

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

“Trabajo de grado previo a la obtención del Título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones”

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Estudio de factibilidad de la ampliación del Sistema CDMA450 en la BTS de la Mira para que soporte datos

Dimas Yamil Rueda Orellana

E-Mail: dr_timeoflife@hotmail.com

Director: Ing. Marco Nolivos

E-Mail: marco.nolivos1963@yahoo.com

Riobamba, 09 de Septiembre de 2013

DERECHO DE AUTOR

Yo, Dimas Yamil Rueda Orellana soy responsable de las ideas, resultados y propuestas expuestas en el presente trabajo de investigación, y los derechos de autoría pertenecen a la Universidad Nacional de Chimborazo.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios por brindarme la vida, a mis padres quienes siempre han estado a mi lado en las buenas y en las malas y a toda mi familia quienes de una u otra forma me han apoyado. A las personas que me colaboraron en la elaboración de este trabajo directa e indirectamente.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a todas las personas que laboran en la escuela de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones. A mis amigos y ex compañeros que durante el transcurso de la carrera nos hemos apoyado.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS.....	I
ÍNDICE DE FIGURAS	II
RESUMEN.....	III
SUMMARY	IV
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I	2
1. MARCO REFERENCIAL	2
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.2. OBJETIVOS.....	3
1.2.1. OBJETIVOS GENERALES	3
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	3
CAPÍTULO II.....	5
2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1.TECNOLOGÍA CDMA (Code Division Multiple Access)	5
2.1.1. CATEGORÍAS CDMA.....	5
2.1.1.1.Multimultiplexado por división de código (CDMA sincrónico)	5
2.1.1.2.CDMA asíncrono.....	6
2.2.CDMA 2000	7
2.2.1. PARÁMETROS DE LA TECNOLOGÍA CDMA 2000.....	8
2.2.2. ARQUITECTURA DE LA RED CDMA 2000	9
2.2.3. CDMA 2000 Y EL ESPECTRO	11
2.2.4. EVOLUCIÓN DEL SISTEMA CDMA 2000	12
2.2.5. CDMA 2000 1X	12
2.2.5.1.Planificación de redes inalámbricas CDMA 2000	13
2.2.5.2.Capas del CDMA 2000 1X.....	14
2.2.5.3.Ensamblamiento y Modulación	17
2.2.5.4.Acceso Aleatorio	19
2.2.5.5.Tasas de Ensamblamiento y Configuración de Radio	19
2.2.5.6.Handoff.....	20
2.2.6. CDMA 2000 1xEV-DO.....	20
2.2.6.1.Troughput de Datos	21
2.2.6.2.Arquitectura de Red.....	22
2.2.7. CDMA 2000 1xEV-DV.....	24
2.2.7.1.Características del Sistema 1xEV-DV	25
2.2.7.2.Características Retenidas del CDMA2000.....	25

CAPÍTULO III	26
3. ACCESO MULTIPLE POR DIVISIÓN DE CÓDIGO EN LA BANDA 450 MHz, CDMA450	26
3.1.ORIGEN	26
3.2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA TECNOLOGÍA CDMA 450	26
3.2.1. Propagación	26
3.2.2. Control de potencia.....	28
3.2.3. Receptor tipo rastrillo	29
3.2.4. Otras característica	29
3.3.COBERTURA	30
3.4.CDMA 450 Y EL ESPECTRO DE FRECUENCIA	31
3.4.1. Sub-bandas para CDMA 450.....	32
3.4.2. Fases de despliegue de una red IMT-MC.450	34
3.5.TIPOS DE REDES CDMA 450	34
3.6.VENTAJAS DE CDMA 450.....	35
3.7.SERVICIOS	36
3.8.EQUIPAMIENTO CDMA 450	37
3.9. CAPACIDAD DE USUARIOS DE UNA RED CDMA 450	38
3.10. USO DE LA TECNOLOGÍA CDMA 450 A NIVEL MUNDIAL.....	39
3.10.1. Servicios de Telecomunicaciones con CDMA 450.....	40
3.11. SITUACION ACTUAL EN EL ECUADOR	40
3.11.1. Marco Regulatorio de la Banda de los 450 MHz en el Ecuador.....	41
3.12. BANDAS 450 EN EL ECUADOR	41
3.13. ANÁLISIS DE LA BANDA 450 MHz EN EL ECUADOR	42
3.13.1. Ocupación.....	43
3.13.2. Ocupación de la Sub-banda A de CDMA 450	44
CAPÍTULO IV	47
4. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE LA AMPLIACIÓN DEL SISTEMA CDMA450 EN LA BTS DE LA MIRA	47
4.1.ANTECEDENTES	47
4.2.GUANO Y SUS PARROQUIAS RURALES.....	48
4.3.DESCRIPCIÓN GEOGRÁFICA DE LA ZONA A INTERVENIR.....	50
4.4.COMUNIDADES QUE INTERVIENEN EN EL PROYECTO DEL SERVICIO DE DATOS	50
4.5.REQUERIMIENTOS DE DISEÑO	53
4.5.1. Análisis de requerimiento del cliente	53
4.6.ESTUDIO DE DEMANDA	53
4.6.1. Demanda estimada de las parroquias y sus comunidades	54
4.6.2. Cálculo del tamaño de la muestra.....	55
4.6.3. Encuesta.....	55
4.6.4. Análisis de la demanda.....	59
4.6.5. Cómo Dimensionar el Tráfico requerido.....	60
4.7. DETERMINACIÓN DEL SITIO DE LA BTS	62
4.7.1. CÁLCULO DEL NÚMERO DE RADIO BASES	64

4.7.1.1.Por Capacidad.....	64
4.7.1.2.Por Cobertura.....	66
4.7.2. ESTRUCTURA GENERAL DE LA RED.....	66
4.7.3. ANÁLISIS DE RADIO PROPAGACIÓN PARA LOS ENLACES UTILIZANDO SOFTWARE RADIO MOBILE	67
4.7.4. RED DE ACCESO	67
4.8.RED DE TRANSPORTE- PUERTA DE ACCESO A LA RED CNT EP	75
4.9.REQUERIMIENTOS DE LA CALIDAD DE LA RED.....	75
4.10. Cálculo de pérdidas para el escenario propuesto	76
4.11. GANANCIAS DE LAS ANTENAS.....	76
4.11.1. Sensibilidad del Receptor	77
4.11.2. Potencia del Receptor	77
4.12. TRÁFICO DE INGENIERÍA	78
4.13. DIAGRAMA DE LA RED ACTUAL DE CNT.....	81
4.13.1. Estructura de la red	82
4.13.2. Interconexión con la Red de la CNT EP.....	83
4.13.3. Interfaz V5.2 para Interconexión.....	84
4.14. MATERIALES Y EQUIPOS.....	85
4.14.1. Selección de la Antena BTS	87
4.15. CARACTERÍSTICAS DE LA BTS	87
4.15.1. Sistema de Alimentación.....	89
4.15.2. FWT (Fixed Wireless Terminal)	90
4.16. ESTUDIO ECONÓMICO	91
4.16.1. Estudio de Factibilidad de la Red CDMA 450	91
4.16.2. Equipamiento de red.....	91
4.16.3. Equipamiento de usuario	92
4.16.3.1.Telefonía.....	92
4.16.4. Antecedentes de los equipos instalados.....	94
4.16.4.1. Tipo del Local.....	94
4.16.4.1.Materiales eléctricos utilizados	94
4.16.5. Propuesta final para el diseño de la red CMDA 450	95
4.16.6. Presupuesto Referencial de los Equipos utilizados en la implementación de la red CDMA450	95
4.16.6.1.Presupuesto de Equipamiento.....	95
4.16.6.2.Costos de interconexión	96
4.16.6.3.Costo total del proyecto.....	97
4.16.6.4.Costo de operación y mantenimiento	97
4.16.6.5.Tiempo de recuperación del capital.....	97
 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	 98
INTRODUCCIÓN.....	98
CONCLUSIONES.....	98
RECOMENDACIONES	99
BIBLIOGRAFÍA	100
ANEXOS	101

I

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 2-1 Parámetros de la tecnología CDMA 2000.....	9
Tabla 2-2 Clases de Bandas de CDMA	11
Tabla 3-1 Coberturas teóricas de las celdas	27
Tabla 3-2 Coberturas técnicas de celdas.....	30
Tabla 3-3 Sub-bandas para 450 MHz	33
Tabla 3-4 Distribución espectral de la banda F en 450 MHz	33
Tabla 3-5 Distribución de la banda F.....	33
Tabla 3-6 Capacidades de transmisión teórica - redes CDMA 450	35
Tabla 3-7 Capacidad de una Red CDMA 450 MHz.....	38
Tabla 3-8 Cuadro de Atribuciones de la Banda 450 MHz.....	42
Tabla 3-9 Sitios de Repetición de las Bandas 450 – 512 MHz.....	44
Tabla 3-10 Características técnicas de la sub-banda A.....	45
Tabla 4.1 Número de celdas con una calidad de tráfico del 1%	65

Tabla 4-2	
Ubicación Geográfica de la Comunidades que intervienen en el estudio	68
Tabla 4-3	
Requerimiento de calidad de red	75
Tabla 4-4	
Troughput del servicio de datos.....	81
Tabla 4-5	
Parámetro recomendado de antena	87
Tabla 4-6	
Clasificación de la BTS 3606AC	88
Tabla 4-7	
Dimensión física de la BTS	88
Tabla 4-8	
Equipos HUAWEI Y ZTE para la infraestructura de red.....	92
Tabla 4-9	
Equipos terminales HUAWEI Y ZTE para la infraestructura de red	93

II

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1 Cuatro señales digitales cuyos vectores son ortogonales	6
Figura 2.2 Infraestructura de la red trocal CDMA 2000 1X.....	10
Figura 2.3 Camino evolutivo CDMA	12
Figura 2.4 Arquitectura de las capas del CDMA 2000 1X	14
Figura 2.5 Ilustración de las estructuras de los canales en CDMA 2000.....	17
Figura 2.6 Transmisor de Enlace Descendente CDMA 2000.....	18
Figura 2.7 Intento de acceso realizado por una estación móvil en CDMA 2000	19
Figura 2.8 Modelo de arquitectura de red	22
Figura 2.9 1xEV-DV en la arquitectura de red 3G	24
Figura 3.1 CDMA 450 MHz, su principal ventaja la propagación	27
Figura 3.2 Esquema de un receptor tipo Rastrillo.....	29
Figura 3.3 Cantidad de BTSs requeridas para cubrir la misma área en diferentes frecuencias	31
Figura 3.4 CDMA 2000 1x en la banda de 450 MHz (Sub-banda clase A)	32
Figura 3.5 Utilización del espectro (banda BS Tx) en una evolución de la red en 3 etapas.....	34

Figura 3.6	
Ocupación de las Bandas 450 – 512 MHz.....	43
Figura 3.7	
Ocupación de la Sub-banda A CDMA 450 en el Ecuador	45
Figura 4.1	
Parroquias del Cantón Guano.....	48
Figura 4.2	
Localización de las parroquias del cantón Guano a intervenir	50
Figura 4.4	
Comunidades aledañas a la zona a intervenir.....	53
Figura 4. 12	
Objetivo del área de cobertura.....	63
Figura 4.13	
Antenas La Mira.....	63
Figura 4.14	
Estructura de la red CDMA 450.....	66
Figura 4.15	
Ubicación Geográfica.....	68
Figura 4.16	
Puntos de ubicación de la Mira y las Comunidades	69
Figura 4.17	
Enlace entre la Mira y las comunidades aledañas	70
Figura 4.18	
Resustados Radio Eléctricos y Distribución de la señal entre la Mira y Ceninchuan	71
Figura 4.19	
Resustados Radio Eléctricos y Distribución de la señal entre la Mira y San Francisco.....	72
Figura 4.20	
Resustados Radio Eléctricos y Distribución de la señal entre la Mira y Chipza.....	73
Figura 4.21	
Resustados Radio Eléctricos y Distribución de la señal entre la Mira y Saguzo la Unión	74

Figura 4.22	
Resustados Radio Eléctricos y Distribución de la señal entre la Mira y Saguazo Cruz de Mayo.....	75
Figura 4.23	
Interconexión de la Red.....	82
Figura 4.24	
Estructura de la Red CDMA.....	83
Figura 4.25	
Estructura de una red WLL CDMA 450	84
Figura 4.26	
Arquitectura de la Red CDMA 450.....	84
Figura 4.27	
Elementos que conforman el sistema de microondas y radio frecuencia.....	86
Figura 4.28	
Patrón típico de antena	87
Figura 4.29	
Baterías de 12 VDC utilización outdoor.....	89
Figura 4.30	
Terminal ETS2052	90
Figura 4.31	
Caseta Tipo D 4x4	94
Figura 4.32	
Diseño de la Red CDMA450 propuesta final.....	95
Figura 4.33	
Costos de Equipamiento	96
Figura 4.34	
Costos de Interconexión	97
Figura 4.35	
Costo total del proyecto.....	97
Figura 4.36	
Costos de Mantenimiento	97

III

RESUMEN

Es indispensable realizar el estudio que aporte para el desarrollo de la integración del sector de la BTS de la Mira y sus alrededores, dentro de la red telefónica y contribuir al desarrollo social, permitiendo no solo la rentabilidad de la empresa si no brindando un servicio de calidad que compense la necesidad de comunicación de los abonados.

En el capítulo I se trata del Marco Referencial: planteamiento del problema, objetivos generales y específicos y de la justificación.

El capítulo II y III se enfocará en estudiar a la tecnología CDMA y su funcionamiento; por entender a la tecnología CDMA 2000 por medio de los parámetros que usa, su arquitectura, el espectro de frecuencia, cobertura y equipamiento, también observar brevemente el ciclo evolutivo de la tecnología.

En el capítulo IV se hace un estudio de la tecnología CDMA 450, su origen, características, cobertura y ventajas que nos brinda este sistema. Se dará respuesta al por qué de la utilización de la banda de los 450 MHz.

Finalmente en el capítulo V se presenta una serie de conclusiones y recomendaciones las cuales van ayudar a tener una visión clara de este proyecto.

IV

SUMMARY

It is essential to carry out the study that contributes to the development of the BTS sector integration in la Mira and around within the telephone network and contribute to social development, allowing not only the profitability of the company but providing a quality service which compensates the communication need of subscribers.

Chapter I is about the Referential Framework: problem approach, general and specific objectives and of justification.

Chapters II and III will focus on studying the CDMA technology and its operation; in order to understand the CDMA 2000 technology by means of the parameters used, its architecture, the frequency spectrum, coverage and equipment, it is also about the evolutionary cycle of technology.

Chapter IV deals with a study of the CDMA 450 technology, its origin, characteristics, coverage and benefits provided. It gives reasons for the use of the 450 MHz band.

Finally, Chapter V shows a series of conclusions and recommendations which will help us have a clear vision of this project.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día la comunicación es una necesidad tanto para las urbanizaciones y más aún para sectores rurales. Las telecomunicaciones tienen como objetivo llegar hacia los sectores aislados de difícil acceso.

Se presenta diferentes alternativas al momento de elegir una tecnología adecuada para brindar el servicio de voz y datos.

En el sector de estudio la tecnología debe ser inalámbrica por la dificultad de acceso existente en la zona.

Como ventaja tenemos la utilización de una sola estación base, la cual sin ningún obstáculo en su trayectoria puede alcanzar varios kilómetros. CDMA 450 nace como una forma de llevar comunicaciones inalámbricas de banda ancha a las zonas rurales, además, esta solución es ideal porque el espectro está libre, algo que no sucede en las grandes urbes donde está siendo intensamente utilizado por diferentes servicios y tipos de terminales.

Para la realización de este proyecto se realizó las correspondientes visitas y encuestas a las poblaciones escogidas en el radio de 3Km desde las antenas; para determinar la demanda del servicio de telecomunicaciones.

CAPÍTULO I

MARCO REFERENCIAL

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Hoy en día las comunicaciones es una necesidad tanto para urbanizaciones y más aún en sectores rurales, las telecomunicaciones tienen como objetivo llegar hacia los sectores aislados de difícil acceso.

Con el transcurso del tiempo, el mundo se convirtió en un conjunto de personas conectadas y comunicadas gracias al desarrollo tecnológico que no cesa en su afán de mostrar nuevas formas de comunicación entre los pueblos.

La falta de información sobre el servicio de internet, lleva a las empresas como Claro, Movistar y la Corporación Nacional de Telecomunicaciones tengan la oportunidad de satisfacer esta demanda, siendo esta última la que nos proporciona la alternativa de estudiar la tecnología CDMA 450 a profundidad y su aplicación en la zona establecida.

La tecnología CDMA nos da varias herramientas que podemos usar de manera eficiente a comparación de otras tecnologías pero también incluye limitaciones las cuales vamos a estudiar y analizar para determinar las mejores aplicaciones que se podrían usar dentro de la zona de estudio de acuerdo al ambiente en el que se planea aplicar.

Es indispensable realizar el estudio que aporte para el desarrollo de la integración del sector de la BTS de la Mira y sus alrededores, dentro de la red telefónica y contribuir al desarrollo social, permitiendo no solo la rentabilidad de la empresa si no brindando un servicio de calidad que compense la necesidad de comunicación de los abonados.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVOS GENERALES

- Estudio de Factibilidad para el servicio de Internet mediante la ampliación del sistema CDMA450 en la BTS de la Mira.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar el estudio del sistema CDMA450 brindando el servicio de internet.
- Determinar el radio de cobertura que ofrece el sistema CDMA450 en la zona de la BTS de la Mira.
- Determinar el número de abonados que requieran el servicio de internet.
- Aprender sobre las características comunes de la estación base.
- Dimensionar los equipos y configuración de la BTS de la Mira para dar el servicio de Datos con el sistema CDMA450.

1.3. JUSTIFICACIÓN

La arquitectura inicial con la que contaba la CNT EP no se encontraba ligada a la convergencia de manera que todos los servicios se brindaban en redes e infraestructuras independientes, es decir, redes de acceso, transporte y conmutación separadas.

La convergencia se dio debido al avance tecnológico y necesidades diarias.

Primera etapa: los Telcos clásicos (telefonía solo datos móviles) para servicios convencionales de voz y datos.

Segunda etapa: más servicios de VNP y móviles.

Tercera etapa: más internet y distribución de video (triple play).

Cuarta etapa: más aplicaciones y hosting. De manera que se establecen los Telcos Universales para aumentar la rentabilidad y cadena de valor. Telcos multiservicios.

La proyección de la CNT EP en cuanto a las redes de nueva generación es que las redes para la prestación de servicios fijos y móviles concentren en una única plataforma de transporte basada en IP, dando lugar a un modelo de convergencia para los operadores.

El crecimiento de la red CNT IP se basa en la implementación del núcleo (Backbone) de la red de conmutación de paquetes el cual permitirá tener una plataforma de tercera generación de gran capacidad, escalable, flexible y con alto grado de seguridad para servicios de voz, datos y video (1).

Dado que el proyecto en cuestión constituye una gran inversión para la empresa es necesario hacer un estudio socioeconómico, técnico que abarque todos los parámetros necesarios de acuerdo no solo con las necesidades si no también con las especificaciones de los equipos a usar, también con las características del lugar, espectro de frecuencia, y de los lugares a los cuales se requiere llegar eficientemente; todo esto con el fin de ofrecer la mejor estrategia del proyecto.

Este proyecto nace de la necesidad de escalabilidad de la red y el acelerado incremento de los abonados y con el Plan Nacional de Conectividad (PNC), cuyo objetivo es lograr que todos los Ecuatorianos podamos contar con un servicio de telecomunicaciones seguro y confiable que nos permita eliminar las barreras y mantenernos comunicados unos con otros en todas partes del país y hacia todo el mundo.

(1) *CNT Información Confidencial*

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. TECNOLOGÍA CDMA (Code Division Multiple Access)

La tecnología CDMA funciona dividiendo voz o datos en pequeños paquetes que viajan en un amplio espectro de frecuencias. Cada paquete es identificado por un código digital.

El receptor remonta los paquetes en su forma original, restaurando la voz o datos. Los microprocesadores que manipulan esa operación de codificación y decodificación son tan rápidos, que no existe un atraso perceptible.

Características de CDMA

Privacidad. Las transmisiones no pueden ser fácilmente interceptadas y descifradas por usuarios no autorizados, que no posean el código.

Atenuación del canal. En FDMA (Acceso Múltiple por División de Frecuencia), si a un usuario le toca una banda de frecuencia en la cual el medio posee una zona de distorsión o atenuación, este usuario se vería perjudicado. En cambio en CDMA, esta zona se comparte entre todos los usuarios.

Flexibilidad. Una diferencia entre CDMA y FDMA es que en la primera, no es necesario un sincronismo entre grupos de usuarios (sólo es necesario entre el transmisor y el receptor en un grupo); es decir, una vez que se logró la sincronización entre el transmisor y el receptor del PN, se puede realizar la comunicación.

2.1.1 CATEGORÍAS CDMA

En división de códigos se distinguen dos categorías básicas: CDMA sincrónico (mediante códigos ortogonales) y asíncrono (mediante secuencias pseudo-aleatorias).

2.1.1.1 Multiplexado por división de código (CDMA síncrono)

El CDMA síncrono explota las propiedades matemáticas de ortogonalidad entre vectores.

Dos vectores pueden multiplicarse mediante el producto escalar (\cdot), que suma los productos de sus respectivas coordenadas. Si el producto escalar de dos vectores es 0, se dice que son ortogonales entre sí. (Nota: si dos vectores se definen $\mathbf{u} = (a.b)$ y $\mathbf{v} = (c.d)$: su producto escalar será $\mathbf{u} \cdot \mathbf{v} = (a \cdot c + b \cdot d)$).

Cada usuario de CDMA síncrono emplea un código único para modular la señal, y los códigos de los usuarios en una misma zona deben ser ortogonales entre sí. En la imagen se muestran cuatro códigos mutuamente ortogonales. Como su producto escalar es 0, los

códigos ortogonales tienen una correlación cruzada igual a cero, y en otras palabras, no provocan interferencia entre sí (Fig. 2.1).

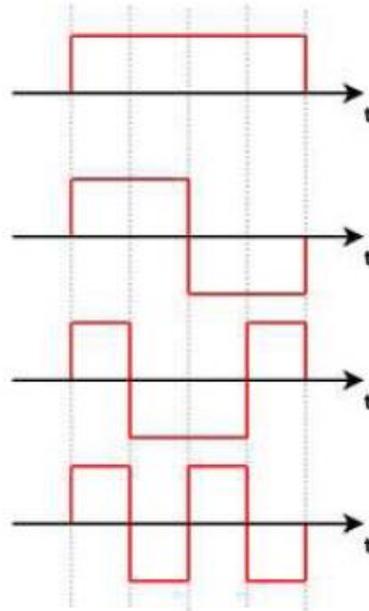


Figura 2.1 Cuatro señales digitales cuyos vectores son ortogonales (2)

Cuando el receptor intenta decodificar la señal mediante un código, los datos son todos los ceros, por lo tanto la correlación cruzada es igual a cero y está claro que el código no transmitió ningún dato.

2.1.1.2 CDMA Asíncrono

Los sistemas CDMA síncronos funcionan bien siempre que no haya excesivo retardo en la llegada de las señales; sin embargo, los enlaces de radio entre teléfonos móviles y sus bases no pueden coordinarse con mucha precisión.

Dado que, matemáticamente es imposible crear secuencias de codificación que sean ortogonales en todos los instantes aleatorios en que podría llegar la señal, en los sistemas CDMA asíncronos se emplean secuencias únicas “pseudo-aleatorias” o de “pseudo-ruido” (en inglés. PN sequences). Un código PN es una secuencia binaria que parece aleatoria, pero que puede reproducirse de forma determinística si el receptor lo necesita. Estas secuencias se usan para codificar y decodificar las señales de interés de los usuarios de CDMA asíncrono de la misma forma en que se empleaban los códigos ortogonales en el sistema síncrono.

(2) http://es.wikipedia.org/wiki/Acceso_multiple_por_divisi3n_de_c3digo_Ortogonal:_perpendicularidad

Las secuencias PN no presentan correlación estadística, y la suma de un gran número de secuencias PN resulta en lo que se denomina interferencia de acceso múltiple (en inglés, MAI, multiple access interference), que puede estimarse como un proceso gaussiano de ruido que sigue el teorema central del límite estadístico. Si las señales de todos los usuarios se reciben con igual potencia, la varianza (es decir, la potencia del ruido) de la MAI se incrementa en proporción directa al número de usuarios. En otras palabras, a diferencia de lo que ocurre con la señal de interés, y provocarán interferencia con la señal de interés; cuantos más usuarios simultáneos, mayor interferencia.

2.2 CDMA 2000

CDMA 2000 es una familia de estándares de telecomunicaciones móviles que utilizan CDMA, un esquema de acceso múltiple para redes digitales, para enviar voz, datos y señalización (como un número telefónico marcado) entre teléfonos móviles y estaciones base. Ésta es la segunda generación de la telefonía celular digital IS-95 (3).

CDMA 2000 o también conocida como CDMA 2000 1X, de espectro expandido que usa Acceso Múltiple por División de Código (CDMA) y se ajusta a las nuevas necesidades de los sistemas de comunicación inalámbrica de la siguiente generación.

En términos generales, CDMA es un sistema de comunicaciones digitales por radio celular que permite que un elevado número de comunicaciones compartan simultáneamente el mismo medio de comunicación, es decir, manejan paralelamente un grupo común de canales de radio, de forma que cada usuario pueda tener acceso a cualquier canal.

Cada comunicación se codifica digitalmente empleando una clave de encriptación que solamente conocen los términos involucrados en el proceso de comunicación y únicamente durante el tiempo en que se realice la comunicación.

La codificación digital y la utilización de la técnica de espectro esparcido es otra característica inherente a CDMA.

CDMA se fundamenta en la técnica de espectro esparcido disperso (“Spread Spectrum”), una técnica que se ha estado utilizando habitualmente en el sector de la defensa de los EEUU como medio para eliminar interferencias o para la encriptación. Esta técnica se basa en esparcir el espectro de frecuencia de una señal en un ancho de banda mayor que el mínimo necesario para la transmisión.

(3) *MARIA CAMPOVERDE: Tesis Escuela Politécnica Nacional*

Al llegar la señal esparcida al receptor, esta la recompone, es decir, las frecuencias se juntan otra vez para obtener la señal inicial que ha partido del emisor. De esta forma, se pueden obtener una serie de enlaces que utilizan la misma banda de frecuencia sin que se produzcan interferencias. La técnica del espectro disperso presenta dos modalidades:

“Frequency Hopping” (FH) o salto de frecuencia y “Direct Sequence” (DS) o secuencia directa.

El salto de frecuencia esparce el espectro de la señal transmitiendo una ráfaga corta en una frecuencia, para a continuación saltar a otra frecuencia emitiendo otra ráfaga corta y así sucesivamente.

La secuencia directa se puede describir en términos de que utiliza una secuencia de códigos de alta velocidad conjuntamente con la información básica que se quiere transmitir.

En este esquema cada símbolo (grupo de bits) se multiplica por un código de esparcimientos llamado secuencia de chip de forma que el ancho de banda de las frecuencias de la señal es aumentado.

La razón entre el número de chip por bit, que se conoce como la relación de esparcimiento, constituye un factor de gran importancia para elevar la resistencia de la señal ante interferencias.

2.2.1. PARÁMETROS DE LA TECNOLOGÍA CDMA 2000

La Tabla II.I muestra los parámetros más representativos de la tecnología CDMA 2000.

ANCHO DE BANDA DEL CANAL	1,25; 3,75; 7,5; 11,25; 15 MHz.
ESTRUCTURA DEL CANAL DE RF PARA EL ENLACE DIRECTO	Dispersión directa o multiportadora.
CHIP RATE	1,2288 – 3,6864 – 7,3728 – 11,0593 – 14,7456 Mcps para la dispersión directa. n x 1,2288 Mcps (n = 1, 3, 6, 9, 12) para multiportadora,
LONGITUD DE TRAMA	20 ms para datos de usuario y control: 5 ms para el control de la información sobre el canal fundamental y canal dedicado al control.
MODULACIÓN DE DATOS	QPSK para el enlace directo BPSK para el enlace reverso
DETECCIÓN COHERENTE	A través de un canal piloto para los enlaces directo y reverso.
CANALES MULTIPLEXADOS EN EL ENLACE REVERSO	Control, piloto, fundamental y suplementario.
FACTORES DE EXPANSIÓN	4 – 256
EXPANSIÓN (ENLACE DIRECTO)	Longitud variable de las secuencias de "Walsh", M – secuencias 2^{15} para la separación de canal.
EXPANSIÓN (ENLACE REVERSO)	Longitud variable de las secuencias de "Walsh", M – secuencias 2^{41} para la separación de canal.
HANDOFF	Soft handoff

Tabla II.I Parámetros de la tecnología CDMA 2000 (4)

2.2.2 ARQUITECTURA DE LA RED CDMA 2000

La figura 2.2 muestra la arquitectura de red del sistema CDMA 2000 1X, está conformada de:

A. Red de Radio Acceso (RAN):

- MS.- Estación Móvil (Mobile Station en la terminología 1X).
- BTS.- Estación Base (Base Transceiver Station) base de transmisión y recepción.
- BSC.- Controlador de Estación Base (Base Station Contoller).

(4) María Álvarez: dspace.esoch.edu.ec/bitstream/123456789/626/1/38T00240.pdf

B. Red Troncal (Core Network): ver Figura II.2.

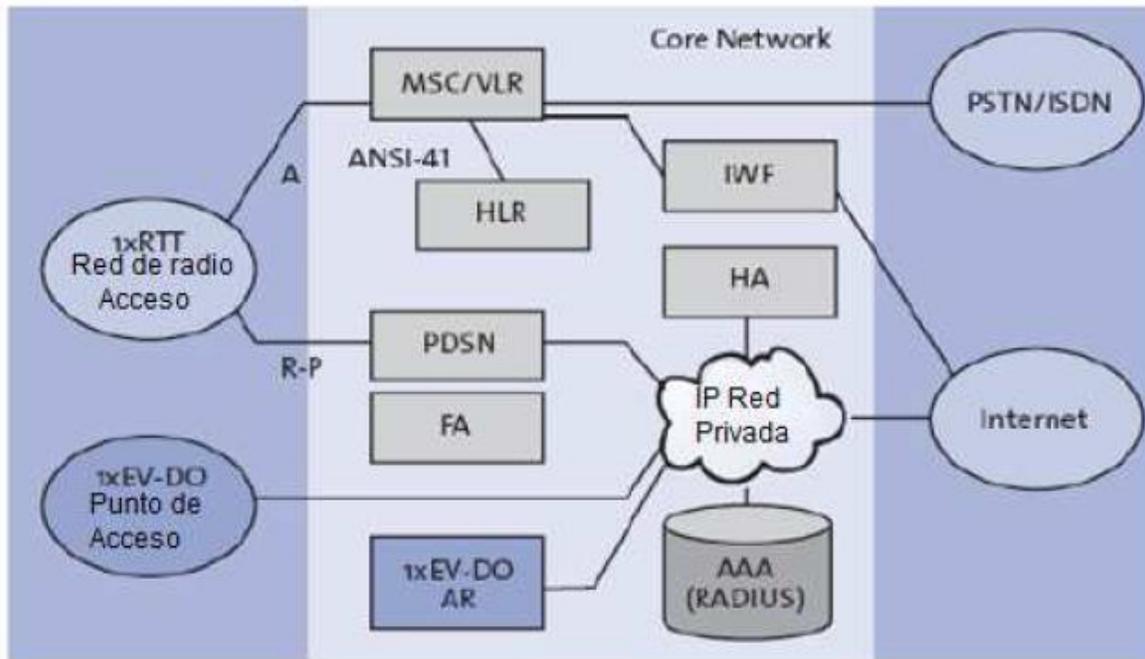


Figura 2.2 Infraestructura de la red troncal CDMA 2000 1X (5)

- HLR (Home Location Register).- Base de datos con el registro de los suscriptores y sus respectivos perfiles de servicio.
- MSC/VLR (Mobile Switching Center/Visitor Location Register).- Es un conmutador digital en modo de conmutación de circuitos (CS. Circuit- Switch) tradicional. Normalmente tiene asociada una base de datos (VLR) que sirve a los terminales activos de la red. Debido a que los servicios de datos en IS-95 se implementan como pequeñas conexiones de conmutación de circuitos, es necesario incluir un elemento de Inter Funcionamiento (Inter Working Funtion, IWF) entre Internet y el MSC.
- El punto de unión con los entornos privados IP, que se denomina Packet Data Serving Node (PDSN). Se trata del punto de terminación del protocolo de enlace PPP (Point-to-Point Protocol) y está conectado al Subsistema de Estación Base (BSS) a través de la interfaz R-P (Radio-Packet). El PDSN es responsable también de la gestión de la movilidad u actúa como un Foreign Agent (FA) para la funcionalidad de Mobile IP (MIP).

(5) Terán Fuentes, Kléber Fabián. "Diseño de un sistema de videotelefonía para implantar una red celular con tecnología CDMA 2000".

- El servidor AAA (Accounting, Authentication and Authorization) basado en RADIUS (Remote Authorization Dial-Ih User Service), que contiene la información de provisión de paquetes de datos de los abonados. Se utiliza para labores de autenticación.
- La función de control de paquetes (Packet Control Function, PCF), que es uno de los nuevos elementos necesarios en el BSS para soportar la conmutación de paquetes de la interfaz R-P. en CDMA 2000 1XEV-DO no se hace uso de la interfaz R-P, por lo que también se necesita otros elementos de la red, como en el caso del Router de Acceso (AR) CDMA 2000 1XEV-DO. Otros equipos necesarios para desplazar la capa jerárquicamente superior de CDMA 2000 1xEV-DO son los puntos de acceso (Access Points, AP), que emplean el esquema de acceso TDM en el enlace descendente y el CDMA en el ascendente.

2.2.3 CDMA 2000 Y EL ESPECTRO

CDMA 2000 está diseñado para operar en todas las bandas de espectro atribuidas para los servicios de telecomunicaciones inalámbricas, incluyendo las bandas analógicas, celulares y de PCs. Más aún, CDMA 2000 posibilita la prestación de servicios 3G haciendo uso de una cantidad muy pequeña de espectro (1.25 MHz por portadora), protegiendo este recurso precioso para los operadores. La Tabla II.II muestra las clases de bandas definidas en el IS-2000.

CLASES DE BANDAS	DESCRIPCIÓN
Banda Clase 0	Banda celular 800 MHz.
Banda Clase 1	Banda PCS 1,8 a 2,0 GHz.
Banda Clase 2	Banda TACS 872 a 960 MHz.
Banda Clase3	Banda JTACS 832 a 925 MHz.
Banda Clase4	Banda PCS –Corea 1,75 a 1,87 GHz.
Banda Clase 5	Banda 450 MHz.
Banda Clase 6	Banda IMT-2000 2 GHz.
Banda Clase 7	Banda 700 MHz.
Banda Clase 8	Banda 1800 MHz
Banda Clase 9	Banda 900 MHz.
Banda Clase 10	Banda 800 MHz Secundaria
Banda Clase 11	Banda PAMR Europea 400MHz.
Banda Clase 12	Banda PAMR 800 MHz.

Tabla II.II Clases de Bandas de CDMA (6)

(6) *María Álvarez: dspace.epoch.edu.ec/bitstream/123456789/626/1/38T00240.pdf*

2.2.4. EVOLUCIÓN DEL SISTEMA CDMA 2000

La Figura 2.3 muestra la evolución que ha tenido la tecnología CDMA 2000, desde sus inicios hasta la actualidad.

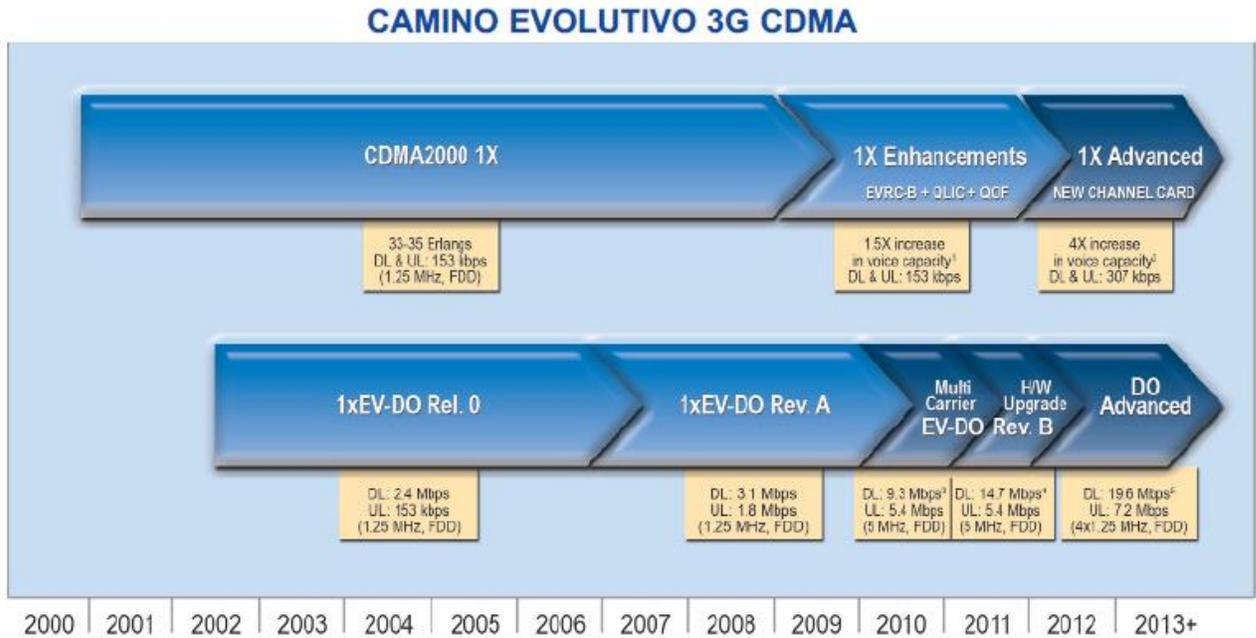


Figura 2.3 Camino evolutivo CDMA (7)

2.2.5 CDMA 2000 1x

CDMA 2000 1x, el núcleo del estándar de interfaz inalámbrica CDMA 2000, es conocido por muchos términos: 1x, 1x RTT, IS-2000, CDMA 2000 1X, 1X, y cdma 2000 (en minúsculas). La designación “1xRTT” (1 times Radio Transmisión Technology) es usada para identificar la versión de la tecnología CDMA 2000 que opera en un par de canales de 1.25 MHz (1.25 MHz una vez, opuesto a 1.25 MHz tres veces en 3xRTT). 1xRTT casi duplica la capacidad de voz sobre las redes IS-95. Aunque capaz de soportar altas velocidades de datos, la mayoría de desarrollos están limitados a una velocidad pico de 144 Kbits/s. mientras 1xRTT es calificado oficialmente como una tecnología 3G. 1xRTT es considerado por algunos como una tecnología 2.5G (o a veces 2.75G). Esto ha permitido que sea implementado en el espectro 2G en algunos países limitando los sistemas 3G a ciertas bandas.

