

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

CARRERA: INGENIERÍA DE SISTEMAS

Tesis previa a la obtención del título de: INGENIERO EN SISTEMAS

TEMA:

**ANÁLISIS Y DISEÑO DE UNA RED DE ACCESO USANDO EL
ESTÁNDAR 802.11G/N BASADO EN W/FI DE LARGA DISTANCIA CON
MIKROTIK PARA EL SECTOR LUIS LÓPEZ UBICADO EN LA
PROVINCIA DE TUNGURAHUA, CANTÓN QUERO.**

AUTOR:

FERNANDO PAÚL MANOSALVAS LLERENA

DIRECTOR:

JORGE ENRIQUE LÓPEZ LOGACHO

Quito, abril del 2015

**DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD Y AUTORIZACIÓN DE
USO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, autorizo a la Universidad Politécnica Salesiana la publicación total o parcial de este trabajo de titulación y su reproducción sin fines de lucro.

Además, declaro que los conceptos, análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Quito, marzo de 2015

Fernando Paúl Manosalvas Llerena

CC: 1716120769

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de tesis a mi hijo, esposa y mis padres que me dieron la fuerza para culminar esta meta, queridos padres sin su lucha constante del día a día no hubiese sido posible llegar a donde estoy ya que ustedes me enseñaron el buen camino de superación y me ayudaron en los momentos difíciles y nunca me dejaron caer doy gracias a dios por darme unos padres ejemplares, darme la oportunidad de ser padre de un bello hijo y una linda esposa que juntos vamos a seguir adelante luchando para ser mejores.

Dios les pague todo el esfuerzo y apoyo que me brindaron para mi formación profesional y personal sin su ayuda no hubiese sido posible les quiero con todo mi corazón.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Politécnica Salesiana por haberme abierto las puertas para realizar mis estudios.

A los Ingenieros que me brindaron su ayuda para el desarrollo de este proyecto.

Gracias a todos por su colaboración y apoyo.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1	2
1.1 Tema o título del proyecto.....	2
1.2 Objetivos.....	2
1.2.1 Objetivo general	2
1.2.2 Objetivos específicos	2
1.3 Alcance	2
1.4 Justificación del proyecto	3
1.5 Planteamiento del problema	5
1.6 Resumen de la propuesta de investigación.....	6
1.7 Análisis poblacional	6
CAPÍTULO 2	11
INTRODUCCIÓN A WIFI	11
2.1 WIFI	11
2.2 Estándares	11
2.3.1 Punto a Punto.....	12
2.3.2 Punto a Multipunto	13
2.4 Potencia	13
2.5 Decibelios	14
2.6 WIFI de larga distancia	15
2.7 Problemática del uso de WIFI para largas distancias	16
2.7.1 Capa física	16
2.7.2 Velocidad.....	16
2.8 Arquitectura de redes WIFI para larga distancia	17
2.8.1 Estación pasarela	17

2.8.2 Repetidor	17
2.8.3 Estación cliente.....	18
2.8.4 Enrutador inalámbrico	18
2.9 Antenas y diagramas de radiación.....	18
2.10 Ancho de banda	18
2.11 Directividad y ganancia de una antena.	19
2.12 Diagramas o patrones de radiación.....	19
2.13 Zona de Fresnel	20
2.13.1 Ancho del haz	21
2.13.2 Lóbulos laterales.....	21
2.13.3 Nulos.....	22
2.13.4 Polarización	22
2.13.5 Relación de ganancia adelante/atrás	23
2.14 MikroTik.....	23
2.14.1 Comparación de licencias	24
2.14.2 Rendimiento	26
CAPÍTULO 3.....	27
DISEÑO DE UNA RED WIFI DE LARGA DISTANCIA CON MIKROTIK .	27
3.1 Introducción.....	27
Requisitos para el diseño de la red	28
3.2 Requisitos generales	28
3.3 Enlace WIFI.....	28
Cálculos de los enlaces	28
3.4 Potencia de transmisión.....	28
3.4.1 Pérdidas en el cable	28
3.4.2 Pérdidas en los conectores	29

