

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERÍA**

**DISEÑO DE UNA RED RURAL PARA LA PROVISIÓN DE
TELEFONÍA FIJA INALÁMBRICA EMPLEANDO TECNOLOGÍA
CDMA EN LA BANDA DE LOS 450 MHZ, PARA LAS PARROQUIAS
DE ASCÁZUBI, OTÓN, GUAYLLABAMBA, LLOA Y RUMIPAMBA
DE LA PROVINCIA DE PICHINCHA**

JUAN SEBASTIÁN TAPIA SOLÍS

SANGOLQUÍ – ECUADOR

ENERO 2011

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente proyecto de grado titulado: "DISEÑO DE UNA RED RURAL PARA LA PROVISIÓN DE TELEFONÍA FIJA INALÁMBRICA EMPLEANDO TECNOLOGÍA CDMA EN LA BANDA DE LOS 450 MHZ, PARA LAS PARROQUIAS DE ASCÁZUBI, OTÓN, GUAYLLABAMBA, LLOA Y RUMIPAMBA DE LA PROVINCIA DE PICHINCHA", ha sido desarrollado en su totalidad por el señor JUAN SEBASTIÁN TAPIA SOLÍS con CC: 1719921718, bajo nuestra dirección.

Atentamente

Ing. Román Lara

DIRECTOR

Ing. Darwin Aguilar

CODIRECTOR

RESUMEN

En el presente proyecto se presenta el diseño de una red, mediante la utilización de la tecnología CDMA 450, con la cual se proveerá del servicio de telefonía fija inalámbrica, en las parroquias de Ascázubi, Otón, Guayllabamba, Lloa y Rumipamba, donde actualmente no existe un nivel de cobertura adecuado de telefonía fija.

Se describe el funcionamiento y características fundamentales de la tecnología CDMA dentro de la banda de los 450 MHz, con los cuales se logra justificar el porqué de la utilización de esta tecnología dentro de la banda de los 450 MHz, logrando así concluir el alto nivel de calidad de servicio junto con la mejor rentabilidad.

Con la justificación del empleo de la banda de los 450 MHz se logra determinar el bajo costo de la implementación de esta red, en comparación con otras tecnologías dentro de otras bandas de frecuencias.

Se estudió el mercado de las zonas (poblaciones) o parroquias asignadas, que sirvieron para determinar qué áreas se deben cubrir de acuerdo a estas superficies, en relación a donde existe un mayor grado de demanda del servicio a proveer. Se realizó un estudio, dando todo tipo de características y parámetros necesarios, para el diseño de una red CDMA en la banda de los 450 MHz.

Para el diseño principalmente se necesitó del levantamiento de información topográfica de las zonas utilizando software de planificación, con lo cual se logró determinar de una forma más eficiente y segura la posición y altura de las antenas o estaciones base.

Este diseño de red dispondrá del servicio de telefonía fija inalámbrica para las zonas asignadas, logrando así un crecimiento a nivel tecnológico (dentro del campo de las telecomunicaciones) al igual que una mejor calidad de vida para estas parroquias.

DEDICATORIA

El proyecto de grado finalizado se lo dedico a toda mi familia, a mis amigos y a Dios. Todos ellos me han enseñado a dar grandes pasos dentro de mi vida, al igual que me han enseñado a encarar las diversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento. Han formado mi vida de una forma en la cual me han entregado todo lo que soy como persona, como son mis principios, mi perseverancia y mi empeño, todo ello con todo el amor y corazón, sin pedir nunca nada a cambio.

Mis padres y mis hermanos son las personas que han sufrido directamente todas las consecuencias del trabajo realizado, todos ellos realmente me han llenado por dentro de todo corazón, con lo que siempre he logrado conseguir un equilibrio que me ha permitido dar el máximo de mí, por lo cual nunca les podré estar suficientemente agradecido.

Juan Sebastián Tapia Solís

AGRADECIMIENTOS

Primeramente me gustaría brindar mis agradecimientos a Dios, ya que ÉL me ha entregado todo dentro de mi vida, como es mi familia, mi salud, mis estudios y todas las oportunidades con las cuales he logrado dar grandes pasos de enriquecimiento dentro de mi vida.

Siempre estaré eternamente agradecido con mis padres y hermanos, ya que ellos han sido mi vida y ejemplo a seguir, siempre me han apoyado y guiado por el camino correcto en cada uno de los pasos que he dado dentro de mi vida y seguramente lo seguirán haciendo.

Un fuerte agradecimiento para mis directores de tesis, Ing. Román Lara e Ing. Darwin Aguilar, al igual que para el Ing. Juan Luis Heredia de la CNT, por su gran ayuda, guía y dedicación, no solo para este proyecto, sino para toda mi carrera universitaria. De igual forma para todos los profesores, los cuales han enriquecido mis conocimientos y formado mi educación en este período universitario.

Juan Sebastián Tapia Solís

PRÓLOGO

El proyecto actual, se lo presenta como una gran alternativa tecnológica para cubrir las necesidades de comunicación del área a intervenir, aplicando la tecnología CDMA 450, es decir, mediante el Acceso Múltiple por División de Código en la banda de 450 MHz.

Cabe mencionar que esta tecnología, debido a la frecuencia con que trabaja, permite tener radios de cobertura mayores que otras tecnologías que trabajan a frecuencias mayores. Es decir, se tiene como característica y ventaja, que mediante la utilización de una sola estación base, sin ningún obstáculo de por medio, su trayectoria podría alcanzar a cubrir hasta 80 Km de radio.

Además, esta solución es ideal para zonas rurales porque la banda aplicada está libre, algo que no sucede en las grandes urbes donde está siendo intensamente utilizado por diferentes servicios y tipos de terminales, aplicando la misma frecuencia, donde en tal caso, para la instalación de la red, se necesitaría realizar un barrido de frecuencias, realizando, tanto reconfiguración de equipos como compra de equipos nuevos.

También es necesario resaltar que debido a la frecuencia de trabajo de ésta tecnología (450MHz), utiliza menos estaciones base que otras tecnologías para cubrir similares áreas.

La zona a intervenir, actualmente no se encuentra cubierta por ningún tipo de tecnología de telefonía fija. Tal es la razón, por cual se realizará el diseño de una red rural CDMA 450, para la provisión de telefonía fija inalámbrica en las parroquias designadas.

Es necesario mencionar que la tecnología CDMA 450 es una opción importante y económica para llevar servicios de telecomunicaciones a zonas rurales, al igual que esto poco a poco está aplicándose en diversos países del mundo.

Justamente, mediante este diseño, se buscará eliminar las limitaciones que existen en tales parroquias, debido al alto costo de la telefonía móvil, que se aplica comúnmente, ya que la gente no puede comunicarse y aplicar la tecnología de las telecomunicaciones con alta libertad.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Introducción	1
1.1.1. Alcance	3
1.1.2. Objetivos.....	3
1.1.3. Estructura del Proyecto	4

CAPÍTULO II

FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1. Descripción de la Tecnología CDMA	6
2.2. Estándares CDMA2000	10
2.3. Codificación (Transmisión) y Decodificación (Recepción) de la señal CDMA	13
2.3.1. Canales de Codificación utilizados en la tecnología CDMA.....	16
• Canales de Enlace Directo	17
• Canales de Enlace Reverso	18
2.4. Etapas de Procesamiento de Llamadas	18
2.5. Características, ventajas e inconvenientes de la tecnología CDMA	20
2.6. Seguridad de la Información en la Red CDMA 450	26
2.7. Autenticación y Encriptación del Usuario	27
2.8. Seguridad en el Transporte de la Información.....	29

CAPÍTULO III

DISEÑO DE LA RED

3.1. Justificación del empleo de la banda de los 450 MHz.....	31
3.1.1. Características y Requerimientos fundamentales de la tecnología CDMA 450	
34	
3.1.2. Estudio del despliegue tecnológico CDMA 450 en el Ecuador y el mundo	35
Despliegue tecnológico CDMA 450 a nivel mundial	36
Despliegue tecnológico CDMA 450 en América Latina	38
3.2. Estudio del Mercado	40
3.2.1. Descripción Geográfica de la zona a intervenir	40
3.2.2. Evaluación socio-económica de las poblaciones a intervenir	41
Características poblacionales	41
Características económicas	46
3.2.3. Evaluación de la infraestructura de telecomunicaciones existente	53
Parroquia de Ascázubi.....	54
Parroquia de Otón	54
Parroquia de Guayllabamba	54
Parroquia de Lloa	55
Parroquia de Rumipamba	55
3.2.4. Determinación de la demanda del servicio de telefonía fija a prestar	55
3.3. Dimensionamiento de la Red CDMA en la banda de los 450 MHz	60
3.3.1. Levantamiento de Información	60
Coordenadas geográficas de los centros de carga de las poblaciones a cubrir	62
Coordenadas geográficas para las posibles BTS	69
3.3.2. Estructura de la Red	72
Estándar UIT-T G.711 para la compresión de audio	74
Puntos de referencia de las BTS.....	76
Estructura general de la red.....	80
Diseño de Red Final CDMA 450	84

Análisis de la planificación radioeléctrica	95
---	----

CAPÍTULO IV

DETERMINACIÓN DEL EQUIPAMIENTO E INFRAESTRUCTURA NECESARIA

4.1. Determinación del Equipamiento	104
4.1.1. Equipamiento de Red	104
4.1.2. Equipamiento de Usuario	107
4.1.3. Equipamiento de Microondas	111
4.2. Determinación de la Infraestructura necesaria.....	112
4.2.1. Construcción de la sala de equipos	113
4.2.2. Sistemas de Protección Eléctrica.....	114

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones	116
5.2. Recomendaciones	118

INDICE DE TABLAS

Tabla 3.1. Comparación de Cobertura.....	34
Tabla 3.2. CDMA 450: "Situación de Mercado" (Mundial)	36
Tabla 3.3. Tecnologías y Velocidades de Conexión	37
Tabla 3.4. Coordenadas WGS84 (Grados Minutos Segundos)	40
Tabla 3.5. División Poblacional por Sexo 2007	42
Tabla 3.6. Características Actuales en Telecomunicaciones, de acuerdo a cada localidad de cada parroquia.....	53
Tabla 3.7. Plan de Expansión de Telefonía Fija - Cumplimiento	56
Tabla 3.8. Estimación Abonados Año 2010 / 3 Habitantes	57
Tabla 3.9. Estimación Abonados Año 2011 / 3 Habitantes	58
Tabla 3.10. Estimación Abonados Año 2012 / 3 Habitantes	58
Tabla 3.11. Estimación Abonados Año 2013 / 3 Habitantes	58
Tabla 3.12. Estimación Abonados Año 2010 / 4 Habitantes	59
Tabla 3.13. Estimación Abonados Año 2011 / 4 Habitantes	59
Tabla 3.14. Estimación Abonados Año 2012 / 4 Habitantes	59
Tabla 3.15. Estimación Abonados Año 2013 / 4 Habitantes	60
Tabla 3.16. Características Actuales en Telecomunicaciones, de acuerdo a cada localidad de cada parroquia.....	61
Tabla 3.17. Coordenadas WGS84 (Grados Minutos Segundos), referentes a la mayor densidad poblacional.....	62
Tabla 3.18. Coordenadas Geográficas para las posibles Radio-Bases.....	69
Tabla 3.19. Distancia entre localidades de cada una de las parroquias	70
Tabla 3.20. Niveles de multiplexación PDH utilizados en Norteamérica, Europa y Japón	74

Tabla 3.21. Coordenadas Geográficas de los puntos de referencia para las posibles radio-bases	77
Tabla 3.22. Verificación de Línea de Vista & Distancia de acuerdo a los puntos de referencias.....	78
Tabla 3.23. Ubicación Geográfica BTS's - Altura de las Antenas.....	89
Tabla 3.24. Tipos de Tráfico generados en ciertas provincias	98
Tabla 3.25. Tráfico total generado 2010-2013 / 3 habitantes.....	99
Tabla 3.26. Tráfico total generado 2010-2013 / 4 habitantes.....	100
Tabla 3.27. Conexión Lloa – Terminal Abonado 4.....	102
Tabla 3.28. Conexión Ascázubi – Terminal Abonado 1.....	102
Tabla 3.29. Conexión Rumipamba – Terminal Abonado 2.....	103
Tabla 4.1. Equipos HUAWEI para la infraestructura de red	105
Tabla 4.2. Equipos HUAWEI para la infraestructura de red	106
Tabla 4.3. Equipos ZTE para la infraestructura de red.	106
Tabla 4.4. Equipos Huawei para telefonía fija inalámbrica	108
Tabla 4.5. Equipos Huawei para acceso a la red de datos.	109
Tabla 4.6. Equipos Axesstel para telefonía fija inalámbrica	109
Tabla 4.7. Equipos Axesstel para telefonía fija inalámbrica.	110
Tabla 4.8. Materiales necesarios para la implementación del sistema de protección eléctrica en una BTS.	115

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Acceso Múltiple	7
Figura 2.2. Espectro Ensanchado.....	7
Figura 2.3. Espectro Ensanchado de Secuencia Directa	9

Figura 2.4. Generación de la Señal CDMA	13
Figura 2.5. Código de redundancia.....	14
Figura 2.6. Reducción de Errores en Ráfaga	14
Figura 2.7. Proceso Inverso para la Obtención de Voz.....	16
Figura 2.8. Enlaces Directo e Inverso. Canales de Códigos.....	16
Figura 2.9. Etapas de Procesamiento de Llamadas.....	19
Figura 2.10. El problema multi-trayecto	21
Figura 2.11. "Rake Receivers" o Receptores Rastrillo	22
Figura 2.12. Handoff.....	22
Figura 2.13. Soft Handoff.....	23
Figura 2.14. Hard Handoff.....	23
Figura 2.15. Handoff Inactivo (Idle)	24
Figura 2.16. Secuencia de autenticación para la transmisión de datos	28
Figura 3.1. Comparación de Coberturas de acuerdo a la frecuencia aplicada.....	33
Figura 3.2. Cantidad de BTS para dar Coberturas Similares a distintas bandas de frecuencia	35
Figura 3.3. CDMA 450: "Situación de Mercado"	36
Figura 3.4. Ubicación Geográfica de la Zona a Intervenir (Parroquias Asignadas).....	40
Figura 3.5. Población a Nivel Parroquial	41
Figura 3.6. Estimado de expansión del nivel poblacional parroquial (Nivel de expansión del 4% anual).....	42
Figura 3.7. División Poblacional por Sexo.....	43
Figura 3.8. Nivel Poblacional por Grupos de Edades	44
Figura 3.9. Miembros de Organización Campesina.....	45
Figura 3.10. NIVEL DE ESTUDIO POBLACIONAL.....	45
Figura 3.11. NIVEL DE ESTUDIO POBLACIONAL POR PARROQUIA	46
Figura 3.12. Categoría en la Ocupación del Trabajador (%)	47

Figura 3.13. Categoría en la Ocupación del Trabajador (# de casos)	47
Figura 3.14. Aportan Actualmente al IESS - Disponen de Trabajo	48
Figura 3.15. Porcentaje de Viviendas que Disponen del Servicio de Telefonía Fija por Parroquias.....	49
Figura 3.16. Porcentaje de Viviendas que Disponen del Servicio de Electricidad por Parroquias.....	49
Figura 3.17. Porcentaje de Viviendas que Disponen del Servicio de Agua Potable por Parroquias.....	50
Figura 3.18. Encuesta de Condiciones de Vida a Nivel Nacional (Servicio Telefónico)...	50
Figura 3.19. Encuesta de Condiciones de Vida en Pichincha (Servicio Telefónico).....	51
Figura 3.20. Encuesta de Condiciones de Vida a Nivel Nacional (Servicio de Internet)..	51
Figura 3.21. Encuesta de Condiciones de Vida en Pichincha (Servicio de Internet).....	52
Figura 3.22. Encuesta de Condiciones de Vida a Nivel Nacional (Servicio de TV CABLE).....	52
Figura 3.23. Encuesta de Condiciones de Vida en Pichincha (Servicio de TV CABLE) .	53
Figura 3.24. Parroquias Asignadas (señaladas).....	63
Figura 3.25. Ubicación Geográfica de las Parroquias Asignadas (1).....	63
Figura 3.26. Ubicación Geográfica de las Parroquias Asignadas (2).....	64
Figura 3.27. Ubicación Geográfica de la parroquia de Guayllabamba (San Vicente de Guayllabamba)	64
Figura 3.28. Ubicación Geográfica de la parroquia de Lloa (San Luis).....	65
Figura 3.29. Ubicación Geográfica de la parroquia de Lloa (San José).....	65
Figura 3.30. Ubicación Geográfica de la parroquia de Ascázubi (Rumiñahui).....	66
Figura 3.31. Ubicación Geográfica de la parroquia de Ascázubi (Rosalía)	66
Figura 3.32. Ubicación Geográfica de la parroquia de Ascázubi (Changahuapungo)	67
Figura 3.33. Ubicación Geográfica de la parroquia de Ascázubi (Chaupiestancia)	67
Figura 3.34. Ubicación Geográfica de la parroquia de Otón (Otón)	68

Figura 3.35. Ubicación Geográfica de la parroquia de Rumipamba (La Moca)	68
Figura 3.36. Formato del sistema de comunicación global para el estándar G.711	75
Figura 3.37. Topología Física de la Red CDMA 450	76
Figura 3.38. Componentes Básicos de una Red CDMA 450	80
Figura 3.39. Red de Transporte - Estación o Nodo más cercano	86
Figura 3.40. Red de Transporte – Cruz Loma.....	87
Figura 3.41. Red de Acceso: Conexión Repetidoras - Terminales EV-DO	88
Figura 3.42. Simulación: Ubicación de las repetidoras junto con los enlaces con las terminales.....	89
Figura 3.43. Simulación - Radio Mobile (Radio Link).....	90
Figura 3.44. Simulación - Radio Mobile (Radio Link).....	91
Figura 3.45. Simulación - Radio Mobile (Radio Link).....	91
Figura 3.46. Simulación - Radio Mobile (Radio Link).....	92
Figura 3.47. Simulación - Radio Mobile (Radio Link).....	92
Figura 3.48. Simulación - Radio Mobile (Radio Link).....	93
Figura 3.49. Cobertura lograda mediante las BTS's.....	94
Figura 3.50. Conexión Lloa – Terminal Abonado 4	101
Figura 3.51. Conexión Ascázubi – Terminal Abonado 1	102
Figura 3.52. Conexión Rumipamba – Terminal Abonado 2	103
Figura 4.1. Diagrama de la infraestructura para una estación base	113

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Introducción

Actualmente las comunicaciones son la base principal de supervivencia de cada zona a nivel mundial, por lo cual, si una zona no se encuentra cubierta por cierta tecnología de telecomunicaciones, se estaría hablando de una zona en vía de desarrollo a nivel tecnológico.

La comunicación en el ciclo de vida diario, se ha convertido en una necesidad y se ha desarrollado mediante sistemas cada vez mejores y más avanzados. Es así, que actualmente se puede observar y disfrutar de varias formas de comunicación, al igual que contar con más servicios involucrados dentro del ámbito de las telecomunicaciones, como es la Internet.

A pesar de los avances constantes que se generan en el mundo actual, existen aún áreas, en las cuales se desconoce de la existencia de todos estos medios de comunicación, debido a las limitaciones económicas o difícil acceso de dichas zonas.

A pesar de la utilidad y la globalización de la telefonía móvil, estas parroquias, no se encuentran cubiertas por ningún tipo de tecnología de telefonía fija, por lo cual, comparando la telefonía fija junto con la móvil, se puede observar, que el nivel de rentabilidad es mucho más bajo dentro del ámbito fijo, por lo cual se puede apreciar altas limitaciones para las poblaciones residentes dentro de estas parroquias.

El desarrollo de este proyecto o sistema de red, se lo presenta como una gran alternativa tecnológica para cubrir las necesidades de comunicación del área a intervenir, aplicando la tecnología CDMA 450, es decir, mediante el Acceso Múltiple por División de Código en la banda de 450 MHz. Cabe mencionar que esta tecnología, debido a la frecuencia con que trabaja, permite tener radios de cobertura mayores que otras tecnologías, su trayectoria podría alcanzar a cubrir hasta 80 Km de radio, por lo cual el resultado principal sería la utilización de menos estaciones base.

Además, esta solución es ideal para zonas rurales porque la banda aplicada está libre, algo que no sucede en las grandes urbes donde está siendo intensamente utilizado por diferentes servicios y tipos de terminales, aplicando la misma frecuencia, donde en tal caso, para la instalación de la red, se necesitaría realizar un barrido de frecuencias, realizando, tanto reconfiguración de equipos como compra de equipos nuevos.

Comparando a la tecnología CDMA 450, junto con la tecnología de redes WIMAX, cabe destacar que esta última tecnología utiliza terminales que son costosas respecto a los terminales CDMA 450, al igual que las redes WIMAX no son una alternativa fiable al 100%, por lo cual, es un hecho bastante significativo para justificar la aplicación de la tecnología CDMA 450.

Es necesario mencionar que la tecnología CDMA 450 es una opción importante y económica para llevar servicios de telecomunicaciones a zonas rurales, al igual que esto poco a poco está aplicándose en diversos países del mundo.

Justamente, mediante este diseño, se buscará eliminar las limitaciones que existen en tales parroquias, debido al alto costo de la telefonía móvil, que se aplica comúnmente, ya que la gente no puede comunicarse y aplicar la tecnología de las telecomunicaciones con alta libertad.

Se diseñará una red, mediante la utilización de la tecnología CDMA 450, la cual proveerá del servicio de telefonía fija inalámbrica, en las parroquias de Ascázubi, Otón,

Guayllabamba, Lloa y Rumipamba, donde actualmente no existe un nivel de cobertura adecuado de telefonía fija.

Se realizará el estudio del mercado de las zonas (poblaciones) a intervenir, que servirán para determinar qué áreas se deben cubrir de acuerdo a las zonas asignadas, debido a que se deberá cubrir las zonas donde existe un mayor grado de demanda del servicio a proveer.

También se analizará todo tipo de características y parámetros necesarios para el diseño de una red CDMA en la banda de los 450 MHz, para proveer el servicio de telefonía fija inalámbrica. Para ello, se realizará un levantamiento de información topográfica de las zonas, utilizando software de planificación.

1.1.1. Alcance

El alcance del presente proyecto logrará el estudio de la cobertura y disponibilidad del servicio de telefonía fija en las parroquias asignadas (Ascázubi, Otón, Lloa, Rumipamba y Guayllabamba), mediante la aplicación y desarrollo de la tecnología CDMA en la banda de los 450 MHz. Esta red CDMA 450 logrará disponer de este servicio de telefonía fija con características de alto rendimiento, en el ámbito de calidad de servicio al igual que rentabilidad.

1.1.2. Objetivos

Para la consecución del alcance de este proyecto se han planteado los siguientes objetivos:

- Diseñar una red rural para la provisión de telefonía fija inalámbrica empleando la tecnología CDMA en la banda de los 450 MHz, en las parroquias de Ascázubi, Otón, Guayllabamba, Lloa y Rumipamba, de la provincia de Pichincha.
- Realizar un estudio de la Tecnología CDMA en la banda de los 450 MHz.

- Estudiar el mercado de las zonas (poblaciones) a intervenir, para determinar qué áreas se deben cubrir de acuerdo a las zonas asignadas y la demanda para el servicio de telefonía.
- Levantar la información topográfica de las zonas asignadas.
- Realizar la Planificación Radioeléctrica.

1.1.3. Estructura del Proyecto

El presente documento del proyecto a desarrollarse, posee la siguiente estructura:

En el capítulo actual se describe de manera breve la situación actual en el campo de las telecomunicaciones acerca de las parroquias asignadas, al igual que se realizará una breve descripción acerca de la tecnología a utilizarse para el diseño de la red de telefonía fija inalámbrica. Se mencionarán dos puntos importantes dentro de este capítulo introductorio, los cuales serán tanto el alcance que se obtendrá mediante el diseño y aplicación de esta red, al igual que los objetivos planteados para el presente proyecto.

Dentro del ámbito del dimensionamiento, se realizará una descripción detallada acerca de la tecnología a aplicarse dentro de esta red de telefonía, es decir, se explicará el funcionamiento de esta tecnología. También acaparará puntos claves acerca de esta tecnología, las cuales justificarán el porqué de la aplicación de la tecnología CDMA sobre esta red de telefonía, donde se mencionarán sus características, ventajas e inconvenientes.

En el diseño de la red, se justificará el empleo de la banda de los 450 MHz sobre la tecnología CDMA al igual que también se estudiarán a las parroquias asignadas dentro de los campos geográficos, tecnológicos y socio-económicos. También se desarrollará el dimensionamiento y la estructura de la red CDMA en la banda de los 450 MHz.

Se determinará el equipamiento e infraestructura necesaria para la implementación de la red CDMA 450 dentro de las parroquias asignadas.

En la parte final se describirán las conclusiones y recomendaciones en base al desarrollo del proyecto de red actual, las cuales serán puntos claves y bases para el desarrollo de proyectos futuros semejantes a este proyecto desarrollado.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1. Descripción de la Tecnología CDMA

La tecnología CDMA (*Code Division Multiple Access* o Acceso Múltiple por División de Código), es una tecnología la cual trabaja en el modo de Acceso Múltiple que utiliza modulación de espectro ensanchado entre cada usuario, que es propietario de un único código expandido, con todos los usuarios compartiendo el mismo espectro, proporcionando una mejor relación costo beneficio, calidad de voz, privacidad, escalabilidad y flexibilidad en comparación con otras tecnologías.

También es capaz de proporcionar servicios de valor agregado como mensajes de texto, correo electrónico, acceso a Internet, PTT (*Push To Talk*, el cual es un método calificado para aplicaciones en líneas half-dúplex de comunicación) y sistemas troncalizados, donde las estaciones establecen las comunicaciones mediante el acceso en forma automática a cualquiera de los canales que se encuentren disponibles en ese instante.

En la figura a continuación, se representa la forma gráfica del modo de trabajo de la tecnología CDMA. Fácilmente se logra apreciar como cada uno de los usuarios trabajan dentro del mismo espectro (es decir, utilizando el mismo rango de frecuencias), pero cada uno de ellos con un único código expandido, lo cual hace más fácil el modo de trabajo así como la asignación de usuarios que en otras tecnologías, como por ejemplo en las tecnologías FDMA o TDMA, en las cuales no todos los usuarios logran compartir el mismo ancho de banda, limitando así el número de usuarios de acuerdo al espectro asignado o a utilizarse.

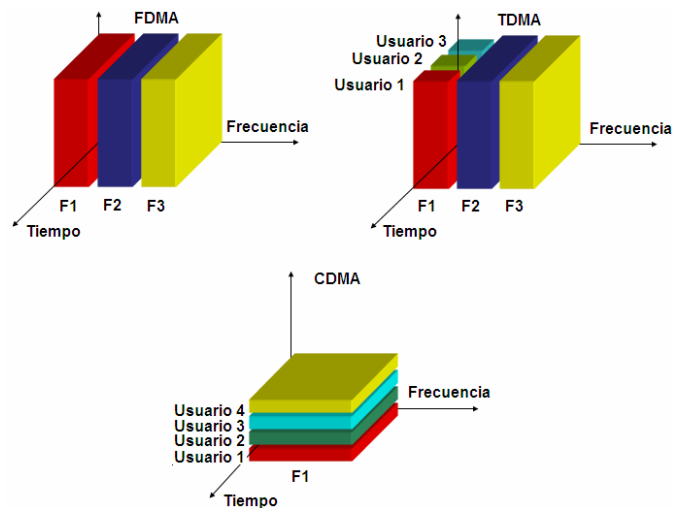


Figura 2.1. Acceso Múltiple

La tecnología CDMA utiliza códigos para realizar la conversión entre las señales de voz analógica y digital así como también emplea códigos para separar la voz de la información de control, dentro de flujos de datos denominados canales (diferentes a los canales de frecuencia).

La aplicación del uso del Espectro Ensanchado, es debido a que es una técnica de transmisión, en la cual se envía la señal con una densidad espectral de potencia por debajo del nivel del ruido y en un rango de frecuencias mayor que en la de banda estrecha (como se logra apreciar en la figura), debido a que es más fácil detectar y difícil interferir la señal. En resumen, al trabajar y aplicar el espectro ensanchado, se presenta una mayor protección frente a interferencias y desvanecimientos, al igual que también una mayor flexibilidad respecto a la tasa binaria de la señal de datos (ante distintos tipos de servicios).

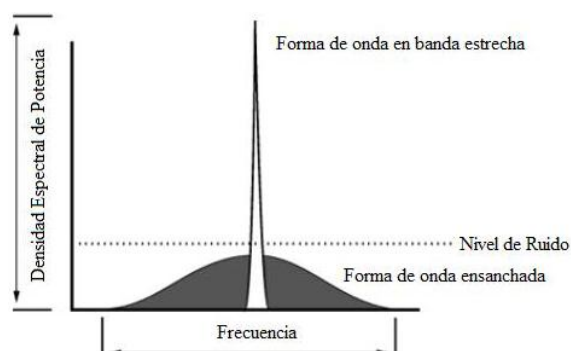


Figura 2.2. Espectro Ensanchado

A continuación, se describirá la clasificación de las técnicas del espectro ensanchado o *Spread Spectrum*:

- **Sistemas de Saltos de Frecuencia o *Frequency Hopping* (FH)**, las cuales se clasifican en:
 - **Saltos de Frecuencia Rápida o *Fast Frequency Hopping* (FFH)**
 - **Saltos de Frecuencia Lenta o *Slow Frequency Hopping* (SFH)**

Para esta técnica, dentro del transmisor, la frecuencia portadora salta abruptamente con una secuencia pseudoaleatoria, donde el orden de las frecuencias seleccionadas, para la transmisión, es seleccionada de acuerdo a la secuencia de la codificación. Es decir es una técnica, donde se utiliza el campo de la frecuencia portadora del transmisor, para codificar la señal, la cual será transmitida. En el receptor, se rastrean y se analizan estos cambios o saltos de frecuencia, para así generar una señal de frecuencia intermedia constante.

- **Sistemas de Saltos de Tiempo (o Temporales) o *Time Hopping* (TH)**

Dentro de este sistema, se varían pseudoaleatoriamente dos parámetros del transmisor, como son el periodo y el ciclo de trabajo de una portadora. Estas variaciones se dan bajo el comando de igual manera por una secuencia pseudoaleatoria.

- **Sistemas de Secuencia Directa o *Direct Sequence* (DS)**

Para un sistema de secuencia directa, y tomando como ejemplo el sistema inalámbrico de tercera generación, que es el CDMA 1x EV-DO, cabe recalcar que mediante la aplicación del espectro ensanchado, el código de ensanchamiento consiste en una secuencia de bits (llamados *chips*), las cuales son de corta duración, y estos se aplican multiplicativamente bit a bit a la señal de datos original.

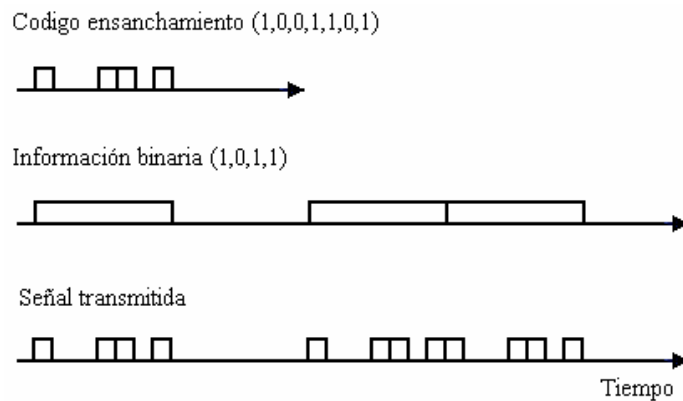


Figura 2.3. Espectro Ensanchado de Secuencia Directa

Dentro de este ejemplo, se emplea la secuencia “1, 0, 0, 1, 1, 0, 1” para codificar la señal que se desea transmitir. La duración de los bits de la señal original, es M veces mayor a la duración de un chip o de la secuencia de bits del código de ensanchamiento.

Analizando este caso, se puede determinar y distinguir, que mediante un mismo ancho de banda espectral, el cual es compartido por todos los usuarios, se puede distinguir a cada uno de estos usuarios por la secuencia de bits del código de ensanchamiento.

Cabe destacar que los sistemas de decodificación o los receptores, utilizarán las mismas secuencias de bits del código de ensanchamiento, para lograr descifrar la señal transmitida.

- **Sistemas de Frecuencia Modulada Pulsada o *Chirping***

Es una técnica de *Spread Spectrum* muy poco común. Con este método se barre todas las frecuencias mediante la aplicación de un pulso, llamado *Chirp*, el cual expande la señal espectral.

- **Sistemas Híbridos**

Estos sistemas utilizan un método, el cual aprovecha las propiedades más ventajosas del resto de sistemas de Spread Spectrum. Por ejemplo al combinar los métodos de Secuencia Directa, junto con el método de Saltos de Frecuencia, se generan características o propiedades, las cuales no se encuentran disponibles en cada uno de estos métodos por separado.

2.2. Estándares CDMA2000

CDMA2000 es un grupo de estándares de telecomunicaciones móviles de tercera generación o 3G, que aplican la tecnología CDMA, como lo dice su nombre. Cabe recalcar que esta es calificada como una tecnología de segunda generación de la telefonía celular digital IS-95 (“*Interim Standard 95* o Estándar Interno 95, que son los estándares de telefonía móvil celular o de terminales, basados en la tecnología celular”¹), en cual es un estándar utilizado para los siguientes puntos:

- Diseñado para transmitir voz.
- Señalización de llamadas.
- Para transmitir datos en forma limitada.

Los mismos estándares IS-95 fueron sustituidos o reemplazados por los estándares y por la tecnología CDMA2000, donde estos fueron calificados, como ya se mencionó, como una tecnología móvil o inalámbrica de tercera generación. Las características o aplicaciones que se presentan en estas leyes o estándares, son esquemas que utilizan aplicaciones de *acceso múltiple* para:

- Redes digitales.
- Transmisión de voz.
- Señalización entre teléfonos celulares y estaciones base (BTS).

¹ Telecomunicaciones Móviles, 2da Edición, Editorial Marcombo, página 154

Los estándares principales que existen dentro de la tecnología CDMA2000, de acuerdo a sus características principales, son los siguientes:

- **CDMA2000 1x**

“Esta tecnología es conocida como el núcleo de interfaz inalámbrica CDMA2000”². Dentro de este campo se utiliza lo que es llamado como la designación “1xRTT” (*1 times Transmission Technology*), la cual tiene el fin de identificar la versión de la tecnología en la cual se está aplicando dicho proceso. “Existen casos donde en lugar del 1xRTT, se da el 3xRTT. Dentro de las redes IS-95, el 1xRTT, duplica aproximadamente la capacidad de voz³”.

El estándar CDMA200 1x es conocido generalmente, por la lista de los siguientes términos:

- 1x
- 1xRTT
- IS-2000
- CDMA2000
- 1X
- cdma2000

Existen 3 diferencias principales entre las tecnologías IS-95 e IS-2000, donde dentro de la tecnología IS-2000 se las presenta como cambios y evolución de la tecnología móvil:

- El uso de una señal piloto sobre el *reverse link* (enlace de subida) del IS-2000 que permite el uso de una modulación coherente.
- 64 canales más de tráfico sobre el *forward link* (enlace de bajada) de manera ortogonal al set original.

² Telecomunicaciones Móviles, 2da Edición, Editorial Marcombo, página 156

³ Telecomunicaciones Móviles, 2da Edición, Editorial Marcombo, página 161

- Se han presentado cambios en la capa de enlace de datos, donde esto permite un mejor uso de los servicios de datos, como protocolos de control, para los accesos a enlaces al igual que para la calidad de servicio QoS.

