



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
ESCUELA DE POSTGRADO Y EDUCACIÓN CONTINUA

**“ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS
INALÁMBRICAS PARA MEJORAR LA COMUNICACIÓN EN LA
COOPERATIVA ACCION RURAL”**

MARIANO MARTIN ZAVALA ANGAMARCA

Tesis presentada ante la Escuela de Postgrado y Educación Continua de la ESPOCH, como requisito parcial para la obtención del grado de Magister en Interconectividad de Redes.

RIOBAMBA – ECUADOR

2013

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

CERTIFICACIÓN:

EL TRIBUNAL DE TESIS CERTIFICA QUE:

El trabajo de investigación titulado **“ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS INALÁMBRICAS PARA MEJORAR LA COMUNICACIÓN EN LA COOPERATIVA ACCION RURAL”**, de responsabilidad del Sr. MARIANO MARTIN ZAVALA ANGAMARCA, ha sido prolijamente revisado y se autoriza su presentación.

Tribunal de Tesis:

Director de Escuela de Posgrado
PRESIDENTE
FIRMA

Ing. Washington Luna
DIRECTOR
FIRMA

Ing. Gloria Arcos
MIEMBRO
FIRMA

Ing. Vinicio Ramos
MIEMBRO
FIRMA

Riobamba, Noviembre de 2013

DERECHOS INTELECTUALES

Yo, Mariano Martin Zavala Angamarca, declaro que soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en la presente Tesis/Tesina, y que el patrimonio intelectual generado por la misma pertenece exclusivamente a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

FIRMA

060313416-4

DEDICATORIA

El presente estudio está dedicado a Dios, mi familia, que son el pilar de mi vida y siempre han estado brindándome su apoyo incondicional. A mis padres y hermanos que han sido mis compañeros a lo largo de mi corta o larga vida.

Un agradecimiento especial a todas las personas que me han brindado su apoyo y colaboración durante el desarrollo de todo el proyecto.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradecer a Dios por la salud y la inspiración que me ha permitido desarrollar el trabajo que pongo a su consideración.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por darme la oportunidad de seguir preparándome y adquiriendo conocimientos que son fundamentales en mi vida profesional.

A la Cooperativa Acción Rural, en especial a sus directivos por prestarme todas las facilidades para realizar la investigación y posterior implementación de la presente investigación.

Finalmente a mi familia por toda la paciencia y comprensión brindada.

ÍNDICE GENERAL

Resumen.....

1

Summary.....

3

CAPITULO I INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema.....

6

1.2 Justificación.....

8

1.3 Objetivos.....

9

1.4 Alcance.....

10

CAPITULO II REVISION DE LITERATURA

2.1 Definición redes inalámbricas microonda terrestre y wimax

Wimax (worldwide interoperability for microwave)...11

Microonda terrestre.....13

2.2Aplicaciones

Wimax.....1
5

Microondas.....1
5

2.3Tipos de tecnologías.....16

2.4Equipos de tx / rx

Wimax.....
17

Microondas.....1
8

2.5Modelo de funcionamiento

Wimax.....
18

Microondas.....
20

2.6Descripción de tecnologías y equipos.

Wimax.....	21
Microondas terrestres.....	24

CAPITULO III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Tipo de Investigación.....	27
3.2 Diseño de la investigación.....	27
3.3 Métodos, técnicas e instrumentos.....	30
3.4 Ambientes de Prueba.....	33
3.5 Población y Muestra.....	37
3.5.1 Población.....	37
3.5.2 Muestra.....	38
3.6 Procesamiento de la información.....	38
3.7 Planteamiento de la hipótesis.....	39

3.8 Determinación de las variables.....39

3.9 Operacionalización conceptual de variables.....40

**3.10 Operacionalización metodológica de variables.....
40**

CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1 Comparación de tecnologías.....42

1.1.1 Variable Independiente.....42

1.1.2 Variable Dependiente.....54

1.1.3 Factores Adicionales.....62

4.2 Resultados de indicadores.....64

4.3 Comprobación de la Hipótesis.....66

4.4 Propuesta.....68

4.4.1 Diseño del Radioenlace y elección de equipos..68

4.4.2	Simulación	de	los	
Radioenlaces.....				68
4.4.3	Elección	de	la	
Solución.....				72
4.4.4				
Topología.....				73
4.4.5	Factibilidad			
Técnica.....				73
4.4.6	Factibilidad			
Legal.....				74
	CONCLUSIONES.....			
76				
	RECOMENDACIONES.....			
79				
	BIBLIOGRAFÍA.....			
80				
	ANEXOS.....			
70				

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	II.1	Estándar	IEEE	
802.16.....				23
Tabla	III.1	Cuadro	sinóptico	– recogida
datos.....				28
Tabla	III.2	Resumen	gastos	
escenarios.....				34
Tabla III.3	Operacionalización conceptual.....			36
Tabla III.4	Variable			
Independiente.....				40
Tabla III.5	Variable Dependiente			
.....				41
Tabla IV.1	WiMAX vs			
Microondas.....				42
Tabla IV.2	Características geográficas de cada			
sitio....				43
Tabla IV.3				
Modulación.....				46
Tabla IV.4				
Frecuencias.....				46
Tabla IV.5	Servicios y			
aplicaciones.....				47
Tabla IV.6	Pruebas de Ancho			
Banda.....				50

Tabla IV.7 Cálculos de Vtmax.....	51
Tabla IV.8 Mediciones de tiempos.....	52
Tabla IV.9 Medición Ancho Banda.....	56
Tabla IV.10 Calculo Velocidad transmisión.....	57
Tabla IV.11 Tiempos Microondas.....	59
Tabla IV.12 Tiempos ADSL.....	59
Tabla IV.13 Resumen Tiempos.....	60
Tabla IV.14 Costos mensuales.....	61
Tabla IV.15 Nueva Alternativa.....	61
Tabla IV.16 Evaluación Indicadores.....	64
Tabla IV.17 Resumen Indicadores.....	66
Tabla IV.18 Coordenadas y altura de NODOS	69
Tabla IV.19 Resultados de Simulación	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 2.01 Modelo WiMAX.....	11
Fig. 2.02 WiMAX sin obstáculos.....	13
Fig. 2.03 Antena Microonda.....	14
Fig. 2.04 Línea de vista.....	15
Fig. 2.05 Equipos WiMAX.....	17
Fig. 2.06 Ubicación en exteriores.....	17
Fig. 2.07 Equipos de microonda terrestre.....	18
Fig. 2.08 Esquema Básico de una red WiMAX.....	19
Fig. 2.09 Enlace Microondas.....	21
Fig. 2.10 WiMAX.....	21
Fig. 2.11 Esquema Microondas Digital.....	25

Fig. 3.1 Escenario Obtenido Software The Dude	33
Fig. 3.2 RouterOS	
Interfaces.....	35
Fig. 3.3 RouterOS Direcciones	
IP.....	35
Fig. 3.4 RouterOS protocolos de	
ruteo.....	36
Fig. 3.5 RouterOS tabla de	
ruteo.....	37
Fig. 3.2 Topología en	
Árbol.....	39
Fig. 3.3 Ancho Banda	
Microondas.....	41
Fig. 3.4 Ancho Banda	
ADSL.....	42
Fig. 3.5 Gráfica Ancho	
Banda.....	43
Fig. 3.6 Resultado tiempos	
respuesta.....	45
Fig. 4.1 Distancia entre 2 puntos A y	
B.....	44
Fig. 4.2. Radio Mobile – Enlace	
Sur.....	48

Fig. 4.3. Radio Mobile – Enlace Centro.....	48
Fig. 4. 4 Radio Polar cobertura WiMAX.....	49
Fig. 4.5. Radio Mobile – Enlace Norte.....	49
Fig. 4.6. Equipo Tranzeo y Lobometrics.....	50
Fig. 4.7. Ancho Banda WiMAX y Microondas.....	51
Fig. 4.8. Vtmax WiMAX y Microondas.....	52
Fig. 4.9. Tiempos respuesta Tecnologias.....	53
Fig. 4.10 Medición Ancho Banda Microondas.....	55
Fig. 4.11 Medición Ancho Banda ADSL.....	56
Fig 4.12 Grafica Ancho Banda.....	57
Fig 4.13 Cálculo Velocidad Transmisión.....	58
Fig. 4.14 Resultado tiempos respuesta.....	60

Fig. 4.15 Instalaciones COAC Acción Rural.....	62
Fig. 4.16 Enlaces Acción Rural.....	68
Fig. 4.17 Enlace La Mira – Santa Rosa	70
Fig. 4.18 Simulación enlace Santa Rosa – La Mira	71
Fig. 4.19 Equipos instalados.....	72
Fig. 4.20 Proyección final del estudio.....	73
Fig. 4.21 Ambiente en producción.....	75

ÍNDICE DE FORMULAS

Ec. 4.1 Conversión a radianes.....	44
Ec. 4.2 Distancia terrestre entre dos puntos.....	44
Ec. 4.3 Velocidad de transmisión.....	51
Ec 4.4 Valor Presente.....	57

RESUMEN

El estudio analiza alternativas tecnológicas inalámbricas para mejorar la comunicación en la Cooperativa Acción Rural de la ciudad de Riobamba. Se sustenta en una investigación descriptiva y de enfoque cualitativo, tipo mixta (documental y de campo).

La investigación descriptiva permitió conocer a WiMAX una tecnología que presenta varios adelantos en materia de telecomunicaciones y microonda terrestre. Ofrece ventajas con enlaces punto - multipunto y punto – punto, alcanzando sitios remotos y de difícil acceso. Se ha aprovechado las características de cada una de las comunicaciones para particularizar la solución aplicable a la Cooperativa.

El trabajo de campo permitió conocer la topología, distancias y geografía del terreno donde se encuentran las oficinas a enlazar. Estos datos fueron confrontados con las características de las tecnologías estudiadas en ambiente de prueba y se pudo sugerir una alternativa de comunicación para las sucursales (Alausí, Patate) de la Cooperativa Acción Rural. Para mejorar la comunicación se estudió los parámetros de comparación como cobertura, ancho de banda, velocidad transmisión, tiempos de respuesta. En particular el parámetro de cobertura permitió inclinar los resultados por microonda terrestre debido a su alcance de grandes distancias con enlaces punto - punto.

El análisis determinó que la alternativa tecnológica seleccionada mejora la eficiencia de la comunicación en la cooperativa Acción

Rural en un promedio de 86.29% y con una inversión sustentable a tres años de terminado el proyecto.

Del análisis se recomienda utilizar Microonda Terrestre para unir las agencias de la cooperativa Acción Rural debido a que satisface las necesidades de los usuarios.

ABSTRACT

The study analyzes wireless technological alternatives to improve communication in the Cooperative Rural Action of the city of Riobamba. It is based on a descriptive and qualitative approach, mixed type (desk and field).

The descriptive research with WiMAX technology presents several advances in telecommunications and terrestrial microwave. It offers advantages like links point - multipoint and point - point, reaching remote sites with difficult access. It was taken the advantage of the characteristics of each communication to particularize the solution applicable to the Cooperative.

The field work yielded information on the topology, distance and geography of the land where the offices are linked. These data were confronted with the characteristics of the technologies studied in the testing environment and it gives an alternative communication for branches (Alausí, Patate) of the Cooperative Rural Action. To improve communication several parameters were compared such as coverage, bandwidth, transmission speed, response times. In particular parameter allowed tilt coverage was the deciding point for terrestrial microwave because of its reach distances with links point - point.

The analysis determined that the selected alternative technology improves the efficiency of the cooperative communication Rural Action at an average of 86.29% and a sustainable investment three years of project completion.

Fron this analysis it is recommended the Terrestrial Microwave to join the cooperative agencies meeting the Rural Action user needs.

CAPITULO I INTRODUCCIÓN

Las tecnologías inalámbricas son una alternativa de comunicación ideal para alcanzar movilidad en redes LAN (Wi-Fi) y ahora también en redes WAN (Wimax y microondas). Las redes inalámbricas nacen por la necesidad de llegar a los lugares donde los cables no pueden llegar o son difíciles de acceder para realizar los trabajos, la microonda terrestre a mas de ser una solución, puede alcanzar largas distancias con enlaces punto – punto y punto – multipunto.

Las nuevas e innovadoras tecnologías de telecomunicaciones, tales como Wimax y microonda terrestre, entre otras, ofrecen grandes posibilidades para desarrollar proyectos de telecomunicaciones que satisfagan la demanda de estos servicios en las empresas. Así también el desarrollo de soluciones en escenarios muy diversos donde antiguas tecnologías no son suficientes, una de las alternativas es sin duda ofrecer gran cobertura en localidades extensas, zonas rurales de difícil acceso, otorgando comunicaciones con calidad de servicio, grandes anchos de banda y capacidad para muchos suscriptores y potenciales clientes.

WiMAX es una tecnología que promete grandes adelantos en materia de telecomunicaciones como también otorga grandes y valiosos beneficios entre otros gran cobertura, rápida instalación, versatilidad en la ubicación de los equipos, gran ancho de banda y altas velocidades de conexión. El estándar IEEE 802.16 consolida los adelantos e investigaciones de esta nueva y moderna tecnología estableciendo su universalidad, interoperabilidad y compatibilidad de todos los fabricantes de WiMAX.

Por su parte las redes de microonda terrestre también ofrece similares ventajas y en particular con los enlaces punto – punto se han conseguido alcanzar distancias superiores a los 70 kilómetros, ofreciendo la solución esperada para alcanzar sitios remotos y de difícil acceso.

Las alternativas de conectividad para zonas urbanas o rurales no son únicas, por ello la mejor solución varía en cada caso particular y por supuesto depende de:

- Una localidad particular
- Tipo de servicio o aplicación que se necesite
- Ancho de banda
- Presupuesto de la organización que demande servicios

En algunas zonas y sectores el uso de Internet no es la mayor prioridad de personas e instituciones en general. Esto visibiliza el desconocimiento de las oportunidades y ventajas de la aplicación y uso de la tecnología de comunicación.

La empresa necesita mejorar su sistema de comunicaciones para que le permita incrementar aplicaciones servicios, seguridades, etc. Mediante el presente estudio se prevé alcanzar la mejor alternativa que permita maximizar las posibilidades siempre considerando el corto y largo plazo.

1.5 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Tecnología VPN y Enlace dedicado, son las tecnologías utilizadas por la mayoría de las empresas que requieren comunicación con sitios remotos para enlazar sus oficinas,

compartir información, archivos, establecer llamadas telefónicas IP, video vigilancia, etc. El problema surge cuando las necesidades de servicios van en aumento y se necesita de mayor ancho de banda que va ligado con mayores precios de acuerdo a las necesidades, en muchos lugares no se puede contar con esta tecnología, los costos mensuales elevados y estar sujetos a un proveedor externo, que por alguna circunstancia no puede proveer el servicio dejando totalmente aisladas las comunicaciones.