(7) CDG. 3G World Update. “La migración acelerada hacia 3G”

Las principales diferencias entre la señalización IS-95 e IS-2000 son: el uso de una señal piloto sobre el reverse link del IS-2000 que permite el uso de una modulación coherente, y 64 canales más de tráfico sobre el forward link de manera ortogonal al set original.

Algunos cambios también han sido hechos a la capa de enlace de datos para permitir el mejor uso de los servicios de datos IS-2000 como protocolos de control de accesos a enlaces y control QoS. En IS-95, ninguna de estas características han estado presentes, y a la capa de enlace de datos básicamente consistía en un “mejor esfuerzo de entrega”.

En este orden siguió siendo utilizado para voz.

2.2.5.1 Planificación de redes inalámbricas CDMA 2000

La planificación de redes inalámbricas es un afctor decisivo para la calidad de servicio y la rentabilidad de la inversión de la red inalámbrica, cuyo rendimiento decide a su vez la calidad de servicio de toda la red de telecomunicaciones móviles.

La planificación de rees inalámbricas está orientada al cliente y busca el equilibrio entre la cobertura, la capacidad, la calidad y los costos de la red, con lo que se satisfacen las necesidades de diversos clientes y servicios.

Especificaciones técnicas de CDMA 2000

Frecuencia de banda: cualquier banda existente.

Mínima frecuencia de banda requerida: 1x: 2x1.25MHz, 3x: 2x3.75

Chip rate: 1x: 1.2288, 3x: 3.6864 Mcps

Máxima capacidad de ancho de banda: 1x: 144 Kbps now, 307 Kbps in the future 1Xev-DO: mas 384 Kbps – 2.4 Mbps, 1xEV-DV: 4.8 Mbps.

Longitud de la trama: 5ms, 10ms or 20ms

Potencia de control: 800 Hz

Factor de expansión: 4.....256 UL

2.2.5.2 Capas del CDMA 2000 1X

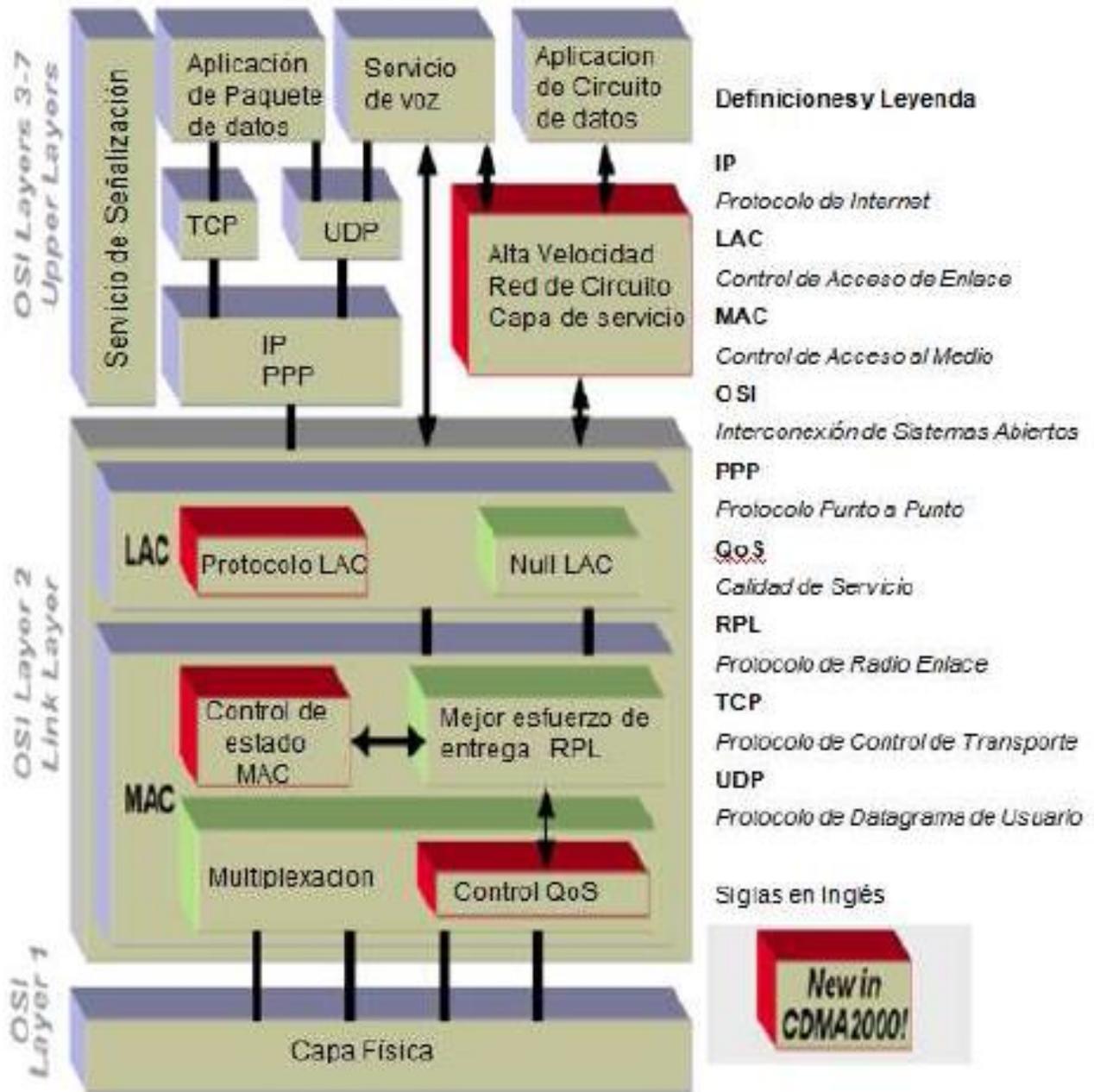


Figura 2.4 Arquitectura de las capas del CDMA 2000 1X (8)

(8) María Álvarez: dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/626/1/38T00240.pdf

1) Capas Superiores

Este nivel proporciona el control de flujo de la información del sistema, en términos de señalización, servicios de datos y servicio de voz. La arquitectura propuesta está siempre limitada por las capacidades de la interfaz aire. Incluye un mecanismo de control de calidad de servicio QoS (Quality of Service), para balancear los diferentes requisitos de los múltiples servicios concurrentes.

Otra característica importante de esta arquitectura es que los servicios de la capa de enlace pueden ser utilizados por distintos tipos de clientes en las capas superiores. La red troncal se basa en ANSI-41, 1X hace uso de un ancho de banda de 1,25 MHz y una tasa de chip de 1,2288 Mcps, siendo el funcionamiento similar al IS-95. Los servicios de las capas se clasifican en tres categorías:

a) Servicio de Voz

El IS-2000 opera con las siguientes configuraciones principales de servicio de voz:

- * Sistema de voz compatible con CDMA One.- tráfico de voz codificado utilizando un **vocoder** (9) compatible con CDMA One, transportado directamente dentro de un canal fundamental.
- * Transporte de voz CDMA 2000 sobre paquetes de datos.- tráfico de voz codificado transportado como paquete de datos con un vocoder de aplicación específica usando el estándar CDMA 2000 de servicio de paquetes de datos.

b) Servicio de Datos

CDMA 2000 define dos tipos de servicio de datos en general:

- * *Servicio de paquetes de datos.*- servicios portadores que conforman estándares industriales orientados a conexión, incluyendo protocolos basados en IP.
- * *Servicios de circuitos de datos.*- servicios portadores que emulan estándares internacionales definiendo servicios orientados a conexión como acceso asincrónico vía dial-up, fax y servicios B-RDSI.

(9) **Vocoder:** codificador de voz que reduce el ancho de banda necesario para la transmisión de voz con una buena calidad.

c) Servicio de Señalización

Dentro del CDMA 2000 están definidos dos servicios de señalización:

- * *Servicios de señalización IS-95 2G.*- compatible con sistemas de voz de CDMA One.
- * *Entidades de señalización de capa superior CDMA 2000.*- Proporciona soporte total para todos los servicios CDMA 2000 actuales y futuros.

2) Capa Enlace de Datos

Se proporcionan servicios de transporte de información a través de mecanismos de control provistos por la Capa Enlace. Los niveles de confiabilidad y calidad de servicios (QoS) varían según las necesidades del servicio específico de capa superior. La Capa Enlace de Datos está subdividida en dos sub-capas.

- * *Subcapa de Control de Acceso al Enlace LAC (Link Access Control):* responsable por asegurar la confiabilidad de los mensajes de señalización y control.
- * *Subcapa de Control de Acceso al Medio MAC (Medium Access Control):* controla el acceso de los niveles superiores al medio físico.

3) Capa Física

Responsable de la recepción y transmisión de bits al medio físico (Air Link), para lo cual, es necesario efectuar la conversión de información a ondas electromagnéticas mediante mecanismos de modulación. Los bits de la señal son codificados antes de ser modulados.

Para el enlace directo, CDMA 2000 tiene dos alternativas:

- * Multiportadora.
- * Dispersión Directa.

La transmisión por multiportadora para el enlace directo se realiza con 3 portadoras consecutivas, en donde cada portadora tiene una velocidad de chip de 1.228 Mcps.

Para el caso de dispersión directa, la transmisión usual para el enlace directo tiene un chip rate (velocidad del chip) de 3,6864 Mcps. La eficiencia espectral con multiportadora es un 5% a 10% menor que con dispersión directa. La Figura 2.5 indica las estructuras de los canales en CDMA 2000.

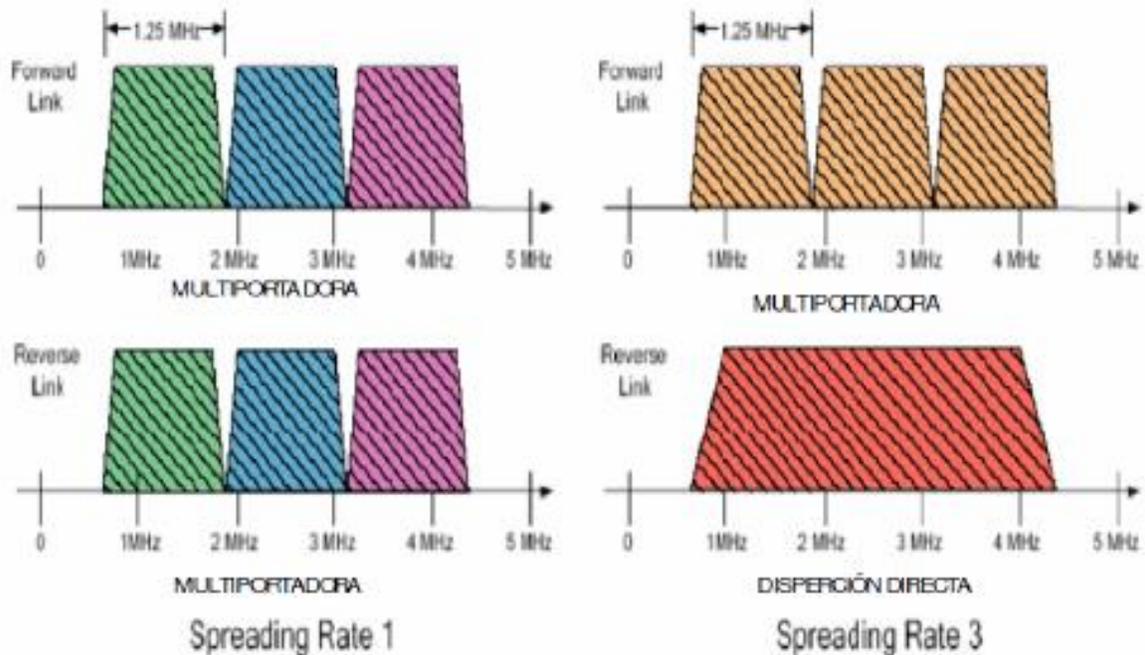


Figura 2.5 Ilustración de las estructuras de los canales en CDMA 2000 (10)

4) Canales Físicos y Lógicos

En la terminología CDMA 2000 se definen canales físicos y canales lógicos para el transporte de datos de usuario y para señalización. El canal físico es un camino de comunicación entre un terminal móvil y una BTS, descrito en términos de codificación y caracterización de radiofrecuencia.

El canal lógico es un camino de comunicación intrínseco a las llamadas de protocolos de la BTS y del terminal móvil. La información contenida en un canal lógico es llevada por uno o más canales físicos. Están definidos mapas entre los canales físicos y los canales lógicos. Los mapas pueden ser permanentes o apenas efectuados en el período de duración de una llamada.

2.2.5.3 Ensanchamiento y Modulación

Generalmente hay tres capas de ensanchamiento en CDMA 2000. Cada señal en el enlace reverso es distinguida por diferentes identificadores (offsets) de un código extenso, asemejándose mucho este procedimiento al usado en IS-95.

(10) *María Álvarez: dspace.epoch.edu.ec/bitstream/123456789/626/1/38T00240.pdf*

Este código largo es una secuencia con un período de $2^{42} - 1$ chip. Diferentes identificadores (offsets) de usuario se los obtiene utilizando una máscara de código largo.

La ortogonalidad entre los diferentes canales físicos del mismo usuario pertenecientes a la misma conexión en el enlace reverso es mantenida mediante el ensanchamiento usando códigos Walsh. En la Figura 2.6 se muestra el diagrama de bloques del transmisor de enlace descendente del sistema CDMA 2000.

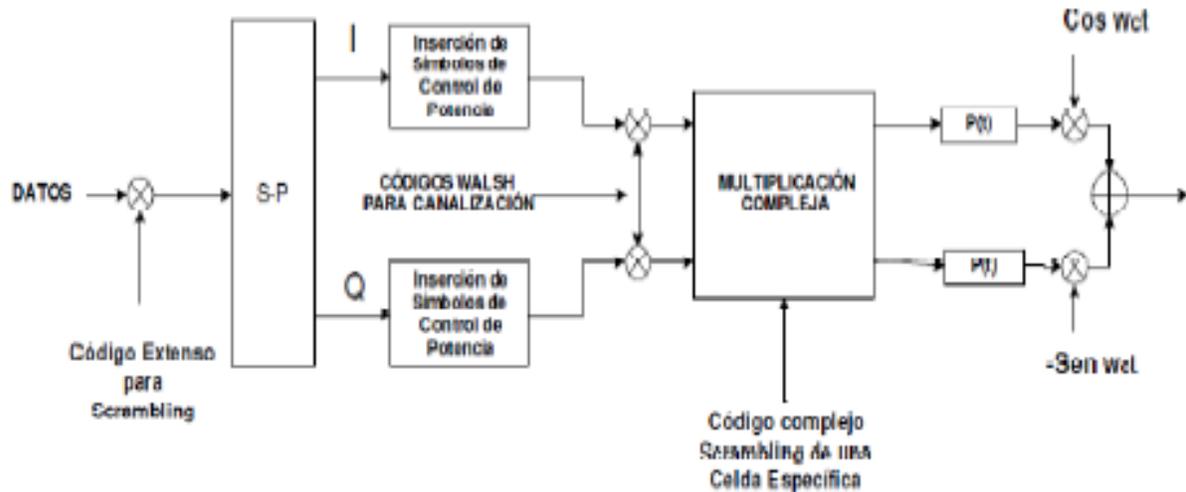


Figura 2.6 Transmisor de Enlace Descendente CDMA 2000

En el enlace directo de IS-95, la expansión con el código Walsh es realizado antes de la modulación QPSK, al contrario de CDMA 2000 donde los datos son primero modulados con QPSK y luego los datos de las ramificaciones I y Q son extendidos con el mismo código Walsh, de esta manera el número de códigos Walsh disponibles se duplican debido a la ortogonalidad entre las portadoras I y Q.

La longitud de los códigos Walsh de canalización reverso/directo (UD/DL) varía según la velocidad de los datos. Todas las estaciones base del sistema se las distingue mediante distintos identificadores (offsets) de la misma secuencia del enlace directo. Los polinomios de realimentación de intercambio de registros para las secuencias I y Q son: $X^{15} + X^{13} + X^9 + X^8 + X^7 + X^5 + 1$ y $X^{15} + X^{12} + X^{11} + X^{10} + X^6 + X^5 + X^4 + X^3 + 1$, respectivamente. El identificador de estos códigos debe satisfacer un valor mínimo, el cual es igual a $64 \times \text{Pilot_Inc}$ es un parámetro de reuso de código, el cual depende de la topología del sistema.

(11) *María Álvarez: dspace.epoch.edu.ec/bitstream/123456789/626/1/38T00240.pdf*

2.2.5.4 Acceso Aleatorio

La estación móvil inicia una petición de acceso a la red transmitiendo en varias ocasiones una presunta prueba de acceso hasta que un reconocimiento de la petición es recibida. Este proceso de enviar una petición es conocido como intento de acceso. Con un solo intento de acceso, la petición debe ser enviada a varias estaciones base.

La Figura 2.7 muestra un ejemplo de un intento de acceso. La transmisión de la prueba de acceso sigue en algoritmo de ALOHA ranurado.

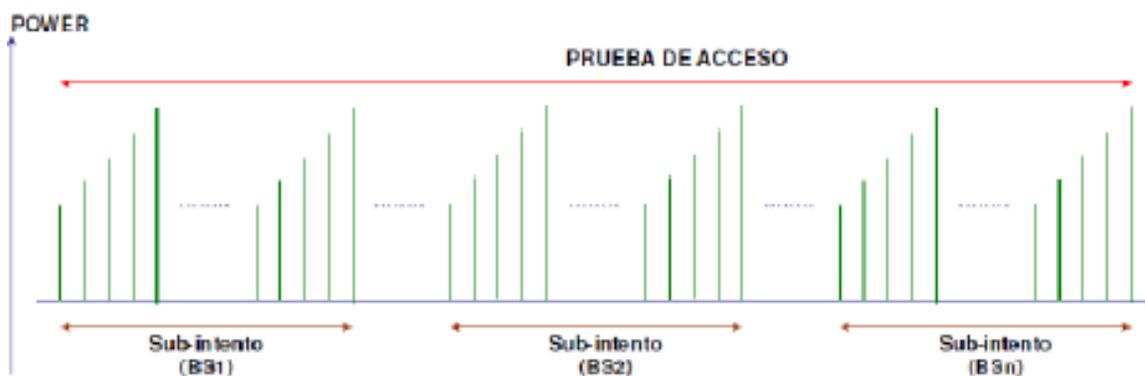


Figura 2.7 Intento de acceso realizado por una estación móvil en CDMA 2000

Si un reconocimiento de la más reciente prueba transmitida no es recibido por la estación móvil después de un período de descanso, otra prueba es transmitida en otro intervalo aleatoriamente elegido, una secuencia de pruebas de acceso es transmitida hasta que un reconocimiento es recibido por la estación base.

2.2.5.5 Tasas de Ensanchamiento y Configuración de Radio

La tasa de ensanchamiento se refiere a la velocidad de chip de la forma de onda, la cual ensancha la señal CDMA, determinando su ancho de banda espectral y su ganancia de procesamiento. Tasa de ensanchamiento 1 es 1228800 cps (chip por segundo), igual que la actual operación IS-95. Esto hace señales de alrededor de 1.25 MHz de ancho de banda, el cual puede llevar ciertas cantidades de datos por sector. Esto es llamado 1xRTT.

Tasa de ensanchamiento 3, es 3 veces la tasa de ensanchamiento 1, 0 3686400 cps. Esta tasa de ensanchamiento es utilizada en el sistema CDMA 2000 3xRTT. Esto hace señales alrededor de 3.75 MHz de ancho de banda, el cual puede llevar grandes cantidades de datos por sector. Las configuraciones de radio se refieren a los arreglos de codificación y como los canales y sus velocidades de datos son establecidos.

Para los canales de tráfico se especifican varias configuraciones radioeléctricas (RC, Radio Configurations) que definen las velocidades de datos, la codificación del canal y los parámetros de modulación soportados.

Las velocidades relacionadas a las configuraciones radioeléctricas se presentan en el anexo A4. Hay definidas seis configuraciones de radio para el enlace reverso y nueve para el enlace directo como se muestra en el anexo A4.

2.2.5.6 Handoff

Es el proceso de transferir una llamada o una sesión en curso de los datos a partir de un canal conectado con la red de la base con otro. Intra-frecuencia o handoff suave (soft-handoff) es iniciado por la estación móvil.

Aún en la comunicación, la estación móvil puede recibir el mismo tipo de señal de varias estaciones base. Estas estaciones constituyen el conjunto activo de las estaciones móviles. La estación móvil continuara monitoreando el nivel de potencia del canal piloto recibido (PICH), transmitido de estaciones base vecinas, incluyendo aquellos del conjunto activo de las estaciones móviles. Los niveles de potencia de estas estaciones base son luego comparadas a un conjunto de valores límite de acuerdo a un algoritmo.

2.2.6 CDMA 2000 1xEV-DO

1xEV-DO (1xEvolution Data Optimized) es un estándar de telecomunicaciones inalámbricas optimizado para la comunicación celular de datos de alta velocidad.

CDMA 2000 1x y WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access) soportan voz y datos mientras que CDMA 2000 1xEV-DO es único en el contexto de que es ideal para soportar comunicaciones de datos (12).

La especificación es también conocida como High Data Rate (HRD). El prefijo 1x significa que sólo toma una vez la velocidad de ensanchamiento 1,2288 Mcps y para su implementación se utiliza una portadora de 1,25 MHz. El estándar define las siguientes velocidades de transmisión:

Para el enlace directo (desde la BTS hacia el AT):

- 1xEV-DO= desde 38,4 Kbps hasta 2,4 Mbps
- 1xEV-DO release A= desde 38,4 Kbps hasta 3.2 Mbps

Para el enlace descendente o reverso (desde el AT hacia la BTS)

- 1xEV-DO= desde 9,6 Kbps hasta 153,6 Mbps
- 1xEV-DO release A= desde 4,8 Kbps hasta 1,8 Mbps

(12) QUALCOMM. 1xEV

La diferencia entre las velocidades de estos dos enlaces se basa en la asunción de que la principal aplicación es proporcionar acceso a Internet inalámbrico.

Todos los móviles reportan periódicamente la máxima velocidad de datos que ellos puedan recibir basados sobre las condiciones de radio de canal en ese momento. La red de acceso al radio tiene un organizador que observa las posibles velocidades de datos soportadas por todos los móviles y los paquetes recibidos del internet para esos móviles. El organizador entonces planifica el uso del canal de radio para un paquete, es decir, un usuario en el tiempo. Cuando la transmisión del paquete es completa el organizador programa el próximo paquete y así sucesivamente.

2.2.6.1 Throughput de Datos

El enlace aéreo es espectralmente eficiente y proporciona un throughput pico en el enlace directo de 7,4 Mbps/celda (3 sectores) con una portadora de frecuencia (1,25 MHz). La más importante contribución de esta tecnología para tener un alto throughput puede ser atribuido a la aproximación dinámica que este sistema toma para entender las actuales condiciones de radio y reaccionar a ellas. 1x EV-DO obtiene las condiciones de radio de todos los terminales móviles. Los datos recolectados son utilizados para organizar los paquetes que van hacer transmitidos de tal forma que se maximice el throughput del sistema. Otra razón para que CDMA 2000 1xEV-DO proporcione un alto throughput es el uso de codificación adaptiva y modulación. Este sistema examina las actuales capacidades de recepción de datos de un terminal y adapta los parámetros de transmisión incluyendo la velocidad de codificación y la modulación, para transmitir la información (13).

La codificación y modulación puede cambiar de paquete a paquete. Para tener un mayor throughput se utiliza una planificación aproximada al de una tubería gruesa para el manejo de recursos. A diferencia de CDMA 2000 1x, se asigna el uso de todo el ancho de banda en su canal de radio para un solo usuario a la vez en el enlace directo. En otras palabras, durante la transmisión de datos en paquetes de usuario, el sistema efectivamente asigna a todos los recursos a la transmisión de un solo usuario. Esto posibilita que la red use la máxima potencia disponible para el cliente, lo cual ayuda a tener una alta velocidad de datos sobre el aire.

Una razón más para tener un alto throughput, es el esquema de conocimiento temprano usado a nivel de capa física. Cuando un usuario está transmitiendo sobre el aire, los datos son usualmente protegidos para ayudar con la recuperación del error en el receptor.

(13) *TERÁN FUERTES: Diseño de un sistema de viotelefonía CDMA200*

CDMA 2000 1xEV-DO transmite múltiples copias de los datos codificados como es dictado por la actual velocidad de paquetes. Si el receptor detecta la recepción válida de una copia de los datos a nivel de capa física, este inmediatamente enviará una respuesta positiva al transmisor. El emisor entonces detendrá transmisor de futuras copias del mismo paquete. El tiempo que habrá usado para enviar el resto de copias, puede ser redistribuido en otro paquete y esto incrementará el throughput del sistema.

La mayoría de las aplicaciones de datos reciben mayores cantidades de datos de la infraestructura de la red inalámbrica que la que es transmitida en la dirección reversa. Por lo tanto, 1xEV-DO proporciona velocidades de datos asimétricas sobre los enlaces Directo y Reverso.

La velocidad de datos pico de 1xEV-DO que se puede tener en un sector es:

Enlace directo: 2,457 Mbps.

Enlace reverso: 153,6 Kbps.

El enlace aéreo (enlace entre MS y la BTS) usa eficientemente los recursos de red proporcionando un alto rendimiento del throughput promedio de datos con solo 1.25 MHz de espectro.

2.2.6.2 Arquitectura de Red

Un modelo de arquitectura de red es presentado en la Figura 2.8.

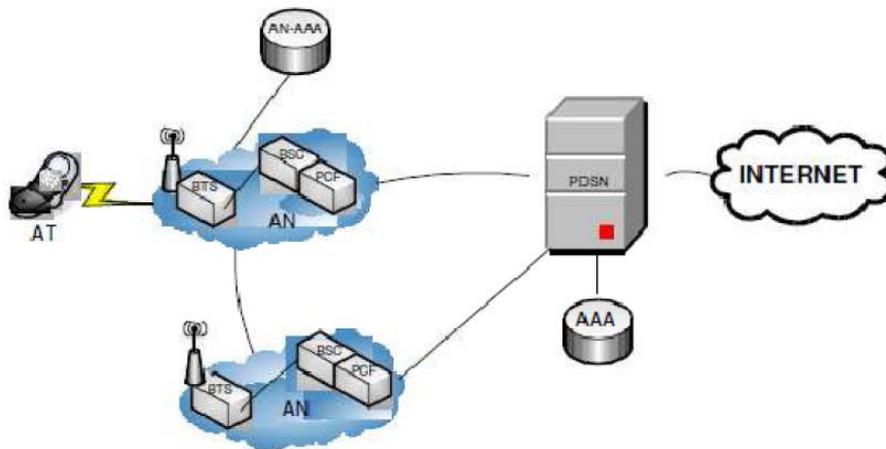


Figura 2.8 Modelo de arquitectura de red

La arquitectura de CDMA 2000 1xEV-DO consiste del dispositivo de usuario, la red de acceso por radio y la red de datos en paquetes (14).

(14) TERÁN FUERTES: Diseño de un sistema de viotelefonía CDMA200

a. El Dispositivo de Usuario

Es el dispositivo inalámbrico móvil referido con el Terminal de Acceso (AT). Un Terminal de Acceso es un dispositivo principalmente para datos ya que 1xEV-DO está diseñado solo para datos, por lo tanto necesita soportar varias aplicaciones de datos según los requerimientos del usuario.

b. La Red de Acceso (AN)

Es la responsable por la interfaz de radio sobre el aire. La mayoría de las implementaciones usarán un controlador de estación base (BSC) con una función de control de paquetes (PCF) y múltiples estaciones base (BTS) para formar la red de acceso. Las AN son típicamente implementadas con una BSC y uno o varias BTS. Las BSCs son responsables de la asignación de recursos de radio y la administración de la movilidad de radio, también proporcionan conectividad entre AN y los elementos de red de datos en paquetes. Ellas también son especialmente responsables por la administración de BTSs en la red de acceso. En una red 1xEV-DO define la función de control de paquetes (PCF) similar a CDMA 2000.

Típicamente las implementaciones pueden combinar el PCF con el BSC.

Las BTSs son responsables por las funciones de recepción y transmisión de las señales de radio, procesamiento digital en banda base tal como codificación y decodificación y modulación y demodulación en RF. El BTS es también responsable por la programación de la información difundida en el sistema, programación de búsqueda del usuario y paquetes de usuario por sobre el área de transmisión.

c. La Red de Paquetes de Datos

Los elementos relacionados a la red de datos en paquetes son el nodo de servicios de datos en paquetes (PDSN) y el servidor AAA. La AN puede ser conectada a un servidor AN-AAA. El AAA es un soporte para Autenticación, Autorización y Contabilidad. AN-AAA sin embargo es solo responsable por la autenticación del acceso de radio, no proporciona autorización o autenticación para servicios de datos en paquetes y no está envuelto en las funciones de recolección de datos de facturación. Este servidor es un elemento opcional en la arquitectura CDMA 2000 1xEV-DO. El sistema CDMA 2000 1xEV-DO no es conectado a redes IS-41 y no contienen nodos MSC y HLR. Por lo tanto el servidor AN-AAA es requerido en las redes CDMA 2000 1xEV-DO si la autenticación de acceso el radio es deseada.

El PDSN es responsable de soportar la administración de direcciones IP, enrutamiento de paquetes entre las redes de datos y las redes inalámbricas, recolección de la información para la facturación y soporte de autenticación para servicios de datos en paquetes.

El servidor AAA es una base de datos responsables por el almacenaje de los perfiles del usuario y soporta las funciones de autenticación, autorización y contabilidad para servicios de datos. Esto es diferente del servidor AN-AAA, el cual solo es responsable por la autenticación de acceso al radio. El servidor AAA es heredado del mundo Internet y es también usado en las redes CDMA 2000 para soporte de datos en paquetes. Adicionalmente el servidor AAA recolecta el consumo de radio y las estadísticas de datos en paquetes para cada sesión de usuario y los almacena como el registro de consumo de datos. El registro del consumo AAA son usados para la facturación.

2.2.7 CDMA 2000 1xEV-DV

CDMA 2000 1xEV-DV (15) es un estándar 3G basado en CDMA para la interfaz de aire. 1xEV-DV es la segunda fase de la evolución del CDMA 2000 y ofrece compatibilidad completa con versiones anteriores de CDMA 2000. 1xEV-DV es también compatible con los estándares de red central ANSI-41. La Figura 2.9 muestra como la interfaz de aire 1xEV-DV es colocada en la arquitectura de red 3G CDMA 2000. Las entidades muy importantes en la arquitectura de la red 3G incluyen la Red de Acceso de Radio y la Red Central.

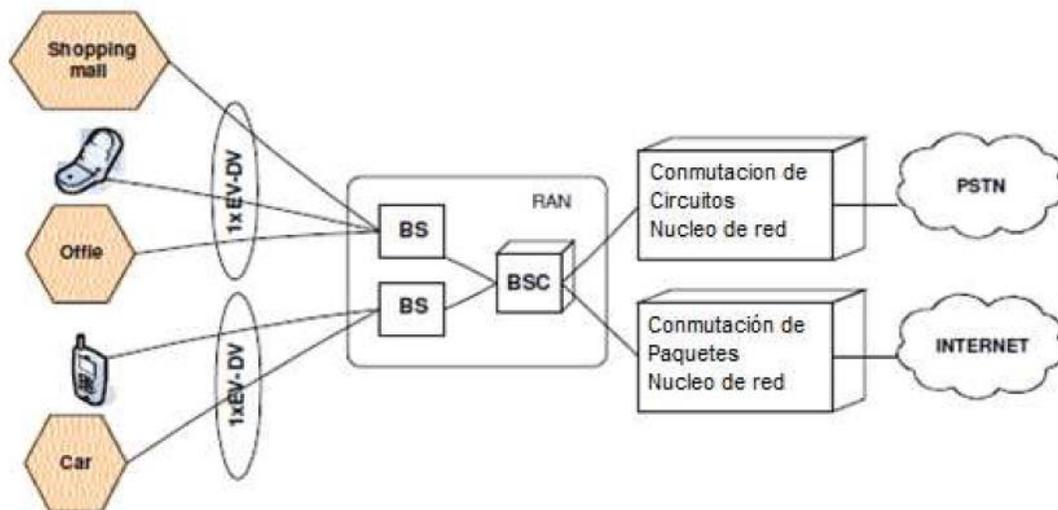


Figura 2.9 1xEV-DV en la arquitectura de red 3G

Los terminales móviles en el RAN se comunican con las estaciones base, la cual forma su punto de contacto para la red. Este enlace de comunicación inalámbrico entre los terminales y la BS constituyen la interfaz aérea también conocida como la interfaz Um.

(15) QUALCOMM. 1xEV

La red central de circuitos conmutados termina en PSTN, mientras que la red central de paquetes conmutados termina en la Internet. El 1x EV-DV no afecta la red central de CDMA 2000.

Requisitos del 1xEV-DV

Los requisitos para 1xEV-DV han sido establecidos en el documento de la 3GPP2 “S.R0026 High-Speed Data Enhancements for cdma 2000 1x – Integrated Data and Voice”. Algunos de los requisitos más importantes para 1xEV-DV y su estado con respecto a la conformidad en el estándar se indican en el anexo A1.

2.2.7.1 Características del Sistema 1xEV-DV

Las siguientes son algunas de las características del sistema 1xEV.DV que son nuevas, con respecto al CDMA 2000.

- Velocidad de Datos Directa Pico: 3,027 Mbps
- Velocidad de Datos Reversa Pico: 451,2 Kbps

Añade 3 nuevos canales para el enlace directo para la operación de datos de paquetes:

- Forward Packet Data Channel (F-PDCH)
- Forward Primary Packet Data Control Channel (F-PDCCHO)
- Forward Secondary Packet Data Control Channel (F-PDCCH1)

Añade 3 nuevos canales para el enlace reverse para la operación de soporte de F-PDCH:

- Reverse Rate Indicator Channel (R-RICH)
- Reverse Channel Quality Indicator Channel (R-CQICH)
- Reverse Acknowledgement Channel (R.ACKCH)

Modulación Adaptiva y Codificación en el enlace Directo en tiempo real para adaptar al ambiente RF (QPSK, 8.PSK, 16-QAM).

- Duración de Trama RF variable (1,25; 2,5 y 5 ms).
- La estación móvil selecciona una de las N estaciones bases activas para servirle en el enlace directo

2.2.7.2 Características Retenidas del CDMA 2000

Las características del CDMA 2000 que son las mismas en el sistema 1xEV-DV incluyen:

- La calidad de voz del CDMA 2000 es retenida en el sistema 1xEV-DV.
- Las estructuras de los canales son conservados en el sistema 1xEV-DV.
- La autenticación es la misma que en el CDMA 2000 1X.
- Reuso completo del protocolo de Capa 2 (LAC).
- Los estados de sesión de datos son los mismos como CDMA 2000 1X.

CAPÍTULO III

ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE CÓDIGO EN LA BANDA 450 MHz, CDMA 450

3.1 ORIGEN

CDMA 450 se refiere a la tecnología CDMA 2000 aplicada en las bandas de frecuencia de 450 MHz. Su origen proviene de las redes móviles analógicas, NMT450 de la primera generación. El sistema de telefonía nórdico NMT es una norma para las redes celulares móviles analógicas que empezó a aplicarse en 1981 en Escandinavia usando la banda 450 MHz, tras lo cual se implementó en otros dos países de Europa Oriental (16).

Con el fin de permitir la migración de sus redes a tecnología digital, estos países seleccionaron dos tecnologías para hacer evolucionar las redes NMT450: GSM400 y CDMA 450. Luego del despliegue de dos redes experimentales GSM400, los fabricantes que habían apoyado este trayecto de evolución renunciaron a él.

Las pruebas continuaron con el sistema CDMA 450 (también conocido como IMT-MC-450 o Clase de Banda 5 de multiportadora CDMA IMT-2000). Así, entre octubre de 2000 y diciembre de 2002, varios operadores NMT en Rusia, Hungría, Rumania, Suecia, Georgia y Belarús, garantizaron el éxito de esta tecnología con sus lanzamientos comerciales.

3.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA TECNOLOGÍA CDMA 450

A continuación se describirán las características técnicas de esta tecnología.

3.2.1 Propagación

Las bandas de frecuencia de 450 MHz poseen una ventaja en cuanto a propagación de la señal, especialmente cuando se le compara con otras tecnologías inalámbricas que operan en frecuencias superiores.

(16) Unión Internacional de Telecomunicaciones, UIT-D 2006, *Directrices para facilitar la transmisión de las actuales redes móviles a las IMT-2000 en los países de desarrollo*, pág. 66.

Analizando las coberturas teóricas de las celdas, se obtiene que las celdas CDMA 450 brinden mayores coberturas cuando se las compara con las celdas en otras bandas de frecuencia, como se muestra a continuación (17):

Frecuencia (MHz)	Radio de Celda (Km)	Área de Celda (Km ²)	Celdas necesarias para cobertura equivalente
450	48.9	7521	1
850	29.4	2712	2.8
1900	13.3	553	13.6
2500	10	312	24.1

Tabla III.I Coberturas teóricas de las celdas

Lo indicado, implica una reducción en la instalación del número de radio bases con el fin de brindar el servicio a una idéntica área en diferentes frecuencias, como se aprecia en la siguiente figura:

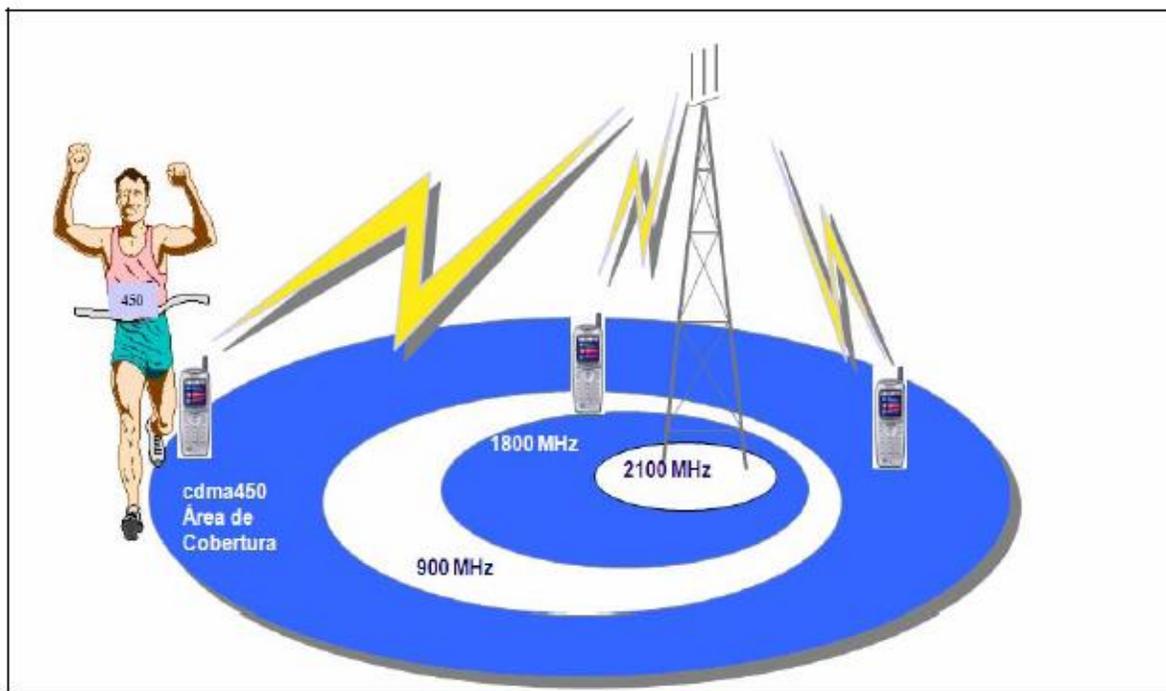


Figura 3.1 CDMA 450 MHz, su principal ventaja la propagación

(17) www.450world.org

La figura 3.1 evidencia que la utilización de esta banda beneficia a los operadores, puesto que pueden cubrir vastas áreas geográficas con ventajas en términos de costos de infraestructura, operativos y otros costos asociados. Aquello debido a la gran propagación de la señal en esta banda, con lo que es necesario un menor número de radio bases para brindar el servicio a una misma zona geográfica.

