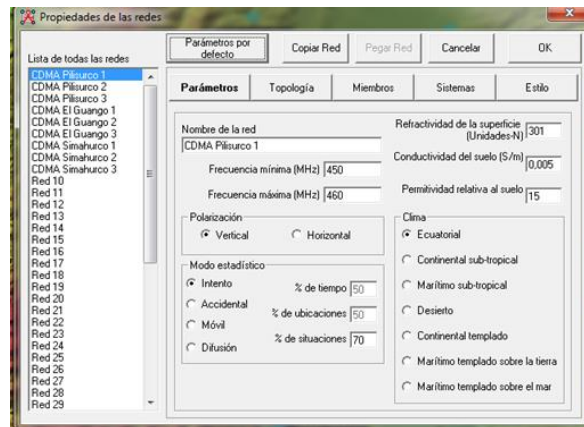


Figura 4.63: Ventana de Propiedades de las Redes

Modo estadístico:

- En el modo Intento el programa hace un único intento para enviar un mensaje en la simulación.
- El modo Accidental se utiliza para evaluar interferencias.
- El modo difusión (Broadcast) es para unidades estacionarias.
- El modo Móvil es para comunicaciones móviles.

d. TOPOLOGÍA

La topología es la relación espacial entre los diferentes elementos gráficos. Aquí se aceptarán valores por defecto asignados por el programa. La Figura 4.64 muestra lo que se encuentran en las propiedades de la red y las especificaciones en el Cuadro 4.2.

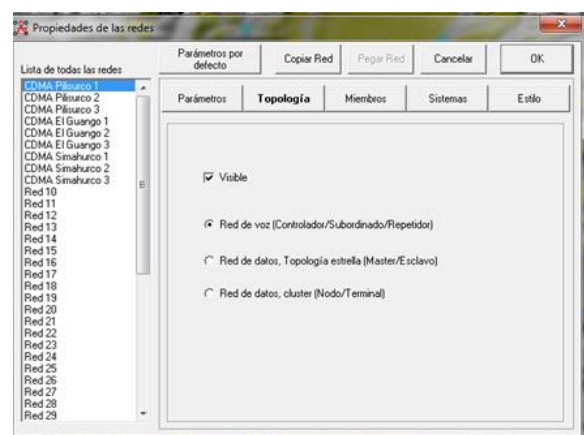


Figura 4.64: Propiedades de la red (Topología)

Cuadro 4.2

Descripción de Propiedades de la Red

RED	DESCRIPCIÓN
Red de voz (Controlador/Subordinado/Repetidor)	Se utiliza esta opción cuando sea necesario comunicar las unidades de mando con las subordinadas pero no las unidades subordinadas entre sí.
Red de datos topología estrella (Master/Esclavo)	Se utiliza esta opción para redes de datos en las unidades "maestro" se comunican con las unidades "esclavo" pero no hay enlaces entre las unidades "esclavo".
Red de datos, cluster (Nodo/Terminal)	Se utiliza esta opción para redes de datos con nodos que pueden retransmitir datagramas (rebroadcast).
Casilla Visible	Se utiliza para mostrar u ocultar la red en el dibujo del mapa.

e. MIEMBROS

Aquí se define qué unidades de radio físicas emplazadas pertenecen a una red (Rol), cuáles son sus especificaciones (Sistema) y cuál es su rol en la topología de la red, como muestra la Figura 4.65.

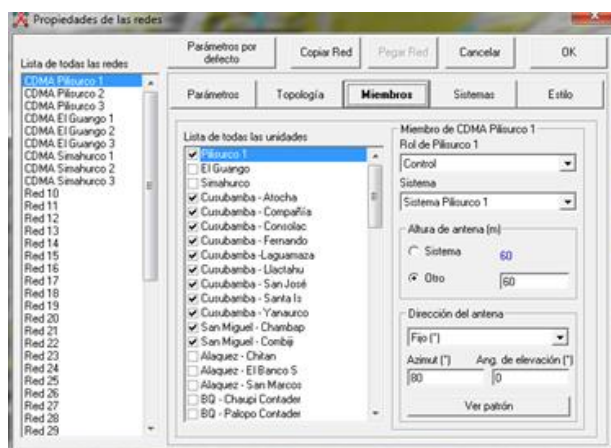


Figura 4.65: Propiedades de la red (Miembros)

f. SISTEMAS

En el menú Sistema como la Figura 4.66 muestra se especifica la funcionalidad de un sistema que incluye parámetros de antena (potencia de transmisión, umbral de recepción, pérdidas del circuito de antena, diagrama de radiación y ganancia), pérdidas del cable y altura de la antena sobre el suelo.

El programa puede almacenar especificaciones de sistemas asociados a un archivo Networks (*.net). Estas configuraciones o systems, se almacenan en el archivo radiosys.dat que incluye dos sistemas predefinidos y denominados UHF y VHF.

Una vez seleccionados e ingresados todos los parámetros aquí descritos, se procede a pulsar el botón OK para establecer las configuraciones realizadas.

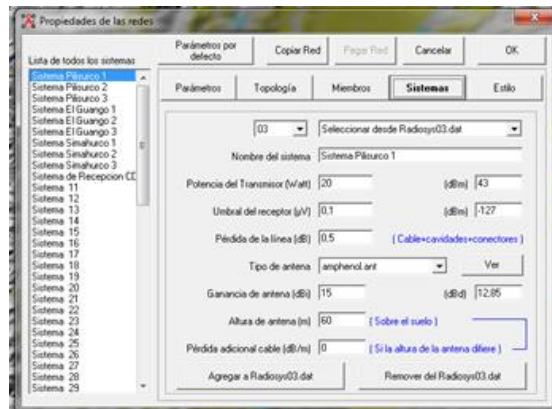


Figura 4.66: Propiedades de la red (Sistemas)

g. SELECCIÓN Y CREACIÓN DE LA ANTENA

Radio Mobile por defecto solo cuenta con un número limitado de modelos de antenas a utilizarse como lo son las antenas omnidireccional, cardio, corner, dipolo, elipse o yagi como se muestra en la Figura 4.67.

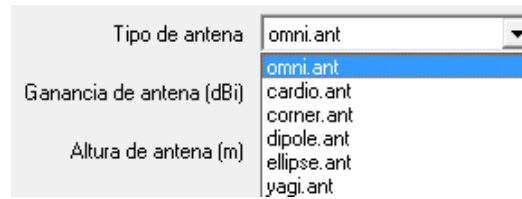


Figura 4.67: Modelos de Antenas Disponibles en Radio Mobile

Para realizar la simulación lo más cercano a la realidad se debe usar la antena existente en las distintas BTS anteriormente ya descritas, por lo cual muchas empresas fabricantes de antenas proveen dentro de sus páginas web o mediante servicio al cliente de archivos que contienen el patrón de radiación en distintos formatos para usarlos en variedad de software de simulación de radio enlaces.

Al no contar con los datos detallados del patrón de radiación de la antena Agisson DX-450-470-15i-0F de Huawei se ha utilizado el patrón de radiación de la antena Amphenol BXA-45065-4CF-EDIN-0 que tiene similares características esencialmente en el ancho de onda horizontal de 65° y vertical de 14° , estos datos y sus características técnicas de ambas antenas se encuentran adjunto en el Anexo C de éste proyecto de investigación; y cuyo servicio al cliente sí prestó las facilidades para adquirir el archivo .ant que contenía el patrón de radiación de la antena antes descrita. Pero antes de proceder a crear la antena se debe tener en consideración los tipos de archivos .ant que Radio Mobile maneja. En radio Mobile los archivos .ant pueden ser de tres tipos:

1. El archivo de la antena tendrá solamente el patrón de radiación del plano horizontal como se muestra en la Figura 4.68. A este tipo de archivos se los denomina el tipo 1, y contendrá 360 líneas (0° a $+359^\circ$)

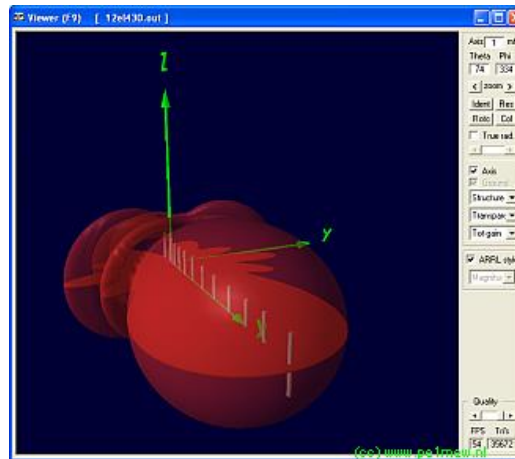


Figura 4.68: Vista del Patrón Horizontal del Plano XY

2. El archivo de la antena tendrá 360° del patrón de radiación del plano horizontal (+90° a -90°), las siguientes 180 líneas describen el patrón del plano vertical comenzando desde +90° hasta -90° tal como se muestra en la Figura 4.69. A este tipo de archivos se los denomina del tipo 2, y contendrá 540 líneas(0 a +359°)

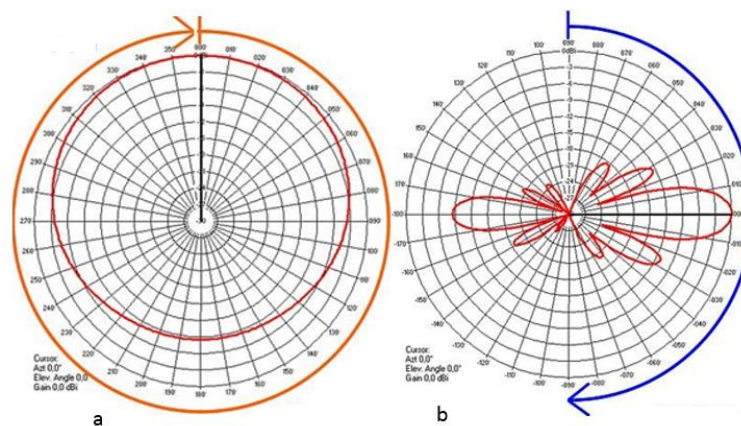


Figura 4.69: Valores Tomados Para el Archivo .ant Tipo 2 del a) Patrón de Radiación Horizontal b) Patrón de Radiación Vertical.

3. El siguiente tipo de archivo contendrá el patrón de radiación en ambos planos horizontal y vertical con 720 líneas para 360° de cada uno como se muestra en Figura 4.70.

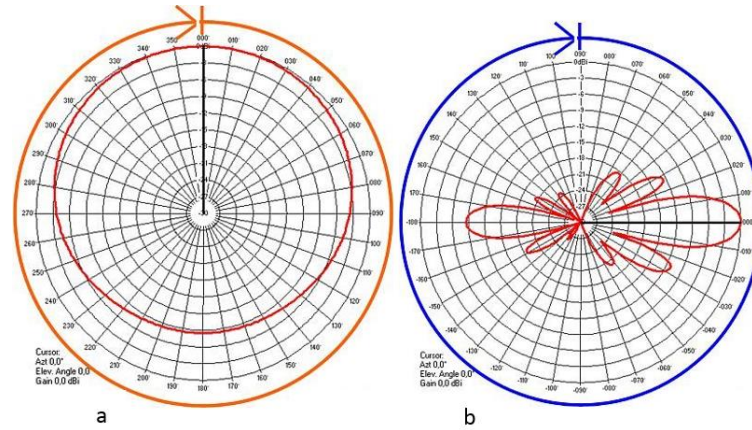


Figura 4.70: Valores Tomados Para el Archivo .ant Tipo 3 del a) Patrón de Radiación Horizontal b) Patrón de Radiación Vertical

El archivo .ant enviado por Amphenol es del tipo 2, pero tal información debe ser procesada para poder ser usado dentro de Radio Mobile. Primeramente se debe abrir el archivo en Excel dando clic derecho sobre el archivo y seleccionamos Abrir con, Microsoft Excel o cualquier procesador de tablas similar como se muestra en la Figura 4.71

	A	B	C	D	E	F
1	AA	B	XA-45065-	4CF-EDIN-15		
2	AB					
3	AC	S	65 13.0	0		
4	AD		9.4.7.0 Amp	henol BXA-45065-4CF-EDIN-15		
5	AE	H	0.1	12.9		
6	AE	H	1.1	12.9		
7	AE	H	2.1	12.9		
8	AE	H	3.1	12.9		
9	AE	H	4.1	12.9		
10	AE	H	5.1	12.8		
11	AE	H	6.1	12.8		
12	AE	H	7.1	12.8		
13	AE	H	8.1	12.8		
14	AE	H	9.1	12.7		
15	AE	H	10.1	12.7		
16	AE	H	11.1	12.6		
17	AE	H	12.1	12.6		
18	AE	H	13.1	12.5		
19	AE	H	14.1	12.5		
20	AE	H	15.1	12.4		
21	AE	H	16.1	12.3		
22	AE	H	17.1	12.3		

Figura 4.71: Vista del Archivo del Patrón de Radiación Provisto por Amphenol en Excel

Dentro del archivo .ant que contiene el patrón de radiación de la antena Amphenol se encuentran 720 líneas correspondientes a 360° del patrón de radiación horizontal (con H en la columna a la izquierda) y 360° del patrón de radiación vertical (con V en la columna izquierda). En los archivos .ant en

Radio Mobile la ganancia máxima es 0 dBi para posteriormente dentro del software poder especificar su ganancia (en el caso de ésta investigación de 15 dBi), pero dentro de muchos archivos de patrones de radiación provistos por los fabricantes éstas ganancias ya están ingresadas, en ésta antenna por ejemplo se puede notar en la figura 4.75 que los valores más altos de ganancia se acercan a 13 dBi, por lo que es necesario restar a todos los valores del patrón el valor máximo, para que el nuevo valor máximo sea de 0 dBi. Una vez realizado esto se copia las 720 líneas únicamente de los valores de ganancia del patrón de radiación para posteriormente crear un archivo en bloc de notas donde se pegará estas líneas y se procede a guardarlo como un archivo .ant.

La Figura 4.72 muestra el patrón de radiación horizontal y el patrón de radiación vertical del nuevo archivo .ant creado para la antenna a utilizarse en la simulación.

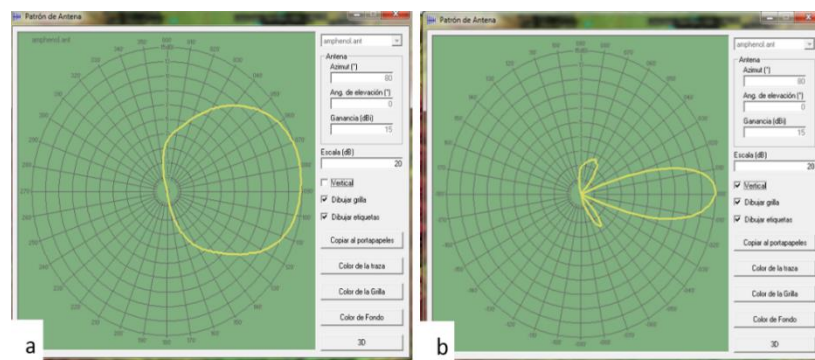


Figura 4.72: a) Patrón de Radiación Horizontal b) Patrón de Radiación Vertical vistos en Radio Mobile

h. ENLACE DE RADIO

Finalmente se podrá observar la factibilidad del enlace dando clic al ícono que se encuentra en la Figura 4.73 que corresponde al de Enlace de radio. Con la información obtenida dentro de ésta ventana se procederá a registrar los valores del nivel de Rx calculado por Radio Mobile para todas las comunidades a estudiarse.



Figura 4.73: Ícono de Enlace de radio

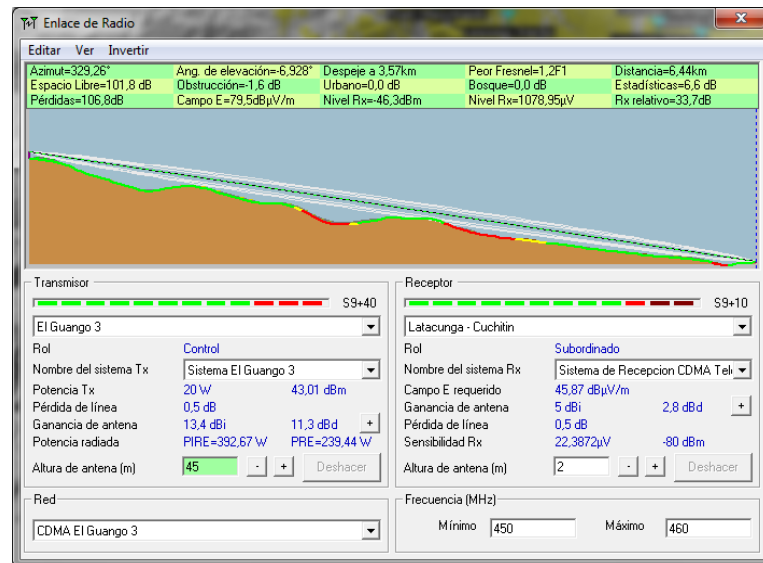


Figura 4.74: Ventana de Enlace de Radio

Dentro de la misma ventana de Enlace de Radio de la Figura 4.74 se puede exportar ésta simulación a Google Earth, para realizarlo se da clic en la Barra de Menús, opción Editar > Exportar a. La figura 4.75 muestra la opción de Exportar a y la ventana de Exportar el perfil, que se describe anteriormente.