Por esta razón se realiza una propuesta de enlace que mejore las actuales comunicaciones de la Cooperativa Acción Rural (Matriz Riobamba) con sus agencias ubicadas en Quero, Patate, Mocha, Cevallos, Chambo, Licto, Guamote, Alausí y Riobamba. Distribuidas en las provincias de Chimborazo y Tungurahua. El sistema a investigar servirá como enlace principal quedando un sistema de VPN como un enlace alternativo en caso de alguna contingencia presentada por la naturaleza o agentes terceros.

Los costos anuales de mantener un enlace dedicado por cada sitio (Matriz –Patate, Matriz - Quero, Matriz – Mocha, etc.) representa una cantidad significativa, por lo que se analizará la alternativa de un enlace inalámbrico propio de la institución que permitirá contar con mayor ancho de banda y en consecuencia incremento de servicios y beneficios. Se definirá el tipo de tecnología a utilizar, el análisis se centrará en las tecnologías Wimax y microonda terrestre, como soluciones posibles.

1.6 JUSTIFICACIÓN

En busca de optimizar los recursos económicos sin sacrificar la tecnología, se encontrará una alternativa que permita maximizar las posibilidades de crecimiento, servicios y aplicaciones, la misma que será una inversión a futuro, que se puede devengar a mediano o largo plazo.

Como alternativa se estudiará el espectro radioeléctrico de la ciudad, para revisar el volumen de utilización del mismo, se tratará de encontrar una banda de frecuencias que este lo menos saturada posible. Además se deberá considerar las normativas preestablecidas por la SENATEL (Secretaría Nacional de Telecomunicaciones) que es el organismo gubernamental encargado de regular el nivel de potencia de la señal permitida y ubicación óptima de las antenas, uso del espectro radioeléctrico, disponibilidad de frecuencias, etc. Desde el punto de vista económico, la inversión inicial será algo elevada, pero basándose en el estudio investigativo se demostrará que a mediano y largo plazo se obtendrán mayores beneficios económicos y tecnológicos.

Se establecerá comunicaciones punto a punto (Línea de Vista) con los enlaces de microonda terrestre, por otra parte la tecnología WIMAX que permite enlaces de banda ancha a grandes distancias. Tecnologías conocidas a nivel de Sudamérica, Europa, EE.UU., Canadá y mundialmente.

Un enlace de microondas o Wimax, con la tecnología adecuada, equipos y antenas compatibles entre si, disponibles en el mercado, permitirá alcanzar Anchos de Banda en el rango por

arriba de 10 Mbps superará ampliamente a la oferta de las empresas del mercado (ANDINATEL, TELCONET, PUNTONET, etc.), que en el mejor caso están por debajo de los 10 Mbps.

Al estudiar la posibilidad de un enlace de microondas o Wimax, se lo hace en el orden de los Mbps; garantiza una alternativa de comunicación segura y confidencial. Durante la investigación de esta alternativa, se justificará su inversión a mediano y largo plazo, siendo beneficioso para la empresa en todo sentido.

Con la alternativa presentada se pretenderá ubicar en varios saltos (La Mira, Llimpe, Nitón, Sta. Rosa, Puchucal, Tulabug) antes de llegar a su destino (las agencias) teniendo como origen la oficina Matriz (Riobamba), se realizará las pruebas y estudios respectivos en los sitios que están distribuidos en las provincias de Tungurahua y Chimborazo.

1.7 OBJETIVOS

1.7.1 Objetivo General

Analizar alternativas tecnológicas inalámbricas para mejorar la comunicación en la cooperativa acción rural.

1.7.2 Objetivos Específicos

- Realizar un estudio comparativo de las tecnologías inalámbricas Wimax y Microondas.
- Diseñar y proponer una alternativa de comunicación para la cooperativa Acción Rural, mediante la tecnología seleccionada.

- Desarrollar una guía referencial para el diseño y puesta en marcha de la nueva alternativa tecnológica.
- Evaluar la velocidad de comunicación de la nueva alternativa en un ambiente de pruebas para garantizar la propuesta.

1.8 ALCANCE

El presente estudio se centrará en las tecnologías Wimax y Microonda Terrestre, seleccionada la mejor alternativa Tecnológica, se establecerá pruebas con una agencia en Tungurahua y una de Chimborazo, para demostrar la eficiencia de la comunicación al comparar anchos de banda, tiempos de respuesta, calidad de servicio. La tecnología seleccionada será la que presente las mayores ventajas de acuerdo a la realidad tecnológica y geográfica que presenta el mercado y el terreno real.

1.9 HIPOTESIS

La alternativa tecnológica seleccionada mejorará la eficiencia de la comunicación en la COOPERATIVA ACCION RURAL.

CAPITULO II REVISIÓN DE LITERATURA

2.7 DEFINICIÓN DE LAS REDES INALÁMBRICAS MICROONDA TERRESTRE Y WiMAX.

WIMAX (Worldwide Interoperability for Microwave)

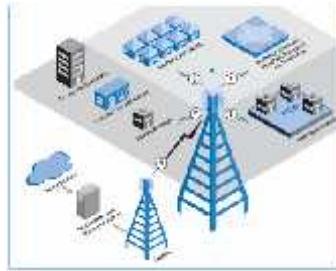


Fig. 2.1 Modelo Wimax

Se fundamenta en el estándar IEEE 802.16¹. [4]

Se utiliza para proveer acceso en redes metropolitanas (MAN) (Fig. 2.1).

Ventajas:

- Rapidez de Instalación.
- Velocidad.
- Seguridad.
- Calidad de servicio.
- LofS, NLOS.
- La tecnología WiMAX se utiliza en:
- Enlaces de última milla.
- Banda Ancha por demanda.
- Áreas urbanas sin planta externa.
- Banda ancha en zonas rurales.
- Servicios:

¹ Estandar en que se basa la tecnología WiMAX, la cual provee servicio inalámbrico de banda ancha a nivel Metropolitano.

- Acceso a Internet en alta velocidad.
- Voz (VoIP).
- Transmisión de datos (VPN IP, Línea Dedicada).
- Conectividad a Internet para redes Wi-fi / GSM / GPRS / UMTS.

Prestaciones

- Soporta diferentes niveles de servicio para usuarios particulares y empresas.
- Posibilidad de aumentar el ancho de banda a las prestaciones en función del aumento de las necesidades de los usuarios.
- Precio de servicio similares a ADSL/cable pero con prestaciones superiores:
 - Simétrica o asimétrica.
 - Mayor ancho de banda.
 - Calidades de servicio con velocidades garantizadas,
 - Control remoto para la resolución de incidencias.
- Gran ancho de banda: hasta 70 Mbps por usuario y hasta 420 Mbps por estación base.
- Rápido despliegue (hasta 50 km de cobertura).
- Fácil instalación (se puede ejecutar en plazo de horas).
- La prestación de servicio WiMAX en frecuencias de uso exclusivo permite garantizar calidades de servicio (carrier class).
- Alta eficiencia en el uso del espectro y estabilidad.
- Permite la transmisión simultánea de datos y video.

Funcionamiento de una red WiMAX:

NLOS: Frecuencias mas bajas (2 – 11 GHz). Señal no interrumpida por objetos.



Fig. 2.2 Wimax sin obstaculos

LOS: Línea mas estable y robusta. Mayor cantidad de datos con tasa de error baja. Frecuencias más altas (menos interferencia y ancho de banda mayor). [5]

Estándares WiMAX:

Basado en IEEE 802.16-2004 para enlaces punto – multipunto (Fig. 2.2).

- 802.16a – comunicación entre antenas (2 – 11 GHz).
- 802.16b – entre 5 y 6 GHz con QoS.
- 802.16c – entre 10 y 16 GHz
- Basado en 802.16e:
- Para dispositivos clientes móviles.
- WiBRO.

MICROONDA TERRESTRE

Un radio enlace terrestre o microondas terrestre provee conectividad entre dos sitios (estaciones terrenas) en línea de vista (Line-of-Sight, LOS)² usando equipo de radio con frecuencias de portadora por encima de 1 GHz. La forma de onda emitida puede ser analógica (convencionalmente en FM) o digital.

² **Line-of-Sight**, línea de vista, requerimiento de tener visibilidad entre las dos estaciones terrenas



Fig. 2.3 Antena Microonda

Las principales aplicaciones de un sistema de microondas terrestre son las siguientes³: [3]

- Telefonía básica (canales telefónicos)
- Datos
- Telégrafo/Télex/Facsímile
- Canales de Televisión.
- Video
- Telefonía Celular (entre troncales)

Las licencias o permisos⁴ para operar enlaces de microondas pueden resultar difíciles de conseguir ya que los organismos de control (SENATEL) deben de asegurarse que ambos enlaces no causen interferencia a los enlaces ya existentes (Fig. 2.3).

El clima y el terreno son los factores a considerar antes de instalar un sistema de microondas. Como por ejemplo, en lugares donde llueva mucho; deberá usarse radios con frecuencias bajas (es decir menores a 10 GHz). Las consideraciones en terreno incluyen la ausencia de montañas (Fig. 2.4), o grandes cuerpos

³ Las aplicaciones más populares en que se utiliza enlaces de Microonda Terrestre.

⁴ Para evitar el caos total, hay acuerdos nacionales e internacionales acerca de quién utilizará cuales frecuencias.

de agua las cuales pueden ocasionar reflexiones de multi-trayectorias.

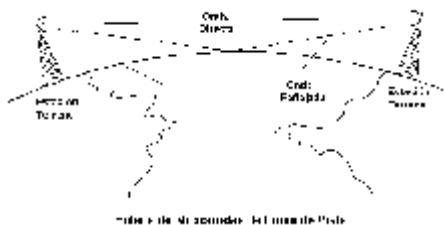


Fig. 2.4 Línea de vista

2.8 APLICACIONES

WIMAX

- Fax, ISDN
- Voz (POTS, VoIP)
- Video (TV, Audio, Juegos)
- Internet
- Tele-Metria

MICROONDAS

Las principales aplicaciones de un sistema de microondas terrestre son las siguientes:

- Telefonía básica (canales telefónicos)
- Datos
- Telégrafo/Télex/Facsímile
- Canales de Televisión.
- Video
- Telefonía Celular (entre troncales)

Prácticamente se utilizan para aplicaciones similares, utilizando tecnologías diferentes para interconectarse. Se tendrá que definir la mejor alternativa basados en otras características.

2.9 TIPOS DE TECNOLOGÍAS

Las principales tecnologías inalámbricas son: [3]

- WLAN (Wireless Local Area Network) Es un sistema de comunicación de datos para extender o reemplazar una Red de Área Local cableada (LAN). El gran éxito de las WLANs es que utilizan frecuencias de uso libre, es decir no es necesario pedir autorización o algún permiso para utilizarlas [10]. Aunque hay que tener en mente que la normativa acerca de la administración del espectro puede variar de acuerdo a las políticas asumidas por los gobiernos de turno.
- WMAN⁵ (Redes inalámbricas de área metropolitana) Las redes inalámbricas de área metropolitana (WMAN) también se conocen como bucle local inalámbrico (WLL, Wireless Local Loop). Las WMAN se basan en el estándar IEEE 802.16. con un alcance de 4 a 10 kilómetros, algo muy útil para compañías de telecomunicaciones. La mejor red inalámbrica de área metropolitana es WiMAX, que puede alcanzar una velocidad aproximada de 70 Mbps en un radio de varios kilómetros. [5]
- WWAN (Wireless Wide Area Network) Las redes inalámbricas tipo WAN consisten de torres y antenas que transmiten ondas de radio o usan tecnología de MICROONDAS para conectar redes de área local, utilizando enlaces punto-punto y punto-multipunto (Ver ANEXO I). Una posible aplicación es la

⁵ MAN, red de área metropolitana inalámbrica o circuito local inalámbrico. Estandar 802.16, abril del 2002.

conexión remota a Bases de Datos de la PYME, el operario coge su PC y se conecta con las Bases de Datos de la empresa para bajarse, ingresar o consultar información.

2.10 EQUIPOS DE TX / RX

WiMAX

Entre los proveedores de equipos Wimax (Fig. 2.5), podemos citar a ALVARION (proveedor de TELMEX) y AIRSPAN (proveedor de TVCABLE). [6]



Fig. 2.5 Equipos WiMAX

Para su instalación como todo equipo de microondas requiere de un sitio elevado (Fig. 2.6) o torres⁶ que le permitan tener un mayor alcance.



Fig. 2.6 Ubicación en exteriores

⁶ Construcciones metálicas autosoportadas o soportadas por tensores metálicos, que permiten ampliar la línea de vista entre dos puntos de la corteza terrestre.

MICROONDAS

Las estaciones de microondas terrestres consisten en un par de antenas con línea de vista (LOS) conectadas a un radio transmisor que irradian radiofrecuencia (RF) en el orden de 1 a 50 GHz. Se permiten enlaces Punto – Punto (troncales) y Punto – Multipunto (un caso particular sería WiMAX).



Fig. 2.7 Equipos de microonda terrestre⁷.

Unas de las marcas existentes en el mercado tenemos Lobometrics, Tranzeo (Fig. 2.7), Mikrotiks. Se puede utilizar los mismos equipos en el lado del transmisor y receptor, con configuraciones diferentes en cada extremo.

2.11 MODELO DE FUNCIONAMIENTO.

WIMAX

WiMAX es una de las tecnologías que se apunta para el futuro de la banda ancha inalámbrica, “hot zone para millones”, es el slogan que proponen muchas empresas y productos que apuestan a esta tecnología; a diferencia del hot spot, un hot zone puede abarcar una cobertura de decenas de kilómetros ofreciendo conexión y

⁷ Equipos Tranzeo adquiridos por la Cooperativa instalados en los enlaces finales, cerro – agencia.

servicios de banda ancha a una ciudad completa con pocas estaciones base. [8]

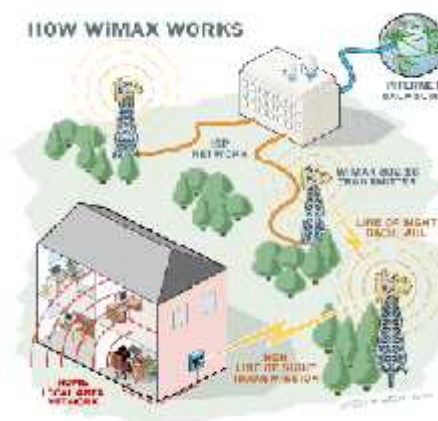


Fig. 2.8 Esquema Básico de una red WIMAX

WiMAX es una tecnología sustentada en el estándar, IEEE 802.16, de esta manera la interoperabilidad, la compatibilidad y el soporte están garantizados; gracias a ello se habilita de forma sencilla y óptima el acceso inalámbrico de banda ancha para la última milla como una mejor u opcional alternativa al acceso de banda ancha mediante cables, la PSTN⁸ o tecnologías como XDSL⁹. WiMAX provee una estable, confiable y firme conectividad de banda ancha inalámbrica que brinda acceso nómada (Fig. 2.8), tan portable como sea posible y sin necesidad de línea de vista. El radio típico de cobertura de una celda comprende entre tres y veinte kilómetros de alcance; los sistemas y equipos certificados garantizan entregar una capacidad de más de 40 Mbps (hasta 70 Mbps) por canal, para aplicaciones con un alto QoS, fiables y estables. Es un ancho de banda realmente suficiente para soportar decenas de proveedores de Internet usando T1 (1.544Mbps) para su conexión y cientos, tal vez miles, de conexiones residenciales con velocidades de conexión DSL. Es por todas estas características que WiMAX tiene grandes

⁸ PSTN (public switched telephone network), es la red pública de telefonía conmutada.