- **CDMA2000 1xEV-DO**

Esta tecnología es conocida como la “*1x Evolution-Data Optimized*”. Esta tecnología es la evolución de la tecnología CDMA2000 1x, donde se presenta como avance, una alta velocidad de datos. En este campo el enlace de bajada, es multiplexado mediante división de tiempo. En enlace de subida soporta hasta 1.8 Mbps, mientras que el enlace de bajada soporta hasta 3.1 Mbps, los dos enlaces presentados en un canal de radio dedicado a transportar paquetes de datos de alta velocidad.

- **CDMA2000 1xEV-DV**

Esta tecnología generó una evolución en transmisión y voz, como lo dice el nombre “*CDMA2000 1x Evolution Data/Voice*”, donde de igual forma, el enlace de subida soporta hasta 1.8 Mbps, mientras que el enlace de bajada soporta hasta 3.1 Mbps.

Esta tecnología soporta una operación concurrente dentro un mismo canal de radio para los casos listados a continuación:

- Entre los usuarios de voz 1x.
- Usuarios de datos 1x.
- Usuarios de datos de alta velocidad 1xEV-DV.

2.3. Codificación (Transmisión) y Decodificación (Recepción) de la señal CDMA

Para la transmisión, la señal CDMA es generada en 5 pasos, como lo indican sus bloques en la *Figura 4*, de la siguiente manera:

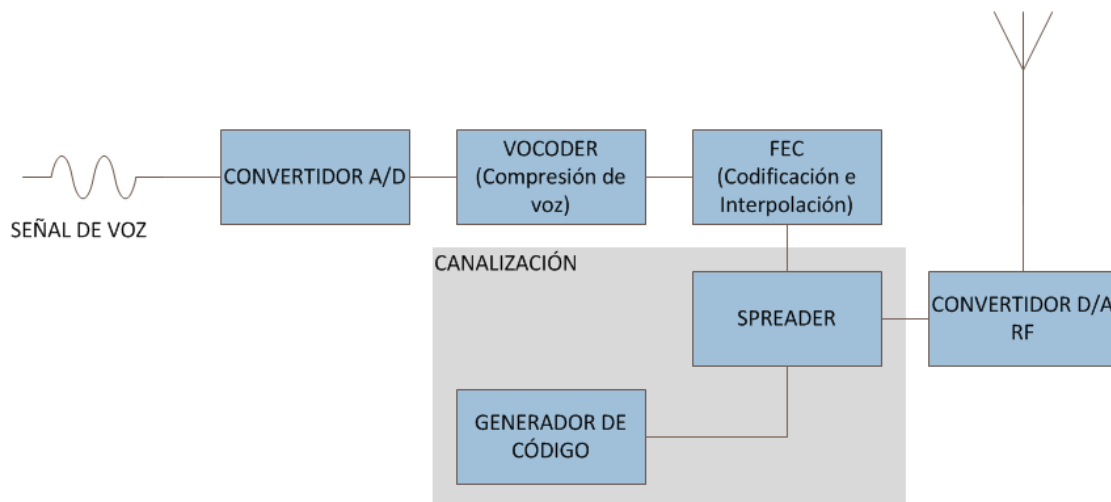


Figura 2.4. Generación de la Señal CDMA

- **Conversión analógica – digital**

La conversión A/D se hace mediante la utilización de la técnica, conocida como PCM (*Pulse Code Modulation*) o modulación por código de pulsos.

- **Compresión de voz**

CDMA emplea un dispositivo denominado *vocoder*, el cual se encuentra en los teléfonos y en los Controladores de las Estaciones Base (BSC). La compresión funciona de la siguiente manera: en una transmisión telefónica generalmente se genera pausa entre sílabas y palabras cuando hablan, por lo cual, CDMA se aprovecha de estas pausas en la actividad de voz mediante un *vocoder* de tasa variable.

Un *vocoder* CDMA varía la compresión de la señal de voz, en 4 tasas distintas, dependiendo de la actividad de voz del usuario. Las 4 tasas distintas son: completa, 1/2, 1/4 y 1/8. El *vocoder* utiliza su tasa completa cuando una persona está hablando demasiado rápido y de igual manera utiliza la tasa de 1/8 cuando la persona no dice nada o casi nada.

- **Codificación e interpolación**

Con la finalidad de introducir redundancia dentro de la señal, para posibilitar la recuperación de la información perdida durante la transmisión, los dispositivos encargados de esta función, codificadores e interpoladores, se encuentran dentro de las BTS y los teléfonos. La finalidad de la codificación e interpolación es la reducción de los errores en ráfaga.

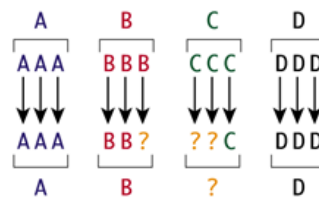


Figura 2.5. Código de redundancia

La interpolación es un método simple pero poderoso de reducir los efectos de los errores en ráfaga y recuperar los bits perdidos. En el ejemplo que se muestra aquí los símbolos de cada grupo se intercalan (o codifican) en un patrón que el receptor sabe.

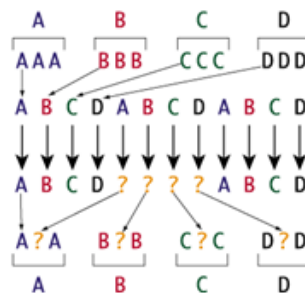


Figura 2.6. Reducción de Errores en Ráfaga

- **Canalización**

Separa los datos de voz codificada unos de otros, luego los símbolos codificados son esparcidos en todo el ancho de banda del canal CDMA. El receptor conoce el código y lo usa para recuperar la señal de voz.

CDMA usa dos tipos importantes de códigos para canalizar los usuarios. Utiliza los códigos Walsh para canalizar los usuarios en el enlace directo (BTS a terminal). Y también utiliza los códigos de Ruido Pseudoaleatorios (PN) para canalizar los usuarios en el enlace inverso (de terminal a BTS).

Los códigos *Walsh* proporcionan un medio para identificar de forma única a cada usuario en el enlace directo. Estos códigos tienen una propiedad matemática única, ya que son "ortogonales" entre sí. En otras palabras, los códigos *Walsh* son suficientes como para que los datos de voz, puedan ser recuperados por un receptor, aplicando el mismo código.

Los códigos de Ruido Pseudoaleatorios (PN) identifican de forma única a los usuarios en el enlace inverso. Los códigos PN utilizados en el campo CDMA, logran alrededor de 4,4 trillones de combinaciones de código. Esta es una razón clave por la cual CDMA es tan seguro.

- **Conversión digital a radio frecuencia**

La Estación Base (BTS), combina los datos de canalización de todas las llamadas dentro de una sola señal, la cual es convertida a una señal de RF para su transmisión.

Mientras que para la recepción, es decir, para la obtención de los datos de voz se realiza el proceso inverso, como se logra apreciar en la gráfica a continuación:

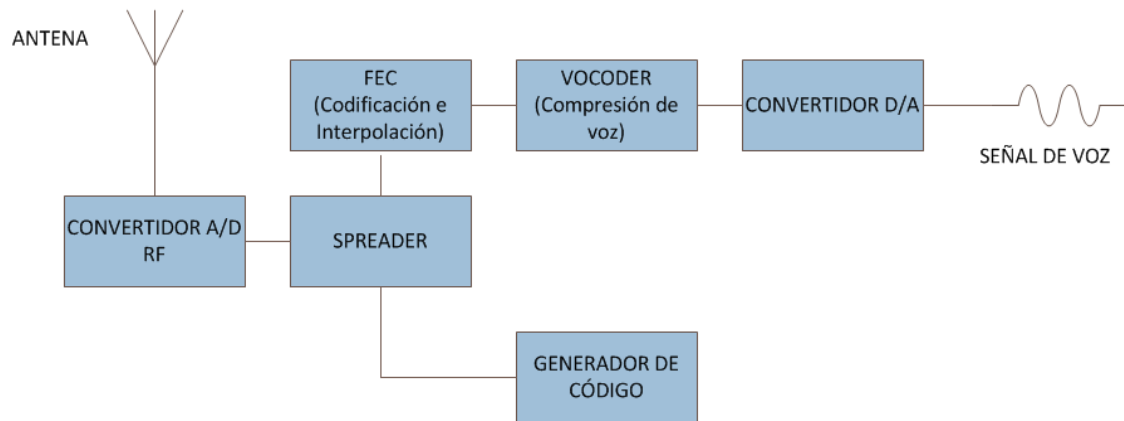


Figura 2.7. Proceso Inverso para la Obtención de Voz

- Conversión de la señal de radiofrecuencia a señal digital.
- Des-canalización.
- Des-interpolación y decodificación.
- Descompresión de voz.
- Recuperación de la señal analógica (conversión digital-analógica).

2.3.1. Canales de Codificación utilizados en la tecnología CDMA

Un canal de código es un flujo de datos destinados a un uso específico o de una persona. Este canal puede ser datos de voz o datos generales de control. Los canales son separados por los códigos. El enlace directo y enlace inverso utilizan distintos tipos de canales, como se nota en la figura a continuación:

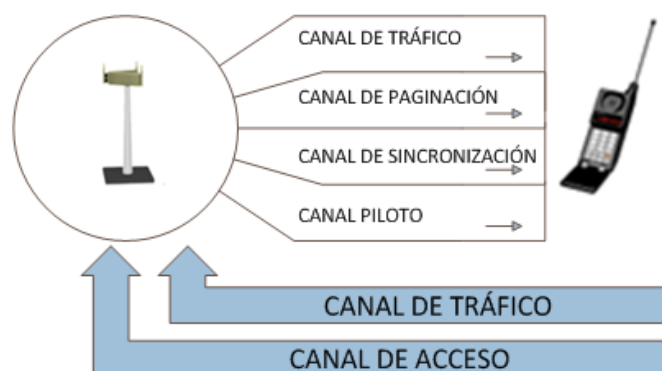


Figura 2.8. Enlaces Directo e Inverso. Canales de Códigos

- **Canales de Enlace Directo**

“El enlace directo, se basa en cuatro tipos de canales para transmitir voz y datos de control hacia el terminal. Los tipos de canales de enlace directo son”⁴:

- Piloto (*Pilot*).
- Sincronización (*Sync*).
- Paginación (*Paging*).
- Tráfico (*Traffic*).

La BTS transmite constantemente el canal piloto. El terminal utiliza la señal piloto para adquirir el sistema. A continuación utiliza la señal piloto para controlar y ajustar la potencia necesaria para transmitir de nuevo a la BTS.

La BTS transmite constantemente a través del canal de sincronización para que el terminal se pueda sincronizar con la BTS. El terminal pasa por alto el canal de sincronización después de que se sincroniza.

La tecnología CDMA utiliza hasta siete canales de paginación. El canal transmite sobrecarga de información, tales como los comandos y las páginas para el terminal. El canal de paginación también envía comandos y asignación de canales de tráfico durante el establecimiento de la llamada. El terminal pasa por alto el canal de paginación, después de que un canal de tráfico se ha ya establecido.

CDMA usa entre 55 y 61 canales de tráfico directo para enviar voz y datos generales de control durante una llamada. Una vez finalizada la llamada, el terminal se sincroniza de nuevo en el canal de paginación para ciertos comandos y páginas.

⁴ Radio Mobile, 2da Edición, Editorial Brian J. Henderson, página 231

- **Canales de Enlace Reverso**

El enlace reverso utiliza dos tipos de canales para transmitir voz y datos de control a la BTS. Los tipos de canales de enlace inverso son de:

- Acceso (*Access*) y
- Tráfico (*Traffic*).

El terminal utiliza el canal de acceso cuando no ha sido asignado a un canal de tráfico o también para:

- Registrarse en la red.
- Originar llamadas.
- Responder a las páginas y los comandos de la BTS.
- Transmitir mensajes indirectos a la BTS.

“El canal de tráfico reverso sólo se utiliza cuando hay una llamada. Este canal transmite datos de voz a la BTS. También transmite la información de control indirecta durante una llamada”⁵.

2.4. Etapas de Procesamiento de Llamadas

De acuerdo a la gráfica que se muestra a continuación, en la tecnología CDMA, existen cuatro etapas o modos de procesamiento de llamadas:

⁵ Radio Mobile, 2da Edición, Editorial Brian J. Henderson, página 238

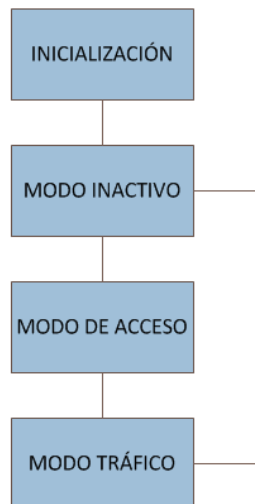


Figura 2.9. Etapas de Procesamiento de Llamadas

- Modo de Inicialización
- Modo Inactivo
- Modo de Acceso
- Modo Tráfico

Durante la inicialización el terminal cumple los siguientes puntos:

- Adquiere el sistema a través del canal de código piloto.
- Se sincroniza con el sistema a través del canal de código de sincronización.

Durante el modo de inactividad el terminal no está involucrado en una llamada, pero debe mantenerse en comunicación con la estación base, de la siguiente manera:

- El terminal y la BTS deben comunicarse a través de los canales de código de acceso y código de paginación.
- El terminal obtiene la sobrecarga de información a través del canal de código de paginación.

En el modo de acceso, los terminales acceden a la red a través del canal de código de acceso durante la creación de las llamadas. El canal de acceso y el canal de paginación

deben llevar la configuración requerida para establecer la comunicación entre el terminal y la BTS, hasta que el canal de tráfico sea establecido.

En el modo tráfico pueden presentarse dos casos:

- Una llamada de teléfono fijo al terminal (LTM – *Land to Mobile*), donde:
 - El terminal recibe una página en el canal de paginación.
 - El terminal responde en el canal de acceso.
 - El canal de tráfico se establece y se mantiene durante la llamada.

- Una llamada de terminal a teléfono fijo (MTL – *Mobile to Land*), donde:
 - La llamada se realiza utilizando el canal de acceso.
 - La estación base responde en el canal de paginación.
 - El canal de tráfico se establece y se mantiene durante la llamada.

2.5. Características, ventajas e inconvenientes de la tecnología CDMA

Características resaltantes de la tecnología CDMA:

- **Reutilización de frecuencias**

Debido a que el espectro de frecuencias es un recurso limitado, los sistemas que lo utilizan tanto para telefonía, radiodifusión, etc., pueden utilizar la misma frecuencia siempre y cuando estén lo suficientemente alejados como para no causar interferencias unos a otros. En el caso de CDMA puede usarse la misma frecuencia en celdas adyacentes ya que los usuarios están separados por canales de código y no por canales de frecuencia.

- **Control de energía**

Permite a los terminales ajustar el nivel de potencia de transmisión, asegurando que la estación base reciba todas las señales con la potencia apropiada, es decir, si todos los terminales transmitieran al mismo nivel de potencia, la BTS recibiría señales innecesariamente fuertes desde los terminales cercanos y señales extremadamente débiles de los terminales que están lejos, por lo cual se reduciría la capacidad del sistema.

- **Receptores RAKE o Rastrillo**

Estos receptores permiten contrarrestar los efectos de la dispersión multi-trayecto, mediante el empleo de varios sub-receptores levemente retrasados con la finalidad de sincronizar los diferentes componentes del multi-trayecto.

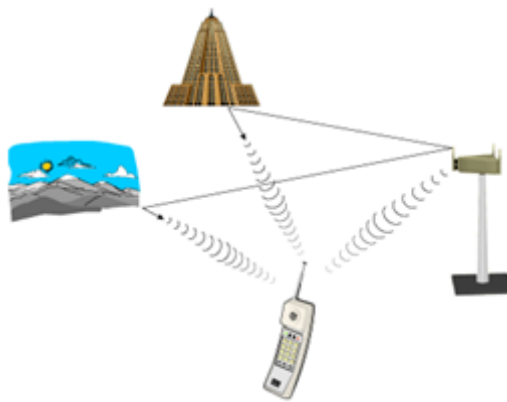


Figura 2.10. El problema multi-trayecto

El receptor *RAKE*, cumple la función de varios receptores al mismo tiempo. Este receptor identifica las tres señales más fuertes de varias rutas y las combina para producir una señal más fuerte, por lo cual utiliza múltiples rutas para reducir la potencia que el transmisor debe enviar. Tanto el terminal como el BTS utilizan los receptores *RAKE* o rastrillo.

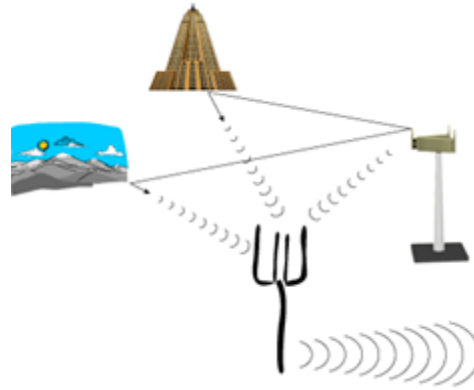


Figura 2.11. "Rake Receivers" o Receptores Rastrillo

- **Handoff**

Handoff es el proceso de transferir una llamada de una celda a otra, lo cual es necesario para continuar con la llamada telefónica mientras viaja.

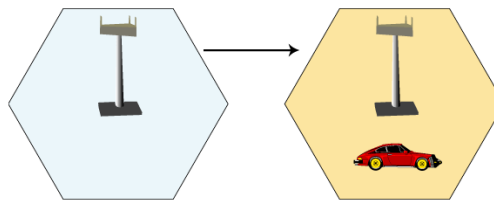


Figura 2.12. *Handoff*

Mediante la implementación de tres tipos principales: duro (*hard*), suave (*soft*) e inactivo (*idle*), los cuales son empleados de acuerdo al escenario de handoff.

Soft handoff, establece una conexión con la nueva BTS antes de interrumpir la conexión con la actual BTS (como se logra observar en la figura a continuación), lo cual es posible porque las celdas CDMA utilizan la misma frecuencia y porque el terminal utiliza un receptor *RAKE*.

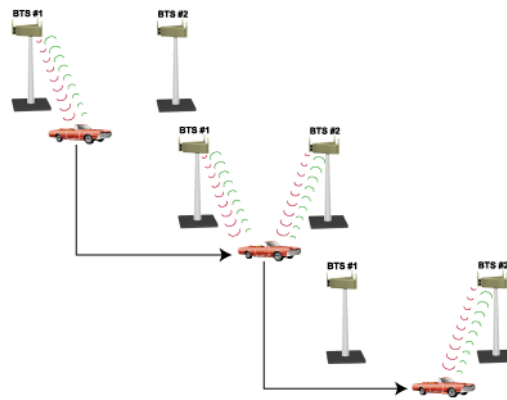


Figura 2.13. *Soft Handoff*

Hard handoff requiere el terminal para romper la conexión con la BTS actual antes de establecer la conexión con la nueva BTS (. Los teléfonos CDMA utilizan un *hard handoff* al pasar de un sistema CDMA a un sistema analógico, porque los *soft handoffs* no son posibles en los sistemas analógicos.

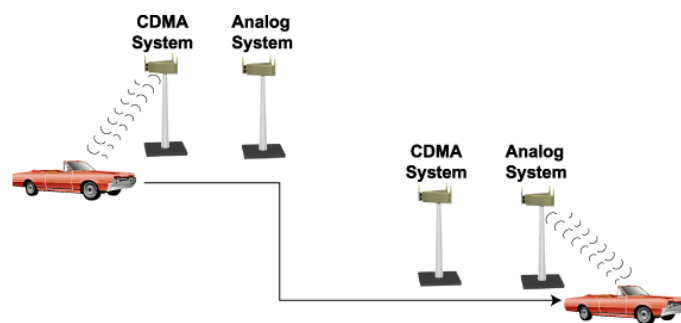


Figura 2.14. *Hard Handoff*

Un *handoff* inactivo se produce cuando el teléfono está en modo de inactividad. El terminal detectará una señal piloto que sea más fuerte que la señal actual, por lo cual el terminal está siempre en busca de señales pilotos de cualquier BTS vecinos. Cuando encuentra una señal más fuerte, el terminal simplemente comienza a asistir a una señal piloto nueva. Un *handoff* inactivo se produce sin la asistencia de la BTS.

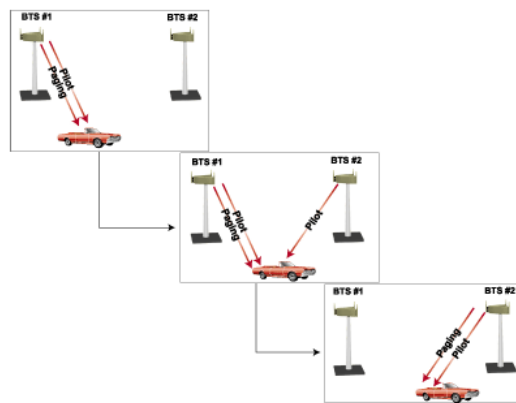


Figura 2.15. Handoff Inactivo (*Idle*)

Las ventajas de la tecnología CDMA son:

- **Cobertura**

Mediante el control de energía se ayuda a la expansión dinámica del área de cobertura; y mediante la codificación e interpolación se proporciona la capacidad de cubrir una mayor área con la misma cantidad de energía empleada con otros sistemas.

- **Capacidad**

Siendo de diez a veinte veces mayor que los sistemas analógicos y más de cuatro veces mayor que el Acceso Múltiple por División de tiempo (TDMA), debido a la reutilización universal de frecuencias, canalización por código, control de energía y los tipos de *handoff*.

- **Claridad**

A menudo puede alcanzar niveles de claridad de líneas cableadas debido a su robusto sistema de procesamiento digital.

- **Costo**

Debido a su mayor cobertura y capacidad.

- **Compatibilidad**

La posibilidad de trabajar en sistemas analógicos y digitales, debido a la capacidad de modo dual, así como la capacidad de trabajar en dos o más bandas.

- **Satisfacción del cliente**

Debido a que CDMA proporciona mejor calidad de voz, mayor duración de batería, no *cross-talk* (interferencia) y privacidad.

Mientras que los inconvenientes o desventajas que la tecnología CDMA presenta, son:

- ***Complejidad***

Los receptores que utiliza son más complejos que en el resto de tecnologías, debido al nivel de codificación o códigos, al igual que el traspaso entre distintas bandas de frecuencia también es complejo.

- ***Alcance***

El máximo alcance logrado por una celda, es función del tráfico que esta cursa (*cell breathing*). En cuanto a la calidad de servicio (QoS), también es una función del tráfico que esta cursa, debido al ancho de banda que existe dentro de las BTS o estaciones base.

2.6. Seguridad de la Información en la Red CDMA 450

La seguridad en un sistema de comunicaciones, es considerada como requisito y de vital importancia. Se deben cumplir los siguientes objetivos dentro del ámbito de seguridad, al momento de transmisión / recepción de voz o datos:

- Evitar que la información sea interceptada por usuarios (o personas) no autorizados.
- Garantizar que los datos transmitidos no sean modificados, e igual que los datos recibidos provengan de una fuente de datos segura.

Para que estos objetivos se cumplan dentro de una red CDMA 450, se debe seguir con la implementación y con la función de los siguientes protocolos de seguridad:

- **Protocolo TLS/SSL**

Es un protocolo de la capa de transporte en la que presenta una conexión segura (*Secure Sockets Layer & Transport Layer Security*), donde este conjunto de protocolos, proporcionan autenticación y privacidad de la información, entre extremos sobre la Internet, mediante el uso de criptografía (*“el arte o ciencia de cifrar y descifrar información mediante técnicas especiales y se emplea frecuentemente para permitir un intercambio de mensajes que sólo puedan ser leídos por personas a las que van dirigidos y que poseen los medios para descifrarlos”*⁶).

Este protocolo, implica una serie de fases y funciones, que son las siguientes:

- Negociar entre las partes el algoritmo que se aplicará y se utilizará en la comunicación.

⁶ Radio Mobile, 2da Edición, Editorial Brian J. Henderson, página 289

- Realizar un intercambio de claves públicas y una autenticación basada en certificados digitales.
 - Cifrado del tráfico, basado en cifrado simétrico (donde se utiliza la misma la misma clave para cifrar y descifrar mensajes).
- **Protocolo WTLS**

Este protocolo trabaja para lo que es seguridad para la capa de transporte en comunicaciones inalámbricas (*Wireless Transport Layer Security*), es decir, provee de las mismas funciones de seguridad que el protocolo TLS, pero en el ámbito inalámbrico.

- **Protocolo IPSec**

Es un protocolo (*Internet Protocol Security*) cuya función es asegurar la comunicación sobre el protocolo IP (*Internet Protocol*), autenticando y cifrando cada paquete IP, dentro de un flujo de datos.

Dentro la capa física, la seguridad en la tecnología CDMA, se basa principalmente en el espectro ensanchado y mediante el uso de códigos *Walsh*.

2.7. Autenticación y Encriptación del Usuario

Un dispositivo o terminal móvil, generalmente aplica y utiliza una llave o código de 64 bits para el proceso de autenticación de acceso a la red de comunicación. Su número de serie electrónico es utilizado para registrarse dentro de la red durante una llamada, mientras que la serie de bits es utilizada para generar otras llaves, las cuales provean de privacidad durante una llamada.

Este código de 64 bits (llave de autenticación de acceso), es verificado dentro de la base de datos de usuarios de la red (Registro de Localización ó HLR) y también por el centro de autenticación, como su nombre lo dice.

Para el proceso de sesiones de datos, los usuarios generalmente son autenticados usando el protocolo CHAP (Challenge Handshake Authentication Protocol) mediante el servidor PDSN-AAA (Packet Data Serving Node – Authentication Authorization Accounting o Nodo de Servicio de Paquete de Datos – Autenticación Autorización Contabilidad). CHAP es un tipo de protocolo, el cual es aplicado para procesos de autenticación probado en Internet, el cual es utilizado en redes inalámbricas para poder verificar la identidad del usuario.

En la figura a continuación se muestra el proceso o secuencia de autenticación y de establecimiento de un canal para la transmisión de datos.

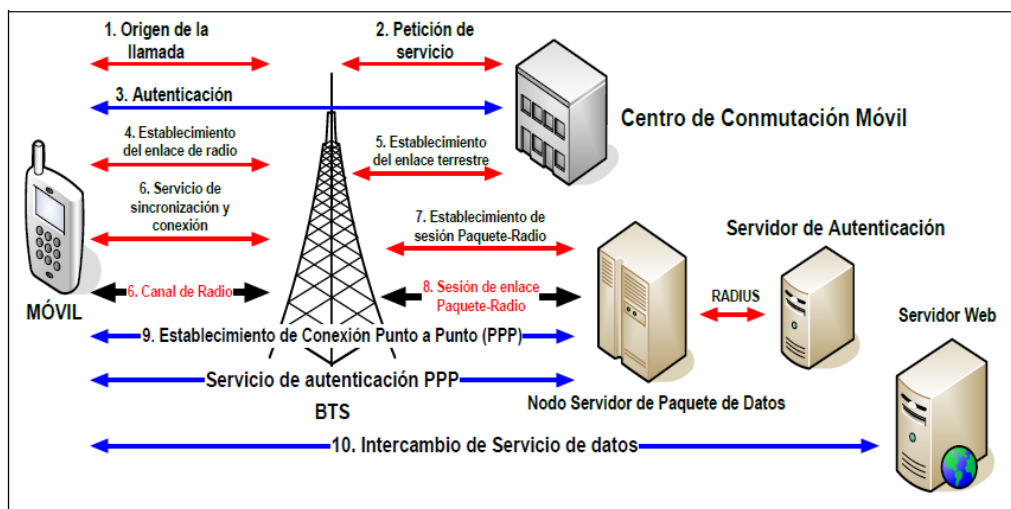


Figura 2.16. Secuencia de autenticación para la transmisión de datos

El proceso es el siguiente:

- 1, 2. La terminal móvil inicializa la sesión enviando un mensaje de origen que incluye una indicación que es una sesión de paquete de datos.

3. Se realiza el procedimiento de autenticación, mediante el Centro de Conmutación Móvil.
- 4, 5. La BTS (Estación Base Transceptora) asigna recursos de radio y así establece un canal dedicado de baja velocidad. En contraste al canal de radio usado por una llamada de voz, este canal de datos de baja velocidad usa el protocolo de enlace de radio (RLP) para proporcionar un mejor rendimiento de error. Después se asignarán los recursos en el nuevo dominio de red conmutado por paquetes.
- 6, 7. Se establece la sesión de paquete de datos, para la asignación de los recursos sobre la interfaz de radio-paquetes.
- 8, 9. Después de que los recursos han sido establecidos, la terminal se comunica con el PDSN (Nodo de Servicio de Paquete de Datos), dentro de la asignación de canales, para el establecimiento de una conexión utilizando el protocolo punto a punto (PPP), donde se asigna una dirección IP a cada estación (terminal).
10. Antes de finalizar la conexión PPP, se realiza otro nivel de autenticación, donde el PDSN negocia con el servidor AAA, para así autenticar al usuario (mediante el protocolo de servicio de usuario dial-in ó RADIUS). La autorización para acceder al servicio de peticiones está basada en el perfil del usuario, el cual está almacenado en el servidor AAA. Donde en caso de que la autorización se logre al 100%, se concederá el acceso a la red IP.

2.8. Seguridad en el Transporte de la Información

El objetivo principal dentro de una red de datos, para que esta convenza a los clientes de ser utilizable y aplicable, es la protección de la información del usuario durante la transmisión y la administración. Los protocolos utilizados para la protección de datos son los de redes virtuales públicas (VPN), y son los siguientes:

- **Protocolo de seguridad IP (IPSec)**

Este protocolo provee dos puntos importantes, que son encriptación y autenticación, el cual protege el tráfico de aplicaciones en la capa IP. Este también es aplicable para lo que es el ingreso o acceso remoto desde otras interfaces.

- **Protocolo SSL (*Secure Socket Layer*)**

Este protocolo provee de seguridad en la capa TCP/IP, con el cual se asegura compatibilidad con el servicio de traducción de direcciones de red (NAT), configuración de firewall y ubicación del proxy. El dispositivo móvil (o terminal), no requieren del protocolo, por lo cual es de fácil uso.

CAPÍTULO III

DISEÑO DE LA RED

3.1. Justificación del empleo de la banda de los 450 MHz

La utilización de frecuencias bajas tiene como consecuencia una mayor propagación lo cual se traduce en una mayor área de cobertura permitiendo el empleo de menos estaciones base.

Esta característica del uso de la frecuencia de 450 MHz sumada a las características ya descritas de la tecnología CDMA, hacen de esta una muy buena solución para su empleo en telecomunicaciones rurales. Cabe mencionar que existen 2 tecnologías que se aplican comúnmente, que se encuentran dentro del campo de la tecnología CDMA, como son el caso de las tecnologías CDG2003 y OSH2004.

Dentro de las ventajas que posibilita y se dan con la utilización de esta frecuencia (450 MHz), se pueden mencionar los siguientes puntos: (los cuales serán descritos y justificados más adelante)

- Disponibilidad y mejor utilización del Espectro.
- Bajo costo para una red 3G.
- Posee una cobertura de celda superior, cuando esta es comparada con las coberturas alcanzadas con otras bandas de frecuencia.
- Número reducido de BTS.

Además, posibilita una gran variedad de servicios de tercera generación (3G), tales como:

- Telefonía
- VoIP
- Acceso a internet de Banda Ancha
- PTT (*push-to-talk*)
- Localización
- MMS
- Tele – Educación
- Seguridad Pública
- Productividad Empresarial
- Y muchos otros servicios de valor agregado

Características de la tecnología CDG2003:

- Es una tecnología de tercera generación (3G), la cual utiliza la interfaz aérea CDMA 2000 1X.
- Brinda una muy buena relación costo beneficio en la transmisión de datos mediante conmutación de paquetes y otras aplicaciones y servicios relacionados, para la gente del sector rural.
- Proporciona la mayor ventaja en cuanto a cobertura debido a su mayor tamaño de celda, sobre otras bandas celulares, PCS o UMTS.
- Posibilita una menor pérdida de propagación.

Requerimientos de las Telecomunicaciones Rurales en base a la tecnología CDG2003:

- **Cobertura**

Constituye el requerimiento más importante debido a las limitaciones económicas y geográficas principalmente. Cada estación base tiene la capacidad de abastecer áreas muy grandes (40 – 60 Km) y la baja frecuencia de operación asegura una menor pérdida de propagación y en consecuencia una mejor cobertura, como se logra observar en la figura a continuación, realizando una pequeña comparación con distintas bandas de frecuencia.

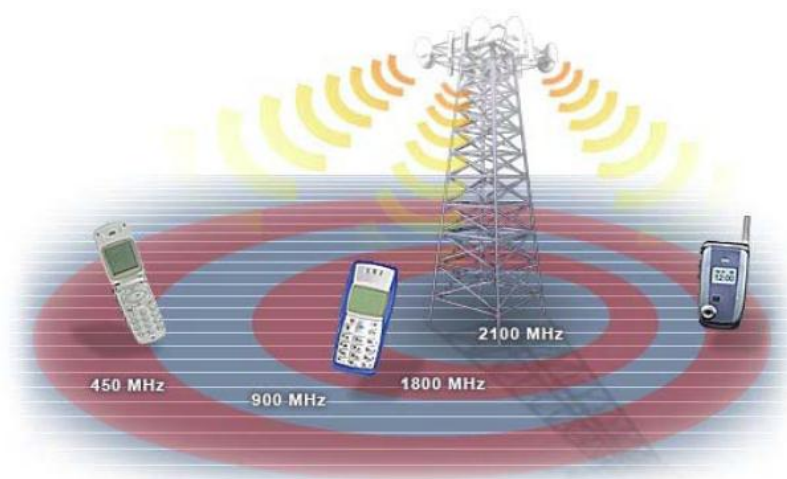


Figura 3.1. Comparación de Coberturas de acuerdo a la frecuencia aplicada

- **Requerimiento moderado de capacidad de voz y datos**

Debido a la menor densidad de la población rural así como a la menor sofisticación de este sector.

- **Rentabilidad**

Debido a las limitaciones económicas de las zonas rurales, la solución deberá ser la que brinde una mejor relación costo beneficio, siendo CDMA 450 la

solución ideal para ofrecer Internet y otras aplicaciones centralizadas de datos en paralelo con la voz. Servicios especiales 3G como PTT, VoIP pueden ser ofrecidos inmediatamente.

3.1.1. Características y Requerimientos fundamentales de la tecnología CDMA 450

Las características y requerimientos fundamentales de la tecnología CDMA 450 se presentan a continuación:

- **Cobertura**

Gracias a que se hace uso de una frecuencia baja (450 MHz) se tiene mayor propagación, es decir mayor área de cobertura [OSH2004]. La tabla y la gráfica a continuación, muestran como esta baja frecuencia da un nivel de mayor cobertura y mejor rentabilidad en comparación a otras bandas de frecuencia.

Tabla 3.1. Comparación de Cobertura

Frecuencia	Radio de Celda	Área de Celda	Número de Celdas Relativo a una Celda CDMA 450
MHz	km	km²	
2.500	10	312	24,1
1.900	13,3	553	13,6
1.800	14	618	12,2
950	26,9	2.269	3,3
850	29,4	2.712	2,8
450	48,9	7.521	1

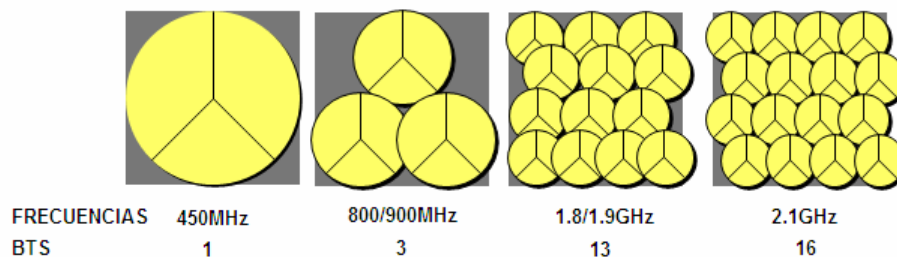


Figura 3.2. Cantidad de BTS para dar Coberturas Similares a distintas bandas de frecuencia

- **Capacidad de voz y datos**

CDMA 450 ofrece servicios IMT-2000, es decir son servicios estándar de la *International Mobile Telecommunications System* que ofrecen alta calidad de voz y alta velocidad de acceso (soportan una velocidad de hasta 153 Kbps).