Figura 4.75: a) Opción de Exportar b) Ventana de Exportar Perfil

Una vez exportado el perfil, si se tiene instalado Google Earth éste se abrirá automáticamente apenas se finalice la exportación y se visualiza como muestra la Figura 4.76.

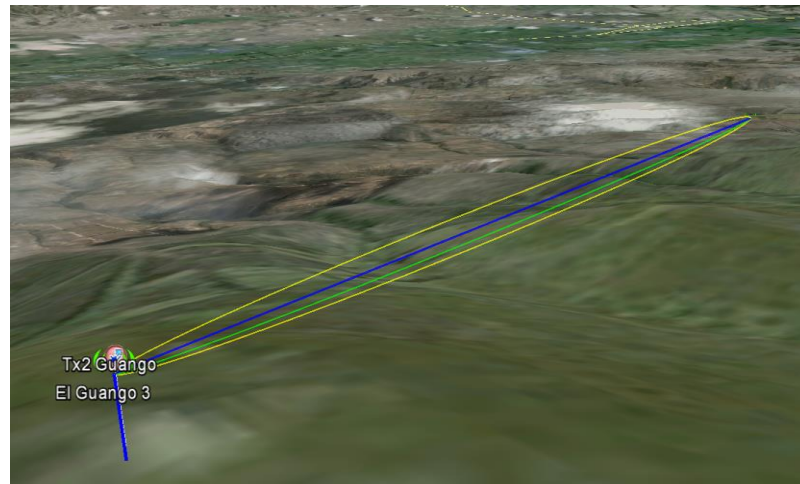


Figura 4.76 . Visualización En Google Earth Del Perfil Creado En Radio Mobile

i. COBERTURA DE RADIO

La herramienta de cobertura de radio permite dibujar el área de cobertura de una unidad de radio mediante dos tipos de gráficas:

- Cobertura de radio polar: Calcula el área de cobertura de una estación transmisora fija para un terminal móvil especificado realizando un barrido radial. Permite especificar los intervalos permitidos para el radio de cobertura y el ángulo acimutal. La gráfica se puede representar en escala de colores para indicar el nivel de señal recibida en dBm. El área de cobertura se dibujará sobre el mapa de elevaciones principal, no sobre ampliaciones. Éste tipo de cobertura se puede visualizar en la Figura 4.77.

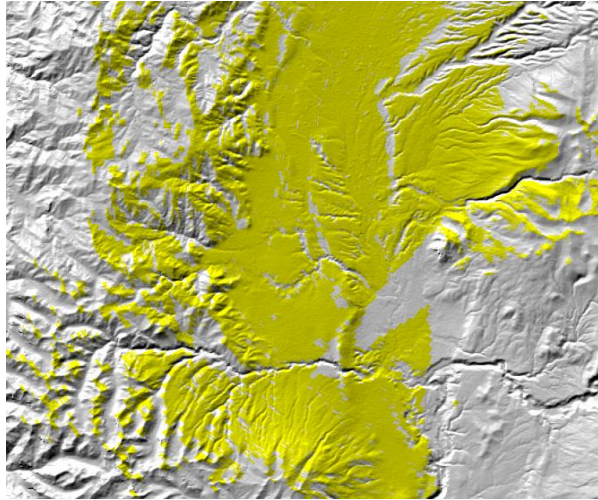


Figura 4.77: Cobertura de Radio Polar

- Cobertura Cartesiana Combinada: este modo utiliza una o varias estaciones fijas para calcular el área de cobertura que ofrecen a un terminal móvil especificado, en coordenadas cartesianas. La herramienta permite representar los niveles de señal en una región ampliada del mapa principal mediante colores. En la Figura 4.78. se muestra este tipo de cobertura.

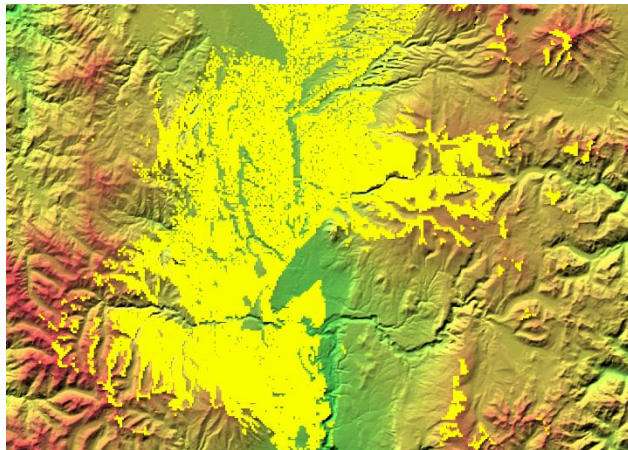


Figura 4.78: Cobertura de Radio Cartesiana

j. INTRODUCCIÓN DE PARÁMETROS

Para poder realizar la simulación de radio enlace dentro de Radio Mobile se requiere ingresar varios parámetros entre los cuales tenemos:

Tabla 4.3

Parámetros Ingresados a Radio Mobile BTS El Guango

BTS EL GUANGO			
Datos	Valores		
Rango de frecuencia	450-470 MHz		
Potencia del transmisor	46 dBm		
Tipo de transmisión	Móvil		
Altura de la antena transmisora	45m		
Ganancia de la antena	15 dBi		
Umbral del receptor	-140.45 dBm		
Altura de la antena receptora	2m		
Pérdidas por líneas (cables, cavidades y conectores)	1,53 dB		
Azimuth de las antenas	148°	244°	336°

Fuente: [12]

Tabla 4.4

Parámetros BTS Pilisurco

BTS PILISURCO			
Datos	Valores		
Rango de frecuencia	450-470 MHz		
Potencia del transmisor	46 dBm		
Tipo de transmisión	Móvil		
Altura de la antena transmisora	60 m		
Ganancia de la antena	15 dBi		
Umbral del receptor	-140.45 dBm		
Altura de la antena receptora	2m		
Pérdidas por líneas (cables, cavidades y conectores)	1,53 dB		
Azimuth de las antenas	80°	205°	345°

Fuente: [12]

Tabla 4.5

Parámetros del sistema de recepción del terminal móvil

TERMINAL MOVIL	
Datos	Valores
Rango de frecuencia	450-470 MHz
Potencia del transmisor	21,5 dBm
Tipo de transmisión	Móvil
Altura de la antena transmisora	2 m
Ganancia de la antena	2,15 dBi
Umbral del receptor	-95 dBm
Altura de la antena receptora	2m
Pérdidas por líneas (cables, cavidades y conectores)	0 dB

Fuente: [12]

k. COBERTURA GENERADA

Una vez realizados los pasos anteriores e ingresados los datos, se procede a realizar la cobertura de cada una de las BTS, tanto del Guango que se muestran en la figura 4.79, 4.80 y 4.81 y para Pilisurco en las Figura 4.82, 4.83 y 4.84.

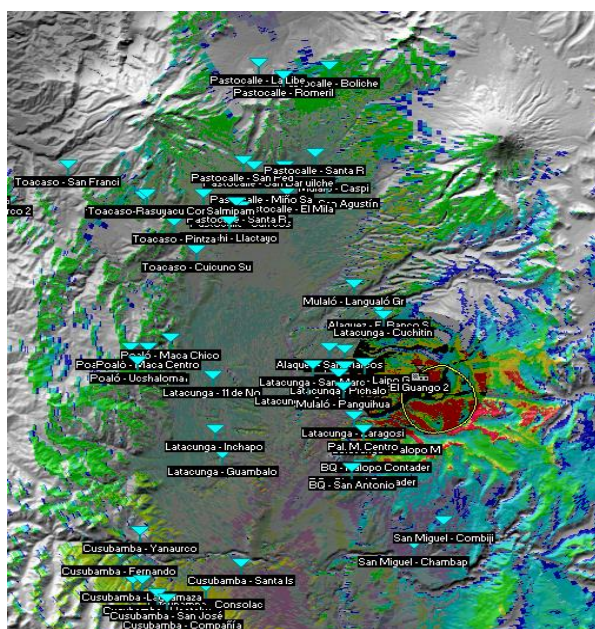


Figura 4.79: Cobertura Generada por la antena sectorial 0 BTS El Guango

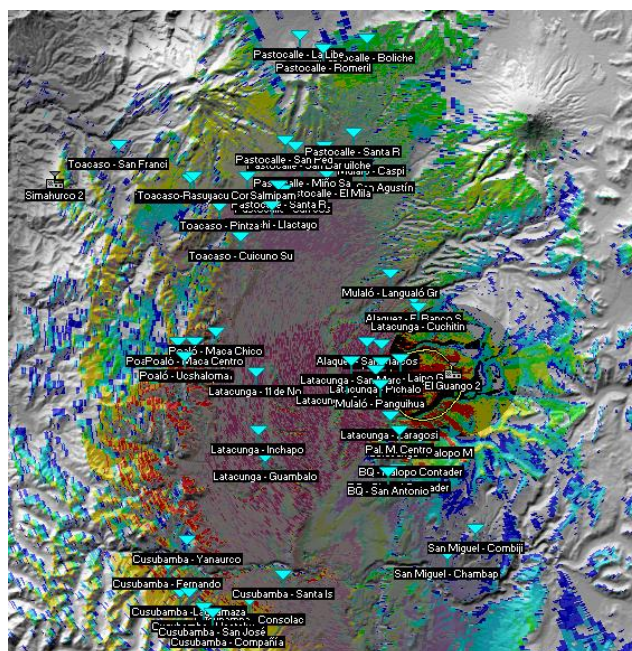


Figura 4.80: Cobertura Generada por la antena sectorial 1 BTS El Guango

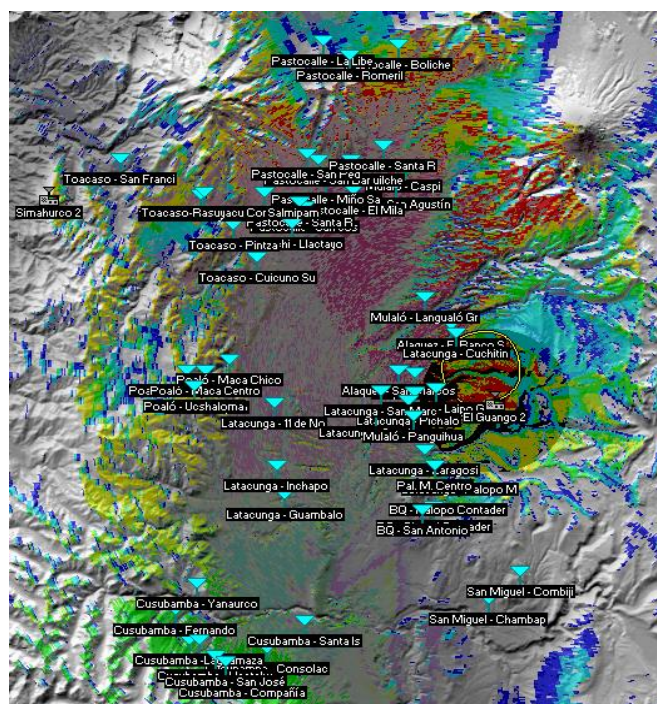


Figura 4.81: Cobertura Generada por la antena sectorial 2 BTS El Guango

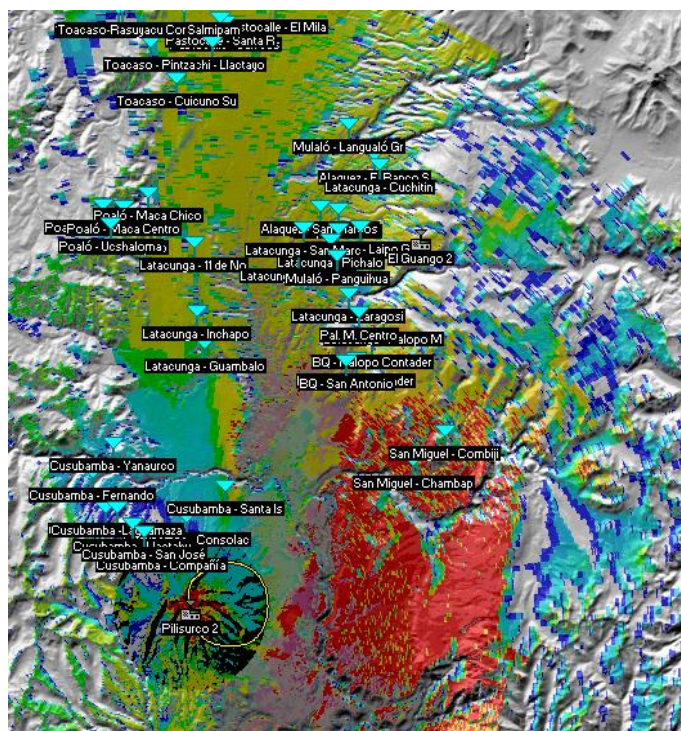


Figura 4.82: Cobertura generada por la antena sectorial BTS de Pilisurco 0

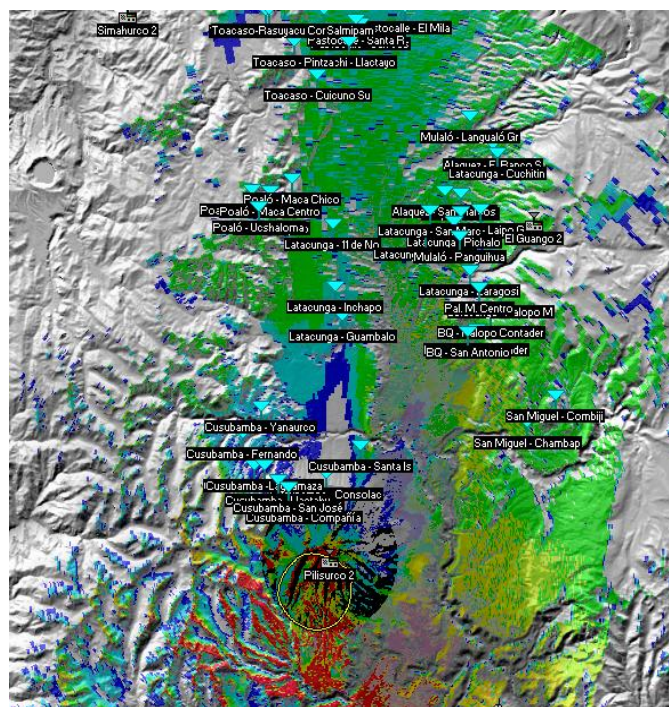


Figura 4.83: Cobertura generada por la antena sectorial BTS de Pilisurco 1

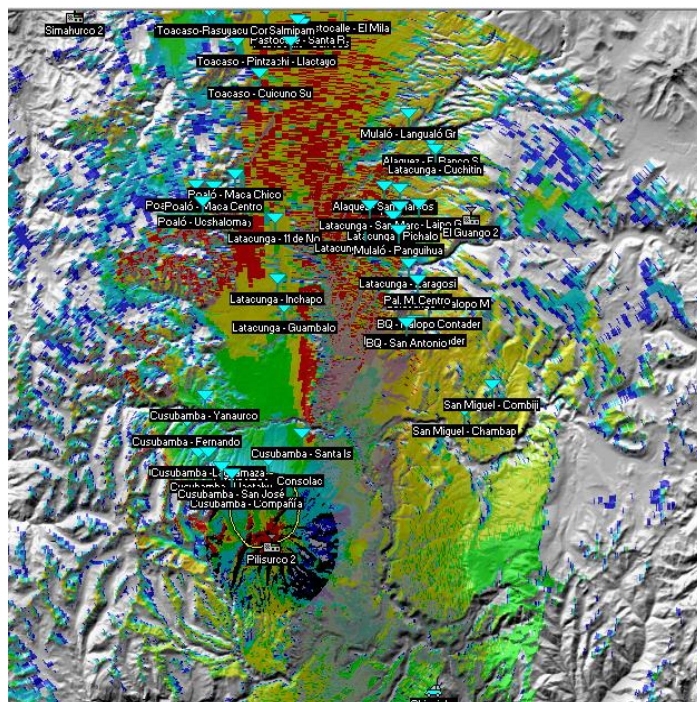


Figura 4.84: Cobertura generada por la antena sectorial BTS de Pilisurco 2

Las coberturas de las figuras 4.83 hasta 4.88 generadas en Radio Mobile representan las zonas donde la señal llegará a niveles aceptables de potencia (de por lo menos -95 dBm) con color verde, amarillo y rojo; y niveles donde la potencia no será la óptima para brindar un buen servicio (menos de -95 dBm) con colores fríos como celeste y azul o ninguno tal como se puede visualizar en la Figura 4.85 donde se realizó ésta configuración en las opciones de Color al realizar la cobertura de radio polar.