Es importante recalcar que en la banda de 450 MHz es posible ofrecer telefonía básica al igual que otros servicios avanzados móviles. Por ejemplo, una red CDMA 450 desplegada para ofrecer servicio universal en una comunidad rural puede ofrecer al mismo tiempo, servicios como acceso a Internet de banda ancha tanto para hogares, escuelas, hospitales, clínicas móviles; vehiculares y otras zonas públicas donde las redes alámbricas tradicionales no pueden acceder, dados los costos de infraestructura que lo indicado implicaría.

3.2.2 Control de potencia

Como se señaló, con el acceso múltiple por división de código CDMA se expande la señal, consiguiendo una ocupación de todo el volumen de los recursos para todos los usuarios a los que se brinda comunicación.

Debido a 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.

La situación descrita, implica un control de la lejanía y proximidad de los terminales, de forma tal 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 ventajas adicionales, como el ahorro de energía de los 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.

3.2.3 Receptor tipo rastrillo

El receptor rastrillo o “rake receiver” por sus siglas en inglés, utiliza distintos receptores, cada uno retardado en tiempo respecto del otro, con el fin de lograr sintonizar las diferentes componentes de la señal original que llegan rebotando por distintos caminos. El receptor posee varios dedos captadores, cada uno de ellos recibe la señal de manera independiente y luego los resultados son combinados para obtener una resultante de mayor amplitud.

Cada uno de los dedos receptores, recoge parte de la energía de transmisión.

La siguiente figura muestra el esquema técnico de un receptor tipo rastrillo.

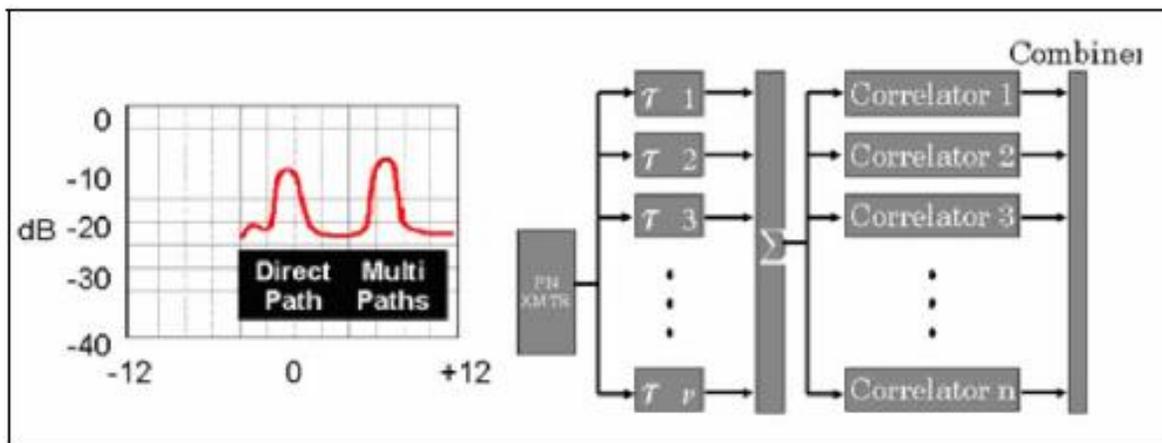


Figura 3.2 Esquema de un receptor tipo Rastrillo (18)

3.2.4 Otras características

Dado que la tecnología de acceso múltiple por división de códigos CDMA, utiliza la misma frecuencia de operación puesto que se manejan códigos individuales con el fin de reconocer a los distintos usuarios, no se producen interrupciones de comunicación para usuarios móviles que transitan entre celdas, ya que no existe un cambio de frecuencia que provoque caída de llamadas, aquello se denomina *softhandoff*.

(18) Fornaresio Guillermo, Curso CDMA450 Módulo I, pág. 18

Finalmente otra característica importante de esta tecnología, es el patrón de reuso de frecuencia. El uso de códigos para distinguir a los usuarios, permite que en tanto el código por usuario no se repita, no exista interferencia en el canal, permitiendo que todo el espectro se utilice para brindar el servicio.

3.3. COBERTURA

Las celdas de CDMA 450 pueden tener un radio teórico que va desde los 40 a los 60 Km, o incluso 80 Km dependiendo de la zona geográfica. Así estas celdas proveen mayores coberturas cuando se las compara con las celdas en otras bandas de frecuencia superiores, como lo indica la Tabla III.II.

FRECUENCIA (MHz)	RADIO DE CELDA (Km.)	ÁREA DE CELDA (Km ²)	CELDA NECESARIAS PARA COBERTURA EQUIVALENTE
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

Tabla III.II Coberturas técnicas de celdas

Con una mayor propagación, CDMA 450 utiliza menor número de BTS para cubrir su zona de cobertura, la Figura 3.3 indica la cantidad de BTSs requeridas para cubrir la misma área en diferentes frecuencias.

Esta característica hace que los requerimientos de transmisión sean reducidos y se utilicen menos equipos de infraestructuras, teniendo como resultado un mayor ingreso posible con un mínimo requerimiento de inversión (19).

(19) CARLOS KILLIAN, CDMA 450

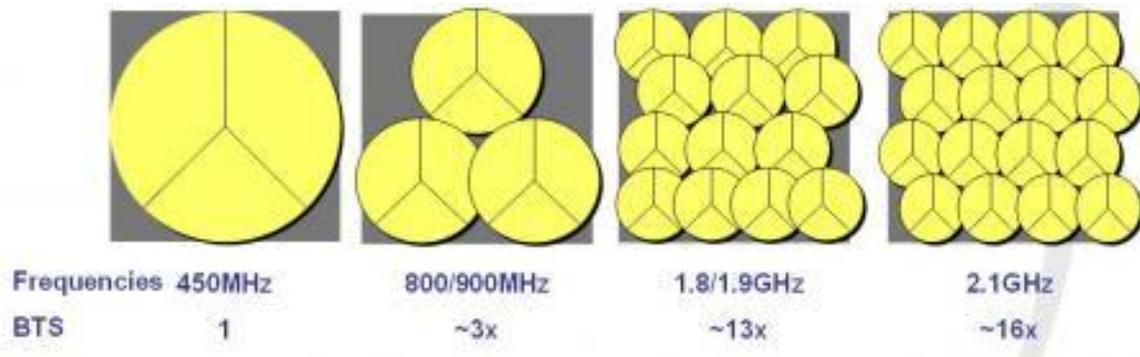


Figura 3.3 Cantidad de BTSs requeridas para cubrir la misma área en diferentes frecuencias

Actualmente el sistema CDMA 450 representa la tecnología con mayor eficacia en términos de costos para brindar acceso inalámbrico a voz y datos, especialmente en un entorno rural.

Este costo competitivo de su infraestructura reviste particular importancia en un momento como el actual, en que se ve reducida la disponibilidad global de capital para inversiones en telecomunicaciones y en Internet/transmisión inalámbrica de datos.

La disponibilidad de la banda de 450 MHz asegurará a inversionistas y operadores, la posibilidad de atraer el capital de inversión necesario para una instalación de redes de amplia base.

3.4 CDMA 450 Y EL ESPECTRO DE FRECUENCIA

La Comisión Internacional de Telecomunicaciones (CITEL) y la Organización de los Estados Americanos (OEA) en la Recomendación CCP.II/REC.10 (V-05) de Abril de 2005 exhortan el uso de las bandas 410-340 MHz y 450-470 MHz para América Latina.

Bandas de frecuencia de Operación del CDMA 450 (20).

Los requerimientos espectrales para IS-2000 1x en la banda de 450 MHz son:

- Requerimiento claro mínimo de 1,8 MHz por una portadora.
- La 2da y 3ra portadora requiere cada una adicionalmente 1,25 MHz.
 3,05 MHz para dos portadoras
 4,3 MHz para tres portadoras

(20) CARLOS KILLIAN, CDMA 450

- Flexibilidad importante en la portadora colocada dentro de la banda asignada.
- Las portadoras de frecuencias pueden ser elegidas para evitar emisiones de interferencias conocidas.
- El espaciamiento de portadora puede ser modificado en algo, con un mínimo impacto sobre el rendimiento de la banda clase 5/ sub-banda clase A.

La Figura 3.4 muestra la distribución, las portadoras tanto en el enlace directo como en el enlace reverso con sus respectivas bandas de guarda en la sub-banda clase A.

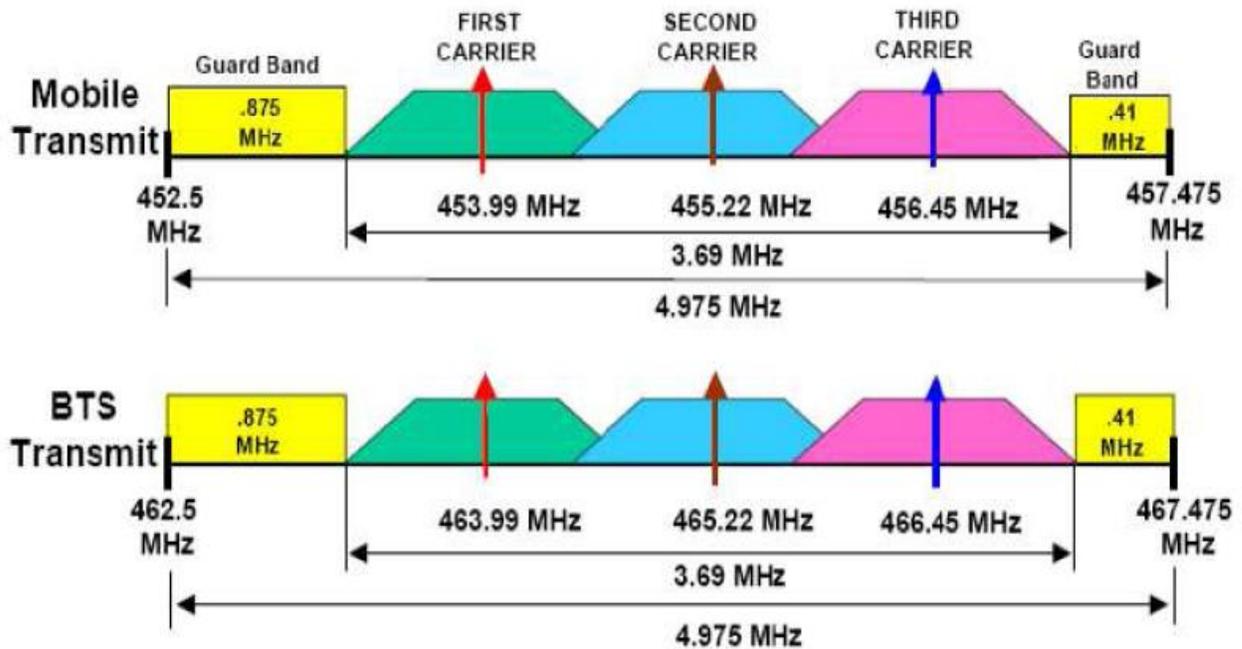


Figura 3.4 CDMA 2000 1x en la banda de 450 MHz (Sub-banda clase A)

3.4.1 Sub-bandas para CDMA 450

El Grupo de Desarrollo de CDMA (CDG) y la Asociación Internacional 450 (IA450) han definido 8 sub-bandas para el funcionamiento y operación de esta tecnología. Ver Tablas II, III, IV, V.

Sub – Clases de Bandas	Frecuencias de Estación Móvil (MHz)	Frecuencias de Estación Base (MHz)
A (Sub – Clase Preferida)	452.5 – 457.475	462.5 – 467.475
B	452 – 456.475	462 – 466.475
C	450 – 454.8	460 – 464.8
D	411.675 – 415.850	421.675 – 425.850
E	415.5 – 419.975	425.5 – 429.975
F	479 – 483.48	489 – 493.48
G	455.23 – 459.99	465.230 – 469.99
H	451.310 – 455.730	461.31 – 465.73

Tabla III.III Sub-bandas para 450 MHz

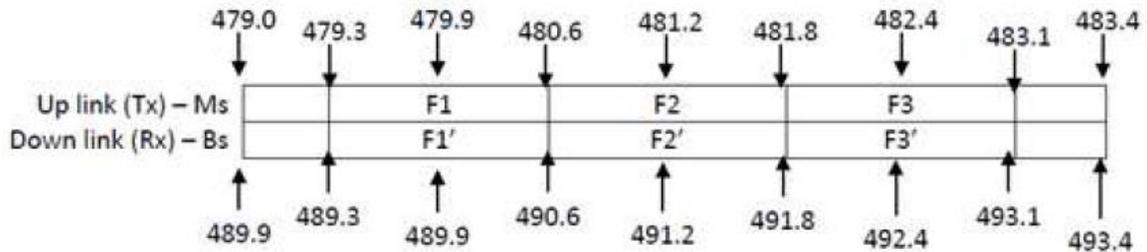


Tabla III.IV Distribución espectral de la banda F en 450 MHz

Canal	Transmisión desde el Terminal (MHz)	Transmisión desde la Estación Base (MHz)	Ancho de Banda (MHz)
Banda de Guarda	479,000 – 479,365	489,000 – 489,365	0,365
F1 – F1'	479,365 – 480,615	489,365 – 490,615	1,25
F2 – F2'	480,615 – 481,865	490,615 – 491,865	1,25
F3 – F3'	481,865 – 483,115	491,865 – 493,115	1,25
Banda de Guarda	483,115 – 483,480	493,115 – 493,480	0,365

Tabla III.V Distribución de la banda F

Flexibilidad importante en la portadora colocada dentro de la banda asignada. FA's (las portadoras de frecuencia disponibles) son espaciadas sobre un barrido de 20 o 25 KHz, dependiendo de la banda IS-2000 clase 5 y su clase de sub-banda.

Las portadoras de frecuencias pueden ser elegidas para evitar emisiones de interferencias conocidas.

El espaciamiento de portadora puede ser modificado en algo, con un mínimo impacto sobre el rendimiento de la banda clase 5/ sub-banda clase A.

3.4.2. Fases de despliegue de una red IMT-MC.450

Estudios efectuados muestran que una migración continua de la tecnología digital en la banda 450 MHz se puede realizar en varias etapas. En la mayoría de los casos, los operadores NMT450 disponen de una anchura de banda limitada ($2 \times 4,5$ MHz en promedio), lo que les permite utilizar 3 portadoras IMT-MC-450 (cada una de 1,25 MHz). En distintos momentos y diferentes partes de la red se puede plantear la necesidad de pasar de una fase a otra. Por otra parte, la demanda de tráfico puede variar en gran medida en todo el territorio cubierto.

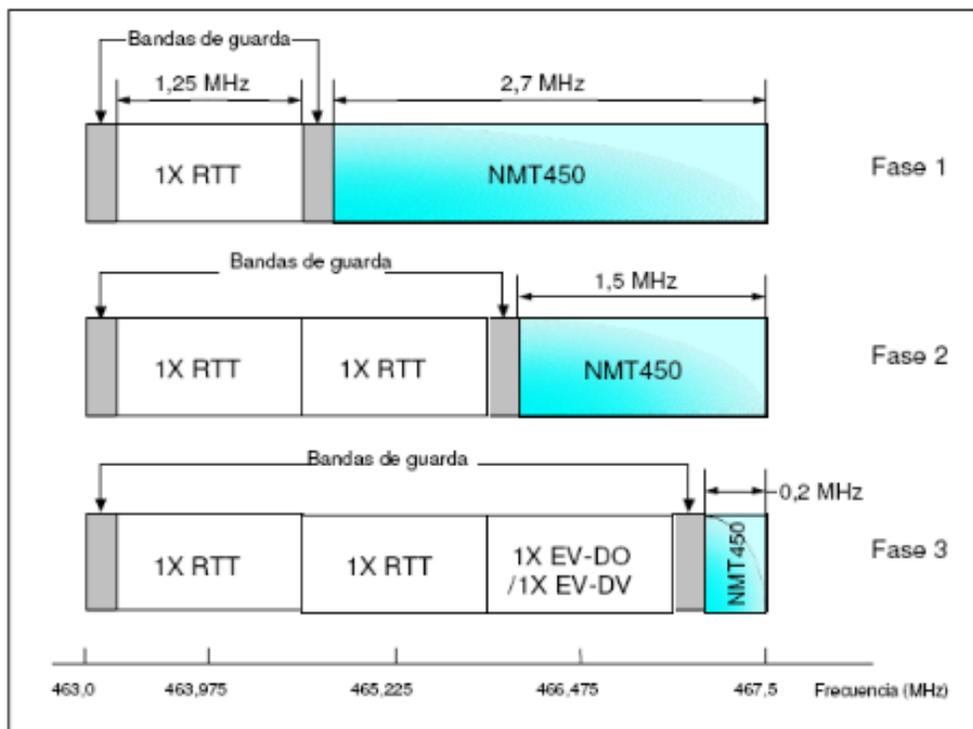


Figura 3.5 Utilización del espectro (banda BS Tx) en una evolución de la red en 3 etapas

3.5 TIPOS DE REDES CDMA 450

El desarrollo tecnológico ha hecho que dependiendo de la capacidad de transmisión de datos que permiten las redes CDMA se clasifiquen en: CDMA 2000 1X, CDMA 2000 1x EV-DO Rel.0 y CDMA 2000 1x EVDO Rev. A. Todos los tipos de redes indicados utilizan una portadora de 1,25 MHz como ancho de banda de canal.

A continuación, se resumen las capacidades de transmisión teóricas que permiten los tipos de redes indicados, tanto en el sentido estación base-abonado denominado down link DL por sus siglas en inglés, como en el sentido abonado-estación base denominado up link UL.

Capacidad	CDMA2000 1X (Portadora 1.25 MHz)	CDMA2000 1xEVDO Rel. 0 (Portadora 1.25 MHz)	CDMA2000 1xEVDO Rev. A (Portadora 1.25 MHz)
Máximo	153 kbps (DL) 153 kbps (UL)	2.4 Mbps (DL) 153 kbps (UL)	3.1 Mbps (DL) 1.8 kbps (UL)
Promedio usuario	60 – 100 kbps	300 - 700 kbps (DL) 70 -90 kbps (UL)	600-1400kbps(DL) 500 -800 kbps (UL)

Tabla III.VI Capacidades de transmisión teórica - redes CDMA 450

Al respecto, se debe indicar que lo que el usuario desea es descargar la información que brinda una determinada red, por ello que las velocidades de transmisión en el sentido estación base-abonado DL, son superiores a las del sentido contrario.

3.6 VENTAJAS DE CDMA 450

Existen muchas razones para el uso de la tecnología CDMA 450, que además de su frecuencia de trabajo posee ventajas competitivas principalmente en economías emergentes de zonas rurales.

La combinación del CDMA 2000 y la banda de 450 MHz proporcionan las siguientes ventajas:

- CDMA 450 con su eficiencia espectral CDMA 2000 entrega una cobertura ampliada gracias a su banda de frecuencia más baja.
- CDMA 450 provee un tamaño de celda más grande, comparado con los tamaños de celdas en otras bandas, lo que permite menores costos de infraestructura y de operación.
- CDMA 450 ofrece servicio de IMT-2000: la voz de buena calidad.
- CDMA 2000 1X tiene en cuenta la capacidad de voz de hasta 20 Erlangs por sector/portadora.
- CDMA 2000 1X soporta los datos de velocidad de hasta 253 Kbps.
- CDMA 450 requiere solamente una pequeña cantidad de espectro (1,25 MHz).
- Bajo costo total del sistema (equipos en red, instalación y equipos para el usuario final) en comparación con otras soluciones de acceso a transmisión de datos.

- Bajo costo inicial en inversión de capital, lo que brinda la posibilidad de ajustar dicha inversión en forma simultánea al crecimiento del número de abonados. Esto se debe al rendimiento muy favorable de la propagación de las ondas radioeléctricas en este nivel de frecuencias, lo que requiere un número muy pequeño de estaciones base para cubrir una zona determinada, especialmente si se lo compara con otros sistemas ubicados en frecuencias más altas.
- Se adapta en forma ideal a la cobertura rural de base amplia y baja densidad, debido a su propagación de largo alcance (normalmente, hasta 80 Kilómetros).
- Excelente capacidad para brindar cobertura dentro de edificios y en zonas urbanas, debido a su buena “penetración interior”, así como a sus adecuadas características de propagación “con visibilidad directa”.
- Normalización internacional y madurez de esta tecnología, basadas en varios años de instalación sobre el terreno, lo que asegura su continua evolución así como la reducción de sus costos mediante economías de escala.
- Permite el re-uso de infraestructura existente ya que es totalmente compatible con las versiones del CDMA 2000.

3.7 SERVICIOS

CDMA 450 utiliza tecnologías CDMA 2000 1X y 1x EV-DO por lo que provee servicios como (21):

- CDMA 20001X:
 - Alta capacidad de voz: 26 a 29 Erlangs/sector/1,25 MHz (equivalente de 35 a 38 canales telefónicos/sector/1,25 MHz).
 - Velocidades de transmisión de datos hasta 153 Kbps.
- CDMA 2000 1xEV-DO:
 - Muy altas velocidades de transmisión de datos: 2,4 Mbps (Release 0) y 3,1 Mbps (Release A)

Con estos servicios, CDMA 450 es ideal para:

- Nuevos entrantes urbanos
- Telefonía rural
- Conectividad para acceso a Internet

(21) MARÍA CAMPOVERDE, Tesis, Escuela Politécnica Nacional

- Servicios de emergencia
- Servicios fijos y móviles – WLL de baja movilidad
- Facilitar la conectividad e inclusión social:
 - Servicio Universal
 - Telefonía
 - Internet
 - Sociedad de la información

3.8 EQUIPAMIENTO CDMA 450

Las redes CDMA 450 pueden ser rápidamente desplegadas debido a la disponibilidad de equipamiento y la cantidad de operadores fabricando infraestructura CDMA 450.

CDMA 450 está aprovechando las economías de escala y el desarrollo de sistemas CDMA 2000, los cuales han sido desplegados por más de 100 operadores en 50 países a nivel del mundo y provee servicios a más de 127 millones de usuarios (22).

a. Infraestructura

Los proveedores de infraestructura CDMA 450 incluyen a:

- Ericsson
- Huawei
- Hyundai Syscomm
- Lucent Networks
- ZTE

b. Terminales

Actualmente hay 14 proveedores de micro-teléfonos de CDMA 450 (planeados y en existencia) que fabrican una larga selección de terminales:

- AnyDATA
- Axesstel
- Compal

(22) *MARÍA CAMPOVERDE, Tesis, Escuela Politécnica Nacional*

- Giga Telecom
- GTRAN
- Huawei
- Hyundai Syscomm (Curitel)
- Topex
- Synertek
- Ubiquam
- ZTE
- Wide Telecom
- Flextronics
- R-Way

c. Tecnología

Los sistemas CDMA 450 continúan creciendo, y actualmente se cuenta con 180 equipos terminales comercialmente disponibles en el mundo: 85 CDMA 2000 1X, 15 EV-DO Rel.0 y 8 EV-DO Rev. A; así mismo, hay dispositivos multimodo para redes CDMA 450/GSM 900, al tiempo que dispositivos CDMA 450/CDMA 800 están siendo desarrollados, en este sentido, existen varios fabricantes de infraestructura que están teniendo un rol activo en la promoción de esta tecnología, entre las cuales se encuentran: Alcatel-Lucent, Huawei, Nortel, UTStarcom, ZTE, entre otros.

3.9 CAPACIDAD DE USUARIOS DE UNA RED CDMA 450

Considerando la posibilidad de levantar dos portadoras de la sub-banda de CDMA 450. La Tabla que se muestra a continuación resume el cálculo de la capacidad de usuarios por radio-base.

Parámetros	CDMA 450
Erlangs por sector por portadora	26.4
Total de Erlangs por sector (2 portadoras)	52.8
Total de Erlangs por sitio (3 sectores)	158.4
Tráfico por abonado	40 mE
Abonados por radiobase	3960

Tabla III.VII Capacidad de una Red CDMA 450 MHz

3.10 USO DE LA TECNOLOGÍA CDMA 450 A NIVEL MUNDIAL

Acceso múltiple por división de código en la banda 450 MHz, CDMA 450 es una solución tecnológica CDMA 2000 en la banda 450-470 Mhz, que se presenta a nivel mundial como una solución accesible para los Servicios de Telecomunicaciones Rurales, líder industrial en capacidad de voz, cobertura extendida y conectividad de banda ancha.

El CDG, Grupo de Desarrollo CDMA, es una asociación comercial formada para contribuir con la implementación y uso a nivel mundial de las tecnologías CDMA. En la mayoría de las 130 compañías miembros de CDG, se incluyen a muchos más grandes proveedores de servicios y fabricantes de equipos inalámbricos en el mundo.

Las principales actividades del CDG incluyen el desarrollo de las características y servicios CDMA, relaciones públicas, educativos y seminarios, temas de regulación del servicio y apoyo internacional.

A nivel mundial hay 103 operadores en 60 países que han implementado o están planeando implementar servicios CDMA 450; 67 operadores en 36 países que ya ofrecen servicios comerciales a más de 12 millones de personas; y 36 redes se encuentran bajo evaluación o implementación en otros 24 países (14).

El artículo publicado en www.teleseman.com, el 20 de agosto de 2008, bajo el título “Fortaleciendo CDMA 450”, Celedonio Von Wuthenau, Director de Latin America Programs CDMA Development Group (CDG), señala:

“Tanto la Asociación Internacional 450 (IA450 por sus siglas en inglés), como el CDMA Development Group (CDG) han trabajado diligentemente para promover el uso de CDMA 2000 en la banda 450 MHz alrededor del mundo, apoyando la adopción de estándares industriales, la amplia disponibilidad de dispositivos y la armonización de espectro para avanzar en los despliegues de CDMA 450. La aprobación del uso de la banda de 450-470 MHz para servicios de 3G IMT-2000, por parte de la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones 2007 de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), fue uno de los hitos más importantes en este proceso. Ahora, el foco está puesto en acelerar la adopción de CDMA 450 para servicios accesibles de telefonía y banda ancha, tanto en mercados emergentes como en países desarrollados.”

“En este contexto, América Latina ciertamente no es la excepción, ya que hay 6 países donde se prestan servicios utilizando CDMA 450: Argentina, Ecuador, México, Perú, Surinam y Venezuela. Todas estas implementaciones comerciales son para servicios fijos inalámbricos (WLL), no obstante lo cual algunos de ellos ofrecen también movilidad restringida.”

(14)http://www.cdg.org/techology/3g/resourse/CDMA450%20Market%20Facts_Spanish.pdf

3.10.1 Servicios de Telecomunicaciones con CDMA 450

La tecnología de acceso múltiple por división de códigos en la banda 450 MHz; CDMA 450, posibilita una gran diversidad de servicios de tercera generación 3G, como telefonía, voz sobre protocolo internet, VoIP, acceso a internet, servicios del tipo presione y hable, PTT, servicios de localización, mensajería y televisión.

Dichos servicios brindan las facilidades necesarias a fin de conseguir progresos en diferentes ámbitos como: Tele-medicina, Tele-educación, Seguridad pública, Productividad empresarial y otros servicios de valor agregado.

Las características expuestas, hacen que esta tecnología sea de difícil elección para satisfacer necesidades de comunicación en mercados emergentes de los países en vías de desarrollo.

3.11 SITUACIÓN ACTUAL EN EL ECUADOR

En el Ecuador la compañía ETAPA usa la tecnología CDMA 450 para entregar telefonía fija rural en diferentes provincias del Ecuador.

a. REGULACIÓN:

La resolución 005-02-CONATEL 2008 y Resolución 331-C-CONATEL 2008 establecen la liberalización de los rangos de frecuencia 454,400-457,475 MHz y 464,400-467.475 MHz para servicio fijo e zonas de baja densidad.

b. ETAPA (Cuenca)

Utiliza la banda F, cubre 16 áreas rurales, tiene 8000 usuarios de un objetivo de 12000 y está ofreciendo datos 1x a más de 100 escuelas rurales. Está solicitando espectro de banda A para ofrecer datos de banda ancha en la ciudad.

c. CNT (Corporación Nacional de Telecomunicaciones)

Comenzará a ofrecer servicios de telefonía en Azuay, Loja, Morona Santiago, Zamora Chinchipe, Carchi, Pichincha y Tungurahua, Chimborazo, Cotopaxi, Pastaza.

d. Situación actual en Chimborazo

En los últimos 5 años de administración se pasó, en la provincia de Chimborazo, de 4.300 abonados a 59.100 abonados de telefonía fija y de 444 a 15.000 abonados de internet fijo. En el 2011 se incorporaron más de 2.500 abonados en telefonía móvil y 800 en Internet móvil.

Además, se llegó con telefonía fija a los diez cantones de la provincia con la tecnología CDMA 450, beneficiando a 8.000 familias.

El CONATEL ha continuado preocupándose por promover los Servicios de Telecomunicaciones, sobre todo en áreas rurales por lo que se aprobó la posibilidad de brindar lo que se denominó Servicios de Telecomunicaciones con cobertura en Áreas Rurales y se pensó en la banda de 450 MHz.

En el Ecuador se analizó la factibilidad de concesionar este servicio tomando en cuenta sobre todo la ocupación de bandas en el área solicitada, se concluyó que para el caso particular tratado la banda A (452,500-457,475 y 462,500-467,475 MHz) era la menos congestionada y que existen fabricantes con una alta disponibilidad de equipos, por lo que se optó por esta asignación (RESOLUCIÓN 245-11-CONATEL-2009). Ver Anexo.

3.11.1 Marco Regulatorio de la Banda de los 450 Mhz en el Ecuador.

En el Ecuador, el sector de las Telecomunicaciones se encuentra administrado por el Consejo Nacional de Telecomunicaciones CONATEL, apoyado por un ente ejecutor encargado de la regulación y administración del espectro electromagnético denominado Secretaria Nacional de Telecomunicaciones SENATEL y para las funciones de control y monitoreo la Superintendencia de Telecomunicaciones SUPERTEL.

En el Plan Nacional de Frecuencias la banda de los 450 MHz, comprendida en el rango de 479.000-483.480 MHz para downlink y 489.000-492.975 MHz para uplink, se encuentra atribuida a los servicios FIJO y MÓVIL, operan servicios de telecomunicaciones con cobertura en áreas rurales, compartido en sistemas convencionales, sistemas comunales y sistemas buscapersonas unidireccional.

Para hacer uso de esta banda de frecuencia se requiere de una concesión otorgada por el Estado, a través, de la Secretaria Nacional de Telecomunicaciones.

3.12 BANDAS 450 EN EL ECUADOR

En el Plan Nacional de Frecuencia ecuatoriano, emitido mediante Resolución 165-04-CONATEL-2008 de 6 de marzo de 2008 (23), establece las atribuciones de la banda 450 MHz, las cuales se muestran a continuación.

(23) *Suplemento del Registro Oficial N° 336 de 14 de Mayo de 2008*

REGIÓN 2	ECUADOR	NOTAS EN EL PLAN ECUATORIANO
450 - 455 FIJO MÓVIL ADD 5.XXX 5.209 5.286 5.286A 5.286B 5.286C 5.286D	450 - 455 FIJO MÓVIL ADD 5.XXX	EQA.55 EQA.60
455 - 456 FIJO MÓVIL ADD 5.XXX MÓVIL POR SATÉLITE (Tierra-espacio) 5.286A 5.286B 5.286C 5.209	455 - 456 FIJO MÓVIL ADD 5.XXX 5.286B 5.286C	EQA.55 EQA.60
456 - 459 FIJO MÓVIL ADD 5.XXX 5.287 5.288	456 - 459 FIJO MÓVIL ADD 5.XXX	EQA.55 EQA.60
459 - 460 FIJO MÓVIL ADD 5.XXX MÓVIL POR SATÉLITE (Tierra-espacio) 5.286A 5.286B 5.286C 5.209	459 - 460 FIJO MÓVIL ADD 5.XXX 5.286B 5.286C	EQA.55
460 - 470 FIJO MÓVIL ADD 5.XXX Meteorología por satélite (espacio-Tierra) MOD 5.287 5.288 5.289	460 - 470 FIJO MÓVIL ADD 5.XXX 5.289	EQA.55 EQA.60 EQA.140
470 - 512 RADIODIFUSIÓN Fijo Móvil 5.292 MOD 5.293	470 - 512 FIJO MÓVIL MOD 5.293	EQA.55 EQA.60 EQA.140

Tabla III. VIII: Cuadro de Atribuciones de la Banda 450 MHz (24)

3.13 ANÁLISIS DE LA BANDA 450 MHz EN EL ECUADOR

En concordancia con las notas EQA correspondientes, la banda 450 – 512 MHz está atribuida en forma general para la operación de sistemas FIJO y MÓVIL, y en forma particular las bandas de 470 – 472 MHz y 482 – 487 MHz, están asignadas para la operación de Sistemas Buscapersonas compartiendo con sistemas simplex.

Adicionalmente, en esta banda se encuentran atribuidos segmentos de bandas de frecuencias para seguridad pública conforme se hizo costar en el Plan Militar de Frecuencias (25).

(24) Plan Nacional de Frecuencias, Elaborado por Diego Uribe 03-2009

(25) Base de datos SIGUER. Dirección General de Radiocomunicaciones de la Superintendencia de Telecomunicaciones.

3.13.1 Ocupación

La siguiente figura detalla el número de asignaciones por provincia que se encuentran registradas en las bases de datos de la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones SENATEL, de un total de 4936 que se tiene en toda la banda, concentrándose la mayor ocupación en las provincias de Guayas, Pichincha, Los Rios, Azuay, El Oro y Manabí.

En el gráfico se incluyen los usuarios que cuentan con contrato de concesión, solicitudes que se encuentran en trámite de aprobación y frecuencias de uso reservado (26).

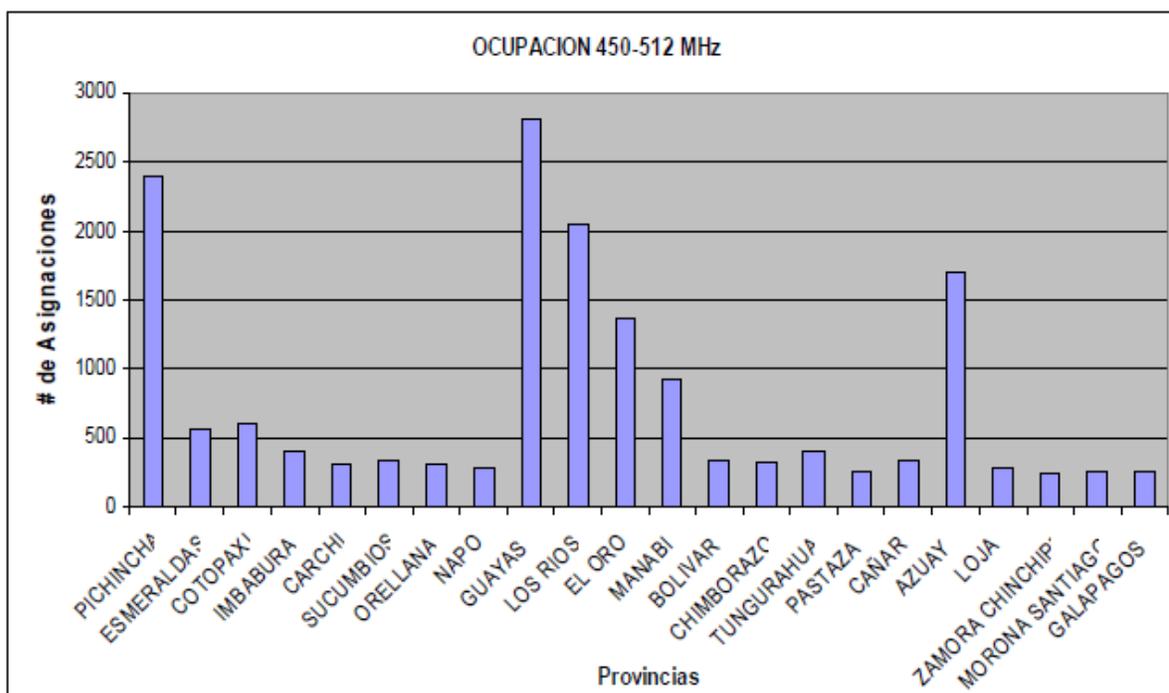


Figura 3.6 Ocupación de las Bandas 450 – 512 MHz

Se debe señalar que debido a los elevados niveles de propagación que permiten estas bandas de frecuencias, se tienen coberturas que comprenden más de una provincia y la mayor parte de las estaciones repetidoras que se han autorizado, están ubicados en los sitios que se detallan a continuación:

(26) Dirección General del Espectro Radioeléctrico, DGGER, de la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, SENATEL. Informe Situación de la Banda 450-512 MHz.

Sitios de Repetición	No de Asignaciones
AZUL	374
PICHINCHA	353
PUENGASI	125
ATACAZO	94
GUIRILLO	89
PAREDONES	69
ILUMBISI	63
PADREURCO	56
HIERBABUENA	47
CHILLA	43
COCHABAMBA	43
PUCARA	41
HOJAS	40
REPEN	31
FORESTAL	29
ILAMBULO	29
HITO CRUZ	26
LOURDES	21
MIRADOR	20

Tabla III.IX Sitios de Repetición de las Bandas 450 – 512 MHz (27)

3.13.2 Ocupación de la sub-banda A de CDMA 450

Los antecedentes indicados, evidenciaron la dificultad de implementar la tecnología de acceso múltiple por división de código en la banda 450 MHz; CDMA 450, en el Ecuador. Por ello la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, SENATEL, analizó las alternativas que permiten viabilizar su uso.