- **Rentabilidad.**- Al tener un mayor área de cobertura, el costo de la infraestructura de transporte y distribución, será menor, lo cual sumado al bajo costo de los equipos terminales, harán de este un servicio de bajo costo, pero de gran calidad [OSH2004].

3.1.2. Estudio del despliegue tecnológico CDMA 450 en el Ecuador y el mundo

En los últimos años y debido a la necesidad de muchos países de implementar soluciones de telecomunicaciones de buena calidad y a un costo no muy alto, especialmente para cubrir aquellas áreas de baja densidad demográfica y rural, se ha producido un mayor despliegue de la tecnología CDMA 450 en todo el mundo, como lo podemos observar en la figura siguiente.

Despliegue tecnológico CDMA 450 a nivel mundial



Figura 3.3. CDMA 450: "Situación de Mercado"

En la TABLA 3.2, se detalla el despliegue de la tecnología CDMA 450 a nivel mundial, así como también se muestran las perspectivas de crecimiento las cuales se observan como “redes a ser implementadas”.

Tabla 3.2. CDMA 450: "Situación de Mercado" (Mundial)

REGIÓN	CARACTERÍSTICAS
Asia - Pacífico	24 operaciones comerciales en 17 países 5 operaciones a ser implementadas en 5 países 24 redes comerciales 1X 4 redes 1X a ser implementadas 5 redes comerciales 1xEV-DO Rel 0 6 redes 1xEV-DO Rel 0 a ser implementadas 3 redes 1xEV-DO Rev. A a ser implementadas
América Latina - El Caribe	10 operaciones comerciales en 5 países 4 operaciones a ser implementadas en 4 países 10 redes comerciales 1X 4 redes 1X a ser implementadas 1 red 1xEV-DO Rel 0 a ser implementada 4 redes 1xEV-DO Rev. a ser implementadas
Europa - Rusia	47 operaciones comerciales en 13 países 3 operaciones a ser implementadas en 3 países

	41 redes comerciales 1X 6 redes comerciales 1X 6 redes 1X a ser implementadas 34 redes comerciales 1xEV-DO 0 4 redes 1xEV-DO Rel 0 a ser implementadas 13 redes comerciales 1xEV-DO Rev. A 6 redes 1xEV-DO Rev. A a ser implementadas
África - Medio Oriente	19 operaciones comerciales en 17 países 2 operaciones a ser implementadas en 2 países 19 redes comerciales 1X 2 redes 1X a ser implementadas 3 redes comerciales 1xEV-DO Rel 0 8 redes 1xEV-DO Rel 0 a ser implementadas 2 redes comerciales 1xEV-DO Rev. A. 4 redes 1xEV-DO Rev. A a ser implementadas

En la Tabla 3.3 se muestran las variaciones tecnológicas que soporta CDMA 450, acompañadas de la información sobre velocidades de conexión.

Tabla 3.3. Tecnologías y Velocidades de Conexión

TECNOLOGÍA	VELOCIDAD DE CONEXIÓN	
	Máximo	Promedio para el usuario
CDMA2000 1X Portadora 1.25 MHz	153 Kbps DL 153 Kbps UL	60 - 100 Kbps
CDMA 1xEV-DO Rel. 0 Portadora 1.25 MHz	2.4 Mbps DL 153 Kbps UL	300 - 700 Kbps DL 70 - 90 Kbps UL
CDMA 1xEV-DO Rev. A Portadora 1.25 MHz	3.1 Mbps DL 1.8 Mbps UL	600 - 1400 Kbps DL 500 - 800 Kbps UL
DL: Download (Tasa de bajada)		
UL: Upload (Tasa de subida)		

Para el caso del continente americano, la Comisión Interamericana de Telecomunicaciones CITEL, organismo de la OEA, recomienda que se considere el uso de las bandas de 410-430 MHz y 450-470 MHz en los países de las Américas en los cuales exista la necesidad de provisión de servicios de telecomunicaciones en áreas de baja densidad demográfica o rurales. [INA2007].

El despliegue de esta tecnología a nivel mundial, también puede observarse desde el punto de vista de las empresas fabricantes de equipamiento de red y terminales como vemos a continuación: [CDG2009]

Proveedores de infraestructura: *Alcatel-Lucent, Huawei, ZTE, Hyundai Syscomm, Nortel, Airvana, Airwalk Communications, Qualcomm.*

Proveedores de terminales: *Curitel, Synertek, GTRAN, ZTE, Hyundai Syscomm, Giga Telecom, Axesstel, AnyDATA.*

Despliegue tecnológico CDMA 450 en América Latina

- México 2006

La Secretaría de Comunicaciones y Transporte hace entrega de la concesión de las bandas de 453 - 457.475 MHz y 464 - 467.475 MHz a TELMEX, con la finalidad de brindar telefonía básica local, de larga distancia y acceso a internet en 7.225 localidades.

- Venezuela 2006

La CONATEL (Comisión Nacional de Telecomunicaciones), publica la Providencia Administrativa N. 888, en la cual se determina el CUNABAF Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias incluyendo la atribución de la banda de 450 - 470 MHz, se publica también la Nota Nacional V12 en la cual se indica que las bandas comprendidas entre los 452.5 – 457.475 MHz y 462.5 – 467.475 MHz podrán ser utilizadas para la operación de sistemas IMT-2000.

- **Venezuela 2007:**

CVG Telecom implementa un servicio masivo de telefonía inalámbrica fija en la banda de 450 – 470 MHz con la finalidad de proveer de servicio telefónico y acceso a internet de manera económica a poblaciones que no contaban con estos servicios, beneficiando a más de 800.000 habitantes.

- **Argentina 2006:**

- Setiembre: Se inauguran las redes comerciales El Chaltén y El Calafate usando la banda de 450 – 470 MHz
- Diciembre: Se inaugura la red Villa Gesell.

- **Ecuador:**

- Para la segunda Fase del Proyecto CDMA 450, la CNT EP entregó 5280 líneas. La CNT brindó de un campo útil de telecomunicaciones a sectores marginados inaccesibles.
- Etapa Cuenca cuenta con un Servicio WLL (Wireless Local Loop) en la región de Cuenca.
- En el sector de Ascazubi, cuenta con una planta externa, donde también pasa la Fibra Óptica, que conecta Guayllabamba con Cusubamba.
- La zona de Ascázubi se encuentra cubierta también por el sistema A9800, el cual no satisface con la demanda de la población.
- El sector de Rumipamba cuenta con un servicio telefónico, que trabaja con el sistema SMD 30, desde la estación de Cruz Loma, pero de igual forma no satisface las necesidades de la población.

3.2. Estudio del Mercado

3.2.1. Descripción Geográfica de la zona a intervenir

Las parroquias asignadas, se encuentran ubicadas en los cantones de Quito, Cayambe y Rumiñahui, los cuales son parte de la provincia de Pichincha.

Tabla 3.4. Coordenadas WGS84 (Grados Minutos Segundos)

PROVINCIA	CANTÓN	PARROQUIAS	LOCALIDAD	LATITUD	LONGITUD
PICHINCHA	QUITO	GUAYLLABAMBA	SAN VICENTE DE GUAYLLABAMBA	00° 03' 12" S	78° 17' 05" W
		LLOA	SAN LUIS	00° 13' 56" S	78° 33' 55" W
			SAN JOSE	00° 14' 34" S	78° 35' 52" W
	CAYAMBE	ASCAZUBI	RUMIÑAHUI	00° 02' 44" S	78° 17' 12" W
			ROSALIA	00° 02' 58" S	78° 17' 04" W
			CANGAHUAPUNGO	00° 13' 26" S	78° 10' 28" W
			CHAUPIESTANCIA	00° 02' 19" S	78° 15' 10" W
		OTÓN	OTÓN	00° 01' 38" S	78° 15' 37" W
	RUMIÑAHUI	RUMIPAMBA	RUMIPAMBA - LA MOCA	00° 24' 47" S	78° 25' 19" W



Figura 3.4. Ubicación Geográfica de la Zona a Intervenir (Parroquias Asignadas)

3.2.2. Evaluación socio-económica de las poblaciones a intervenir

A continuación se realizará un análisis socio-económico de las zonas a intervenir, para cerciorarse y lograr ver adelante la comparación de los costos con los beneficios que la implementación de este proyecto generaría. Para una identificación de costos y beneficios de este proyecto, se necesitará realizar y definir una situación base o situación sin proyecto, es decir, la situación actual de las zonas o parroquias asignadas.

La justificación del análisis socio-económico de las parroquias asignadas para el diseño del proyecto, definirán la situación actual de esas zonas junto con la ejecución del proyecto, incluyendo la situación socio-económica que este genere.

Características poblacionales

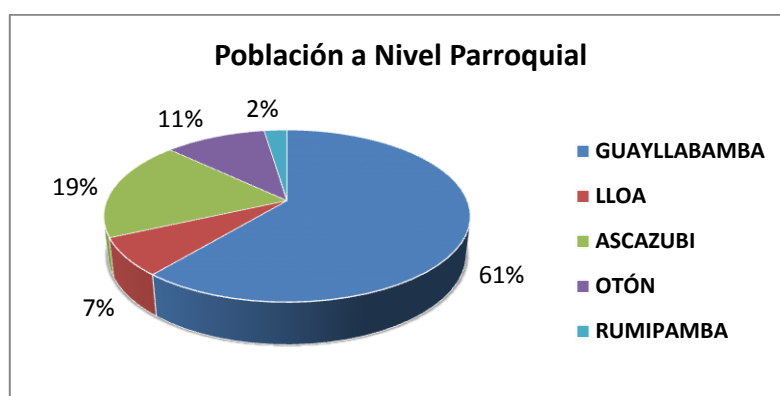


Figura 3.5. Población a Nivel Parroquial

La población total de las parroquias a intervenir, está por alrededor de 20.016 personas (valores tomados en el año 2007), y son parroquias las cuales son consideradas de la zona de Cruz Loma. Sin embargo, tomando en cuenta un estimado de expansión poblacional a nivel parroquial del 4% anual, se estaría hablando de un total de 21.872 personas aproximadamente.

Tabla 3.5. División Poblacional por Sexo 2007

PROVINCIA	CANTÓN	PARROQUIAS	Masculino	Femenino	TOTAL (MASCULINO + FEMENINO)
PICHINCHA	QUITO	GUAYLLABAMBA	50 %	50 %	12.227
			6.142	6.085	
	LLOA	53 %	47 %	1.431	
		760	671		
	CAYAMBE	ASCAZUBI	51 %	49 %	3.756
			1.915	1.841	
	OTÓN	50 %	50 %	2.125	
		1.071	1.054		
	RUMIÑAHUI	RUMIPAMBA	51 %	49 %	477
			242	235	
TOTAL DE LA 3ERA FASE			10.130	9.886	20.016
			50,61 %	49,39 %	

Dentro de las características poblacionales, se puede observar que la zona con un mayor nivel poblacional, es la parroquia de Guayllabamba, la cual interviene en un porcentaje mayor al 60% del nivel poblacional de las zonas asignadas. Mientras que la parroquia de Rumipamba, es la zona asignada con el menor nivel poblacional (aproximadamente un 3%) en relación al resto de parroquias.

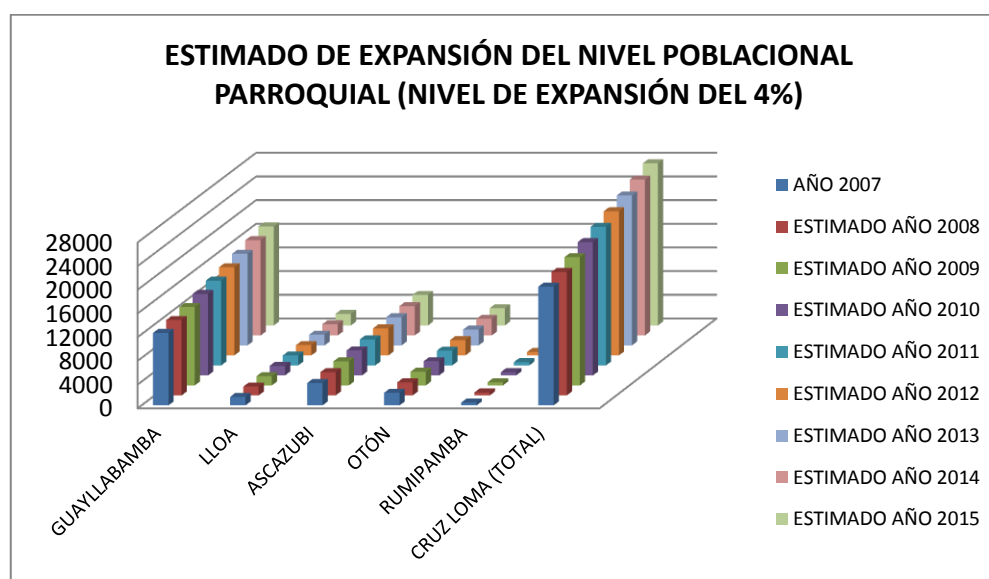


Figura 3.6. Estimado de expansión del nivel poblacional parroquial (Nivel de expansión del 4% anual)

En cuanto al nivel poblacional por sexo, se encuentra dividido proporcionalmente en todas las parroquias, es decir, que nivel poblacional en cuanto al nivel masculino y femenino es del 50% aproximadamente en cada una de las parroquias.

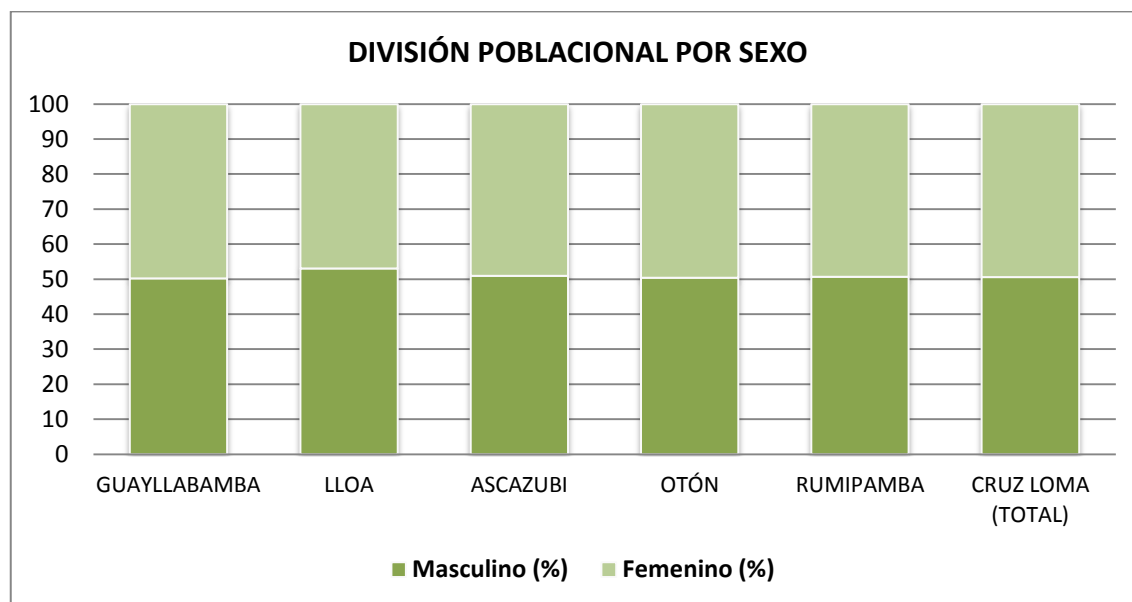


Figura 3.7. División Poblacional por Sexo

Relacionando el nivel poblacional junto con la edad de la gente, se puede observar y analizar que gran parte de la población corresponde a personas entre los 0 y los 29 años, concluyendo que existe un gran número de personas menores de edad dentro de estas parroquias.

Es decir, la gran mayoría de personas corresponden a personas entre los 0 y los 18 años, siendo escasa la presencia de jóvenes y adultos, debido al problema de migración que se ha generado en la última década en nuestro país, y principalmente en este tipo de zonas.

El caso debido a la escasez de población joven y adulta, también es el hecho de que en este tipo de parroquias, la gente una vez finalizado sus estudios secundarios, se aleja de su núcleo familiar para ir a ciudades más grandes. Esto se debe a que salen en busca de mejores oportunidades, donde se les permita alcanzar una mejor calidad de vida y mejores oportunidades de estudio y trabajo respectivamente.

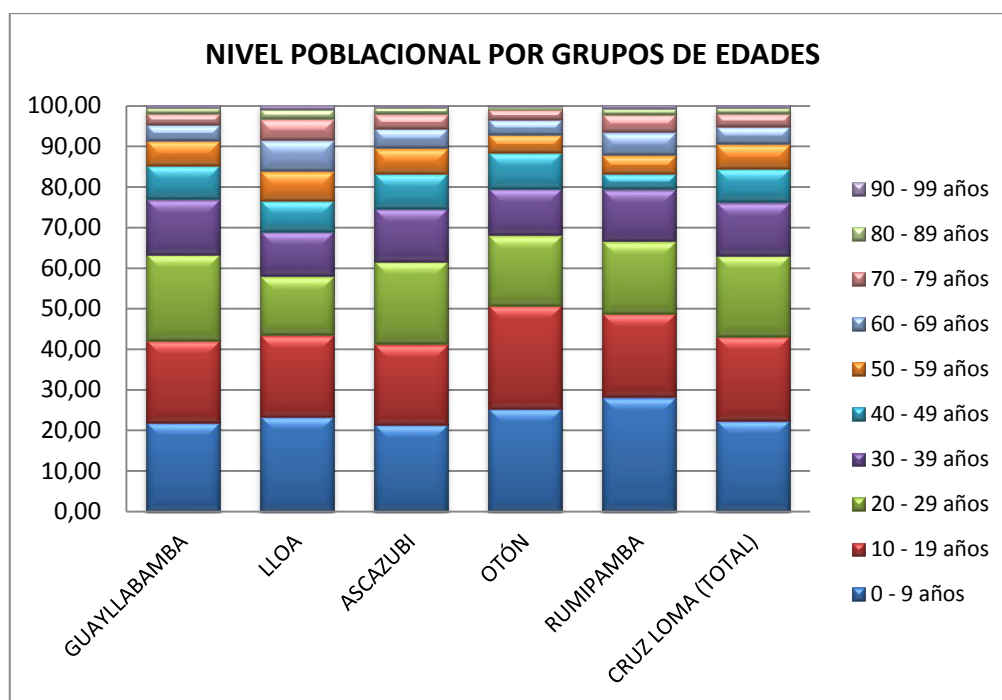


Figura 3.8. Nivel Poblacional por Grupos de Edades

Las parroquias de la zona de Cruz Loma, no son calificadas como parroquias campesinas principalmente, es decir, que el nivel de producción, no proviene de la zona agrícola o ganadera, sino también de otras zonas importantes.

Esto es debido a que las zonas van continuamente evolucionando, por esta razón las organizaciones campesinas han ido desapareciendo constante de este tipo de parroquias. Tal es la razón por la cual, gran parte o gran porcentaje de la población de estas zonas, no pertenecen o no son miembros de organizaciones campesinas.

El bajo porcentaje de educación superior, refleja tanto el bajo nivel educativo en estas parroquias, como el poco número de instituciones, donde los pobladores pueden rendir sus estudios, al igual que las pocas oportunidades que se les da en su vida profesional o de trabajo. Esta es la principal razón, por la cual, la gente de estas zonas, se dirige a otro tipo de ciudades en busca de una educación superior, tales como institutos o universidades.



Figura 3.9. Miembros de Organización Campesina

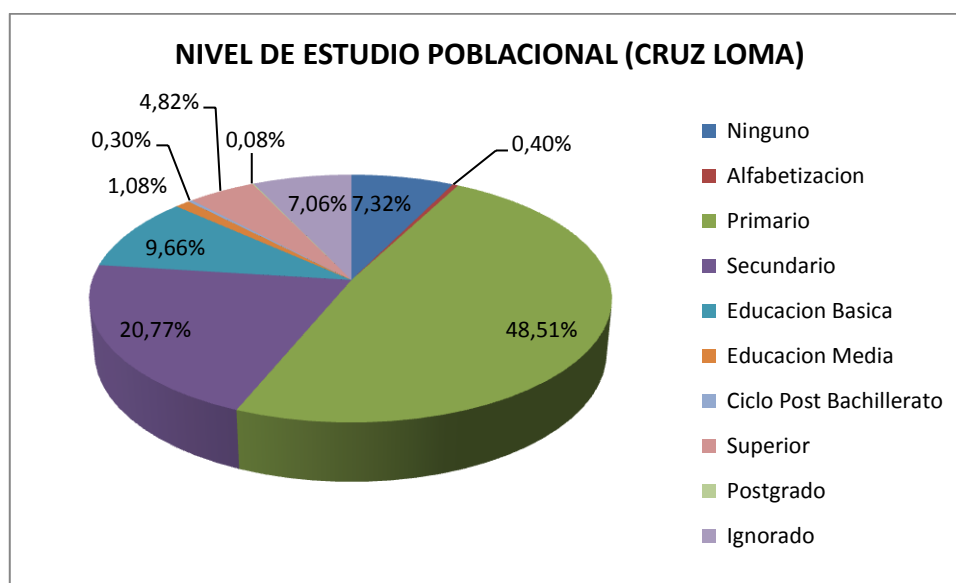


Figura 3.10. NIVEL DE ESTUDIO POBLACIONAL

Analizando a nivel estadístico, se puede concluir, que la parroquia de Guayllabamba, es la zona donde existe un alto nivel de estudio, en relación al resto de parroquias asignadas. Sin embargo, en todas las zonas se produce un efecto de decadencia educativa, a partir de la educación primaria, donde el nivel educativo empieza a decaer respecto al resto de niveles educativos superiores.

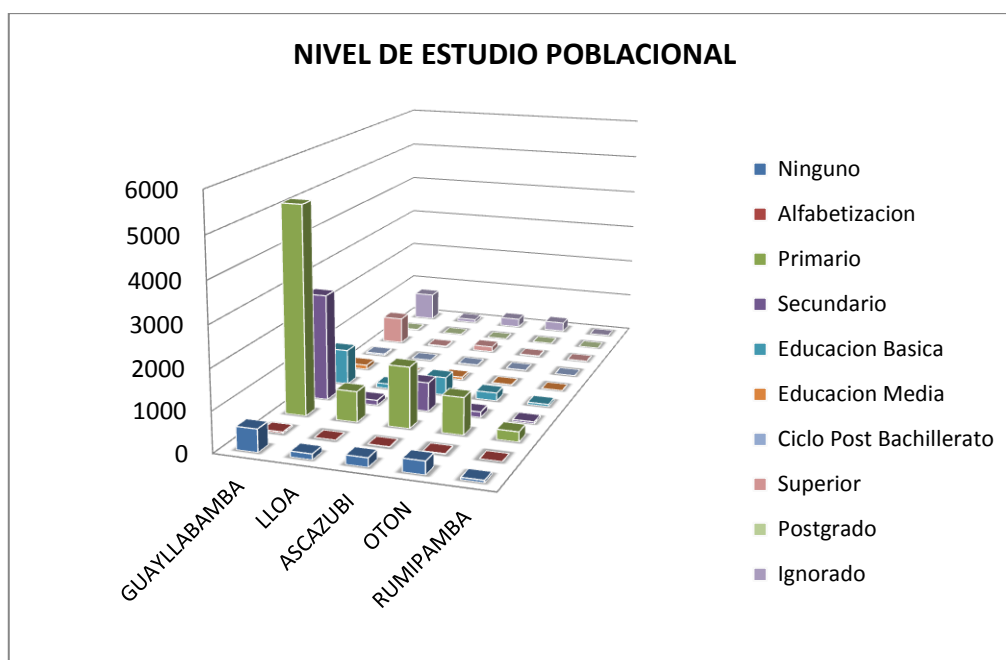


Figura 3.11. NIVEL DE ESTUDIO POBLACIONAL POR PARROQUIA

Características económicas

Dentro del campo de trabajo, estas parroquias se encuentran copadas de trabajos en el ámbito privado, es decir, gran parte de los campos de trabajo de la gente, son empresas creadas y desarrolladas por cuenta propia, o también es referente a trabajadores o empleados del sector privado.

El tipo de trabajo que escasea, casi en un 100%, son los trabajos del sector público, tomando en cuenta campos del estado como del Municipio. Tomando en cuenta, las oportunidades que se generan en estas parroquias, se puede observar que existe un porcentaje demasiado bajo referente a los trabajadores nuevos, debido a la migración de la población a ciudades más grandes, debido a mayores oportunidades y mejor calidad de vida.

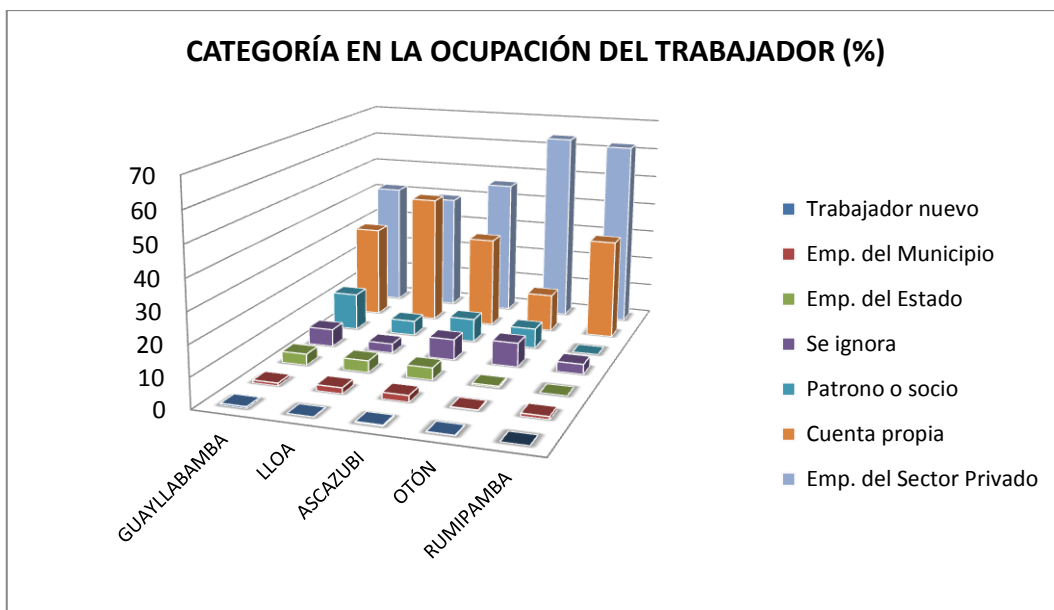


Figura 3.12. Categoría en la Ocupación del Trabajador (%)

Claramente, se puede observar (de acuerdo a la siguiente gráfica) que de acuerdo a las parroquias asignadas, la que mayor producción posee y donde se presentan la mayores campos de trabajo, es la parroquia de Guayllabamba, debido principalmente a la superficie de la cual esta parroquia es dueña, y también debido al nivel poblacional, ya que de las zonas asignadas, esta es la parroquia que mayor población tiene.

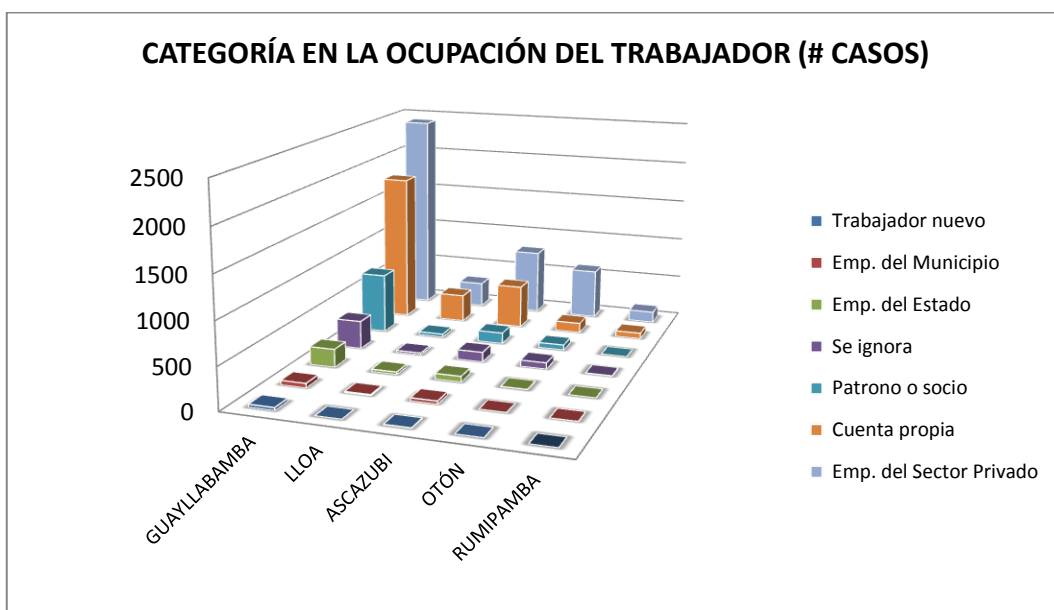


Figura 3.13. Categoría en la Ocupación del Trabajador (# de casos)

De igual forma, mediante los censos de población y vivienda del INEC, se puede realizar un estudio poblacional, para calcular el porcentaje de la gente que aporta actualmente al IESS. Mediante este estudio se facilita la deducción y los cálculos para analizar la disposición de trabajo, es decir, de la gente que actualmente dispone de trabajo, a nivel parroquial en las zonas asignadas.

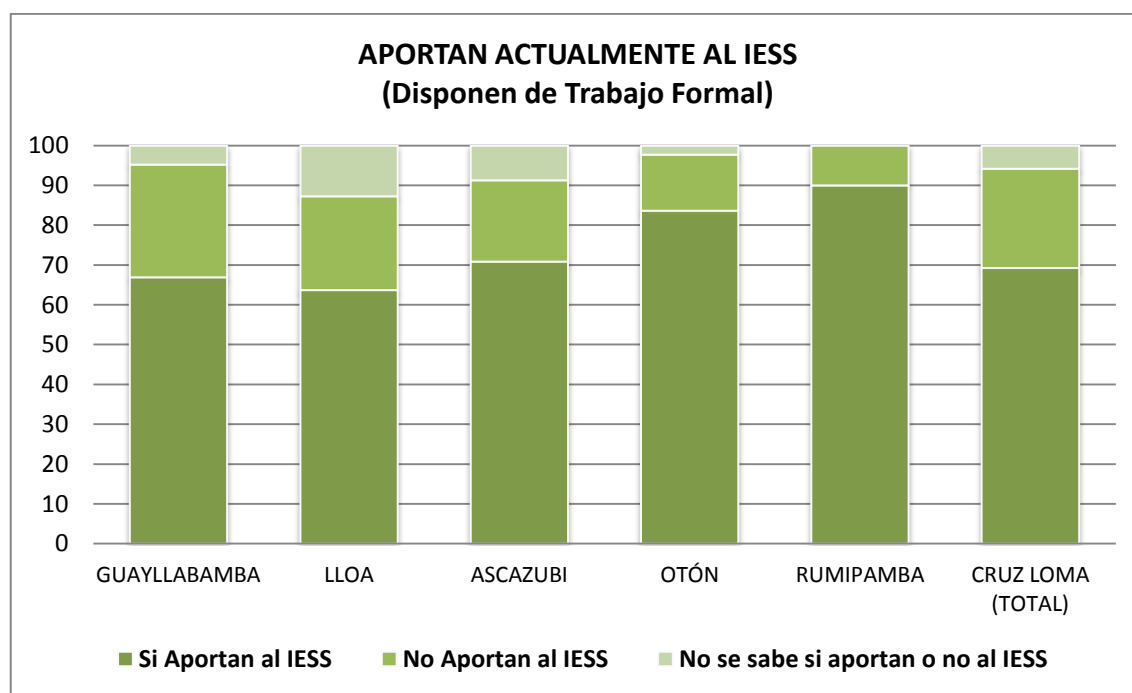


Figura 3.14. Aportan Actualmente al IESS - Disponen de Trabajo

La parroquia que mayor dispone del servicio de telefonía fija, es la parroquia de Guayllabamba, mientras que la parroquia que le sigue en porcentaje, con este mismo servicio es la parroquia de Ascázubi. Sin embargo, el resto de parroquias, tomando en cuenta la Lloa, Otón y Rumipamba, son las que mayor escasez poseen de este servicio.

Cabe recalcar que el porcentaje del servicio de telefonía fija, fue tomado a nivel de vivienda, no a nivel poblacional, donde aproximadamente un 30% en total (de todas las parroquias), disponen del servicio de telefonía fija.

Otro de los servicios que se prestan a las parroquias a nivel de vivienda, es el servicio de electricidad, donde gran parte de las viviendas disponen de este servicio. Es decir, un

porcentaje mayor al 90% de las viviendas (de todas estas parroquias), disponen del servicio de electricidad.