⁹ XDSL (x Digital subscriber line), línea de abonado digital, término utilizado para definir enlaces simétricos

expectativas, y la razón por la que los fabricantes de computadores portátiles, PDA's, dispositivos de posicionamiento global GPS, etc., han empezado a incluir en sus productos tarjetas y chipsets integrados WiMAX del estándar IEEE 802.16a y IEEE 802.16e desde el año 2007, permitiendo a las áreas urbanas y a las ciudades convertirse en "metro zones" para el acceso inalámbrico externo portable de banda ancha. En la Figura No. 2.8 se muestra de forma gráfica y resumida de cómo trabaja esta tecnología.

MICROONDAS

Básicamente un enlace vía microondas consiste en tres componentes fundamentales: el transmisor, el receptor y el canal aéreo. [14]

El Transmisor es el responsable de modular una señal digital a la frecuencia utilizada para transmitir, el Canal Aéreo representa un camino abierto entre el transmisor y el receptor [13], y como es de esperarse el receptor es el encargado de capturar la señal transmitida y llevarla de nuevo a señal digital.

El factor limitante de la propagación de enlaces microondas es la distancia (vano)¹⁰ que se debe cubrir entre el transmisor y el receptor (Fig. 2.9), además esta distancia debe estar libre de obstáculos. Otro aspecto que se debe señalar es que en estos enlaces, la línea de vista entre el receptor y el transmisor debe tener una altura mínima sobre los obstáculos en la vía, para compensar este efecto se utilizan torres para ajustar dichas alturas.

¹⁰ La distancia entre dos torres de microondas se le conoce también como vano, espacio que debe estar libre de obstáculos.

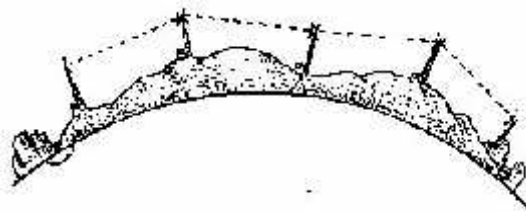


Fig. 2.9 Enlace Microondas

2.12 DESCRIPCIÓN DE TECNOLOGÍAS Y EQUIPOS.

WiMAX

WiMAX es el acrónimo de “Worldwide Interoperability for Microwave Access”. Debido a que la tecnología WiMAX se basa en estándares del sector, posibilita economías de escala, implementaciones de redes a menor costo, interoperabilidad y compatibilidad de equipos.

Éste es un sistema efectivo para el acceso en zonas metropolitanas¹¹ (Fig. 2.10). El área de cobertura de WiMAX es de alrededor de 30 a 50 kilómetros, el cual supera la cobertura existente en redes inalámbricas de banda ancha presentes actualmente como se muestra en la Figura No. 2.10. Ésta tecnología provee velocidades de 100Mbps en una frecuencia de 20MHz. El estándar internacional conocido para WiMAX es el IEEE 802.16e.



Fig. 2.10 WiMAX

¹¹ Las redes de área metropolitana o decenas de kilómetros se les conoce como MAN o WMAN, redes de área metropolitana inalámbrica.

De acuerdo a las diversas portadoras de frecuencia, tres diferentes tipos de tecnologías de capas son definidas por 802.16d: Portadora simple (SC), Multiplexación por División de Frecuencia Ortogonal (OFDM), Acceso Múltiple por División de Frecuencia Ortogonal (OFDMA). La modulación SC es principalmente aplicada en sistemas de Acceso Inalámbrico Fijo (FWA) de 10 a 66GHz, mientras que OFDMA es usada en sistemas FWA de 2 a 11GHz.

El estándar 802.16e¹³ se orienta al soporte de movilidad de terminales, y actualmente apunta a usuarios con una velocidad de 120km/h. Con el incremento de la velocidad de los dispositivos móviles, el rendimiento del sistema puede verse degradado debido al cambio de posición del punto en el retorno de la frecuencia de envío de la señal. La tasa de bits usado en el estándar 802.16e es 70Mbit/s, cuando el ancho de banda de la portadora es igual a 20MHz se adopta una modulación 64QAM, tal tasa de bits puede ser alcanzada, pero comparándola con la modulación QPSK presenta una menor cobertura. Para sistemas con el estándar 802.16e, existe siempre el compromiso entre velocidad del terminal, tasa de bits y cobertura. [3]

OFDM y OFDMA son el centro de la capa física de la técnica del estándar 802.16d, y son las llaves para el desarrollo de la tecnología 3G. OFDM es una tecnología de modulación multi-portadora y ha sido aplicada en ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) y WLAN¹². Avances han sido centrados sobre la aplicación OFDM en comunicaciones móviles. OFDM es conocido por su eficiencia en altas frecuencias y por su capacidad para resistir muchas trayectorias.

¹² 802.16, es el estandar definido por la IEEE, para determinar las características de funcionamiento de WiMAX.

¹³ WLAN, red inalambrica de area local.

OFDMA es un esquema OFDM de múltiple acceso usado en uplink. A cada usuario le es asignado diferentes sub-portadoras y de esa manera son distinguidos por sub-portadoras ortogonales. OFDMA permite a un simple usuario transmitir una parte o el total de sub-portadoras para reducir los requerimientos de potencia de transmisión.

Tabla II.1 Estándar IEEE 802.16¹⁴

	802.16	802.16 / HiperLan	802.16d	802.16e
Puesta en conocimiento	2001.12	2003.1 (802.16a)	2004.7	2005
Cobertura	Sobre 8Km	Sobre 50Km	Sobre 40Km	Sobre 1-5Km
Ambiente	LOS	LOS	NLOS	NLOS
Frecuencia	10-66 GHz	2-11 GHz	2-66 GHz	2-6 GHz
Aplicación	FBWA	FBWA	FBWA	FBWA + movilidad
Ancho de Banda	Actualizable	Actualizable	Actualizable	Actualizable
	1.5-20MHz	1.5-20MHz	1.5-20MHz	1.5-5MHz (sub-portadora)
Modulación	QPSK, 16QAM	OFDM, QPSK	OFDM, QPSK	OFDM, QPSK
	64QAM	16QAM, 64QAM	16QAM, 64QAM	16QAM, 64QAM
Uso del espectro	<4.8BPS/Hz	3.75BPS/Hz	3.75BPS/Hz	3BPS/Hz
Tasa de bits	<134Mbps	<75Mbps	<75Mbps	15Mbps
	20MHz Canal	20MHz Canal	20MHz Canal	5MHz Canal

Fuente: IEEE 802.16

WiMAX, como un esquema de acceso WMAN, adopta muchos avances tecnológicos para hacer frente con ambas condiciones de transmisión: LOS (None Line Of Sight) y OLOS (Obstruct Line

¹⁴ Tabla que resume las evoluciones del estándar 802.16. Como una red de acceso WMAN (red de área metropolitana inalámbrica).

Of Sight). WiMAX puede ser la conexión para divisar usuarios en WLAN e Internet, y puede también ser expandida al método de acceso inalámbrico por Enterprise T1, xDSL y Cable Modem. Éste puede ser un sustituto del acceso a ancho de banda cableado.

De manera resumida, WiMAX resuelve los problemas de “acceso a última milla”. Las características de la capa física del estándar 802.16e en resumen se presentan en la Tabla II.1:

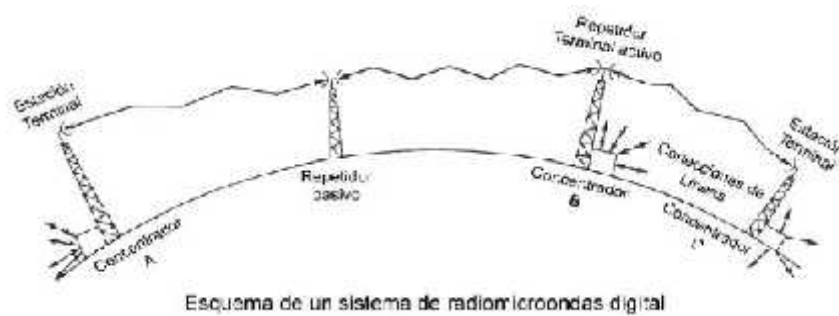
MICROONDAS TERRESTRES

Los sistemas de microondas involucran todos los sistemas de radio, que trabajan en el rango de frecuencia de 300 MHz a 300GHz. Es debido a tan amplio rango de frecuencias, que están involucrados diversos sistemas de comunicación. En esta sección se describen las microondas terrestres, que trabajan generalmente en el rango de 2 a 40 GHz.

Un típico enlace a microondas consta de dos antenas una emisora y una receptora, y estaciones con una circuitería que permite generar, distribuir, modular, amplificar, mezclar, filtrar y detectar la onda electromagnética¹⁵.

El diseño de un enlace requiere fijar los objetivos o requerimientos del sistema, los cálculos de propagación, instalación de equipos y las pruebas. En figura 2.11 se muestra un sistema de microondas terrestres.

¹⁵ Las ondas electromagnéticas se dispersan en el espacio, al igual que lo hacen los rizados que se forman en un lago cuando se arroja una piedra en sus aguas.



Esquema de un sistema de radiomicroondas digital

Fig. 2.11 Esquema Microondas Digital

Ventajas:

Las ventajas principales del empleo de radio enlaces microondas como medio de transmisión son: bajo costo comparativo, fácil y rápida instalación, buena performance, fácil mantenimiento y menor vulnerabilidad frente a vandalismo y desastres naturales.

La transmisión del mensaje se realiza a través de un canal, el cual es el medio de comunicación, que conecta dos o más puntos de la red. Un circuito define la configuración del equipo que puede proveer uno o varios canales para transmitir la información. [12]

Modulación:

Las señales producidas por diferentes fuentes, deben ser adecuadas para su transmisión por un determinado canal, este proceso de conversión se denomina modulación, en el cual la señal original se llama banda base (BB^{16}), y se modula con respecto a otra señal llamada portadora. La modulación se utiliza para transmitir varias señales simultáneamente por un mismo medio. Cada señal se modula en un rango diferente de frecuencias, separadas de tal manera que no interfieran unas con otras, tal que el receptor utilice un filtro de banda y capture sólo

¹⁶ BB, banda base, es la señal de una sola transmisión en un canal, banda ancha significa que lleva mas de una señal y se transmite en diferentes canales.

aquella información que requiera. Esta técnica de modulación se conoce como Multiplexación por División de Frecuencias (FDM). Existen varias técnicas de modulación digital en las cuales la señal portadora es alterada para transmitir la información, estas técnicas alteran la amplitud (ASK), la frecuencia (FSK) y fase (PSK) de la señal portadora. Otras técnicas combinan dos modulaciones como la QAM que combina la modulación de amplitud y fase sobre la señal portadora. La QAM de varios niveles se compone de ondas ortogonales (fase) moduladas en amplitud, con un número de elementos de código igual a 2^{2n} . En el caso de que $n=1$, entonces se tiene 4 niveles de código (puntos). Si $n=2$, entonces tendremos una señal 16QAM. Si cada nivel de código es representado por un punto en un eje de coordenadas, entonces el valor de dicho nivel es proporcional a su distancia al centro del eje. [12]

Para sistemas microondas, las modulaciones más usadas son la PSK y la QAM, la modulación QAM se caracteriza por utilizar un menor ancho de banda sin embargo la PSK es más robusta es decir se pueden obtener saltos más largos con menos potencia.

CAPITULO III MATERIALES Y MÉTODOS

3.11 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Este documento se sustentará en una investigación tipo descriptiva (Babbie 1979, Selltiz 1965) y de enfoque cualitativo [11], realiza esfuerzos holísticos con un alto grado de subjetividad se orienta a las cualidades, para pretender analizar, entender una alternativa tecnológica como Microonda terrestre dentro de un contexto tecnológico para compararla con WiMAX y como resultado encontrar la mejor alternativa para mejorar la comunicación en la Cooperativa Acción Rural.

Según el autor Zorrilla (1993) se tiene una investigación tipo mixta (documental y de campo), con un estudio exploratorio descriptivo para encontrar los datos de la microonda terrestre y WiMAX. Se busca definir las propiedades de Microondas y WiMAX, descubrir las características y perfiles importantes de de cada tecnología; u otro fenómeno sometido a un análisis; el estudio se relaciona con una serie de indicadores y se analiza la información sobre cada una de ellos para describir los resultados.

3.12 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

La tesis analizará una de las alternativas tecnológicas WiMAX o Microondas. La tecnología seleccionada es fundamental para mejorar la comunicación en la COACAR.

La investigación se basará en un diseño cuasi-experimental (Campbell y Stanley, 1973), que puede cambiar según se desarrolla la misma, se tomará decisiones en función de lo que se

vaya descubriendo orientados a la aplicación, de acuerdo a como se recoge los datos de WiMAX y Microondas en el entorno real geográfico donde se encuentran las oficinas de la COACAR (Tabla III.1), Alausí (Chimborazo) y Patate (Tungurahua), (ANEXO II).

Tabla III.1 Cuadro sinóptico - recogida datos

PLANEACION PARA LOS PROCEDIMIENTOS DE RECOGIDA DE DATOS			
QUE NECESITO CONOCER?	DATOS NECESARIOS?	FUENTES DE DATOS?	RESPONSABLE
Alternativa Tecnológica Microondas - WiMAX	Definiciones. Aplicaciones. Tipos de Tecnologías. Equipos. Modelo funcionamiento. Estándares.	Revisión literaria. Implementaciones en otros sitios. Internet.	Investigador.
Matriz y Sucursales	Direcciones. Entrevistas con responsables	Cooperativa Acción Rural	Investigador, COACAR
Posibles rutas de interconexión	Rutas de acceso. Coordenadas geográficas. Propietarios de terrenos.	Mapa de carreteras. Google Earth. GPS. Entrevistas a vecinos.	Investigador.
Consentimiento COACAR y propietarios de terrenos	Presentar Propuesta. Arrendamiento de terrenos. Proteger medio ambiente	Aspecto económico. Frecuencias de operación	Investigador, COACAR
Funcionamiento de tecnologías.	Alcance geográfico. Tiempos de respuesta. Alternativa Tecnológica.	Ambiente de pruebas.	Investigador.