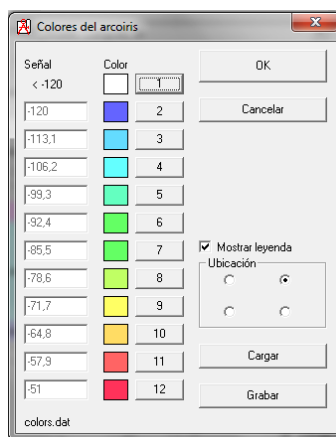


Figura 4.85: Leyenda de cobertura generada en Radio Mobile

4.3. SIMULACION EN PATHLOSS

El programa Pathloss es una herramienta de diseño para radio enlaces que operan en el rango de frecuencias 30 MHz a 100 GHz.

Antes de empezar con la simulación del uso del Path Loss, es necesario tener el software ejecutable, el software es portable, no se necesita instalar, simplemente se ejecuta y se empieza a configurar. La instalación se podrá observar en el **Anexo B**.

Para ejecutar el archivo PLW40.exe, nos manda un mensaje de error (simplemente lo evadimos) y le damos Aceptar.

Inicialmente al ejecutar el programa se genera una ventana, la cual se encuentra lista para ingresar cada uno de los datos a ser analizados, como se muestra a continuación en la Figura 4.86.

Figura 4.86: Ventana de Inicialización de Pathloss

A continuación para su inicio se debe colocar el nombre de los sitios como se muestra en la Figura 4.87.

Nombres de los Sitios		Chitan		Código de Operador
Sigla	BTS-G	CH_L		CNT
Código de Estación				
Estado / Provincia	Cotopaxi	Cotopaxi		
Código de Propietario				
Latitud	00 53 42.20 S	00 52 37.90 S		
Longitud	078 30 03.40 W	078 33 38.85 W		
Azimuth Verdadero (°)	286.51	106.51		
Distancia Calculada (km)		6.95		
Distancia del Perfil (km)				
Datum	WGS 1984			
Elevación (m)				
Altura de Torre (m)	45.40	2.00		
Altura de Antena de TR (m)	45.00	2.00		
Código				
Pérdidas TX (dB)	0.00	0.00		
Pérdidas RX (dB)	0.00	0.00		

Figura 4.87: Ingreso de los Nombres de los Sitios.

Para el ingreso de los datos geográficos se procede primero a escoger en qué tipo de coordenadas se desea trabajar. Para nuestro caso, escogemos WGS84 (Sistema Geodésico Mundial 1984) debido a que es un sistema de coordenadas que permite el posicionamiento global, como se muestra en la Figura 4.88. Se estima un error de cálculo menor a 2 cm, el cual se encuentra basado en los sistemas de posicionamiento global (GPS).

Nombres de los Sitios		Chitan		Código de Operador
Sigla	BTS-G	CH_L		CNT
Código de Estación				
Estado / Provincia	Cotopaxi	Cotopaxi		
Código de Propietario				
Latitud	00 53 42.20 S	00 52 37.90 S		
Longitud	078 30 03.40 W	078 33 38.85 W		
Azimuth Verdadero (°)	286.51	106.51		
Distancia Calculada (km)		6.95		
Distancia del Perfil (km)				
Datum	WGS 1984			
Elevación (m)				
Altura de Torre (m)	45.40	2.00		
Altura de Antena de TR (m)	45.00	2.00		
Código				
Pérdidas TX (dB)	0.00	0.00		
Pérdidas RX (dB)	0.00	0.00		

Figura 4.88: Ingreso de las Coordenadas Geográficas de los Sitios

Para el ingreso de los datos de Elevación, Altura de Torre y la Antena se realiza de la siguiente manera como se observa en la Figura 4.89, de igual manera se ingresa la frecuencia a la que se va a trabajar y la polarización.

El Guango BTS		Chitan	
Nombres de los Sitios	El Guango BTS	Chitan	
Sigla	BTS-G	CH_L	
Código de Estación			
Estado / Provincia	Cotopaxi	Cotopaxi	
Código de Propietario			
Latitud	00 53 42.20 S	00 52 37.90 S	
Longitud	078 30 03.40 W	078 33 38.85 W	
Azimuth Verdadero (°)	286.51	106.51	
Distancia Calculada (km)		6.95	
Distancia del Perfil (km)		6.95	
Datum	WGS 1984		
Elevación (m)	3986.00	3028.00	
Altura de Torre (m)	45.40	2.00	
Altura de Antena de TR (m)	45.00	2.00	
Código			
Pérdidas TX (dB)	0.00	0.00	
Pérdidas RX (dB)	0.00	0.00	

Código de Operador	CNT
Modelo de Radio	
Código	
Designador de Emisor	
Distintivo	
Potencia de Transmisión (dBm)	
Frecuencia (MHz)	450.00
Polarización	Vertical
Pérdidas de Espacio Libre (dB)	102.37
PIRE (dBm)	
Señal Recibida (dBm)	

Figura 4.89: Ingreso de Datos de Elevación y Altura.

Seleccionar y dar doble clic izquierdo en el cuadro de texto al lado de la etiqueta “código” como se muestra en la Figura 4.90, y aparece una ventana en la cual se realiza la elección del tipo de antena que se desea utilizar. Se procede a realizar la toma de decisión dependiendo de las necesidades del problema, la dimensión, ganancias, y las frecuencias inferior y superior de trabajo.

El Guango BTS		Chitan	
Nombres de los Sitios	El Guango BTS	Chitan	
Sigla	BTS-G	CH_L	
Código de Estación			
Estado / Provincia	Cotopaxi	Cotopaxi	
Código de Propietario			
Latitud	00 53 42.20 S	00 52 37.90 S	
Longitud	078 30 03.40 W	078 33 38.85 W	
Azimuth Verdadero (°)	286.51	106.51	
Distancia Calculada (km)		6.95	
Distancia del Perfil (km)		6.95	
Datum	WGS 1984		
Elevación (m)	3981.11	3024.90	
Altura de Torre (m)	45.40	2.00	
Altura de Antena de TR (m)	45.00	2.00	
Código			
Pérdidas TX (dB)	0.00	0.00	
Pérdidas RX (dB)	0.00	0.00	

Código de Operador	CNT
Modelo de Radio	
Código	
Designador de Emisor	
Distintivo	
Potencia de Transmisión (dBm)	
Frecuencia (MHz)	450.00
Polarización	Vertical
Pérdidas de Espacio Libre (dB)	102.37
PIRE (dBm)	
Señal Recibida (dBm)	

Figura 4.90: Ingreso de Código de la Antena

Nota: Los módulos de códigos de las antenas que se descargó de Internet no son los que CNT Cotopaxi utiliza para las BTS, es por eso que no

ingresamos los códigos y realizamos el análisis de perfil según los datos que se ha tomado en campo.

Lo siguiente son las configuraciones de la Antena como muestra la Figura 4.91.

El Guango BTS-Chitan.p4	
Nombres	Chitan
Altura de Antenas	CH_L
Código	
Configuración Geográfica	
Estadi	Cotopaxi
Código de	
Open Site Database	
Edit K List	S 00 52 37 90 S
Lenguaje	W 078 33 38 85 W
Azimuth Vi	Directorio 106 51
Convertir	6 95
Tipos	6 95
Display Options	WGS 1984
Programa	3024 90
Altura de Torre (m)	45 40
Altura de Antena de TX (m)	45 00
Código	
Pérdidas TX (dB)	0 00
Altura de Antena de RX (m)	0 00
Código	
Pérdidas RX (dB)	0 00
Código de Operador	CNT
Modelo de Radio	
Código	
Designador de Emisor	
Distintivo	
Potencia de Transmisión (dBm)	
Frecuencia (MHz)	450 00
Polarización	Vertical
Pérdidas de Espacio Libre (dB)	102 37
PIRE (dBm)	
Señal Recibida (dBm)	

Figura 4.91: Configuración de la Antena

Para la configuración de la Antena se muestra la ventana de la Figura 4.92, donde se debe elegir la forma entre punto a punto, es decir entre la BTS y la Localidad que posee el servicio CDMA 450 MHz.

Configuración de Antenas de Microondas...

- TR-TR
- TRDR-TRDR
- TXRX-TXRX
- TXRXDR-TXRXDR
- TX-RX
- TX-RXDR
- RX-TX
- RXDR-TX
- TR-TRTH
- TRTH-TR

Buttons: OK, Cancelar, Ayuda

Figura 4.92: Configuración Antenas.

Otra manera que puede configurar la altura de las Antenas es dirigirse a la pestaña Configure, y elegir la opción Altura de Antenas, allí mostrará la ventana de la Figura 4.93.

Establecer Altura de Antena de Microondas

Buttons: OK, Cancelar, Ayuda

	El Guango BTS	Chitan
Altura de Antena de TR (m)	45 00	2 00
Altura de Torre (m)	45 40	2 00
Altura Mínima de Antena (m)	5 00	5 00
Azimuth Verdadero (°)	286 51	106 51

El Guango BTS Altura de Antena de TR (m) :

Figura 4.93: Configuración de Altura de Antenas.

Seguidamente se debe seleccionar la pestaña Configurar y elegir la Opción Configuración Geográfica, en este menú se configura la ubicación Geográfica del enlace (Hemisferios, Sistema de Coordenadas) tal como se muestra en la Figura 4.94.

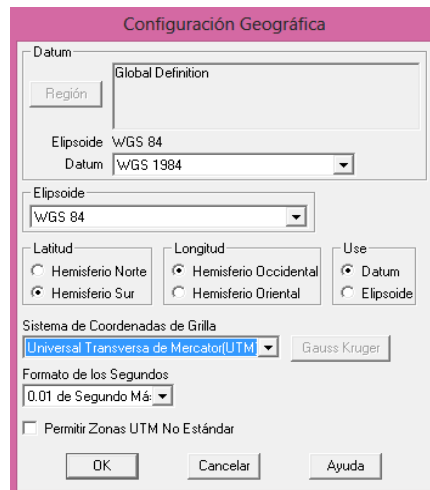


Figura 4.94: Configuración Geográfica.

Para configurar los datos del Terreno de igual manera se da clic sobre Configurar, elegir Configure Terrain Database, en este menú se selecciona en Primary la Opción STRM y clic sobre Setup Primary, como la Figura 4.95.

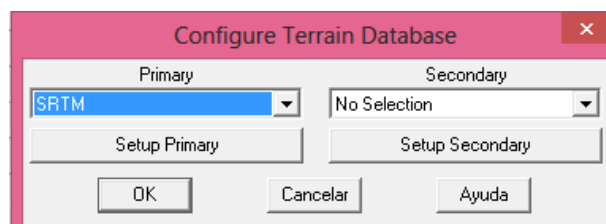


Figura 4.95: Configuración de Datos del Terreno

En la Ventana que se despliega están todos los mapas ya configurados para todas las coordenadas que vamos a ocupar para las simulaciones, estos datos previamente los descargamos e instalamos en la carpeta que se instala Pathloss 4.0, como se observa en la Figura 4.96.

Map Name	West edge (°)	East edge (°)	South edge (°)	North edge (°)	Long Inc (°)	Lat Inc (°)	Rows	Columns	Elevation data
1 C:\Program F	77.00041667	75.99958333	-1.000416667	0.000416667	3.0	3.0	1201	1201	16 bit integer
2 C:\Program F	78.00041667	76.99958333	-1.000416667	0.000416667	3.0	3.0	1201	1201	16 bit integer
3 C:\Program F	79.00041667	77.99958333	-1.000416667	0.000416667	3.0	3.0	1201	1201	16 bit integer
4 C:\Program F	80.00041667	78.99958333	-1.000416667	0.000416667	3.0	3.0	1201	1201	16 bit integer
5 C:\Program F	77.00041667	75.99958333	-3.000416667	-1.999583333	3.0	3.0	1201	1201	16 bit integer
6 C:\Program F	78.00041667	76.99958333	-3.000416667	-1.999583333	3.0	3.0	1201	1201	16 bit integer
7 C:\Program F	79.00041667	77.99958333	-3.000416667	-1.999583333	3.0	3.0	1201	1201	16 bit integer
8 C:\Program F	36.00041667	34.99958333	-6.000416667	-4.999583333	3.0	3.0	1201	1201	16 bit integer
9 C:\Program F	37.00041667	35.99958333	-6.000416667	-4.999583333	3.0	3.0	1201	1201	16 bit integer
10 C:\Program F	38.00041667	36.99958333	-6.000416667	-4.999583333	3.0	3.0	1201	1201	16 bit integer
11 C:\Program F	39.00041667	37.99958333	-6.000416667	-4.999583333	3.0	3.0	1201	1201	16 bit integer
12 C:\Program F	40.00041667	38.99958333	-6.000416667	-4.999583333	3.0	3.0	1201	1201	16 bit integer
13 C:\Program F	41.00041667	39.99958333	-6.000416667	-4.999583333	3.0	3.0	1201	1201	16 bit integer
14 C:\Program F	42.00041667	40.99958333	-6.000416667	-4.999583333	3.0	3.0	1201	1201	16 bit integer
15 C:\Program F	43.00041667	41.99958333	-6.000416667	-4.999583333	3.0	3.0	1201	1201	16 bit integer
16 C:\Program F	44.00041667	42.99958333	-6.000416667	-4.999583333	3.0	3.0	1201	1201	16 bit integer
17 C:\Program F	45.00041667	43.99958333	-6.000416667	-4.999583333	3.0	3.0	1201	1201	16 bit integer
18 C:\Program F	46.00041667	44.99958333	-6.000416667	-4.999583333	3.0	3.0	1201	1201	16 bit integer
19 C:\Program F	47.00041667	45.99958333	-6.000416667	-4.999583333	3.0	3.0	1201	1201	16 bit integer
20 C:\Program F	48.00041667	46.99958333	-6.000416667	-4.999583333	3.0	3.0	1201	1201	16 bit integer
21 C:\Program F	49.00041667	47.99958333	-6.000416667	-4.999583333	3.0	3.0	1201	1201	16 bit integer
22 C:\Program F	50.00041667	48.99958333	-6.000416667	-4.999583333	3.0	3.0	1201	1201	16 bit integer
23 C:\Program F	51.00041667	49.99958333	-6.000416667	-4.999583333	3.0	3.0	1201	1201	16 bit integer
24 C:\Program F	52.00041667	50.99958333	-6.000416667	-4.999583333	3.0	3.0	1201	1201	16 bit integer
25 C:\Program F	53.00041667	51.99958333	-6.000416667	-4.999583333	3.0	3.0	1201	1201	16 bit integer
26 C:\Program F	54.00041667	52.99958333	-6.000416667	-4.999583333	3.0	3.0	1201	1201	16 bit integer

Figura 4.96: Base de datos SRTM

Para la configuración del Idioma; en la pestaña de Configuración, que se muestra en la Figura 4.97, se debe elegir el submenú Lenguaje, allí se deberá seleccionar el idioma entre los disponibles (inglés, francés, Español); en este caso Español.

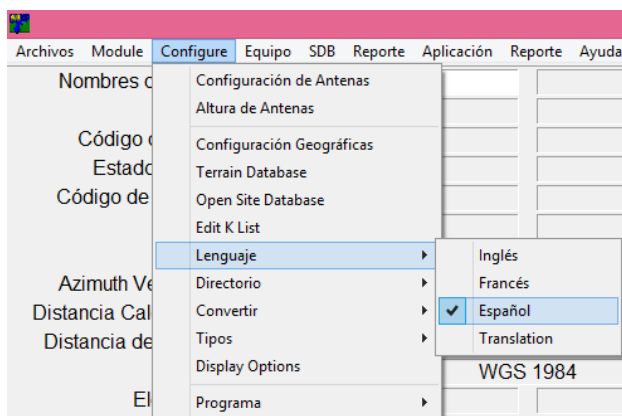


Figura 4.97: Configuración del Idioma

Una vez ya ingresado los datos y realizado las configuraciones, en el Módulo Datos del terreno se podrá observar el perfil de terreno entre el punto BTS Guango y el punto Localidad Chitan (Aláquez), como muestra la Figura 4.98.

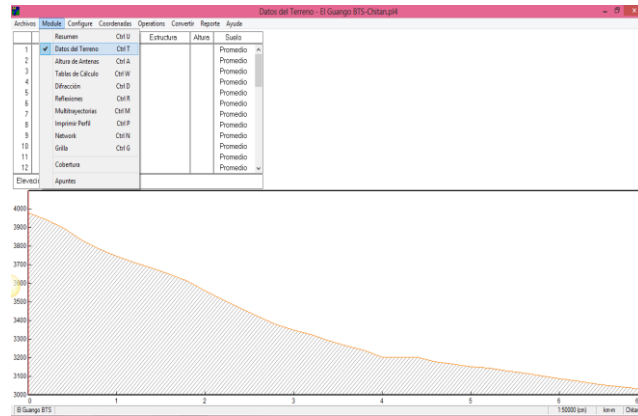


Figura 4.98: Módulo de Datos del Terreno

Una de las Opciones del Módulo es que se puede ingresar al dar doble clic sobre la fila Estructura como se muestra en la Figura 4.99.