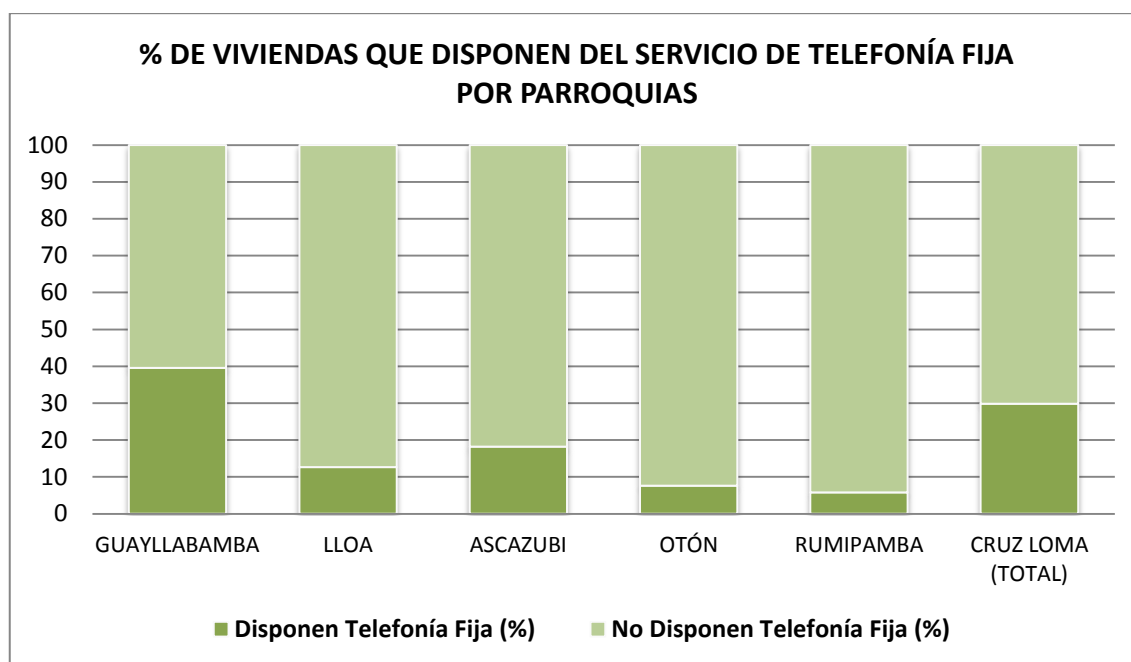


Figura 3.15. Porcentaje de Viviendas que Disponen del Servicio de Telefonía Fija por Parroquias

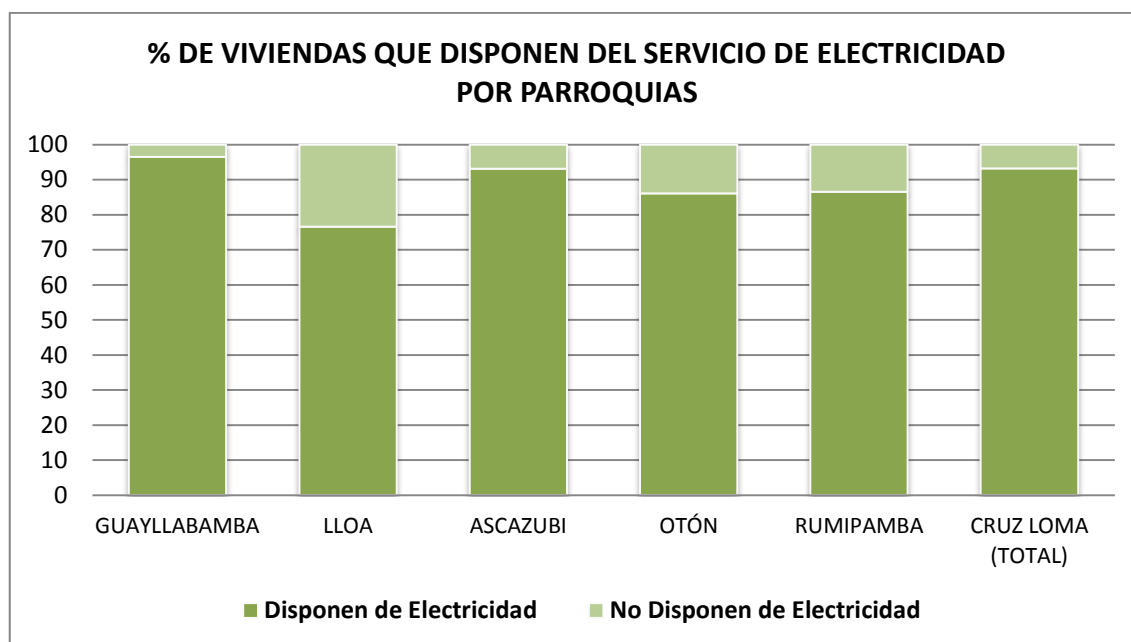


Figura 3.16. Porcentaje de Viviendas que Disponen del Servicio de Electricidad por Parroquias

Otro de los servicios que son los básicos y principales a nivel de vivienda, es el de agua potable. Mediante los estudios realizados, dentro de las parroquias asignadas, de igual forma un porcentaje mayor al 90% de las viviendas disponen de este servicio de agua potable.

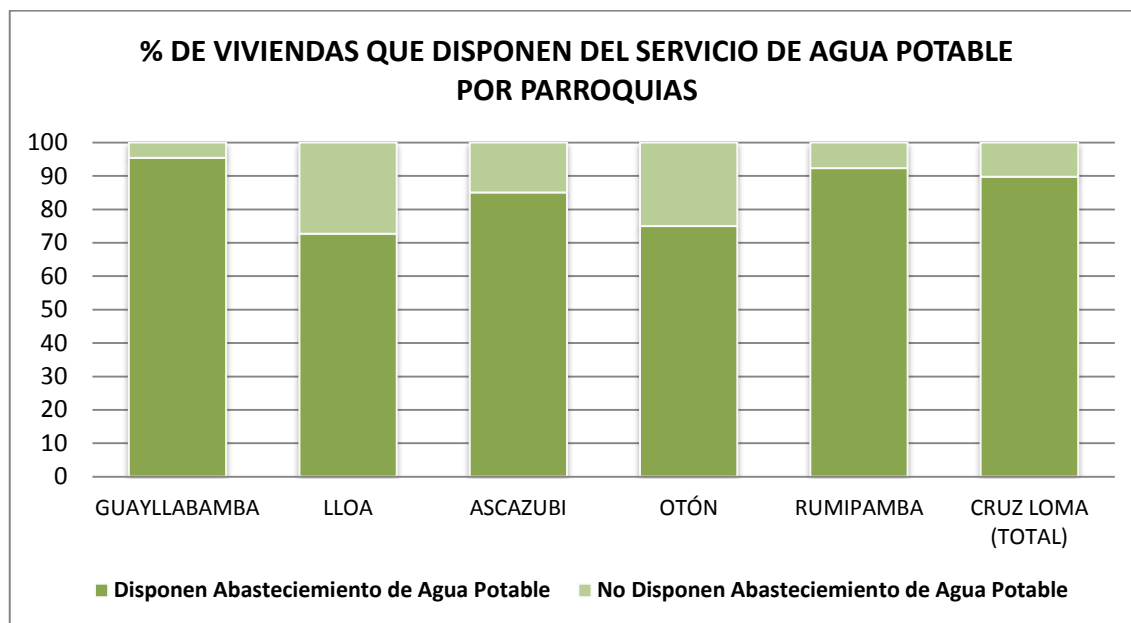


Figura 3.17. Porcentaje de Viviendas que Disponen del Servicio de Agua Potable por Parroquias

A nivel nacional (todas las parroquias), aproximadamente un 65% de las viviendas, disponen del servicio de telefonía, mientras que un 35% no disponen de este servicio. Esto concluye, que no solo las parroquias de Cruz Loma no disponen de este servicio, sino que existen varias zonas alternativas de vivienda y trabajo, donde no disponen de este servicio.

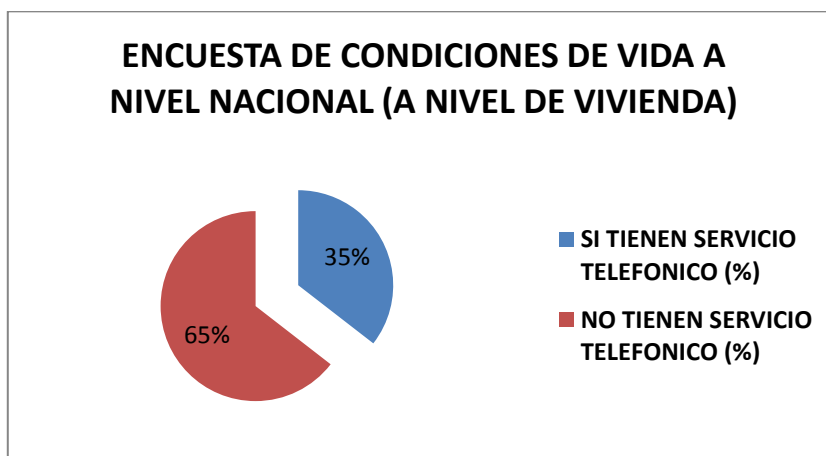


Figura 3.18. Encuesta de Condiciones de Vida a Nivel Nacional (Servicio Telefónico)

A nivel de la provincia de Pichincha, se ha podido sacar resultados, donde el 58% aproximadamente de las viviendas de esta provincia, ha sido proveída del servicio de telefonía fija.

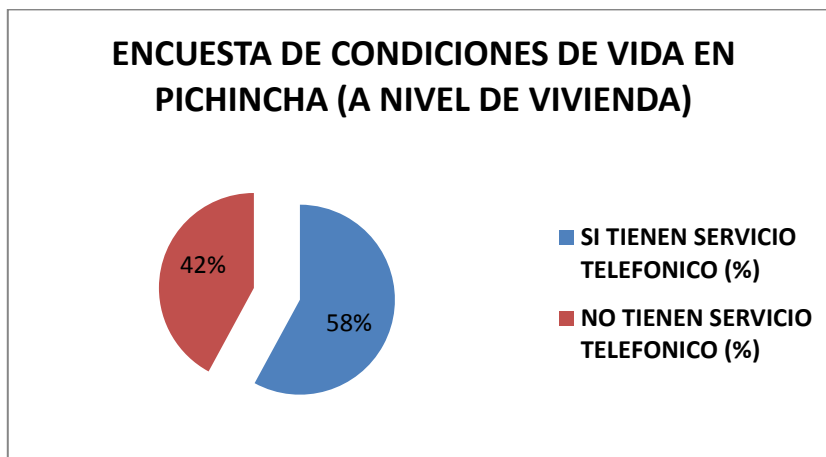


Figura 3.19. Encuesta de Condiciones de Vida en Pichincha (Servicio Telefónico)

En cuanto al servicio de Internet, donde, para disponer de este servicio, se requiere de telefonía fija o de telefonía móvil, aproximadamente un 18% de toda la población nacional disponen de este servicio de acceso web o Internet. Es calificado un servicio no muy rentable para toda la población ecuatoriana, por lo cual no es calificado como uno de los servicios básicos para la vivienda.

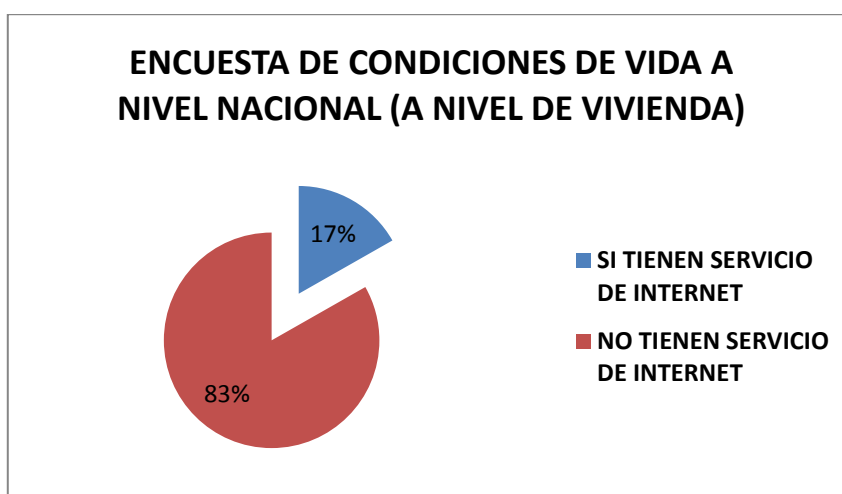


Figura 3.20. Encuesta de Condiciones de Vida a Nivel Nacional (Servicio de Internet)

En cuanto a la misma situación, del mismo servicio, dentro de la provincia de Pichincha, se da un análisis semejante al que se da a nivel nacional, donde aproximadamente el 7% de las viviendas disponen de igual forma del servicio de Internet.

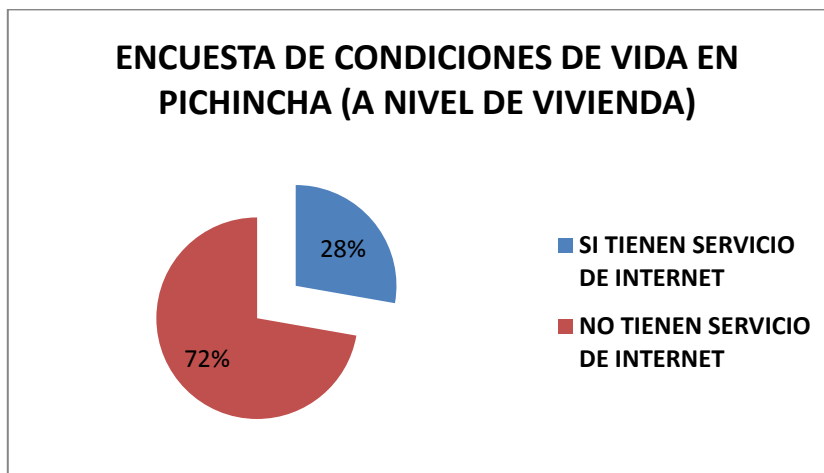


Figura 3.21. Encuesta de Condiciones de Vida en Pichincha (Servicio de Internet)

De igual forma, el TV CABLE no es calificado como uno de los servicios básicos de la vivienda, debido a que es un servicio no muy rentable para toda la población, por lo que solo un 8% de las viviendas a nivel nacional y un 9% aproximadamente de las viviendas a nivel de Pichincha, disponen de este servicio.

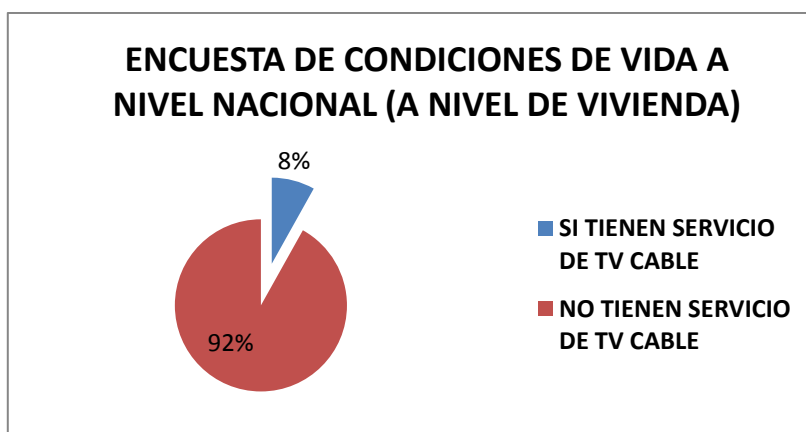


Figura 3.22. Encuesta de Condiciones de Vida a Nivel Nacional (Servicio de TV CABLE)

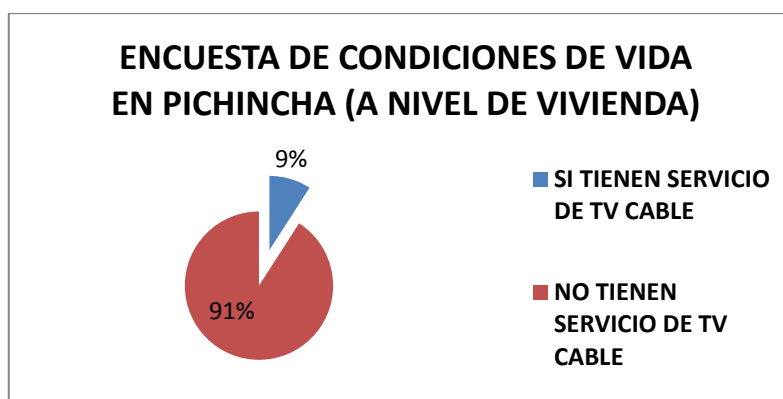


Figura 3.23. Encuesta de Condiciones de Vida en Pichincha (Servicio de TV CABLE)

3.2.3. Evaluación de la infraestructura de telecomunicaciones existente

En la tabla a continuación se desplegará un resumen actual, de la situación y características, en cuanto a la infraestructura del ámbito de las telecomunicaciones, en cada una de las parroquias asignadas, para las cuales se realizará el diseño de la red CDMA 450, para la prestación del servicio de telefonía fija.

Tabla 3.6. Características Actuales en Telecomunicaciones, de acuerdo a cada localidad de cada parroquia

PROVINCIA	CANTÓN	PARROQUIAS	LOCALIDAD	OBSERVACIONES DE LA LOCALIDAD Características actuales en Telecomunicaciones
PICHINCHA	QUITO	GUAYLLABAMBA	SAN VICENTE DE GUAYLLABAMBA	Cuenta con planta externa, al igual que también pasa la Fibra Óptica, que va a partir de Guayllabamba hasta Cusubamba.
		LLOA	SAN LUIS	Es una zona de baja densidad poblacional, ubicada a 2 Km de la zona de mayor densidad, donde se tiene línea de vista con Cruz Loma, no cuenta con planta externa.
			SAN JOSE	Se tiene una baja línea de vista con Cruz Loma, tomando en cuenta una zona baja de Cruz Loma. La zona con mayor densidad poblacional se encuentra a 500 metros aproximadamente, de donde se podría divisar la estación a partir de Cruz Loma.
	CAYAMBE	ASCAZUBI	RUMIÑAHUI	Cuenta con planta externa, al igual que también pasa la Fibra Óptica, que va a partir de Guayllabamba hasta Cusubamba.
			ROSALIA	Cuenta con planta externa, al igual que también pasa la Fibra Óptica, que va a partir de Guayllabamba hasta Cusubamba.
			CANGAHUAPUNGO	Se encuentra cubierto por el sistema A9800, el cual no satisface con la demanda de la población.

			CHAUPIESTANCIA	Se encuentra cubierto por el sistema A9800, el cual no satisface con la demanda de la población.
		OTÓN	OTÓN	Se encuentra ubicado sobre la ubicación de la Fibra Óptica, que va de Guayllabamba a Cusubamba.
	RUMIÑAHUI	RUMIPAMBA	RUMIPAMBA - LA MOCA	Esta localidad cuenta con un servicio de telefonía, basado en el Sistema SMD 30, desde la estación en Cruz Loma. Sin embargo, su capacidad no satisface las necesidades de la población.

Parroquia de Ascázubi

Tanto la localidad de Rumiñahui, como la de Rosalía, cuenta con una planta externa, por donde de igual forma pasa la red de fibra óptica que va desde Guayllabamba hasta Cusubamba.

Mientras que la localidad de Cangahuapungo, como la de Chaupiestancia, cuentan con la cobertura del sistema A9800, con el cual no se satisface la demanda poblacional mediante la aplicación de este sistema.

Parroquia de Otón

En la localidad de Otón, se cuenta con la cobertura y paso de la red de fibra óptica, de la conexión de Guayllabamba a Cusubamba.

Parroquia de Guayllabamba

Dentro de la localidad de San Vicente de Guayllabamba, cuenta con una planta externa, por donde de igual forma pasa la red de fibra óptica, por donde se tramita la conexión de Guayllabamba hasta Cusubamba.

Parroquia de Lloa

La parroquia de Lloa, cuenta con dos localidades, donde en la localidad de San Luis, se la caracteriza como una zona de baja densidad poblacional, ubicada a 2 Km de la zona de mayor densidad, donde se tiene línea de vista con Cruz Loma, pero esta zona no cuenta con planta externa, debido a su baja densidad poblacional.

Mientras que en la zona de San José, se dispone de poca línea de vista con Cruz Loma (debido a la zona montañosa), tomando en cuenta una zona baja de Cruz Loma. La zona con mayor densidad poblacional se encuentra a 500 metros aproximadamente, de donde se podría divisar la estación a partir de Cruz Loma.

Parroquia de Rumipamba

La zona de La Moca, es una localidad que cuenta con un servicio de telefonía, basado en el Sistema SMD 30, desde la estación en Cruz Loma. Sin embargo, su capacidad no satisface las necesidades de la población.

3.2.4. Determinación de la demanda del servicio de telefonía fija a prestar

Las necesidades y la dependencia de gran parte de la población, en el ámbito de las telecomunicaciones, han ido creciendo y se ha ido generando como un requisito dentro de la vida de las personas, debido a la dependencia y acople de la tecnología hacia la vida común de la población mundial.

De acuerdo a los datos obtenidos de la SENATEL (Secretaría Nacional de Telecomunicaciones), en su “Plan Nacional de Desarrollo de las Telecomunicaciones”, nuestro país tiene una penetración de Internet menor al 18%, lo cual es una cifra que puede disminuir si no se plantean medidas oportunas y adecuadas para el desarrollo y crecimiento tecnológico a nivel nacional.

Tabla 3.7. Plan de Expansión de Telefonía Fija - Cumplimiento

PLAN DE EXPANSIÓN DE TELEFONÍA FIJA - CUMPLIMIENTO										
No.	PARÁMETROS	DEFINICIÓN	UNIDAD	AÑO	CNT S.A. (Andinatel)	CNT S.A. (Pacifictel)	Linkotel S.A.	Total por año	Total acumulado	Grado Crecimiento
1	Instalación de Abonados	Número de líneas nuevas instaladas por un operador en un determinado periodo de tiempo.	Líneas Nuevas	1998	47.170	59.029	----	106.199	106.199	----
				1999	61.914	40.046	----	101.960	208.159	----
				2000	74.806	44.214	----	119.020	327.179	57%
				2001	95.992	49.494	----	145.486	472.665	44%
				2002	109.152	45.386	----	154.538	627.203	33%
				2003	118.262	35.268	----	153.530	780.733	24%
				2004	77.703	49.515	----	127.218	907.951	16%
				2005	41.465	28.865	859	71.189	979.140	8%
				2006	56.664	35.614	964	93.242	1.072.382	10%
				2007	24.593	27.166	721	52.480	1.124.862	5%
				2008	107.206	5.023	1.211	113.440	1.238.302	10%
				2009	46.999		141	47.140	1.285.442	4%
2	Instalación de Teléfonos Públicos de Prepago	Número de teléfonos públicos instalados por un operador en un tiempo determinado.	Aparatos	1998	5.790	1.110	----	6.900	6.900	----
				1999	0	400	----	400	7.300	----
				2000	0	475	----	475	7.775	7%
				2001	233	450	----	683	8.458	9%
				2002	2.053	296	----	2.349	10.807	28%
				2003	1.835	1.109	----	2.944	13.751	27%
				2004	2.684	1.787	----	4.471	18.222	33%
				2005	1.187	217	----	1.404	19.626	8%
				2006	410	157	0	567	20.193	3%
				2007	172	254	57	483	20.676	2%
				2008	534	138	34	706	21.382	3%
2009	211	0	5	216	21.598	1%				
3	Instalación de Cabinas Públicas Rurales	Número de poblaciones en las que un operador ha instalado cabinas públicas rurales, en un tiempo determinado.	Poblaciones	1998	81	154	----	235	235	----
				1999	72	139	----	211	446	----
				2000	86	65	----	151	597	34%
				2001	40	75	----	115	712	19%
				2002	96	287	----	383	1.095	54%
				2003	55	77	----	132	1.227	12%
				2004	90	91	----	181	1.408	15%
				2005	83	33	----	116	1.524	8%
				2006	22	13	0	35	1.559	2%
				2007	11	8	21	40	1.599	3%
				2008	11	----	2	13	1.612	1%
2009	0	0	0	0	1.612	0%				

Por esta razón, se justifica el hecho de plantear y establecer nuevos e innovadores sistemas de transmisión inalámbrica que manejen voz y datos, como es el caso de la RED CDMA450, que se desea implementar. Es decir, es un requerimiento el cual resulta necesario ser implementado, tanto en sectores urbanos como rurales de nuestro país, los cuales no cuentan con estos servicios.

Para realizar un estimado del número de abonados, se realizó una aproximación, que por cada 3 habitantes de la población, exista una vivienda. También se realizó otro estimado, tomando en cuenta, que por cada 4 habitantes, también exista una vivienda, para el cálculo de abonados. Se realizaron estas aproximaciones a nivel de vivienda o institución, debido a que este tipo de tecnología y servicio, es distinto al de telefonía móvil, ya que a nivel de telefonía móvil, se realizan prestación de servicios a nivel personal, mientras que en prestación de servicios de telefonía fija inalámbrica, existen abonados a nivel de hogar, local o institución, y no personal.

Tabla 3.8. Estimación Abonados Año 2010 / 3 Habitantes

PARROQUIAS	POBLACIÓN 2010	# VIVIENDAS (33% PABLACIÓN 2010)	% VIVIENDAS (DISPONEN SERVICIO DE TELEFONÍA FIJA 2010)	NUEVOS ABONADOS 2010	
				VOZ	DATOS (INTERNET)
				25% DE LAS VIVIENDAS QUE NO DISPONEN	10% TOTAL DE VOZ
GUAYLLABAMBA	13.754	4.539	40%	681	68
LLOA	1.610	531	13%	116	12
ASCAZUBI	4.225	1.394	18%	286	29
OTÓN	2.390	789	8%	181	18
RUMIPAMBA	537	177	6%	42	4
T O T A L	22.516	7.430	17%	1305	131

Tabla 3.9. Estimación Abonados Año 2011 / 3 Habitantes

PARROQUIAS	POBLACIÓN 2011	# VIVIENDAS (33% PABLACIÓN 2011)	% VIVIENDAS (DISPONEN SERVICIO DE TELEFONÍA FIJA 2011)	NUEVOS ABONADOS 2011	
				VOZ	DATOS (INTERNET)
				15% DE LAS VIVIENDAS QUE NO DISPONEN	10% TOTAL DE VOZ
GUAYLLABAMBA	14.304	4.720	53%	334	33
LLOA	1.674	553	33%	55	6
ASCAZUBI	4.394	1.450	37%	137	14
OTÓN	2.486	820	30%	86	9
RUMIPAMBA	558	184	28%	20	2
T O T A L	23.417	7.727	36%	632	63

Tabla 3.10. Estimación Abonados Año 2012 / 3 Habitantes

PARROQUIAS	POBLACIÓN 2012	# VIVIENDAS (33% PABLACIÓN 2012)	% VIVIENDAS (DISPONEN SERVICIO DE TELEFONÍA FIJA 2012)	NUEVOS ABONADOS 2012	
				VOZ	DATOS (INTERNET)
				10% DE LAS VIVIENDAS QUE NO DISPONEN	10% TOTAL DE VOZ
GUAYLLABAMBA	14.876	4.909	58%	208	21
LLOA	1.741	575	42%	33	3
ASCAZUBI	4.570	1.508	45%	83	8
OTÓN	2.585	853	39%	52	5
RUMIPAMBA	581	192	38%	12	1
T O T A L	24.353	8.037	44%	389	39

Tabla 3.11. Estimación Abonados Año 2013 / 3 Habitantes

PARROQUIAS	POBLACIÓN 2013	# VIVIENDAS (33% PABLACIÓN 2013)	% VIVIENDAS (DISPONEN SERVICIO DE TELEFONÍA FIJA 2013)	NUEVOS ABONADOS 2013	
				VOZ	DATOS (INTERNET)
				5% DE LAS VIVIENDAS QUE NO DISPONEN	10% TOTAL DE VOZ
GUAYLLABAMBA	15.471	5.106	60%	103	10
LLOA	1.811	598	46%	16	2
ASCAZUBI	4.753	1.568	48%	41	4
OTÓN	2.688	887	43%	25	3
RUMIPAMBA	604	199	42%	6	1
T O T A L	25.327	8.358	48%	191	19

Tabla 3.12. Estimación Abonados Año 2010 / 4 Habitantes

PARROQUIAS	POBLACIÓN 2010	# VIVIENDAS (25% PABLACIÓN 2010)	% VIVIENDAS (DISPONEN SERVICIO DE TELEFONÍA FIJA 2010)	NUEVOS ABONADOS 2010	
				VOZ	DATOS (INTERNET)
				25% DE LAS VIVIENDAS QUE NO DISPONEN	10% TOTAL DE VOZ
GUAYLLABAMBA	13.754	3.439	40%	516	52
LLOA	1.610	403	13%	88	9
ASCAZUBI	4.225	1.056	18%	217	22
OTÓN	2.390	598	8%	137	14
RUMIPAMBA	537	134	6%	32	3
T O T A L	22.516	5.629	17%	989	99

Tabla 3.13. Estimación Abonados Año 2011 / 4 Habitantes

PARROQUIAS	POBLACIÓN 2011	# VIVIENDAS (25% PABLACIÓN 2011)	% VIVIENDAS (DISPONEN SERVICIO DE TELEFONÍA FIJA 2011)	NUEVOS ABONADOS 2011	
				VOZ	DATOS (INTERNET)
				15% DE LAS VIVIENDAS QUE NO DISPONEN	10% TOTAL DE VOZ
GUAYLLABAMBA	14.304	3.576	53%	253	25
LLOA	1.674	419	33%	42	4
ASCAZUBI	4.394	1.099	37%	104	10
OTÓN	2.486	621	30%	65	7
RUMIPAMBA	558	140	28%	15	2
T O T A L	23.417	5.854	36%	479	48

Tabla 3.14. Estimación Abonados Año 2012 / 4 Habitantes

PARROQUIAS	POBLACIÓN 2012	# VIVIENDAS (25% PABLACIÓN 2012)	% VIVIENDAS (DISPONEN SERVICIO DE TELEFONÍA FIJA 2012)	NUEVOS ABONADOS 2012	
				VOZ	DATOS (INTERNET)
				10% DE LAS VIVIENDAS QUE NO DISPONEN	10% TOTAL DE VOZ
GUAYLLABAMBA	14.876	3.719	58%	158	16
LLOA	1.741	435	42%	25	3
ASCAZUBI	4.570	1.142	45%	63	6
OTÓN	2.585	646	39%	40	4
RUMIPAMBA	581	145	38%	9	1
T O T A L	24.353	6.088	44%	295	29

Tabla 3.15. Estimación Abonados Año 2013 / 4 Habitantes

PARROQUIAS	POBLACIÓN 2013	# VIVIENDAS (25% PABLACIÓ 2013)	% VIVIENDAS (DISPONEN SERVICIO DE TELEFONÍA FIJA 2013)	NUEVOS ABONADOS 2013	
				VOZ	DATOS (INTERNET)
				5% DE LAS VIVIENDAS QUE NO DISPONEN	10% TOTAL DE VOZ
GUAYLLABAMBA	15.471	3.868	60%	78	8
LLOA	1.811	453	46%	12	1
ASCAZUBI	4.753	1.188	48%	31	3
OTÓN	2.688	672	43%	19	2
RUMIPAMBA	604	151	42%	4	0
TOTAL	25.327	6.332	48%	145	14

3.3. Dimensionamiento de la Red CDMA en la banda de los 450 MHz

3.3.1. Levantamiento de Información

La lectura y obtención de todo tipo de información, para la del propio diseño de la red CDMA en la banda de los 450 MHz, se lo realizó con el objetivo de “cubrir las necesidades de comunicación” de las siguientes parroquias (todas aquellas de la provincia de Pichincha):

- Ascázubi (Cantón Cayambe)
- Otón (Cantón Cayambe)
- Guayllabamba (Cantón Quito)
- Lloa(Cantón Quito)
- Rumipamba (Cantón Rumiñahui)

Los datos serán calculados, para que exista una conexión entre las radio-bases con su nodo más cercano, dependiendo de la ubicación de cada una de ellas, para así lograr con éxito, la conexión a la gran red de telecomunicaciones.

A medida que se vayan obteniendo los datos necesarios, se irá analizando todas las características actuales, en el ámbito de las telecomunicaciones, para cada una de las parroquias (como se muestra a continuación en la Tabla 1). El análisis destacará el estado actual, de la situación en cada una de las localidades en el ámbito de las telecomunicaciones. Se logrará observar y analizar en sí, de cómo ha sido su retraso y de cómo será su avance (o crecimiento) en el campo tecnológico de las telecomunicaciones.

Para la realización del estudio del campo, se deberán tomar en cuenta varios aspectos, tales como la infraestructura existente en la zona de estudio, al igual que la situación geográfica de las estaciones repetidoras (radio-bases), como también la situación topográfica de la zona.

Tabla 3.16. Características Actuales en Telecomunicaciones, de acuerdo a cada localidad de cada parroquia

PROVINCIA	CANTÓN	PARROQUIAS	LOCALIDAD	OBSERVACIONES DE LA LOCALIDAD Características actuales en Telecomunicaciones
PICHINCHA	QUITO	GUAYLLABAMBA	SAN VICENTE DE GUAYLLABAMBA	Cuenta con planta externa, al igual que también pasa la Fibra Óptica, que va a partir de Guayllabamba hasta Cusubamba.
		LLOA	SAN LUIS	Es una zona de baja densidad poblacional, ubicada a 2 Km de la zona de mayor densidad, donde se tiene línea de vista con Cruz Loma, no cuenta con planta externa.
			SAN JOSE	Se tiene una baja línea de vista con Cruz Loma, tomando en cuenta una zona baja de Cruz Loma. La zona con mayor densidad poblacional se encuentra a 500 metros aproximadamente, de donde se podría divisar la estación a partir de Cruz Loma.
	CAYAMBE	ASCAZUBI	RUMIÑAHUI	Cuenta con planta externa, al igual que también pasa la Fibra Óptica, que va a partir de Guayllabamba hasta Cusubamba.
			ROSALIA	Cuenta con planta externa, al igual que también pasa la Fibra Óptica, que va a partir de Guayllabamba hasta Cusubamba.
			CANGAHUAPUNGO	Se encuentra cubierto por el sistema A9800, el cual no satisface con la demanda de la población.
			CHAUPIESTANCIA	Se encuentra cubierto por el sistema A9800, el cual no satisface con la demanda de la

				población.
		OTÓN	OTÓN	Se encuentra ubicado sobre la ubicación de la Fibra Óptica, que va de Guayllabamba a Cusubamba.
	RUMIÑAHUI	RUMIPAMBA	RUMIPAMBA - LA MOCA	Esta localidad cuenta con un servicio de telefonía, basado en el Sistema SMD 30, desde la estación en Cruz Loma. Sin embargo, su capacidad no satisface las necesidades de la población.

Coordenadas geográficas de los centros de carga de las poblaciones a cubrir

La lectura y obtención de las coordenadas geográficas, son referentes a los centros, donde existe una mayor densidad poblacional. Estos datos, fueron tomados, de acuerdo a la mayor densidad y actividad poblacional que existe en cada una de estas parroquias, para que así, la gente residente de estas parroquias, pueda apreciar en su mayor tiempo, la mejor calidad y servicio posible de esta red.

Las coordenadas geográficas obtenidas son las siguientes:

Tabla 3.17. Coordenadas WGS84 (Grados Minutos Segundos), referentes a la mayor densidad poblacional

PROVINCIA	CANTÓN	PARROQUIAS	LOCALIDAD	ÁREA (ha)	LATITUD	LONGITUD
PICHINCHA	QUITO	GUAYLLABAMBA	SAN VICENTE DE GUAYLLABAMBA	5260	00° 03' 12" S	78° 17' 05" W
		LLOA	SAN LUIS	54570	00° 13' 56" S	78° 33' 55" W
	SAN JOSE		00° 14' 34" S		78° 35' 52" W	
	CAYAMBE	ASCAZUBI	RUMIÑAHUI	4078	00° 02' 44" S	78° 17' 12" W
			ROSALIA		00° 02' 58" S	78° 17' 04" W
			CANGAHUAPUNGO		00° 13' 26" S	78° 10' 28" W
			CHAUPIESTANCIA		00° 02' 19" S	78° 15' 10" W
		OTÓN	OTÓN	2441	00° 01' 38" S	78° 15' 37" W
	RUMIÑAHUI	RUMIPAMBA	RUMIPAMBA - LA MOCA	4192	00° 24' 47" S	78° 25' 19" W

Todos estos datos, fueron obtenidos, habiendo tomado en cuenta, como ya se ha mencionado anteriormente, los mayores tráficos y densidades poblacionales; lo cual ha involucrado satisfactoriamente, la aplicación y participación de un Sistema de Posicionamiento Global (G.P.S.).