Elaborado por: El autor

3.2.1 FASES DEL DISEÑO

a) ORIENTACIÓN Y PANORAMA GENERAL:

El estudio comenzará con el análisis de una nueva alternativa tecnológica distinta a la actual, genera y recoge los datos mediante la interacción con cada uno de los enlaces implementados en ambientes de prueba con las agencias. No pretende generalizar los resultados más bien particularizar para el objeto de estudio que es la COACAR. Es decir no necesariamente se podrá aplicar los mismos resultados en instituciones financieras similares.

b) EXPLORACIÓN CONCENTRADA:

Se analizará el comportamiento de Microondas y WiMAX en la ubicación real (distancias, obstáculos, condiciones climáticas, condiciones del terreno, condiciones legales, etc.), la alternativa que permita ser implementada y finalmente verificar si mejora la comunicación con la alternativa tecnológica seleccionada.

c) CONFIRMACIÓN Y CIERRE:

Elegir la mejor alternativa tecnológica de comunicación, que se adapte a la realidad de la Cooperativa Acción Rural y mejore la eficiencia de la comunicación.

3.13 MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

3.13.1 MÉTODO

El objetivo de cualquier ciencia es adquirir conocimientos y la elección del método científico adecuado que nos permita conocer la realidad, es por tanto fundamental. El problema surge al aceptar como ciertos los conocimientos erróneos o viceversa.

Basados en el método científico deductivo (Galileo) se tiene varios pasos a seguir y a continuación se detalla.

a) **OBSERVACIÓN:** Observar y analizar la mejor alternativa tecnológica inalámbrica para interconectar las agencias de la cooperativa Acción Rural.

b) **INDUCCIÓN:** En el caso de este estudio se selecciona dos alternativas de comunicación WiMAX y Microondas porque son tecnologías que permite interconexión a grandes distancias (decenas Km) que es lo que se necesita en el caso particular de la COACAR.

c) **EXPERIMENTACIÓN:** Se analiza WiMAX y Microonda Terrestre en la teoría y práctica en los ambientes reales donde se ubican las agencias de Patate, Alausí y la Matriz en Riobamba (ANEXO II).

d) **ANTÍTESIS:** Se realiza la prueba de la hipótesis en base a los resultados obtenidos, para verificar si la alternativa tecnológica seleccionada mejora las comunicaciones con respecto al sistema actual.

3.3.2 TÉCNICA

a) PRUEBAS: Mediante un ambiente de pruebas, medir, evaluar y decidir cual es la alternativa de comunicación que mejor se adapta a la realidad de la COACAR.

b) OBSERVACIÓN: En la provincia de Chimborazo se considera a las montañas La Mira (Guano) a la que se llegaría desde la oficina Matriz (Riobamba), a continuación saltará al cerro Sta. Rosa (Guamote), posteriormente al cerro Puchucal (Alausí) para finalmente alcanzar la agencia Alausí (ANEXO II).

c) INSPECCIÓN: Para llegar desde Patate (Prov. Tungurahua) el primer salto será el cerro Nitón (Pelileo), un segundo salto a Llimpe (Quero) y el tercer salto hasta La mira (Guano), para finalmente enlazarse a la oficina Matriz (Riobamba).

d) ENTREVISTA: Para realizar el presente estudio fue necesaria la investigación de alternativas implementadas en diferentes lugares, aprovechando la existencia de alternativas realizadas en WIMAX (Andinatel, Cables&Wireless) y Microondas (Telconet, EERSA, PuntoNet, Cables&Wireless).

3.3.3 INSTRUMENTOS

a) TECNOLOGIA: Con la finalidad de adquirir la información principal que añade al proyecto, el estudio se enfoca en las ubicaciones geográficas (GPS) de los posibles lugares (Google Earth) en las que se implementarían las instalaciones (Torres y equipos) para alcanzar las oficinas que delimita el alcance del presente proyecto (Alausi y Patate), Test velocidad CNT.

b) SOFTWARE: En el ambiente de pruebas (Radio Mobile) se evalúa la tecnología que mejor se adapta considerando distancias del enlace, necesidad de cobertura, cantidad de saltos. Además se utiliza la herramienta 'ping' para evaluar los tiempos de respuesta, 'tracert' para confirmar cada salto, Winbox para programar los equipos basados en Mikrotik y Tranzeo (ANEXO III).

3.3.4 VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

Los instrumentos se validan acogiendo las herramientas de las empresas que ofrecen servicios de interconexión en el mercado de las telecomunicaciones (CNT, TELCONET, PUNTONET). A los proveedores de los equipos que están en auge en la actualidad y a las utilizadas en el área de comunicaciones en la cooperativa Acción Rural.

Tabla III.1 Cuadro sinóptico - recopilación datos

PLANEACION PARA LOS PROCEDIMIENTOS DE RECOGIDA DE DATOS			
QUE NECESITO CONOCER?	DATOS NECESARIOS?	FUENTES DE DATOS?	RESPONSABLE
Alternativa Tecnológica Microondas - WiMAX	Definiciones. Aplicaciones. Tipos de Tecnologías. Equipos. Modelo funcionamiento. Estándares.	Revisión literaria. Implementaciones en otros sitios. Internet.	Investigador.
Matriz y Sucursales	Direcciones. Entrevistas con responsables	Cooperativa Acción Rural	Investigador, COACAR
Posibles rutas de interconexión	Rutas de acceso. Coordenadas geográficas. Propietarios de terrenos.	Mapa de carreteras. Google Earth. GPS. Entrevistas a vecinos.	Investigador.
Consentimiento COACAR y propietarios de terrenos	Presentar Propuesta. Arrendamiento de terrenos. Proteger medio ambiente	Aspecto económico. Frecuencias de operación	Investigador, COACAR
Funcionamiento de tecnologías.	Alcance geográfico. Tiempos de respuesta. Alternativa Tecnológica.	Ambiente de pruebas.	Investigador.

Elaborado por: El autor

3.4 AMBIENTES DE PRUEBA

Considerando que se probará distintos parámetros para definir la alternativa tecnológica, se ha desarrollado dos escenarios con WiMax y Microonda terrestre.

Escenario para WiMAX y Microonda Terrestre

Los ambientes de pruebas se desarrolla en el cerro Santa Rosa (Guamote), desde donde se pretenderá alcanzar el cerro La Mira, Agencia Guamote y por el sur cerro Puchucal (Alausí). Como se describe el escenario en la figura 3.1.

ESCENARIO 1: Microondas

ESCENARIO 2: WiMAX

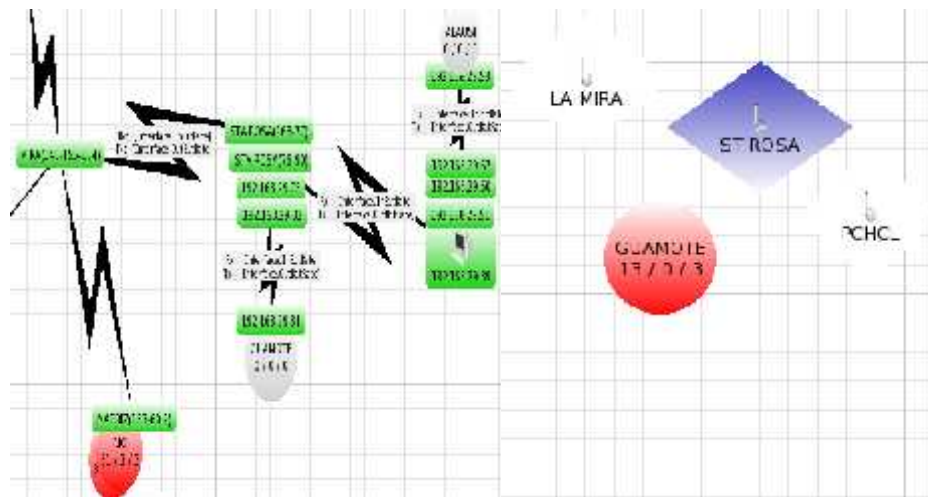


Fig. 3.1 Escenarios Obtenidos Software The Dude

Utilizando el software de monitoreo The Dude se tiene los ambiente de pruebas utilizado para Microonda terrestre y WimAX, se puede observar direccionamiento IP, saltos necesarios para alcanzar la ruta origen – destino. Cuando están de color verde significa que están operativos y color rojo cuando algún equipo se encuentra apagado o con problemas de interconectividad.

Se analizará primeramente modulación, frecuencias de operación, servicios y aplicaciones posibles a implementar. Posteriormente con el uso de herramientas de medida se evaluará la cobertura, ancho de banda, velocidad de transmisión, tiempos de respuesta; para validar cada uno de ellos, definiendo cuál de las dos tecnologías permite interconectar las agencias de la Cooperativa Acción Rural.

Recursos

Para la implementación y pruebas se ha empleado los siguientes materiales y equipos que se detallan en la siguiente tabla.

Tabla III. 2 Resumen gastos escenarios

ITEM	DESCRIPCIÓN	v. unitario	VALOR
4	Torre soportada por tensores 12m	660	2640
1	GPS eTREX	360	360
2	RB 433 MK-XR5	775	1550
4	LOBOMETRIC 954R	1263.76	5055.04
4	Antena 5.8 GHz 27DBi	150	600
4	Tranzeo TR-5ª-24	630.25	2521
1	Materiales, conectores	600	600
	SUBTOTAL		13326.04
	IVA		1599.12
	TOTAL		14925.16

Elaborado por: El autor

Se han utilizado las tres tecnologías más populares del mercado, para implementar los escenarios requeridos y realizar las pruebas respectivas.

Configuraciones

Para los equipos lobometrics y mikrotiks se emplea el software ROUTEROS, que viene preinstalado en los equipos y las configuraciones más importantes se puede visualizar en las siguientes graficas.



Fig. 3. 2 RouterOS Interfaces

En la figura 3.2, se puede visualizar las interfaces que tiene el equipo, las mismas que aparecen con la letra “R” cuando se encuentra levantada la conexión con el equipo remoto.

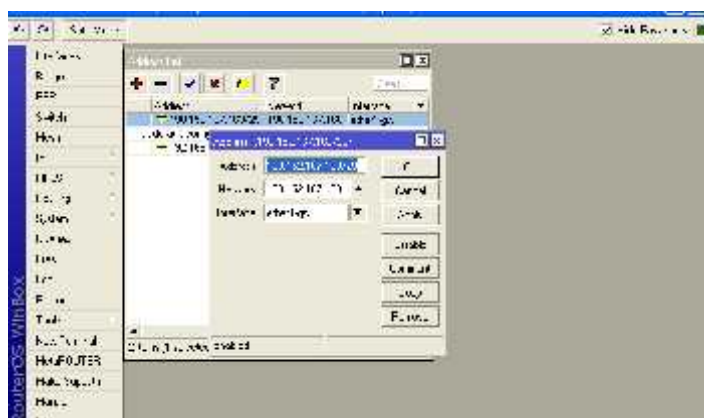


Fig. 3.3 RouterOS Direcciones IP

El software ayuda o permite establecer una dirección ip, se sigue el mismo procedimiento para cada interfaz sea alámbrica o inalámbrica como se muestra en la figura 3.3.



Fig. 3.4 RouterOS protocolos de ruteo

Una de las herramientas más importantes para la configuración son los protocolos de ruteo de la figura 3.4, se agrega las rutas estáticas, se ha implementado el protocolo OSPF [2], que es de la gama de ruteo dinámico, para que funcione se define la interfaz por la cual envía y recibe los paquetes, la red o redes que aceptará y finalmente el área o número que le permite interconectarse a otros sistemas de ser necesario. Como resultado se obtiene algo parecido a la tabla de ruteo de la figura 3.5.

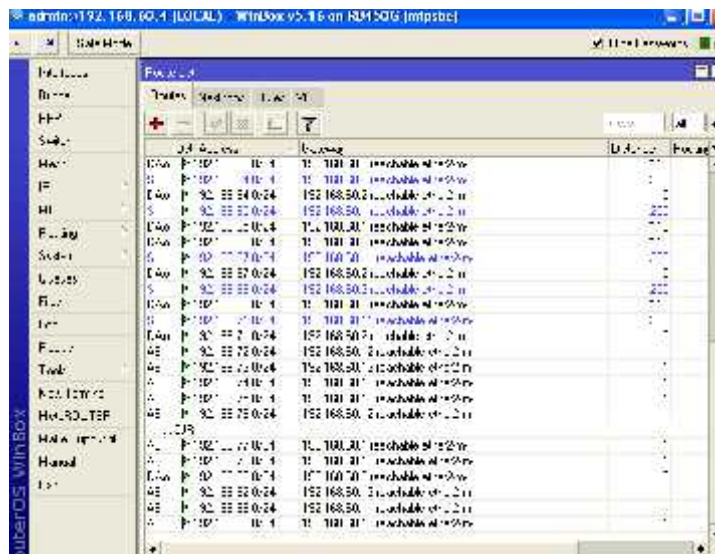


Fig. 3.5 RouterOS tabla de ruteo

Las rutas que se denotan con “AS” son agregadas estáticamente, “DAo” aprendidas por OSPF y la “S” son rutas duplicadas porque han sido previamente asignadas estáticamente.

3.5 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.5.1 POBLACIÓN:

a) TECNOLOGÍAS: Entre las alternativas tecnológicas inalámbricas que permiten realizar enlaces a grandes distancias se tiene WiMAX, Microonda terrestre, Microonda satelital, enlaces de radio VHF y HF, entre otros. En base a la tecnología seleccionada de acuerdo a parámetros técnicos se emprenderá una investigación que permita cumplir el objetivo principal que es mejorar la comunicación en la cooperativa Acción Rural; utilizando enlaces inalámbricos.

b) AGENCIAS: La cooperativa Acción Rural cuenta con oficinas repartidas en las provincias de Chimborazo (Alausí, Guamote, Licto, Chambo, Riobamba) y Tungurahua (Mocha, Quero, Cevallos, Patate, Ambato) principalmente.

3.5.2 MUESTRA:

a) Se parte de dos tecnologías de punta y auge en el mercado de las comunicaciones WiMAX y Microondas Terrestre porque son tecnologías de acceso inalámbrico banda ancha para grandes distancias (Km), cada una de ellas analizada y probadas sus características se adaptará a las necesidades de la cooperativa Acción Rural.

b) El alcance del estudio considera a las agencias Alausí y Patate, lo que implica atravesar la cordillera andina para alcanzar los enlaces origen - destino, considerando la cobertura geográfica, distancia de enlaces, análisis de precios, ambiente de interconexión como es línea de vista (LOS) o no línea de vista (NLOS), y finalmente el tipo de enlace a implementar como punto - punto o punto - multipunto.