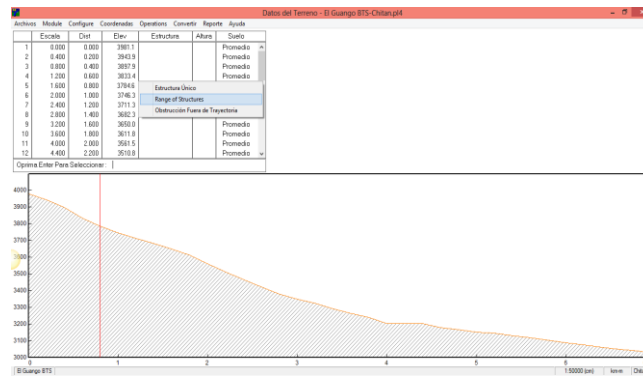


Figura 4.99: Rango de Estructuras.

Posteriormente tendrá un menú en el que se podrá elegir el rango ya sea para Arboles o Edificios, según lo que se tenga para el análisis del enlace punto a punto como se observa en la Figura 4.100.

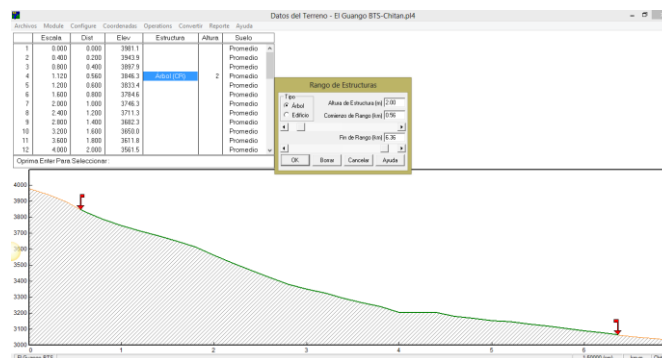


Figura 4.100: Perfil del terreno con Rango de Estructuras

Para el modulo altura de antenas se puede observar que tiene línea de vista entre la antena Tx a una altura de 40m hacia la antena Rx a una altura mínima de 2m, como se puede observar en la Figura 4.101.

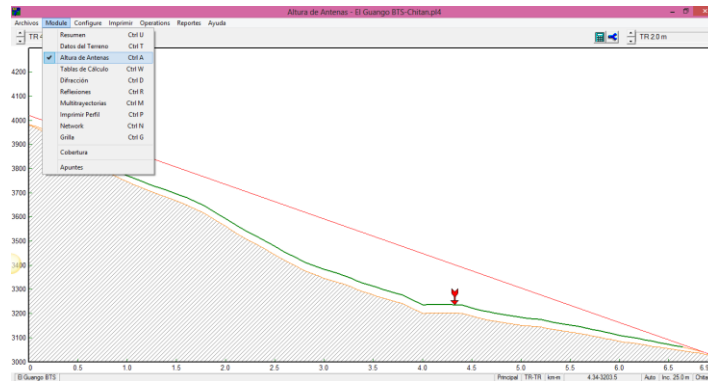


Figura 4.101: Línea de vista BTS Guango – Chitan

La figura nos muestra que existe línea de vista entre la Localidad Chitan y la BTS Guango, a pesar que sea una zona montañosa y con vegetación con altura de 2m. Caso contrario deberíamos modificar la altura de la localidad Chitan, es decir colocar antenas fuera de las casas que poseen el servicio.

CAPÍTULO V

5. MEDICIÓN Y PRUEBA DE LA CALIDAD DE SERVICIO EN LAS COMUNIDADES DE LATACUNGA Y SALCEDO

En este capítulo se abarca los parámetros a analizarse previos al procedimiento de medición en campo, el equipo con el que se montó la estación de monitoreo móvil para este proyecto y la comparativa final entre las simulaciones previamente realizadas en Radio Mobile, Sirenet y Pathloss en contraste con las mediciones y pruebas de llamada tomadas en las comunidades descritas en el capítulo 3.

5.1. ANÁLISIS DE ESTÁNDARES INTERNACIONALES SOBRE CALIDAD DE SERVICIO PARA CDMA 450

La tecnología CDMA 450 para telefonía fija inalámbrica, se hace referencia directamente al sistema WLL (Wireless Local Loop o Bucle Local Inalámbrico de Abonado) también conocido como FWA (Fixed Wireless Access o Acceso Inalámbrico Fijo), el cual se basa en el uso de medios inalámbricos como última milla de acceso al cliente. Esta técnica permite llegar a rincones donde la geografía ha limitado la expansión de las redes de cobre que habitualmente se usan para dar el servicio de telefonía fija, debido a los altos costos y baja rentabilidad que representaría la construcción de redes de este tipo, ya que en las zonas rurales la cantidad de usuarios es baja y se encuentran dispersos en amplias zonas. Este sistema tiene las siguientes particularidades: - “alta disponibilidad del sistema y buena calidad vocal, - tiempo de instalación más breve, - bajo costo inicial en zonas rurales y suburbanas, - fácil mantenimiento y gestión de las instalaciones, - construcción en red de acceso flexible para responder a una demanda cambiante, - inmunidad frente a las catástrofes.”

El propósito de las Recomendación es exponer una amplia serie de términos y definiciones relativos a estos conceptos. Estos términos y definiciones colectivos pueden aplicarse universalmente a todos los servicios

de telecomunicación y a todas las topologías de red utilizadas para prestarlos.

La ITU en su recomendación ITU-R F.757-1 “Requisitos básicos de sistemas y objetivos de calidad de funcionamiento para aplicaciones fijas de bucle local inalámbrico que utilizan tecnologías móviles de tipo celular” considera el uso de WLL (Wireless Local Loop) para brindar servicios de telecomunicaciones en zonas rurales y urbanas indica que: “El objetivo general en las zonas distantes y rurales es el logro de una calidad de servicio global similar a la que se consigue con los sistemas de cables en las zonas urbanas bien atendidas. Un objetivo mínimo tendiente a esta meta es la consecución de una calidad de servicio al menos comparable con la que se ofrece en esas zonas urbana”. Fuente: [17]

Además en la recomendación ITU-T –REC-800 se hace referencia a los factores que intervienen en la calidad de servicio, tales como la **calidad de funcionamiento de la red y la calidad de servicio independiente de la red**. La primera hace referencia a tiempos de latencia, errores, degradación de señal, etc. es decir todo lo que involucra el correcto funcionamiento de la totalidad de la red y que pudiera afectar en forma directa a la prestación del servicio, la segunda por otro lado hace referencia a factores como tiempos de atención de reclamos, reparación de daños, tarifas etc., esto es medible en términos de tiempo en su mayoría pero también es bastante subjetivo ya que depende de la percepción del cliente.

En la Figura 5.1 se ilustra la relación entre la QoS y la calidad de funcionamiento de la red (NP). La QoS comprende tanto la calidad de funcionamiento de la red como la calidad de funcionamiento independiente de la red. Dentro de la NP se incluyen la tasa de errores en los bits, la latencia, etc., y en la calidad de funcionamiento independiente de la red se cuentan el tiempo de prestación, el tiempo de reparación, la gama tarifaria y el tiempo de resolución de quejas, etc. La lista de criterios de QoS para un servicio concreto dependerá del servicio y su importancia podrá variar de un segmento de la clientela a otro.

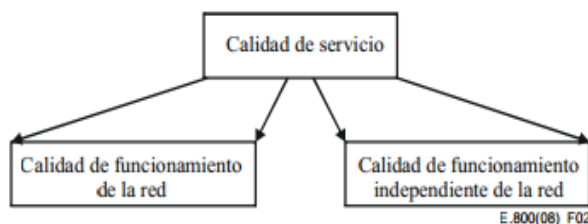


Figura 5.1: La calidad de servicio comprende criterios de red e independientes de la red

Fuente: [18]

En un nivel de detalle superior, la QoS puede desglosarse en cuatro polos, como se muestra en la Figura 5.2. Este concepto se describe más a fondo en [UIT-T G.1000]. La definición genérica de QoS se deriva de la definición de calidad que se presenta en la cláusula 2. Es particularmente interesante la QoS experimentada por el usuario (expresada mediante las siglas QoSE o QoSP – QoS percibida). La QoSE se ve influida por la QoS proporcionada y por los factores psicológicos que influyen en la percepción del usuario. Es fundamental conocer la QoSE para optimizar los ingresos y recursos del proveedor de servicios. Fuente: [18]

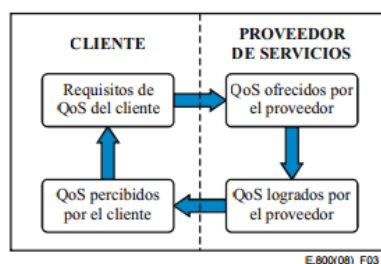


Figura 5.2: Cuatro polos de calidad de servicio

Fuente: [19]

- **Necesidades de QoS del cliente**

Las necesidades de QoS del cliente definen el nivel de calidad que se exige en un determinado servicio, y se pueden expresar en lenguaje corriente. Al cliente no le interesa saber cómo se presta el servicio ni los aspectos del

diseño interno de la red, pues sólo le importa la calidad total del servicio de extremo a extremo. Desde el punto de vista del cliente, la calidad de servicio se expresa mediante parámetros que:

- Se centran en los efectos percibidos por el usuario, más que en sus causas dentro de la red;
- Su definición no depende de las hipótesis del diseño interno de la red;
- Tienen en cuenta todos los aspectos del servicio desde el punto de vista del cliente;
- El proveedor de servicio puede garantizárselos al cliente, y hasta incluirlos en el contrato; 6 Rec. UIT-T G.1000 (11/2001)
- Se describen en términos independientes de la red e instauran un lenguaje común, que comprenden tanto el usuario como el proveedor de servicio.

La Rec. UIT-T G.1010, que trata las necesidades de QoS relativas a todas las aplicaciones de los usuarios finales, reviste interés especial, pues presenta explícitamente el punto de vista "necesidades del cliente", que puede servirle al proveedor de servicio para planificar su nivel de servicio de red.

- **QoS ofrecida por el proveedor de servicio**

La QoS ofrecida por el proveedor de servicio es una declaración del nivel de calidad que él espera ofrecer al cliente, y que se expresa mediante valores atribuidos a los parámetros. Esta forma de calidad de servicio es especialmente útil para la planificación y para los acuerdos de nivel de servicio. Cada servicio tendrá su propio conjunto de parámetros QoS (como en las clases de QoS de la Rec. UIT-T Y.1540 para los servicios IP). El proveedor de servicio puede expresar la QoS ofrecida en lenguaje corriente para el cliente, y en lenguaje técnico para su uso en la industria. Se puede utilizar la QoS ofrecida por el proveedor de servicio en los documentos de planificación para especificar los sistemas de medición y establecer las bases de los acuerdos de nivel de servicio.

- **QoS conseguida o entregada por el proveedor de servicio**

La QoS que consigue el proveedor de servicio es una declaración del nivel de calidad real alcanzado y entregado al cliente, y se expresa mediante valores asignados a parámetros, que deben ser idénticos a los especificados para la QoS ofrecida, de forma que se los pueda comparar para evaluar el nivel de calidad de funcionamiento logrado. Estos valores de calidad de funcionamiento se resumen para periodos específicos, por ejemplo el mes anterior. El proveedor de servicio puede, por ejemplo, declarar que la disponibilidad obtenida en el trimestre anterior fue de 99,95% con cinco interrupciones de servicio, una de las cuales duró 65 minutos. La industria, y a veces los reguladores, publican la QoS conseguida o entregada para información de los clientes.

- **QoS percibida por el cliente**

La QoS percibida por los usuarios o clientes es una declaración en la que se expresa el nivel de calidad que ellos 'creen' haber experimentado, y que se expresa normalmente en función del grado de satisfacción y no en términos técnicos. Esta calidad de servicio se mide con encuestas a los clientes y sus comentarios sobre los niveles de servicio, y puede ser utilizada por el proveedor de servicio para determinar la satisfacción del cliente en cuanto a la calidad de servicio. Así, por ejemplo, un cliente puede decir que durante una cantidad inaceptable de ocasiones tuvo dificultad para realizar una llamada a través de la red y otorgar una calificación de 2 en una escala de 5, donde 5 corresponde a un servicio excelente. Idealmente, debería haber una correspondencia uno a uno entre la QoS entregada y la percibida. Fuente: [19]

En Ecuador el ente regulador de las Telecomunicaciones es el Consejo Nacional de Telecomunicaciones, CONATEL, quien también ha realizado normativas para la calidad de servicio respecto a las PSTN's (Public Switched Telephone Network). En este caso en las recomendaciones que realiza dentro

de la resolución 606-23 CONATEL 2008 se indican los factores que se deben evaluar para conocer el estado del servicio:

Tabla 5.1

Parámetros para evaluar la calidad de servicio

#	Código	Parámetro	Valor Objetivo
1	1.1	Relación con el cliente	Valor objetivo anual ≥ 3
2	1.2	Porcentaje de reclamos generales procedentes	Valor objetivo mensual $\leq 1\%$
3	1.3	Tiempo promedio de resolución de reclamos generales	Valor objetivo mensual ≤ 5 días (120 horas)
4	1.4	Porcentajes de reclamos de facturación	Valor objetivo mensual $\leq 1\%$
5	1.5	Oportunidad de facturación	Valor objetivo mensual ≤ 10 días calendario
6	1.6	Porcentaje de averías efectivas reparadas	Valor objetivo mensual 1 $\geq 70\%$ de averías reparadas hasta en 24 horas Valor objetivo mensual 2 $\geq 80\%$ de averías reparadas hasta en 48 horas Valor objetivo mensual 3 $\geq 90\%$ de averías reparadas hasta en 5 días
7	1.7	Porcentaje de averías reportadas	Valor objetivo mensual $\leq 2\%$
8	1.8	Porcentaje de llamadas completadas	Valor objetivo Local- Nacional $\geq 62\%$ Valor objetivo Internacional $\geq 62\%$ Valor objetivo Telefonía Móvil $\geq 60\%$ Valor objetivo Servicios Especiales $\geq 65\%$
9	1.9	Tiempo promedio de espera por respuesta de operador humano	Valor objetivo mensual ≤ 20 seg.
10	1.10	Tiempo promedio de instalación de líneas nuevas	Valor objetivo mensual ≤ 10 días

Estos parámetros para servicios de telefonía fija, siguiendo las recomendaciones de la ITU, pueden ser aplicados para evaluar el servicio brindado en sistemas WLL. Como se puede observar varios de estos parámetros son subjetivos.

5.2. INDICADORES DE RENDIMIENTO

Los indicadores evalúan el servicio de un abonado determinado. Pudiendo tener la certeza de que se está brindando un buen servicio o tomar las debidas correcciones. Para conocer el estado del servicio se pueden considerar las siguientes características:

- Una, dos, o más BTS cubriendo una misma zona con una potencia adecuada.
- Capacidad Suficiente, sin problemas de asignación de recursos del sistema al momento en el cual el usuario desea acceder al servicio.

Para saber si el sistema cuenta con problemas en el rendimiento tenemos:

- Señal débil, esto según lo establecido por el fabricante de los terminales de usuario.
- Insuficiencia de recursos. (CE - Channel Elements, Potencia desde y hacia la BTS).
- Estadísticas pobres del sistema, alto número de llamadas caídas o no procesadas, fallas en el acceso al sistema.

Existen diversos indicadores que son usados tanto para la optimización del sistema como para la solución de problemas. Estos indicadores se basan en parámetros y medidas recogidos en el extremo del usuario del enlace, pueden indicar problemas en uplink, downlink o en ambos.

a. FER

El FER (Frame Error Rate) indica en resumen la calidad de la llamada. Se refiere a las tramas que durante la transmisión resultarán dañadas o afectadas por pérdidas ajenas al sistema. El valor máximo recomendado es del 1%, tanto en uplink (medido en la BTS) o en downlink (medido en el terminal).

b. EC/IO

Es la relación entre la potencia de la portadora y la potencia total de la señal. Si la potencia de la portadora es fuerte en un determinado sector, implica que los canales de tráfico no tendrán interferencia. Si la potencia de la portadora es débil, implica problemas en los canales de tráfico para ese sector.

c. POTENCIA DE RECEPCIÓN EN EL TERMINAL

La potencia en el terminal puede variar en un rango, determinado más adelante en el siguiente capítulo del presente documento. Una potencia demasiado baja causa ruido en el sistema, FER alto y otros inconvenientes relacionados. Una potencia demasiado alta (mayor a -35dbm) puede causar problemas inter-modulación y en nuestro caso específico puede ocasionar distorsión del código CDMA.

d. POTENCIA DE TRANSMISIÓN DEL TERMINAL

En un sistema con control de potencia, el sistema no puede exigir al terminal una potencia mayor a la capacidad del mismo (en nuestro caso específico la potencia de transmisión es generalmente de 23dBm para los modelos comercializados) o en su defecto una potencia menor a la mínima especificada por el fabricante en casos en que el terminal se encuentra demasiado cerca de la BTS.