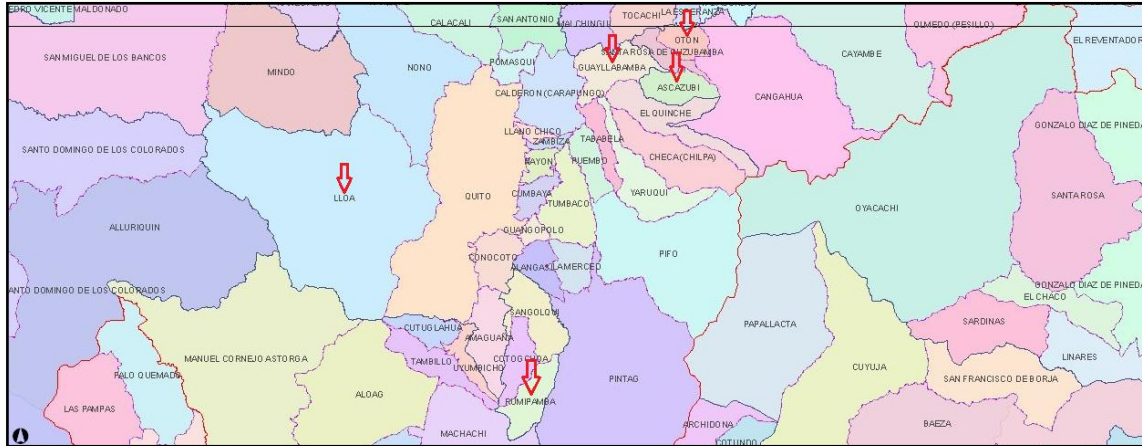


Figura 3.24. Parroquias Asignadas (señaladas)

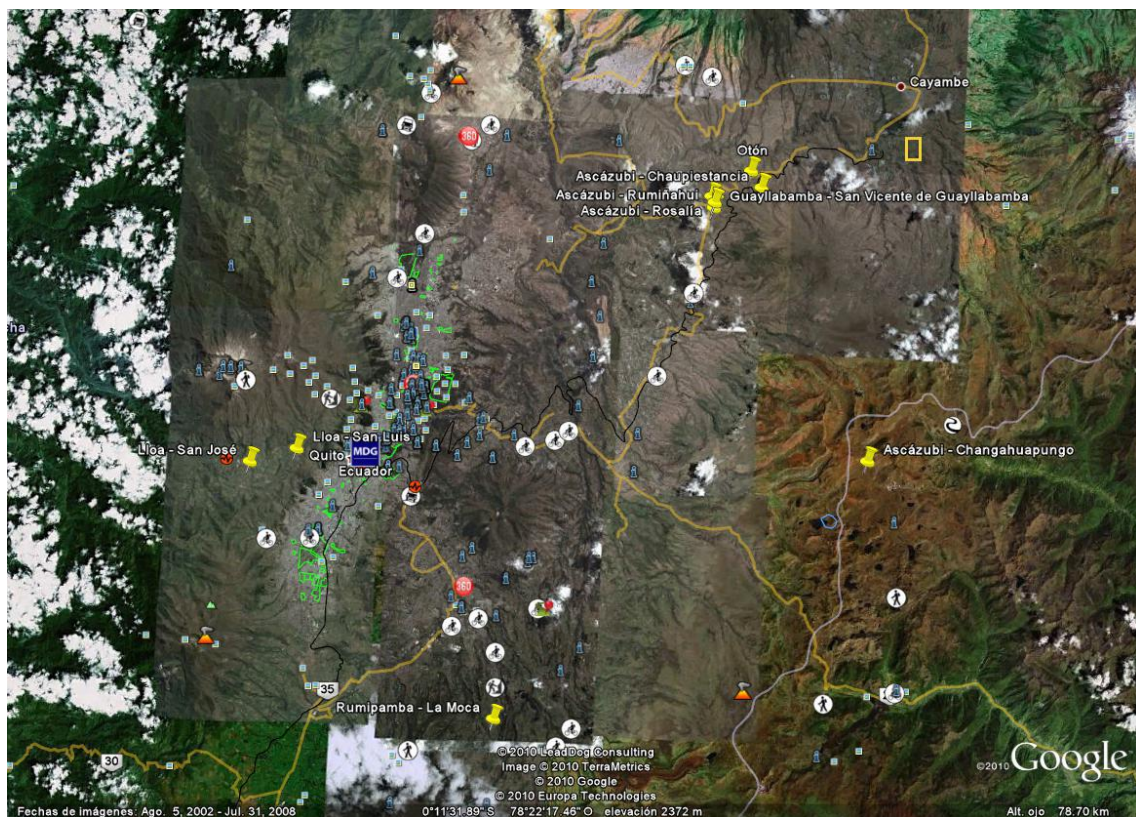


Figura 3.25. Ubicación Geográfica de las Parroquias Asignadas (1)

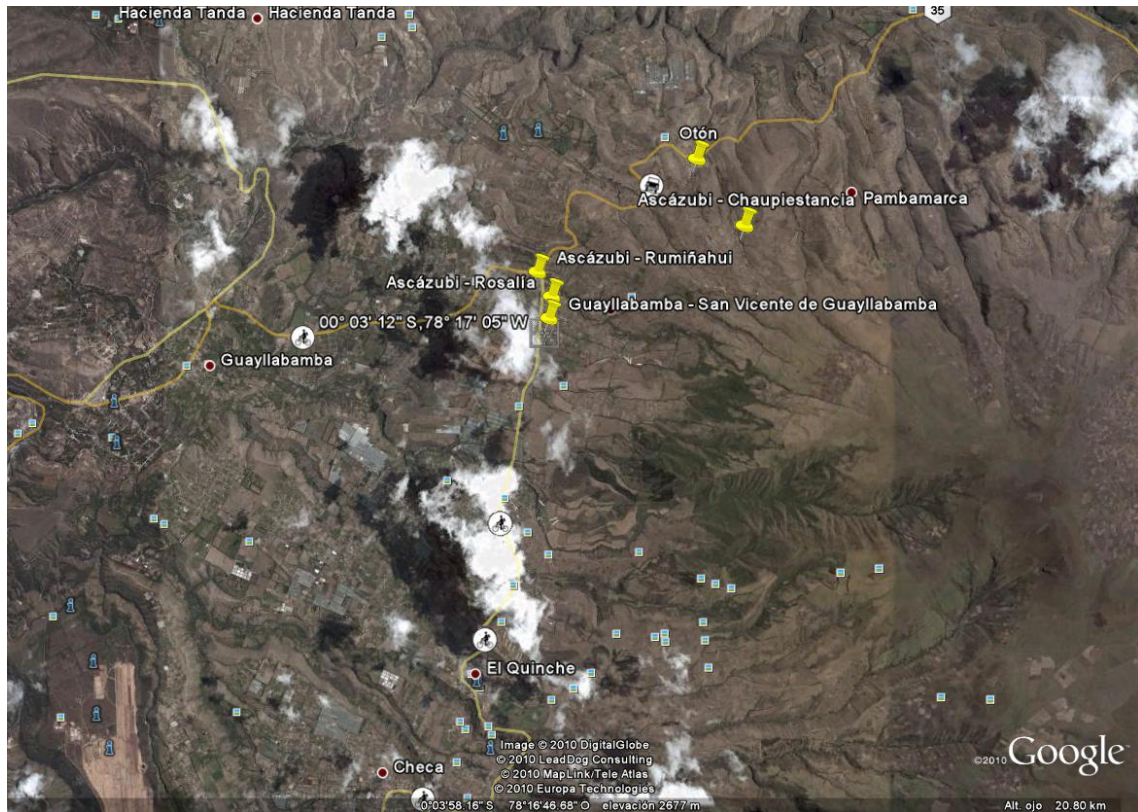


Figura 3.26. Ubicación Geográfica de las Parroquias Asignadas (2)

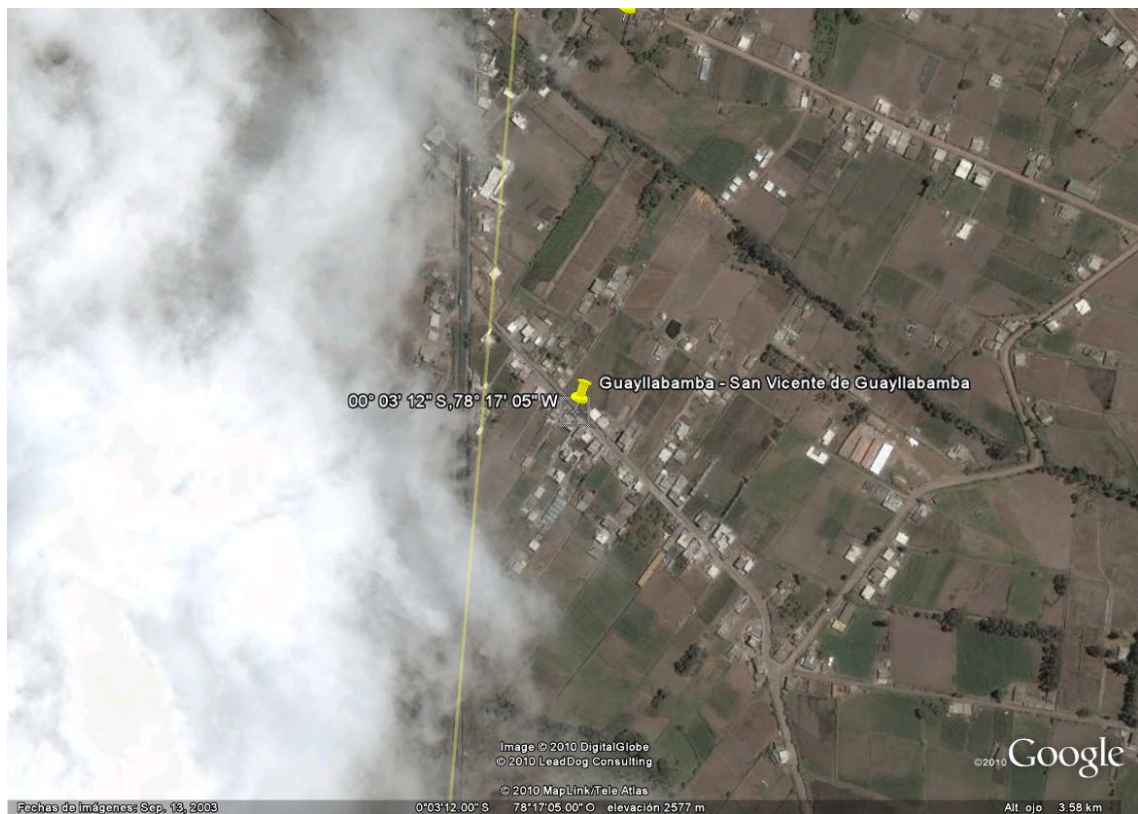


Figura 3.27. Ubicación Geográfica de la parroquia de Guayllabamba (San Vicente de Guayllabamba)

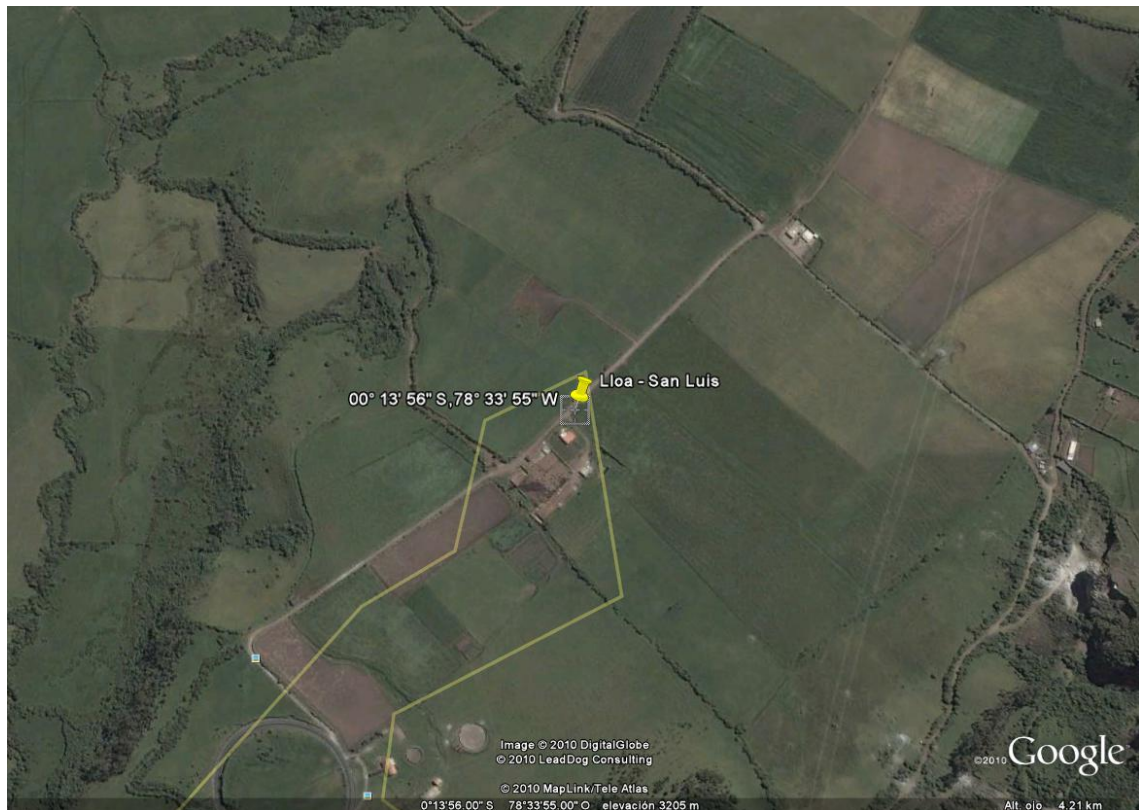


Figura 3.28. Ubicación Geográfica de la parroquia de Lloa (San Luis)

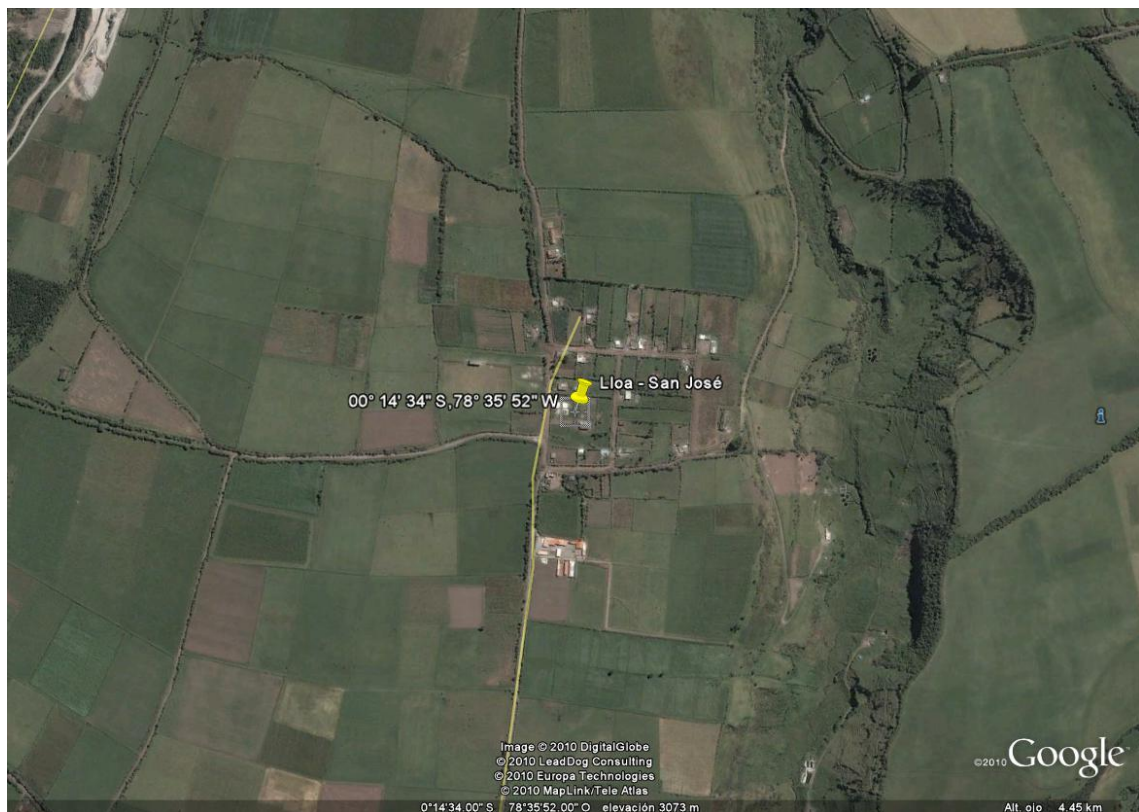


Figura 3.29. Ubicación Geográfica de la parroquia de Lloa (San José)

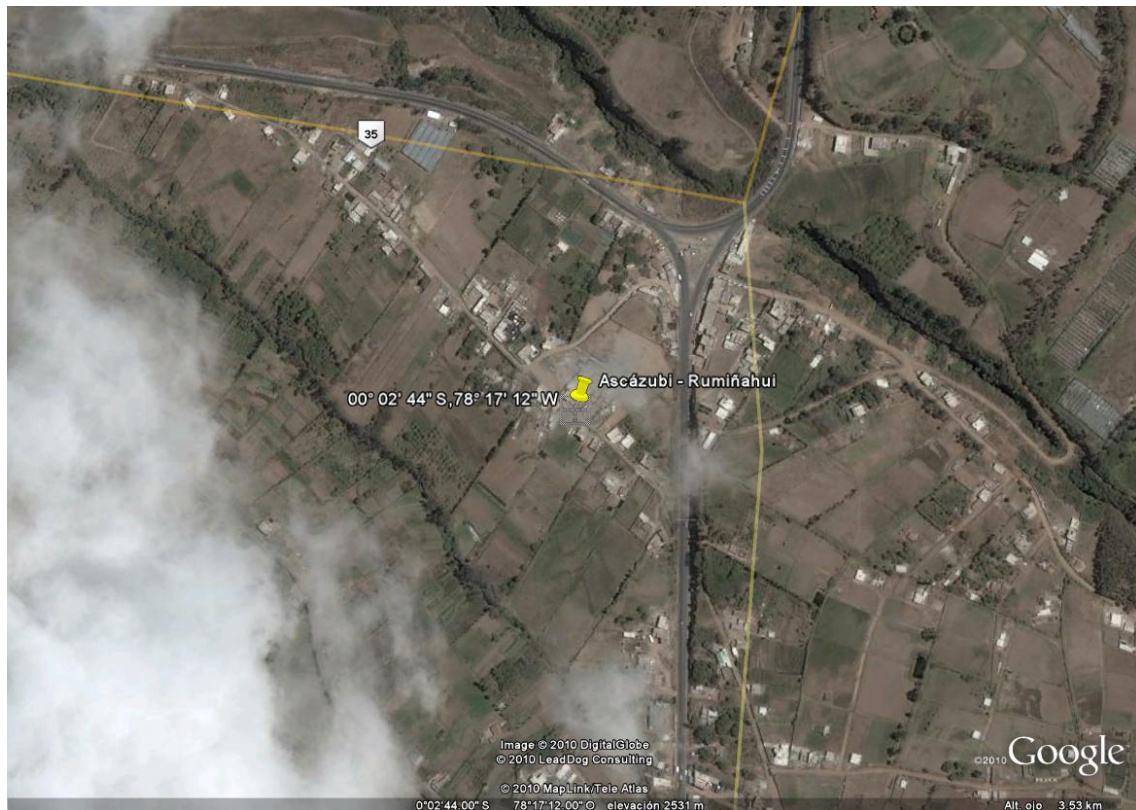


Figura 3.30. Ubicación Geográfica de la parroquia de Ascáubi (Rumiñahui)

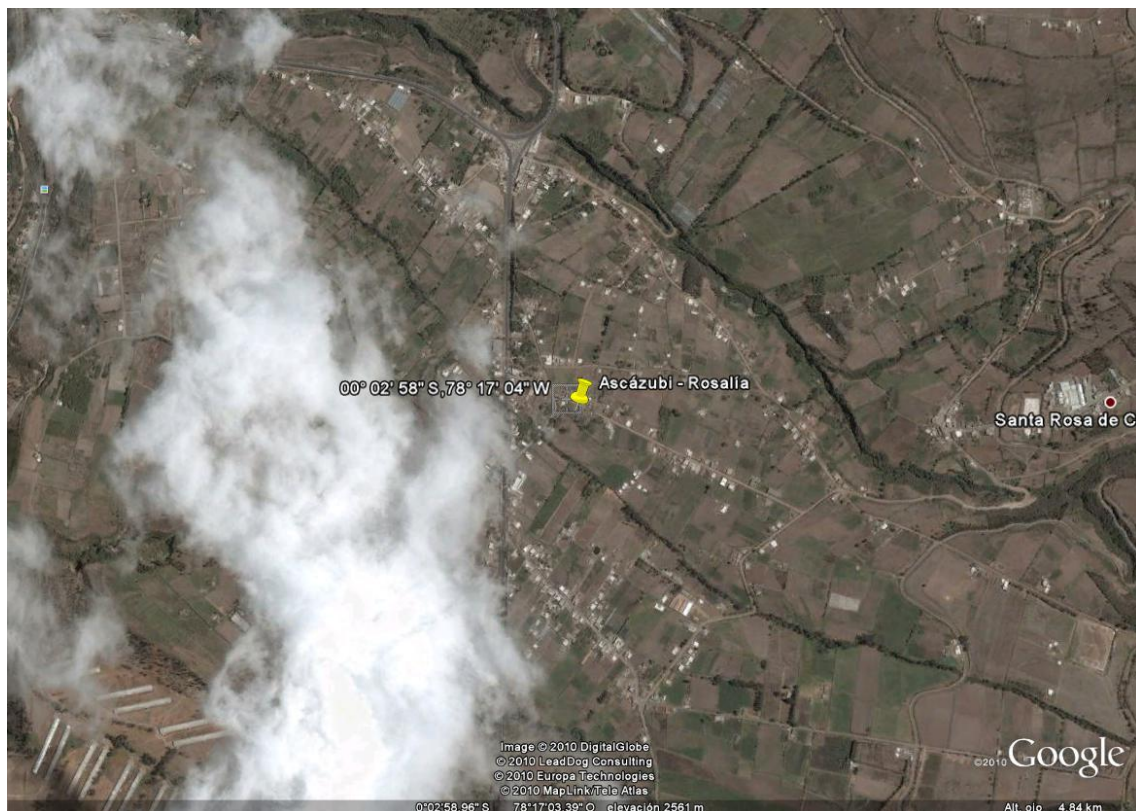


Figura 3.31. Ubicación Geográfica de la parroquia de Ascáubi (Rosalía)

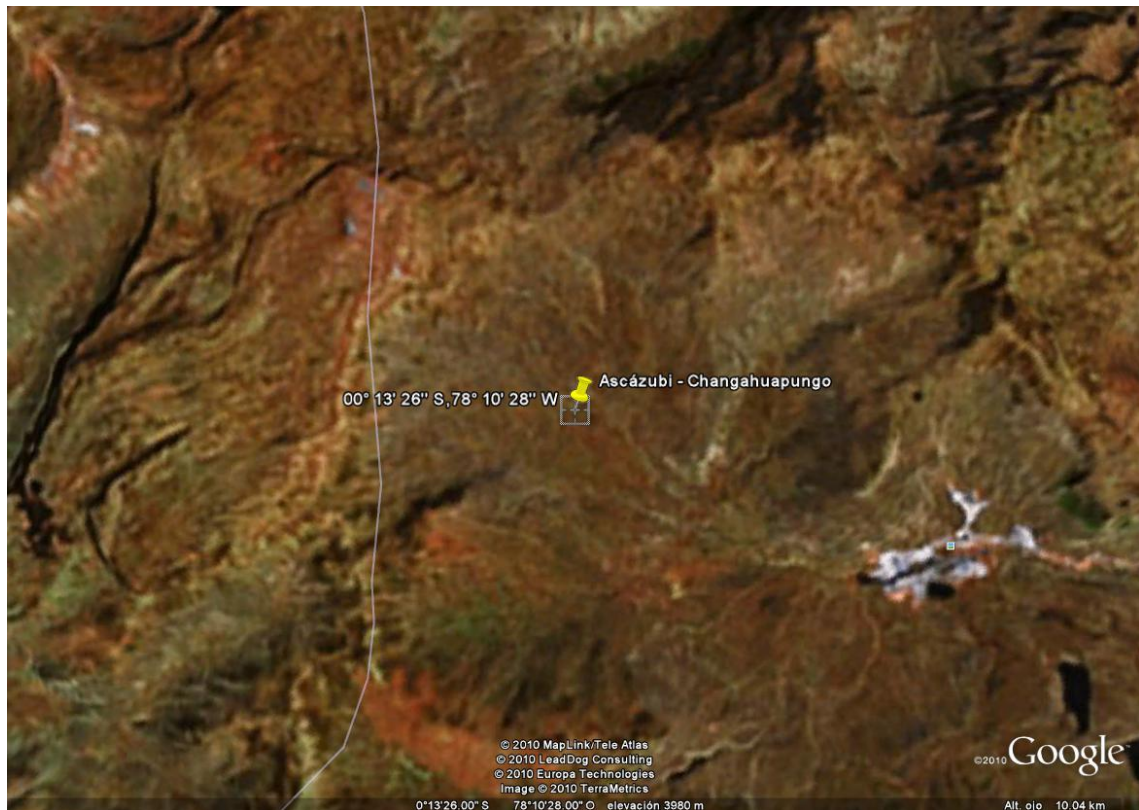


Figura 3.32. Ubicación Geográfica de la parroquia de Ascázubi (Changahuapungo)

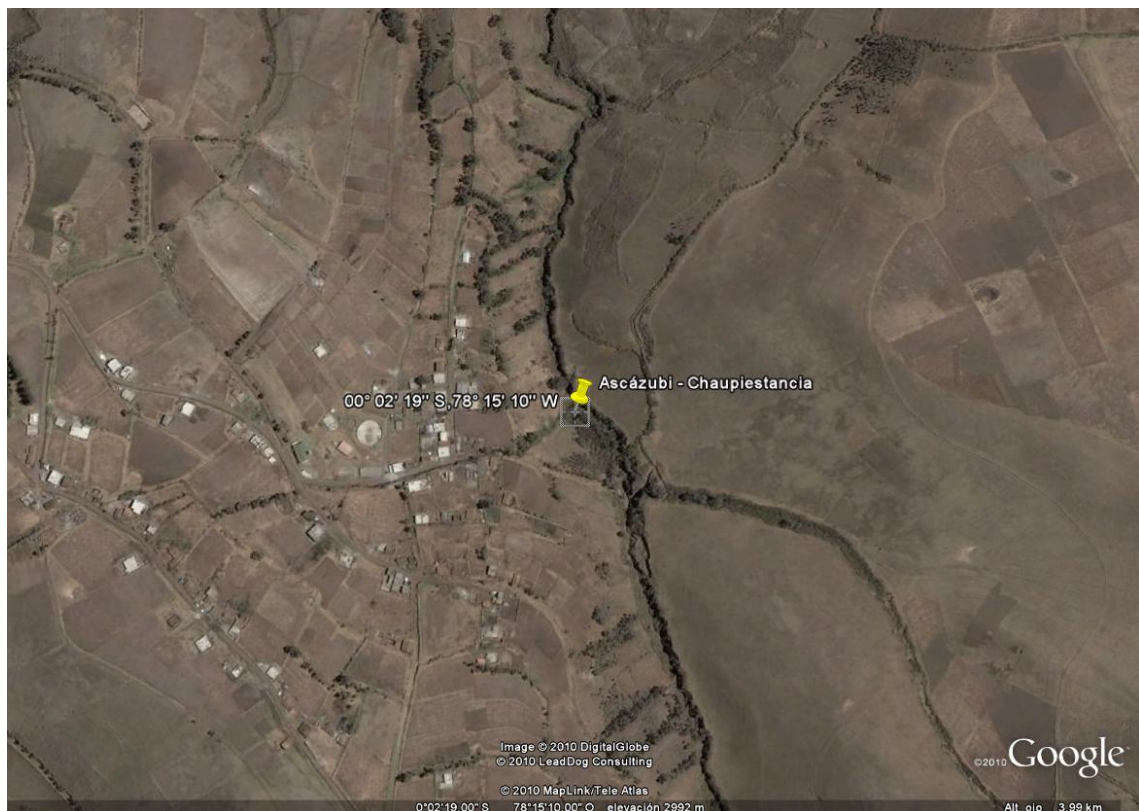


Figura 3.33. Ubicación Geográfica de la parroquia de Ascázubi (Chaupiestancia)

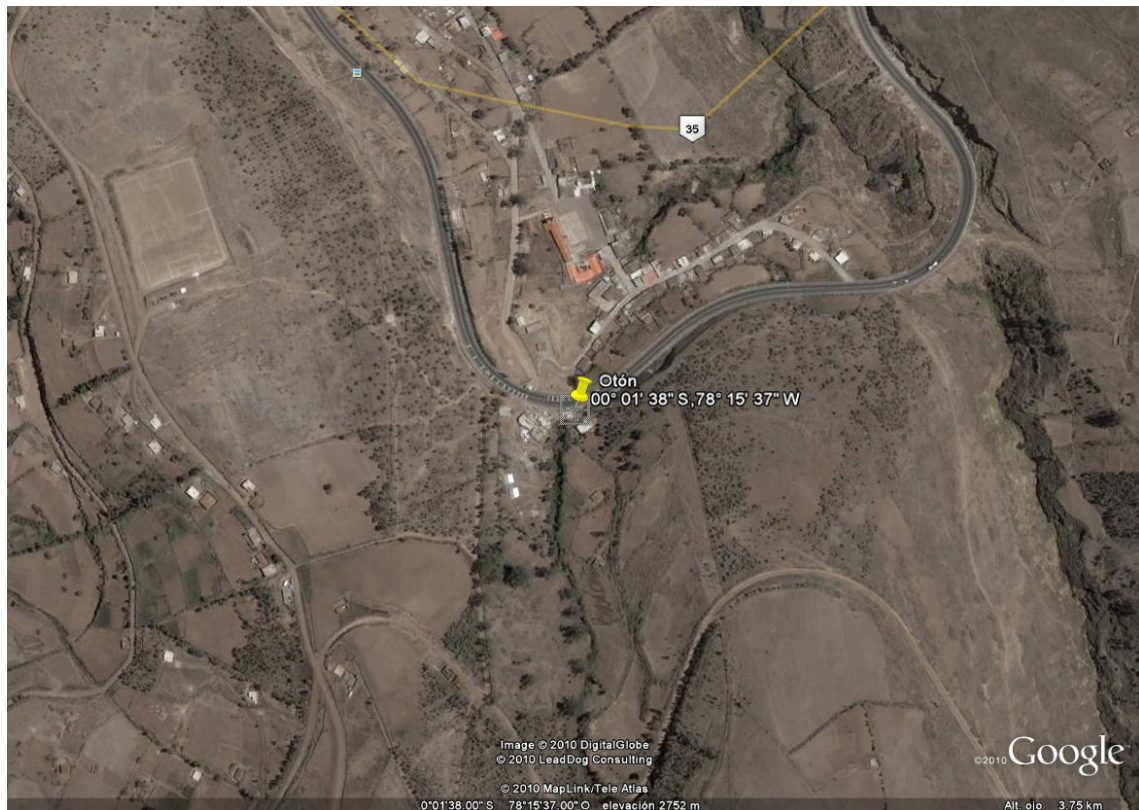


Figura 3.34. Ubicación Geográfica de la parroquia de Otón (Otón)

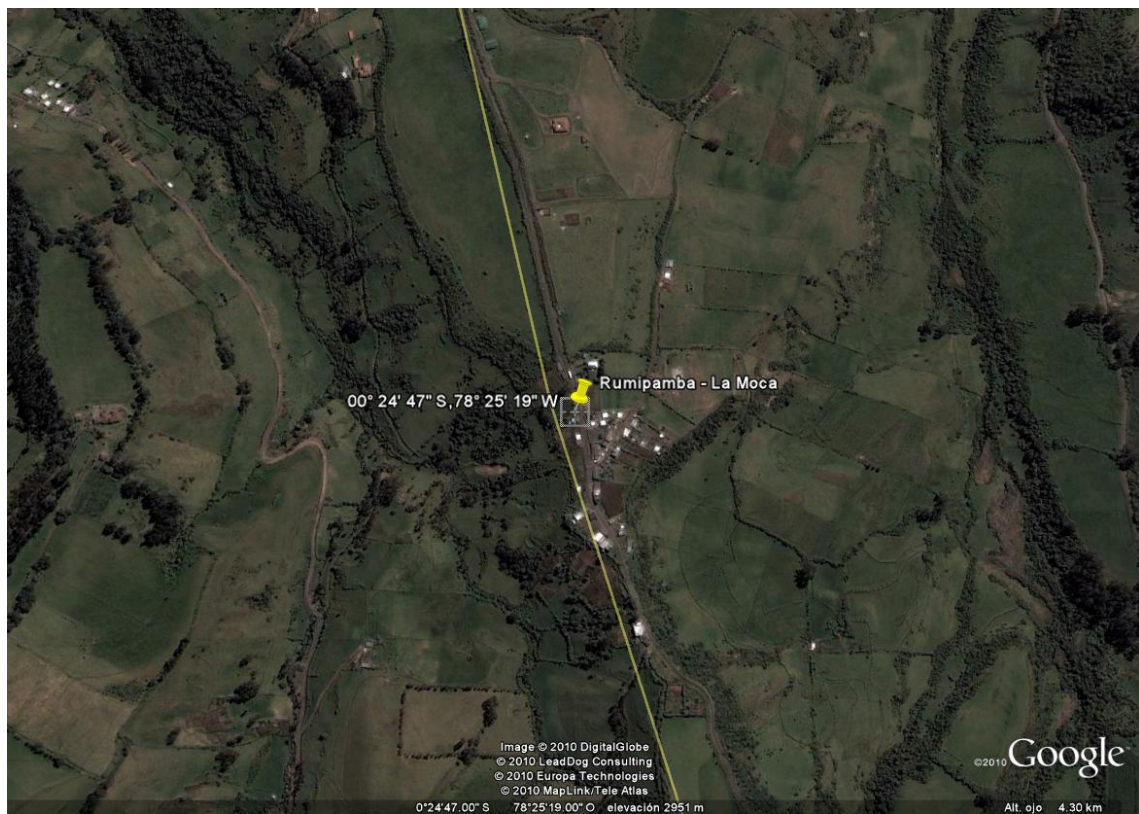


Figura 3.35. Ubicación Geográfica de la parroquia de Rumipamba (La Moca)

Como se ha logrado analizar dentro del Google Earth, gran parte de zonas asignadas, de acuerdo a la ubicación geográfica de mayor densidad poblacional, se encuentran entre los 2900 y 3300 metros de altura sobre el nivel del mar. La única localidad que se encuentra fuera de este rango es la de Ascázubi – Changahuapungo, la cual se encuentra a una altura de 4100 metros sobre el nivel del mar aproximadamente.

Esta última localidad, Ascázubi, se encuentra a esta altura debido a su cercanía de los Altos de Quito, la cual es una zona sumamente volcánica en este sector. Sin embargo dentro de la ubicación de las estaciones de las radio bases, se deberá tener muy en cuenta, el área de cobertura dentro de esta zona, ya que debido a la altura de esta localidad, se presentarán varios conflictos y se deberán tener más requisitos para el diseño de esta red.

Coordenadas geográficas para las posibles BTS

Las posibles localidades de las posibles BTS se las tomarán en cuenta, de acuerdo a los puntos geográficos de mayor densidad poblacional en cada una de las parroquias y sus localidades. Se realizará un análisis geográfico, calculando las alturas sobre el nivel del mar en las localidades de las parroquias, al igual que se realizará los cálculos de las distancias entre las mismas localidades de las parroquias.

En la tabla a continuación se realizó un cálculo de la altura sobre el nivel del mar, de cada una de las localidades de las parroquias, tomando en cuenta la posición geográfica de mayor densidad poblacional.

Tabla 3.18. Coordenadas Geográficas para las posibles Radio-Bases

PROVINCIA	CANTÓN	PARROQUIAS	LOCALIDAD	LATITUD	LONGITUD	ALTURA (M.S.N.M)	ALTURA PROMEDIO (M.S.N.M.)
PICHINCHA	QUITO	GUAYLLABAMBA	SAN VICENTE DE GUAYLLABAMBA	00° 03' 12" S	78° 17' 05" W	2.577 m.	2.160 m.
		LLOA	SAN LUIS	00° 13' 56" S	78° 33' 55" W	3.205 m.	3.044 m.
			SAN JOSE	00° 14' 34" S	78° 35' 52" W	3.073 m.	
	CAYAMBE	ASCAZUBI	RUMIÑAHUI	00° 02' 44" S	78° 17' 12" W	2.531 m.	2.612 m.
			ROSALIA	00° 02' 58" S	78° 17' 04" W	2.561 m.	
			CANGAHUAPUNGO	00° 13' 26" S	78° 10' 28" W	3.980 m.	