3.6 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Después de determinar las ubicaciones finales, distancias entre cada salto, consideradas las condiciones del terreno y necesidades de la cooperativa Acción Rural se implementa enlaces troncales punto – punto, con un nodo inicial (Matriz) y nodos finales (Agencias) que se encuentran a una distancia considerable de acuerdo a la Tabla 2.3 y confirmado que WiMAX

se utiliza para implementar enlaces de última milla, mientras que microondas terrestre para enlaces troncales. Se llega a concluir que la tecnología más óptima a implementar es Microondas.

3.7 PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS

HIPOTESIS GENERAL:

Hi: La alternativa tecnológica seleccionada mejorará la eficiencia de la comunicación en la Cooperativa ACCION RURAL.

HIPOTESIS NULA:

Ho: La alternativa tecnológica seleccionada no mejorará la eficiencia de la comunicación en la Cooperativa ACCION RURAL.

3.8 DETERMINACIÓN DE LAS VARIABLES

Del planteamiento de la hipótesis se puede determinar las variables independiente y dependiente respectivamente y se tiene:

Variable Independiente (X):

La alternativa tecnológica seleccionada (X)

Variable Dependiente (Y):

Eficiencia de la comunicación en la Cooperativa ACCION RURAL (Y).

3.9 OPERACIONALIZACIÓN CONCEPTUAL DE VARIABLES

Tabla III.3 Operacionalización conceptual

VARIABLE	TIPO	CONCEPTO
La alternativa tecnológica seleccionada	Independiente	Enlace inalámbrico de microondas para que mejore la eficiencia de la comunicación.
Eficiencia de la comunicación en la COACAR	Dependiente	Garantizar mejores tiempos de respuesta Y mayor ancho de banda.

Elaborado por: El autor

3.10 OPERACIONALIZACIÓN METODOLÓGICA DE VARIABLES

La alternativa tecnológica seleccionada mejorará la eficiencia de la comunicación en la Cooperativa ACCION RURAL.

Tabla III.4 Variable Independiente

VARIABLE INDEPENDIENTE	INDICADORES	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
Alternativa tecnológica	I. Modulación	Observación, Inspección	Equipos, Radio Mobile
	II. Frecuencia	Inspección, Observación	Equipos, Radio Mobile
	III. Servicios y Aplicaciones	Entrevista, Observación	Radio Mobile, Equipos
	IV. Cobertura	Pruebas, Inspección	Radio Mobile, Google Earth
	V. Ancho Banda	Observación, pruebas	Radio Mobile, Winbox
	VI. Velocidad Tx.	Pruebas, Observación.	Winbox
	VII. Tiempos	Pruebas, Observación.	Ping, tracert

Elaborado por: El autor

Tabla III.5 Variable dependiente

VARIABLE DEPENDIENTE	INDICADORES	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
Eficiencia de la comunicación en la Cooperativa ACCION RURAL.	I. Ancho de banda	Pruebas, Entrevista	Winbox, Test velocidad CNT.
	II. Velocidad de transmisión	Pruebas, Observación	Radio Mobile, Equipos
	III. Tiempos de respuesta	Pruebas, Observación	Ping, tracert
	IV. Costos	Entrevista, Inspección	Equipos, Proyección de recuperación de la inversión.

Elaborado por: El autor

CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.4 COMPARACIÓN DE TECNOLOGÍAS

4.1.1 VARIABLE INDEPENDIENTE

ANALISIS COMPARATIVO ENTRE ENLACES MICROONDAS Y WiMAX PARA ACCESO PUNTO – PUNTO CON LINEA DE VISTA EN LA COOPERATIVA ACCION RURAL

Se realizará un estudio comparativo entre las dos tecnologías Enlaces Microondas y WiMAX (Tabla IV.1), en base a sus características técnicas, similitudes, diferencias, cobertura, ancho de banda, velocidad transmisión y tiempos de respuesta.

Tabla IV.1 WiMAX vs Microondas

	WiMAX	Microondas Terr.
Movilidad	Hasta 5Km	Estaciones Fijas
Escenarios	Ultima Milla	Enlaces troncales
Frecuencia	2 – 11Ghz (2-6)	2 - 40Ghz
Ancho Banda	70 Mbps	54 Mbps
Cobertura	Sobre 50Km	Sobre 100Km
Modulación	QAM (mas usadas)	PSK, QAM (mas usadas)
Precios	Elevado	Bajo
Ambiente	LOS, NLOS	LOS
Tasa Bits	<75Mbps	<54Mbps
Tipo Enlace	Punto – Multipunto	Punto - Punto, P - Mult.

Fuente: IEEE 208.16, Tanenbaum 4ta edición.

Un factor importante para la toma de decisión al momento de inclinarse por WiMAX o Microondas Terrestre será considerar la región geográfica de las Agencias (Tabla IV.2) y realizar un análisis de su perfil topográfico (ANEXO II). Debido al perfil geográfico se podrá deducir que serán necesarios al menos 3 saltos para alcanzar el destino (Alausí o Patate) propuesto en el alcance del estudio y para tener una mejor apreciación se realizará una vista a los sitios, registrando coordenadas, altura y distancias a cubrir en cada salto.

Tabla IV.2 Características geográficas de cada sitio

SITIO	COORD. GEOGR. AFICAS	G	M	S	ORI ENT	En Radianes	DISTANC IA(Km)	ALTUR A (m)	H1-H2	Dist.Rea l Aprox (Km)
MATRIZ	Latitud	1	40	23.4	S	-0.029202267	0	2770	0	0
	Longitud	78	38	46.4	W	-1.372635522				
LA MIRA	Latitud	1	30	31.1	S	-0.026330716	19.607	3565	0.795	19.623
	Longitud	78	34	59.9	W	-1.371537419	A Matriz			
LLIMPE	Latitud	1	23	51.3	S	-0.024392237	12.417	3730	0.165	12.418
	Longitud	78	34	22.8	W	-1.371357359	A La Mira			
NITON	Latitud	1	17	53.2	S	-0.022656641	11.243	2933	-0.797	11.272
	Longitud	78	33	19.4	W	-1.371049	A Llimpe			
PATATE	Latitud	1	18	55.2	S	-0.022956897	5.539	2184	-0.749	5.589
	Longitud	78	30	31.2	W	-1.370234919	A Nitón			
STA. ROSA	Latitud	1	57	16.1	S	-0.034112121	50.773	3580	0.810	50.779
	Longitud	78	40	46.5	W	-1.373217735	A La Mira			
PUCHUCAL	Latitud	2	10	8.63	S	-0.037857307	33.915	3639	0.059	33.915
	Longitud	78	53	45.6	W	-1.376995015	A Sta. Rosa			
ALASI	Latitud	2	12	10.5	S	-0.038447955	6.721	2358	-1.281	6.842
	Longitud	78	50	45.5	W	-1.376121623	A Puchucal			

Elaborado por: El autor

Para obtener la distancia entre dos puntos de la tierra (Fig. 4.1), se parte de los datos de latitud y longitud entre los dos puntos en cuestión. Como los datos normalmente los tenemos en grados, minutos y segundos, se convierte a radianes para aplicarlos a la formula, para ello se utiliza la ecuación 4.1.

$$\text{Ec.4.1} \quad C(\text{Radianes}) = H + \frac{M}{60} + \frac{S}{60}$$

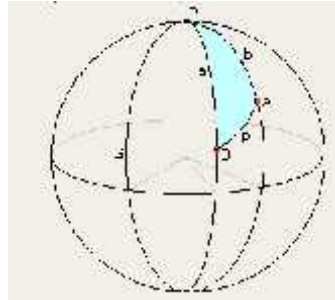


Fig. 4.1 Distancia entre 2 puntos A y B

Para calcular la distancia entre cada salto en la superficie terrestre podemos citar la ecuación 4.2:

$$\text{Ec.4.2} \quad D_{AB} = 6378 \text{ Acos}[\text{Cos}(\text{lat}A)\text{Cos}(\text{lat}B)\text{Cos}(\text{lng}B - \text{lng}A) + \text{Sin}(\text{lat}A)\text{Sin}(\text{lat}B)]$$

Donde R (radio de la superficie terrestre): [7]

R ecuatorial= 6378 Km.

R polar= 6356 Km.

R media= 6371 Km.

Se ha instalado los ambiente de pruebas en el cerro Santa Rosa (Guamote), punto de salto necesario para alcanzar el cerro La Mira (Guano), Guamote y Cerro Puchucal (Alausí).

Después de la obtención de la información por medio de un análisis cualitativo de las dos alternativas (WiMAX y Microondas) se procederá a analizarla y compararla minuciosamente, considerando semejanzas, diferencias, características destacadas que les permite adaptarse a la geografía del terreno y condiciones reales presentes en la posible implementación, que ayude a demostrar una mejor eficiencia de la comunicación en la Cooperativa ACCION RURAL.

COMPARACIÓN TECNOLÓGICA VARIABLE INDEPENDIENTE

Indicador I. Modulación

Consiste en adaptar el esquema de codificación y modulación en función de la calidad del enlace, lo cual maximizará el rendimiento. Esta característica es particularmente importante ya que la calidad del enlace aéreo cambia en forma constante debido a los efectos del desvanecimiento o multitrayectoria, como también a la presencia de otros usuarios. WiMAX y Microondas soportan selección dinámica de esquemas de modulación entre QPSK, 16QAM, Y 64 QAM. La diferencia radica en que WiMAX utiliza modulación de más alto nivel, 64QAM y QPSK, en cambio que microondas utiliza 16QAM y PSK, pero para la actualidad se esta llegando a 64QAM y QPSK.

Tabla IV.3 Modulación

	WiMAX	Microonda Terrestre
LOS	QPSK, 16 QAM y 64 QAM	QPSK, 16QAM y 64QAM
NLOS	OFDM	No funciona

Elaborado por: El autor

Las dos tecnologías Microondas y WiMAX utilizan la misma técnica de programación rápida de usuarios, para optimizar los recursos de radio; dicha programación esta dada en función de las condiciones del canal y se implementa a nivel de capa MAC.

Indicador II. Bandas de Frecuencias

Microonda terrestre y WiMAX operan en bandas de frecuencias similares, las cuales han sido designadas por la UIT, para este caso se trabaja en la banda de 5Ghz como muestra la tabla IV.4, con equipos Lobometrics, transeo.

Tabla IV.4 Frecuencias

	WiMAX	Microonda Terrestre
LOS	10-66 GHz	2-40 GHz
NLOS	2-11 GHz	No funciona

Elaborado por: El autor

Indicador III. Servicios y Aplicaciones

Los servicios soportados por Microondas y WiMAX son similares, las dos son un acceso de última milla, permiten el tráfico de voz, video y datos tabla IV.5. La diferencia está en que Microondas se utiliza para enlaces troncales de gran alcance.

Tabla IV.5 Servicios y Aplicaciones

	WiMAX	Microonda Terrestre
LOS	Voz, video, datos	Voz, video, datos
NLOS	Voz, video, datos	No funciona

Elaborado por: El autor

Entre las aplicaciones soportadas por ambas tecnologías se tiene VoIP, videoconferencia, juegos en línea, audio y video en streaming desde Internet o en Intranet locales, correo electrónico, descargas de archivos, aplicaciones p2p, etc.

Indicador IV. Cobertura

WiMAX está diseñado para soportar una cobertura de hasta 50Km en línea de vista como acceso de última milla y diseñado para sectores poblados donde sea una ventaja sus características. Microondas se emplea en accesos Punto – punto y punto – multipunto, en punto – punto se ha alcanzado enlaces exitosos de más de 100Km, por esta característica se lo utiliza como enlace troncal para unir estaciones base.

Con las dos tecnologías se puede alcanzar el Cerro Puchucal que se encuentra al sur de Sta Rosa (Fig. 4.2), frente al cantón Alausí.

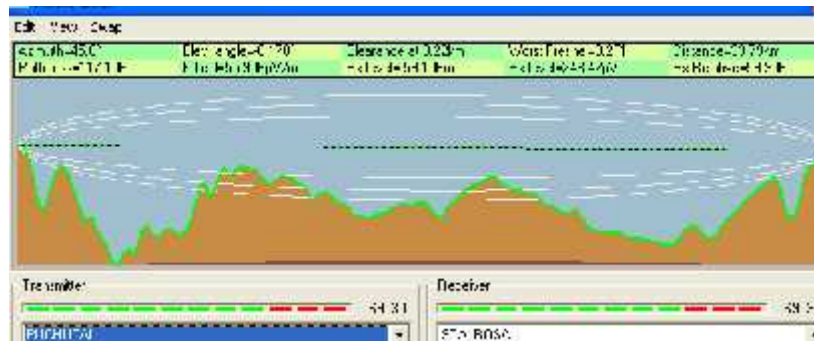


Fig. 4.2. Radio Mobile – Enlace Sur

También se logra exitosamente enlazar con WiMAX y Microondas el enlace central desde Sta. Rosa a Guamote (Fig. 4.3) con una cobertura de 4.21Km.

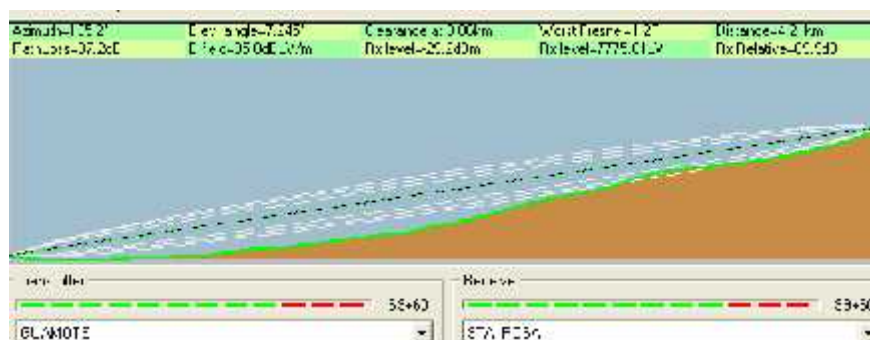


Fig. 4.3. Radio Mobile – Enlace Centro

Aprovechando las bondades del software para pruebas de enlaces WiMAX, se obtiene una imagen digital de la cobertura posible desde el Cerro Santa Rosa, La Mira queda fuera del rango de cobertura.