5.3. INDICADORES DEL TELÉFONO TERMINAL HUAWEI ETS2055

El teléfono terminal lo utilizamos con valore de referencia de la potencia y de calidad de servicio. Además en el Anexo C tenemos la guía de usuario del teléfono terminal Huawei ETS 2055.

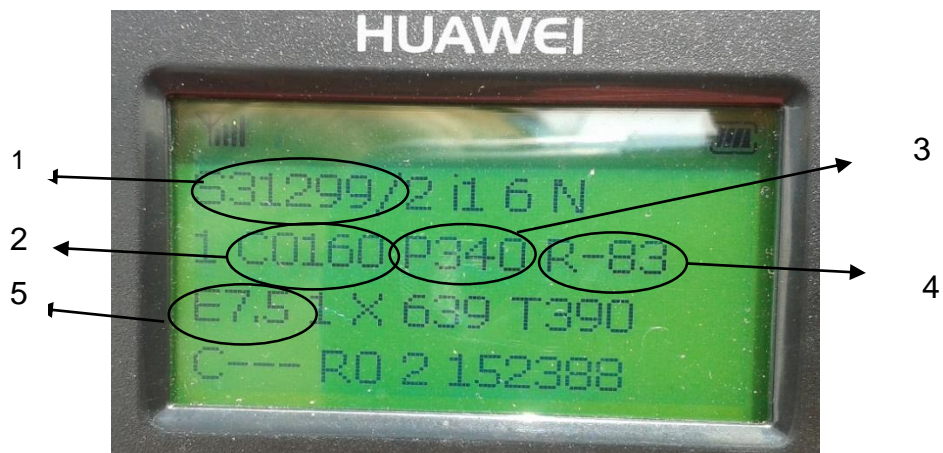


Figura 5.3: Indicadores Huawei ETS2055

1.- CELL ID

Es el identificativo lógico de la radio base. Cada radio base tiene un Cell Id único.

2.- CARRIER ID

Indica la portadora a la que se está enganchando el cliente. Un cliente puede engancharse a la portadora 210 o a la portadora 260 en caso que la radio base tenga dos portadoras de voz para el caso de telefonía.

3.- PN

Indica el código Pseudo Noise asignado lógicamente a cada uno de los sectores de una radio base. Con este valor se puede verificar a que radio base y sector de dicha radio base se ha enganchado el cliente.

4.- NIVEL RX

Indica los niveles de recepción del terminal. En la Tabla 5.2 se muestra los niveles recomendados de Rx.

5.- NIVEL Ec/Io

La relación Ec/Io nos indica la calidad del servicio. Mientras más cercano a 0 (cero) se encuentre este valor será mejor para el correcto funcionamiento del servicio. Los valores recomendados de Ec/Io se encuentran en la Tabla 5.2.

Tabla 5.2

Valores recomendados de Rx

Rango Rx [dBm]	Detalle	Observación
$Rx > -65$	Excelente	-
$-65 \geq Rx > -75$	Muy Bueno	-
$-75 \geq Rx > -80$	Bueno	-
$-80 \geq Rx > -95$	Normal	-
$-95 \geq Rx > -100$	Malo	Se requiere antena Outdoor
$-100 \geq R > -105$	Malo	Se requiere antena Outdoor
$-105 \geq Rx$	Muy Malo	No se garantiza servicio

Fuente: [20]

Tabla 5.3

Valores recomendados de Ec/Io

Rango Ec/Io/dB	Detalle	Observación
$Ec/Io > -5$	Excelente	-
$-5 \geq Ec/Io > -7$	Muy Bueno	-
$-7 \geq Ec/Io > -10$	Bueno	-
$-10 \geq Ec/Io > -12$	Normal	-
$-12 \geq Ec/Io > -15$	Malo	Se requiere antena Outdoor
$-15 \geq Ec/Io$	Muy Malo	No se garantiza servicio

Fuente: [20]

5.4. EVALUACIÓN DE LA RED

En la Provincia de Cotopaxi se tiene 5 estaciones base (BTS), ubicadas en La Mariela, Guasaganda, Tzhigua, Guango y Simahurco, para Tungurahua tienen 3 estaciones BTS, ubicadas en Chiquicha, Ambato y Pilisurco las cuales están constituidas con todas las infraestructuras necesarias para brindar un servicio de voz y datos satisfactorio en una etapa de la región. Para el presente proyecto la red a analizar es del Cantón Latacunga, que está cubiertas de La red CDMA450 por la BTS El Guango y Pilisurco.

5.5. ANALIZADOR DE ESPECTROS

El Analizador FieldFox RF es el instrumento portátil más integrado del mundo para la instalación de red inalámbrica y el mantenimiento. Combina siete funciones en un analizador de mano de 6 lb (o 2,7 kg). Usted puede agregar cualquiera de las funciones después de la compra inicial a través de licencias de software, sin necesidad de una actualización de hardware; una completa flexibilidad para hacer su decisión más fácil. El empaque es resistente, compacto, ligero y resistente a la intemperie. Los accesorios estándar incluyen adaptador AC / DC, la batería, funda de transporte suave y manual de usuario.

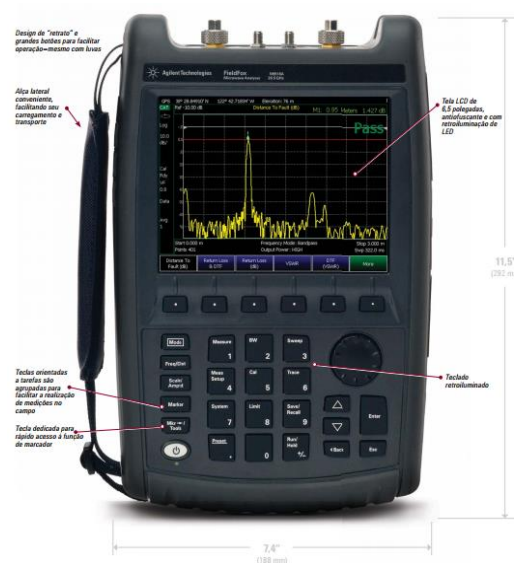


Figura 5.4: Analizador de Espectros FieldFox N9917A

5.5.1. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS Y ESPECIFICACIONES

a. ANALIZADOR DE CABLES Y LA ANTENA (CAT), ANALIZADOR DE REDES VECTORIAL (VNA)

- Frecuencia de 2 MHz a 4 GHz o 6 GHz, 6.5GHz, 9GHz, 14GHz, 26.5GHz
- Directividad > 42 dB
- CAT: distancia a la falla, pérdida de retorno, pérdida de cable
- VNA: S11 magnitud y fase, S21 magnitud, dominio del tiempo con sincronización

b. EL ANALIZADOR DE ESPECTRO, ANALIZADOR DE INTERFERENCIAS

- MHz a 4 GHz o 6 GHz, 6.5GHz, 9GHz, 14GHz, 26.5GHz
- DANL: -148 dBm, TOI +18 dBm
- Espectrograma, cascada de visualización, grabación y reproducción

c. FUENTE INDEPENDIENTE, VECTOR VOLTÍMETRO (VVM), SENSOR DE POTENCIA Y MEDICIONES DE LOS CANALES DE ENERGÍA.

- Fuente de RF: onda continua (CW) y generador.
- VVM: compara fase y longitud eléctrica.
- Medición de potencia con sensor USB, de 9 kHz a 24 GHz
- Mediciones de Potencia de canal: 100 kHz a 4.6 GHz, no se necesita ningún sensor necesario

5.5.2. ATRIBUTOS FÍSICOS FieldFox

- Batería de larga duración: 4 horas
- Peso ligero: 6.2 libras o 2.8 kg
- Sello de la ubicación y en tiempo GPS
- Diseño MIL-PRF 28800F clase 2-compatible y el polvo de diseño libre, sin ventiladores y rejillas de ventilación.

5.6. PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN EN LOS TERMINALES

Para proceder con la medición en campo es necesario definir la metodología con la cual se va a recopilar los datos a adquirirse.

La estación móvil de medición utilizada para este proyecto de investigación utilizó los siguientes equipos:

- El equipo terminal de usuario con el cual se cuenta es el Huawei ETS205X, siendo esta la serie la que más se ha comercializado y con el que cuenta la mayor parte de los usuarios que reciben este servicio, pero para las localidades de la Provincia de Cotopaxi se les ha entregado en teléfono HUAWEI ETS2055, tenemos una guía de usuario en el Anexo C.
- Analizador de espectro Agilent FieldFox N9917A, conectado a una antena omnidireccional Huawei de 2 dBi de ganancia, la cual es la misma que usan los terminales, con el fin de obtener la señal del espectro que se está recibiendo en los teléfonos adquiridos por los usuarios de CDMA 450. Es decir en una forma real.
- GPS marca Garmin provisto por la ESPE para la georreferenciación de los puntos de cobertura.
- Conversor DC/AC marca Truper modelo INCO-400 de 400W para recargar el analizador de espectros y computador durante la trayectoria de medición trazada.

- Computador portátil que nos permita identificar la ubicación de las localidades, previamente ingresada las coordenadas en Google Earth.

El procedimiento con el equipo Agilent y el teléfono para realizar las mediciones se detalla en la figura 5.6. Las mediciones se realizaron en el listado de comunidades entregado por CNT, como referencia se procuró medir en el centro de cada comunidad donde en su gran mayoría se ubicaba la iglesia o escuela de cada una de éstas.

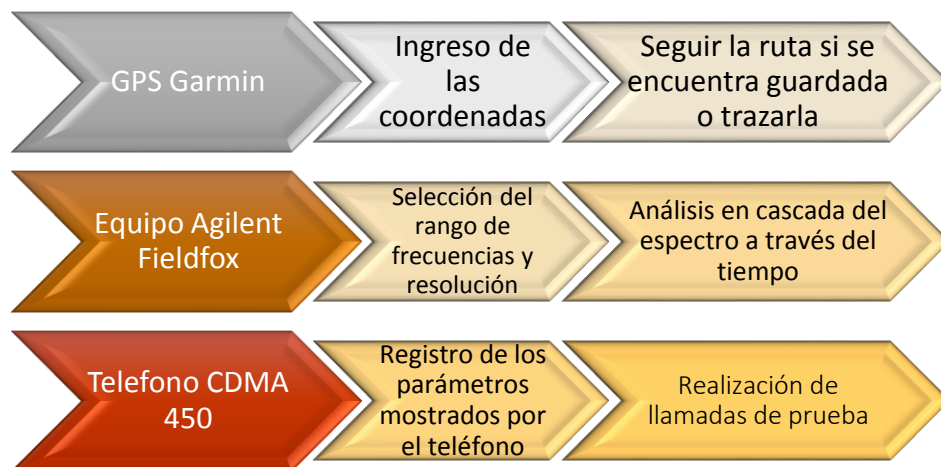


Figura 5.5: Diagrama de bloques de los elementos de la estación móvil y el procedimiento de medición.

5.7. ANALISIS DE RESULTADOS

A continuación, se diferencian tres grupos de localidades, como son: localidades sin problemas, localidades que necesitan antenas outdoor y localidades con problemas de cruce de BTS's. Para el análisis se basan en las simulaciones que se encuentran en el Anexo F y además en el Anexo G en donde se encuentra una tabla con los valores obtenidos.

5.7.1. LOCALIDADES SIN PROBLEMAS

Las siguientes localidades son las que no presentan problemas, esto se demuestra en la tabla de valores en el Anexo G. Además, podemos observar en el Anexo F la simulación en los tres Programas y con sus valores

respectivos medidos en campo. Los valores de potencia se encuentran dentro del rango de operaciones, es decir menor a los 100dbm, para que exista una excelente comunicación.

1. LATACUNGA - ALAQUES (ALAQUEZ) – CHITAN
2. LATACUNGA - ALAQUES (ALAQUEZ) –EL BANCO SAN ISIDRO
3. LATACUNGA - ALAQUES (ALAQUEZ) – SAN MARCOS
4. LATACUNGA - LATACUNGA – 11 DE NOVIEMBRE (ILINCHIS)
5. LATACUNGA – LATACUNGA – CUCHITINGUE
6. LATACUNGA – LATACUNGA – CUNDUALO
7. LATACUNGA – LATACUNGA – PALOPO MIRADOR
8. LATACUNGA – LATACUNGA – PICHALO BAJO
9. LATACUNGA – LATACUNGA – SAN JOSE
10. LATACUNGA – LATACUNGA – SAN MARCOS CHICO
11. LATACUNGA – MULALO – SAN AGUSTIN DE CALLO
12. LATACUNGA – POALO – CHUQUIRALOMA
13. LATACUNGA – POALO –MACA CHICO
14. LATACUNGA – POALO –UCSHALOMA
15. LATACUNGA – SAN JUAN DE PASTOCALLE – CUILCHE BOLICHE
16. LATACUNGA – SAN JUAN DE PASTOCALLE – MIÑO SAN ANTONIO
17. LATACUNGA – SAN JUAN DE PASTOCALLE –SAN JOSÉ DE YANAYACU
18. LATACUNGA – SAN JUAN DE PASTOCALLE – SAN PEDRO DE TENERIA
19. LATACUNGA – SAN JUAN DE PASTOCALLE – SANTA ROSA DE TANDACATO
20. LATACUNGA – TANICUCHI – LLACTAYO
21. LATACUNGA – TANICUCHI – SAMILPAMBA
22. LATACUNGA – TOACASO – PINTZA
23. SALCEDO – CUSUBAMBA – YANAHURCO DE JIGUA
24. SALCEDO – SAN MIGUEL – CUMBIJIN

5.7.2. LOCALIDADES CON PROBLEMAS DE ALTURA DE ANTENAS

Para las siguientes localidades sus datos fueron tomados en la zona centro como escuelas, iglesias o centros parroquiales siendo el punto de referencia, el problema es que no existe línea de vista con su BTS original, por lo que recomendamos observar en el Anexo F, en la tabla comparativa, en la parte de Pathloss los valores recomendados para instalar antenas Outdoor direccionales.

Hay que tomar en cuenta que las ondas utilizadas por los receptores comunes de "onda larga" (técnicamente se denominan "ondas medias"), aprovechan una propiedad de las señales de esas longitudes de onda que les permite propagarse superficialmente siguiendo la curvatura de la tierra. Estas señales se denominan "ondas de superficie". Con ondas más cortas este mecanismo comienza a ser poco eficaz. Estas ondas cortas consiguen propagarse muy bien aprovechando la propiedad de las capas superiores de nuestra atmósfera para reflejar ciertas longitudes de onda, nosotros al poseer una zona montañosa y mucho más en la provincia de Cotopaxi, las localidades van perdiendo señal y se recomienda antenas OUTDOOR.

Las mismas que superen los dos metros de altura sobre la superficie más alta de la vivienda dependiendo, ya que existen valores muy altos en la tabla comparativa del Anexo G, sino tome el valor mínimo de la tabla para cada localidad. Además considere que los datos tomados fueron en las zonas más bajas de cada localidad, es así que siempre se debe considerar la zona en la que el proveedor está ubicado, en un caso que solicite el servicio, se le proporcione el kit completo del teléfono con la antena Outdoor y no presente molestias.

1. LATACUNGA – BELISARIO QUEVEDO – PALOPO CONTADERO
2. LATACUNGA – LATACUNGA – GUAMBALO
3. LATACUNGA – LATACUNGA – LAIPO GRANDE
4. LATACUNGA – LATACUNGA – ZARAGOSIN

5. LATACUNGA – MULALO – PANGUIHUA
6. LATACUNGA – POALO –MACA ATAPULO
7. LATACUNGA – SAN JUAN DE PASTOCALLE – BOLICHE
8. LATACUNGA – SAN JUAN DE PASTOCALLE – SANTA RITA
9. LATACUNGA – SAN JUAN DE PASTOCALLE –EL MILAGRO
10. LATACUNGA – SAN JUAN DE PASTOCALLE – ROMERILLOS
11. LATACUNGA – SAN JUAN DE PASTOCALLE – SAN BARTOLOMÉ
12. LATACUNGA – MULALO – LA LIBERTAD

La antena recomendada para colocarlas fuera de las viviendas en las zonas centro de cada localidad es la que se muestra en la Figura 5.1 tomando en cuenta que la transferencia de energía debe realizarse con la mayor eficiencia posible, de modo que debe buscarse el acoplamiento óptimo entre las impedancias de la antena. De no ser así, una parte importante de la energía recibida o transmitida serán reflejadas en la línea de transmisión dando lugar a ondas estacionarias que no contribuyen a la energía útil y que, además, son causa de distorsiones en la señal transportada por la onda electromagnética y de pérdidas por calentamiento en los diversos componentes del sistema.



Figura 5.1: Antena Yagi 450-470 MHz CDMA

A continuación en la tabla 5.4 se puede observar las características de la antena.