En nuestro país, las sub-bandas CDMA 450 tiene poco espectro disponible, ya sea debido a que se cuenta con muchos concesionarios en operación, así como por la asignación de espectro para las Fuerzas Armadas, de acuerdo al Plan Militar.

Sin embargo, después del análisis respectivo se determinó que la sub-banda A detallada a continuación, permite implementar en el país la tecnología CDMA 450.

(27) Dirección General del Espectro Radioeléctrico, DGGER, de la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, SENATEL. Informe Situación de la Banda 450-512 MHz.

SUB-BANDA	Bandas de frecuencia de transmisión (MHz)	
	Estación móvil	Estación base
A	452.500 - 457.475	462.500 - 467.475

Tabla III.X Características técnicas de la sub-banda A

La siguiente figura muestra el número de concesiones otorgadas en el Ecuador, para operar en la Sub-banda A CDMA 450.

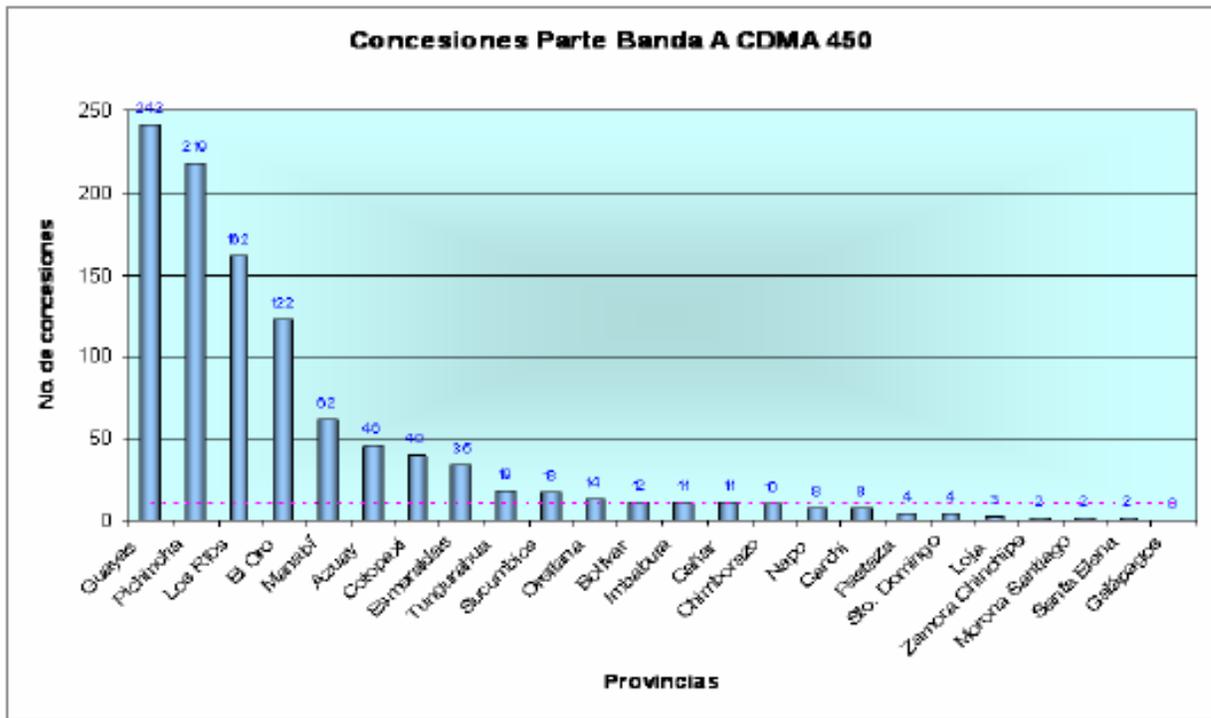


Figura 3.7 Ocupación de la Sub-banda A CDMA 450 en el Ecuador (28)

Se puede observar que la mayor ocupación se encuentra en las provincias de Guayas y Pichincha, además de aquellas que se hallan vinculadas a las dos anteriores, en especial de la Costa.

Con estos antecedentes, el Consejo Nacional de Telecomunicaciones, considerando que es función del Estado incentivar el desarrollo del país, facilitando el acceso a los distintos servicios de telecomunicaciones y el ejercicio de sus atribuciones legales, emitió la Resolución 005-02-CONATEL-2008 del 7 de febrero de 2008.

(28) Dirección General del Espectro Radioeléctrico, SENATEL

Mediante esta Resolución se resolvió realizar las acciones necesarias para la liberación de una parte de la sub-banda A de CDMA 450, comprendida en los rangos de frecuencias: 454,400 - 457,475 y 464,400 - 467,475 MHz, para las provincias en las cuales se tenga un número menor o igual a diez concesiones de frecuencias, con la finalidad de permitir la implementación de sistemas orientados a brindar servicios de telecomunicaciones fijos inalámbricos para las áreas rurales.

De esta manera, las diez provincias que formaban parte de dicha liberación de frecuencias eran: Chimborazo, Napo, Carchi, Pastaza, Loja, Zamora Chinchipe, Morona Santiago y Galápagos.

Sin embargo luego del análisis respectivo, la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones remitió al Consejo Nacional de Telecomunicaciones (29) un informe técnico y jurídico en cuanto al uso de la sub-banda A de CDMA 450, para proyectos de interés social.

En dicho informe se solicitó que el Consejo Nacional de Telecomunicaciones analice la posibilidad de liberar los rangos de frecuencias indicados en la Resolución 005-02-CONATEL-2008, a nivel nacional, siempre y cuando exista posibilidad de reasignación de frecuencias. De esta forma, mediante Resolución 331-C-CONATEL-2008 de 23 de junio de 2008, dicho Consejo resolvió en su artículo único:

Realizar las acciones necesarias para la liberación de una parte de la sub-banda A de CDMA 450, comprendida en los rangos 454,400 – 457,475 MHz y 464,400-467,475 MHz, en las provincias en las cuales se tenga un número menor o igual a diez concesiones de frecuencias en dichos rangos.

En aquellas provincias en las cuales se tenga un número mayor a diez concesiones, la SENATEL deberá verificar la disponibilidad de espectro para la reasignación de los concesionarios salientes y, además. El compromiso del operador entrante de indemnizar a dichos concesionarios.

Todo esto con la finalidad de permitir la implementación de sistemas orientados a brindar servicios de telecomunicaciones fijos inalámbricos en áreas rurales.

La Resolución indicada se la adoptó con el fin de permitir la implementación de sistemas orientados a brindar servicios de telecomunicaciones fijos inalámbricos en áreas rurales, viabilizando de esta manera el uso de la tecnología CDMA 450 en el Ecuador.

(29) Oficio SNT-2008-0662 del 13 de Junio de 2008

CAPÍTULO IV

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE LA AMPLIACIÓN DEL SISTEMA CDMA450 EN LA BTS DE LA MIRA

4.1. ANTECEDENTES

Para empezar el estudio en la zona a intervenir, se descubrirá brevemente la situación demográfica del Cantón Guano hasta llegar al sector de estudio.

Guano es un cantón de la provincia de Chimborazo. Su rango de altura va desde los 2.000 hasta los 6.310 metros sobre el nivel del mar, en el nevado Chimborazo. La cabecera cantonal está situada a 10 minutos de Riobamba.

Es un importante centro artesanal de tejidos de lana. Su especialidad es la elaboración de alfombras. Se encuentra al norte de la provincia, por lo que limita con Tungurahua al Norte, al Sur y al Oeste limita con el Cantón Riobamba y una pequeña parte de la provincia de Bolívar, y el Este con el río Chambo.

Datos demográficos (30):

- Población total: 42.851
- Población urbana: 7.758
- Población indígena (%): 38

En el cantón los servicios básicos alcanzan la siguiente cobertura:

- Agua entubada por red pública dentro de la vivienda: 0,27 %
- Energía Eléctrica: 56,75%
- Servicio telefónico: 13,93%
- Servicio de recolección de basura: 15,2% de las viviendas

En general el déficit de servicios básicos es de 82,84%.

(30) *es.wikipedia.org/wiki/Cantón_Guano*

4.2. GUANO Y SUS PARROQUIAS RURALES

El cantón Guano está formado por dos parroquias urbanas: La Matriz y el Rosario. Y por nueve parroquias rurales: Guanando, Ilapo, La Providencia, San Andrés, San Gerardo, San Isidro, San José de Chazo, Santa Fe de Galán, y Valparaíso.

Las parroquias a ser estudiadas son: **Ilapo y Santa Fe de Galán.**

En la Figura IV.1 se muestra la localización de las parroquias cantón Guano.

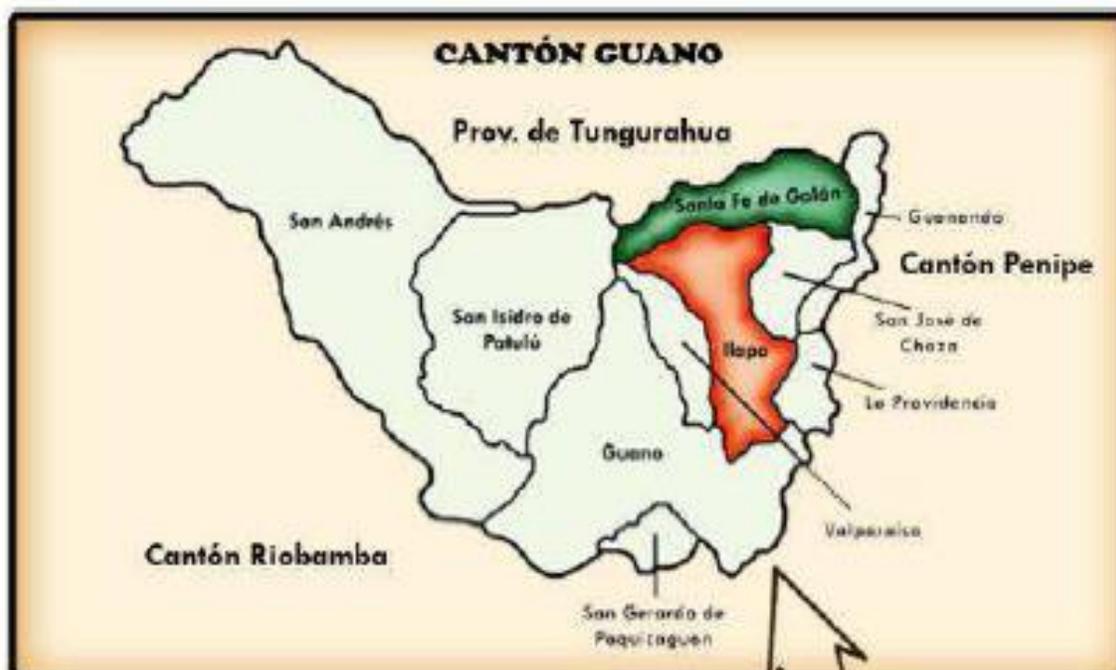


Figura 4.1 Parroquias del Cantón Guano

ILAPO (31):

La Parroquia de Ilapo, se encuentra ubicada en la zona Media-Alta del Cantón Guano, a una altura de 3.500 m. Sus límites son: al norte, Santa fe de Guano; al sur, Guano; al este, San José de Chazo; y al oeste, Valparaíso y San Isidro. La población total de la parroquia es de 2.108 habitantes.

Cuenta con los servicios básicos: agua entubada, luz eléctrica, sub-centro de salud, servicio telefónico. Los otros servicios (basura, alcantarillado, baños) son deficientes.

(31) *Municipio del Cantón Guano-Ilapo (folleto).*

Los habitantes de la Parroquia Ilapo viven fundamentalmente de la ganadería, agricultura y unos pocos de la industria láctea.

Las antenas repetidoras de los canales de televisión y radio que sirven a Riobamba y a la región se encuentran instaladas en el sitio denominado Gauslán de Yanacocha, perteneciente a esta parroquia, a 3.900 metros de altura.

En telecomunicaciones, se han instalado líneas de teléfono en Ilapo, cuenta también con telefonía inalámbrica.

SANTA FE DE GALÁN:

La parroquia Santa Fe de Galán, se encuentra ubicada en la zona alta del Cantón Guano, a una altura que va desde los 2.440 a 4.160 metros de altura. Sus límites son: al norte: La provincia de Tungurahua, al sur: Las parroquias de Valparaíso, Ilapo, y Chazo, y al este: la parroquia de Guanando y al oeste: San Isidro.

La población total de la parroquia es de 1.535 habitantes.

Los habitantes de la parroquia Santa Fe de Galán se dedican al cultivo de: cebolla blanca, papa, habas, entre otros. También se dedican a la producción pecuaria, y en gran número al ganado porcino.

La parroquia dispone de agua sin embargo es entubada y aun no es potable ya que presenta un color achocolatado, el servicio de energía eléctrica llega a un 98% de los hogares de la zona, el servicio de alcantarillado solo lo dispone el barrio centro en un 17%, no dispone la parroquia del servicio de recolección de basura.

En la parroquia Santa Fe de Galán la telefonía fija se encuentra en el barrio centro en tan solo 10 hogares, en el año 2010 se empezó a utilizar la telefonía satelital en la zona, cabe recalcar que la señal para la utilización de teléfonos celulares es deficiente.

4.3. DESCRIPCIÓN GEOGRÁFICA DE LA ZONA A INTERVENIR

En la siguiente figura se muestra la localización de las parroquias y comunidades a intervenir.

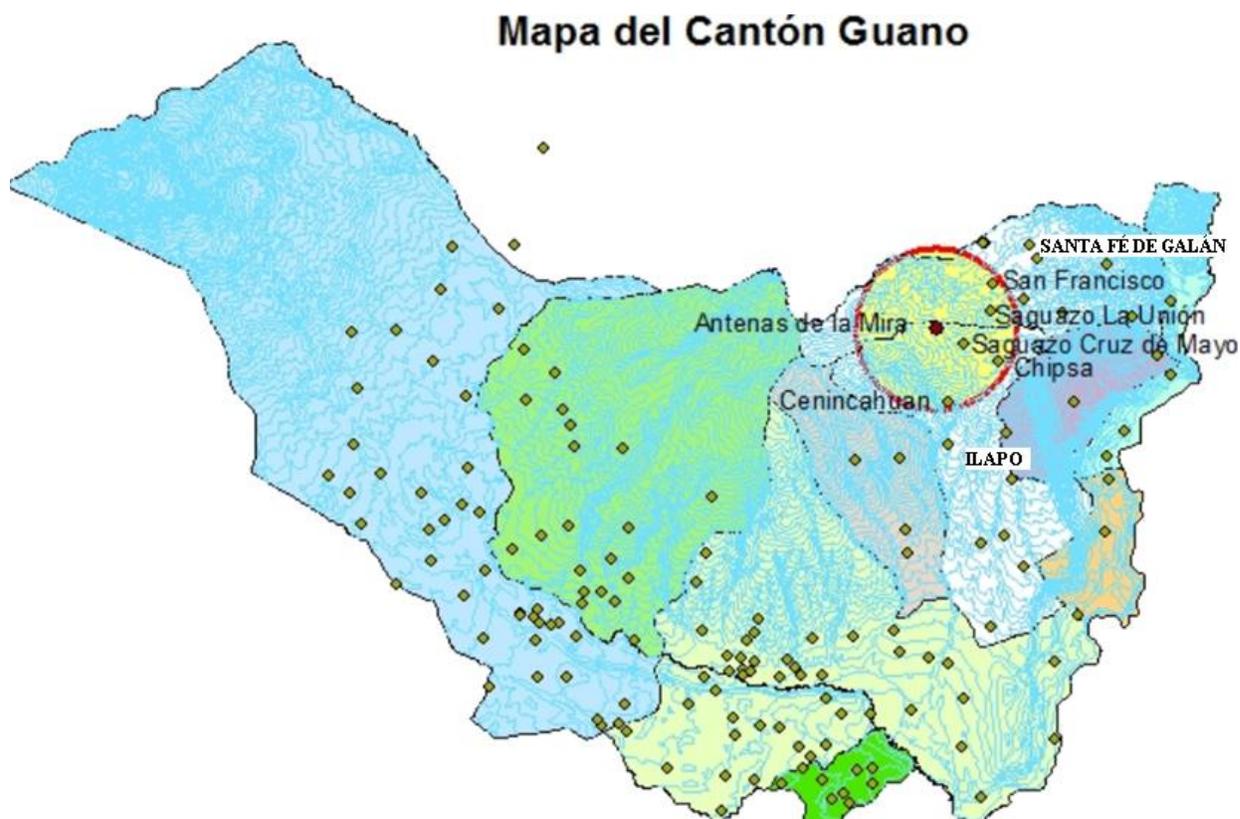


Figura 4.2 Localización de las parroquias del cantón Guano a intervenir (32)

4.4. COMUNIDADES QUE INTERVIENEN EN EL PROYECTO DEL SERVICIO DE DATOS

En la parroquia Ilapo las comunidades:

- Chipza
- Saguzo la Unión
- Cenincahuan
- Saguzo Cruz de Mayo

(32) Ing. Patricio Pérez, Director de Desarrollo Económico Social y Ambiental GADM del Cantón Guano.2012.

En la parroquia Santa fe de Galán las comunidades:

➤ San Francisco

Empezando el estudio demográfico de la zona a intervenir podemos mencionar que tan solo un 1.4 % de la población tiene educación superior, no así la educación primaria y básica que tiene un mayor porcentaje.

Comunidades de Ilapo (33):

Existen condiciones elementales y básicas para la supervivencia de la población, solo en la cabecera parroquial y en la comunidad Cruz de Mayo dispone de alcantarillado. El agua para consumo humano no es tratada, simplemente es entubada; cabe señalar que en ninguna comunidad ni en la cabecera parroquial no se dispone del servicio de recolección de basura.

Todas las comunidades disponen de energía eléctrica. El alumbrado público solo existe en las plazas centrales de cada una de las comunidades más no en las calles ni vías principales.

Los servicios de comunicación en la parroquia Ilapo son escasos, las comunidades más cercanas disponen de telefonía fija, mientras que la telefonía móvil no tiene buena cobertura e incluso en la mayoría de comunidades no cuenta con cobertura de ninguna empresa telefónica.

La educación tiene una presencia fiscal prominente en la zona, se dispone con una Red Educativa que tiene como nivel de formación el de Bachillerato, la misma que está ubicada en la cabecera parroquial.

Comunidades de Santa Fe de Galán (34):

En la parroquia Santa Fe de Galán la telefonía fija se encuentra en el barrio centro en tan solo 10 hogares, en el año 2010 se empezó a utilizar la telefonía satelital en la zona, cabe recalcar que la señal para la utilización de teléfonos celulares es deficiente.

La comunidad de San Francisco cuenta con los servicios básicos como es: energía eléctrica, el servicio de agua (entubada) y unos pocos disponen del servicio de telefonía inalámbrica (10 familias), más no de telefonía fija.

(33) *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la parroquia Rural de Santa Fe de Galán 2012*

(34) *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la parroquia Rural de Ilapo 2012*

En el tema del alfabetismo y analfabetismo de la población de 10 años y más, en Santa Fe de Galán hay un porcentaje total de habitantes que son analfabetos, el cual es de 13.27% de la población.

En la Parroquia Ilapo, el número de analfabetas es de 16.65 % de la población total. Esto significa que mayor analfabetismo existe en la parroquia Ilapo.

De la misma manera se puede establecer que son las mujeres quienes tienen menor acceso a la escuela regular, engrosando el grupo de analfabetas en estas dos parroquias.

En la Figura IV.3 tenemos imágenes tomadas desde el sector de estudio.





Figura 4.3 Comunidades aledañas a la zona a intervenir

4.5. REQUERIMIENTOS DE DISEÑO

Esta planificación forma parte de las soluciones y servicios globales de la red de radio para soportar a la CNT a desplegar y proveer servicios CDMA.

4.5.1. ANÁLISIS DE REQUERIMIENTO DEL CLIENTE

Basándose en los requerimientos del cliente, CNT provee de telefonía en varias zonas rurales del país, en este caso para las poblaciones que se encuentran alrededor de las Antenas de la Mira, ubicadas en la Parroquia Ilapo del Cantón Guano en la provincia de Chimborazo. Por lo tanto realizo el estudio para la provisión de tráfico de datos en esta zona ya que cuenta con la servicio voz.

4.6. ESTUDIO DE DEMANDA

Debido a la inversión que representa para la empresa un proyecto de este tipo, este estudio de demanda es un factor principal que nos permite dimensionar el proyecto para cubrir con el servicio de datos a los abonados previstos.

Un factor de interés es el estudio de demanda por encuestas realizadas a muestras representativas de las comunidades.

4.6.1. DEMANDA ESTIMADA DE LAS PARROQUIAS Y SUS COMUNIDADES

Según la CNT EP Agencia Chimborazo se da el 11% de seguridad de adquisición del servicio para zonas rurales.

a. Demanda del servicio de datos en la parroquia Ilapo (35)

La población total de la parroquia es de 2.108 habitantes.

En la parroquia hay un mínimo porcentaje de la población que cuentan con el servicio telefónico y casi nada del servicio de internet.

- ❖ En la comunidad de Chipza tenemos un número de familias de 75.
- ❖ En la comunidad de Saguazo la Unión el número de familias es de 61.
- ❖ En la comunidad de Saguazo Cruz de Mayo la población es de 427 personas (incluido hijos), y el número de familias de 76.
- ❖ La comunidad de Ceninchuan, el número de familias es de 29.

Estas comunidades no cuentan con el servicio de internet, un poco de familias cuentan tan solo con el servicio de telefonía inalámbrica.

b. Demanda del servicio de datos en la parroquia Santa Fe de Galán

La población total de la parroquia es de 1.535 habitantes.

En esta parroquia hay un porcentaje mínimo de familias que cuentan tan solo con el servicio telefónico y esto es en el Barrio Centro que es de 10 hogares que cuentan con telefonía fija.

- ❖ La comunidad de San Francisco tiene una población de 270 habitantes (incluido hijos), y el número de familias es de 40. Hay 10 familias que cuentan con el servicio de telefonía satelital, más no fija y no cuentan con el servicio de internet (36).

(35) Ing. Patricio Pérez, Director de Desarrollo Económico Social y Ambiental GADM del Cantón Guano.2012.

(36) PDOT-GADPR's Santa Fe de Galán

4.6.2. Cálculo del tamaño de la muestra

Para determinar el tamaño de la muestra primero realizamos un muestreo piloto con el que determinamos la varianza poblacional que para mi caso era desconocida.

ns = muestra piloto

ns = 20

Luego determinamos la varianza poblacional, que nos da $\sigma^2 = 0,004$ (Ver Anexo C2).

La varianza de la muestra es de $s^2 = 0.25$.

Por medio de estos resultados, podemos determinar el tamaño de la muestra:

$$n' = s^2 / \sigma^2$$

$$n' = 0.25 / 0.004$$

$$n = 62,5$$

$$N = 281$$

$$n = \frac{n'}{1 + \frac{n'}{N}}$$

$$n = 62.5 / 1 + (62.5/281)$$

$$n = 51 \text{ personas a investigar}$$

Por lo que se debe realizar 51 encuestas para poder determinar la demanda; se tiene 5 sectores.

4.6.3. ENCUESTA

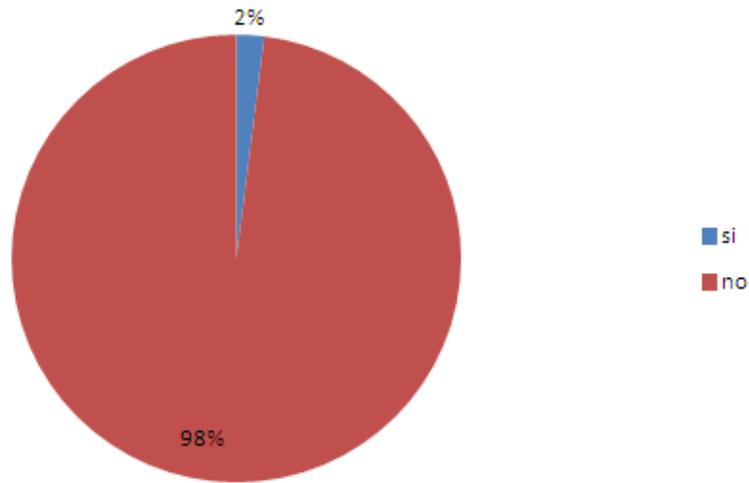
De acuerdo a la encuesta realizada (Ver Anexo), en la parroquia Ilapo y Santa Fe de Galán, se tuvo un total de 281 familias a ser encuestadas.

De lo cual los resultados se muestran a continuación.

Pregunta N°1

¿Cuenta usted con el servicio de telefonía fija?

SI 1
NO 59



}
Figura 4.5. Encuesta. Pregunta 1

Pregunta N°2

¿Si usted no cuenta con el servicio de telefonía fija, desearía tenerlo?

SI 45
NO 15

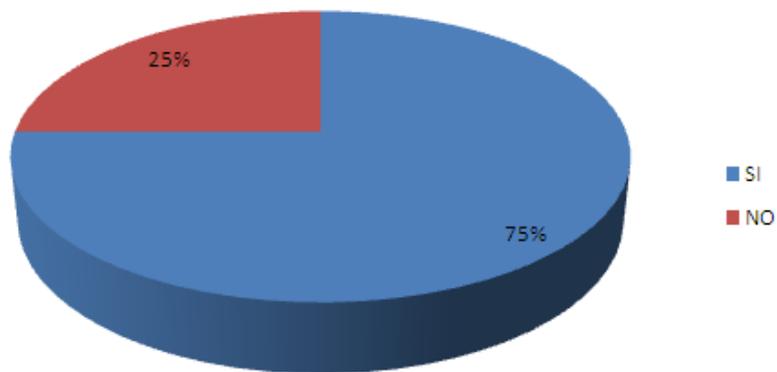


Figura 4.6. Encuesta. Pregunta 2

Pregunta N°3

¿Si usted cuenta con el servicio telefónico, le gustaría contar también con el servicio de internet?

SI 38

NO 22

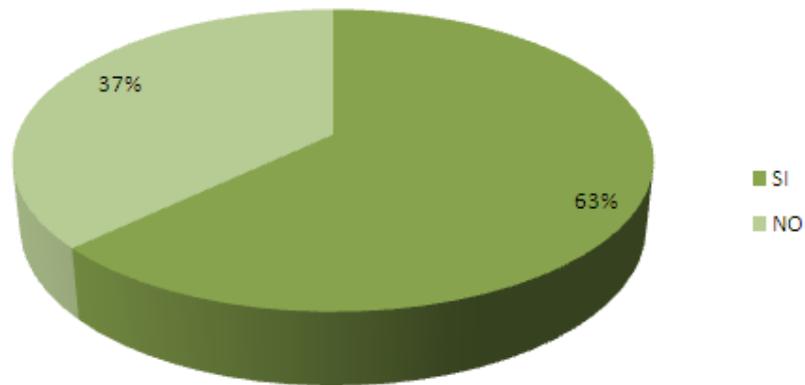


Figura 4.7. Encuesta. Pregunta 3

Pregunta N°4

¿Cuántas horas utilizaría el servicio de internet?

HORAS	ENCUESTADOS
1	45
2	13
4	2
4 EN ADELANTE	0

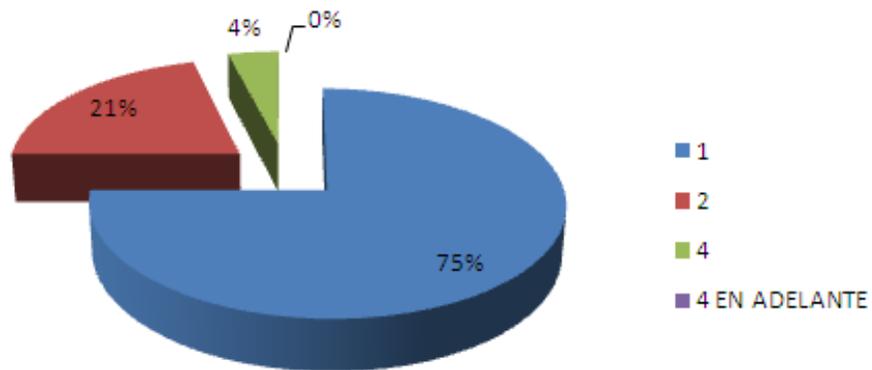


Figura 4.8. Encuesta. Pregunta 4

Pregunta N°5

¿En qué horas del día utilizaría con más frecuencia el internet?

HORAS	ENCUESTADOS
06H00 - 10H00	0
10H00 - 14H00	0
14H00 - 18H00	48
18H00 - 22H00	12

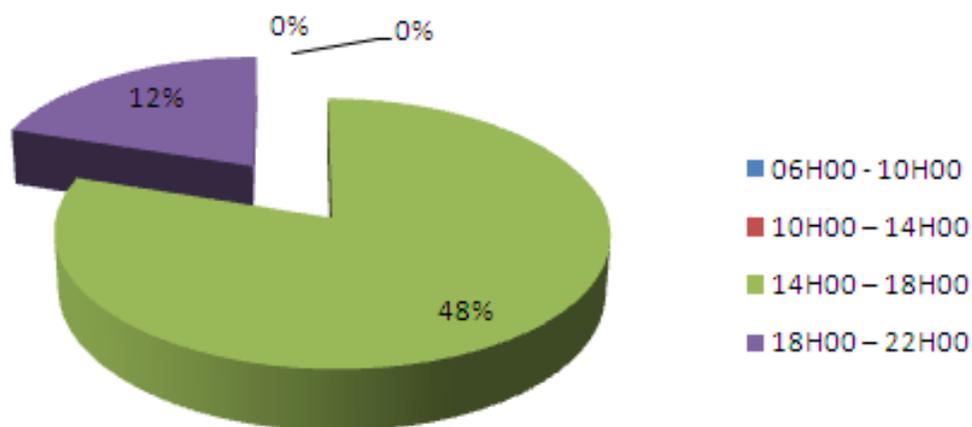


Figura 4.9. Encuesta. Pregunta 5

Pregunta N°6

¿Para qué utilizaría el servicio de internet?

Ocupación	Encuesta
Comunicación	22
Tareas	33
Deportes	0
Trabajo	0
Redes Sociales	0
Otros	5

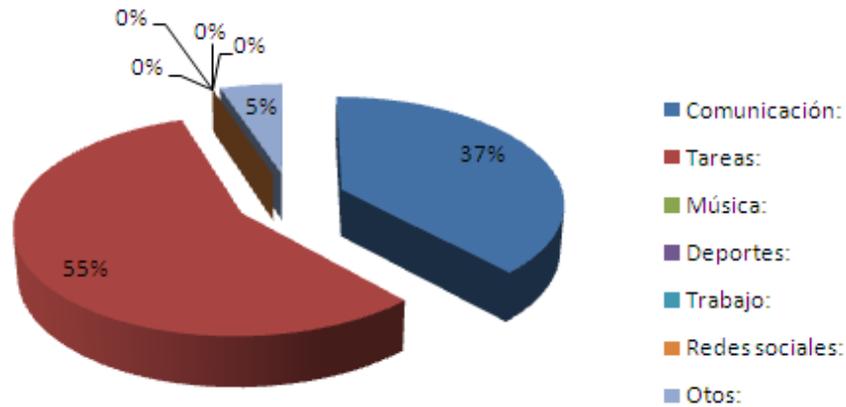


Figura 4.10. Encuesta. Pregunta 6

Pregunta N°6

¿Si el servicio de internet que dispondría será para sus hijos o para usted?

Hijos: 40
 Todos: 20

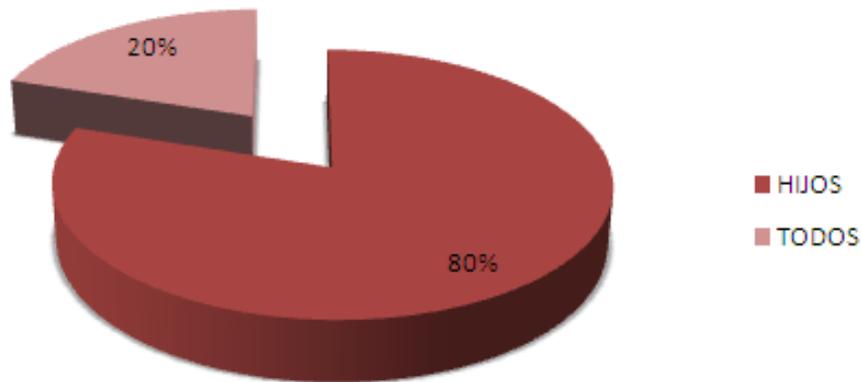


Figura 4.11. Encuesta. Pregunta 7

4.6.4. Análisis de la demanda

En la figura 4.6 y 4.7 anterior señala la cantidad de abonados que en un futuro están dispuestos a adquirir el servicio; es decir, la posible demanda futura sería entre 63% y 75%.

La demanda que obtenemos como resultado de las encuestas es de 177 abonados y la demanda estimada para el proyecto fue de 281 abonados, por lo que el proyecto definitivamente es viable para CNT EP, ya que el mínimo que requiere la Empresa debe ser de 150 abonados.

Demanda proyectada

La demanda futura se realiza en base a la siguiente ecuación:

$$\mathbf{Df = Do (1 + i)^N}$$

Dónde:

Df: demanda final

Do: demanda inicial (177).

i: índice de crecimiento (0.02).

N: años proyectados (5-10 años).

Según la CNT EP, el incremento anual del servicio de telefonía fija es del 5% y del servicio de datos para zonas rurales es de 0.02.

Se plantea un dimensionamiento de la red para 5 y 10 años.

$$\mathbf{Df = 177 (1 + 0.02)^5}$$

$$\mathbf{Df = 195}$$

$$\mathbf{Df = 177 (1 + 0.02)^{10}}$$

$$\mathbf{Df = 215}$$

4.6.5. Cómo Dimensionar el Tráfico requerido

La infraestructura de tráfico telefónico determina el flujo de ocupaciones o llamadas simultáneas durante un período de tiempo dado. La unidad de tráfico es el ERLANG, que significa la cantidad de tiempo de ocupación por hora en un grupo de canales. Para calcular el tráfico en un grupo de canales, se suma el tiempo de todas las ocupaciones.

El tráfico se lo calcula de la siguiente manera:

$$A = \frac{1}{T} * \sum_{i=1}^n ti$$

Siendo:

A = tráfico total.

ti = tiempo de duración de llamada.

T = período de observación.

n = número total de ocupación en el grupo de canales.

Si se tiene el tiempo promedio de las ocupaciones, entonces la ecuación se reduce a:

$$A = \frac{1}{T} * (n * tm)$$

Siendo:

tm: tiempo promedio de ocupaciones por abonado.

n: número de abonados.

En la práctica del dimensionado de un grupo de salida se deben observar esencialmente los siguientes criterios:

- La forma en que se atiende al tráfico: si los equipos de conmutación trabajan, ejemplo, como sistema de pérdida o como sistema de espera.
- Las características de la red de conmutación: la accesibilidad y clase de la mezcla.
- La calidad de tráfico requerida: el volumen de la pérdida o indicaciones sobre datos de espera.
- La clase del tráfico: las propiedades estadísticas del mismo.

Sistema de pérdidas.- se rechaza una ocupación ofrecida si la conmutación deseada no se puede establecer inmediatamente debido a un bloqueo, recibiendo el abonado que llama, la señal de ocupado.

Sistema de espera.- puede mantenerse una ocupación ofrecida que no pueda ser atendida inmediatamente debido a un bloqueo, hasta que se pueda establecer el enlace.

Accesibilidad.- es el rendimiento de un grupo de salida determinado esencialmente por la cantidad de líneas de salida del grupo que pueda alcanzarse, es decir, comprobarse en cuanto a su estado de ocupación (libres u ocupadas), desde una línea de entrada a través de la red de conmutación contemplada.

Mezcla.- a fin de que la red de conmutación rinda el máximo posible, se asignan las líneas de salida del grupo a los sub-grupos de entrada de forma tal, que pueda ayudarse entre sí ampliamente. El sistema de ampliación asignado se designa como mezcla.

Basados en el estudio de la Mira, se estimó la demanda presente y futura que servirá de base para calcular los requerimientos de tráfico con proyección a futuro del sistema.

$$T = 60 \text{ minutos}$$

$$T_m = 5 \text{ minutos}$$

$$n = 1$$

Y reemplazamos en la fórmula.

$$A = (1/T) \times (n * T_m)$$

$$A = (1/60) \times (1 * 5)$$

$$A = 0.0833 \text{ Erlangs/abonado}$$

De donde se obtiene que la ocupación media de un abonado en el sector donde daremos el servicio de telecomunicaciones es de aproximadamente 0.08 Erlangs.

El número de canales necesario por zona de acuerdo al promedio de ocupación estimado por abonado y para un grado de servicio del 1%, es decir, que de cada 100 llamadas que realicen los abonados, máximo se perderá una de ellas.

En la división de Tráfico y Calidad de Servicio de la CNT, se ha hecho la siguiente observación respecto al tráfico para el servicio de internet dado por la CNT, conociendo que trabaja con los 8E1s (240 circuitos o abonados) de Quito Centro utilizados en el COMAG de ALCATEL, obteniéndose el tráfico por circuito en las horas pico (Carga (Erl) / 240 Abonados).

Como el número de requerimientos es igual a 177 entonces me generan 14.74 Erlangs del tráfico total.

4.7. DETERMINACIÓN DEL SITIO DE LA BTS

En lugar donde se ubica la BTS es en el cerro La Mira ubicada a pocos kilómetros de la parroquia Santa Fe de Galán del cantón Guano. Aquí se encuentran ubicadas las antenas de radio y televisión para los sectores aledaños.