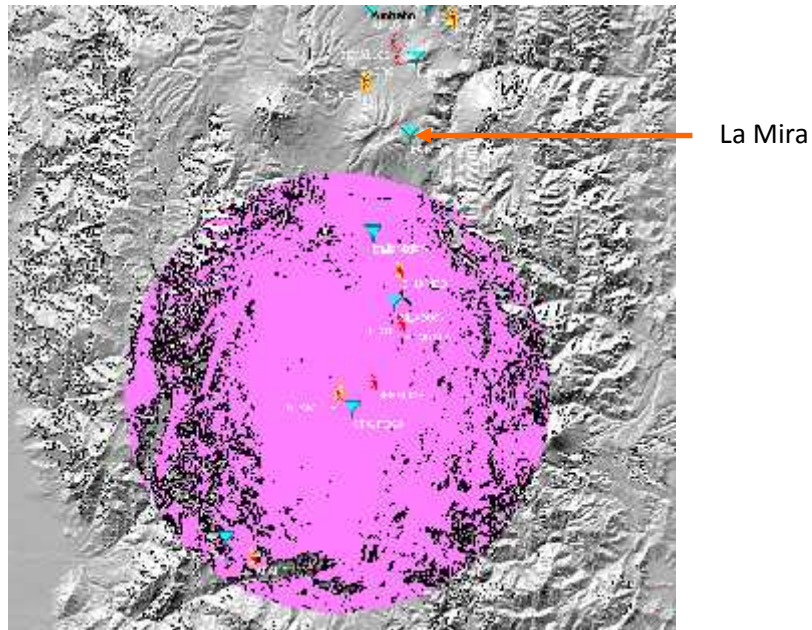


Fig. 4. 4 Radio Polar cobertura WiMAX

Con WiMAX no se alcanza (Fig. 4. 4) el enlace más largo 51.2Km entre Sta. Rosa – La Mira, solo se llega con microonda terrestre (Fig. 4.5).

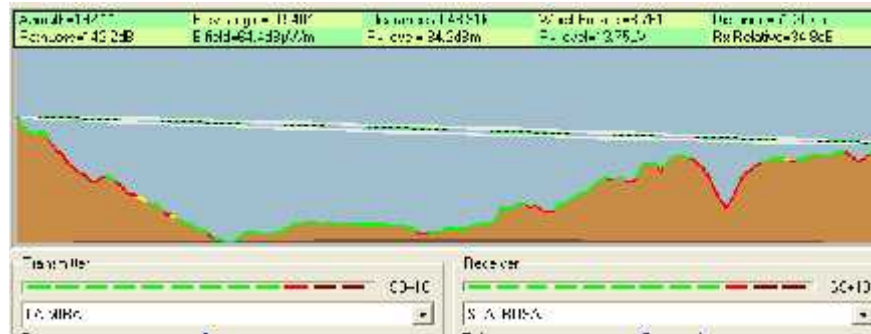


Fig. 4.5.Radio Mobile – Enlace Norte

Indicador V. Ancho de banda

Se han realizado pruebas en el enlace Sta. Rosa a Guamote, Puchucal y La Mira; con las dos tecnologías (Tabla IV.6), utilizando

la herramienta Bandwidth Test que viene incluida en los equipos (Fig. 4.6).

Tabla IV.6 Pruebas de Ancho Banda

	ANCHO BANDA		
	PUCHUCAL	GUAMOTE	LA MIRA
Micróo (Mbps)	20.4	22.2	21.6
WiMAX (Mbps)	18.1	20.5	X
Resultado: WiMAX no cubre Sta. Rosa – La Mira			

Elaborado por: El autor



Fig. 4.6. Equipo Tranzeo y Lobometrics

Los resultados son bastante similares en distancias cortas que bien se podría emplear cualquiera de las dos tecnologías según la necesidad (Fig. 4.7). Para un acceso de gran alcance se debe utilizar Microondas y si se desea cubrir varios puntos en una misma área lo ideal sería WiMAX.

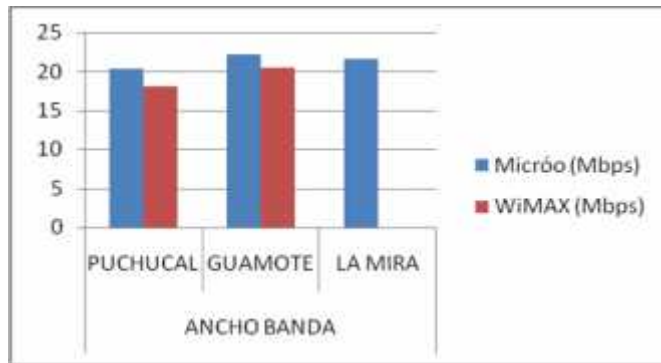


Fig. 4.7. Ancho Banda WiMAX y Microondas

Indicador VI. Velocidad de transmisión

Se calculará la velocidad de transmisión de WiMAX y Microondas de acuerdo a las mediciones de ancho de banda obtenidas anteriormente (Tabla IV.7).

Ec. 4.3.
$$V_{t\max} = 2B \log_2 n \quad [2]$$

Donde: $V_{t\max}$ = Velocidad de transmisión

B = Ancho de banda

$n = 2$ (señal digital)

Tabla IV.7 Calculos de $V_{t\max}$

	VELOCIDAD TRANSMISION		
	PUCHUCAL	GUAMOTE	LA MIRA
Microon (Mbps)	40.8	44.4	43.2
WiMAX (Mbps)	36.2	41	X
Resultado: WiMAX no cubre Sta. Rosa – La Mira			

Elaborado por: El autor

Los resultados son muy semejantes para los dos casos (Fig. 4.8), se podría resumir que en general el comportamiento sería parecido.

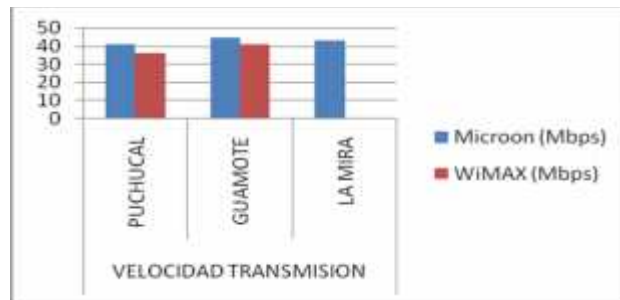


Fig. 4.8. Vtmax WiMAX y Microondas

Indicador VII. Tiempos de respuesta

Las pruebas se realizan para WiMAX y Microondas utilizando el sitio Sta. Rosa empleado para las pruebas de campo, en general el comportamiento es bastante similar debido a que las dos tecnologías son de Banda Ancha (Tabla IV.8). Utilizando la herramienta Ping se tiene:

Tabla IV.8 Mediciones de tiempos

ORIGEN	DESTINO	TIEMPOS	
		Microondas (ms)	WiMAX (ms)
Sta. Rosa	Guamote	2	1
Sta. Rosa	Puchucal	3	4
Sta. Rosa	La Mira	4	X
Resultado: WiMAX no cubre Sta. Rosa – La Mira			

Elaborado por: El autor

Nuevamente los resultados son similares excepto el enlace Sta. Rosa – La Mira (Fig. 4.9), que no se logró alcanzar con WiMAX por la distancia del mismo 51.20Km.

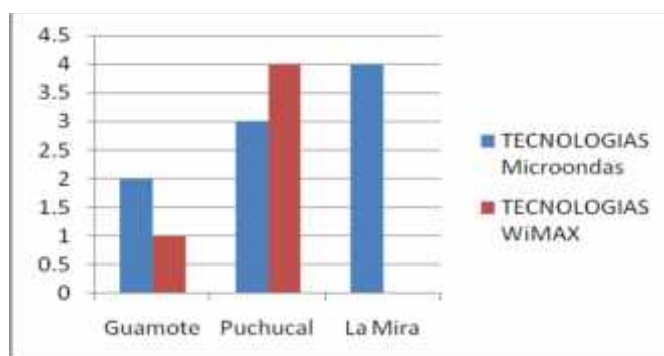


Fig. 4.9. Tiempos respuesta Tecnologías

DEDUCCIONES VARIABLE INDEPENDIENTE

- El objetivo es enlazar las oficinas Matriz, Guamote y Alausí. Los indicadores han devuelto resultados similares, con la excepción de la cobertura, la cual determina que no se puede alcanzar el enlace Sta Rosa – la Mira con WiMAX (Fig. 4.4), por esta razón se acepta microondas como la alternativa.
- Tras las pruebas realizadas en Ancho de banda el comportamiento tecnológico y funcionamiento en ambientes reales es bastante similar, WiMAX un promedio de 19.3Mbps y Microondas 21.4Mbps, una diferencia del 9.8% . No cubre Sta Rosa – La Mira.
- El análisis de Velocidad de transmisión entre WiMAX y Microondas tenemos una diferencia de 9.8%, son técnicamente parecidas pues han sido desarrolladas por organismos que cumplen estándares y lineamientos similares en la industria de las telecomunicaciones.

- A nivel comercial y de prestación de servicios se concluye (Tabla IV.5) que estas dos tecnologías son complementarias ya que Microonda terrestre podría utilizarse para unir estaciones WiMAX y ampliar su área de cobertura.
- WiMAX esta desarrollada totalmente para enlaces de ultima milla, usuarios que requieren acceso en lugares donde la tecnología cableada no son fáciles de implementar, del mismo modo Microondas se implementa para enlaces troncales de gran alcance (hasta 100Km o mas), donde la tecnología cableada es difícil implementar.
- Los tiempos de respuesta igualmente oscilan entre los 3 y 4ms para WiMAX y Microonda terrestre.
- Si se diera el caso de implementar varias agencias en la misma ciudad por ejemplo Riobamba, se recomienda utilizar WiMAX para unificar las instalaciones con esta tecnología de Banda Ancha para última milla.

Se recomienda utilizar Microonda Terrestre en el desarrollo del proyecto para unir las agencias de la cooperativa Acción Rural debido a que satsitace las necesidades de cobertura.

4.1.2 VARIABLE DEPENDIENTE

En el desarrollo de este capítulo se considera por un lado el enlace a las agencias ya existente como es ADSL que aprovechando las bondades de una VPN, se establece un enlace

seguro para los datos, y por el otro se presenta la nueva alternativa tecnológica seleccionada Microondas que permite mejorar la eficiencia de la comunicación en la cooperativa Acción Rural.

Para determinar el cumplimiento o no de la hipótesis “La alternativa tecnológica seleccionada mejorará la eficiencia de la comunicación en la Cooperativa ACCION RURAL”, se pretende determinar los siguientes parámetros de comparación:

Indicador I. Ancho de Banda

El cálculo de Ancho de banda se realiza valiéndose de las herramientas que nos facilita cada tecnología, se utiliza Winbox (Fig. 4.10) que permite configurar y monitorear los Router's que tienen el sistema operativo RouterOS.

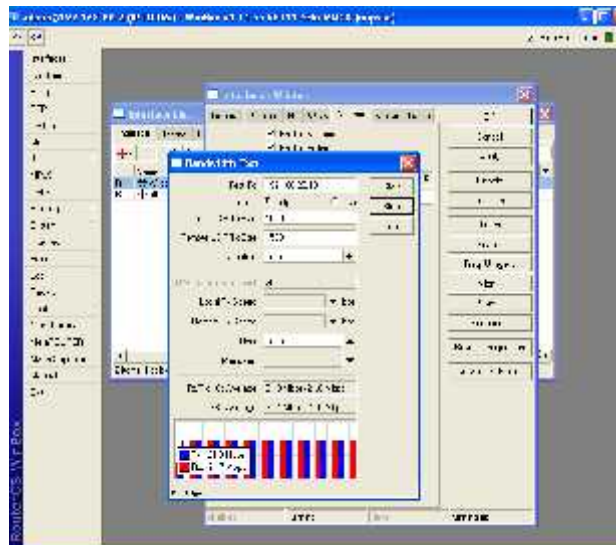


Fig. 4.10 Medición Ancho Banda Microondas

Para el caso de la CNT se puede utilizar la herramienta web (Fig. 4.11) <http://speedtest.cnt-grms.com.ec/>



Fig. 4.11 Medición Ancho Banda ADSL

La formula $V_{tx} = 2B$, donde B es el ancho de banda, nos da como resultado final que $B = 270\text{Kbps}$ en nuestro enlace de ADSL aproximadamente. [8]

Se han tomado mediciones en intervalos de tiempo diferentes obteniendo los siguientes resultados.

Tabla IV.9 Medición Ancho Banda

TECNOLOGIAS	INTERVALOS			
	t1	t2	t3	t4
Microondas (Mbps)	22.11	22.32	21.91	21.6
ADSL (Mbps)	0.54	0.51	0.53	0.54
Eficiencia : +97.58%				

Elaborado por: El autor

Si se proyecta en una grafica para ilustrar mejor los resultados.

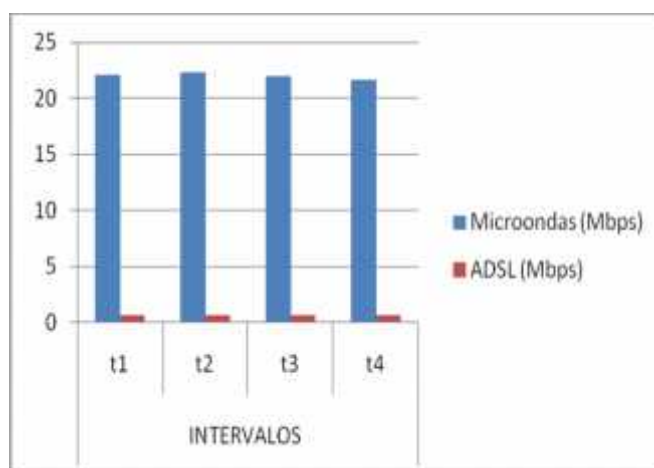


Fig 4.12 Grafica Ancho Banda

Como resultado se tiene que Microondas supera ampliamente en Ancho Banda a ADSL (Fig 4.12). La implementación del enlace inalámbrico como alternativa de comunicación resulta acertada.

Indicador II. Velocidad de transmisión:

Se empleará la fórmula matemática $V_{t\max} = 2B \log_2 n$. Para el enlace de microondas. Donde n es 2 para la transmisión digital (Tabla IV.7).

El ancho Banda de ADSL viene dada por el fabricante 512Kbps, pero se ha demostrado con el test de medición (Tabla IV.7) que se pueden alcanzar un margen similar 540Kbps.

Tabla IV.10 Calculo Velocidad transmisión

TECNOLOGIAS	INTERVALOS			
	t1	t2	t3	t4
Microondas (Mbps)	44.22	44.64	43.82	43.2
ADSL (Mbps)	1.08	1.02	1.06	1.08
Eficiencia : +97%				

Elaborado por: El autor

Según el estudio se puede alcanzar un ancho de banda teóricamente de 54Mbps en un enlace de microondas con los equipos que se utiliza, y basados en los datos obtenidos con winbox, tenemos un promedio de $B = 21.6\text{Mbps}$.

$$V_{tx} = 2(21.6) (\ln 2 / \ln 2) = 43.6 \text{ Mbps}$$

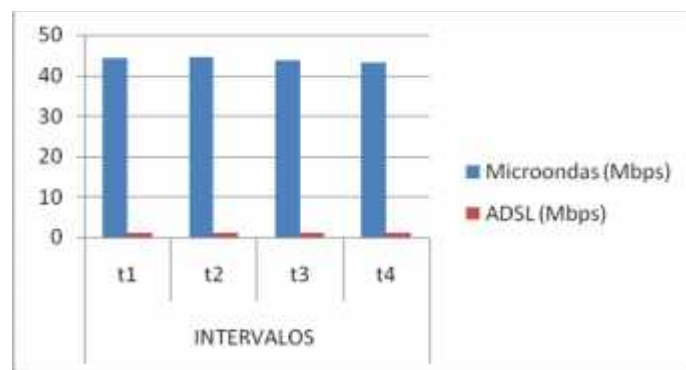


Fig 4.13 Cálculo Velocidad Transmisión

La alternativa tecnológica supera ampliamente a la actual (Fig 4.13).