Tabla 5.4

Características Técnicas Antena Yagi 450-470 MHz CDMA

Modelo	HX-D450-11
Especificaciones eléctricas	
Rango de frecuencia (MHz)	450-470
Ganancia (dBi)	11
Media potencia ancho del haz (°)	Hor: 61 Ver: 50
Impedancia (Ω)	50
VSWR	≤ 5
Potencia máxima de entrada (w)	100
Protección contra rayos	Ground DC
Especificaciones mecánicas	
Conector	TNC macho
Posición del conector	Bottom-15m cable
Dimensión (M M)	775
Antena Peso (kg)	1.1
Velocidad del viento (K M/ H)	210
Temperatura ambiente	-40 ; ~+60 ℃
Humedad ambiente	5%-95%

5.7.3. LOCALIDADES CON PROBLEMAS CRITICOS

Para la mayoría de localidades aquí enunciadas el problema es la sectorización, es decir que deberían estar enlazadas a una BTS original como fue diseñada pero existe solapamiento de otra BTS y existe comunicación, más en otros casos que serán descritos los problemas es que no existe comunicación por estar enlazadas a otra BTS. Los valores para el análisis, están basados en el Anexo G, en la Tabla 5.2 y Tabla 5.3.

Es así que presentamos una solución temprana como muestra el Anexo F, que consiste en elevar 5W de potencia y 10 W de potencia para las antenas de la BTS Guango y BTS Pilisurco, y así elevar la calidad de servicio del CDMA 450 MHz. Pero tome en cuenta que a medida que se aumenta la potencia de cualquier equipo y en este caso la antena Tx, el tiempo de vida útil va disminuyendo, además el solapamiento entre BTS es mucho mayor ya que en área de cobertura se eleva en aproximadamente 1.6 Km.

- **LATACUNGA – BELISARIO QUEVEDO- CHAUPI CONTADERO**

Análisis: Chaupi Contadero debería estar enlazada a la BTS Guango, pero esta hacia la BTS Pillisurco. Los valores de potencia están dentro de un rango normal y la calidad de servicio es buena.

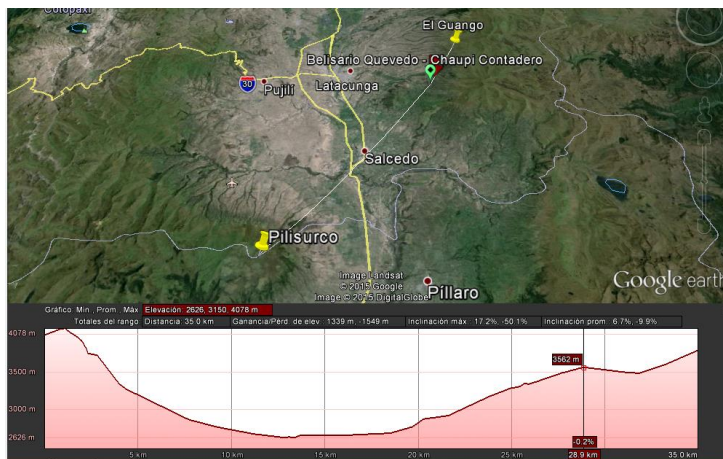


Figura 5.2: Perfil Geográfico BTS Píllisurco- Chaupi Contadero- BTS Guango

- **LATACUNGA – BELISARIO QUEVEDO - SAN ANTONIO**

Análisis: San Antonio debería estar enlazada a la BTS Guango, pero esta hacia la BTS Píllisurco. Los valores de potencia están dentro de un rango normal y la calidad de servicio es buena.

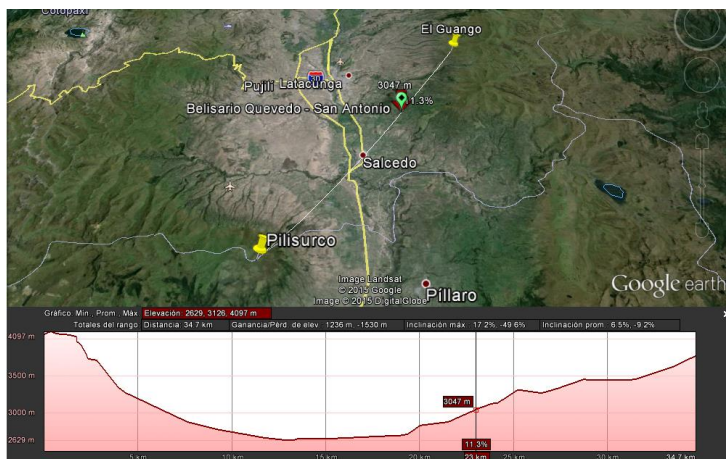


Figura 5.3: Perfil Geográfico BTS Píllisurco- San Antonio- BTS Guango

- **LATACUNGA – LATACUNGA – INCHAPO**

Análisis: Inchaipo debería estar enlazada a la BTS Guango, pero esta hacia la BTS Pillisurco. Los valores de potencia están dentro de un rango normal y la calidad de servicio es buena.



Figura 5.4: Perfil Geográfico BTS Pillisurco- Inchaipo- BTS Guango

- **LATACUNGA – MULALO – CASPI**

Análisis: Caspi debería estar enlazada a la BTS Guango, pero esta hacia la BTS Simahurco. Los valores de potencia están dentro de un rango normal y la calidad de servicio es muy buena

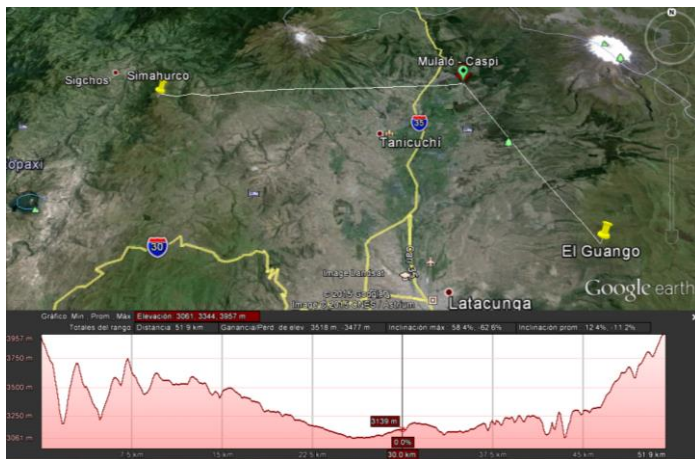


Figura 5.5: Perfil Geográfico BTS Simahurco- Caspi- BTS Guango

- **LATACUNGA – MULALO – LANGUALO GRANDE**

Análisis: Langualo Grande debería estar enlazada a la BTS Simahurco, pero esta hacia la BTS Guango. Los valores de potencia están dentro de un rango bueno y la calidad de servicio es buena.

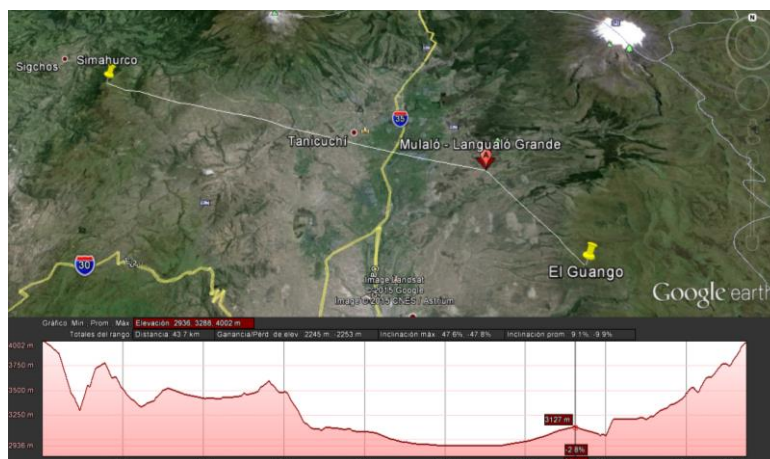


Figura 5.6: Perfil Geográfico BTS Simahurco- Langualo Grande- BTS Guango

- **LATACUNGA – POALO – MACA CENTRO**

Análisis: Maca Centro debería estar enlazada a la BTS Guango, pero no existe enlace a ninguna BTS. Los valores de potencia están dentro de un rango malo y la calidad de servicio es muy mala.

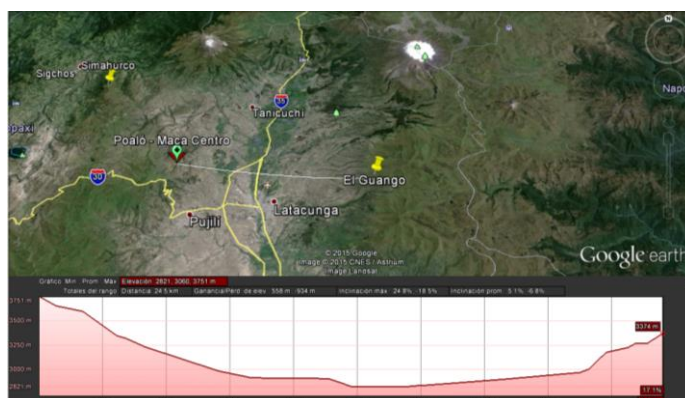


Figura 5.7: Perfil Geográfico BTS Guango- Maca Centro



Figura 5.8: Perfil Geográfico BTS Pilisurco- Maca Centro



Figura 5.9: Perfil Geográfico BTS Simahurco- Maca Centro

- **LATACUNGA – SAN JUAN DE PASTOCALLE – LA LIBERTAD**

Análisis: La Libertad debería estar enlazada a la BTS Guango, no se enlaza a ninguna BTS. Los valores de potencia están dentro de un rango malo y la calidad de servicio es muy mala.



Figura 5.10: Perfil Geográfico BTS Guango- La Libertad

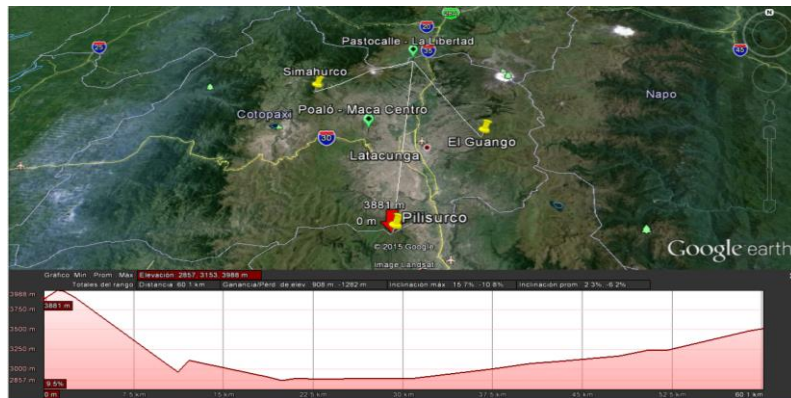


Figura 5.11: Perfil Geográfico BTS Pillisurco- La Libertad

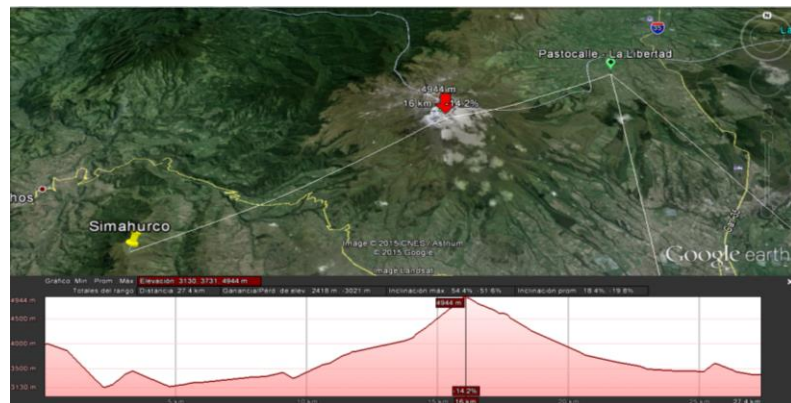


Figura 5.12: Perfil Geográfico BTS Simahurco- La Libertad

• **LATACUNGA – TOACASO – RASUYACU CHIGUANTO**

Análisis: Rasuyacu Chiguanto debería estar enlazada a la BTS Guango, no se enlaza a ninguna BTS. Los valores de potencia están dentro de un rango muy malo y la calidad de servicio es muy mala.

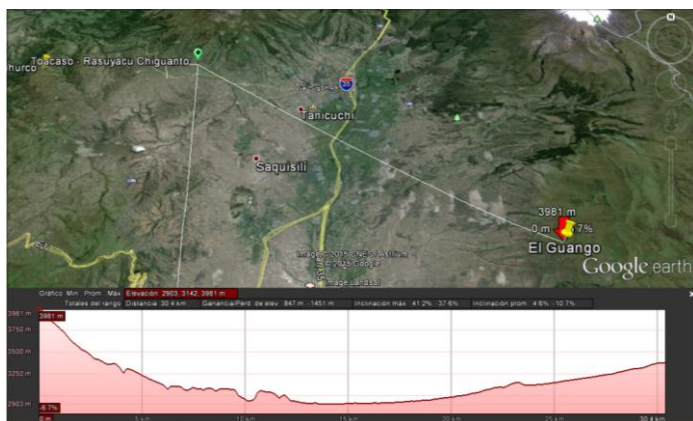


Figura5.13: Perfil Geográfico BTS Guango- Rasuyacu Chiguanto

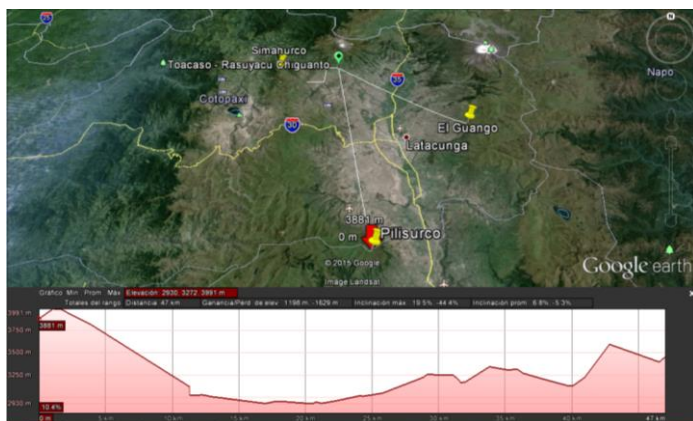


Figura 5.14: Perfil Geográfico BTS Pilisurco- Rasuyacu Chiguanto



Figura 5.15: Perfil Geográfico BTS Simahurco- Rasuyacu Chiguanto

- **LATACUNGA – TOACASO –RASUYACU CORAZON**

Análisis: Rasuyacu Corazón debería estar enlazada a la BTS Guango, no se enlaza a ninguna BTS. Los valores de potencia están dentro de un rango muy malo y la calidad de servicio es muy malo

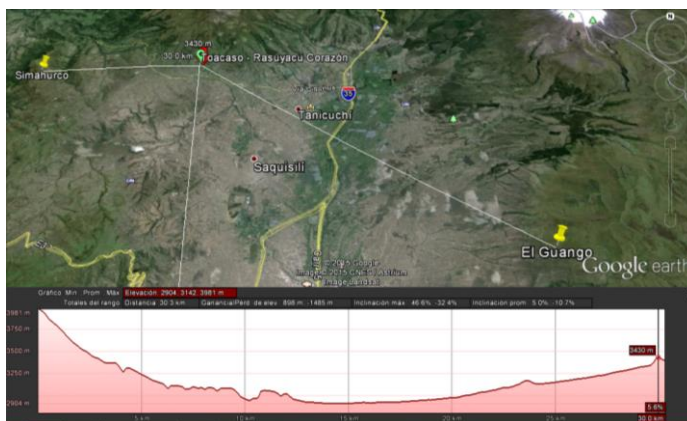


Figura 5.16: Perfil Geográfico BTS Guango- Rasuyacu Corazón

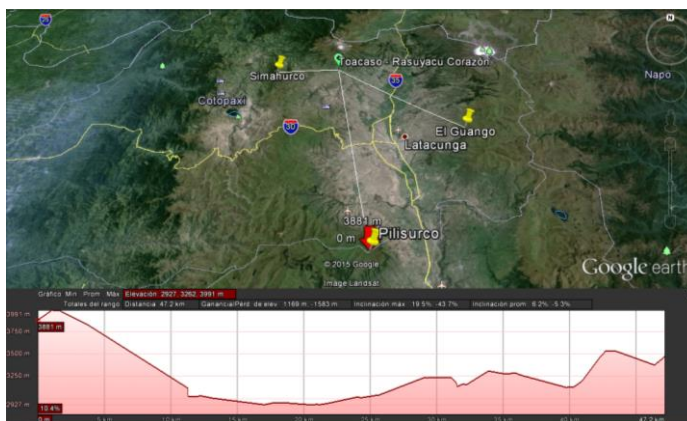


Figura 5.17: Perfil Geográfico BTS Pilisurco- Rasuyacu Corazón

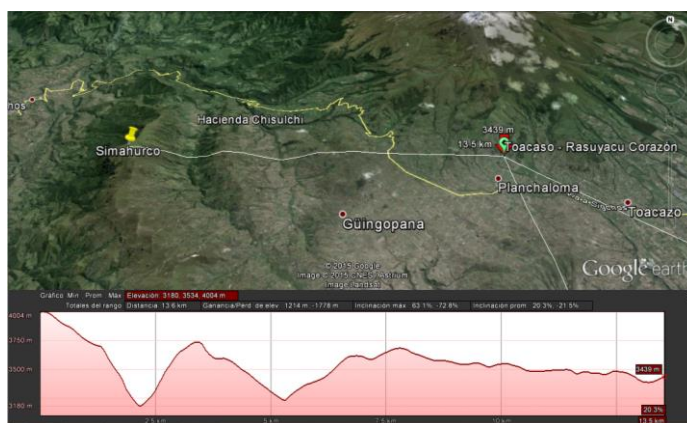


Figura 5.18: Perfil Geográfico BTS Simahurco- Rasuyacu Corazón

- **LATACUNGA – TOACASO – CUICUNO SUR**

Análisis: Cuicuno Sur debería estar enlazada a la BTS Simahurco, no se enlaza a ninguna BTS. Los valores de potencia están dentro de un rango muy malo y la calidad de servicio es muy mala.