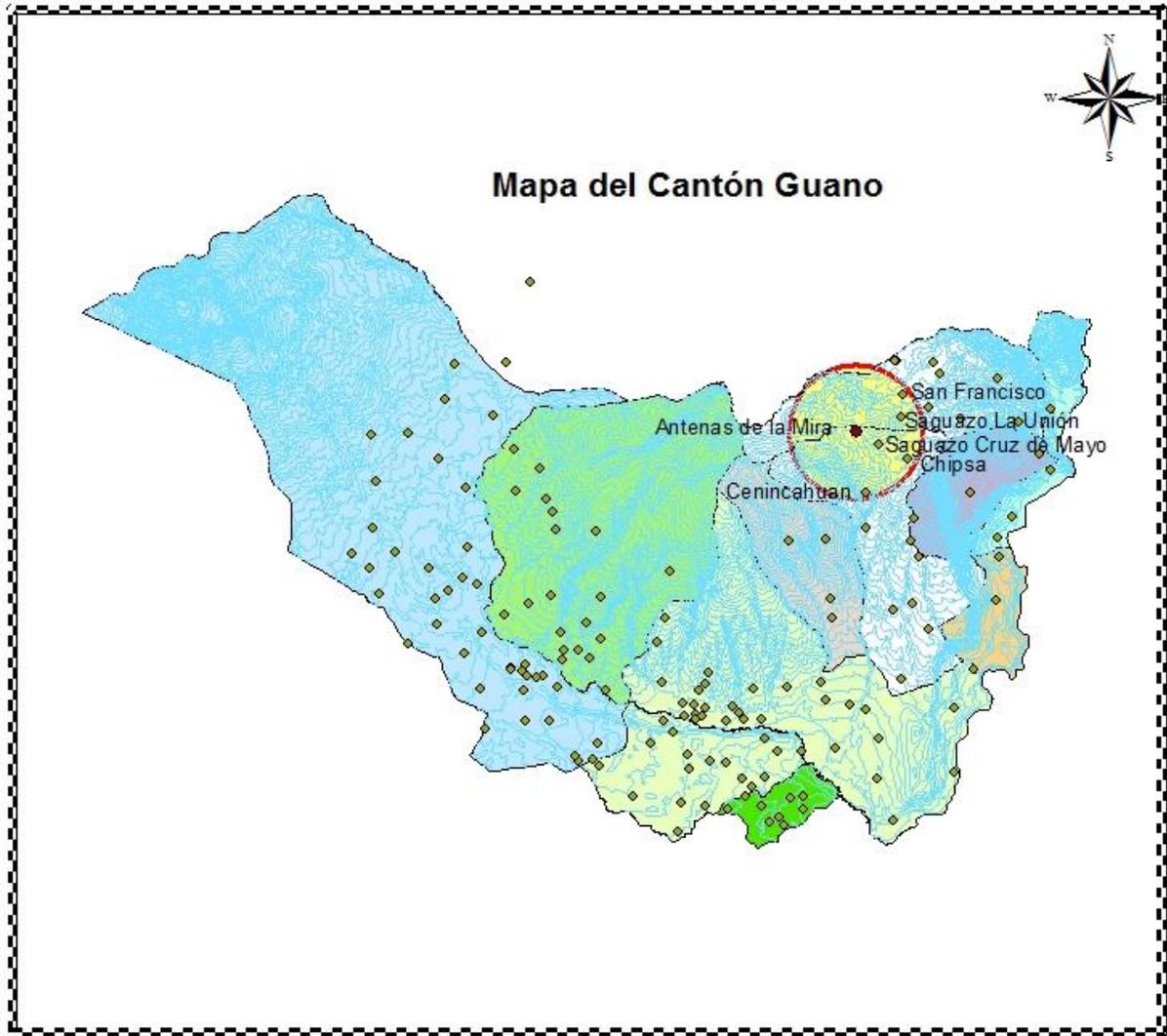


Figura 4. 12. Objetivo del área de cobertura

Las antenas La Mira se encuentran en las siguientes coordenadas; cuentan con energía eléctrica y antenas para telecomunicaciones.

LOCALIZACIÓN	LATITUD	LONGITUD	ALTURA msnm
Antenas La Mira	1°30'33" S	78°35'22" W	3872



Figura 4.13. Antenas La Mira

4.7.1. CÁLCULO DEL NÚMERO DE RADIO BASES

Otra fase del dimensionamiento correcto de la red es el cálculo del número de celdas (radio base) necesarias para satisfacer a la demanda de los servicios, el mismo que lo realiza mediante dos métodos:

- Por capacidad.
- Por cobertura

4.7.1.1. Por Capacidad

Este método tiene por objetivo determinar el número de BTSs necesarias para satisfacer la demanda de capacidad requerida para un número de abonados.

La calidad de tráfico es el Grado de Servicio (GOS) o la probabilidad de que una llamada sea bloqueada (Erlang B), o la probabilidad de que una llamada experimente un retardo mayor que un tiempo fijo de encolamiento (Erlang C).

En nuestro país se maneja el tráfico mediante el Modelo de Pérdidas “Erlang B”, éste es representado mediante la siguiente fórmula:

$$GOS = Pr[llamada_es_bloqueada] = \frac{\frac{A^c}{C!}}{\sum_{k=0}^n \frac{A^k}{k!}}$$

La fórmula determina la probabilidad de que una llamada se bloquee dónde:

C: es el número de canales

A: es el tráfico total ofrecido

La fórmula de Erlang B considera que el sistema es de accesibilidad completa y que el comportamiento de los usuarios es independiente. Los valores de GOS en el rango de (0.01, 0.001) son considerados muy buenos.

En esta etapa del dimensionamiento de la red se debe decidir la configuración de la celda, es decir si el tráfico será manejado con una configuración de canales omnidireccionales o sectorizados; es adecuada la sectorización de la celda (tres sectores de 120° cada una) con el propósito de aumentar la capacidad de manejo del tráfico y con ello disponer de una red con una distribución de tráfico controlada.

Otros aspectos importantes son los parámetros técnicos de los equipos ya utilizados como son los equipos de marca HUAWEI, según la calidad de tráfico (GOS= 1%) el número de celdas que se requiere para satisfacer la demanda será indicada en el siguiente cuadro.

DATOS	CDMA 450
Número efectivo de portadoras por sector	3
Número de canales de voz por portadora	32
Número de canales por sector	96
Tráfico soportado por sector (GOS = 1 %) [Erlgs]	80,306
Número de sectores por celda	3
Tráfico soportado por celda [Erlgs]	240,918
Tráfico total requerido [Erlgs].	41,5
Número de celdas	1

Tabla IV.I Número de celdas con una calidad de tráfico del 1%

Con una sola radio base CDMA 450 se puede satisfacer la demanda de servicio de aproximadamente 700 usuarios, garantizando la calidad de tráfico y permitiendo la expansión de la red gradualmente.

Los equipos utilizados son de marca Huawei o ZTE que esten acorde a las necesidades de telefonía inalámbrica.

4.7.1.2. Por Cobertura

Este método permite conocer el número de celdas (ó BTSs) necesarias para cubrir la zona de interés; por lo que es necesario conocer el área total a la que se desea dar el servicio y el área de la celda en base a los datos específicos de los equipos a utilizarse en la red.

Además se debe asegurar que los radios enlaces con cada una de las localidades sean óptimos para garantizar una buena calidad del servicio.

4.7.2. ESTRUCTURA GENERAL DE LA RED

En el siguiente diagrama se muestra la estructura de la red, CDMA 450.

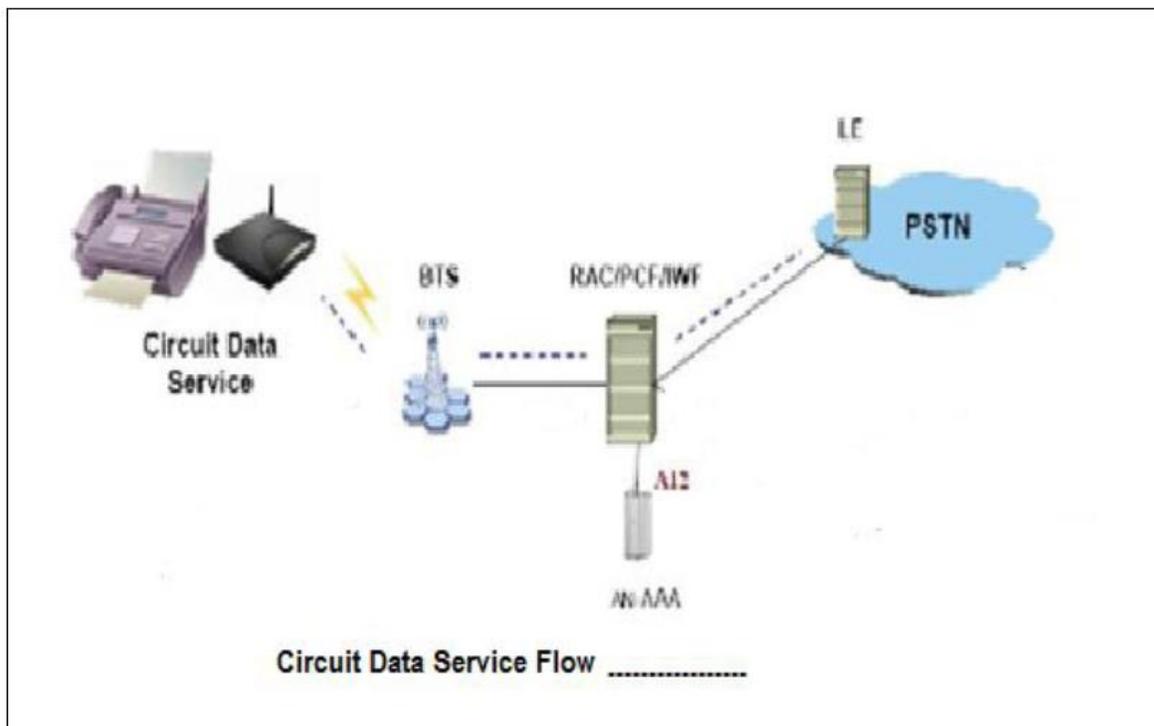


Figura 4.14. Estructura de la red CDMA 450

4.7.3. ANÁLISIS DE RADIO PROPAGACIÓN PARA LOS ENLACES UTILIZANDO SOFTWARE RADIO MOBILE

El empleo de software especializado para el diseño de radio enlaces es de gran ayuda, si bien no son 100% exactos, pueden ser muy aproximados a la realidad ya que combinan información de relieve, clima y las características de los sistemas a ser implementados.

El software **Radio Mobile** requiere la ubicación geográfica de la localidad, parámetros técnicos de los equipos, frecuencia de transmisión y de recepción de los equipos, alturas de las antenas de la BTS como del terminal, las ganancias de las antenas, el tipo de red fija o móvil, etc.

Para la simulación de los radioenlaces se toman las siguientes consideraciones:

- Se considera que la antena del suscriptor será instalada en las terrazas o tejados de los domicilios del abonado, es decir, a una altura de 6m (considerando que la mayoría de las viviendas son de dos plantas).
- Las antenas de la estación base se colocan en una torre de 30m de altura.
- Las ganancias de las antenas de la estación base son de 15 dBi y del suscriptor es de 10 dBi, la sensibilidad de recepción de la BTS es de 128 dBm.
- Dado que los perfiles topográficos realizados para cada una de las localidades, presentan línea de vista con visibilidad directa y sin obstáculos en la primera zona de Fresnel, con el software Radio Mobile se obtiene las pérdidas de propagación totales de cada radio enlace tanto en el sentido directo o reverso del mismo.
- La máxima potencia de transmisión de la estación base es de 43 dBm / portadora.
- El tipo de red a simularse es fija inalámbrica.

4.7.4. RED DE ACCESO

La red de acceso está constituida básicamente por la estación base y la cobertura que esta tendrá sobre las poblaciones a ser beneficiadas, pero vale resaltar que el servicio abarcará también a las poblaciones que se encuentren dentro del área de cobertura de la estación base.

El perfil topográfico creado por el software Radio Mobile es en base a la carta topográfica de escala 1:50.000 proporcionada por el Instituto Geográfica Militar.

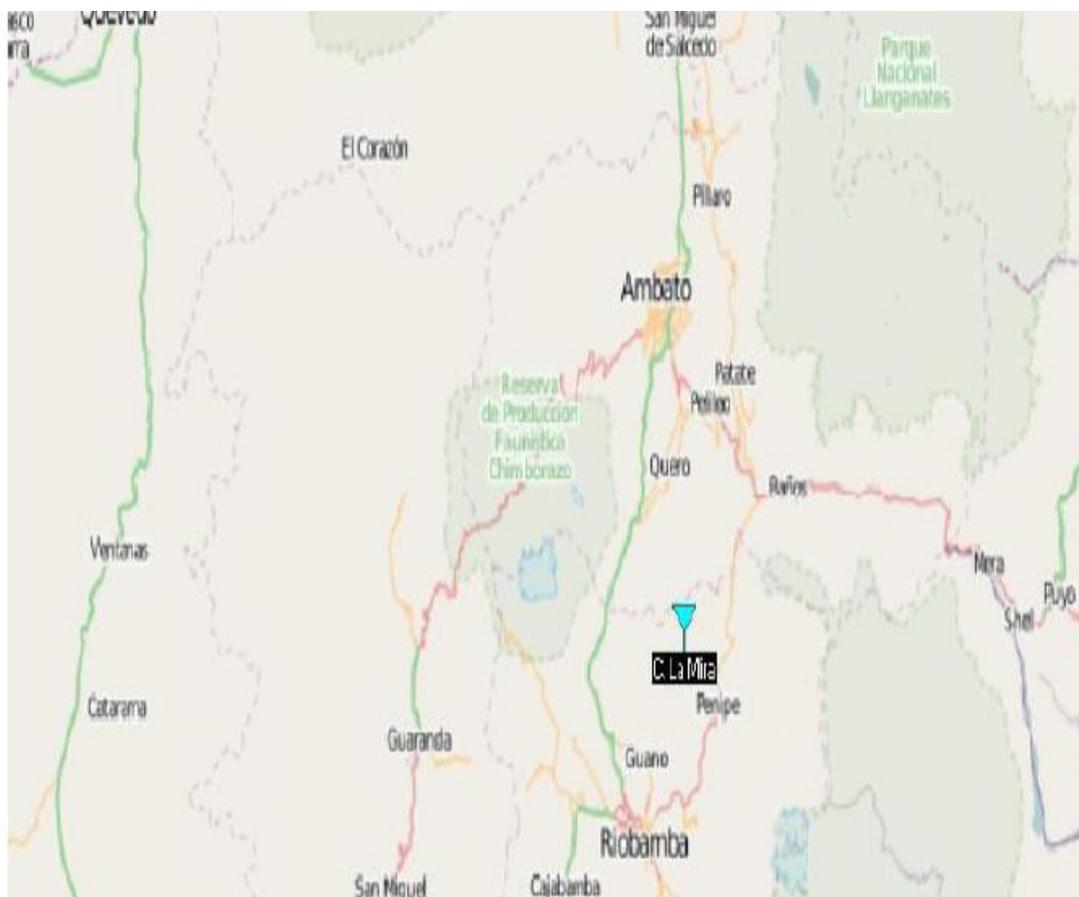


Figura 4.15. Ubicación Geográfica

La tabla IV.I detalla la ubicación geográfica de las comunidades a cual se desea dar el servicio de datos.

COMUNIDADES	LATITUD	LONGITUD
ILAPO-CHIPZA	1°31'10.51" S	78°34'26.27" W
ILAPO-SAGUAZO LA UNIÓN	1°31'10.52" S	78°34'33.86" W
ILAPO-CENINCAHUAN	1°30'19.80" S	78°35'16.38" W
ILAPO-CRUZ DE MAYO	1°31'51.26" S	78°35'20.59" W
SANTA FE DE GALÁN-SAN FRANCISCO	1°30'52.69" S	78°34'31.49" W

Tabla IV.II Ubicación Geográfica de la Comunidades que intervienen en el estudio (37)

(37) Ing. Patricio Pérez, Director de Desarrollo Económico Social y Ambiental GADM del Cantón Guano.2012.

Mediante simulacion del software de RADIO MOBILE podemos ver en la Figura 4.16, como se encuentran distribuidos estos puntos de acuerdo a la BTS de la Mira.

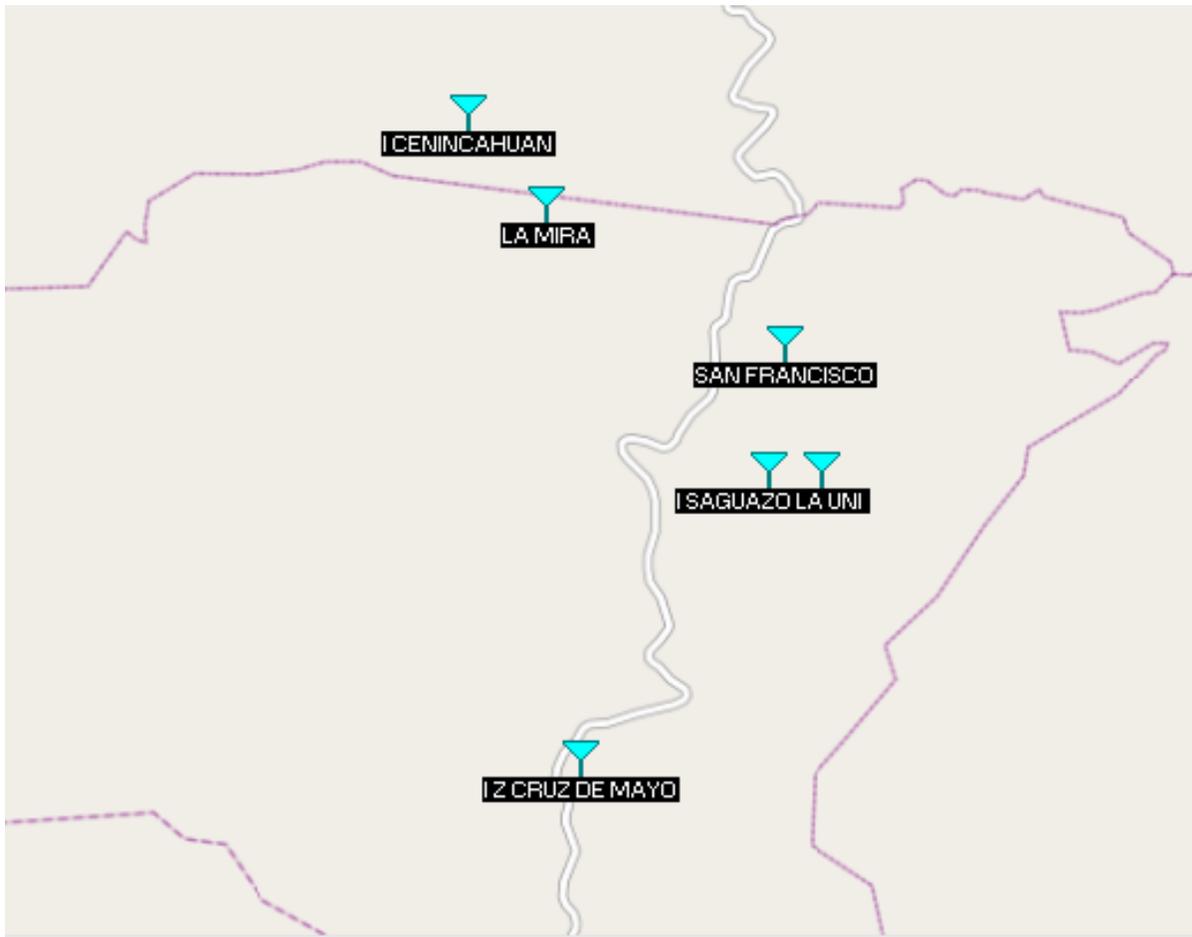


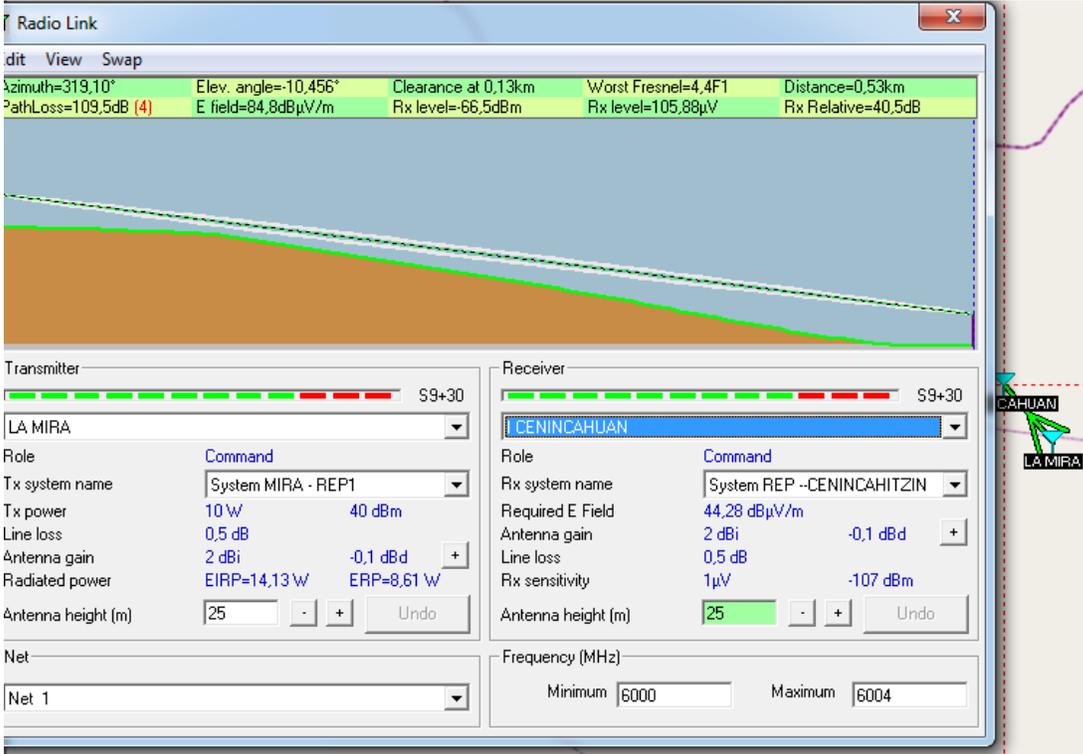
Figura 4.16. Puntos de ubicación de la Mira y las comunidades

En la Figura 4.17 muestra el perfil de enlace entre La Mira y las comunidades aledañas que intervienen en el estudio del servicio de datos.



Figura 4.17 Enlace entre la Mira y las comunidades aledañas

En la Figura 4.18 a) muestra el perfil de enlace radio eléctrico y b) distribución de la señal entre La Mira y Cenincahuan sin ninguna interposición geográfica.



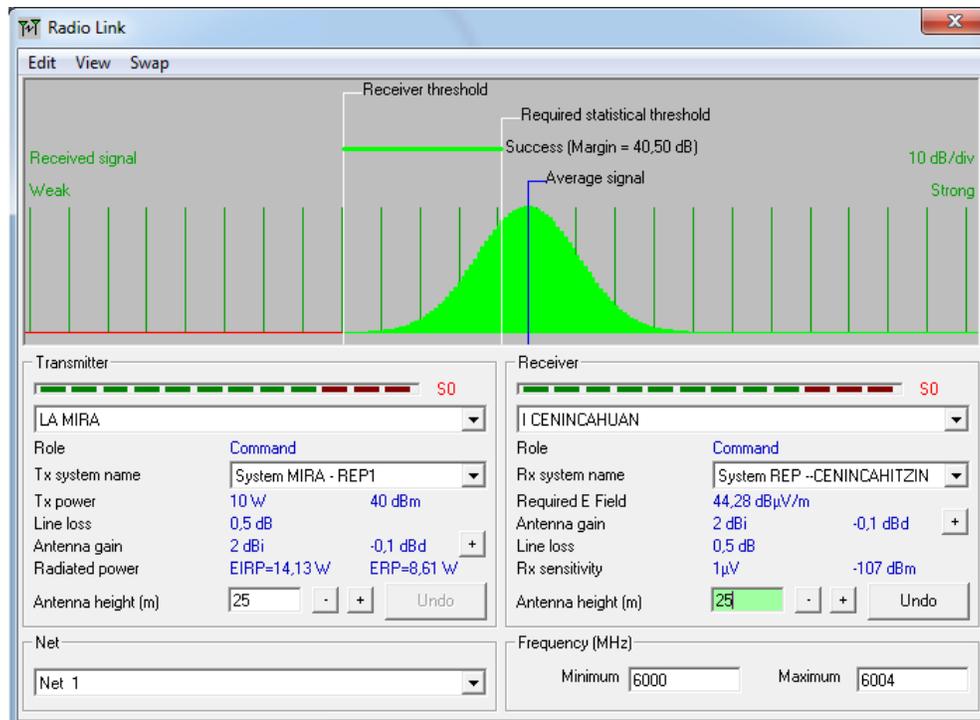
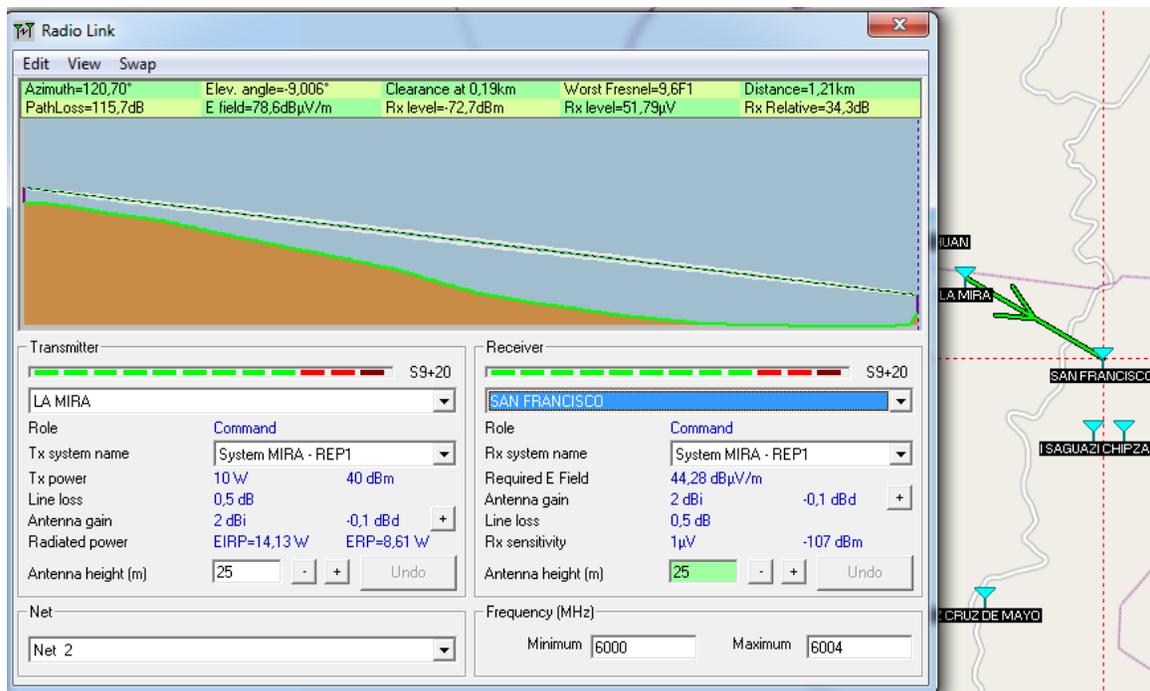


Figura 4.18 Resultados radio eléctricos y distribución de la señal entre la Mira y Cenincahuan

En la Figura 4.19 a) muestra el perfil de enlace radio eléctrico y b) distribución de la señal entre La Mira y San Francisco sin ninguna interposición geográfica.



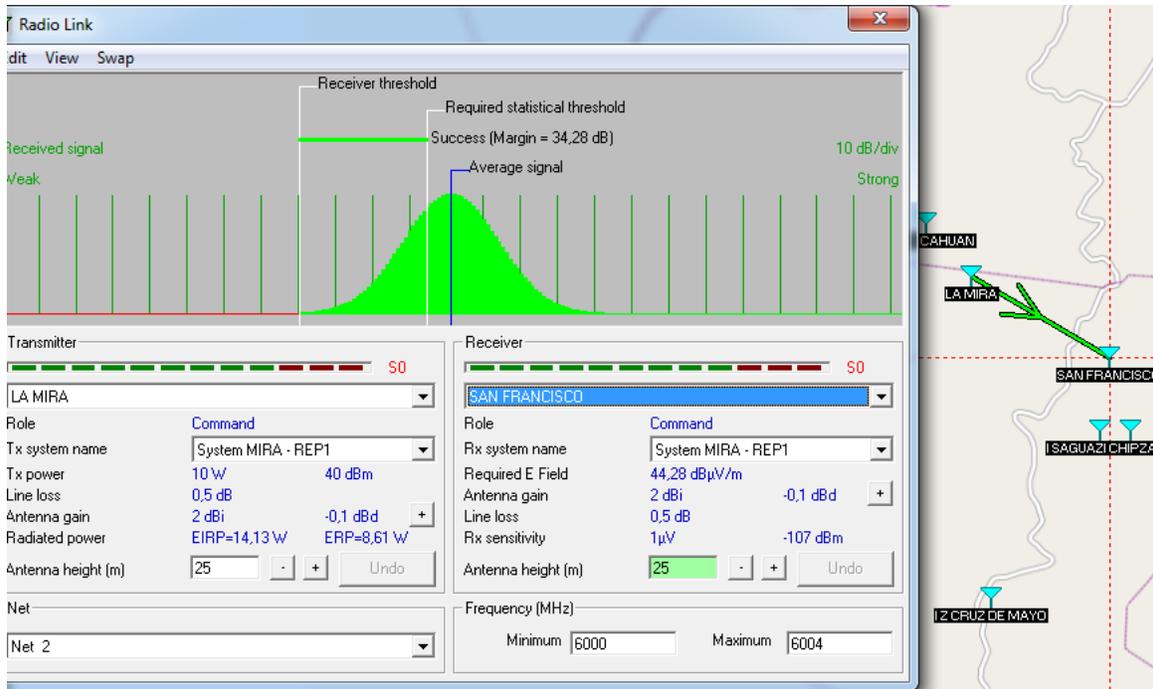
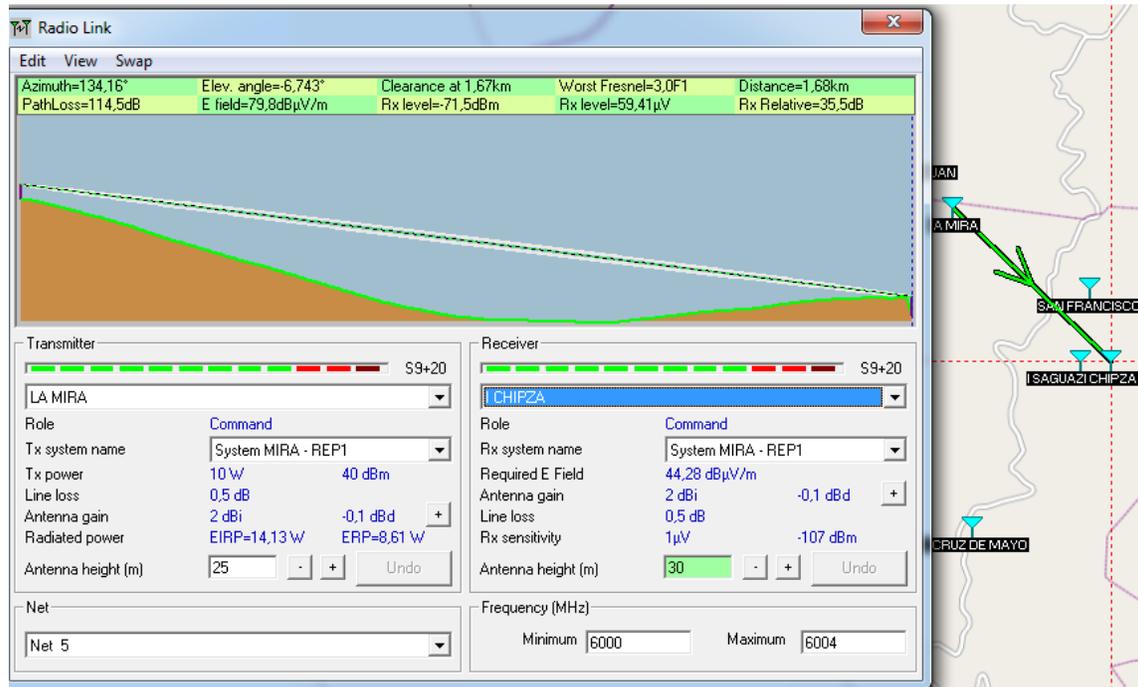


Figura 4.19 Resultados radio eléctricos y distribución de la señal entre la Mira y San Francisco

En la Figura 4.20 a) muestra el perfil de enlace radio eléctrico y b) distribución de la señal entre La Mira y Chipza sin ninguna interposición geográfica.



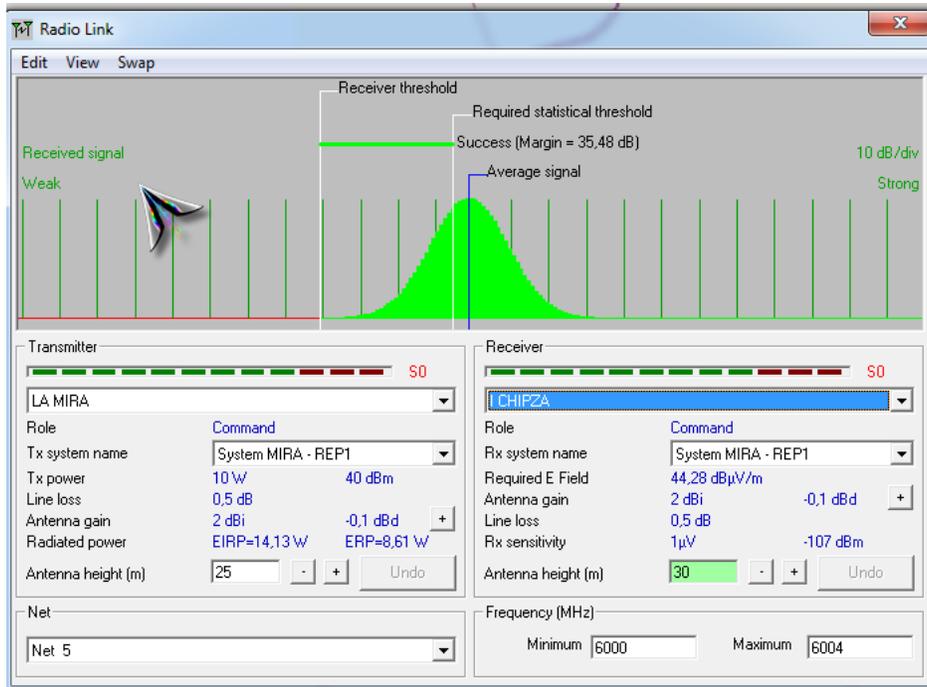
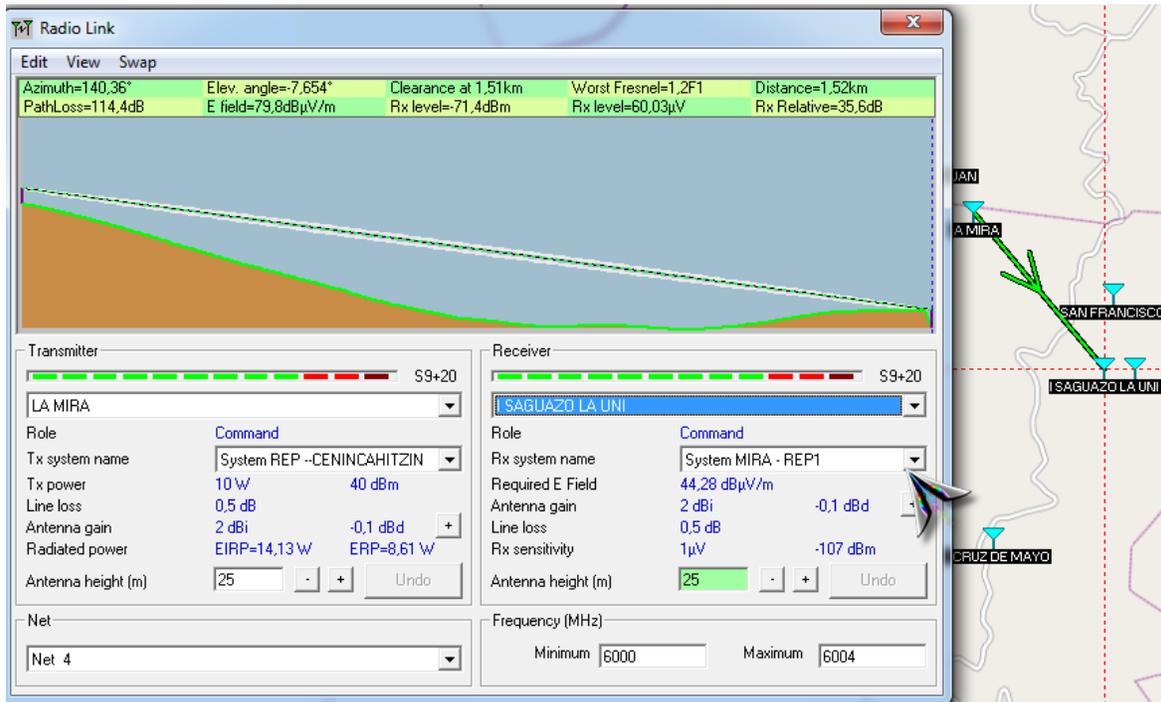


Figura 4.20 Resultados radio eléctricos y distribución de la señal entre la Mira y Chipza

En la Figura 4.21 a) muestra el perfil de enlace radio eléctrico y b) distribución de la señal entre La Mira y Saguzo La Unión sin ninguna interposición geográfica.