Indicador III. Tiempos de Respuesta

El estudio comparativo de los tiempos de respuesta permitirá tener una apreciación preliminar de las dos alternativas (Tabla IV.8), evaluado en los ambiente de pruebas sin datos.

Tabla IV.11 Tiempos Microondas

ORIGEN	DESTINO	Horas Pico	Sin Datos
LA MIRA	RIOBAMBA	6 ms	6 ms
LLIMPE	LA MIRA	10 ms	10 ms
NITON	LLIMPE	11 ms	11 ms
NITON	PATATE	1 ms	1 ms
LA MIRA	STA. ROSA	5 ms	5 ms
PUCHUCAL	STA. ROSA	5 ms	1 ms
PUCHUCAL	ALAUSSI	1 ms	1 ms

Elaborado por: El autor

Tabla IV.12 Tiempos ADSL

ORIGEN	DESTINO	Horas Pico	Sin Datos
PATATE	RIOBAMBA	2125 ms	61 ms
ALAUSSÍ	RIOBAMBA	1045 ms	52 ms

Elaborado por: El autor

En producción con usuarios operando, la diferencia es significativa, ADSL varía notablemente mientras más tráfico enviamos por el canal (BW = 512Kbps), se vuelve totalmente inoperable alcanzando tiempos críticos de 1 hasta 2 segundos. En tanto que con microondas (BW = 20 Mbps aprox.) casi no existe diferencia entre las pruebas y el ambiente en producción gracias a un canal mayor, lo que además permitirá incrementar las aplicaciones en uso, como por ejemplo video – vigilancia, que en ADSL satura totalmente el canal.

El resultado sumando los valores tenemos:

Tabla IV.13 Resumen Tiempos

Oficinas	Horas sin Usuarios	
	ADSL	Microondas
Alausí	52	13
Patate	61	28
Eficiencia : +63.71%		

Elaborado por: El autor

Implementando la alternativa tecnológica se tiene respuestas favorables (Fig. 4.14), que mejoran la comunicación en la COACAR obteniendo los valores más bajos de la grafica que es el resultado que busca el estudio.

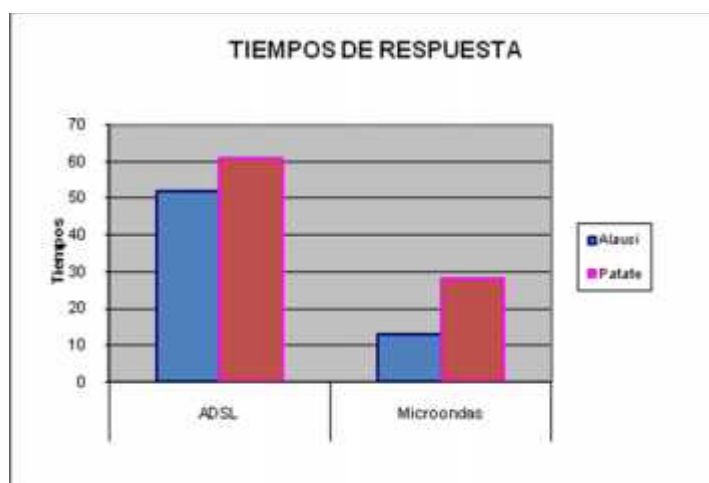


Fig. 4.14 Resultado tiempos respuesta

Indicador IV. Costos

En el aspecto económico se considera varios factores como los costos mensuales (Tabla IV.14), que generan mantener cada uno de los enlaces.

Tabla IV.14 Costos mensuales

ALTERNATIVA	ENLACES	C.U.MENSUAL	COSTOS AÑO
Dedicado 512 Kbps	2	250	6000

Elaborado por: El autor

Para la nueva alternativa tecnológica se ha considerado una inversión importante la misma que queda como activo fijo de la empresa (Tabla IV.15), y además un sistema propietario que se considera una inversión a futuro (ANEXO IV).

Tabla IV.15 Nueva Alternativa

ITEM	DESCRIPCIÓN	v. u	VALOR
4	Torre soportada 12m	660	2640
1	GPS eTREX	360	360
2	RB 433 MK-XR5	775	1550
4	LOBOMETRIC 954R	1263.76	5055.04
4	Antena 5.8 GHz 27DBi	150	600
4	Tranzeo TR-5 ^a -24	630.25	2521
1	Materiales, conectores	600	600
	SUBTOTAL		13326.04
	IVA		1599.12
	TOTAL		14925.16

Elaborado por: El autor

Se realiza una proyección a futuro de los pagos por mantener enlaces dedicados \$6000 + IVA por año, teniendo un total de \$20160 (3 años), se calcula el valor presente de dicha inversión a un 8% anual se tiene:

$$\text{Ec. 4.4} \quad \text{VP} = K / (1+r)^n = \$20160 / (1+0.08)^3 = \$16003.658$$

El monto total presupuestado \$14925.12, está por debajo del valor presente de pagos proyectados a 3 años y basándose en el análisis anterior se considera un acierto la inversión realizada.

4.1.3 FACTORES ADICIONALES VARIABLE DEPENDIENTE.

a) FIABILIDAD DEL ENLACE

Las transmisiones por microondas una vez superado los elementos perturbadores habituales como son ruido térmico, interferencia cocanal, interferencia de las bandas adyacentes, y contando además con respaldo eléctrico con bancos de baterías en cada sitio para seguir funcionando en cortes de energía eléctrica, instalaciones preparadas para soportar condiciones climáticas externas; se presenta como una alternativa altamente fiable y que puede competir o hasta superar a la presentada por la alternativa actual que es facilitada por CNT.



Fig. 4.15 Instalaciones COAC Acción Rural

Por su parte CNT el proveedor más importante de ADSL en el centro del país, mantiene una fiabilidad que ha mejorado en el tiempo, cada vez es más rentable y los cortes menos frecuentes. Es un proveedor externo y para tener redundancia necesariamente se debe contratar un enlace alternativo o instalar uno propio como es el caso de la cooperativa Acción Rural, con la investigación se demuestra que las microondas terrestres implementadas superan ampliamente los productos ofrecidos por proveedores externos.

b) INCREMENTO DE APLICACIONES

La propuesta de comunicaciones presenta la posibilidad de mejorar la eficiencia de la comunicación y como consecuencia el incremento de aplicaciones como es la realidad de una institución financiera.

El enlace de microondas gracias a su gran ancho de banda (20 Mbps) permite inicialmente implementar video-vigilancia sin alterar nada los tiempos de respuesta al sistema financiero, bono solidario, servicios básicos, pagos SRI, emisiones SOAT, remesas internas y externas, correo electrónico, transferencia de archivos. Podrán trabajar al mismo tiempo sin inconvenientes de horas pico y retardos.

ADSL presenta la limitante principal de 512Kbps, que puede ser incrementado o a su vez reemplazado por un enlace dedicado que en ningún caso llegarán a ofrecernos un ancho de banda cercano al que se presenta con la alternativa tecnológica implementada.

c) RESPUESTA DE LOS USUARIOS AL INTERACTUAR CON LAS DOS ALTERNATIVAS.

Asesor Alausi: El proceso de liquidación de préstamos es bastante lento al momento de imprimir los pagares en especial en horas pico cuando se vuelve casi imposible laborar con normalidad y causa molestias por la demora. Con el nuevo enlace la diferencia es notoria, no se tiene problemas de horas pico porque se tiene respuestas rápidas y si resulta nuevo para nosotros trabajar a esta velocidad. Ha mejorado notablemente.

Caja Patate: El trabajo en horas pico se vuelve demasiado lento ocasionando reclamos de los socios por la demora, en cualquiera de los sistemas que se utilice. Con las pruebas realizadas en el enlace nuevo, la velocidad de proceso es superior con todos los movimientos y permite hacer más cosas en menos tiempo.

4.2 RESULTADOS DE INDICADORES VARIABLE DEPENDIENTE

La alternativa tecnológica seleccionada presenta los siguientes resultados de acuerdo a los indicadores:

Tabla IV.16 Evaluación Indicadores

INDICADORES	EVALUACION Eficiencia (%)
Ancho de Banda.	+ 97.58%
Velocidad de transmisión.	+ 97.59%
Tiempos de Respuesta.	+ 63.71%
Costos (Inversión).	Recuperable 3 años

Elaborado por: El autor

Una vez superados los indicadores preliminares se concluye que el enlace de microondas además de ser propiedad de la empresa (Tabla IV.16), permite manejar anchos de banda superiores a los que ofrecen los proveedores en el mercado de comunicaciones y a la vez manejar un presupuesto propio de costos de comunicación origen – destino.

El análisis previo de los indicadores permite comprobar si la alternativa tecnológica seleccionada mejora la eficiencia de la comunicación en la cooperativa Acción Rural en un promedio de 86.29% y con una inversión recuperable a 3 años.

La velocidad de transmisión que siempre ha sido una limitante cuando se trabaja con enlaces contratados a terceros (proveedores), va de la mano con los precios (directamente proporcional). Se aprovecha el gran ancho de banda conseguido con los enlaces de microondas y gracias a las prestaciones de los equipos Lobometrics, transeo y mikrotik (ANEXO III [1]); se ha conseguido mejorar y superar ampliamente este indicador mismo que no es afectado por horas pico.

La fiabilidad de los enlaces de microondas se consigue gracias a las características técnicas de los equipos seleccionados, la instalación de bancos de baterías para garantizar el fluido permanente y estabilizado de energía eléctrica, y principalmente al estudio de factibilidad técnica que permite realizar la implementación del presente estudio, operando con los permisos otorgados por la Secretaria Nacional de Telecomunicaciones [9] (SENATEL) que es el organismo que autoriza el uso de frecuencias y espectro radioeléctrico. Todos los permisos han sido

presentados y aprobados como agregado al presente estudio y los podemos encontrar en el ANEXO III [1].

El incremento de aplicaciones ya es una realidad partiendo por los servicios agregados (bono solidario, servicios básicos, pagos SRI) y la implementación de video vigilancia con monitoreo en línea desde la Matriz.

La satisfacción de los usuarios finales y principalmente la atención al público ágil y oportuna, ha generado respuestas satisfactorias sobre la alternativa tecnológica seleccionada debido a que si ha mejorado la eficiencia de la comunicación en la cooperativa Acción Rural.

4.3 COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS

HIPOTESIS GENERAL:

Hi: La alternativa tecnológica seleccionada mejorará la eficiencia de la comunicación en la Cooperativa ACCION RURAL.

Tabla IV.17 Resumen Indicadores

INDICADORES	ADSL	MICROONDAS	EVALUACION Eficiencia (%)
Ancho de Banda.	0.53Mbps	21.985Mbps	+ 97.58%
Velocidad de transmisión.	1.06Mbps	41.96Mbps	+ 97.59%
Tiempos de Respuesta.	56.5s	20.5s	+ 63.71%
Costos.	6000	1176	Recuperable 3 años
Promedio Eficiencia : + 86.29%			
Con una inversión recuperable en 3 años.			

Elaborado por: El autor

La alternativa tecnológica seleccionada microondas, mejora la eficiencia de la comunicación en la cooperativa Acción Rural, hipótesis que se ha comprobado con cada uno de los indicadores (Tabla IV.17). Basados en el resultado del análisis económico se considera un acierto la alternativa tecnológica seleccionada y se comprueba la hipótesis planteada en el presente estudio.

Finalmente el aspecto tecnológico y el más importante a sido superado con las pruebas en ambiente real de producción y realizado con el sistema antiguo de interconexión (ADSL), comparado con la nueva alternativa tecnológica seleccionada que mejoró las comunicaciones en la cooperativa Acción Rural. Bajo los tiempos y en consecuencia aumento la velocidad de comunicación, aumento el ancho de banda (BW) lo que eliminó el problema de retardos en horas picos, gracias al nuevo ancho de banda permitió el incremento de aplicaciones (video vigilancia) y aun queda abierta la posibilidad de incrementar muchas más a futuro, superó la prueba más difícil que es la aceptación del usuario final, logrando una satisfacción total. Y la posibilidad de contar con un sistema propietario con todas las normativas legales propuestas por la SENATEL (ANEXO III).

Interpretación.

La alternativa tecnológica seleccionada mejora la eficiencia de la comunicación en la Cooperativa ACCION RURAL en un **86.29%**.

4.4 PROPUESTA

IMPLEMENTACIÓN DE LA ALTERNATIVA DE COMUNICACIÓN

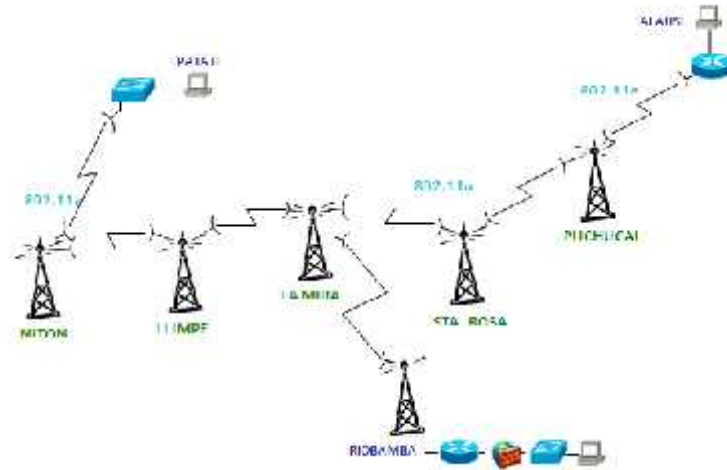


Fig. 4.16 Enlaces Acción Rural

4.4.1. Diseño del Radioenlace y elección de equipos.

Para el diseño de la red COACAR (Fig. 4.16) se considero equipos Lobometrics, se tomo como referencia de las cotizaciones recibidas y sobre todo las características de los equipos. Se trabajara en la banda de 802.11a que no se encuentra congestionada según datos de la SENATEL.

Se va a desarrollar el enlace La Mira – Santa Rosa, por ser el de más largo alcance 52Km aproximadamente.

4.4.2. Simulación de los Radioenlaces

La distancia cubierta por enlaces microondas puede ser incrementada por el uso de repetidores, la función de los

repetidores es salvar la falta de visibilidad impuesta por la curvatura terrestre u obstáculos y conseguir así enlaces superiores al horizonte óptico; la distancia entre repetidores se los conoce como vano.