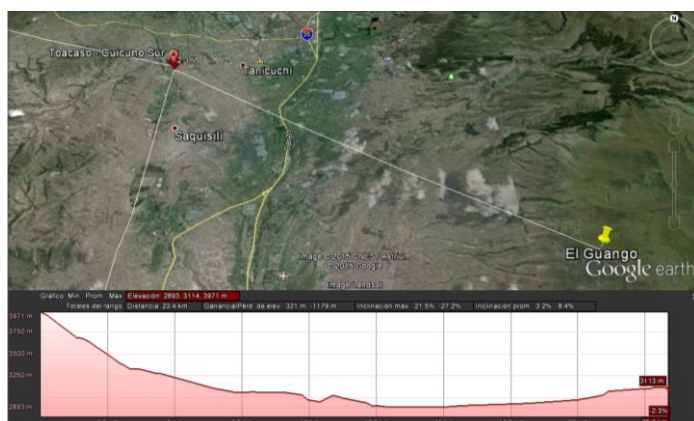


Figura 5.19: Perfil Geográfico BTS Guango- Cuicuno Sur



Figura 5.20: Perfil Geográfico BTS Pilisurco- Cuicuno Sur

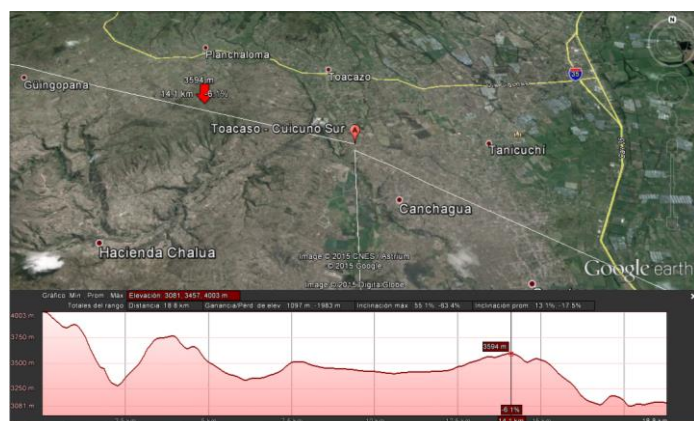


Figura 5.21: Perfil Geográfico BTS Simahurco- Cuicuno Sur

- **LATACUNGA – TOACASO – SAN FRANCISCO DE TOACAZO**

Análisis: San Francisco de Toacaso debería estar enlazada a la BTS Guango, y se encuentra hacia la BTS Simahurco. Los valores de potencia están dentro de un rango malo y la calidad de servicio es malo

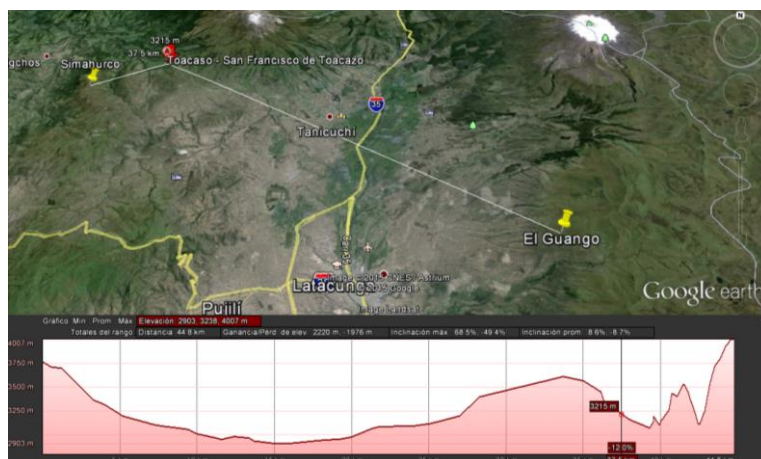


Figura 5.22: Perfil Geográfico BTS Guango- San Francisco de Toacaso

- **SALCEDO – CUSUBAMBA – ATOCHA**

Análisis: Atocha debería estar enlazada a la BTS Pillisurco, y se encuentra hacia la BTS El Guango. Los valores de potencia están dentro de un rango normal y la calidad de servicio es muy bueno

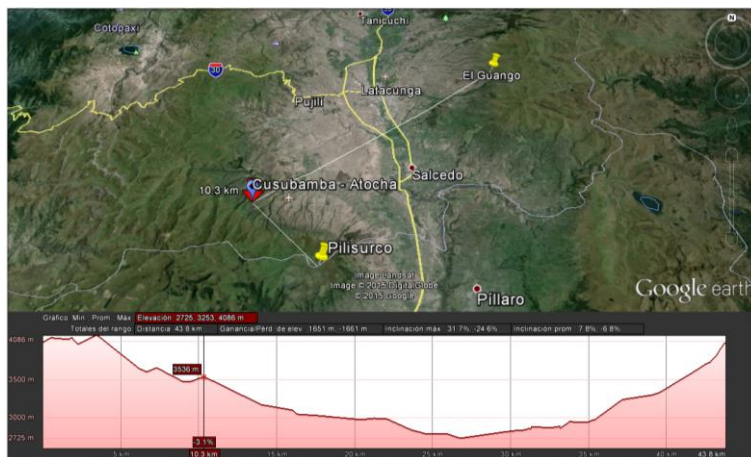


Figura 5.23: Perfil Geográfico BTS Pillisurco- Atocha- BTS El Guango

- **SALCEDO – CUSUBAMBA – COMPAÑÍA ALTA**

Análisis: Compañía Alta debería estar enlazada a la BTS Pillisurco, y se encuentra hacia la BTS El Guango. Los valores de potencia están dentro de un rango normal y la calidad de servicio es normal

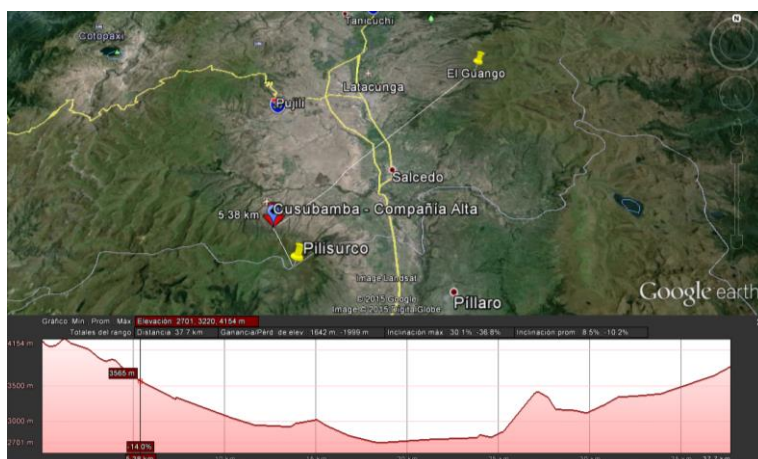


Figura 5.24: Perfil Geográfico BTS Pillisurco- Compañía Alta- BTS El Guango

- **SALCEDO – CUSUBAMBA – CONSOLACION**

Análisis: Consolación debería estar enlazada a la BTS Pillisurco, y se encuentra hacia la BTS El Guango. Los valores de potencia están dentro de un rango normal y la calidad de servicio es buena.



Figura 5.25: Perfil Geográfico BTS Pillisurco- Consolación- BTS El Guango

- **SALCEDO – CUSUBAMBA – FERNANDO VALDIVIEZO**

Análisis: Fernando Valdiviezo debería estar enlazada a la BTS Pillisurco, y se encuentra hacia la BTS El Guango. Los valores de potencia están dentro de un rango normal y la calidad de servicio es normal.

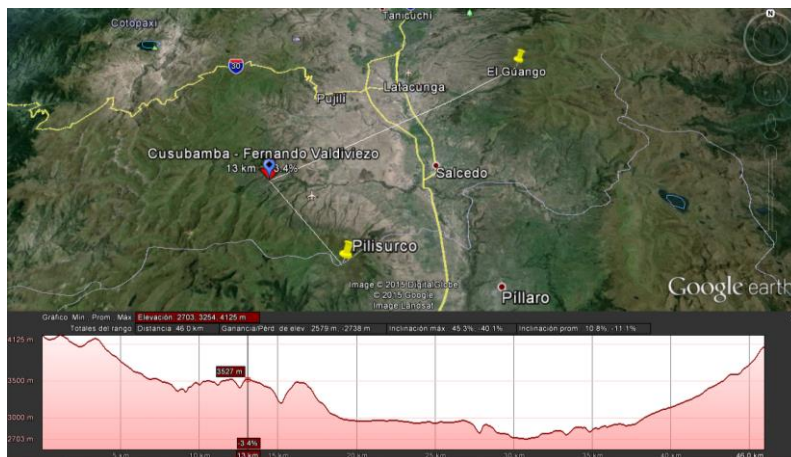


Figura 5.26: Perfil Geográfico BTS Pillisurco- Fernando Valdiviezo- BTS El Guango

- **SALCEDO – CUSUBAMBA – LAGUAMAZA**

Análisis: Laguamaza debería estar enlazada a la BTS Pillisurco, y se encuentra hacia la BTS El Guango. Los valores de potencia están dentro de un rango normal y la calidad de servicio es muy buena.



Figura 5.27: Perfil Geográfico BTS Pillisurco- Laguamaza- BTS El Guango

- **SALCEDO – CUSUBAMBA – LLACTAHURCO**

Análisis: Llactahurco debería estar enlazada a la BTS Pillisurco, y se encuentra hacia la BTS El Guango. Los valores de potencia están dentro de un rango normal y la calidad de servicio es normal



Figura 5.28: Perfil Geográfico BTS Pillisurco- Llactahurco- BTS El Guango

- **SALCEDO – CUSUBAMBA – SAN JOSE DE RUBIO**

Análisis: San Jose de Rubio debería estar enlazada a la BTS Pillisurco, y se encuentra hacia la BTS El Guango. Los valores de potencia están dentro de un rango normal y la calidad de servicio es bueno



Figura 5.29: Perfil Geográfico BTS Pillisurco- San José de Rubio- BTS El Guango

- **SALCEDO – CUSUBAMBA – SANTA ISABEL**

Análisis: Santa Isabela debería estar enlazada a la BTS Pillisurco, y se encuentra hacia la BTS El Guango. Los valores de potencia están dentro de un rango normal y la calidad de servicio es muy buena.

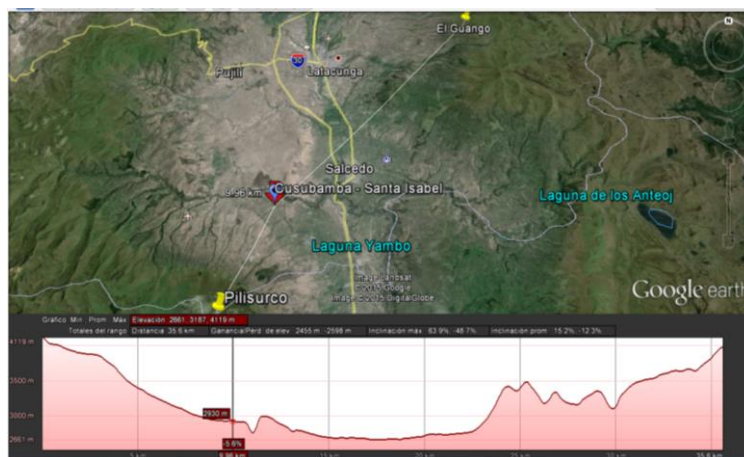


Figura 5.30: Perfil Geográfico BTS Pillisurco- Santa Isabel- BTS El Guango

- **SALCEDO – SAN MIGUEL – CHAMBAPONGO BAJO**

Análisis: Santa Isabela debería estar enlazada a la BTS Guango, y se encuentra hacia la BTS Pillisurco. Los valores de potencia están dentro de un rango muy malo y la calidad de servicio es mala.



Figura 5.31: Perfil Geográfico BTS Pillisurco- Chambapongo Bajo- BTS El Guango

5.7.4. ESTADÍSTICA COMPARATIVA

Para realizar el análisis estadístico de los datos obtenidos y poder identificar el modelo de propagación más cercano a los datos adquiridos mediante la medición en campo, se ha usado el cálculo de la desviación estándar y la prueba T para muestras independientes utilizando como variables de prueba a:

- Los datos obtenidos en el analizador de espectros
- La potencia medida por el teléfono.
- El valor de potencia simulado por el programa Radio Mobile con el modelo de propagación ITM (Modelo de Terreno Irregular)
- El valor de potencia simulado en Sirenet mediante el modelo de propagación Okumura Hata, con el cual se presentó la propuesta del servicio en CNT por parte de Huawei
- Y el dato simulado en Sirenet mediante el modelo de propagación Deygout.

Desviación Estándar: La desviación típica o desviación estándar es una medida de dispersión para variables cuantitativas o racionales y de intervalo.

Para conocer con detalle un conjunto de datos, no basta con conocer las medidas de tendencia central, sino que se necesita conocer también la desviación que presentan los datos en su distribución respecto de la media aritmética de dicha distribución, con objeto de tener una visión de los mismos más acorde con la realidad al momento de describirlos e interpretarlos para la toma de decisiones.

La fórmula utilizada para obtener la desviación estándar según la corrección de Bessel la cual se utiliza para centrar los datos, en lugar de la media de la población, es:

$$S = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2}$$

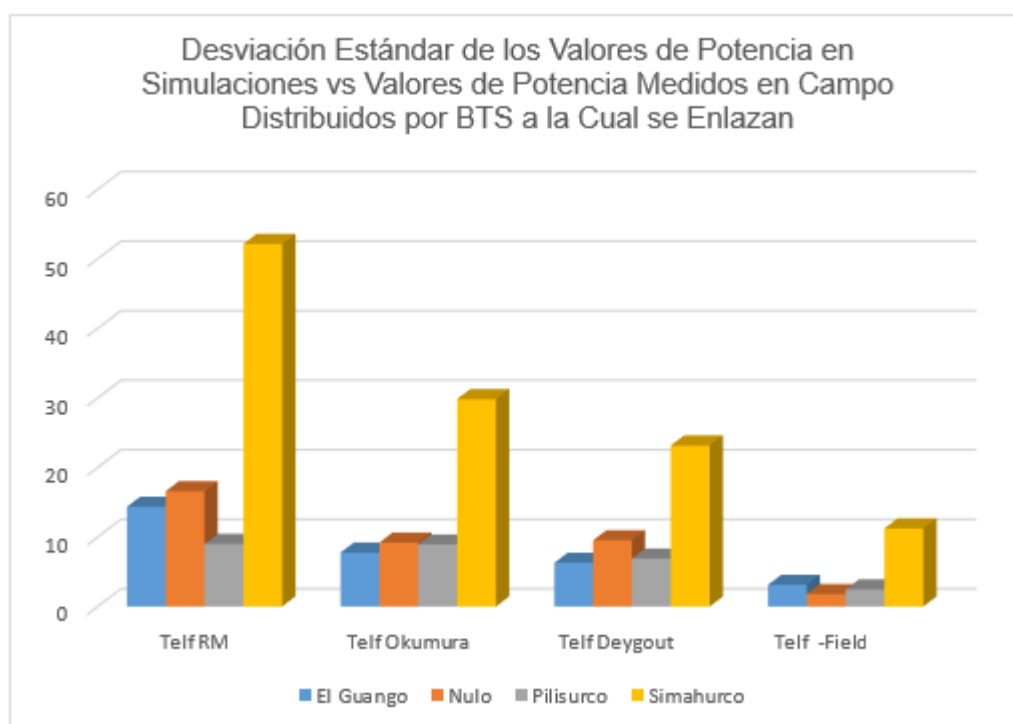
Donde:

N: es el número de datos medidos

x_i : es el error entre el valor de potencia de recepción (dBm) simulados y la medida en campo.

μ : Valor medio de las diferencias entre el valor simulado y la medida en campo.