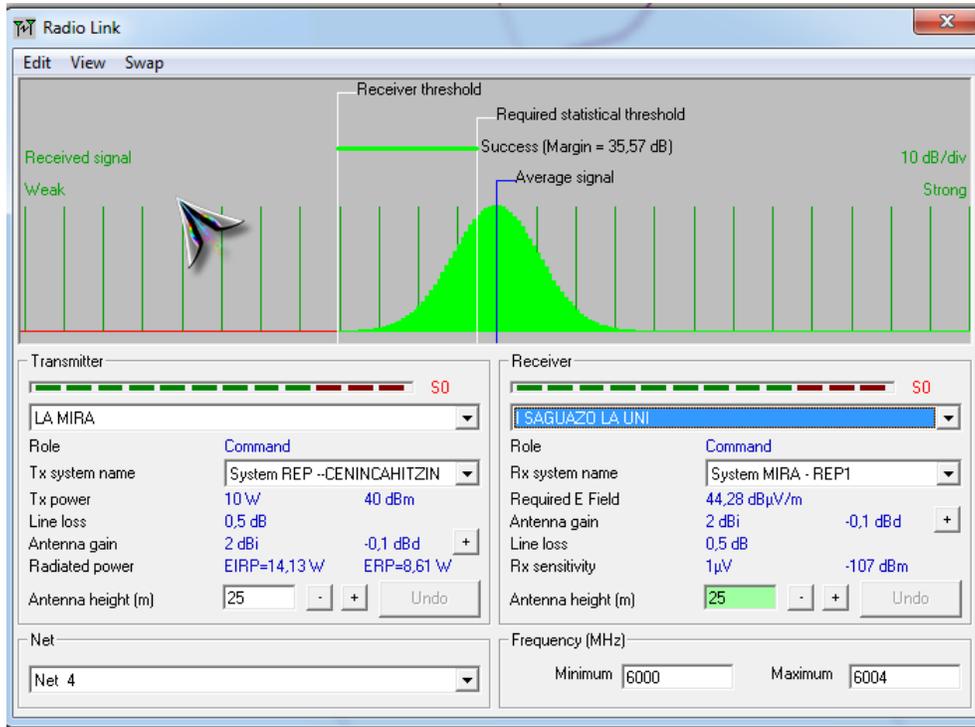
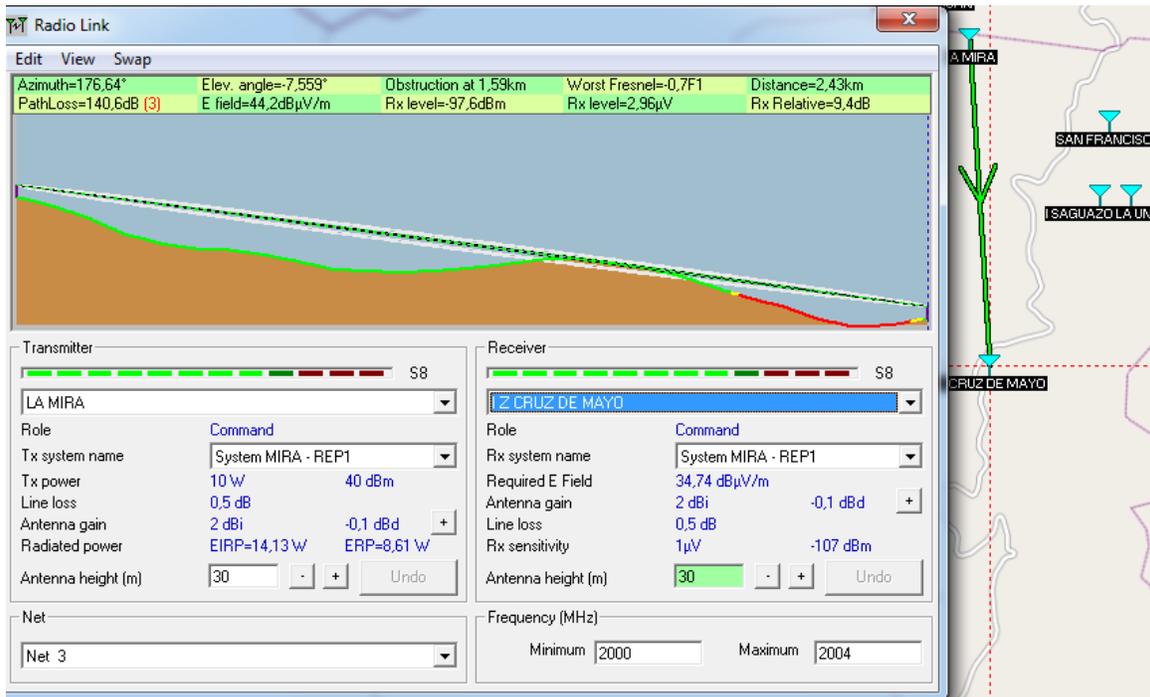


Figura 4.21 Resultados radio eléctricos y distribución de la señal entre la Mira y Sagua La Unión

En la Figura 4.22 a) muestra el perfil de enlace radio eléctrico y b) distribución de la señal entre La Mira y Sagua Cruz de Mayo.



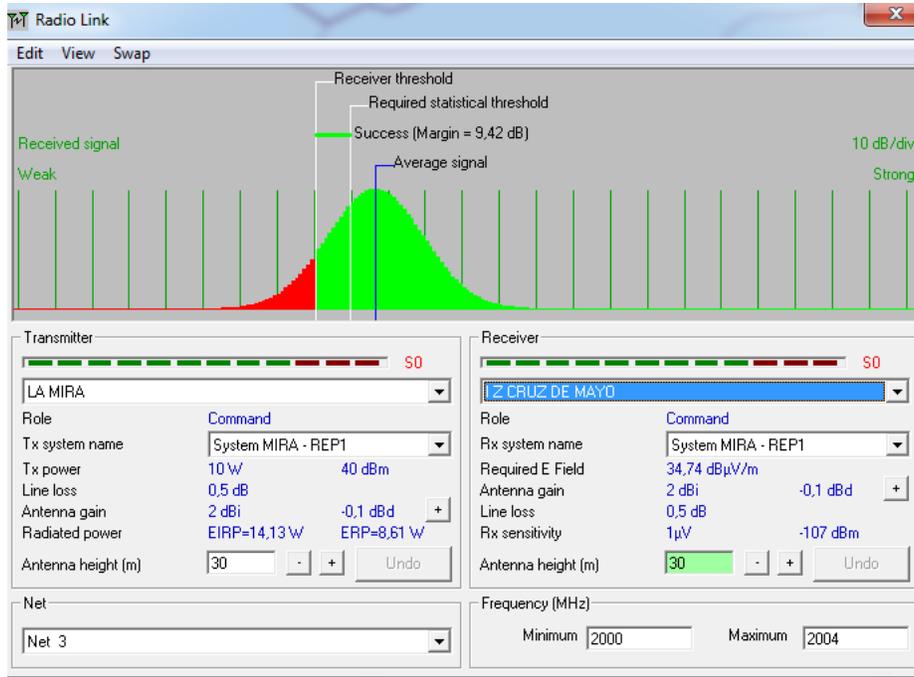


Figura 4.22 Resultados radio eléctricos y distribución de la señal entre la Mira y Saguzo Cruz de Mayo

4.8. RED DE TRANSPORTE- PUERTA DE ACCESO A LA RED CNT EP

La red de transporte es la encargada de permitir la comunicación entre la Red de Acceso (sistema de estación base) y los sistemas de conmutación de voz, a través de repetidores.

4.9. REQUERIMIENTOS DE LA CALIDAD DE LA RED

La Tabla IV.II muestra los valores FER asumidos para este propósito. Este es un valor estándar para las redes CDMA. La Tasa de Error de Bastidor (FER) es un parámetro que indica la calidad de una llamada CDMA. Este valor debe ser más bajo para llamadas de voz porque el servicio de voz es más sensible a la degradación de calidad, mientras que las llamadas de datos pueden tolerar más errores porque solamente afecta a su rendimiento.

Suposiciones sobre Requerimiento de Calidad de la Red	
Meta FER de Voz (Tasa de Error de Bastidor)	1%(FCH)
Meta FER de Datos (Tasa de Error de Bastidor)	5%(SCH)
Carga del Procesador	0.70
Tiempo de Establecimiento de Llamada	<8s

Tabla IV.III. Requerimiento de calidad de red

4.10. Cálculo de pérdidas para el escenario propuesto

Cálculo entre el enlace de la BTS y la repetidora

Factor de corrección de alturas:

$$\alpha (hm) = (1.1 \log (f) - 0.7)hm - (1.56 \log(f) - 0.8)$$

$$\alpha (hm) = (1.1 \log (450 \text{ MHz}) - 0.7) 30\text{m} - (1.56 \log(450 \text{ MHz}) - 0.8)$$

$$\alpha (hm) = 63.2 \text{ dB}$$

Pérdida calculada entre el enlace de la BTS y la repetidora

$$f = 450 \text{ MHz}$$

$$hb = 11 \text{ m}$$

$$hm = 30\text{m}$$

$$r = 3 \text{ Km}$$

$$\alpha (hm) = 63.2 \text{ dB}$$

$$Lo = 69.55 + 26.16 \log (f) - 13.82 \log (hb) - \alpha (hm) + (44.9 - 6.55 \log (hb)) \log(r)$$

$$Lo = 69.55 + 26.16 \log (450 \text{ MHz}) - 13.82 \log (11\text{m}) - 63.2 \text{ dB} + (44.9 - 6.55 \log (11\text{m})) \log 3$$

$$Lo = 79 \text{ dB}$$

Para nuestro escenario área suurbanas

$$Lrural = Lo - 4.78 (\log f)^2 + 18.33 (\log f) - 40.94$$

$$Lrural = 79 \text{ dB} - 4.78 (\log 450 \text{ MHz})^2 + 18.33 (\log 450 \text{ MHz}) - 40.94$$

$$Lrural = 53 \text{ dB}$$

4.11. GANANCIAS DE LAS ANTENAS

La ganancia de la antena Tx y Rx es proporcionada por el fabricante y viene expresada habitualmente en dB isotrópicos (dBi), es decir, la ganancia de potencia con respecto a un modelo teórico de antena isotrópica que radia la misma energía en todas las direcciones del espacio.

En nuestro caso las antenas Rx y Tx están incorporadas en sus respectivos radios, con una ganancia de:

G(dBi) = 37,2	(antenas directivas)
G(dBi) = 15	(antenas sectoriales de la BTS)
G(dBi) = 11	(terminales antena directiva)
G(dBi) = 2.15	(terminales antena omnidireccional)

4.11.1. SENSIBILIDAD DEL RECEPTOR

El equipo receptor necesita un mínimo nivel de señal para conseguir un funcionamiento admisible (nivel de calidad), lo que se conoce habitualmente como sensibilidad. En este caso la sensibilidad del receptor proporcionada en el software Radio Mobile es:

$$S(\text{dBm}) = -85.5 \text{ dBm} \quad (\text{antenas directivas})$$

$$S(\text{dBm}) = -123.7 \text{ dBm} \quad (\text{antenas sectoriales})$$

$$S(\text{dBm}) = -118 \text{ dBm} \quad (\text{terminales})$$

4.11.2. POTENCIA DEL RECEPTOR

La potencia de recepción que llega al receptor después de haber sufrido atenuaciones por la vegetación existente entre las estaciones, además de pérdidas de propagación en espacio libre y pérdidas adicionales de propagación, es decir, es la diferencia entre la potencia de transmisión + las ganancias de las antenas y la atenuación total del enlace (pérdidas del enlace) (38).

Potencia de recepción = potencia total + ganancia de la antena de Tx + ganancia de antena Rx – pérdidas del cable – pérdidas de conectores – pérdidas del medio – sensibilidad de la antena.

La potencia total es de 40 dBm que es la potencia de transmisión.

Ganancia de la antena Tx = 37.2 dBi

Ganancia de la antena Rx = 37.2 dBi

Pérdidas de enlace = 53 dB

Sensibilidad del receptor = -85.5 dBm

Potencia de recepción = 40 dBm + 37.2 dBi + 37.2 dBi – 53 dB – (- 85.5 dB)

Potencia de recepción = 146.9 dBm

(38) ING. CEVALLOS MARIO, Apuntes de la clase de sistemas radiantes.

4.12. TRÁFICO DE INGENIERÍA

El cálculo de tráfico se realiza a través de las siguientes ecuaciones.

a. Tiempo medio de ocupación (\bar{t}):

$$t = \frac{\bar{t}}{n}$$

b. Volumen de tráfico:

$$V = \sum n_i \times t_i = n \times \bar{t}$$

Dónde:

V = Volumen de tráfico

n = Número de llamadas

t_i = Tiempo de duración de cada llamada

\bar{t} = Tiempo promedio de duración de todas las llamadas

De acuerdo al estudio de demanda se pudo estimar la demanda con un total de 177 abonados.

Se considera un uso de 5.8% de las líneas en hora pico.

$n = 47$ llamadas

$t = 63$ minutos

$T = 24$ horas de monitoreo

$$t = \frac{\bar{t}}{n}$$

$$\bar{t} = \frac{63 \text{ min}}{47 \text{ llamadas}} * \frac{60 \text{ seg}}{1 \text{ min}} * \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ seg}}$$

$$\bar{t} = 0.022 \text{ h}$$

$$V(\text{volumen de tráfico}) = n * \bar{t}$$

$$V = 47 \text{ llamadas} * 0,022 \text{ h}$$

$$V = 1,05 \text{ Erlangs}$$

c. Intensidad de Tráfico:

$$A = \frac{V}{T}$$

Dónde:

A = Intensidad de Tráfico (Erlangs)

V = Volumen de Tráfico

T = Período de Observación

$$A = \frac{V}{T} = \frac{1,05}{24} = 0,044 \text{ Erlangs}$$

d. Tráfico Ofrecido (A_T):

$$A_T = A \times X$$

Siendo X = el número de abonados total.

$$A_T = 0,044 \times 177$$

$$A_T = 7.78 \text{ Erlangs}$$

e. Fórmula de ERLANG para el tráfico:

Cuando se dimensiona una ruta, deseamos encontrar el número de circuitos que servirán esa ruta. Las fórmulas a disposición para determinar el número de circuitos basados en la carga de tráfico en la hora cargada es la ERLANG B.

Aquí la pérdida significa la probabilidad de bloqueo en el conmutador, debido a la congestión o a la “totalidad de líneas troncales ocupadas”.

$$E_b = \frac{\frac{(A_T)^n}{n!}}{1 + A_T + \frac{(A_T)^2}{2!} + \frac{(A_T)^n}{n!}}$$

n= número de troncales de servicio

A_T= tráfico ofrecido

Esta fórmula asume que:

- El tráfico se origina en un número infinito de fuentes.
- Las llamadas perdidas son borradas asumiendo un tiempo de retención cero.
- El número de troncales de canales de servicio es limitado.
- Existe completa disponibilidad.

Esta fórmula indica el porcentaje del tiempo durante el cual las N líneas de salida están ocupadas simultáneamente, es decir, la razón de congestión en el tiempo, por lo tanto esta expresión representa también la fórmula de pérdida o fórmula de Erlang “B”.

$$Eb = \frac{\frac{34.1^{47}}{47!}}{1 + 34.1 - \frac{34.1^2}{2!} + \frac{34.1^{47}}{47!}}$$

$$Eb = 1$$

Según la tabla de Eb (Ver Anexo)

$$N = 4$$

Con este valor de N determinados que son necesarios 4 circuitos de 64 Kbps cada uno; es necesario utilizar únicamente un E1 ya que cada E1 tiene 2Mbps.

f. Cálculo de Troughput:

La red CDMA 2000-1X soporta los servicios de voz y datos. Para calcularlos, se adopta el término “troughput” para describir la carga de ambos servicios de voz y de datos.

$$S = Av \times v \times \alpha r$$

Dónde:

S = Troughput (Bit/s o Kbit/s)

A = Intensidad de tráfico:

- Para el servicio de **voz**, es el volumen de tráfico en hora pico, para el caso de CNT es= 0,04 Erlangs.
- Para el servicio de **datos**, se calcula en base del tiempo promedio de la sesión
Av= Tiempo promedio de la llamada en paquete = Tiempo de Sesión PPP *
Tasa de Obligación de Sesión PPP.

V= Tasa de datos

α = Factor de actividad. El valor típico es 0.4 para el servicio de voz y 1.0 para el servicio de datos.

Luego se calcula el throughput de los servicios de voz y datos 1X, basándose en la fórmula y modelo de tráfico.

El throughput de todo el servicio de voz en RC3 es:

$$S = 0.04 * 9.6 * 0.4 = 0.154\text{kbps}$$

Dónde.

V= 9.6 Kbps debido a que utilizamos el radio de configuración 3(ver anexo A4).

El throughput promedio del servicio de datos se calcula en base a que se brindará servicio al 10% de los abonados con un ancho de banda del 10% del total.

Los parámetros se indican en la siguiente Tabla IV.III.

ÍTEMS	FÓRMULA	RESULTADOS
Velocidad promedio de datos por usuario (Kbps)	-	64
Canales N	-	4
Total ancho de banda (Kbps)	$64 * 4$	256
10% del total del ancho de banda (Kbps)	-	25.6
10% del total de abonados	-	18
Ancho de banda	$25.6 / 18$	1.4 Kbps

Tabla IV.IV. Throughput del servicio de datos

4.13. DIAGRAMA DE LA RED ACTUAL DE CNT

La CNT tiene en la región Sur-Oeste una red NGN basada en la tecnología de SoftSwitch. Para la Plataforma inalámbrica CDMA 450 (A – A’) se utiliza un MGW conectado a la NGN, la cual a su vez se conecta a la PSTN local utilizando varios MGWs.

Anteriormente la CNT (específicamente Pacifictel) adquirió una red CDMA 450 con 27 BTS y una BSC, la misma que está instalada en el “Cuarto de Conmutación y Transmisión” de la Central, Centro en Guayaquil. A continuación se muestra el diagrama de la red.

Este diagrama (Figura IV. 23) muestra la interconexión y networking de la red CNT en Guayaquil.

El RAC se conecta con el MGW actual de CNT directamente con cables de E1; es recomendable que el RAC se implemente en la misma sala de equipos del MGW para ampliar la conmutación local. El PCF del RAC, la PDSN, y el AAA se conectan a través de una red LAN IP local.

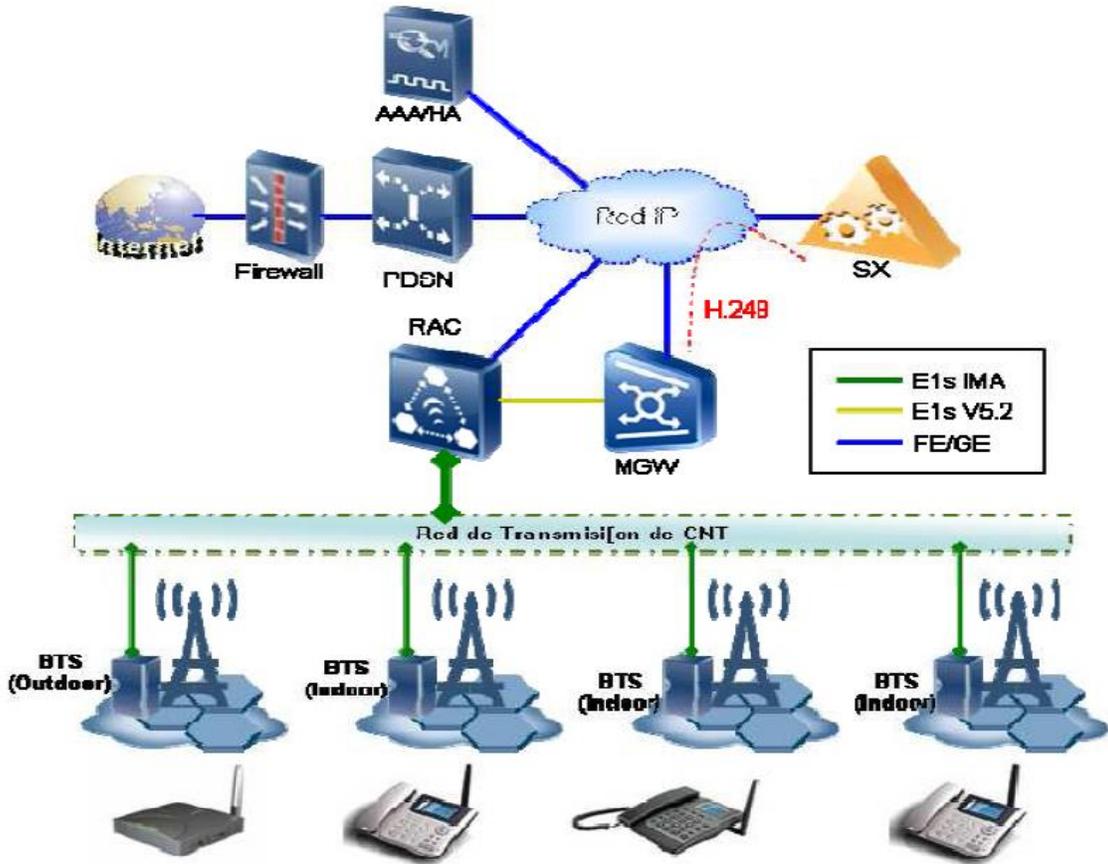


Figura 4.23. Interconexión de la Red

4.13.1. ESTRUCTURA DE LA RED

Este diagrama de la Figura IV.24, muestra la jerarquía de la red, incluyendo los equipos Core de los dominios de Conmutación de Circuitos (CS) y Conmutación de Paquetes (PS). El MGW, la PDSN, el AAA y el Firewall de la red actual se localizan en el “Cuarto de Conmutación y Transmisión” de la Central Centro de Guayaquil. El MGW de acceso y el RAC son elementos de acceso distribuidos para procesar el tráfico local de cada región principal, utilizando el interfaz V5.2 entre dos elementos de red. El RAC y el MGW de acceso se implementan en el mismo cuarto de equipos. La red entera tiene una estructura sencilla y distribuida.

Las BTSs se conectan en el RAC a través del interfaz Abis.

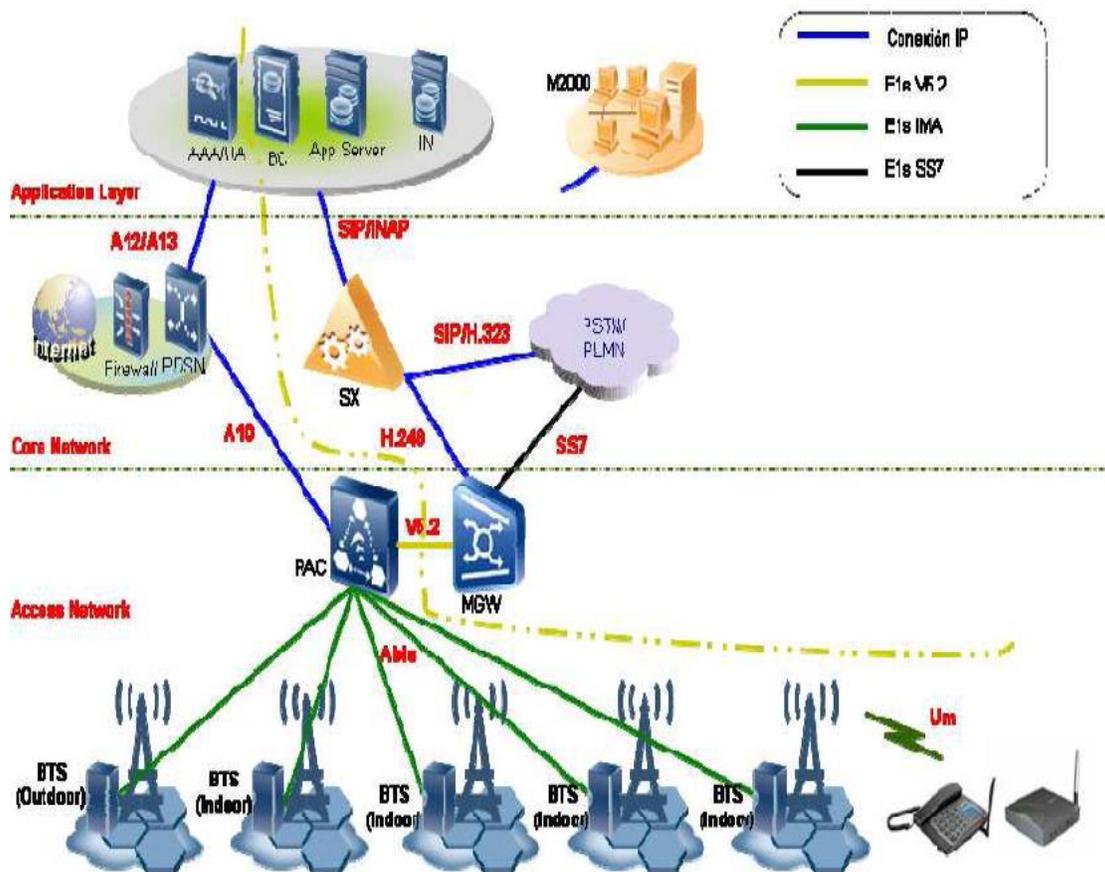


Figura 4.24. Estructura de la Red CDMA

4.13.2. INTERCONEXIÓN CON LA RED DE LA CNT EP

CDMA 450 tiene una gran aceptación en el Bucle Local Inalámbrico para brindar principalmente servicios de Telefonía e Internet.

La estructura de una red WLL CDMA 450 es esquematizada en la Figura IV.25 y donde se puede identificar que el interfaz de conexión con la central de conmutación local y la red es el interfaz V5.2.

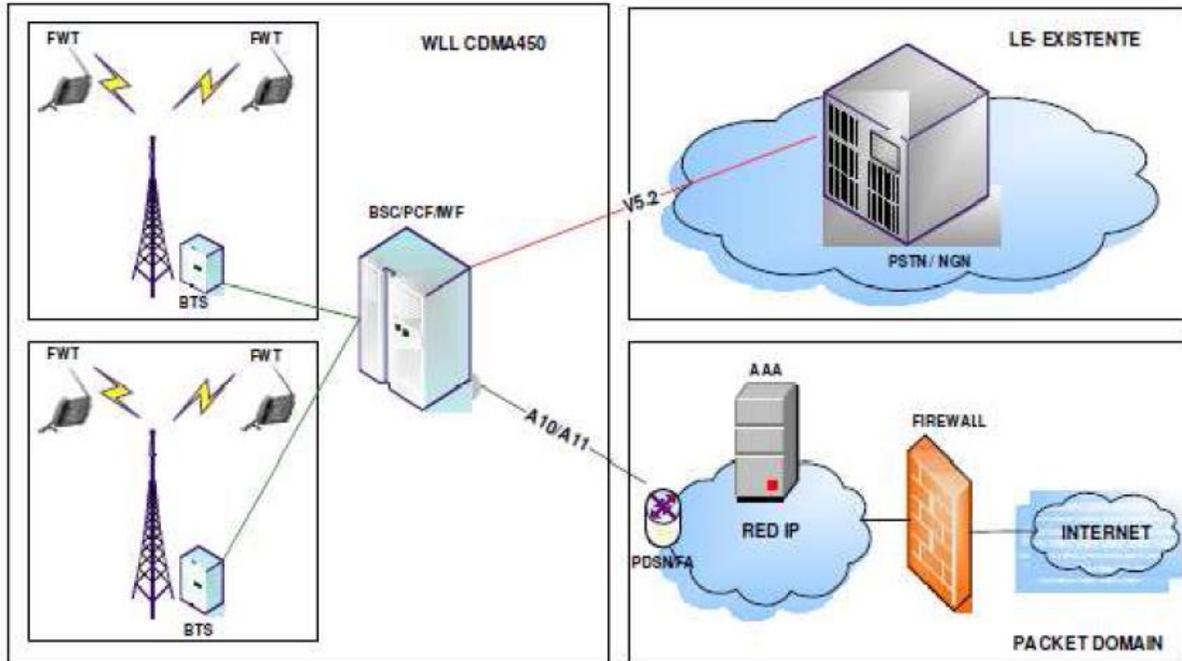


Figura 4.25. Estructura de una red WLL CDMA 450

En la Figura IV.26, muestra el camino que sigue desde la estación móvil (MS) para obtener voz o datos.

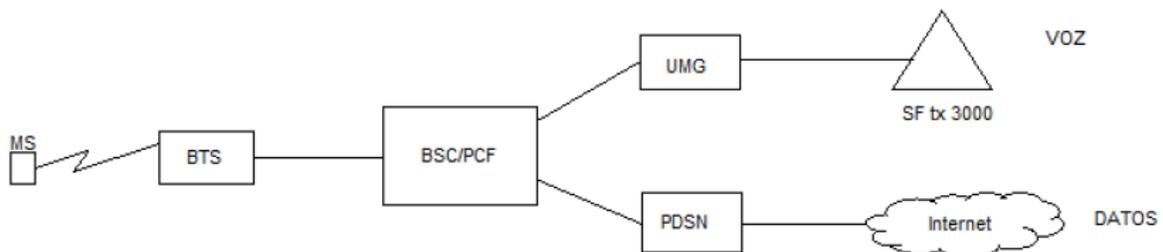


Figura 4.26. Arquitectura de la Red CDMA 450

4.13.3. INTERFAZ V5.2 PARA INTERCONEXIÓN

El interfaz V5.2 es diseñado para distribuir servicios de telecomunicaciones soportados por él LE (Local Exchange) para servir a suscriptores. WLL por una BSC, se lista de funciones que son típicamente soportadas por él LE a través del interfaz V5.2 que incluye:

- * Procesamiento del llamadas
- * Registro de llamadas y facturación
- * Administración del plan de numeración
- * Servicios suplementarios

- * Supervisión contestada
- * Administración y asignación del slot de tiempo.

El interfaz V5.2 suministra el sistema con mayor control operacional y funcional eficiencia V5.2 soporta más suscriptores por enlace Ely, por lo tanto puede ser implementado en un menor costo. V5.2 también suministran un incremento de la tolerancia del error el cual resulta en un global mejoramiento de calidad y fiabilidad para el cliente.

4.14. MATERIALES Y EQUIPOS

Un sistema de microondas está compuesto por: unidad interna, unidad externa, licencias, conectores, cables, guía de onda flexible, antena de microondas y materiales de instalación. El sistema de fuerza utilizado para energizar los equipos es de -48 V.

Un sistema de radio frecuencia está compuesto por: el equipo BTS, módulos de elemento de canal, licencias (que generalmente se incluyen en la compra del equipo BTS), guía de onda, conectores, jumper, antenas celulares y materiales de instalación. El sistema de fuerza utilizado para energizar los equipos es de +24 V.

Estos dos sistemas se encuentran relacionados, compartiendo alguno de sus recursos; por ejemplo: en una CDMA Metro Cell Outdoor 2 Sectores se considera espacio en sus bastidores DC/CD de +24 V a -48 V permitiendo de esta manera de un mismo sistema de fuerza general energizar ambos sistemas. Se comparte un mismo sistema de alarmas internas y externas, para el control y monitoreo de estados activos, inactivos o de falla de equipos como: generadores, microondas, BTS, puertas abiertas, equipos de fuerza, sistema de incendios, etc.

Para mayor facilidad, en la Figura IV.27, se presenta gráficamente un ejemplo de implementación de dichos sistemas.

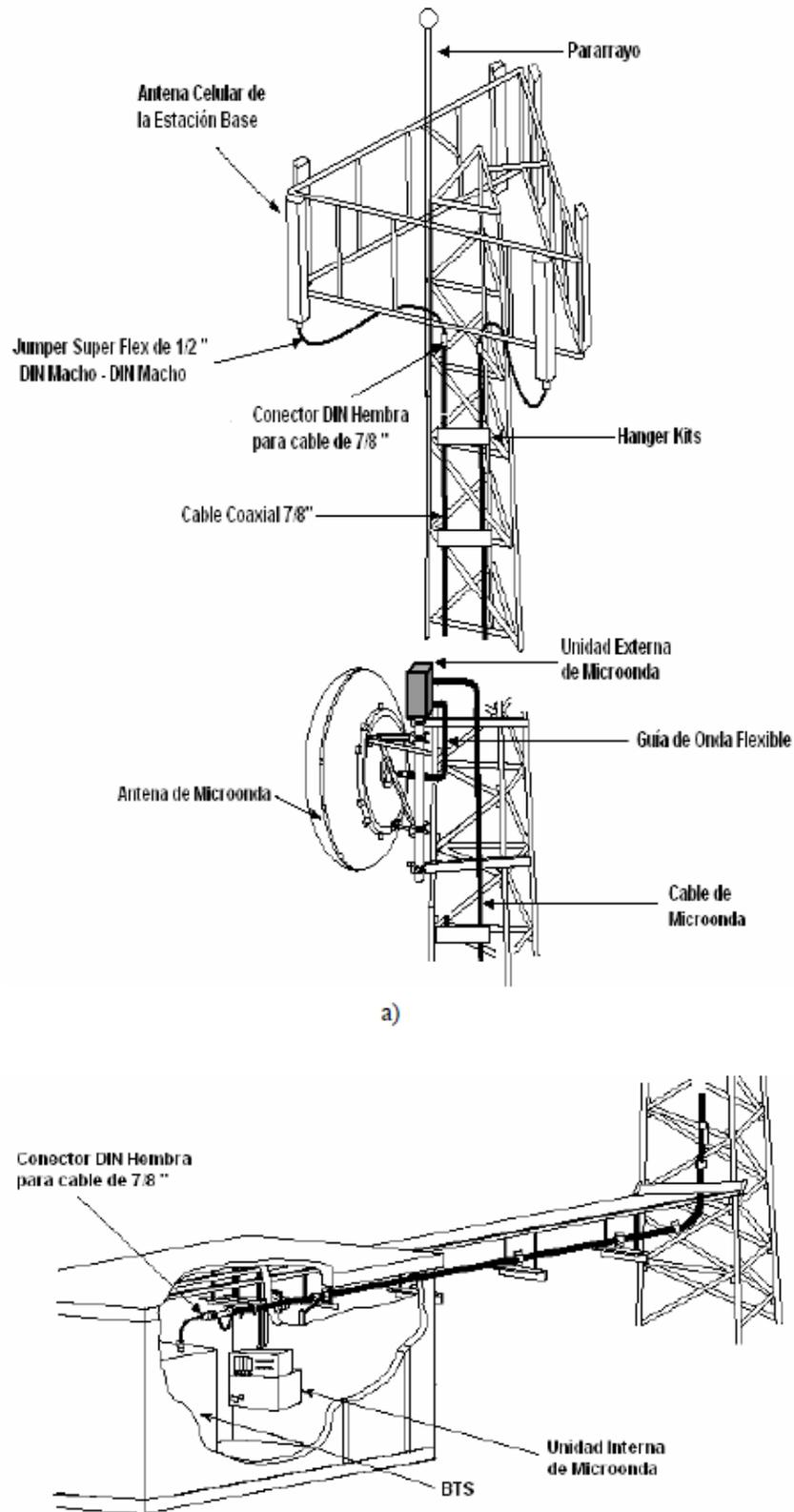


Figura 4.27. Elementos que conforman el sistema de microondas y radio frecuencia

4.14.1. Selección de la Antena BTS

La selección de la antena BTS es una parte muy importante de la planificación de la red de radio CDMA, y fundamentalmente se basa en requerimientos de cobertura, prioridad de selección de antena y espacio de instalación.

La Tabla IV.IV, muestra nuestra recomendación sobre la selección de antena en situaciones típicas del proyecto CDMA.

Selección de Antena en Situaciones Típicas del Proyecto CNT CDMA					
Banda de operación (MHz)	Tipo de antena	Ganancia (dBi)	Ancho de lóbulo principal 3dB (grados)	Polarización	Downtilt eléctrico (grado)
450	direccional	37.2	65	polarización dual $\pm 45^\circ$	0

Tabla IV.V. Parámetro recomendado de antena

La Figura IV. 28, los patrones de antena, de las típicas antenas direccionales:

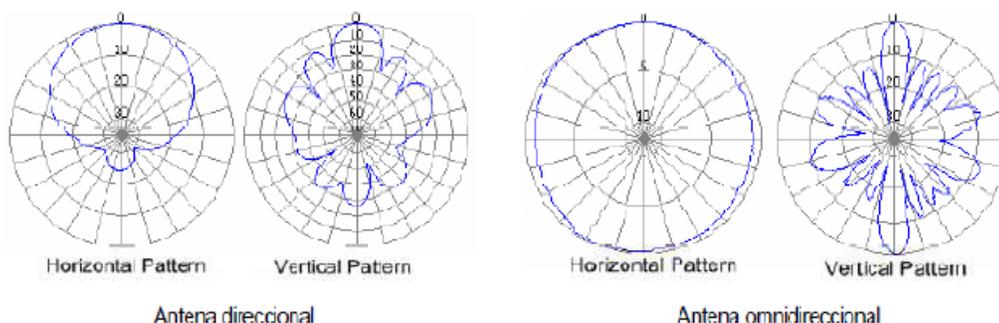


Figura 4.28. Patrón típico de antena

4.15. CARACTERÍSTICAS DE LA BTS

Una BTS utilizada es la MACRO BTS3606AC outdoor, la cual soporta aire acondicionado incluido en el gabinete, ideal para zonas de calor intenso. Además, provee radiador de calor para zonas menos calientes, baterías y soporte para el sistema de transmisión de microondas.

Soporta también hasta 9 sectores-carrier y voltajes de alimentación de 220V, 230V y 240v, y también es compatible con sistemas de 110V, 115V y 127V de AC de una fase y trifásicos. La BTS3606AC puede ser instalada en diferentes tipos de ambiente y campos electromagnéticos complejos pues cumple el estándar de seguridad IP55.

- Eficiencia en el amplificador de potencia (High PA – Power Amplifier) y bajo consumo de potencia: la eficiencia del amplificador de potencia (PA) de la BTS. Con esta característica la BTS puede ahorrar hasta un 40% de costos por consumo de potencia.
- La BTS adopta un amplificador de potencia altamente lineal y un filtro integrado de alto desempeño. Este diseño de hardware garantiza la construcción de sistemas co-sitio. Esta característica permite ahorrar en cuarto de equipos, troncales E1 de transmisión y permite una rápida instalación.
- Mediante la tecnología patentada “intelligent software phase lock technology” y con los osciladores de cristal integrados de alta precisión, se mejora la estabilidad del reloj, lo cual permite que la BTS siga operando varias horas después de haber perdido la señal del satélite. Esta característica asegura su operación en casos de emergencia.
- La BTS soporta un networking flexible, que incluye ATM sobre E1/T1, microonda, satélite, IP sobre E1/T1, FE.

La configuración de la BTS se resume a continuación, Tabla IV. V.

BTS (450MHz)	E1 para A bis por BTS	TRX por BTS	CE Hardware por BTS	CE Software por BTS
BTS3606AC S111 para 1X	1	3	256	110

Tabla IV.VI. Clasificación de la BTS 3606AC

Dimensión Física de la BTS

La dimensión física de las diferentes BTS propuestas por HUAWEI se presenta en la Tabla IV.VI.

Gabinete BTS3606AC	1400mm x 700mm x 800mm
--------------------	------------------------

Tabla IV.VII. Dimensión física de la BTS

La presión mínima del piso del cuarto de equipos no debe ser menor a 400FG/m². A continuación se encuentran los componentes q necesita la BTS3606AC outdoor.

4.15.1. Sistema de Alimentación

A continuación se describen las características principales de cada uno de los componentes de la solución.

a. Rectificadores

Se han configurado cuatro modelos de rectificadores:

- Emerson PS48300
- PSU-EPW30

Emerson PS48300.- Este rectificador es de tipo modular y permite la instalación de 10 módulos rectificadores de 30 A cada uno, por lo tanto la capacidad máxima de este rectificador es de 300 A. El equipo cuenta con un módulo de control modelo M500D, con un procesador incluido y con un display para configuración y visualización de alarmas.

PSU-EPW30.- La BTS es su versión AC, cuenta con una unidad de rectificación incorporada, formada por una unidad controladora y una capacidad modular de hasta tres módulos de rectificación de alta frecuencia de 30 A cada uno. Adicionalmente cuenta con las protecciones correspondientes a la entrada de AC.

b. Banco de Baterías Outdoor de 150 Ah

Para los bancos de baterías de los sitios outdoor, se han configurado bancos de baterías de 150 Ah, conformados por baterías de 12 VDC marca Narada. Tienen un tiempo de vida útil de al menos 10 años, deberán ser instalados en el gabinete de el cual cuenta con el compartimiento para instalación de baterías. (Figura IV.29).



Figura 4.29. Baterías de 12 VDC utilización outdoor

c. Protecciones

Emerson SPD Clase B Serie VT.- Es un supresor de transientes Clase B protector de transientes de sobre voltaje, está configurado junto a la entrada AC de los sitios se ha configurado el rectificador EPW30-48 A, en todos los sitios outdoor.

4.15.2. FWT (Fixed Wireless Terminal)

A continuación se presenta un resumen de las características de las terminales para abonados.