El software utilizado es el Radio Mobile por su sencillez de uso, entorno grafico y aceptable fiabilidad que presenta en los resultados. Radio Mobile usa Longley-Race, o conocido también como modelo de terreno irregular (ITM), como modelo de radio propagación en el rango de 20Mhz a 20Ghz.

El diseño de radio enlaces mediante simulación establece los valores mínimos de ganancia de las antenas, potencia de transmisión, sensibilidades de los radios y de la perdida de los cables y conectores a usar. En base a dichos valores se determinan los requisitos mínimos para la elección de los equipos y sistemas que ofrece el mercado.

Como primer paso se debe conocer las coordenadas exactas de los puntos involucrados en el enlace. En la siguiente tabla se muestra la altura y coordenadas geográficas de los cerros La Mira y Santa Rosa, puntos o nodos que intervienen en el enlace.

Tabla IV.18 Coordenadas y altura de NODOS

	ALTURA	CORDENADAS	
NODOS	m.s.n.m.	Latitud SUR	Longitud OESTE
LA MIRA	3865	01°30'31.1"	78°38'59.9"
SANTA ROSA	3559	01°57'32.3"	78°40'49.3"

Elaborado por: El autor

Las antenas del enlace La Mira – Santa Rosa estarán ubicadas sobre antenas de 18 y 12m respectivamente, se recomienda que se instale por arriba de los 3m como mínimo y a una separación de 1.5m entre ellas. En el caso de colocar varias antenas se colocarán desde arriba hacia debajo de acuerdo al alcance de cada enlace.

Sobre la ganancia de las antenas se puede elegir antes del diseño pero validando los resultados en la simulación. En los enlaces se utiliza antenas directivas por ser enlaces punto – punto de ganancia 24dBi (ANEXO III) de marca Hyperlink Technologies por los buenos precios y son utilizadas en el mercado debido a sus características, y por haber proveedores en el Ecuador. A continuación se tiene el grafico del enlace.

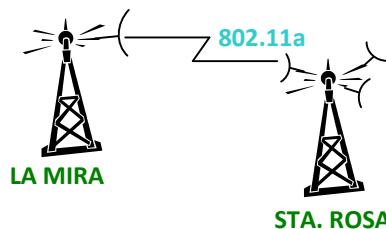


Fig. 4.17. Enlace La Mira – Santa Rosa

En la simulación de los radioenlaces con Radio Mobile se toma 10dB como margen de seguridad, esto es que para considerar un enlace como estable y robusto la potencia de la señal recibida debe ser 10dB superior a la sensibilidad que presenta la tarjeta inalámbrica del receptor. El valor de sensibilidad es un parámetro que tiene que ser considerado en la simulación. Los valores que ofrece la mayoría de tarjetas inalámbricas -90dB, se debe tomar como referencia dicho valor.

El cable coaxial a utilizar es el modelo lmr600 que presenta una atenuación en la banda de 5.8Ghz de 23.8dB / 100m. Para el enlace La Mira – Santa Rosa se utiliza una longitud menor a 1m que hace dicha atenuación mínima incluyendo los dos conectores.

Tabla IV.19. Resultados de Simulación

Nodo	Nodo destino	Dist. Enlaces (Km)	Altura Antena (m)	Min. Ptx (dBm)	Antena Nodo
La Mira	Santa Rosa	51.19	18	26	Directiva
Santa Rosa	La Mira	51.19	12	26	Directiva

Elaborado por: El autor

Los resultados obtenidos establecen que la tarjeta inalámbrica debe ser mínimo de 26dBm (398 mW) de potencia de transmisión para que el enlace sea exitoso.

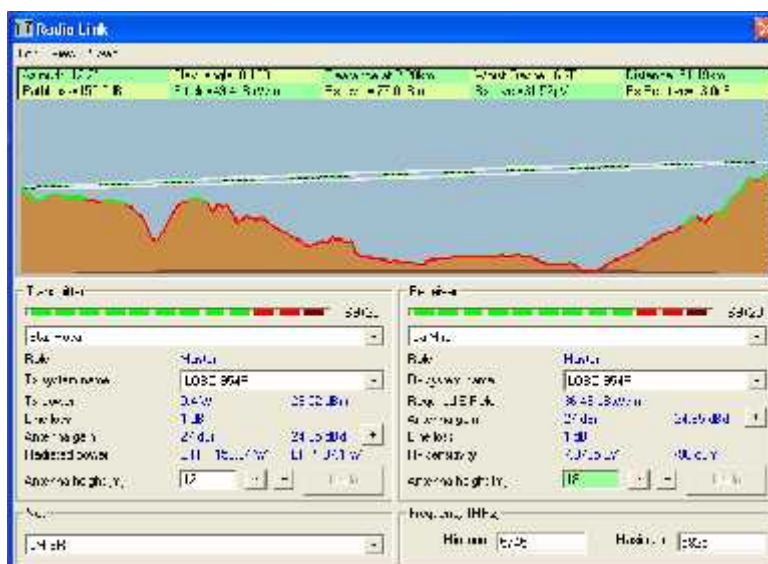


Fig. 4.18 Simulación enlace Santa Rosa – La Mira

En la figura 4.16 se puede observar varios resultados interesantes para el radioenlace, que para un enlace de 51.19Km se necesita antenas directivas con ganancia 27dBi, y una potencia de las tarjetas de 26dBm para obtener un enlace rentable, también se tiene el valor de la primera zona de Fresnel 6.7F1, y las alturas de ambas antenas 12 y 18m.

4.4.3. Elección de la Solución.

La selección de equipos 802.11^a se optó de acuerdo a los resultados obtenidos en la simulación, se encontró las marcas Tranzeo, Mikrotik y Lobometrics. La tarjeta inalámbrica elegida debe tener una potencia de transmisión mínima de 26 dBm, una sensibilidad de -90 dBm y antenas Hyperlink que son comerciales y existen en el mercado con ganancia de 26 dBi.



Fig. 4.19 Equipos instalados

línea de vista hacia Sta Rosa (Guamote) siguiente salto en la provincia de Chimborazo y también a Llimpe (Tungurahua).

Gracias a las bondades de software Radio Mobile 10.0.6 se puede observar previamente datos técnicos de transmisión y recepción, y su respectivo perfil topográfico. Los resultados que presenta el programa de simulación luego de ingresar datos de ubicación geográfica de los sitios a comunicar, permite observar que existe un enlace directo entre dos puntos geográficos, también conocer su distancia, ángulo azimut para cada punto; además con la descripción del equipo utilizado se puede visualizar datos de las pérdidas de espacio libre, frecuencia a utilizarse, modulación, etc.

4.4.6. Factibilidad Legal

Siendo técnicamente posible el diseñar un enlace de microondas Matriz – La Mira, se analiza la factibilidad legal. Para ello se solicita la concesión de uso de frecuencia en la banda 5 GHz, con capacidad de banda ancha de acuerdo a las necesidades del sistema.

Una de las capacidades del equipo de radio de microondas “Lobometrics” es la capacidad de modificar el ancho de banda, esto independiente de la separación Tx/Rx, esta variación es en proporción directa a la capacidad y modulación que se esté utilizando, si el equipo se configura con modulación del equipo QPSK o QAM.

Mediante contrato 0617256 del 20 de Enero 2010, la SENATEL autoriza la concesión de uso de frecuencias en la banda de 5 GHz, con un ancho de banda de 20 MHz, para operar los 14 enlaces del sistema de microondas digital punto a punto, en las marcas Lobometrics, tranzeo y mikrotiks; para interconectar primeramente las oficinas establecidas en el presente estudio Patate y Alausí entre otras (Guamote, Licto, Chambo, Quero, Mocha, Cevallos).

Finalmente ya puesto en marcha la solución de microondas terrestres se tiene un ambiente real bajo monitoreo en tiempo real aprovechando las bondades del software de dude como se puede ver en la figura 4.21.

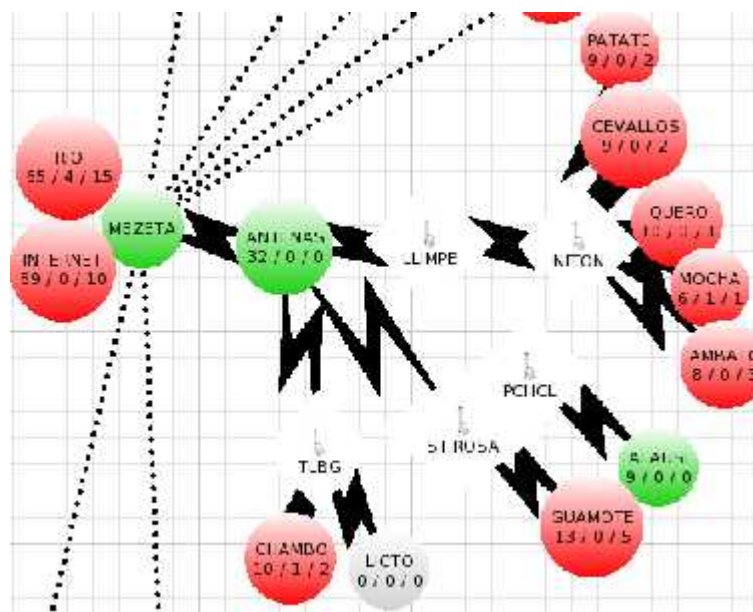


Fig. 4.21 Ambiente en producción de los Enlaces microondas

CONCLUSIONES

Al culminar el presente estudio, podemos concluir lo siguiente:

- Ha mejorado la eficiencia de la comunicación en un 86.29%. La alternativa tecnológica seleccionada presenta características superiores en ancho de banda, fiabilidad, satisfacción del usuario final y mejor atención a clientes; que era el principal objetivo que buscaba la Cooperativa Acción Rural.
- Los enlaces dedicados son una alternativa funcional ofertada por las distintas empresas (CNT, Telconet, etc.), pero al implementar un sistema de comunicación propietario se amplía las posibilidades de desarrollo, en el caso del presente estudio se puede resumir que la inversión se recuperaría en 3 años.
- Se tiene una mejora de 97.58% en ancho de banda con el enlace de comunicación, la cantidad de tráfico que se puede enviar simultáneamente se incrementará y aumentan las aplicaciones que se pueden implementar.
- Las velocidades alcanzadas origen – destino mejora en un 97.59%, han superado ampliamente las ofrecidas por el enlace actual ADSL, alcanzando en el mejor de los casos hasta 44.6 Mbps, validando la hipótesis.

RECOMENDACIONES

- Para que todos los enlaces de radio microonda puedan trabajar sin presentar problemas de interferencia por frecuencias ya asignadas, se recomienda trabajar en los 5 Ghz, por estar en una banda no saturada en la región donde se presenta el diseño y por ser solicitada a la SENATEL dentro de la concesión de uso de espectro radioeléctrico (análisis realizado en Factibilidad Legal capítulo 3), con capacidad inicial de ancho de banda de los 20 Mhz.
- Se recomienda que el personal de mantenimiento reciba capacitaciones constantes para realizar un mantenimiento correctivo a los equipos en cada sitio remoto, realizando al menos dos visitas al año para verificar el correcto estado de las instalaciones.
- Es necesario tener en cuenta que en el Ecuador se regula servicios no tecnologías, por tanto, para propósitos de implementación de microonda terrestre, se recomienda hacer un estudio de los requerimientos de los equipos dados en la regulación para poder proporcionar dichos servicios.
- El estudio realizado, ha sido un acierto para satisfacer las necesidades de comunicación en el caso particular de la Cooperativa. Se sugiere particularizar la misma alternativa para enlazar las agencias restantes que tienen la COACAR distribuidas en las provincias de Tungurahua y Chimborazo.

- Las características de los equipos de microondas utilizados por la ruta diseñada permiten administrar la red, manteniendo un control del volumen de información, monitoreo de los enlaces y realizar mantenimientos de forma local y remota, se sugiere acceder desde cualquiera de las agencias a cada uno de los sitios para mantener controles y monitoreos constantes.
- Para escoger las características del sistema de microondas que se ajusten a las necesidades de la Cooperativa Acción Rural se ha recomendado como principales parámetros en orden de importancia: Confiabilidad de los equipos, marcas utilizadas en el mercado, velocidad, precio, soporte técnico, seguridades, facilidades de manejo y estándares recomendados por la SENATEL.

BIBLIOGRAFÍA

1. STALLINGS W. Comunicaciones y redes de computadores., 7ª Ed, Madrid. España., Pearson Prentice Hall, 2004., pp 83-85, 109-112, 642-653.
2. TANEMBAUM A. Redes de Computadores., 4ª Ed, Ámsterdam. Holanda., Pearson Educación, 2003., pp 16-21, 104-106, 302-304, 454-459.
3. WAYNE T. Sistemas de comunicaciones electrónicas., 4ª Ed, Phoenix. USA., Prentice Hall, 2003., pp 402-410.
4. INSTITUTO EEE. Wimax., 802-16, New York. USA., IEEE, 2005., pp 1-9, 15-25.

ENLACES WEB

5. APLICACIONES Y SERVICIOS

http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0199_EO.pdf

2012-06-17

6. ALVARION, PROVEEDOR WIMAX

<http://www.alvarion.com/index.php>

2012-09-23

7. DATOS DE LA TIERRA

http://astroverada.com/ /Main/T_earthfact.html

2012-09-23

8. ESTÁNDARES INALÁMBRICOS

http://www.imaginar.org/iicd/tus_archivos/TUS6/2_tecnologia.pdf

2012-06-16

9. FORMULARIOS Y REQUISITOS

http://www.conatel.gob.ec/site_conatel/index.php

2012-09-23

10. GUIA TECNOPYME – FASE II.

http://www.bizkaia.net/Home2/Archivos/DPTO8/Temas/Pdf/ca_GTcapitulo4.pdf

2012-06-17

11. INVESTIGACIÓN CUALITATIVA Y CUANTITATIVA

http://www.fisterra.com/mbe/investiga/cuanti_cuali/cuanti_cuali2.pdf

2012-09-23

12. ALVARADO J – MENDOZA J, Elección y Diseño de una Red de Comunicaciones Para la Región de Loreto. (TESIS)

(Ing. Electrónico). Pontificia Universidad Católica del Peru.
Facultad de Ciencias e Ingeniería, Lima, PUCP, pp 22-30.

[http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/277?
show=full/](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/277?show=full/)

2012-06-17

13. REDES MICROONDA TERRESTRE

<http://www.eveliux.com/mx/microondas-terrestre.php>

2012-09-22

14. ROSERO V, Microondas enlace Quito – Distrito
Amazónico. **(TESIS)** (Ing. Electrónica y Tel.). Escuela
Politécnica Nacional. Facultad Ingeniería, Quito, EPN, pp
5-25, 93-98.

[http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/189/1/CD-
0587.pdf](http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/189/1/CD-0587.pdf)

2012-06-17