	SQRT((xi-u)^2)			
	Telf - RM	Telf - Okumura	Telf.-Deygout	Telf -FieldFox
El Guango	14,33218424	7,753882961	6,27834653	3,12242464
Nulo	16,57543122	9,183872821	9,52430155	1,78894382
Pilisurco	9,011492662	8,923396214	6,89978261	2,44649409
Simahurco	52,1684488	29,82433541	23,1642843	11,2377909



Prueba T para muestras independientes: El procedimiento Prueba T para muestras independientes compara las medias de dos grupos de casos,

es decir, cuando la comparación se realice entre las medias de dos poblaciones independientes (los individuos de una de las poblaciones son distintos a los individuos de la otra) como por ejemplo el caso de la comparación de las poblaciones de hombres y mujeres. En este caso los datos se han agrupado en dos categorías por BTS a la cual el terminal se ha enlazado al momento de realizar la medición en campo.

La

Tabla 5.5 muestra las estadísticas de grupo donde N representa el número de muestras, la media de sus valores, la desviación estándar y la media de error estándar. A primera vista, las medias entre mediciones son muy diferentes.

Tabla 5.5

Estadística de Grupo Realizada en SPSS

ESTADÍSTICAS DE GRUPO					
	Enlace	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
FieldFox	EL GUANGO	41	87,5122	6,70493	1,04713
	PILISURCO	6	91,8333	4,44597	1,81506
Teléfono	EL GUANGO	41	89,0946	6,14768	,96011
	PILISURCO	6	95,1333	5,92678	2,41960
Radio Mobile	EL GUANGO	41	64,0024	16,49375	2,57589
	PILISURCO	6	65,0667	9,16792	3,74279
Okumura	EL GUANGO	41	76,4024	7,20349	1,12500
	PILISURCO	6	76,6667	4,91596	2,00693
Deygout	EL GUANGO	41	76,1585	11,12567	1,73754
	PILISURCO	6	81,6667	12,81275	5,23078

La prueba de Levene mostrada en la Tabla 5.6 para la igualdad de varianzas indica si se puede o no suponer varianzas iguales. La prueba de Levene es una prueba estadística inferencial utilizada para evaluar igualdad de las varianzas para una variable calculada para dos o más grupos. Así si la probabilidad asociada al estadístico Levene (Sig) >0.05 se debe suponer

varianzas iguales, y si es <0.05 se supone varianzas distintas. Para el presente estudio en todas las variables de estudio se toman como varianzas iguales al tener valores mayores a 0.05 en dicho parámetro.

Después de asumir las varianzas iguales se observa el estadístico t con su nivel de significación bilateral, este valor informa sobre el grado de compatibilidad entre la hipótesis de igualdad de medias y las diferencia entre medias poblacionales observadas, en este estudio es mayor que 0.06, la conclusión es que hay compatibilidad entre la igualdad de medias poblacionales y las diferencias entre medias de grupos representados por grupo con tratamiento y grupo placebo para los datos de tratamiento antes y después. Las medias de tratamiento son diferentes para grupo con tratamiento y grupo con placebo.

Los límites de intervalo de 95% confianza para la diferencia indican que para la variable Fieldfox los dos grupos están entre -10 y 1.3 puntos, para el dato medido por el teléfono entre -11 y 0.4 puntos, para el modelo de propagación ITM en Radio Mobile entre -15 y 12.88 puntos, para el modelo de propagación de Okumura Hata entre -6.41 y 5.88 y para el modelo de propagación de Deygout entre -15.47 y 4.46 puntos.

Para realizar una toma de decisión sobre cuál de las simulaciones es la más confiable a los datos reales medidos en campo se considera los valores entregados por la Significancia Bilateral, la cual representa la probabilidad de que los valores que se puedan presentar en esta estadística superen el margen de grados de libertad (gl).

Lo que quiere decir la probabilidad de Significancia Bilateral es que mientras más se acerque el valor a la unidad, los valores de esta tabla pueden salir de un margen mayor al de los grados de libertad. Por lo tanto, los valores con menor probabilidad de superar este rango son los datos del teléfono y medición en FieldFox debido a que son muy similares al ser medición en campo, a continuación de las mediciones del teléfono y el analizador de

espectros el valor más bajo es de los datos obtenidos mediante la simulación por Deygout con una probabilidad de 0.27 en caso de asumir varianzas iguales, debido a lo anteriormente demostrado por la prueba de Levene. Sin embargo, para las simulaciones en los modelos de ITM y Okumura se puede obtener que existe 0.87 y 0.931 de probabilidad que los valores superen el rango establecido por los grados de libertad (gl), por lo que son más lejanos a los valores obtenidos en la medición en campo.

Tabla 5.6

Prueba de Muestra Independiente.

		PRUEBA DE MUESTRAS INDEPENDIENTES								
		Prueba de Levene de calidad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
								Inferior Superior		
FieldFox	Se asumen varianzas iguales	,963	,332	-1,523	45	,135	-4,32114	2,83803	-10,03723	1,39496
	No se asumen varianzas iguales			-2,062	8,761	,070	-4,32114	2,09546	-9,08119	,43891
Teléfono	Se asumen varianzas iguales	,002	,967	-2,256	45	,029	-6,03870	2,67660	-11,42964	-,64776
	No se asumen varianzas iguales			-2,320	6,678	,055	-6,03870	2,60312	-12,25483	,17743
Radio Mobile	Se asumen varianzas iguales	5,752	,021	-,154	45	,879	-1,06423	6,92712	-15,01617	12,88771

	No se asumen varianzas iguales			-,234	10,562	,819	-1,06423	4,54353	-11,11528	8,98683
Okumura	Se asumen varianzas iguales	6,721	,013	-,087	45	,931	-,26423	3,05376	-6,41482	5,88636
	No se asumen varianzas iguales			-,115	8,531	,911	-,26423	2,30074	-5,51284	4,98439
Deygout	Se asumen varianzas iguales	,178	,675	-1,113	45	,272	-5,50813	4,95040	-15,47875	4,46249
	No se asumen varianzas iguales			-,999	6,155	,355	-5,50813	5,51182	-18,91321	7,89695

CAPÍTULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES:

- La comunicación CDMA 450 en Cotopaxi ha probado su efectividad en la gran mayoría de las comunidades donde se ha realizado las pruebas de campo descritas, brindando así la capacidad de realizar y recibir llamadas con un tiempo de enlace corto y con la posibilidad de mantener la llamada por varios minutos en hogares rurales donde por su lejanía a poblados con alta densidad poblacional no se ha podido llegar con telefonía por red de cobre; aun así hay sitios donde la calidad de la comunicación CDMA 450 es deficiente.
- Las simulaciones en cada uno de los software descritos permitieron tener una idea de la cobertura en los sitios donde se iba a realizar las pruebas y mediciones de campo, además de brindar la posibilidad de comparar los modelos matemáticos que éstos manejan, a fin de identificar cuál se debe utilizar en el caso de realizar un diseño de red o análisis del estado de un sistema de comunicación inalámbrico con características similares a la de CDMA 450 y en la geografía montañosa de Cotopaxi.
- Según las pruebas realizadas en el capítulo 5 se encuentra deficiencias del servicio en algunas comunidades debido a baja potencia de recepción, por su ubicación geográfica impide la total o baja propagación de la señal. En muchas de estas zonas tales como se recomienda en el mismo capítulo, el servicio mejoraría significativamente instalando antenas externas, pero en el caso de comunidades como la de Maca Chico donde está totalmente rodeado por montañas es muy difícil que se brinde una comunicación satisfactoria allí.

- El clima demostró que puede afectar a la calidad de servicio y cobertura de la telefonía fija inalámbrica CDMA450 MHz, especialmente en lugares altos como en Cusubamba, donde había presencia de gran nubosidad y lluvias; en tales comunidades las simulaciones mostraban un nivel más alto de potencia de recepción mientras que en las pruebas de campo eran mucho más bajas de lo indicado, además de presentarse ruido en la señal. Pero en momentos cuando se despejaba, la señal de recepción en el analizador de espectros subía en picos donde se mostraba la señal que se había simulado en Sirenet anticipadamente, esto es debido a la ionización de la atmosfera.
- El solapamiento entre BTS en muchas comunidades no ha generado mayores complicaciones a excepción de la comunidad de Inchapo donde las llamadas en el terminal se ven interrumpidas al enlazarse de la BTS de El Guango con la BTS Pilisurco.
- Se puede notar que la mayor desviación estándar se produce en la simulación de Radio Mobile ya que la simulación de radio enlace tiene gran cantidad de errores cuando se presentan amplias distancias entre el transmisor y las localidades, además de una geografía con múltiples elevaciones geográficas, ya que estamos en una zona montañosa. El modelo de propagación de Deygout predijo con mayor cercanía según las pruebas independientes T, por lo cual es el método que se debe emplear para simulaciones de redes en zonas montañosas.

6.2. RECOMENDACIONES

- En las zonas con potencias inferiores a -85 dBm comercializar antenas externas para que en un futuro, con el deterioramiento de los equipos e incorporación de nuevos usuarios, aún puedan contar con buena calidad de servicio sin esperar que se presenten quejas con el pasar del tiempo.
- Realizar un programa de comercialización más cuidadoso especialmente en zonas altamente montañosas, donde a pocas decenas de metros en una ladera, la calidad de servicio pase de óptima a defectuosa o inexistente.
- Es conocido que se están realizando proyectos de ampliación de las redes telefónicas de cobre y en algunos casos siendo reemplazados con fibra óptica, por lo que se recomienda que en las zonas más cercanas a estas redes se planifique un programa de migración de CDMA 450 a red telefónica de cobre con el fin de evitar el solapamiento de señal entre terminales y posible saturación futura del sistema; dando así la oportunidad de brindar este servicio a más clientes.
- Realizar un levantamiento de la cantidad de usuarios existentes en cada BTS de manera que se pueda determinar las zonas en las que se pueden añadir mayor cantidad de usuarios y en donde se requiere más canales para evitar la saturación.
- Sectorizar los teléfonos a las BTS donde se están enlazando de mejor manera con el fin de evitar el exceso de movilidad de estos teléfonos, evitando la saturación en otros nodos o regiones donde exista esta comunicación. Además de evitar el salto de excesivo de enlace del teléfono entre BTS, que es cuando se confirmó muchas veces se cortan las llamadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] K. Etemad, CDMA2000 Evolution: Systems Concepts and Design Principles, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc, 2004.
- [2] V. Ipatov, Spread Spectrum and CDMA: Principles and Applications, Petersburg: John Wiley & Sons, Ltd, 2005.
- [3] L. W. Couch, Sistemas de Comunicación Digitales y Analógicos, 5ta edición ed., México D. F.: PRENTICE HALL, 1998.
- [4] ITU, «1. <http://www.itu.int>. <http://www.itu.int>. [Online] 12 31, 2012.,» [En línea]. Available: 1. <http://www.itu.int>. <http://www.itu.int>. [Online] 12 31, 2012.[Citado: 01/14/2015]
- [5] P. R. Jordi, «Tesis Doctoral de la Universitate Politècnica de Catalunya: Contribución al Estudio de Técnicas de Acceso Aleatorio y al Análisis de la Calidad de Servicio en Sistemas de Transmisión por Paquetes para comunicaciones móviles basadas en CDMA.».
Cataluña 23 04 2001.
- [6] INEC, «Secretaria Nacional de Información,» 04 03 2015. [En línea]. Available:http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/Portal%20SNI%202014/FICHAS%20F/0505_SALCEDO_COTOPAXI.pdf. [Citado: 06/17/2014]
- [7] INEC, «Datos Tabulados de la Población por Parroquias,» Available: http://www.inec.gob.ec/tabulados_CPV/1_POBL_PROV_CANT_PARR_AREA.xls. [Citado: 18/02/2015].
- [8] CNT, «www.cnt.gob.ec,» 22 12 2014. Available: <https://www.cnt.gob.ec/movil/promocion/promocion-4-ctvs/>. [Citado: 06/17/2014]
- [9] IGM, «<http://www.geoportaligm.gob.ec/>,» 11 03 2014. Available: http://www.geoportaligm.gob.ec/portal/?wpfb_dl=82. [Citado:18/02/2015].

- [10] L. Sistema Nacional de Información, «http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/Portal%20SNI%202014/FICHAS%20F/0501_LATACUNGA_COTOPAXI.pdf,» 2014. Available: http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/Portal%20SNI%202014/FICHAS%20F/0501_LATACUNGA_COTOPAXI.pdf. [Último acceso: 18 02 2015].
- [11] INEC, «www.ecuadorencifras.gob.ec,» 22 12 2014. Available: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manualateral/Resultados-provinciales/cotopaxi.pdf>. [Citado: 08/01/2014]
- [12] C. Cotopaxi y A. Aldana, Documentos, informes y archivos, Latacunga, Cotopaxi, 2014.
- [13] Huawei, «<http://www.scribd.com/doc/90011175/BTS3606-Series-Technical-Manual>,» [En línea]. [Citado: 03/ 03 /2015].
- [14] D. F. Céspedes Sotomayor, «ELABORACIÓN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA UTILIZANDO LA HERRAMIENTA SIRENET PARA LA PLANEACIÓN DE SISTEMAS RADIOELÉTRICOS,» 2008. Available: <http://www.repositorio.espe.edu.ec/>. [Citado: 16/ 12/ 2014].
- [15] D. F. Céspedes Sotomayor, «Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE",» 2008. Available: <http://repositorio.espe.edu.ec/simple-search?query=020230&submit=Buscar+>. [Citado: 24 /10/2014].
- [16] APTICA, Manual de Sirenet, Madrid, 2007.
- [17] UIT, «RECOMENDACIÓN UIT-R F.757-1,» 1997. Available: https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/f/R-REC-F.757-1-199709-S!!PDF-S.pdf. [Citado 4/03/2015].
- [18] U.-T. E.800 y AMNT, «Definiciones de términos relativos a la calidad de servicio,» 23 Septiembre 2008. Available: <http://www.itu.int/rec/T-REC-E.800-200809-I/es>. [Citado: 08/05/2014]
- [19] U.-T. G.100, «Serie G: Sistemas y medios de transmisión, Sistemas y redes digitales.,» Noviembre 2001. Available: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.1000-200111-I/es>. [Citado: 08/05/2014]

- [20] J. L. Bravo Farfán , M. S. Mendoza Neira y Arévalo Maldonado Sofía Priscila, «Análisis de la Calidad de Servicio de telefonía fija inalámbrica CDMA 450 de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT. EP.) en la provincia del Cañar,» Universidad de Cuenca, 2013. Available:<http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/4511> [Citado:12/7/2014].
- [21] Huawei, «www.huawei.com,» 22 12 2014. Available: http://www.huawei.com/en/about-huawei/newsroom/product_launch/hw-090889-productlaunch.htm. [Citado: 08/05/2014]
- [22] S. Nedeveschi, «POTENTIAL OF CDMA450 FOR RURAL NETWORK,» 2008. Available:<http://tier.es.berkeley.edu/docs/wireless/cdma450.pdf>.
- [23] A. y. P. T. S.L., «APTICA,» 2015. Available: <http://www.aptica.es/productos?op=sirenet>. [Citado: 12/01/2015].
- [24] APTICA, SIRENET Versión 3.6.0.3 Manual Español, Madrid-España, 2011.
- [25] APTICA, «PRODUCTOS: Descripción SIRENET,» Aplicaciones y Proyectos TIC S.L., 2015. Available: <http://www.aptica.es>. [Citado: 12/01/2015].
- [26] G. Paladines, Geografía Turística del Ecuador, Quito: ESPE, 2003.
- [27] J. M. H. y. R. C. Pastor, Sistemas de Telefonía, Madrid, España: Thomson Paraninfo, 2006.
- [28] V. V. Rosero Almeida, Análisis de Alternativa de Optimización del Sistema de Comunicaciones de Pt.
- [29] D. Rosas Tapia, CURSO SOBRE TÉCNICAS PRÁCTICAS PARA LA GESTIÓN DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO UTILIZANDO HERRAMIENTAS DE ÚLTIMA GENERACIÓN, Ecuador, 2010.
- [30] S. N. d. Información, «www.sni.gob.ec,» 2014. Available: http://app.sni.gob.ec/snmlink/sni/Portal%20SNI%202014/FICHAS%20F/0501_LATACUNGA_COTOPAXI.pdf. [Citado: 09/02/2015].
- [31] G. Galvan Tejada, «WiMAX urban coverage based on the Lee model and the Deygout diffraction method,» Electrical Engineering Computing

Science and Automatic Control (CCE), 2010 7th International Conference, pp. 294,299, 8-10 Septiembre 2010.

- [32] G. Vaca Oñate y E. Morales, «ANÁLISIS DE LAS TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS MOVILES 3G DE BANDA ANCHA CON ACCESO A INTERNET Y,» Universidad Técnica de Ambato, Mayo 2005. Available: http://repo.uta.edu.ec/bitstream/handle/123456789/357/Tesis_t142si.pdf?sequence=3. [Citado: 15/11/2014].

ANEXOS