ETS2052



Figura 4.30. Terminal ETS2052

Servicio de Voz

El terminal HUAWEI ETS2052 (Figura IV.30) cumple el protocolo CDMA 2000 1X y la tecnología CDMA, y tiene las siguientes características:

- Conversación clara, baja tasa de caída de llamadas, gran privacidad, baja radiación electromagnética, etc.
- Requiere de una baja inversión y ofrece una alta tasa de retorno de áreas remotas de población esparcida.
- Ofrece servicios de voz de alta calidad, servicio de datos, PC fax, incrementando el ARPU del operador.

4.16. ESTUDIO ECONÓMICO

4.16.1. Estudio de Factibilidad de la Red CDMA 450

Los pueblos que se encuentran dentro de las montañas o dentro de los valles representan el reto más importante para una tecnología inalámbrica convencional. Llegar a áreas rurales con tan poca densidad poblacionales, con soluciones basadas en cobre, es prácticamente imposible por el alto costo que tendría.

4.16.2. Equipamiento de red

A continuación se describe cada uno de los bloques de equipos necesarios para la implementación de la red:

BSS Base Station System o Sistema de estaciones base, es el encargado de interactuar directamente con los terminales de los clientes, incluye el BSC Base Station Controlar o Controlador de la estación base, el cual permite la interconexión con la MSC y la PSDN, además de incluir también la BTS Base Transceiver Station, es la interfaz de RF, que posibilita la comunicación entre los equipos de usuario (teléfonos fijos inalámbricos, routers inalámbricos, etc.) y la red.

Presento soluciones en cuanto a equipamiento de red ofrecidos por dos de los principales fabricantes inmersos en el desarrollo de la tecnología CDMA450, los cuales son:

HUAWEI		ZTE	
	<p>Macro CDMA BTS3606C Entre las principales características se tiene:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Soporta 3 celdas, 9 portadoras / sector. - Banda de operación: 450/800 MHz - Dimensiones 700 x 480 x 600 mm. - Peso: <85kg(S3/3/3) - CE Pooling: 768 Ces. - Potencia de transmisión: 60W (TOC). - Eficiencia de PA: 33% DHT. - Sensibilidad: -128 dBm - Transmisión: E1/T1/FE - Alimentación -48VDC/+24VDC. - Consumo de potencia: <630W (S1/1/1), <850W(S2/2/2), <1050W(S3/3/3). 		<p>Micro BTS Entre las principales características se tiene:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Soporta 1 puerto / 3 sectores. - Banda de frecuencia 450/800/1900MHz. - Máxima potencia de transmisión 40W (800MHz), 20W (450/1900MHz). - Sensibilidad: -110 dBm - Alimentación 220 Vac o 48 Vdc. - Consumo de potencia: Hasta 150W. - Dimensiones 800 mm x 400 mm x250 mm.

	<p>Huper BSC Básicas: - Gabinete: N68-22: 2200mm x 600mm x 800mm. - Peso: Un gabinete < 350 Kg. - Configuración completa: 2 gabinetes/5 subracks. - Alimentación: -48V DC (-40V ~ -57V). - Consumo de potencia total: < 8.5 KW. IP Network Ix - BHCA: 3100K. - 50K Erlang de capacidad de tráfico. - TRX: 4300. - IX throughput: 100Mbps. IP Network DO: - TRX: 6000. - DO throughput: 3Gbps. - Sesiones EVDO activas: 2000. - Conexiones PPP: 600K. TDM/ATM Network (1x): - Erl: 25K. - BHCA: 1500K. - TRX: 2500 Confiabilidad: - Disponibilidad: 0.999995 - MTBF: 105967.24 horas. - MTTR: o.5 horas.</p>	 <p>BSC Entre las principales características se tiene: - 240 enlaces E1 hacia el MSC. - 380 enlaces hacia las BTS's. - 7200 selector/vocoder. - Vocoder: 8K, 13K , EVRC. - 5,040 Erlang de capacidad de tráfico. - BSC/PCF soporta hasta 2400 sesiones activas y 40000sesiones PPP tipo "dormant". - MTBF>20años. - Dimensiones: 2000 mm x 810 mm x 600 mm (AltoXAnchoXProfundidad).</p>
---	--	--

Tabla IV.VIII. Equipos HUAWEI Y ZTE para la infraestructura de red

4.16.3. Equipamiento de usuario

A continuación, algunas opciones de terminales de usuario, para los servicios de voz, propuestas por 3 de los principales fabricantes.

Estos equipos pueden trabajar tanto sobre sistemas propios como sobre redes basadas en tecnología de otros fabricantes.

4.16.3.1 Telefonía

En la Tabla se describe algunas opciones de equipos de telefonía fija inalámbrica, así como sus principales características:

HUAWEI		AXESSTEL	
	<p>ETS CDMA 1 Series Entre las principales características se tiene:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Opera en la frecuencia de 450 MHz - Alta calidad de señal. - Alto volumen. - Manos libres. - Soporta servicios suplementarios. 		<p>PX110 Opera en la frecuencia de 450 MHz, ofrece alta calidad de voz y mensajes cortos. Entre las principales características se tiene:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Altavoz incorporado. - Iluminación de pantalla y teclado. - Pantalla LCD a matriz de puntos de 3 líneas. - Hora mundial y calculadora. - SMS. - Correo de voz. - Sonidos polifónicos. - Llamada en espera, transferencia de llamadas y llamadas tripartitas. - RUM (Removable User Identity Module) opcional. - PCO (Public Calling Office Function) opcional. - Radio FM opcional.
 <p>ETS CDMA 2</p>  <p>ETS CDMA 8</p>  <p>ETS CDMA 9</p>	<p>ETS CDMA 2 / ETS CDMA 8 / ETS CDMA 9 Series Entre las principales características se tiene:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Opera en la frecuencia de 450 MHz - Alta calidad de voz y SMS. - Servicio de transferencia de datos con a una tasa máxima de 153.6 Kbit/s. - Llamadas de emergencia. - 11 tipos de timbrado. - Soporta servicios suplementarios. 		<p>PX310 Opera en la frecuencia de 450 MHz, ofrece alta calidad de voz, mensajes cortos y transmisión de datos a alta velocidad. Entre las principales características se tiene:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1x Packet Data Capability (153.6Kbps max). - Altavoz incorporado. - Iluminación de pantalla y teclado. - Pantalla LCD gráfica de 3 líneas. - Interface de datos para RS232 y USB - Hora mundial y calculadora. - SMS. - Correo de voz. - Sonidos polifónicos. - Llamada en espera, transferencia de llamadas y llamadas tripartitas. - RUM (Removable User Identity Module) opcional. - PCO (Public Calling Office Function) opcional. - Radio FM opcional.
	<p>CDMA T Series Entre las principales características se tiene:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Opera en las frecuencia de 450 MHz - Alta calidad de voz y SMS. - Servicio de transferencia de datos con a una tasa máxima de 153.6 Kbit/s. - Soporta teléfonos públicos. - Puerto para control de carga. - Transferencia de llamadas, llamada en espera, llamadas tripartitas. 		

Tabla IV.IX. Equipos terminales HUAWEI Y ZTE para la infraestructura de red

4.16.4. Antecedentes de los equipos instalados

En esta loma se encuentra ubicada la BTS, cuenta con energía eléctrica; y hay antenas de telecomunicaciones.

4.16.4.1. Tipo del local

La caseta construida es de tipo D 4x4m.

Los materiales utilizados en la construcción son de buena calidad.



Figura IV. 31 Caseta tipo D 4x4m

4.16.4.2. Materiales eléctricos utilizados

- **Tubería negra reforzada de $\frac{3}{4}$ ''**: para la interconexión entre el medidor y el tablero de distribución.
- **Conductores**: para puntos de luz son calibre # 14 AWG tipo THHN, 600V de aislamiento mínimo y tomacorrientes son calibre #12. Se respetará en general el código de colores básico:
 - Negro, rojo y azul para las fases
 - Blanco para el conductor del neutro
 - Verde para la conexión a tierra
 - Otros colores para retornos de interruptores, controles, señales, conmutadores, etc.
- **Canaletas**: para la ubicación de los conductores.
- **Cajetines**: son ortogonales y rectangulares de plástico.

- **Focos ahorradores de 20W**
- **Tablero Bifásico de 20 Puertos:** son de tipo “centro de carga” (LOAD CENTER) sobrepuestos. Tendrá una capacidad de conducción en barras de al menos 350 Amp. Tratadas para la corrosión y pintadas de color gris mate.
- **Caja porta medidor**
- **Alimentador a tierra con cable #8 AWG y varilla Cooperweld 5/8x1.8 m.**
- **Acometida de 220V con toma a tierra:** con cable #8 (7 hilos) flexible tanto para la fase, neutro y tierra.
- **Instalación de puesta a tierra 5 Ohmios:** con un valor de resistencia en vacío menor o igual a 5 ohmios. Para el mejoramiento del suelo se debe utilizar componentes químicos degradables.

4.16.5. Propuesta final para el diseño de la red CMDA 450.

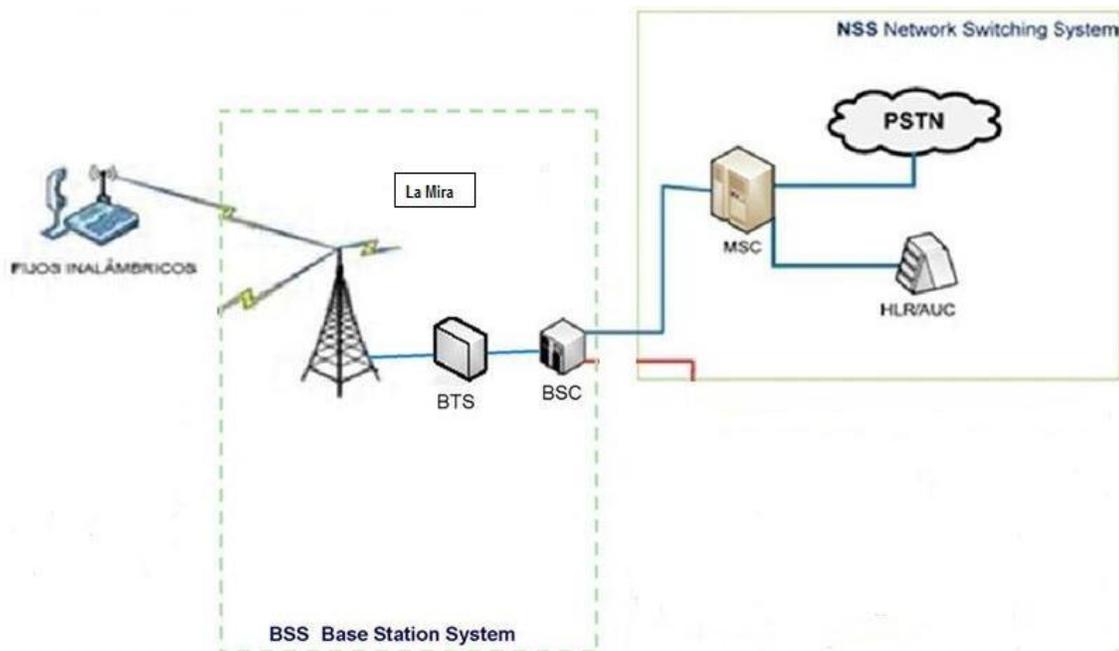


Figura 4.32. Diseño de la Red CDMA450 propuesta final.

4.16.6. Presupuesto Referencial de los Equipos utilizados en la implementación de la red CDMA450

4.16.6.1. Presupuesto de Equipamiento.

Para la realización del presupuesto necesario para el diseño de la red CDMA450 propuesta, se analizan: costos de equipos y elementos, costos de instalación y configuración, y el costo de mano de obra.

En este proyecto se presenta una proforma de precios de la infraestructura facilitada a la empresa CNT por HUAWIE TECHNOLOGIES ECUADOR, donde se detallan los siguientes aspectos:

- Precios de los equipos donde están incluidos BBS (Base Station System), PDS (Packed Data System), M2000 (Sistema de Gestión), Antenas, Alimentadores, y Repuestos.
- Precios del transporte y seguros internacionales y locales de los equipos.
- Precios del servicio de entrenamiento para el manejo de los equipos y servicios profesionales.
- Los precios de los servicios profesionales de optimización de red de RF y de mantenimiento anual del sistema CDMA450 son opcionales.

Para el equipamiento de red necesario, optaremos por la opción HUAWIE TECHNOLOGIES, debido a que sus equipos cubren las necesidades de la red, presentan una buena oferta de precios (ver Anexo).

En cuanto a equipamiento de usuario tenemos una gran variedad de terminales con diferentes características y funciones, cuyos costos varían de acuerdo a las características del equipo, teniendo terminales de solo telefonía desde \$ 35, hasta terminales híbridos de telefonía + datos de hasta \$ 150, la selección de estos dependerá del usuario, tomaremos en cuenta una cantidad de 300 equipos a un precio promedio de \$ 100 cada uno, continuación se detalla los precios de cada uno de los equipos y elementos antes mencionados.

Ítem	DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	SUBTOTAL
1	BTS (Inc.Antenas)	80.000	1	80.000
2	TERMINALES DE USUARIO	100	300	30.000
3	Sub total USD			110.000
4	Costo de Aduanas (43%)			47.300
5	Costo Dólares Americanos INC IVA			157.300

Figura 4.33 Costos de Equipamiento

4.16.6.2. Costos de interconexión

En primer lugar consideraremos los costos de interconexión para los sistemas de telefonía, en base al número de Els calculados y a los precios de adecuación referenciales provistos por Telefónica.

Ítem	DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	SUBTOTAL
1	Total Telefonía	80	300	24.000
2	Sub total			24.000
3	Costo de IVA (12%)			2.880
4	Costo Dólares Americanos INC IVA			26.880

Figura 4.34 Costos de Interconexión

4.16.6.3. Costo total del proyecto

En la Figura 4.34, se muestra el resumen de los costos de inversión del proyecto, considerando los costos equipamiento e interconexión.

Ítem	DESCRIPCION	USD
1	Equipamiento	157.300
2	Interconexión	26.880
Costo Dólares Americanos INC IVA		184.180

Figura 4.35 Costo total del proyecto

4.16.6.4. Costo de operación y mantenimiento.

Los costos de operación y mantenimiento deberán cubrir todos aquellos gastos relacionados con el buen desempeño de la red, entre estos se tiene el pago al personal operador, la reparación, cambio de equipos, pagos por transporte hacia otros operadores, alquiler, pago de servicios, etc.

ITEM	DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO	Subtotal
1	Costo mensual pago de energía	100	100
2	Costo mensual transporte	500	500
3	Pago Personal	2.000	2.000
4	Subtotal USD		2.600
5	Costo IVA (12%)		312
Costo Dólares Americanos INC IVA			2.192

Figura 4.36 Costos de Mantenimiento

4.16.6.5. Tiempo de recuperación del capital.

El costo de inversión de este proyecto se calcula que se podría recuperar en un lapso de 5 años tomando en cuenta que los usuarios de las poblaciones rurales tienen una tarifa telefónica marginal.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tuvo como objetivo el estudio de factibilidad de la ampliación del sistema CDMA 450 en la BTS de la mira para que soporte datos.

Con CDMA 450 es una solución 3G que combina los servicios de comunicación inalámbrica CDMA2000 con cobertura de red accesible con base en la banda de frecuencia 450 MHz.

5.2. CONCLUSIONES

- Se determina que es factible realizar este proyecto para las parroquias de Ilapo, Santa Fe de Galán y sus comunidades.
- La Tecnología inalámbrica CDMA 450 es una solución excelente para zonas remotas, ya que el espectro radioeléctrico esta menos congestionado.
- Una ventaja de utilizar CDMA en la banda de frecuencia 450 MHz es la gran propagación de la señal con la utilización de una sola estación base.
- La tecnología CDMA 45 provee de una alta inmunidad de interferencia y condiciones de propagación de múltiples pasos inherentes al ambiente; esto es gracias al Espectro Ampliado.
- Esta tecnología constituye un elemento de amalgama e integración social y de desarrollo.
- El presente trabajo me ha permitido recordar muchos conocimientos adquiridos durante nuestro paso por las aulas.

5.3. RECOMENDACIONES

- Hacer una campaña de información por las zonas rurales del Cantón Riobamba, para que la ciudadanía se familiarice con esta nueva tecnología como es CDMA 450.
- Que los equipos terminales sean de costos accesibles para el cliente.
- Tener especial cuidado en el estudio técnico y de demanda para evitar el sobredimensionamiento de la capacidad de los equipos y pérdidas económicas para la empresa.
- Proporcionar el servicio de datos y video, intentando escalar en la tecnología al ser parte de una red de nueva generación que como EV-DO y EV-VD pueden funcionar en base a equipos ya instalados.
- Usar estaciones bases (BTS) compactas, las cuales pueden ser fácilmente transportadas.

BIBLIOGRAFÍA

- * www.huawei.com/mobileweb/eh/view.do?ide=723
- * ZTE: www.zte.com.cn
- * www.eveliux.com/mx/la-evolucion-de-la-telefonía-móvil.php.
- * www.cdg.org
- * www.huawei.com/solutions.
- * www.monografias.com
- * www.huawei.org
- * <http://www.cdg.org/tecnology/3g/cdma450.asp>
- * <http://www.450world.org>
- * <http://www.citel.oas.org>
- * <http://www.citel.oas.org>
- * www.cdma-450-una-solucion-para-zonas-rurales.htm
- * http://www.Estación_base2.htm
- * <http://www.index.php.htm>

LIBROS:

- * Moisés Remuzgo Hurtado, CDMA 450: una solución para zonas rurales.
- * Carlos Killian. International 450 Association IA450. IA450 América Latina.
- * Carrión Hugo Ing. “Aportes de clases de Ingeniería”
- * Kin Kiseon Koo, IS, CDMA System Capacity Engineering

ANEXOS

ANEXOS A

ANEXO A1 REQUISITOS DEL 1xEV-DV

REQUISITOS	CONFORMIDAD DEL ESTÁNDAR	OBSERVACIÓN
Compatibilidad con redes ANSI-41	✓	
En comparación con CDMA2000, al menos 2 veces el número de llamadas de voz simultáneas para un solo canal de radio, para la misma configuración de antena de la estación de base y usando el mismo vocoder.	X	La capacidad de voz del CDMA2000 ha sido conservada en 1xEV-DV.
Al menos 2.4 Mbps en el canal portador directo cuando solo se da servicio al tráfico de datos de paquetes para cualquier usuario en un ambiente vehicular de alta velocidad y al aire libre.	✓	3.09 Mbps es soportado en F-POCH ² .
Al menos 1.25 Mbps en el canal portador reverso cuando solo se da servicio al tráfico de datos de paquetes para cualquier usuario en un ambiente vehicular de alta velocidad y al aire libre.	X	Velocidad de datos pico en el canal reverso es 451.2 Kbps.
Al menos 600 Kbps en el canal portador directo cuando solo se da servicio al tráfico de datos de paquetes para cualquier usuario en un ambiente vehicular de alta velocidad y al aire libre.	✓	Velocidad de datos promedio de 1.7 Mbps es soportada en el canal portador directo.
1xEV-DV operará con configuración de radio 3x.	✓	1xEV-DV puede ser extendida fácilmente para operar en modo 3x debajo de la estructura del sistema actual.
Handoff de los servicios de datos y voz entre el canal de radio 1xEV-DV y otros canales de radio que están operando de acuerdo con las especificaciones de la familia del CDMA2000	✓	Todos los tipos de handoff son posibles entre el IS-95, IS-95A, IS-95B, y CDMA2000 release A, release B, y 1xEV-DV para llamadas de voz. Las llamadas de voz no pueden ser rechazadas a un sistema 1xEV-DO.
Si una estación móvil soporta tanto 1xEV-DV como 1xEV-DO, entonces la estación móvil soportará la transferencia de servicios de datos comúnmente soportados entre los canales de radio de 1xEV-DO y de 1xEV-DV.	✓	
Sesiones de datos de paquetes múltiples y simultáneas por usuario.	✓	

ANEXO A2 CARACTERÍSTICAS DEL CDMA 450

CARACTERÍSTICAS DE CDMA450	
Parámetros	CDMA450
Reuso de Frecuencia	1
Ancho de banda de portadora	1,25 MHz
Espectro requerido (para 3 portadoras)	4,5 MHz
Número efectivo de portadoras por sector	3
Número de Canales de voz por sector	84 (28 x 3)
Erlang por sector (Grado de Servicio de 2%)	60,45 (20,15 x 3)
Erlang por Sector/MHz	13,4

ANEXO A3 PRODUCTOS EN LA SERIE BTS

Modelo	Max portadoras por gabinete	Capacidad	Aplicación	Tipo
BTS3606E	36	Media	Ciudades pequeñas y medianas y pueblos donde existe suficiente espacio en cuarto de equipos	BTS interior soporta CDMA2000 1x and 1xEV-DO
		Grande	Áreas densamente pobladas y ciudades	BTS interior soporta CDMA2000 1x and 1xEV-DO
BTS3606AE	36	Media	Ciudades medianas y pequeñas y pueblos donde el tráfico es pesado y no se tiene disponible espacio en cuarto de equipos	BTS exterior soporta CDMA2000 1x and 1xEV-DO
		Grande	Áreas densamente pobladas donde el tráfico es pesado y no se tiene disponible espacio en cuarto de equipos	BTS exterior soporta CDMA2000 1x and 1xEV-DO
BTS3601C	1	Pequeña	Interiores, carreteras, subterráneos y vías férreas	BTS exterior soporta CDMA2000 1x (aplica también para condiciones internas)
BTS3601CE	6	Pequeña	Interiores, carreteras, subterráneos y vías férreas	BTS exterior soporta CDMA2000 1x y 1xEV-DO (aplica también para condiciones internas)
BTS3606C	18	Media	Ciudades medianas y pequeñas, pueblos, y áreas subterráneas	BTS interior soporta CDMA2000 1x and 1xEV-DO
BTS3606AC	9	Media	Ciudades medianas y pequeñas, pueblos, y áreas subterráneas	BTS exterior soporta CDMA2000 1x and 1xEV-DO

ANEXO A4 TASA DE ENSANCHAMIENTO Y CONFIGURACIÓN DE RADIO

Tasa de Ensanchamiento	Enlace Directo	Configuración de Radio	Velocidad de Datos (bps)	Velocidad de Datos (bps)	Configuración de Radio	Enlace Reverso
SR1 1xRTT 1 Portadora 1.2288 Mcps	Requerido. Compatible IS-95. Características de codificación no de CDMA2000	RC1	9600	9600	RC1	Requerido. Compatible IS-95. Características de codificación no de CDMA2000
	Compatible con IS-95B RS2. Características de codificación no de CDMA2000.	RC2	14400	14400	RC2	Compatible con IS-95B RS2. Características de codificación no de CDMA2000.
	¼ de la tasa de codificación. Convolutional o Turbo Codificación. Velocidad Base 9600.	RC3	9600	9600	RC3	¼ de la tasa de codificación Convolutional o Turbo Codificación
	½ de la tasa de codificación. Convolutional o Turbo Codificación. Velocidad Base 9600	RC4	9600	153600		½ de la tasa de codificación. Convolutional o Turbo Codificación. Velocidad Base 9600
	¼ de la tasa de codificación. Convolutional o Turbo Codificación. Velocidad Base 14400	RC5	14400	230400	RC4	¼ de la tasa de codificación. Convolutional o Turbo Codificación. Velocidad Base 14400
1/6 de la tasa de codificación. Convolutional o Turbo Codificación. Velocidad Base 9600	RC6	9600	307200	RC5	Requeridos. ¼ o 1/3 de la tasa de codificación. Convolutional o Turbo Codificación. Velocidad Base 9600	
Requeridos. 1/3 de la tasa de codificación. Convolutional o Turbo Codificación. Velocidad Base 9600	RC7	9600	614400			
Directo: 3 Portadoras 1.2288 Mcps	¼ o 1/3 de la tasa de codificación. Convolutional o Turbo Codificación. Velocidad Base 14400	RC8	14400	460800	RC6	¼ o 1/3 de la tasa de codificación. Convolutional o Turbo Codificación. Velocidad Base 14400
Reverso: 3.6864 Mcps	¼ o 1/3 de la tasa de codificación. Convolutional o Turbo Codificación. Velocidad Base 14400	RC9	14400	1036800		

ANEXO B

ANEXO B1 CARACTERÍSTICAS DEMOGRÁFICAS DE ILAPO Y SANTA FE DE GALÁN

PARROQUIA	0-4 AÑOS		5-9 AÑOS		10-19 AÑOS		20-39 AÑOS		40-59 AÑOS		60-79 AÑOS		80 Y MÁS		TOTAL
	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	
SANTA FE DE GALÁN	111	120	119	140	210	210	203	239	107	112	41	39	13	9	1673
ILAPO	93	97	110	94	199	160	208	219	108	129	70	97	15	14	1613

Población de Ilapo:

	HOMBRES	MUJERES	TOTAL
CABECERA PARROQUIAL	128	135	263
RESTO DE LA PARROQUIA	675	675	1350
TOTAL	803	810	1613

Servicios de Educación

Comunidad	Nombre de la institución	Tipo de institución				Nivel de formación ofertado				Jornada		Idioma		
		Fiscal	Fiscomisional	Municipal	Privada	Pre-escolar	Primaria	Ciclo básico	Bachillerato	Matutina	Vespertina	Nocturna	Hispana	Bilingüe
Ilapo	Red Dr. Manuel Rodríguez Orozco	X						X	X	X			X	
	General Julio Andrade	X				X				X			X	
Chipza	Dr. Cesar León Hidalgo	X				X				X			X	
Saguazo Cruz de Mayo	Leonor Alvan de Gallegos	X				X				X			X	
Saguazo la Unión	La Unión de Saguazo	X				X				X			X	

Comunidad	Nombre de la institución	No. de alumnos / alumnas		No. de profesores		Programas de alfabetización				Programas de pos-alfabetización			
		Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Disponibilidad		Población		Disponibilidad		Población	
						Si	No	Hombres	Mujeres	Si	No	Hombres	Mujeres
Ilapo	Red Dr. Manuel Rodríguez Orozco	31	34	5	7		X				X		
	General Julio Andrade	18	20		4	X				X			
Chipza	Dr. Cesar León Hidalgo	1	8	1	1	X				X			
Saguazo Cruz de Mayo	Leonor Alvan de Gallegos	11	9	1		X				X			
Saguazo la Unión	La Unión de Saguazo	13	17		4	X		3	9	X			

Servicio de Salud

Comunidad	Nombre de la institución	Forma de administración						Tipo de institución								
		Pública MSP	IESS	Privado	ONG	GAD Municipal	Gad Provincial	Sub centro de salud	Centro de salud	Hospital público	Dispensario público	Consultorio privado	Unidad móvil	Clinica	Hospital privado	
Santa Rosa de Cullog	Seguro Campesino		X													
Lalanshi	Lalanshi	X						X								
Ilapo	Sub Centro de Salud Ilapo	X						X								

Centros de desarrollo infantil

Comunidad	Nombre de la institución	Forma de administración						Jornada			Idioma	
		INFA	INFA-GAD	INFA-GAD	INFA-GAD	INFA-ONG	ONG	Matutina	Vespertina	Nocturna	Hispana	Bilingüe
Lalanshi	Centro de Desarrollo Infantil (CDI) "La Dolorosa"						X				X	
Ilapo	Centro Infantil del Buen		X					X	X		X	

Vivir “San Lucas”											
-------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Comunidad	Nombre de la institución	Número de niños/niñas		Números de promotores	
		Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
Lalanshi	CDI La Dolorosa	9	6		1
Ilapo	Centro Infantil del Buen Vivir “San Lucas”	4	13		4

Población de Santa Fe de Galán:

	HOMBRES	MUJERES	TOTAL
CABECERA PARROQUIAL	70	67	137
RESTO DE LA PARROQUIA	734	802	1536
TOTAL	804	869	1673

Servicios de Educación

Comunidad	Nombre de la institución	Tipo de institución				Nivel de formación ofertado				Jornada			Idioma	
		Fiscal	Fiscal	Municipal	Privada	Pre-escolar	Primaria	Ciclo básico	Bachillerato	Matutina	Vespertina	Nocturna	Hispana	Bilingüe
San José de Sabañag	Gonzalo Saldumbide	x					x			x			x	
San Luis de Sabañag	Leonor Burbano de Haro	x					x			x			x	
Barrio Centro	José Antonio Lizarzaburu	x						x		x			x	

La Palestina	Granaderos de Tapi	x					x			x			x
--------------	--------------------	---	--	--	--	--	---	--	--	---	--	--	---

Comunidad	Nombre de la institución	Número de alumnos/alumnas		Número de profesores		Programas de alfabetización				Programas de pos-alfabetización			
		Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Disponibilidad		Población		Disponibilidad		Población	
						Si	No	Hombres	Mujeres	Si	No	Hombres	Mujeres
San José de Sabañag	Gonzalo Saldumbide	25	28	2	4		x				x		
San Luis de Sabañag	Leonor Burbano de Haro	4	8	-	1		X				X		
Barrio Centro	José Antonio Lizaraburu	82	75	5	14		X				X		
La Palestina	Granaderos de Tapi	1	2	1	-		x				X		

Servicios de Salud

Comunidad	Nombre de la institución	Forma de administración						Tipo de institución							
		Pública MSP	IIESS	Privado	ONG	Gad Municipal	Gad Provincial	Sub centro de salud	Centro de salud	Hospital público	Dispensario público	Consultorio privado	Unidad móvil	Clínica	Hospital privado
Barrio Centro	Puesto de Salud Santa Fe de Galán	X						x							

Centros de Desarrollo Infantil

Comunidad	Nombre de la institución	Forma de administración						Jornada			Idioma	
		INFA	INFA-Gad Parroquial	INFA-Gad Cantonal	INFA-Gad Provincial	INFA - ONG	ONG	Matutina	Vespertina	Nocturna	Hispana	Bilingüe
San Luis de Sabañag	FUNIDIFAR	X						X			X	
San José de Sabañag	FUNIDIFAR	X						X			X	

Población por condición de alfabetismo:

PARROQUIA	ALFABETA			ANALFABETA			TOTAL		
	H	M	T	H	M	T	H	M	T
SANTA FE DE GALÁN	516	510	1026	58	99	157	574	609	1183
ILAPO	527	489	1016	73	130	203	600	619	1219

ANEXO B2 TABLA DE VALORES DE ERLANG

N	Probabilidad de pérdida (E)										n
	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	
1	.00705	.00806	.00908	.01010	.02041	.03093	.05263	.11111	.25000	.66667	1
2	.12600	.13532	.14416	.15259	.22347	.28155	.38132	.59543	1.0000	2.0000	2
3	.39664	.41757	.43711	.45549	.60221	.71513	.89940	1.2708	1.9299	3.4798	3
4	.77729	.81029	.84085	.86942	1.0923	1.2589	1.5246	2.0454	2.9452	5.0210	4
5	1.2362	1.2810	1.3223	1.3608	1.6571	1.8752	2.2185	2.8811	4.0104	6.5955	5
6	1.7531	1.8093	1.8610	1.9090	2.2759	2.5431	2.9603	3.7584	5.1086	8.1907	6
7	2.3149	2.3820	2.4437	2.5009	2.9354	3.2497	3.7378	4.6662	6.2302	9.7998	7
8	2.9125	2.9902	3.0615	3.1276	3.6271	3.9865	4.5430	5.5971	7.3692	11.419	8
9	3.5395	3.6274	3.7080	3.7825	4.3447	4.7479	5.3702	6.5464	8.5217	13.045	9
10	4.1911	4.2889	4.3784	4.4612	5.0840	5.5294	6.2157	7.5106	9.6850	14.677	10
11	4.8637	4.9709	5.0691	5.1599	5.8415	6.3280	7.0764	8.4871	10.857	16.314	11
12	5.5543	5.6708	5.7774	5.8760	6.6147	7.1410	7.9501	9.4740	12.036	17.954	12
13	6.2607	6.3863	6.5011	6.6072	7.4015	7.9667	8.8349	10.470	13.222	19.598	13
14	6.9811	7.1155	7.2382	7.3517	8.2003	8.8035	9.7295	11.473	14.413	21.243	14
15	7.7139	7.8568	7.9874	8.1080	9.0096	9.6500	10.633	12.484	15.608	22.891	15
16	8.4579	8.6092	8.7474	8.8750	9.8284	10.505	11.544	13.500	16.807	24.541	16
17	9.2119	9.3714	9.5171	9.6516	10.656	11.368	12.461	14.522	18.010	26.192	17
18	9.9751	10.143	10.296	10.437	11.491	12.238	13.385	15.548	19.216	27.844	18
19	10.747	10.922	11.082	11.230	12.333	13.115	14.315	16.579	20.424	29.498	19
20	11.526	11.709	11.876	12.031	13.182	13.997	15.249	17.613	21.635	31.152	20
21	12.312	12.503	12.677	12.838	14.036	14.885	16.189	18.651	22.848	32.808	21
22	13.105	13.303	13.484	13.651	14.896	15.778	17.132	19.692	24.064	34.464	22
23	13.904	14.110	14.297	14.470	15.761	16.675	18.080	20.737	25.281	36.121	23
24	14.709	14.922	15.116	15.295	16.631	17.577	19.031	21.784	26.499	37.779	24
25	15.519	15.739	15.939	16.125	17.505	18.483	19.985	22.833	27.720	39.437	25
26	16.334	16.561	16.768	16.959	18.383	19.392	20.943	23.885	28.941	41.096	26
27	17.153	17.387	17.601	17.797	19.265	20.305	21.904	24.939	30.164	42.755	27
28	17.977	18.218	18.438	18.640	20.150	21.221	22.867	25.995	31.388	44.414	28
29	18.805	19.053	19.279	19.487	21.039	22.140	23.833	27.053	32.614	46.074	29
30	19.637	19.891	20.123	20.337	21.932	23.062	24.802	28.113	33.840	47.735	30
31	20.473	20.734	20.972	21.191	22.827	23.987	25.773	29.174	35.067	49.395	31

32	21.312	21.580	21.823	22.048	23.725	24.914	26.746	30.237	36.295	51.056	32
33	22.155	22.429	22.678	22.909	24.626	25.844	27.721	31.301	37.524	52.718	33
34	23.001	23.281	23.536	23.772	25.529	26.776	28.698	32.367	38.754	54.379	34
35	23.849	24.136	24.397	24.638	26.435	27.711	29.677	33.434	39.985	56.041	35
36	24.701	24.994	25.261	25.507	27.343	28.647	30.657	34.503	41.216	57.703	36
37	25.556	25.854	26.127	26.378	28.254	29.585	31.640	35.572	42.448	59.365	37
38	26.413	26.718	26.996	27.252	29.166	30.526	32.624	36.643	43.680	61.028	38
39	27.272	27.583	27.867	28.129	30.081	31.468	33.609	37.715	44.913	62.690	39
40	28.134	28.451	28.741	29.007	30.997	32.412	34.596	38.787	46.147	64.353	40
41	28.999	29.322	29.616	29.888	31.916	33.357	35.584	39.861	47.381	66.016	41
42	29.866	30.194	30.494	30.771	32.836	34.305	36.574	40.936	48.616	67.679	42
43	30.734	31.069	31.374	31.656	33.758	35.253	37.565	42.011	49.851	69.342	43
44	31.605	31.946	32.256	32.543	34.682	36.203	38.557	43.088	51.086	71.006	44
45	32.478	32.824	33.140	33.432	35.607	37.155	39.550	44.165	52.322	72.669	45
46	33.353	33.705	34.026	34.322	36.534	38.108	40.545	45.243	53.559	74.333	46
47	34.230	34.587	34.913	35.215	37.462	39.062	41.540	46.322	54.796	75.997	47
48	35.108	35.471	35.803	36.109	38.392	40.018	42.537	47.401	56.033	77.660	48
49	35.988	36.357	36.694	37.004	39.323	40.975	43.534	48.481	57.270	79.324	49
50	36.870	37.245	37.586	37.901	40.255	41.933	44.533	49.562	58.508	80.988	50
51	37.754	38.134	38.480	38.800	41.189	42.892	45.533	50.644	59.746	82.652	51
	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	

n	Probabilidad de pérdida (E)										n
	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	
51	37.754	38.134	38.480	38.800	41.189	42.892	45.533	50.644	59.746	82.652	51
52	38.639	39.024	39.376	39.700	42.124	43.852	46.533	51.726	60.985	84.317	52
53	39.526	39.916	40.273	40.602	43.060	44.813	47.534	52.808	62.224	85.981	53
54	40.414	40.810	41.171	41.505	43.997	45.776	48.536	53.891	63.463	87.645	54
55	41.303	41.705	42.071	42.409	44.936	46.739	49.539	54.975	64.702	89.310	55
56	42.194	42.601	42.972	43.315	45.875	47.703	50.543	56.059	65.942	90.974	56
57	43.087	43.499	43.875	44.222	46.816	48.669	51.548	57.144	67.181	92.639	57
58	43.980	44.398	44.778	45.130	47.758	49.635	52.553	58.229	68.421	94.303	58
59	44.875	45.298	45.683	46.039	48.700	50.602	53.559	59.315	69.662	95.968	59
60	45.771	46.199	46.589	46.950	49.644	51.570	54.566	60.401	70.902	97.633	60
61	46.669	47.102	47.497	47.861	50.589	52.539	55.573	61.488	72.143	99.297	61
62	47.567	48.005	48.405	48.774	51.534	53.508	56.581	62.575	73.384	100.96	62
63	48.467	48.910	49.314	49.688	52.481	54.478	57.590	63.663	74.625	102.63	63
64	49.368	49.816	50.225	50.603	53.428	55.450	58.599	64.750	75.866	104.29	64
65	50.270	50.723	51.137	51.518	54.376	56.421	59.609	65.839	77.108	105.96	65
66	51.173	51.631	52.049	52.435	55.325	57.394	60.619	66.927	78.350	107.62	66
67	52.077	52.540	52.963	53.353	56.275	58.367	61.630	68.016	79.592	109.29	67
68	52.982	53.450	53.877	54.272	57.226	59.341	62.642	69.106	80.834	110.95	68
69	53.888	54.361	54.793	55.191	58.177	60.316	63.654	70.196	82.076	112.62	69
70	54.795	55.273	55.709	56.112	59.129	61.291	64.667	71.286	83.318	114.28	70
71	55.703	56.186	56.626	57.033	60.082	62.267	65.680	72.376	84.561	115.95	71
72	56.612	57.099	57.545	57.956	61.036	63.244	66.694	73.467	85.803	117.61	72
73	57.522	58.014	58.464	58.879	61.990	64.221	67.708	74.558	87.046	119.28	73
74	58.432	58.930	59.384	59.803	62.945	65.199	68.723	75.649	88.289	120.94	74
75	59.344	59.846	60.304	60.728	63.900	66.177	69.738	76.741	89.532	122.61	75
76	60.256	60.763	61.226	61.653	64.857	67.156	70.753	77.833	90.776	124.27	76
77	61.169	61.681	62.148	62.579	65.814	68.136	71.769	78.925	92.019	125.94	77
78	62.083	62.600	63.071	63.506	66.771	69.116	72.786	80.018	93.262	127.61	78
79	62.998	63.519	63.995	64.434	67.729	70.096	73.803	81.110	94.506	129.27	79
80	63.914	64.439	64.919	65.363	68.688	71.077	74.820	82.203	95.750	130.94	80
81	64.830	65.360	65.845	66.292	69.647	72.059	75.838	83.297	96.993	132.60	81
82	65.747	66.282	66.771	67.222	70.607	73.041	76.856	84.390	98.237	134.27	82
83	66.665	67.204	67.697	68.152	71.568	74.024	77.874	85.484	99.481	135.93	83
84	67.583	68.128	68.625	69.084	72.529	75.007	78.893	86.578	100.73	137.60	84
85	68.503	69.051	69.553	70.016	73.490	75.990	79.912	87.672	101.97	139.26	85
86	69.423	69.976	70.481	70.948	74.452	76.974	80.932	88.767	103.21	140.93	86
87	70.343	70.901	71.410	71.881	75.415	77.959	81.952	89.861	104.46	142.60	87
88	71.264	71.827	72.340	72.815	76.378	78.944	82.972	90.956	105.70	144.26	88
89	72.186	72.753	73.271	73.749	77.342	79.929	83.993	92.051	106.95	145.93	89