		CHAUPIESTANCIA	00° 02' 19" S	78° 15' 10" W	2.992 m.	
	OTÓN	OTÓN	00° 01' 38" S	78° 15' 37" W	2.752 m.	2.712 m.
RUMIÑAHUI	RUMIPAMBA	RUMIPAMBA - LA MOCA	00° 24' 47" S	78° 25' 19" W	2.951 m.	2.960 m.

En la tabla a continuación, se calculó la distancia entre las localidades de cada una de las parroquias, de acuerdo a las referencias o puntos geográficos, donde existe una mayor densidad poblacional.

Tabla 3.19. Distancia entre localidades de cada una de las parroquias

LOCALIDAD 1	LOCALIDAD 2	DISTANCIA EN km.
GUAYLLABAMBA – SAN VICENTE DE GUAYLLABAMBA	LLOA - SAN LUIS	36.98 km.
	LLOA - SAN JOSE	40.66 km.
	ASCÁZUBI – RUMIÑAHUI	0.89 km.
	ASCÁZUBI – ROSALÍA	0.43 km.
	ASCÁZUBI – CANGAGUAPUNGO	22.57 km.
	ASCÁZUBI – CHAUIESTANCIA	3.91 km.
	OTÓN – OTÓN	3.97 km.
	RUMIPAMBA – LA MOCA	42.78 km.
LLOA - SAN LUIS	GUAYLLABAMBA – SAN VICENTE	36.98 km.
	LLOA - SAN JOSE	3.80 km.
	ASCÁZUBI – RUMIÑAHUI	37.27 km.
	ASCÁZUBI – ROSALÍA	37.23 km.
	ASCÁZUBI – CANGAGUAPUNGO	43.44 km.
	ASCÁZUBI – CHAUIESTANCIA	40.85 km.
	OTÓN – OTÓN	40.84 km.
	RUMIPAMBA – LA MOCA	25.64 km.
LLOA - SAN JOSE	GUAYLLABAMBA – SAN VICENTE	40.66 km.
	LLOA - SAN LUIS	3.80 km.
	ASCÁZUBI – RUMIÑAHUI	40.93 km.
	ASCÁZUBI – ROSALÍA	40.91 km.
	ASCÁZUBI – CANGAGUAPUNGO	47.09 km.
	ASCÁZUBI – CHAUIESTANCIA	44.55 km.
	OTÓN – OTÓN	44.50 km.
	RUMIPAMBA – LA MOCA	27.20 km.
ASCÁZUBI – RUMIÑAHUI	GUAYLLABAMBA – SAN VICENTE	0.89 km.
	LLOA - SAN LUIS	37.27 km.
	LLOA - SAN JOSE	40.93 km.
	ASCÁZUBI – ROSALÍA	0.50 km.
	ASCÁZUBI – CANGAGUAPUNGO	23.41 km.
	ASCÁZUBI – CHAUIESTANCIA	3.84 km.
	OTÓN – OTÓN	3.57 km.

	RUMIPAMBA – LA MOCA	43.51 km.
ASCÁZUBI – ROSALÍA	GUAYLLABAMBA – SAN VICENTE	0.43 km.
	LLOA - SAN LUIS	37.23 km.
	LLOA - SAN JOSE	40.91 km.
	ASCÁZUBI – RUMIÑAHUI	0.50 km.
	ASCÁZUBI – CANGAGUAPUNGO	22.92 km.
	ASCÁZUBI – CHAUIESTANCIA	3.72 km.
	OTÓN – OTÓN	3.65 km.
	RUMIPAMBA – LA MOCA	43.20 km.
ASCÁZUBI – CANGAGUAPUNGO	GUAYLLABAMBA – SAN VICENTE	22.57 km.
	LLOA - SAN LUIS	43.44 km.
	LLOA - SAN JOSE	47.09 km.
	ASCÁZUBI – RUMIÑAHUI	23.41 km.
	ASCÁZUBI – ROSALÍA	22.92 km.
	ASCÁZUBI – CHAUIESTANCIA	22.35 km.
	OTÓN – OTÓN	23.85 km.
	RUMIPAMBA – LA MOCA	34.62 km.
ASCÁZUBI – CHAUIESTANCIA	GUAYLLABAMBA – SAN VICENTE	3.91 km.
	LLOA - SAN LUIS	40.85 km.
	LLOA - SAN JOSE	44.55 km.
	ASCÁZUBI – RUMIÑAHUI	3.84 km.
	ASCÁZUBI – ROSALÍA	3.72 km.
	ASCÁZUBI – CANGAGUAPUNGO	22.35 km.
	OTÓN – OTÓN	1.52 km.
RUMIPAMBA – LA MOCA	45.66 km.	
OTÓN – OTÓN	GUAYLLABAMBA – SAN VICENTE	3.97 km.
	LLOA - SAN LUIS	40.84 km.
	LLOA - SAN JOSE	44.50 km.
	ASCÁZUBI – RUMIÑAHUI	3.57 km.
	ASCÁZUBI – ROSALÍA	3.65 km.
	ASCÁZUBI – CANGAGUAPUNGO	23.85 km.
	ASCÁZUBI – CHAUIESTANCIA	1.52 km.
	RUMIPAMBA – LA MOCA	46.49 km.
RUMIPAMBA – LA MOCA	GUAYLLABAMBA – SAN VICENTE	42.78 km.
	LLOA - SAN LUIS	25.64 km.
	LLOA - SAN JOSE	27.20 km.
	ASCÁZUBI – RUMIÑAHUI	43.52 km.
	ASCÁZUBI – ROSALÍA	43.20 km.
	ASCÁZUBI – CANGAGUAPUNGO	34.62 km.
	ASCÁZUBI – CHAUIESTANCIA	45.66 km.
	OTÓN – OTÓN	46.49 km.

Por lo tanto, después de haber realizado los cálculos, tanto de las alturas sobre el nivel del mar, como las distancias entre cada una de las localidades de las parroquias; se deberá tener en cuenta todos estos datos o características, para la ubicación de las posibles radio-bases que se utilizarán para el diseño de la red CDMA450.

Uno de los objetivos prioritarios, dentro del diseño de la red, será el hecho de cubrir casi al 100%, las áreas de mayor densidad poblacional. En resumen, estos puntos o coordenadas geográficas, son las de mayor importancia y las de mayor prioridad dentro de la red, por lo que se deberá tener una gran cobertura alrededor dentro de estas áreas, que se encuentren cercanas de dichas coordenadas.

3.3.2. Estructura de la Red

El sistema o red de telecomunicaciones, va a utilizar un sistema de comunicaciones PDH (**Jerarquía Digital Plesiócrona** o *Plesiochronous Digital Hierarchy*), la cual es conocida como una tecnología la cual permite enviar varios canales telefónicos sobre un mismo medio (medios alámbricos, como coaxial; o medios inalámbricos, como radio o microondas), utilizando técnicas TDM (multiplexación por división de tiempo). Cabe recalcar que dentro de esta red también se suele aplicar técnicas SDH (**Jerarquía Digital Síncrona** o *Synchronous Digital Hierarchy*).

El término plesiócrono, proviene del griego: **plesio** = **cerca**, y **crono** = **tiempo**; lo cual se refiere al hecho de que dos partes se encuentran casi sincronizadas. Para reducir el costo de los sistemas de transmisión, se realizó la multiplexación de varias señales primarias, para lograr como resultado una señal de mayor velocidad.

El PDH se basa en la filosofía de multiplexación (como ya se había mencionado), donde un equipo multiplexador recibe **N** señales numéricas, a los cuales normalmente se los llama **tributarios**. Estas señales se presentan en la entrada en paralelo logrando una señal **N** veces mayor a la de los tributarios.

$$f_m \geq N * f_t \text{ (Ecuación 3.1)}$$

fm	→	Frecuencia multiplexador
ft	→	Frecuencia de tributario

Un punto importante, es que los tributarios deberán estar en fase y en igualdad de frecuencia, aunque poseen una pequeña fase entre sí y variación de frecuencias.

$$f_m \leq f_t \pm \Delta f_t \text{ (Ecuación 3.2)}$$

$$f_m = f_m \pm \Delta f_m \text{ (Ecuación 3.3)}$$

En lo referente a la etapa de codificación, o también llamados códec de audio, existen 2 tipos de bits, que son los de relleno (o de justificación) y los de control de justificación, justamente para que el otro extremo logre distinguir los bits que son información e igual los que son de relleno. Todo este proceso se lo conoce como justificación, donde el objetivo principal es absorber las pequeñas diferencias de frecuencia que están presentes en los tributarios (los cuales en la red implementada, se los llamaría *abonados* o también *terminales de comunicación*).

En el receptor, son fácilmente reconocidos los bits de relleno, por lo cual, estos son cancelados y únicamente reconocidos los bits de datos o los de control de justificación. Por lo tanto, la frecuencia final del multiplexador es la siguiente:

$$f_m = (N * f_t) + f_r \text{ (Ecuación 3.4)}$$

Donde,

fr	→	Frecuencia de los bits de redundancia
-----------	---	---------------------------------------

La tabla que se muestra a continuación, presenta los niveles de multiplexación PDH utilizados a nivel mundial.

Una de las limitaciones dentro de la Jerarquía Digital Plesiócrona es, el hecho de que la temporización vaya ligada a cada uno de los niveles jerárquicos, por lo cual, se complica el hecho de identificar las señales de orden o nivel inferior dentro de un flujo de orden o nivel superior, sin demultiplexar por completo dicha señal.

Tabla 3.20. Niveles de multiplexación PDH utilizados en Norteamérica, Europa y Japón

NIVEL	NORTEAMÉRICA			EUROPA			JAPÓN		
	Circuitos	Kbits/s	Denom.	Circuitos	Kbits/s	Denom.	Circuitos	Kbits/s	Denom.
1	24	1.544	(T1)	30	2.048	(E1)	24	1.544	(J1)
2	96	6.312	(T2)	120	8.448	(E2)	96	6.312	(J2)
3	672	44.736	(T3)	480	34.368	(E3)	480	32.064	(J3)
4	2.016	274.176	(T4)	1.920	139.264	(E4)	1.440	97.728	(J3)

Estándar UIT-T G.711 para la compresión de audio

Cabe mencionar, el hecho que, se utilizará un sistema de codificación o modulación por impulsos codificados de frecuencias vocales. El UIT-T G.711 es un códec de nivel intermedio recomendado por la UIT-T para los sistemas de comunicaciones multimedia con el objetivo de la compresión de audio.

Se iniciará con una ligera explicación acerca de los algoritmos de ocultamiento de pérdida de paquetes, que son los PLC (*Packet Loss Concealment*), los cuales son conocidos también como algoritmos de ocultamiento de borraduras de tramas, donde el objetivo es ocultar pérdidas de transmisión en un sistema de audio cuando la señal de entrada es codificada y empaquetada en el transmisor, después enviada por la red y recibida en el receptor, el cual decodifica el paquete y reproduce la salida.

El objetivo principal de PLC es generar una señal vocal sintética, para así lograr cubrir los datos omitidos en un tren de bits en el receptor. La señal sintetizada tendrá las mismas características de timbre y espectrales que la señal omitida, por lo cual, no creará perturbaciones artificiales.

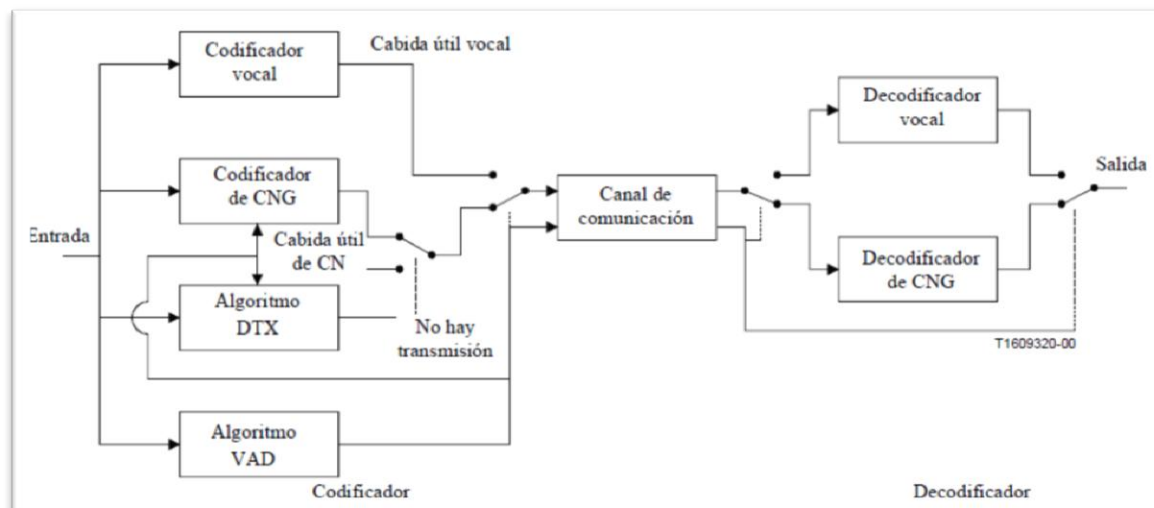


Figura 3.36. Formato del sistema de comunicación global para el estándar G.711

En la aplicación o añadidura del algoritmo PLC a un sistema o estándar G.711 (el cual no oculta las pérdidas), solo se deberá efectuar cambios en el receptor. Los datos de audio serán muestreados a 8 KHz, donde los datos serán divididos en tramas o paquetes de 10 ms y se proporcionará un flujo de datos de 64 Kbps.

Dentro de red, la transmisión de paquetes deberá desempeñar un papel significativo en la velocidad binaria global del sistema, por lo cual, no será recomendable el uso de algoritmos VAD/DTX/CNG, debido a que reducen significativamente la velocidad de transmisión de paquetes, pero mejoran la eficacia de anchura de banda.

Considerando la velocidad de 64 Kbps de esta norma G.711, y que la intensidad típica de tráfico para lo que es telefonía pública es de 100 mErlang's, considera que por lo tanto 6,4 Kbps por cada abonado de voz. Sin embargo, esto no implica que los abonados del sistema de red de telefonía fija inalámbrica, estén limitados a un ancho de banda de 6,4 Kbps, por lo cual, podrán contar los que así lo requieran, con el ancho de banda necesario, para cubrir con las necesidades adicionales de internet y datos (servicios adicionales).

Puntos de referencia de las BTS

Los puntos de referencia de las BTS, son tomadas en cuenta de acuerdo a *los puntos geográficos de mayor densidad poblacional* en cada una de las parroquias y sus localidades. Se realizó esta relación, ya que la red final estructurada y diseñada, deberá cumplir con la cobertura, de al menos, del área de mayor población.

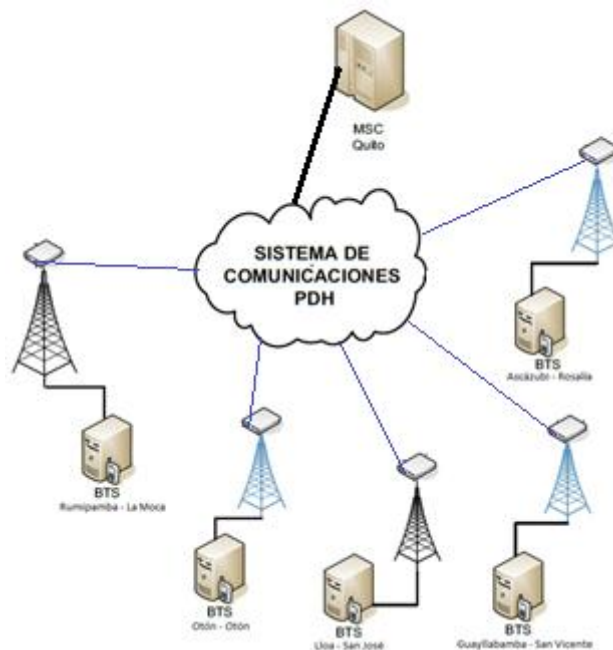


Figura 3.37. Topología Física de la Red CDMA 450

Realizando un análisis topológico de la red CDMA 450, es en resumen una comunicación entre las BTS (Estaciones Bases Transceptoras) y el MSC (Centro de Conmutación Móvil), y esta es una comunicación la cual será realizada mediante enlaces sincrónicos, con una topología en estrella (como se logra apreciar en la figura anterior).

Esta comunicación y sincronización, se logra realizar mediante un multiplexor en el MSC (la cual estará ubicada en el centro de Quito), donde el MSC, representa la base central y se encuentra conectada dentro de la red de transporte de la C.N.T. (Corporación Nacional de Telecomunicaciones). La red de transporte para lograr una comunicación de datos entre el MSC y las BTS's, será el Sistema de Comunicaciones PDH.

Las BTS o estaciones bases transeptoras, se comunicarán con la base central o MSC, mediante enlaces de fibra óptica, por lo cual, para realizar un enlace o comunicación entre las distintas BTS, todo tipo de información deberá siempre pasar o tenerlo como intermediario a la base central (MSC).

El sistema PDH, es el encargado de manejar tanto el tráfico telefónico como el de datos generado por los usuarios, los cuales estarán ubicados en el norte de la frontera. Como se logra ver en la topología física, todos los datos e información transferida de las terminales a los distintos BTS's que se encuentran en la red, se concentrarán en la MSC de Quito.

En la tabla a continuación, se presentará las coordenadas geográficas de los puntos de referencia para las posibles radio-bases, debido a que las posiciones finales de las BTS, deberán ser calculadas de acuerdo a estas coordenadas, donde se localiza una mayor densidad poblacional de cada una de las localidades de cada una de las parroquias.

Tabla 3.21. Coordenadas Geográficas de los puntos de referencia para las posibles radio-bases

PROVINCIA	CANTÓN	PARROQUIAS	LOCALIDAD	LATITUD	LONGITUD	ALTURA (M.S.N.M)
PICHINCHA	QUITO	GUAYLLABAMBA	SAN VICENTE DE GUAYLLABAMBA	00° 03' 12" S	78° 17' 05" W	2.577 m.
		LLOA	SAN LUIS	00° 13' 56" S	78° 33' 55" W	3.205 m.
			SAN JOSE	00° 14' 34" S	78° 35' 52" W	3.073 m.
	CAYAMBE	ASCAZUBI	RUMIÑAHUI	00° 02' 44" S	78° 17' 12" W	2.531 m.
			ROSALIA	00° 02' 58" S	78° 17' 04" W	2.561 m.
			CANGAHUAPUNGO	00° 13' 26" S	78° 10' 28" W	3.980 m.
			CHAUPIESTANCIA	00° 02' 19" S	78° 15' 10" W	2.992 m.
		OTÓN	OTÓN	00° 01' 38" S	78° 15' 37" W	2.752 m.
	RUMIÑAHUI	RUMIPAMBA	RUMIPAMBA - LA MOCA	00° 24' 47" S	78° 25' 19" W	2.951 m.

En la siguiente tabla, se realizó un análisis de distancia y de línea de vista, entre cada una de las localidades de las parroquias designadas. Se realizó con el objetivo, de realizar un estudio y análisis, de una ubicación aproximada y alternativa de las BTS's, para lograr una mayor eficiencia y rendimiento.

Tabla 3.22. Verificación de Línea de Vista & Distancia de acuerdo a los puntos de referencias

LOCALIDAD 1	LOCALIDAD 2	DISTANCIA EN km.	VERIFICACIÓN LÍNEA DE VISTA
GUAYLLABAMBA – SAN VICENTE DE GUAYLLABAMBA	LLOA - SAN LUIS	36.98 km.	NO
	LLOA - SAN JOSE	40.66 km.	NO
	ASCÁZUBI – RUMIÑAHUI	0.89 km.	SI
	ASCÁZUBI – ROSALÍA	0.43 km.	SI
	ASCÁZUBI – CANGAGUAPUNGO	22.57 km.	NO
	ASCÁZUBI – CHAUIESTANCIA	3.91 km.	NO
	OTÓN – OTÓN	3.97 km.	NO
	RUMIPAMBA – LA MOCA	42.78 km.	SI
LLOA - SAN LUIS	GUAYLLABAMBA – SAN VICENTE	36.98 km.	NO
	LLOA - SAN JOSE	3.80 km.	SI
	ASCÁZUBI – RUMIÑAHUI	37.27 km.	NO
	ASCÁZUBI – ROSALÍA	37.23 km.	NO
	ASCÁZUBI – CANGAGUAPUNGO	43.44 km.	NO
	ASCÁZUBI – CHAUIESTANCIA	40.85 km.	NO
	OTÓN – OTÓN	40.84 km.	NO
	RUMIPAMBA – LA MOCA	25.64 km.	NO
LLOA - SAN JOSE	GUAYLLABAMBA – SAN VICENTE	40.66 km.	NO
	LLOA - SAN LUIS	3.80 km.	SI
	ASCÁZUBI – RUMIÑAHUI	40.93 km.	NO
	ASCÁZUBI – ROSALÍA	40.91 km.	NO
	ASCÁZUBI – CANGAGUAPUNGO	47.09 km.	NO
	ASCÁZUBI – CHAUIESTANCIA	44.55 km.	NO
	OTÓN – OTÓN	44.50 km.	NO
	RUMIPAMBA – LA MOCA	27.20 km.	NO
ASCÁZUBI – RUMIÑAHUI	GUAYLLABAMBA – SAN VICENTE	0.89 km.	SI
	LLOA - SAN LUIS	37.27 km.	NO
	LLOA - SAN JOSE	40.93 km.	NO
	ASCÁZUBI – ROSALÍA	0.50 km.	SI
	ASCÁZUBI – CANGAGUAPUNGO	23.41 km.	NO
	ASCÁZUBI – CHAUIESTANCIA	3.84 km.	NO
	OTÓN – OTÓN	3.57 km.	NO
	RUMIPAMBA – LA MOCA	43.51 km.	SI
ASCÁZUBI – ROSALÍA	GUAYLLABAMBA – SAN VICENTE	0.43 km.	SI
	LLOA - SAN LUIS	37.23 km.	NO
	LLOA - SAN JOSE	40.91 km.	NO
	ASCÁZUBI – RUMIÑAHUI	0.50 km.	SI
	ASCÁZUBI – CANGAGUAPUNGO	22.92 km.	NO
	ASCÁZUBI – CHAUIESTANCIA	3.72 km.	NO
	OTÓN – OTÓN	3.65 km.	NO
	RUMIPAMBA – LA MOCA	43.20 km.	SI
ASCÁZUBI – CANGAGUAPUNGO	GUAYLLABAMBA – SAN VICENTE	22.57 km.	NO
	LLOA - SAN LUIS	43.44 km.	NO
	LLOA - SAN JOSE	47.09 km.	NO
	ASCÁZUBI – RUMIÑAHUI	23.41 km.	NO
	ASCÁZUBI – ROSALÍA	22.92 km.	NO
	ASCÁZUBI – CHAUIESTANCIA	22.35 km.	NO
	OTÓN – OTÓN	23.85 km.	NO
	RUMIPAMBA – LA MOCA	34.62 km.	NO
ASCÁZUBI – CHAUIESTANCIA	GUAYLLABAMBA – SAN VICENTE	3.91 km.	NO
	LLOA - SAN LUIS	40.85 km.	NO
	LLOA - SAN JOSE	44.55 km.	NO

	ASCÁZUBI – RUMIÑAHUI	3.84 km.	NO
	ASCÁZUBI – ROSALÍA	3.72 km.	NO
	ASCÁZUBI – CANGAGUAPUNGO	22.35 km.	NO
	OTÓN – OTÓN	1.52 km.	NO
	RUMIPAMBA – LA MOCA	45.66 km.	NO
OTÓN – OTÓN	GUAYLLABAMBA – SAN VICENTE	3.97 km.	NO
	LLOA - SAN LUIS	40.84 km.	NO
	LLOA - SAN JOSE	44.50 km.	NO
	ASCÁZUBI – RUMIÑAHUI	3.57 km.	NO
	ASCÁZUBI – ROSALÍA	3.65 km.	NO
	ASCÁZUBI – CANGAGUAPUNGO	23.85 km.	NO
	ASCÁZUBI – CHAUIESTANCIA	1.52 km.	NO
	RUMIPAMBA – LA MOCA	46.49 km.	NO
RUMIPAMBA – LA MOCA	GUAYLLABAMBA – SAN VICENTE	42.78 km.	SI
	LLOA - SAN LUIS	25.64 km.	NO
	LLOA - SAN JOSE	27.20 km.	NO
	ASCÁZUBI – RUMIÑAHUI	43.52 km.	SI
	ASCÁZUBI – ROSALÍA	43.20 km.	SI
	ASCÁZUBI – CANGAGUAPUNGO	34.62 km.	NO
	ASCÁZUBI – CHAUIESTANCIA	45.66 km.	NO
	OTÓN – OTÓN	46.49 km.	NO

De acuerdo al análisis realizado, los puntos geográficos donde se encuentra una mayor densidad poblacional, al igual que la cercanía y la línea de vista entre las distintas localidades de las parroquias designadas, se determinaron las siguientes características para la red:

- Se deberán instalar 3 BTS o Estaciones Bases Transceptoras en las siguientes parroquias:
 - Ascázubi
 - Lloa
 - Rumupamba

La ubicación exacta de las BTS aún no ha sido determinada, pero se seleccionaron estas tres parroquias para su ubicación, debido a la localidad y a la altura sobre el nivel del mar, para lograr así, una mayor área de cobertura, lo cual determina la eficiencia y el rendimiento de la red.

Estructura general de la red

El modelo básico general de la Red CMDA450, con sus componentes básicos y conexiones, es la siguiente:

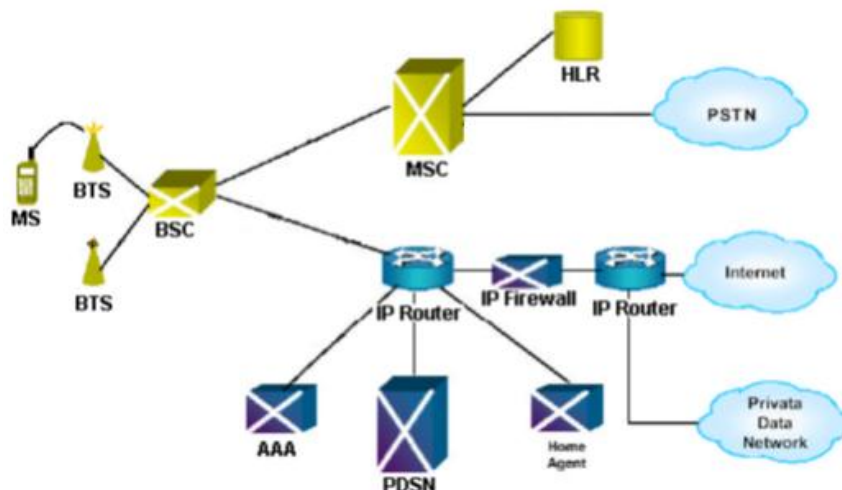


Figura 3.38. Componentes Básicos de una Red CDMA 450

- BTS → Estación Base Transceptora
- BSC → Estación Base Controladora
- MS → Terminal (Estación Móvil)
- MSC → Centro de Conmutación Móvil
- HLR → Registro de Localización
- PDSN → Nodo de Servicio de Paquete de Datos
- AAA → Autenticación, Autorización y Contabilidad

Como se puede observar dentro del modelo básico general de una Red CDMA 450, se encuentra estructurada por un cierto número de BTS, las cuales simultáneamente se encuentran controladas por una estación base controladora (BSC).

Este tipo de comunicaciones telefónicas son conmutadas por una unidad central (MSC), la cual interconecta al sistema a la red de telefonía fija inalámbrica (PSTN). El

Acceso principal a la red de datos (en paquetes o tramas), se lo logra mediante el nodo tipo PDSN, donde se permite lograr un servicio de datos para los usuarios de la red.

La función con sus debidas características que debe cumplir cada uno de los componentes de la red básica general, se los presenta a continuación:

- **BTS (Estación Base Transceptora)**

Mediante el logro de cobertura dentro de una celda, este sistema realiza la transmisión y recepción de radio, con las estaciones de usuario. Cabe recalcar que el número de celdas siempre va a ser igual al número de estaciones base. Mediante enlaces vía Microonda o Fibra Óptica, una BTS se conecta a la *Central de Conmutación Móvil (MSC)*, donde las funciones que se realizan son:

- Procesamiento de la señal
- Amplificación del nivel de Potencia
- Recepción de las referencias de sincronismo del sistema

- **BSC (Estación Base Controladora)**

Es el equipo controlador de un grupo determinado de Estaciones Bases Transceptoras, o BTS, donde, dependiendo del sistema CDMA, estas funcionalidades se pueden encontrar implementadas en el MSC. Las funciones principales que se realizan son las siguientes:

- Funciones de manejo de recursos
- Administración y Mantenimiento del sistema
- Procesamiento de las llamadas
- Traspaso del servicio o *handoff*
- Codificación de la voz

- **MSC (Centro de Conmutación Móvil)**

El Centro de Conmutación Móvil, es el sistema por el cual dependen el establecimiento y desconexión de los servicios tradicionales de voz para las terminales de CDMA dentro del área de servicio, monitoreo de la red, interconexión con otras redes públicas, funciones de contabilidad para su posterior facturación, mediante la utilización de un Servidor AAA (Servidor de Autenticación, Autorización y Contabilidad).

El número o la cantidad de los Centros de Conmutación Móvil, dependen exclusivamente del tamaño de red (en cuanto al número de abonados). Para lo que es el manejo y soporte del *handoff* y del *roaming*, la red telefónica inalámbrica posee el apoyo de dos bases de datos, que son:

- Registro de Localización Local
- Registro de Localización de Visitante

- **HLR (Registro Local)**

Los Registros de Localización Local (HLR), son utilizados generalmente por los centro de conmutación móviles (MSC), para originar y entregar llamadas del suscriptor. Esta es una base de datos, en la cual se encuentra todo tipo de información del usuario suscriptor, tales como:

- Información de la cuenta
- Estado de cuenta
- Preferencias del usuario
- Características suscritas por el usuario
- Localización actual del usuario
- Etc.

- **VLR (Registro Visitante)**

Los Registros de Localización de Visitante (VLR), sirven para manejar el *servicio roaming* de todos los usuarios. Es una base de datos utilizada en una red móvil para llevar a cabo temporalmente los perfiles de los usuarios que salen fuera del área de cobertura.

- **MS (Terminal – Estación Móvil)**

El terminal o estación móvil corresponde al teléfono del usuario, el cual consta de una unidad de control y de un transceptor, el cual envía y recibe transmisiones para la estación base más próxima a su localidad. Mediante estos equipos (terminales), los usuarios pueden acceder a tres tipos de servicios:

- Servicio de telefonía básica
- Servicio de fax
- Servicio de datos

- **PDSN (Nodo de Servicio de Paquete de Datos)**

“El Nodo de Servicio de Paquete de Datos, trata de un punto de terminación del protocolo de enlace de enlace punto a punto (PPP), el cual se encuentra conectado al Subsistema de Estación Base (BSS), mediante la interfaz R-P (*Radio-Packet*).”⁷

Una interfaz de radiopaquete (R-P o *Radio-Packet*), es una interfaz o sistema de comunicación digital, la cual es basada en emisoras de radioaficionados; donde se envía la información a través de la radio, en señales digitales (en paquetes), las cuales son reensambladas en el destino final. Es decir, se genera una interfaz entre la red radioeléctrica y la red de datos por paquetes.

⁷ <http://bieec.epn.edu.ec:8180/dspace/bitstream/123456789/1133/5/T10989CAPITULO%202.pdf>

Mediante este sistema se logra proveer el servicio de acceso a Internet a los usuarios de la red telefónica CDMA.

- **Servidor AAA (Contabilidad, Autenticación y Autorización)**

El servidor AAA, es un servidor utilizado principalmente para las siguientes funciones:

- Autenticación de los usuarios
- Autorización de los usuarios
- Facturación de los usuarios (Contabilidad)

Este servidor AAA, es basado en un protocolo de red llamado RADIUS (*Remote Authentication Dial In User Service*), el cual provee un manejo centralizado de autenticación, autorización y contabilidad. Este protocolo de red RADIUS, es un protocolo cliente/servidor, que se ejecuta en la capa de aplicación (del modelo OSI), utilizando el protocolo UDP (*User Datagram Protocol*) como transporte.

Diseño de Red Final CDMA 450

El diseño de red actual, es una necesidad actual de servicios de voz y datos, donde, nuevas tecnologías como la CDMA, permiten y brindan una solución más rápida y menos costosa, que las redes cableadas convencionales antiguas. Es por esta razón, por la cual se busca dentro de una de las etapas, la cual es llamada Red de Acceso, satisfaga estas necesidades y objetivos, los cuales son fundamentales dentro de esta red desde el punto de vista tecnológico.

Dentro de la red, existirán varias etapas dentro del proceso de comunicación, las cuales se especifican a continuación:

- **Red de Transporte**

La red de transporte para el sistema de transmisión, partirá desde un *Softswitch* (encargado de proporcionar el control y procesamiento de llamadas), el cual estará ubicado en la *Estación Terrena*, que conjuntamente con la red *Metro Ethernet*, transmitirán señales, mediante una red de fibra óptica, hacia las instalaciones ubicadas en el centro de Quito (*Quito – Centro*), donde se encuentra la infraestructura de radio frecuencia.

La red Metro Ethernet, es una red con una arquitectura topológica, con el objetivo de suministrar distintos servicios de conectividad MAN/WAN. Estas redes, como ya ha sido mencionado, soportan gran variedad de servicios y aplicaciones, donde se cuenta y se incluye el soporte de tráfico a RTP (el cual es un Protocolo de Transporte en Tiempo Real), como por ejemplo para servicios como Telefonía IP o Video IP, donde el tráfico para este tipo de servicios resulta sensible al retardo o al jitter.

En Quito – Centro, las señales recibidas, pasarán hacia la estación repetidora o nodo más cercano, dependiendo de la ubicación geográfica de cada una de las repetidoras, las cuales vayan a ser instaladas dentro de la red. Las repetidoras, de acuerdo al diseño y a la zona de cobertura, estarán ubicadas aproximadamente en las zonas de las parroquias de Ascázubi, Rumipamba y Lloa, con las cuales se obtendrá cobertura de una forma aproximada, en las cinco parroquias designadas para este nuevo sistema de red.

Dependiendo del nodo o de la estación repetidora más cercana, donde será recibida la señal, esta será transmitida mediante enlaces de microondas PDH de E1, necesarios para cumplir los requerimientos de voz y de datos, en cada de unas de las zonas de cobertura.