90	73.109	73.680	74.202	74.684	78.306	80.915	85.014	93.146	108.19	147.59	90
91	74.032	74.608	75.134	75.620	79.271	81.901	86.035	94.242	109.44	149.26	91
92	74.956	75.536	76.066	76.556	80.236	82.888	87.057	95.338	110.68	150.92	92
93	75.880	76.465	76.999	77.493	81.201	83.875	88.079	96.434	111.93	152.59	93
94	76.805	77.394	77.932	78.430	82.167	84.862	89.101	97.530	113.17	154.26	94
95	77.731	78.324	78.866	79.368	83.134	85.850	90.123	98.626	114.42	155.92	95
96	78.657	79.255	79.801	80.306	84.100	86.838	91.146	99.722	115.66	157.59	96
97	79.584	80.186	80.736	81.245	85.068	87.826	92.169	100.82	116.91	159.25	97
98	80.511	81.117	81.672	82.184	86.035	88.815	93.193	101.92	118.15	160.92	98
99	81.439	82.050	82.608	83.124	87.003	89.804	94.216	103.01	119.40	162.59	99
100	82.367	82.982	83.545	84.064	87.972	90.794	95.240	104.11	120.64	164.25	100
101	83.296	83.916	84.482	85.005	88.941	91.784	96.265	105.21	121.89	165.92	101
	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	

n	Probabilidad de pérdida (E)										n
	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	
101	83.296	83.916	84.482	85.005	88.941	91.784	96.265	105.21	121.89	165.92	101
102	84.225	84.849	85.419	85.946	89.910	92.774	97.289	106.30	123.13	167.58	102
103	85.155	85.783	86.357	86.888	90.880	93.765	98.314	107.40	124.38	169.25	103
104	86.086	86.718	87.296	87.830	91.850	94.756	99.339	108.50	125.63	170.91	104
105	87.017	87.653	88.235	88.773	92.821	95.747	100.36	109.60	126.87	172.58	105
106	87.948	88.589	89.175	89.716	93.791	96.738	101.39	110.70	128.12	174.25	106
107	88.880	89.525	90.115	90.660	94.763	97.730	102.42	111.79	129.36	175.91	107
108	89.812	90.462	91.055	91.604	95.734	98.722	103.44	112.89	130.61	177.58	108
109	90.745	91.399	91.996	92.548	96.706	99.715	104.47	113.99	131.86	179.24	109
110	91.678	92.336	92.937	93.493	97.678	100.71	105.49	115.09	133.10	180.91	110
111	92.612	93.274	93.879	94.438	98.651	101.70	106.52	116.19	134.35	182.58	111
112	93.546	94.212	94.821	95.384	99.624	102.69	107.55	117.29	135.59	184.24	112
113	94.481	95.151	95.764	96.330	100.60	103.69	108.57	118.39	136.84	185.91	113
114	95.416	96.090	96.707	97.277	101.57	104.68	109.60	119.49	138.09	187.57	114
115	96.352	97.030	97.650	98.223	102.54	105.68	110.63	120.58	139.33	189.24	115
116	97.287	97.970	98.594	99.171	103.52	106.67	111.66	121.68	140.58	190.91	116
117	98.224	98.910	99.538	100.12	104.49	107.66	112.69	122.78	141.83	192.57	117
118	99.160	99.851	100.48	101.07	105.47	108.66	113.71	123.88	143.07	194.24	118
119	100.10	100.79	101.43	102.01	106.44	109.66	114.74	124.98	144.32	195.91	119
120	101.04	101.73	102.37	102.96	107.42	110.65	115.77	126.08	145.57	197.57	120

121	101.97	102.68	103.32	103.91	108.39	111.65	116.80	127.18	146.81	199.24	121
122	102.91	103.62	104.26	104.86	109.37	112.64	117.83	128.28	148.06	200.90	122
123	103.85	104.56	105.21	105.81	110.35	113.64	118.86	129.38	149.31	202.57	123
124	104.79	105.50	106.16	106.76	111.32	114.64	119.89	130.48	150.55	204.24	124
125	105.73	106.45	107.10	107.71	112.30	115.63	120.92	131.58	151.80	205.90	125
126	106.67	107.39	108.05	108.66	113.28	116.63	121.95	132.68	153.05	207.57	126
127	107.61	108.34	109.00	109.61	114.25	117.63	122.98	133.78	154.29	209.23	127
128	108.55	109.28	109.95	110.57	115.23	118.62	124.01	134.88	155.54	210.90	128
129	109.49	110.22	110.90	111.52	116.21	119.62	125.04	135.99	156.79	212.57	129
130	110.43	111.17	111.85	112.47	117.19	120.62	126.07	137.09	158.03	214.23	130
131	111.37	112.12	112.79	113.42	118.17	121.62	127.10	138.19	159.28	215.90	131
132	112.31	113.06	113.74	114.38	119.15	122.62	128.13	139.29	160.53	217.57	132
133	113.26	114.01	114.69	115.33	120.12	123.61	129.16	140.39	161.77	219.23	133
134	114.20	114.95	115.64	116.28	121.10	124.61	130.19	141.49	163.02	220.90	134
135	115.14	115.90	116.59	117.24	122.08	125.61	131.22	142.59	164.27	222.56	135
136	116.09	116.85	117.54	118.19	123.06	126.61	132.25	143.69	165.52	224.23	136
137	117.03	117.80	118.50	119.14	124.04	127.61	133.28	144.80	166.76	225.90	137
138	117.97	118.74	119.45	120.10	125.02	128.61	134.32	145.90	168.01	227.56	138
139	118.92	119.69	120.40	121.05	126.00	129.61	135.35	147.00	169.26	229.23	139
140	119.86	120.64	121.35	122.01	126.98	130.61	136.38	148.10	170.50	230.90	140
141	120.81	121.59	122.30	122.96	127.97	131.61	137.41	149.20	171.75	232.56	141
142	121.75	122.54	123.26	123.92	128.95	132.61	138.44	150.30	173.00	234.23	142
143	122.70	123.49	124.21	124.88	129.93	133.61	139.48	151.41	174.25	235.89	143
144	123.64	124.44	125.16	125.83	130.91	134.61	140.51	152.51	175.49	237.56	144
145	124.59	125.39	126.11	126.79	131.89	135.61	141.54	153.61	176.74	239.23	145
146	125.54	126.34	127.07	127.75	132.87	136.61	142.57	154.71	177.99	240.89	146
147	126.48	127.29	128.02	128.70	133.86	137.61	143.61	155.82	179.24	242.56	147
148	127.43	128.24	128.98	129.66	134.84	138.61	144.64	156.92	180.48	244.23	148
149	128.38	129.19	129.93	130.62	135.82	139.62	145.67	158.02	181.73	245.89	149
150	129.32	130.14	130.88	131.58	136.80	140.62	146.71	159.12	182.98	247.56	150
151	130.27	131.09	131.84	132.53	137.79	141.62	147.74	160.23	184.23	249.22	151
	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	
n	Probabilidad de pérdida (E)										n
	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	
151	130.27	131.09	131.84	132.53	137.79	141.62	147.74	160.23	184.23	249.22	151
152	131.22	132.04	132.79	133.49	138.77	142.62	148.77	161.33	185.47	250.89	152
153	132.17	132.99	133.75	134.45	139.75	143.62	149.81	162.43	186.72	252.56	153
154	133.12	133.95	134.71	135.41	140.74	144.63	150.84	163.53	187.97	254.22	154
155	134.06	134.90	135.66	136.37	141.72	145.63	151.87	164.64	189.22	255.89	155
156	135.01	135.85	136.62	137.33	142.70	146.63	152.91	165.74	190.47	257.56	156
157	135.96	136.80	137.57	138.29	143.69	147.63	153.94	166.84	191.71	259.22	157
158	136.91	137.76	138.53	139.25	144.67	148.64	154.98	167.95	192.96	260.89	158
159	137.86	138.71	139.49	140.21	145.66	149.64	156.01	169.05	194.21	262.56	159
160	138.81	139.66	140.44	141.17	146.64	150.64	157.05	170.15	195.46	264.22	160

161	139.76	140.62	141.40	142.13	147.63	151.65	158.08	171.25	196.70	265.89	161
162	140.71	141.57	142.36	143.09	148.61	152.65	159.12	172.36	197.95	267.55	162
163	141.66	142.53	143.32	144.05	149.60	153.66	160.15	173.46	199.20	269.22	163
164	142.61	143.48	144.28	145.01	150.58	154.66	161.19	174.56	200.45	270.89	164
165	143.57	144.44	145.23	145.97	151.57	155.66	162.22	175.67	201.70	272.55	165
166	144.52	145.39	146.19	146.93	152.55	156.67	163.26	176.77	202.94	274.22	166
167	145.47	146.35	147.15	147.89	153.54	157.67	164.29	177.88	204.19	275.89	167
168	146.42	147.30	148.11	148.86	154.53	158.68	165.33	178.98	205.44	277.55	168
169	147.37	148.26	149.07	149.82	155.51	159.68	166.36	180.08	206.69	279.22	169
170	148.32	149.21	150.03	150.78	156.50	160.69	167.40	181.19	207.94	280.88	170
171	149.28	150.17	150.99	151.74	157.48	161.69	168.43	182.29	209.18	282.55	171
172	150.23	151.13	151.95	152.71	158.47	162.70	169.47	183.39	210.43	284.22	172
173	151.18	152.08	152.91	153.67	159.46	163.70	170.50	184.50	211.68	285.88	173
174	152.14	153.04	153.87	154.63	160.44	164.71	171.54	185.60	212.93	287.55	174
175	153.09	154.00	154.83	155.60	161.43	165.71	172.58	186.71	214.18	289.22	175
176	154.04	154.95	155.79	156.56	162.42	166.72	173.61	187.81	215.42	290.88	176

177	155.00	155.91	156.75	157.52	163.41	167.72	174.65	188.91	216.67	292.55	177
178	155.95	156.87	157.71	158.49	164.39	168.73	175.69	190.02	217.92	294.22	178
179	156.91	157.83	158.67	159.45	165.38	169.73	176.72	191.12	219.17	295.88	179
180	157.86	158.78	159.63	160.42	166.37	170.74	177.76	192.23	220.42	297.55	180
181	158.81	159.74	160.59	161.38	167.36	171.75	178.79	193.33	221.66	299.22	181
182	159.77	160.70	161.55	162.34	168.35	172.75	179.83	194.44	222.91	300.88	182
183	160.72	161.66	162.52	163.31	169.33	173.76	180.87	195.54	224.16	302.55	183
184	161.68	162.62	163.48	164.27	170.32	174.77	181.91	196.65	225.41	304.21	184
185	162.64	163.58	164.44	165.24	171.31	175.77	182.94	197.75	226.66	305.88	185
186	163.59	164.54	165.40	166.21	172.30	176.78	183.98	198.85	227.91	307.55	186
187	164.55	165.50	166.37	167.17	173.29	177.79	185.02	199.96	229.15	309.21	187
188	165.50	166.46	167.33	168.14	174.28	178.79	186.05	201.06	230.40	310.88	188
189	166.46	167.42	168.29	169.10	175.27	179.80	187.09	202.17	231.65	312.55	189
190	167.42	168.37	169.25	170.07	176.26	180.81	188.13	203.27	232.90	314.21	190
191	168.37	169.34	170.22	171.03	177.25	181.81	189.17	204.38	234.15	315.88	191
192	169.33	170.30	171.18	172.00	178.24	182.82	190.20	205.48	235.40	317.55	192
193	170.29	171.26	172.14	172.97	179.23	183.83	191.24	206.59	236.64	319.21	193
194	171.24	172.22	173.11	173.93	180.22	184.84	192.28	207.69	237.89	320.88	194
195	172.20	173.18	174.07	174.90	181.21	185.85	193.32	208.80	239.14	322.55	195
196	173.16	174.14	175.04	175.87	182.20	186.85	194.35	209.90	240.39	324.21	196
197	174.12	175.10	176.00	176.84	183.19	187.86	195.39	211.01	241.64	325.88	197
198	175.07	176.06	176.96	177.80	184.18	188.87	196.43	212.11	242.89	327.54	198
199	176.03	177.02	177.93	178.77	185.17	189.88	197.47	213.22	244.13	329.21	199
200	176.99	177.98	178.89	179.74	186.16	190.89	198.51	214.32	245.38	330.88	200
201	177.95	178.95	179.86	180.71	187.15	191.89	199.55	215.43	246.63	332.54	201
	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	
n	Probabilidad de pérdida (E)										n

n	Probabilidad de pérdida (E)										n
	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	
201	177.95	178.95	179.86	180.71	187.15	191.89	199.55	215.43	246.63	332.54	201
202	178.91	179.91	180.82	181.67	188.14	192.90	200.58	216.53	247.88	334.21	202
203	179.87	180.87	181.79	182.64	189.13	193.91	201.62	217.64	249.13	335.88	203
204	180.82	181.83	182.75	183.61	190.12	194.92	202.66	218.74	250.38	337.54	204
205	181.78	182.79	183.72	184.58	191.11	195.93	203.70	219.85	251.63	339.21	205
206	182.74	183.76	184.69	185.55	192.10	196.94	204.74	220.95	252.87	340.88	206
207	183.70	184.72	185.65	186.52	193.10	197.95	205.78	222.06	254.12	342.54	207
208	184.66	185.68	186.62	187.48	194.09	198.96	206.82	223.17	255.37	344.21	208
209	185.62	186.65	187.58	188.45	195.08	199.97	207.85	224.27	256.62	345.88	209
210	186.58	187.61	188.55	189.42	196.07	200.97	208.89	225.38	257.87	347.54	210
211	187.54	188.57	189.52	190.39	197.06	201.98	209.93	226.48	259.12	349.21	211
212	188.50	189.54	190.48	191.36	198.06	202.99	210.97	227.59	260.37	350.88	212
213	189.46	190.50	191.45	192.33	199.05	204.00	212.01	228.69	261.61	352.54	213
214	190.42	191.46	192.42	193.30	200.04	205.01	213.05	229.80	262.86	354.21	214
215	191.38	192.43	193.38	194.27	201.03	206.02	214.09	230.90	264.11	355.87	215
216	192.34	193.39	194.35	195.24	202.02	207.03	215.13	232.01	265.36	357.54	216
217	193.30	194.35	195.32	196.21	203.02	208.04	216.17	233.12	266.61	359.21	217
218	194.26	195.32	196.29	197.18	204.01	209.05	217.21	234.22	267.86	360.87	218
219	195.23	196.28	197.25	198.15	205.00	210.06	218.25	235.33	269.11	362.54	219

220	196.19	197.25	198.22	199.12	206.00	211.07	219.29	236.43	270.36	364.21	220
221	197.15	198.21	199.19	200.09	206.99	212.08	220.33	237.54	271.60	365.87	221
222	198.11	199.18	200.16	201.06	207.98	213.09	221.37	238.65	272.85	367.54	222
223	199.07	200.14	201.12	202.04	208.97	214.10	222.41	239.75	274.10	369.21	223
224	200.03	201.11	202.09	203.01	209.97	215.11	223.45	240.86	275.35	370.87	224
225	201.00	202.07	203.06	203.98	210.96	216.12	224.48	241.96	276.60	372.54	225
226	201.96	203.04	204.03	204.95	211.95	217.14	225.52	243.07	277.85	374.21	226
227	202.92	204.00	205.00	205.92	212.95	218.15	226.56	244.18	279.10	375.87	227
228	203.88	204.97	205.97	206.89	213.94	219.16	227.60	245.28	280.35	377.54	228
229	204.85	205.94	206.94	207.86	214.94	220.17	228.65	246.39	281.59	379.21	229
230	205.81	206.90	207.91	208.84	215.93	221.18	229.69	247.49	282.84	380.87	230
231	206.77	207.87	208.87	209.81	216.92	222.19	230.73	248.60	284.09	382.54	231
232	207.73	208.83	209.84	210.78	217.92	223.20	231.77	249.71	285.34	384.21	232
233	208.70	209.80	210.81	211.75	218.91	224.21	232.81	250.81	286.59	385.87	233
234	209.66	210.77	211.78	212.72	219.91	225.22	233.85	251.92	287.84	387.54	234
235	210.62	211.73	212.75	213.70	220.90	226.23	234.89	253.02	289.09	389.20	235
236	211.59	212.70	213.72	214.67	221.90	227.25	235.93	254.13	290.34	390.87	236
237	212.55	213.67	214.69	215.64	222.89	228.26	236.97	255.24	291.58	392.54	237
238	213.52	214.64	215.66	216.61	223.88	229.27	238.01	256.34	292.83	394.20	238
239	214.48	215.60	216.63	217.59	224.88	230.28	239.05	257.45	294.08	395.87	239
240	215.44	216.57	217.60	218.56	225.87	231.29	240.09	258.56	295.33	397.54	240
241	216.41	217.54	218.57	219.53	226.87	232.30	241.13	259.66	296.58	399.20	241
242	217.37	218.50	219.54	220.51	227.86	233.32	242.17	260.77	297.83	400.87	242
243	218.34	219.47	220.51	221.48	228.86	234.33	243.21	261.88	299.08	402.54	243
244	219.30	220.44	221.48	222.45	229.85	235.34	244.25	262.98	300.33	404.20	244
245	220.27	221.41	222.46	223.43	230.85	236.35	245.29	264.09	301.58	405.87	245
246	221.23	222.38	223.43	224.40	231.84	237.36	246.34	265.20	302.82	407.54	246
247	222.20	223.34	224.40	225.37	232.84	238.38	247.38	266.30	304.07	409.20	247
248	223.16	224.31	225.37	226.35	233.84	239.39	248.42	267.41	305.32	410.87	248
249	224.13	225.28	226.34	227.32	234.83	240.40	249.46	268.52	306.57	412.54	249
250	225.09	226.25	227.31	228.30	235.83	241.41	250.50	269.62	307.82	414.20	250
251	226.06	227.22	228.28	229.27	236.82	242.43	251.54	270.73	309.07	415.87	251
	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	
n	Probabilidad de pérdida (E)										n
	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	
251	226.06	227.22	228.28	229.27	236.82	242.43	251.54	270.73	309.07	415.87	251
252	227.02	228.19	229.25	230.25	237.82	243.44	252.58	271.84	310.32	417.54	252
253	227.99	229.16	230.23	231.22	238.81	244.45	253.62	272.94	311.57	419.20	253
254	228.95	230.12	231.20	232.19	239.81	245.46	254.67	274.05	312.82	420.87	254
255	229.92	231.09	232.17	233.17	240.81	246.48	255.71	275.16	314.07	422.54	255
256	230.89	232.06	233.14	234.14	241.80	247.49	256.75	276.26	315.31	424.20	256
257	231.85	233.03	234.11	235.12	242.80	248.50	257.79	277.37	316.56	425.87	257
258	232.82	234.00	235.09	236.09	243.80	249.52	258.83	278.48	317.81	427.53	258
259	233.78	234.97	236.06	237.07	244.79	250.53	259.87	279.58	319.06	429.20	259
260	234.75	235.94	237.03	238.04	245.79	251.54	260.91	280.69	320.31	430.87	260
261	235.72	236.91	238.00	239.02	246.78	252.56	261.96	281.80	321.56	432.53	261
262	236.68	237.88	238.98	239.99	247.78	253.57	263.00	282.90	322.81	434.20	262

263	237.65	238.85	239.95	240.97	248.78	254.58	264.04	284.01	324.06	435.87	263
264	238.62	239.82	240.92	241.95	249.77	255.60	265.08	285.12	325.31	437.53	264
265	239.58	240.79	241.89	242.92	250.77	256.61	266.12	286.23	326.56	439.20	265
266	240.55	241.76	242.87	243.90	251.77	257.62	267.17	287.33	327.80	440.87	266
267	241.52	242.73	243.84	244.87	252.77	258.64	268.21	288.44	329.05	442.53	267
268	242.49	243.70	244.81	245.85	253.76	259.65	269.25	289.55	330.30	444.20	268
269	243.45	244.67	245.79	246.82	254.76	260.66	270.29	290.65	331.55	445.87	269
270	244.42	245.64	246.76	247.80	255.76	261.68	271.33	291.76	332.80	447.53	270
271	245.39	246.61	247.73	248.78	256.75	262.69	272.38	292.87	334.05	449.20	271
272	246.36	247.58	248.71	249.75	257.75	263.71	273.42	293.98	335.30	450.87	272
273	247.32	248.55	249.68	250.73	258.75	264.72	274.46	295.08	336.55	452.53	273
274	248.29	249.52	250.66	251.71	259.75	265.73	275.50	296.19	337.80	454.20	274
275	249.26	250.50	251.63	252.68	260.74	266.75	276.55	297.30	339.05	455.87	275
276	250.23	251.47	252.60	253.66	261.74	267.76	277.59	298.40	340.30	457.53	276
277	251.20	252.44	253.58	254.64	262.74	268.78	278.63	299.51	341.54	459.20	277
278	252.16	253.41	254.55	255.61	263.74	269.79	279.67	300.62	342.79	460.87	278
279	253.13	254.38	255.53	256.59	264.74	270.80	280.71	301.73	344.04	462.53	279
280	254.10	255.35	256.50	257.57	265.73	271.82	281.76	302.83	345.29	464.20	280
281	255.07	256.32	257.48	258.54	266.73	272.83	282.80	303.94	346.54	465.87	281
282	256.04	257.30	258.45	259.52	267.73	273.85	283.84	305.05	347.79	467.53	282
283	257.01	258.27	259.42	260.50	268.73	274.86	284.89	306.16	349.04	469.20	283
284	257.98	259.24	260.40	261.48	269.73	275.88	285.93	307.26	350.29	470.87	284
285	258.95	260.21	261.37	262.45	270.72	276.89	286.97	308.37	351.54	472.53	285
286	259.91	261.18	262.35	263.43	271.72	277.91	288.01	309.48	352.79	474.20	286
287	260.88	262.16	263.32	264.41	272.72	278.92	289.06	310.58	354.04	475.86	287
288	261.85	263.13	264.30	265.39	273.72	279.93	290.10	311.69	355.28	477.53	288
289	262.82	264.10	265.27	266.36	274.72	280.95	291.14	312.80	356.53	479.20	289
290	263.79	265.07	266.25	267.34	275.72	281.96	292.18	313.91	357.78	480.86	290
291	264.76	266.05	267.23	268.32	276.72	282.98	293.23	315.01	359.03	482.53	291
292	265.73	267.02	268.20	269.30	277.71	283.99	294.27	316.12	360.28	484.20	292
293	266.70	267.99	269.18	270.28	278.71	285.01	295.31	317.23	361.53	485.86	293
294	267.67	268.96	270.15	271.25	279.71	286.02	296.36	318.34	362.78	487.53	294
295	268.64	269.94	271.13	272.23	280.71	287.04	297.40	319.44	364.03	489.20	295
296	269.61	270.91	272.10	273.21	281.71	288.05	298.44	320.55	365.28	490.86	296
297	270.58	271.88	273.08	274.19	282.71	289.07	299.49	321.66	366.53	492.53	297
298	271.55	272.86	274.06	275.17	283.71	290.09	300.53	322.77	367.78	494.20	298
299	272.52	273.83	275.03	276.15	284.71	291.10	301.57	323.88	369.03	495.86	299
300	273.49	274.80	276.01	277.13	285.71	292.12	302.62	324.98	370.28	497.53	300
	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	
n	Probabilidad de pérdida (E)										n

ANEXO B3 DATOS PARA DISEÑO

	Item	Value
Requerimientos de servicios de voz	Porcentaje de usuarios de voz	100%
	GoS	0.02
	Erlangs por usuario	0.04
	Duración de la marcación	< 8s
	Disponibilidad del sistema en una configuración típica	> 99.99%
	Duración promedio de llamada (Average Call Holding Time)	180s
	Trafico originado por los terminales fijos inalámbricos	45%
	Trafico finalizado on los terminales fijos inalámbricos	55%
Requerimientos para servicios de paquetes de datos	Porcentaje de usuarios de datos	10%
	Duración de una sesión PPP	1500 segundos
	Duración de una llamada de paquetes	350 segundos
	Porcentaje de usuarios con aplicaciones de datos durante BH	50%
	Velocidad de datos para usuarios	64 kbps
Requerimientos del Sistema	Intentos de Llamada en la Hora Pico por abonado BHCA/rural	0.8BHCA/rural
	Carga del procesador	70%
	Duración promedio de llamada (Average Call Holding Time)	180s
	Tiempo de Inicio de llamada (Call Setup Time)	<8s
	Porcentaje de llamadas exitosas (Call Success Rate)	>=90%

ANEXO B4 LINK BUDGET DEL ENLACE REVERSO POR TIPO DE ÁREA

	Suburbano para Antena Direccional y Antena FWT Interna	Suburbano para Antena Direccional y Antena FWT Extendida	Rural para Antena Direccional y Antena FWT Interna	Rural para Antena Direccional y Antena FWT Extendida
Velocidad de Datos del Servicio (kbps)	9.60	9.60	9.60	9.60
Potencia de Transmisión del FWT (dBm)	21.54	21.54	21.54	21.54
Pérdidas del Feeder y Conectores (dB)	0.00	0.00	0.00	0.00
Ganancia de Antena FWT (dBi)	2.15	11.00	2.15	11.00
Pérdida de Cuerpo FWT (dB)	0.00	0.00	0.00	0.00
PIRE para el enlace reverso (dBm)	23.69	32.54	23.69	32.54
Densidad del Ruido Térmico del Ambiente (dBm/Hz)	-174.00	-174.00	-174.00	-174.00
Figura de Ruido BTS (dB)	3.70	3.70	3.70	3.70
Eb/Nt requerido para enlace inverso (dB)	3.50	3.50	3.50	3.50
Ganancia del Procesamiento Reverso (dB)	21.07	21.07	21.07	21.07
Sensibilidad de Receptor de la BTS (dBm)	-126.98	-126.98	-126.98	-126.98
Ganancia de Antena BTS (dB)	15.00	15.00	15.00	15.00
Pérdidas de Feeder de la BTS (dB)	0.93	0.93	0.93	0.93
Pérdida de Jumper de la BTS (dB)	0.10	0.10	0.10	0.10
Pérdida de Conectores de la BTS (dB)	0.50	0.50	0.50	0.50
Intensidad Mínima de Señal Recibida Requerida (dBm)	-140.45	-140.45	-140.45	-140.45
Ganancia de Soft Handoff (dB)	3.62	3.62	3.62	3.62
Margen de Disipación de Sombra (dB)	5.40	5.40	5.40	5.40
Margen de Interferencia (dB)	3.01	3.01	3.01	3.01
Pérdida de Penetración en Edificio (dB)	15.00	15.00	12.00	12.00
Pérdidas Máximas Permitidas por Propagación (dB)	144.36	153.21	147.36	156.21
Morfología	Suburbano	Suburbano	Rural	Rural
Modelo de Propagación	Okumuru Hata	Okumuru Hata	Okumuru Hata	Okumuru Hata
Frecuencia del Centro Portador del Sistema (Mhz)	450.00	450.00	450.00	450.00
Altura Efectiva de BTS (m)	30.00	30.00	30.00	30.00
Altura Efectiva de FWT (m)	1.50	1.50	1.50	1.50
Radio de BTS para Enlace Reverso (km)	9.12	16.26	17.53	31.26

ANEXO B5 LINK BUDGET DEL ENLACE DIRECTO POR TIPO DE ÁREA

	Suburbano para Antena Direccional y Antena FWT Interna	Suburbano para Antena Direccional y Antena FWT Extendida	Rural para Antena Direccional y Antena FWT Interna	Rural para Antena Direccional y Antena FWT Extendida
Velocidad de Datos del Servicio (kbps)	9.60	9.60	9.60	9.60
Potencia de Transmisión del Canal de Tráfico de la BTS (dBm)	34.76	34.76	34.76	34.76
Pérdidas de feeders de la BTS (dB)	0.93	0.93	0.93	0.93
Pérdidas de Jumper de la BTS (dB)	0.10	0.10	0.10	0.10
Pérdidas de Conectores de la BTS (dB)	0.50	0.50	0.50	0.50
Ganancia de Antena BTS(dBi)	15.00	15.00	15.00	15.00
PIRE para el enlace directo (dBm)	48.24	48.24	48.24	48.24
Densidad de Ruido Térmico del Ambiente (dBm/Hz)	-171.00	-171.00	-171.00	-171.00
Figura de Ruido FWT (dB)	8.00	8.00	8.00	8.00
Eb/Nt requerido para el enlace directo (dB)	2.49	2.49	2.49	2.49
Ganancia del Procesamiento Directo (dB)	21.07	21.07	21.07	21.07
Sensibilidad de Receptor Terminal (dBm)	-123.68	-123.68	-123.68	-123.68
Ganancia de Antena FWT (dB)	2.15	11.00	2.15	11.00
Pérdidas de Cable y Conector del feeder del FWT (dB)	0.00	0.00	0.00	0.00
Pérdidas de Cuerpo FWT (dB)	0.00	0.00	0.00	0.00
Intensidad Mínima de Señal Recibida Requerida (dBm)	-125.83	-134.68	-125.83	-134.68
Ganancia de SHO	3.62	3.62	3.62	3.62
Margen de Disipación de Sombra (dB)	5.40	5.40	5.40	5.40
Margen de Interferencia (dB)	6.64	6.64	6.64	6.64
Pérdida de Penetración de Edificio (dB)	15.00	12.00	12.00	12.00
Pérdidas Máximas Permitidas por Propagación (dB)	150.65	162.50	153.65	162.50
Morfología	Suburbano	Suburbano	Rural	Rural
Modelo de Propagación	Okumuru Hata	Okumuru Hata	Okumuru Hata	Okumuru Hata
Frecuencia del Centro Portador del Sistema (Mhz)	450.00	450.00	450.00	450.00
Altura Efectiva de BTS (m)	30.00	30.00	30.00	30.00
Altura Efectiva de FWT (m)	1.50	1.50	1.50	1.50
Radio de BTS para Enlace Directo (km)	13.75	29.84	26.44	47.15

ANEXO C

ANEXO C1 ENCUESTA

La Universidad Nacional de Chimborazo se encuentra realizando una encuesta para el requerimiento del servicio de internet en las zonas aledañas a la Mira.

1. ¿Cuentan ustedes con el servicio de telefonía fija?

Si:.....

No:.....

2. ¿Si Usted no cuenta con el servicio de telefonía fija, desearía tener?

Si:.....

No:.....

Porque:.....
.....

3. ¿Si Usted cuenta con el servicio telefónico, le gustaría contar también con el servicio de internet?

Si:.....

No:.....

Porque:.....
.....

4. Cuántas horas utilizaría el servicio de internet?

1:.....

2:.....

2 a 4:.....

4 en adelante:.....

5. ¿En qué horas del día utilizaría con más frecuencia el internet?

06h00 a 10h00:.....

10h00 a 14h00:.....

14h00 a 18h00:.....

18h00 a 22h00:.....

6. ¿Para qué utilizaría el servicio de internet?

Comunicación:.....

Tareas:.....

Música:.....

Deportes:.....

Trabajo:.....

Redes sociales:.....

Otros:.....

7. ¿Si el servicio de internet que dispondría será para sus hijos o para usted?

.....
.....

ANEXO C2 PARÁMETROS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA MUESTRA

$N = 281$

$p =$ probabilidad de acierto

$p = 0.5$

Varianza de la muestra = $p(1 - p)$

Varianza de la muestra = 0.25

MUESTRA PILOTO

SI (1)	NO (0)	VARIANZA
--------	--------	----------

n = 51		0,0037
--------	--	--------

ANEXO C3 MODELO DE PROPAGACIÓN PARA EL SISTEMA DE COMUNICACIÓN

Para calcular las pérdidas aproximadas de todo el sistema de comunicación CDMA se recurre aplicar modelos de propagación de manera que se pueda prevenir posibles inconvenientes o mejorar alguno existente.

Se calcula la pérdida de la señal a través del modelo Hata-Okumura y la fórmula básica es:

$$L_0 = 69.55 + 26.16 \log f - 13.82 \log h_b - \alpha(h_m) + (44.9 - 6.55 \log h_b) \log r$$

Dónde:

L= pérdidas de enlace (dB)

f= frecuencia central (MHz)

hb= altura de la estación base (m)

hm= altura del teléfono receptor (m)

r= distancia de enlace (Km)

$\alpha(h_m)$ = factor de corrección de la altura de la antena móvil.

Para una población mediana-pequeña:

$$\alpha(h_m) = (1.1 \log(f) - 0.7)h_m - (1.56 \log(f) - 0.8)$$

Para zonas rurales:

$$L_{rurales} = L_0 - 4.78((\log f)^2) + 18.33(\log f) - 40.94$$

ANEXO C4 CDMA TELÉFONO INALÁMBRICO (FWP Huawei ETS)

DETALLES DEL PRODUCTO

Lugar de Origen:	NC; GUA	Número de modelo:	HUAWEI ETS 2058
Tipo:	Teléfono inalámbrico digital	Marca:	HUAWEI
color:	negro	marca:	HUAWEI
banda de frecuencia:	450MHz		

ESPECIFICACIONES

Función principal

Efecto de la alta calidad: 8 llamadas del KBPS EVRC

La exhibición de la llamada

Antena de interior/al aire libre opcional

Modo de la tarjeta de la máquina de la ayuda o de la tarjeta una de la máquina

Tarifa del negocio de los datos de la autopista de la electricidad: 9.6/14.4 k

Tarifa del negocio de los datos del dominio del paquete: 153.6 k

Apoye el fax de la PC

Batería de reserva

Fax de la PC

Llamadas de emergencia

Ayuda: el mensaje corto, y la vuelta, el esperar de llamada antes, guardan tales servicios suplementarios, llamadas tripartitas

Apoye una segunda marca

Volumen ajustable

2 especificaciones

Tipo de la red: CDMA450MHZ

Peso: debajo de 1.0 kilogramos

baterías de 1000mAh NiMH, 3.6 V

Tiempo espera: 72 horas

Tiempo: 5 horas

Interfaz RS232



ANEXO C5 DETALLE DE PRECIOS DE LOS EQUIPOS Y SERVICIOS

Nº	ITEM	PRECIO(USD)
1.	BSS (BASE STATION SYSTEM)	
1.1	RAC 6610 (CBTS:3;TRX:9;Channel: 352)	
	Hardware	44.837,47
	Basic software	17.600,00
	optional Software	5.548,00
	Subtotal	67.985,47
1.2	BTS (CBTS:3 ; TRS:9)	
	CBTS Hardware	51.195,00
	CBTS Software	26.880,00
	CBTS Document	560,00
	Subtotal	78.635,00
1.3	ANTENNA AND Feeder	
	Satellite Antenna and Feeder	1.900,00
	BTS Antenna	1.827,00
	Feeders	6.933,00
	Feeders Installation	582,00
	Subtotal	11.302,00
	Precio Subtotal BSS	157.922,47
2.	PDS (PACKET DATA SYSTEM)	
2.1	PDSN	
	PDSN Hardware	90.222,12
	PDSN Software	198
	Optional Software	-
	Subtotal	90.420,10
2.2	AAA	
	AAA Hardware	98.285,21
	Basic software	24.867,00
	AAA PPS Optional Software	-
	Subtotal	123.152,21
	Subtotal PDS	213.572,33
3.	M2000 SISTEMA DE GESTION	
3.1	M2000-V2 (NE:2,Remote Site:0)	
	Hardware and OS software	55.500,22
	Basic software	6.440,30

	Subtotal	61.940,52
	Subtotal M2000	
4.	Spare Parts	
4.1	Spare	
	Spare parts for HLR	-
	Spare parts for MSCe	-
	Spare parts for MGW	-
	Spare parts for CBSC	4.189,75
	Spare parts for CBTS	5.875,00
	Spare parts for PDSN	-
	Spare parts for HA	-
	subtotal	10.064,75
	Subtotal Spare parts	10.064,75
5.	Miscellaneous for CDMA	
5.1	Miscellaneous	
	DDF &ODF &PDF & Cable ladder	5.558,20
	Subtotal	5.558,20
	Subtotal Miscellaneous for CDMA	5.558,20
6.	Training	
6.1	Training	
	Training for NSS	-
	Training fo BSS	8.960,00
	Training for M2000	840,00
	Training for PDS	1.400,00
	Others	12.200,00
	Subtotal	23.400,00
	Subtotal Training	23.400,00
7.	Service	
7.1	Service	
	servicefor NSS	-
	servicefo BSS	24.486,00
	servicefor M2000	32.512,50
	servicefor PDS	15.000,00
	Subtotal	71.998,50
	Subtotal Service	71.998,50
8.	RF planning Professional Service	
	RF Network Planning	
	RF Network Planning	9.198,00

	Subtotal	9.198,00
	Subtotal RF Planning Professional Service	9.198,00
	PRECIO TOTAL	553.654,77
9.	RF Optimization Professional Service	
9.1	RF Network Optimization	
	RF Network Optimization	13.608,00
	Subtotal	13.608,00
	Subtotal RF Optimization Professional Service	13.608,00
10.	CDMA Maintenance	
10.1	Maintenance Service for 1 year(s)	
	Technical Support&Hardware Support	
	Technical Support&Hardware Support for NSS	-
	Technical Support&Hardware Support for BSS	32.020,73
	Technical Support&Hardware Support for PDSN	52.132,21
	Technical Support&Hardware Support for M2000	17.029,88
	Annual Software Maintenance	
	Annual Software Maintenance for NSS	-
	Annual Software Maintenance for BSS	-
	Annual Software Maintenance for PDSN	-
	Annual Software Maintenance for M2000	-
	Subtotal	101.182,82
	Subtotal CDMA Maintenance	101.182,82