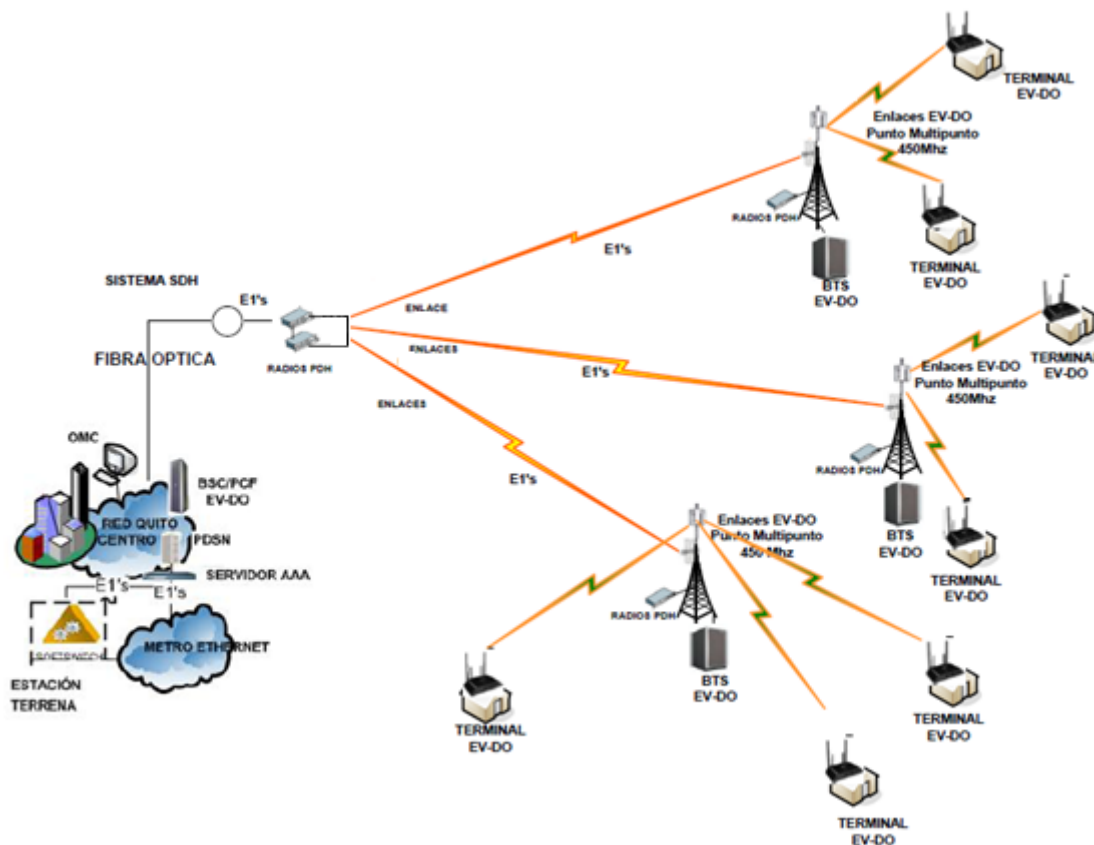


Figura 3.39. Red de Transporte - Estación o Nodo más cercano

Cabe indicar, al igual que es recomendable, que la estación repetidora o nodo más cercano, referente a las distintas estaciones base repetidoras, sea la estación repetidora central, ubicada en la zona de Cruz Loma, por lo cual sería bastante útil la conexión entre Quito – Centro y Cruz Loma, mediante un sistema SDH Cruz Loma – Quito Centro.

La conexión entre las distintas estaciones bases o repetidoras y la estación central, será mediante enlaces vía microonda, como ya ha sido mencionado anteriormente.

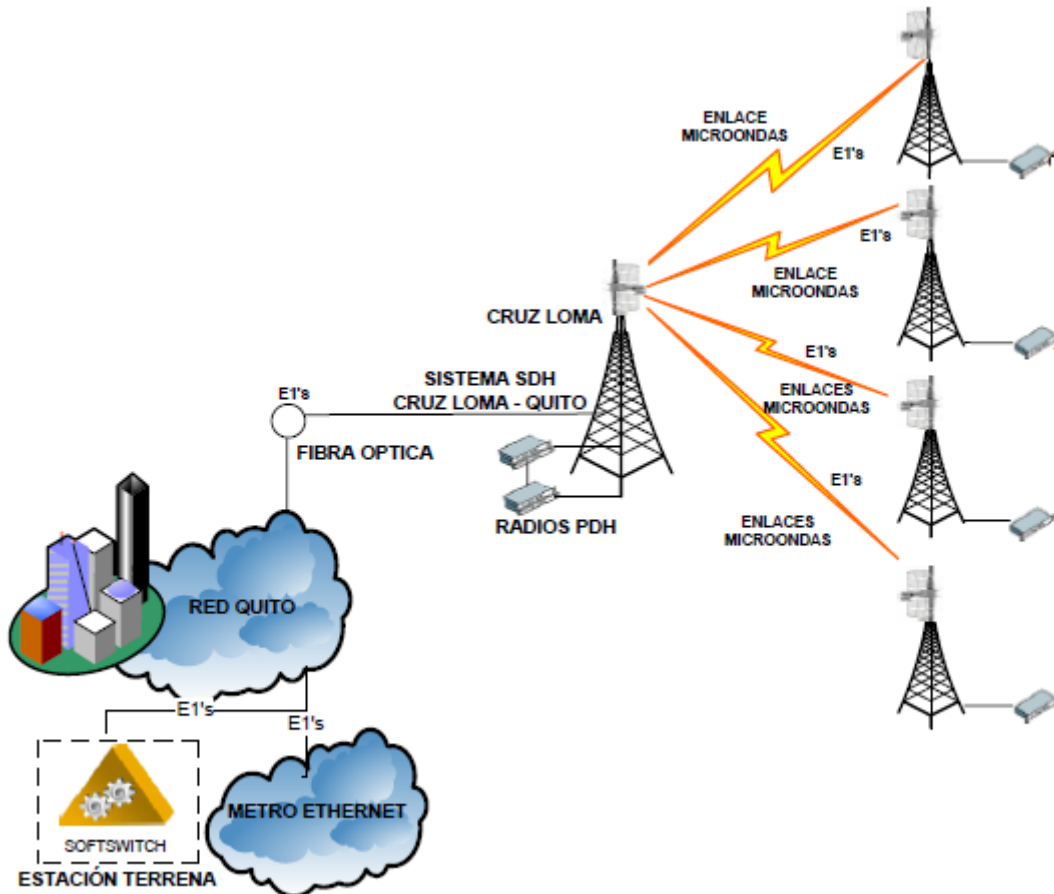


Figura 3.40. Red de Transporte – Cruz Loma

- **Red de Acceso**

La Red de Acceso para esta red, estará constituida por tres BTS's CDMA 1x EV-DO, las cuales se encontrarán ubicadas aproximadamente en las zonas de las parroquias de Ascázubi, Rumipamba y Lloa, con las cuales se obtendrá cobertura de una forma aproximada, en las cinco parroquias designadas para este nuevo sistema de red.

Mediante estas tres BTS's, aplicando enlaces punto – multipunto con cada uno de los abonados del sistema, se tendrá y se cubrirá toda la zona de cobertura, de las parroquias designadas.

Los abonados, ya sea en viviendas, locales comerciales, centros educativos, etc., contarán cada uno de ellos, con equipos terminales CDMA 1x EV-DO, y también serán provistos con antenas externas, que permitan contar con una línea de vista adecuada con sus correspondientes BTS's, dependiendo de la ubicación geográfica del centro del abonado, para así contar con velocidades de transmisión óptimas, al igual que un adecuado porcentaje de recepción de la primera zona de Fresnel.

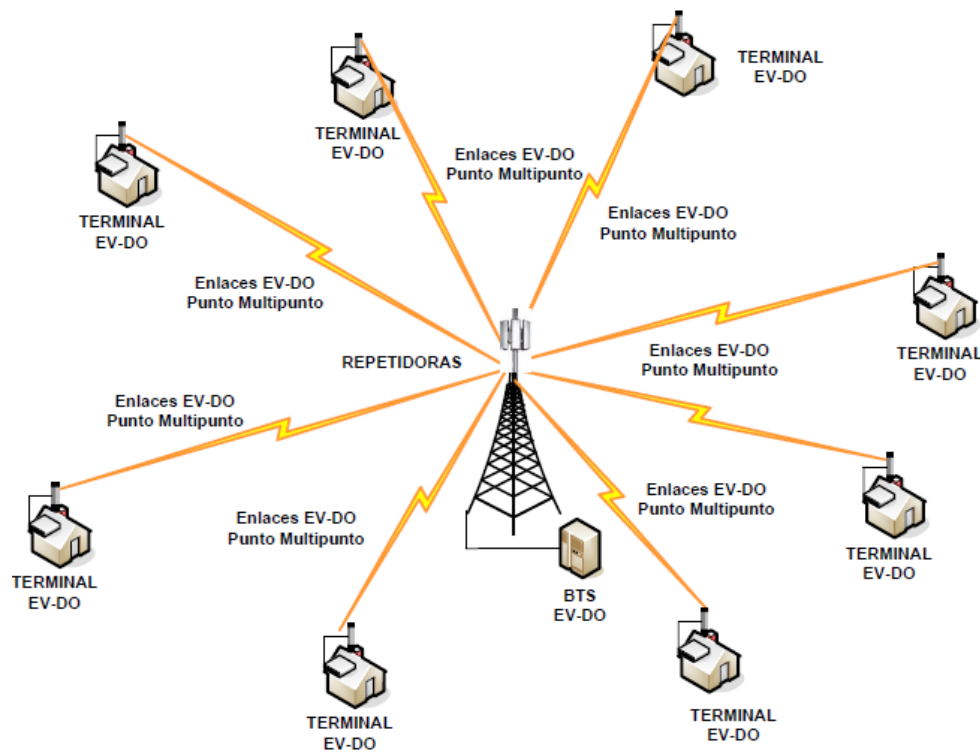


Figura 3.41. Red de Acceso: Conexión Repetidoras - Terminales EV-DO

A continuación se presenta la ubicación geográfica de las Estaciones Repetidoras o de las BTS's, con sus respectivos datos, como la parroquia en la que será instalada, tanto como latitud, longitud, altura sobre el nivel del mar, al igual que la altura que tendrá esta antena repetidora.

Tabla 3.23. Ubicación Geográfica BTS's - Altura de las Antenas

REPETIDORA	COORDENADAS		ALTURA (msnm)	ALTURA ANTENA (m)
	LATITUD	LONGITUD		
ASCÁZUBI	00° 04' 51.7" S	78° 12' 34.3" W	4013.1	40
LLOA	00° 09' 44.4" S	78° 33' 55.1" W	4602.2	40
RUMIPAMBA	00° 28' 10.1" S	78° 29' 10.6" W	4099.1	30

En las gráficas a continuación, se presenta la ubicación geográfica de las BTS's, mediante una simulación en Radio Mobile, aplicando así, la ubicación ejemplar de ciertas terminales de los abonados, para así comprobar dentro de la simulación un enlace exitoso, entre la estación repetidora con la terminal del abonado respectivo.

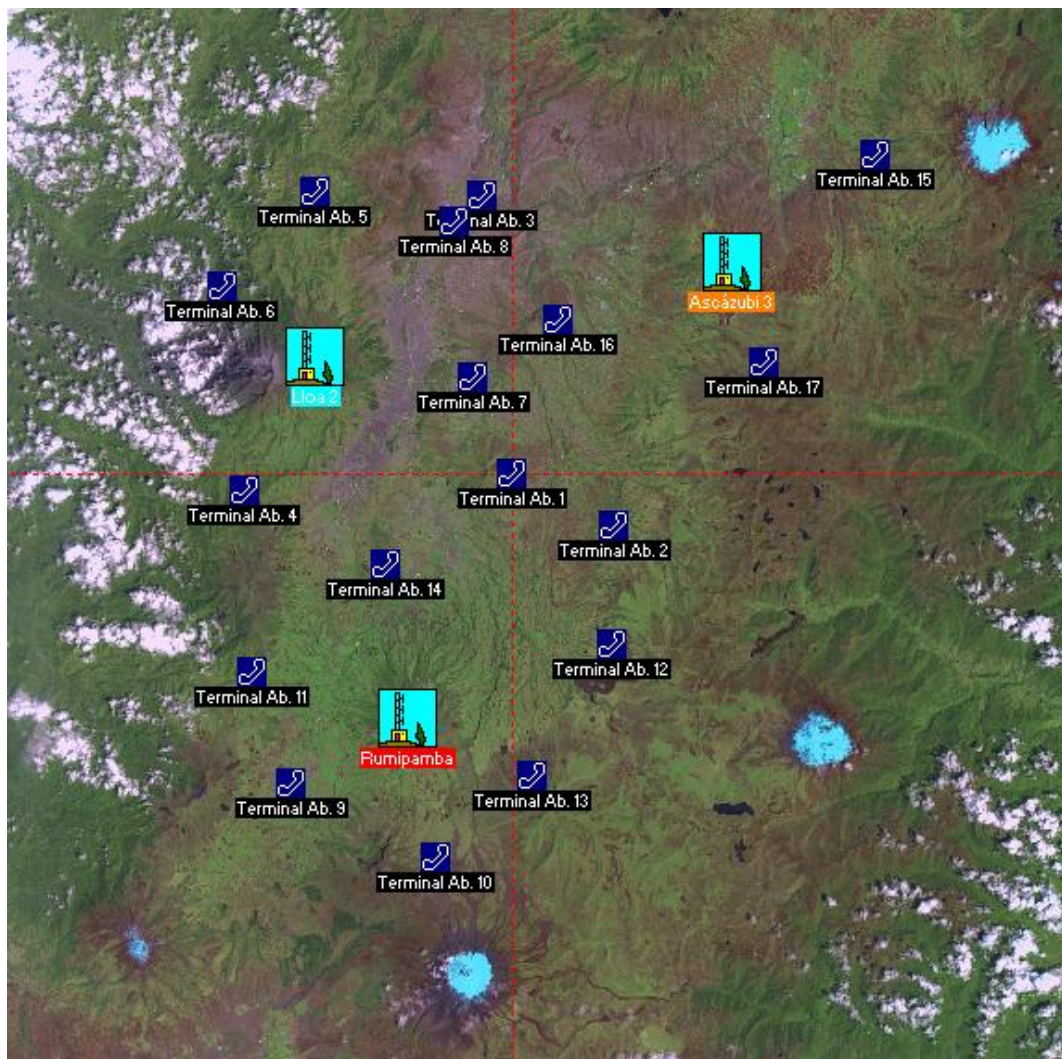


Figura 3.42. Simulación: Ubicación de las repetidoras junto con los enlaces con las terminales

Se realizó esta simulación, para comprobar con mayor exactitud y precisión, la ubicación de cada una de las estaciones repetidoras o BTS's. A continuación se presenta la simulación de los radio enlaces entre las estaciones repetidoras con ciertas terminales de ejemplo.

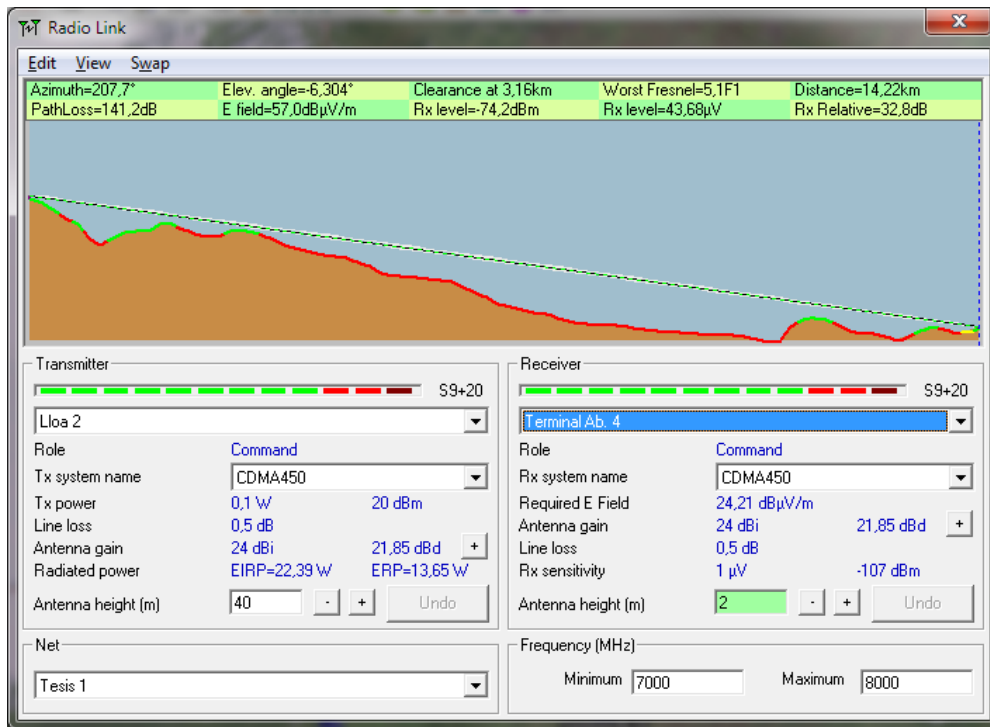


Figura 3.43. Simulación - Radio Mobile (Radio Link)

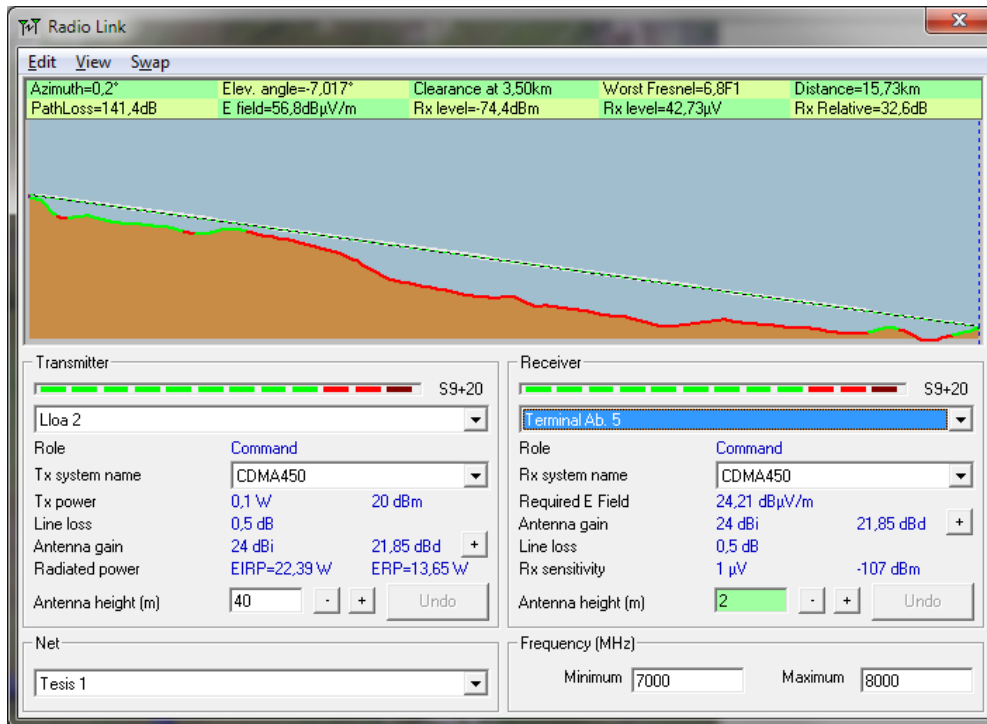


Figura 3.44. Simulación - Radio Mobile (Radio Link)

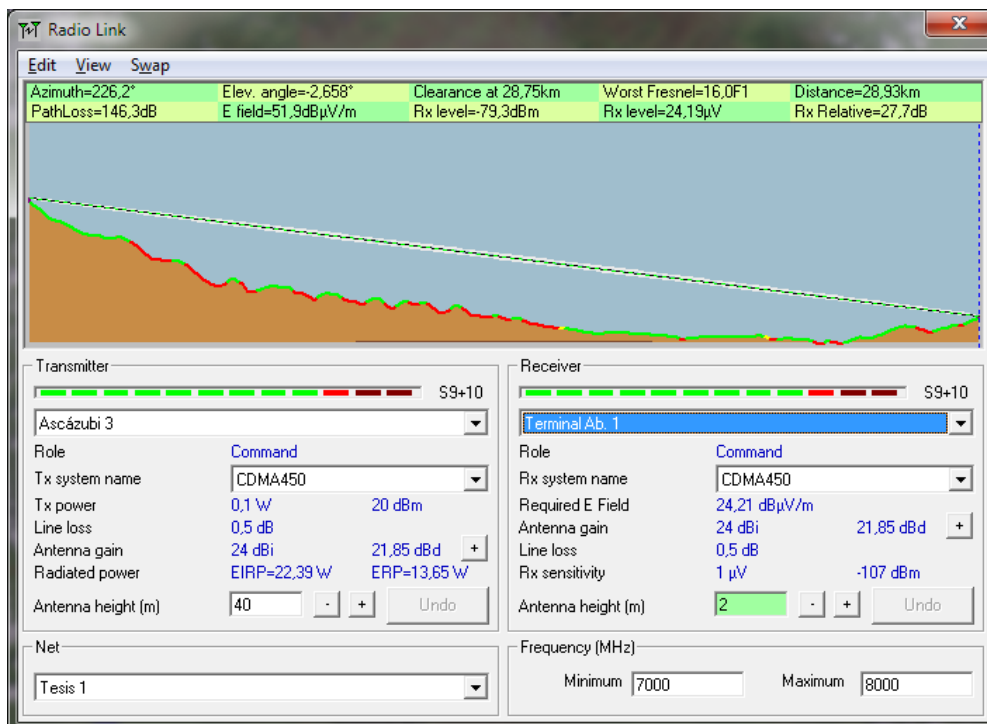


Figura 3.45. Simulación - Radio Mobile (Radio Link)

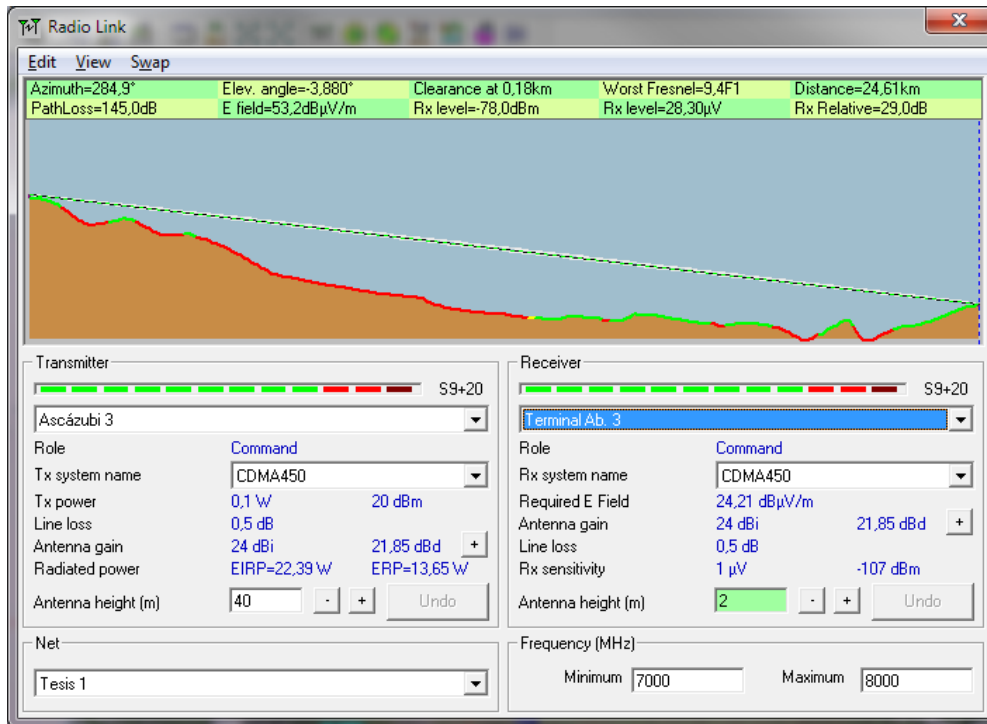


Figura 3.46. Simulación - Radio Mobile (Radio Link)

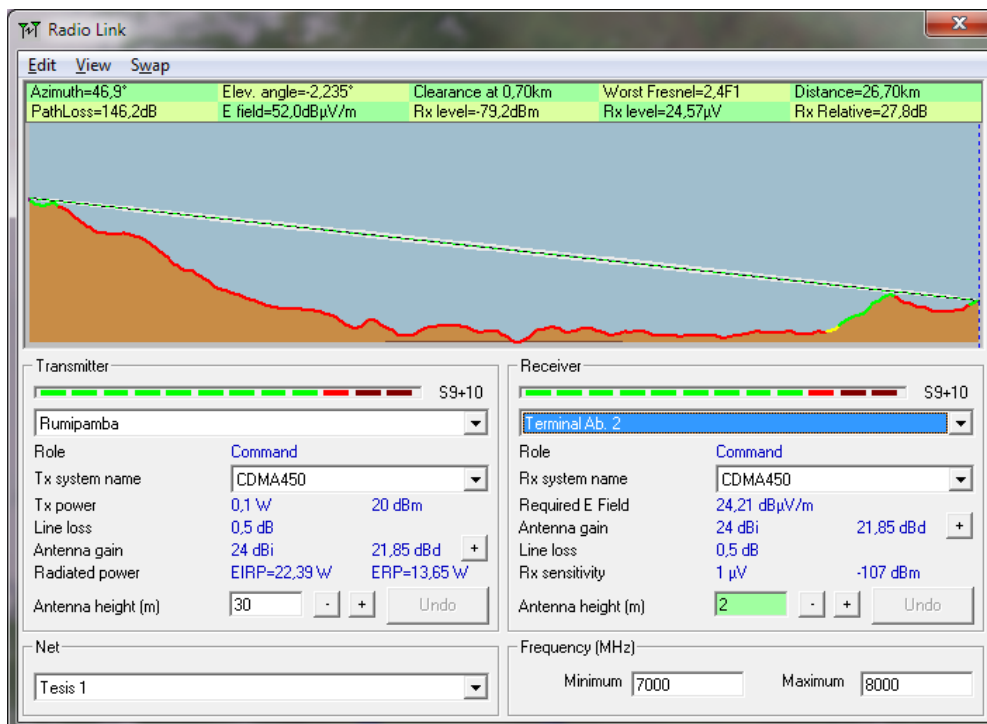


Figura 3.47. Simulación - Radio Mobile (Radio Link)

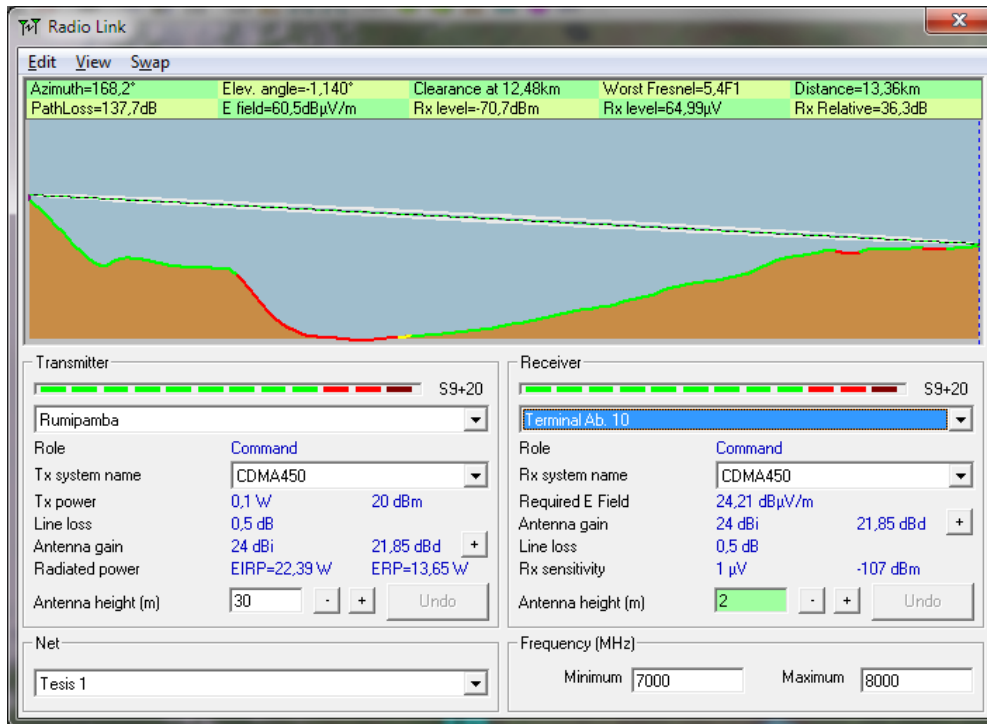


Figura 3.48. Simulación - Radio Mobile (Radio Link)

La cobertura que se logrará con las respectivas repetidoras BTS's, será la siguiente que se muestra en la siguiente gráfica:

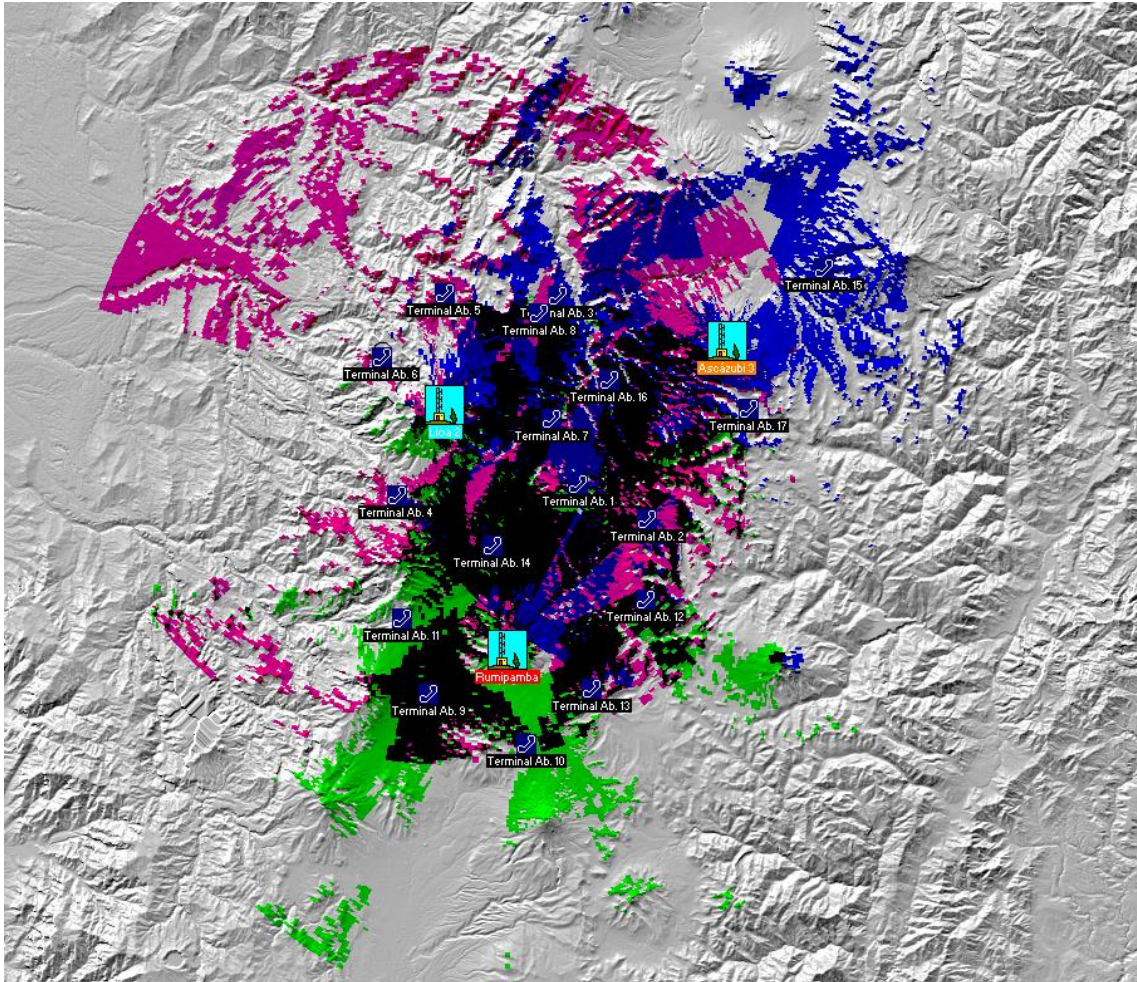


Figura 3.49. Cobertura lograda mediante las BTS's

La zona de cobertura lograda mediante el color lila, corresponde a la BTS ubicada en la zona de Lloa, mientras que la zona de cobertura de color verde, corresponde a la BTS ubicada en la zona de Rumipamba, al igual que la zona de cobertura restante, la cual es de color azul, corresponde a la repetidora ubicada en la zona de Ascáubi.

En la gráfica también se logra apreciar una zona, la cual es de color negro, la cual corresponde a las zonas donde se sobreponen las coberturas de las distintas BTS instaladas. Sin embargo dentro de estas zonas, no existirá interferencia alguna, debido a que estas antenas repetidoras utilizarán distintos canales de comunicación entre ellas, para que no exista este hecho de interferencia dentro del ámbito de las telecomunicaciones.

Análisis de la planificación radioeléctrica

Estudio del Tráfico en la red CDMA 450:

- **Tráfico**

El tráfico en si dentro de una red telefónica o de comunicación, se encuentra asociado junto con el concepto de ocupación, es decir, cuando un móvil o terminal telefónica se encuentra causando tráfico, es el simple hecho de que este se encuentra ocupado.

El tráfico telefónico es medible en términos de ***tiempo de ocupación***, el cual depende del número de llamadas y al mismo tiempo de la duración de estas llamadas también.

- **Volumen de Tráfico**

El volumen de tráfico es calificado como el tráfico que se encuentra cursando durante un determinado o limitado periodo de tiempo, el cual, es el equivalente al tiempo de ocupación de dicho circuito, durante el periodo de tiempo. Es decir, si la llamada o el tiempo de ocupación son de 24 horas, el V_t será de igual manera 24 horas.

El V_t determinado para cierta cantidad o número de llamadas, se obtendría de la siguiente manera:

$$V_t = n * d \text{ (Ecuación 3.5)}$$

Donde:

- n → Número de llamadas
d → El tiempo medio de la duración de dichas llamadas

- **Intensidad de Tráfico**

Al utilizar el término V_t , no se debe tener o dar a entender el término de intensidad de tráfico. Se deberá tener en cuenta el tiempo o periodo que tarda dicho paquete o volumen de tráfico en cursar la red, al cual se lo denomina *tiempo de observación*. Donde:

$$it = \frac{V_t}{t_{obs}} \text{ [ERLANGS]} \text{ (Ecuación 3.6)}$$

Un *Erlang* es una unidad adimensional que mide la *it* que corresponde a un circuito (o varios de estos), el cual es un conjunto de estos que cursa un volumen de tráfico de una hora en un tiempo de observación de una hora. Este valor de *it* siempre se encuentra asociado a un periodo de tiempo que se toma como referencia, denominada la hora cargada.

La hora cargada está definida como el periodo de mayor tráfico, durante un periodo de 60 minutos.

- **Cálculo del Tráfico**

Los datos para los cálculos del tráfico, se estableció un promedio de 3 minutos por llamada y se limitó en un tope de 5 llamadas en la hora de mayor congestión (o de mayor tráfico). Los cálculos son los siguientes:

$$V_t = n * d \text{ (Ecuación 3.7)}$$

$$V_t = 5 * (3min * 60seg)$$

$$V_t = 900[seg]$$

$$it = \frac{V_t}{t_{obs}}$$

$$it = \frac{900seg}{60min * 60seg}$$

$$it = 0.25[E]$$

El valor de 0.25E, corresponde al tráfico de llamadas de voz, sin embargo, para lo que es tráfico de datos o imágenes, se utiliza un promedio de un envío de 4 imágenes por hora (imagen con resolución de 1600x1200 pixeles). Generalmente las imágenes con esta resolución (de 1600x1200 pixeles), tienen un tamaño de 400 Kbyte, junto con una velocidad de envío de 153 Kbps (como ya se ha mencionado anteriormente), por lo cual:

$$t = \frac{\text{cantidad de bits de la imagen}}{v_{tx}} \text{ (Ecuación 3.8)}$$

$$t = \frac{400 * 8.192 \text{ bits}}{153000 \text{ bits}} = 21.4[seg]$$

$$V_t = 4 * 21.4seg = 85.6[seg]$$

$$it = \frac{85.6seg}{60min * 60seg}$$

$$it = 0.0237[E]$$

En el ámbito de las videoconferencias, se estableció de igual un promedio de 30 minutos diarios, de una videoconferencia en la hora de mayor congestión, donde:

$$it = \frac{30min}{60min}$$

$$it = 0.5[E]$$

En la tabla a continuación, se presenta una tabla ejemplar, con ciertos datos, donde se calcula el respectivo tráfico total, de acuerdo a los servicios de voz, video e imágenes, de acuerdo al respectivo número de abonados.

Tabla 3.24. Tipos de Tráfico generados en ciertas provincias

PROVINCIA	TIPO DE SERVICIO	TRÁFICO POR ABONADO	NÚMERO DE ABONADOS	TRÁFICO TOTAL
		(ERLANG / ABONADO)		(ERLANGS)
Esmeraldas	Voz	0,25	100	78,56
	Imágenes	0,0356		
	Video	0,5		
Carchi	Voz	0,25	50	39,28
	Imágenes	0,0356		
	Video	0,5		
Sucumbíos	Voz	0,25	200	157,12
	Imágenes	0,0356		
	Video	0,5		

El tráfico final será determinado a cada una de las estaciones base que serán instaladas de acuerdo al diseño final de la red CDMA450. Cabe recalcar que el

servicio de videoconferencia no será tomado en cuenta de acuerdo a los servicios promocionados y disponibles dentro de la red, por lo cual, el tráfico por abonado dentro del servicio de video, será de un valor “0” absoluto, es decir solo será tomado en cuenta los servicios de voz y datos.

En las tablas a continuación, se presenta el tráfico total real generado, de acuerdo al estimado calculado en el Capítulo 2, del número de abonados. Se tomará en cuenta la suma total de abonados, generado desde el año 2010, hasta el año 2013, para así, realizar un cálculo del número de E1's que se necesitarán para los 4 años siguientes.

El cálculo del tráfico total, se lo realizará de acuerdo a cada una de las BTS o repetidoras que serán instaladas para la red. A continuación se presentarán las dos tablas, tomando en cuenta que el número de viviendas será de acuerdo a cada 3 habitantes, e igual de acuerdo a cada 4 habitantes.

Tabla 3.25. Tráfico total generado 2010-2013 / 3 habitantes

BTS	TIPO DE	TRÁFICO POR ABONADO	NÚMERO DE ABONADOS	TRÁFICO TOTAL
(PROVINCIA)	SERVICIO	(ERLANG / ABONADO)	(33% POBLACIÓN)	(ERLANGS)
Ascázubi	Voz	0,25	2.218	562,32
	Datos	0,0356	222	
	Video	0	0	
Lloa	Voz	0,25	220	55,90
	Datos	0,0356	22	
	Video	0	0	
Rumipamba	Voz	0,25	79	20,07
	Datos	0,0356	8	
	Video	0	0	

Tabla 3.26. Tráfico total generado 2010-2013 / 4 habitantes

BTS (PROVINCIA)	TIPO DE SERVICIO	TRÁFICO POR ABONADO (ERLANG / ABONADO)	NÚMERO DE ABONADOS (25% POBLACIÓN)	TRÁFICO TOTAL (ERLANGS)
Ascázubi	Voz	0,25	1.680	426,00
	Datos	0,0356	168	
	Video	0	0	
Lloa	Voz	0,25	167	42,35
	Datos	0,0356	17	
	Video	0	0	
Rumipamba	Voz	0,25	60	15,21
	Datos	0,0356	6	
	Video	0	0	

Planificación Radioeléctrica:

Se deberá realizar los cálculos de los valores de pérdidas por propagación en el espacio libre, al igual que el valor de la potencia recibida (la cual deberá ser mayor que el valor de la sensibilidad del receptor):

Pérdidas por espacio libre (por propagación):

$$L_p = 92.45 + 20 * \log f + 20 * \log d \text{ [dBm]} \text{ (Ecuación 3.9)}$$

Donde:

L_p → Pérdidas por propagación en el espacio libre en dBm.

f → Frecuencia en GHz.

d → Distancia en km.

Potencia recibida o potencia en el receptor:

$$P_{RX} = P_{TX} - L_{TX} + G_{TX} - L_P + G_{RX} - L_{RX} \quad (\text{Ecuación 3.10})$$

Donde:

- P_{RX} → Potencia recibida.
- P_{TX} → Potencia transmitida.
- L_{TX} → Pérdidas por cables y conectores del lado del transmisor.
- G_{TX} → Ganancia de la antena del transmisor.
- L_P → Pérdidas por espacio libre.
- G_{RX} → Ganancia de la antena del receptor.
- L_{RX} → Pérdidas por cables y conectores del lado del receptor.

Se considerará una confiabilidad del sistema de 99.99%.

A continuación se muestran los perfiles y los valores obtenidos de pérdida en el espacio libre y potencia recibida:

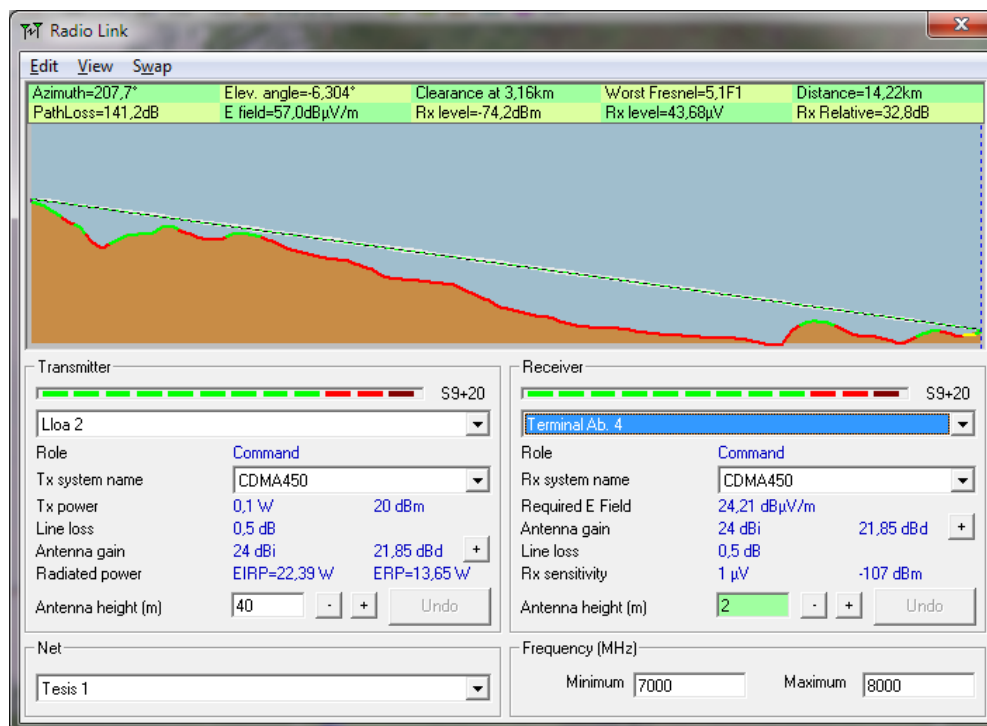


Figura 3.50. Conexión Lloa – Terminal Abonado 4

Tabla 3.27. Conexión Lloa – Terminal Abonado 4

LLOA – TERMINAL ABONADO 4	
Distancia (Km)	14,22
Frecuencia (GHz)	7,575
Potencia del Transmisor (dBm)	20
Ganancia de la Antena TX (dBi)	24
Ganancia de la Antena RX (dBi)	24
Atenuación por cables y conectores (dB)	4
Pérdida en el espacio libre (dBm)	133,10
Potencia en el receptor (dBm)	-69,10

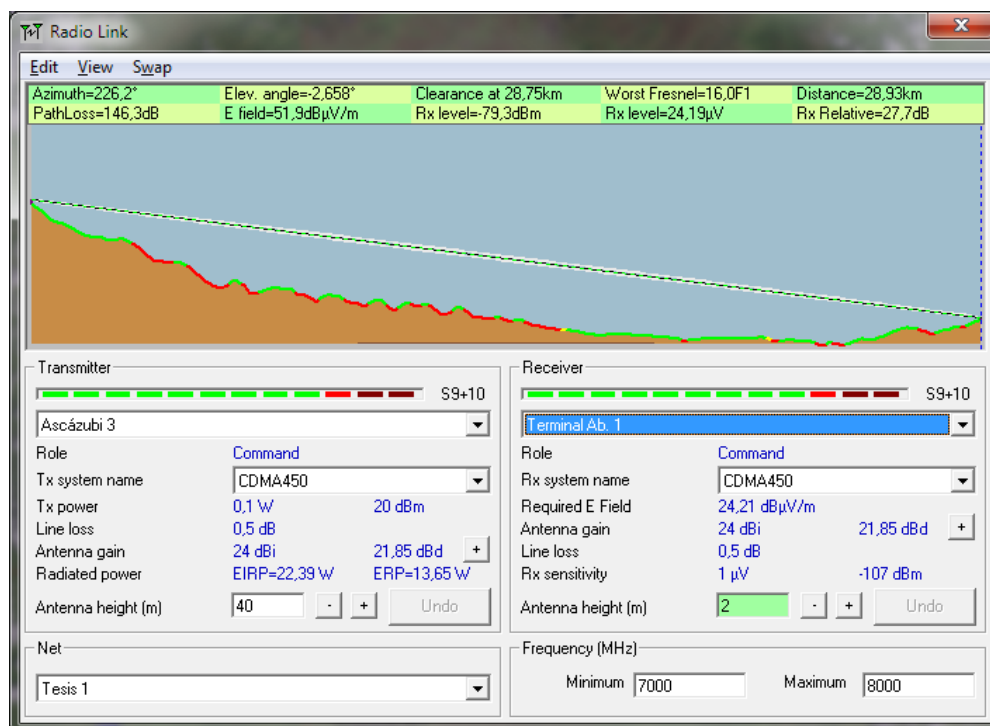


Figura 3.51. Conexión Ascázubi – Terminal Abonado 1

Tabla 3.28. Conexión Ascázubi – Terminal Abonado 1

ASCÁZUBI – TERMINAL ABONADO 1	
Distancia (Km)	28,93
Frecuencia (GHz)	7,575
Potencia del Transmisor (dBm)	20
Ganancia de la Antena TX (dBi)	24
Ganancia de la Antena RX (dBi)	24
Atenuación por cables y conectores (dB)	4
Pérdida en el espacio libre (dBm)	139,56
Potencia en el receptor (dBm)	-75,56

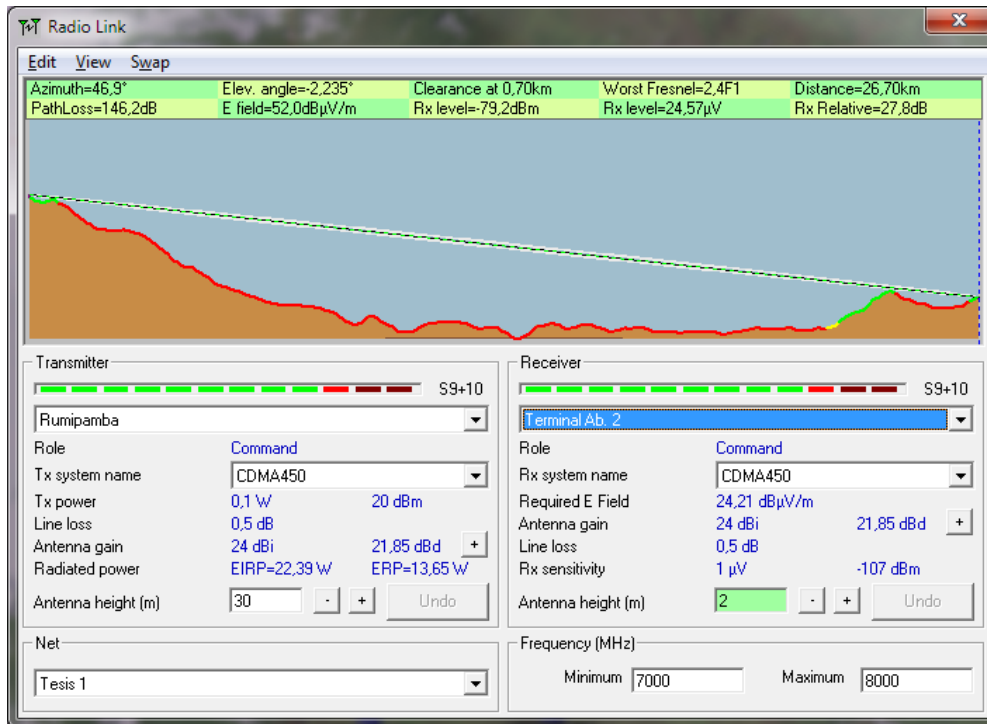


Figura 3.52. Conexión Rumipamba – Terminal Abonado 2

Tabla 3.29. Conexión Rumipamba – Terminal Abonado 2

ASCÁZUBI – TERMINAL ABONADO 2	
Distancia (Km)	26,70
Frecuencia (GHz)	7,575
Potencia del Transmisor (dBm)	20
Ganancia de la Antena TX (dBi)	24
Ganancia de la Antena RX (dBi)	24
Atenuación por cables y conectores (dB)	4
Pérdida en el espacio libre (dBm)	138,57
Potencia en el receptor (dBm)	-74,57

CAPÍTULO IV

DETERMINACIÓN DEL EQUIPAMIENTO E INFRAESTRUCTURA NECESARIA

4.1. Determinación del Equipamiento

4.1.1. Equipamiento de Red

A continuación se realizará una breve descripción, de cada uno de los bloques de equipos necesarios para la implementación de la red telefónica, donde se mencionará la función de cada uno de sus componentes:

- **NSS** (*Network Switching System* o Sistema de conmutación de red)

Este componente se encarga de realizar la conmutación con la red de telefonía pública o **PSTN**. Contiene al **MSC** (*Mobile Switching Centre* o Centro de conmutación móvil).

- **PDN** (*Packet Data Network* o Red de paquetes de datos)

Esta red es la encargada de brindar la conexión con el Internet, donde se incluye al servidor **AAA** (*Authenticated, Authorization and Accounting*) el cual se encarga de brindar al Protocolo de Internet (**IP**), al igual que la funcionalidad de soportar autenticación, autorización y registro; además de conectarse a la **PSDN** (*Public Switched Data Network*).

- **BSS** (*Base Station System* o Sistema de estaciones base)

Este sistema de estaciones base, es el encargado principal 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**, la cual posibilita la comunicación entre los equipos de usuario (teléfonos fijos inalámbricos, routers inalámbricos, etc.) y la red.

De igual manera, se realizará una breve descripción de las soluciones en cuanto al equipamiento de red ofrecidos por dos de los principales fabricantes inmersos en el desarrollo de la tecnología CDMA450:


- **HUAWEI**

En la tabla a continuación, se describen las principales características de los equipos HUAWEI, junto con los equipos que se utilizarán dentro de la red.

Tabla 4.1. Equipos HUAWEI para la infraestructura de red

	Principales Características Macro CDMA BTS3606C
	Soporta 3 celdas, 9 portadoras por sector.
	Banda de operación: 450/800 MHz.
	Dimensiones: de 700x480x600 mm.
	Peso: menor a los 85 Kg.
	CE Pooling: 768 Ces.
	Potencia de transmisión: 60 W (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).


Tabla 4.2. Equipos HUAWEI para la infraestructura de red



	Principales Características Huper BSC
	<i>BÁSICAS:</i>
	Gabinete: N68-22: 2200mm x 600mm x 800mm.
	Peso: un gabinete < 350 Kg.
	Configuración completa: 2 gabinetes / 5 subracks.
	Alimentación: -48V DC (-40V - -57V).
	<i>IP NETWORK 1x:</i>
	BHCA: 3100K.
	50K Erlang de capacidad de tráfico.
	TRX: 4300
	1X troughput: 100 Mbps.
	<i>IP NETWORK DO:</i>
	TRX: 6000
	DO troughput: 3 Gbps.
	Sesiones EVDO activas: 2000.
	Conexiones PPP: 600K.
	<i>TDM/ATM NETWORK (1x):</i>
	Erl: 25K.
	BHCA: 1500K.
	TRX: 2500
<i>CONFIABILIDAD:</i>	
Disponibilidad: 0.999995	
MTBF: 105967.24 horas.	
MTTR: 0.5 horas.	

- **ZTE**

En la tabla a continuación se describirán las principales características de los equipos ZTE, que se utilizarán dentro de la red CDMA450.

Tabla 4.3. Equipos ZTE para la infraestructura de red.

MICRO BTS	
	Soporta 1 puerto / 3 sectores.
	Banda de frecuencia 450 / 800 / 1900 MHz.
	Máxima potencia de transmisión: 40W (800MHz), 20W (450/1900MHz).
	Sensibilidad: -110 dBm.
	Alimentación: 220 Vac o 48 Vdc.

	Consumo de Potencia: Hasta 150W.
	Dimensiones: 800mm x 400mm x 250mm.
BSC	
	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 40000 sesiones PPP tipo "dormant".
	MTBF > 20 años.
	Dimensiones: 2000mm x 810mm x 600mm.
MSS (MSC/VLR-HLR/AUC)	
	Capacidad del sistema MSC:
	<ul style="list-style-type: none"> • Máxima (10 módulos): aproximadamente 600K abonados (0.03 Erlang/Abonado). • Módulo simple: 60K abonados. • Procesamiento de llamadas por módulo: 500K BHCA. • Máx. Erlang: 20000 Erlangs. • Máx. Nun./link: 640 links.
	Capacidad del sistema HLR: 1200K
	Capacidad del sistema VLR: 800K
	Capacidad del sistema AUC: Soporta HLR a plena carga y procesa datos de seguridad de usuario.
	Dimensiones: 2000mm x 810mm x 600mm.
	Peso: ≤ 250 Kg.
	Energía: -48VDC.

4.1.2. Equipamiento de Usuario


En cuanto a los equipos terminales para el usuario, a continuación se presentarán terminales, tanto para servicios de voz, como para servicios de datos. Cabe mencionar que estos equipos pueden trabajar tanto sobre sistemas propios como sobre redes basadas en tecnología de otros fabricantes.

- **HUAWEI**

- **Telefonía**

En la tabla siguiente se describen algunas opciones de equipos de telefonía fija inalámbrica, así como sus principales características.


Tabla 4.4. Equipos Huawei para telefonía fija inalámbrica

ETS CDMA 1 SERIES	
	Opera en la frecuencia de los 450 MHz.
	Alta calidad de señal.
	Alto volumen.
	Manos libres.
	Soporta servicios suplementarios.
ETS CDMA 2 / ETS CDMA 8 / ETS CDMA 9 SERIES	
	Opera en la frecuencia de los 450 MHz.
	Alta calidad de voz y SMS.
	Servicio de transferencia de datos con voz a una tasa máxima de 153.6 Kbits/s.
	Llamadas de emergencia.
	11 Tipos de timbrado.
Soporta servicios suplementarios.	
CDMA T SERIES	
	Opera en las frecuencias de los 450 MHz.
	Alta calidad de voz y SMS.
	Servicio de transferencia de datos con voz a una tasa máxima de 153.6 Kbits/s.
	Soporta teléfonos públicos.
	Puerto para control de carga.
	Transferencia de llamadas, llamada en espera, llamadas tripartitas.

- **Internet**

A continuación se muestran algunas opciones de equipos de abonado para la interconexión con la red de datos, así como sus principales características.

Tabla 4.5. Equipos Huawei para acceso a la red de datos.


Principales Características EC506	
	Opera en la frecuencia de los 450 MHz para EV-DO y a 2.4 GHz en WLAN.
	Soporta: <ul style="list-style-type: none"> • CDMA2000 1xEV-DO • CDMA2000 1xRTT • IS-95
	Comparte una tasa de 2.4 Mbps con múltiples usuarios.
	Tiene 4 interfaces o puertos Ethernet de 10/100 Mbps.
	Configuración y administración vía web o por acceso remoto.
	Soporta DHCP, NAT y DNS relay.
	Soporta alta calidad de servicios de voz y WLAN (servicios opcionales).


- **AXESSTEL**

- **Telefonía**

En la tabla siguiente, se describen ciertas características de estos terminales Axesstel.

Tabla 4.6. Equipos Axesstel para telefonía fija inalámbrica

PX110	
	Opera en la frecuencia de los 450 MHz.
	Ofrece alta calidad de voz y mensajes cortos.
	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.


	RUIM (<i>Removable Calling Office Function</i>) opcional.
	PCO (<i>Public Calling Office Function</i>) opcional.
	Radio FM opcional.
PX310	
	Opera en la frecuencia de los 450 MHZ.
	Ofrece alta calidad de voz, mensajes cortos y transmisión de datos a alta velocidad.
	1x Packet Data Capability (153.6 Kbps máx.).
	Altavoz incorporado.
	Iluminación de pantalla y teclado.
	Pantallada 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.
	RUIM (<i>Removable Calling Office Function</i>) opcional.
	PCO (<i>Public Calling Office Function</i>) opcional.
Radio FM opcional.	

○ **Internet**

A continuación se muestran algunas opciones de equipos de abonado para la interconexión con la red de datos, así como sus principales características.

Tabla 4.7. Equipos Axisstel para telefonía fija inalámbrica.

MV410 CDMA2000 1xEV-DO GATEWAYS	
	Combina perfectamente una Wireless-WAN con una red local WiFi (WLAN) y 4 puertos Ethernet.
	6 LEDs indicadores multicolor.
	Diversidad de antenas en el receptor.
	Capacidad de datos de acuerdo a: 1x EV-DO/IS-99/IS707A (3.1 Mbps FL/1.8 Mbps RL max.)
	Interfaces de datos: 1 RS232, 1 USB y 4 Ethernet.
	Certificación Wi-Fi.
	Opción de DHCP.

	Herramienta de administración por PC y WEB.
	Soporta OTA (<i>Over the Air</i>) (IS-683/IS-683A).
	RUIM (<i>Removable User Identity Module</i>) opcional.
MV410i CDMA2000 1xEV-DO GATEWAYS	
	Opera en la frecuencia de los 450 MHz.
	Combina perfectamente una Wireless-WAN con una red local Ethernet.
	6 LEDs indicadores multicolor.
	Diversidad de antenas en el receptor.
	Capacidad de datos de acuerdo a: 1x EV-DO/IS-99/IS707A (3.1 Mbps FL/1.8 Mbps RL max.)
	Interfaces de datos: 1 RS232, 1 USB y 4 Ethernet.
	Opción de DHCP.
	Herramienta de administración por PC y WEB.
	Soporta OTA (<i>Over the Air</i>) (IS-683/IS-683A).
	RUIM (<i>Removable User Identity Module</i>) opcional.

4.1.3. Equipamiento de Microondas

El equipamiento de microondas será empleado en la red de transporte, estos equipos permitiendo la interconexión punto a punto entre la central en el Rumipamba (La Moca) con las estaciones base a través de nuestros 3 repetidores; consideraremos el siguiente equipo:

NEC → *Pasolink NEO*

Entre las principales características de este equipo tenemos:

- Plataforma común (módulos intercambiables).
- Capacidad escalable por software:
 - 5E1 a 16E1 ó 40E1 a 48E1
 - 1/2E3
 - 16E1 a STM1 (intercambio de tarjeta de interface).
- Modulación seleccionable por software desde QPSK hasta 128 QAM.
- Configuración flexible (1+0, 1+1, HS/SD/FD, XPIC).

- APS (Automatic Protection Switch) para STM-1
- Diseño compacto: 1+0, 1+1 y configuración de repetidor en 1 IDU.
- Fácil administración gracias al PNMSj (PASOLINK Network Management System Java Version).
- Operación en Polarización cruzada para 2 x STM-1
- Implementación de VLAN.
- Gigabit Ethernet sobre STM-1
- Fácil configuración de res, alta ganancia de sistema y rendimiento superior.
- Ahorro en el CAPEX y OPEX.
- Frecuencias: 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, y 13 GHz
- Capacidad de tráfico: 5x2 Mbps, 10x2 Mbps, 16x2 Mbps, 40x2 Mbps, 48x2 Mbps, 1x155 Mbps, 2x155 Mbps

4.2. Determinación de la Infraestructura necesaria

Parte importante en el diseño de una red de telecomunicaciones es la infraestructura civil sobre la cual descansarán los sistemas de comunicaciones, esta deberá asegurar el normal funcionamiento de los equipos eléctricos y electrónicos ante cualquier agente natural como humano, además deberá cumplir también con los estándares establecidos para la implementación de las mismas.

Dentro de esta consideraremos lo siguiente:

- Obras Preliminares, abarca la preparación del terreno para la instalación de la estación.
- Cimentación de la torre, para la cual habrá que considerar la excavación y el tipo de concreto adecuado para la cimentación.
- Construcción de la sala de equipos, cuyas características deben incluir los estándares de seguridad necesarios.
- Construcción de los muros externos, comprenderá mampostería de ladrillo macizo, la instalación de alambres de púas y concertinas como medios disuasorios.

- Construcción de las losas armadas y pisos, dentro de la sala de equipos y en la parte exterior a esta mediante el tendido de grava.
- Instalaciones eléctricas, en las cuales se considera la interconexión con la red eléctrica, los sistemas de protección eléctrica, la instalación de los tableros de control así como el sistema de tomacorrientes e interruptores.
- Estructuras metálicas menores, entre las cuales se incluirán los perfiles de acero, las puertas, la bandeja para cables tipo escalerilla y las anclas para la torre.
- Estructuras metálicas mayores, en este ítem se considerará principalmente la torre que soportará el sistema de radiocomunicación, se trata de una torre autosoportada triangular, así como todos los aditamentos necesarios para la instalación de las antenas de RF.

4.2.1. Construcción de la sala de equipos

Esta comprende desde el procedimiento de limpieza y adecuación de los terrenos, hasta la instalación de los mecanismos de seguridad. A continuación se muestra el diagrama de la estación base que tendremos en cuenta para la implementación de nuestra red:

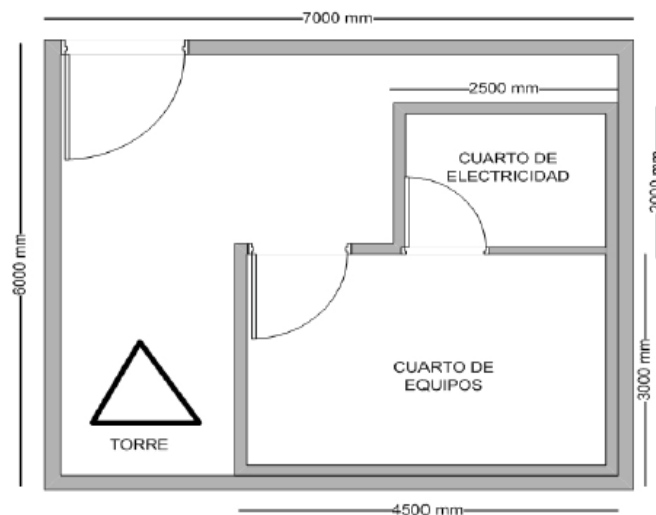


Figura 4.1. Diagrama de la infraestructura para una estación base

4.2.2. Sistemas de Protección Eléctrica

En las zonas rurales hay gran diversidad de fenómenos eléctricos de origen atmosférico que pueden afectar a la salud de las personas y al buen funcionamiento de los equipos electrónicos. Por ello, es necesaria la implementación de un sistema de protección eléctrica que garantice la seguridad de las personas y la funcionalidad de los equipos.

El sistema de protección eléctrica debe cumplir los siguientes objetivos:

- Protección y seguridad para la vida humana.
- Protección y seguridad en la operación electrónica.
- Continuidad de operación.
- Compatibilidad electromagnética (mínimos niveles de interferencia y contaminación entre equipos, aparatos, componentes, accesorios y seres humanos).

El principal problema que se presenta en zonas de alta montaña es la caída de rayos. La descarga de rayos directos, los mismos que impactan en las cercanías o que caen sobre las líneas de suministro de energía que alimentan a los establecimientos, pueden producir efectos transitorios de alto voltaje y alta corriente. Las estaciones de radio son particularmente vulnerables a las descargas de rayos y transitorios, pues están situadas en lugares elevados para la mejor propagación de la señal.

No hay ninguna tecnología que por sí sola pueda eliminar el riesgo de los rayos y sus transitorios. Es necesario un sistema integral, que se encargue de:

- Capturar la descarga atmosférica.
- Derivar el rayo hacia tierra en forma segura.
- Disipar la energía a tierra.
- Proteger los equipos contra los efectos transitorios (sobrevoltajes y sobrecorrientes).

Tabla 4.8. Materiales necesarios para la implementación del sistema de protección eléctrica en una BTS.

MATERIAL	UNIDAD	METRADO
Registro o cámara de inspección para varilla o jabalina de puesta a tierra.	UN	3
Soldadura cuproaluminotérmica o exotérmica, para uniones cable-cable de 50 mm ² . (AWG 0)	UN	16
Soldadura cuproaluminotérmica o exotérmica, para uniones jabalina 3/4"-cable de 50 mm ² . (AWG 0)	UN	3
Conductor de cobre desnudo calibre 0 AWG – (50 mm ² de sección).	ML	113
Conductor de cobre desnudo calibre 2/0 – (70 mm ² de sección).	ML	42.53
Conductor de cobre forrado o de aislación simple de PVC (color verde y amarillo) calibre 0 – (50 mm ² de sección).	ML	132.06
Barra, pletina o bus bar de cobre para toma general de tierras.	KG	15
Pararrayos tipo Franklin.	UN	1
Varilla o jabalina de cobre de 2.40x5/8"	UN	3

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- La tecnología CDMA 450 se ha presentado como una de las más completas alternativas para este tipo de zonas rurales debido a sus principales características, tales como son el uso de espectro expandido y la gran área de cobertura que permite la utilización de una frecuencia baja como son los 450 MHz (aproximadamente un radio de cobertura de 50 Km.). Es decir, al trabajar en la banda de frecuencia de los 450 MHz se ha logrado obtener una mayor área de cobertura comparada con frecuencias que en la actualidad son utilizadas, reduciendo de esta manera el número de estaciones base, lo que se refleja en menores costos de inversión.
- El empleo de la tecnología CDMA 450 permite brindar servicios de mejor calidad y a un menor costo que los servicios con los que actualmente cuentan, generalmente basados en soluciones VSAT, caracterizadas principalmente por ser bastante costosas y muy sensibles a las condiciones atmosféricas.
- La implementación de este diseño tiene como consecuencia una mejora en la calidad de vida de los pobladores, permitiendo el acceso a alrededor del 48% de los hogares al servicio de telefonía fija de abonado (aproximadamente para el año 2013), por lo cual, esta red triplicará el número de teléfonos públicos y privados, con lo que también se brindará acceso a Internet a gran parte de los hogares, los cuales sean clientes dentro de la nueva red.

- El Análisis de Mercado es sumamente importante y prioritario dentro del proyecto de red telefónico, debido a que este estudio ha justificado claramente el nivel de importancia y de impacto dentro de la sociedad para la cual se ha diseñado esta red.
- El análisis de mercado ciertamente ha justificado el hecho del diseño e implementación de la red, ya que son zonas las cuales no se encuentran cubiertas bajo ningún tipo de tecnología en el campo de las telecomunicaciones, por lo cual desfavorece claramente a estas parroquias tanto económicamente como en el ámbito de desarrollo.
- A pesar de la utilidad y la globalización de la telefonía móvil, estas parroquias, no se encuentran cubiertas por ningún tipo de tecnología de telefonía fija, por lo cual, comparando la telefonía fija junto con la móvil, se puede observar que el nivel de rentabilidad es mucho más bajo dentro del ámbito fijo, por lo cual se puede apreciar altas limitaciones para las poblaciones residentes dentro de estas parroquias.
- El diseño de una red rural, aparte de los aspectos propios de la ingeniería, contiene también un aspecto de sensibilidad y responsabilidad social el cual debe verse reflejado en la búsqueda del desarrollo de los pueblos, sentimientos que han estado presentes desde la concepción de este proyecto y que permanecerán como parte del compromiso para con uno mismo y la sociedad.
- Esta solución es ideal para zonas rurales ya que la banda aplicada al ser concesionada, no está muy utilizada por los diferentes operadores, algo que no sucede en las grandes urbes donde está siendo intensamente utilizado por diferentes servicios y tipos de terminales, aplicando la misma frecuencia, donde en tal caso para la instalación de la red se necesitaría realizar un barrido de frecuencias, realizando tanto reconfiguración de equipos antiguos (siendo utilizados actualmente) como compra de equipos nuevos.

5.2. Recomendaciones

- Para lograr reducir los gastos dentro de la infraestructura de una red de telefonía fija inalámbrica, se recomienda aplicar la tecnología CDMA dentro de la banda de frecuencia de los 450 MHz, con la cual se logra reducir en gran cantidad, el número de las estaciones base (BTS), permitiendo así un radio de cobertura de aproximadamente 50 Km. Es decir, se tiene como característica y ventaja, que mediante la utilización de una sola estación base, sin ningún obstáculo de por medio, su trayectoria podría alcanzar a cubrir hasta 50 Km de radio.
- Al diseñar redes para distintas zonas rurales, las cuales se encuentran limitadas por las condiciones geográficas, se recomienda el uso de estaciones base (BTS) compactas, las cuales puedan ser fácilmente transportadas, así como también se permite un menor consumo de energía.
- Una vez implementada una red rural, es recomendable incidir en la comunidad sobre el concepto de pertenencia de la infraestructura de la red, generando un sentimiento de conservación y cuidado de toda la población hacia el equipamiento, lo cual se verá reflejado en un mejor uso y en la seguridad de los mismos.
- Se recomienda que la red que se implemente, así como brinde servicio de comunicación telefónico, también permita brindar acceso a Internet a las unidades educativas que se encuentren dentro del área de cobertura y que no dispongan de estos servicios.
- Antes de la implementación del proyecto de red, es decir dentro del diseño, cabe recalcar y destacar un análisis y estudio geográfico de las zonas a cubrir, tomando en cuenta, que la ubicación geográfica final de cada una de las estaciones base (BTS), es recomendable realizarlas, con respecto a las ubicaciones o zonas con mayor densidad poblacional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] http://www.cnt.com.ec/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=25&Itemid=69, Planes a futuro de CNT EP (Tercera Fase).
- [2] Bruce A. Fette, “Cognitive Radio Technology”, 1st Edition, Newnes, 2006.
- [3] <http://www.tele-semana.com/archivo/Download.php?c=0832150021121-032>,
CDMA 450 MHz una solución para zonas rurales.
- [4] <http://blog.pucp.edu.pe/item/41459>, CDMA 450: Una solución para zonas rurales.
- [5] Minoru Etoh, “Next Generation Mobile Systems, 3G and beyond”, 1st Edition, Wiley, 2005.
- [6] William Stallings, “Comunicaciones y Redes de Computadoras”, 7th Edition, Prentice Hall, 2004.
- [7] Mohamed Ibnkahla, “Signal Processing For Mobile Communications Handbook”, 1st Edition, CRC Press LLC, 2005.
- [8] Roger Coude, “Radio Mobile”, 2nd Edition, Brian J. Henderson, 2008.

[9] Dennis Roddy, "Satellite Communications", 4th Edition, Mc-Graw-Hill, 2006.

[10] Marcia J. Horton, "Wireless Communications & Networks", 2nd Edition, Pearson Prentice Hall, 2005.

FECHA DE ENTREGA

El presente proyecto de grado fue entregado en la fecha.

Sangolquí, _____ 2011

Realizado por:

Juan Sebastián Tapia Solís

Ing. Gonzalo Olmedo
DIRECTOR INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN TELECOMUNICACIONES