3.4.3 Ganancia de las antenas	29
3.4.4 Pérdida en el espacio libre	30
3.4.5 Sensibilidad del receptor	30
3.4.6 Margen de relación S/N	30
3.4.7 PIRE (potencia isotrópica radiada equivalente)	31
3.5 Análisis de requerimientos	32
3.6 Diseño	32
3.7 Requerimientos de ancho de banda de la red	32
3.8 Equipos específicos para la red WIFI de larga distancia con Mikro Tik	35
3.8.1 Antenas	35
3.8.1.1 Especificaciones	36
3.8.1.2 Señal RF	36
3.8.1.3 Especificaciones	38
3.8.1.4 Señal RF	38
3.8.2 Mikro Tik	39
3.9 Diseño de la red WIFI de larga distancia utilizando Radio Mobile	40
ANÁLISIS Y FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA.....	63
3.10 Perspectiva técnica económica	63
3.10.1 VAN Y TIR	65
CONCLUSIONES	70
RECOMENDACIONES	71
LISTA DE REFERENCIAS.....	72
ANEXOS	73

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Ubicación geográfica del sector Luis López.....	4
<i>Figura 2.</i> Ubicación geográfica desde el satélite del sector Luis López.....	5
<i>Figura 3.</i> Punto a Punto..	12
<i>Figura 4.</i> Punto a Multipunto.....	13
<i>Figura 5.</i> Zona de Fresnel.	20
<i>Figura 6.</i> El campo eléctrico y el campo magnético complementario de una onda electromagnética	23
<i>Figura 7.</i> Sistema de transmisión.....	27
<i>Figura 8.</i> Cálculo de radio enlace..	31
<i>Figura 9.</i> Antena Sectorial de 2.4 GHz de 14 dBi de 90° Polarización Horizontal...	35
<i>Figura 10.</i> Señal RF	36
<i>Figura 11.</i> Antena Omnidireccional HyperLink de 15dBi lateral.	37
<i>Figura 12.</i> Señal RF	38
<i>Figura 13.</i> MikroTik..	39
<i>Figura 14.</i> Línea de vista.	40
<i>Figura 15.</i> Mapa del sector Mocha-Yanayacu-Luis López.	41
<i>Figura 16.</i> Propiedades de mapa en Radio Mobile.....	42
<i>Figura 17.</i> Radio Mobile propiedades de las unidades Mocha.....	43
<i>Figura 18.</i> Radio Mobile propiedades de las unidades Yanayacu.	43
<i>Figura 19.</i> Radio Mobile propiedades de las unidades Luis López.....	44
<i>Figura 20.</i> Unidades.....	45
<i>Figura 21.</i> Parámetros de las propiedades de la red Mocha-Yanayacu.....	46
<i>Figura 22.</i> Propiedades de las redes Mocha-Yanayacu	47
<i>Figura 23.</i> Miembros de las propiedades de la red Mocha-Yanayacu.....	48
<i>Figura 24.</i> Sistema de propiedades de red Mocha	49
<i>Figura 25.</i> Radio enlace MOCHA-YANAYACU	50
<i>Figura 26.</i> Radio enlace exitoso MOCHA-YANAYACU	51
<i>Figura 27.</i> Parámetros de las propiedades de la red Yanayacu-Luis López.....	52
<i>Figura 28.</i> Propiedades de las redes Yanayacu-Luis López	53
<i>Figura 29.</i> Miembros de las propiedades de la red Yanayacu-Luis López.....	54
<i>Figura 30.</i> Sistema de propiedades de red Yanayacu.	55
<i>Figura 31.</i> Radio enlace Mocha-Yanayacu.....	56

<i>Figura 32.</i> Radio enlace exitoso Yanayacu-Luis López.....	57
<i>Figura 33.</i> Ubicación de radio bases en el mapa.	58
<i>Figura 34.</i> Línea de vista ente Luis López y los usuarios.....	58
<i>Figura 35.</i> Configuración en la ventana Single polar Radio Coverage	59
<i>Figura 36.</i> Área de cobertura..	60
<i>Figura 37.</i> Área de cobertura..	60
<i>Figura 38.</i> Diferentes intensidades de señal	61
<i>Figura 39.</i> Sectores donde no existe área de cobertura.....	61
<i>Figura 40.</i> Vista de enlace 3D	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Población por grupos de edad	6
Tabla 2. Población por sexo	7
Tabla 3. Población por autoidentificación étnica	7
Tabla 4. Población de 15 años y más de edad por condición de alfabetismo	8
Tabla 5. Población de 12 años y más de edad por estado civil o conyugal.....	8
Tabla 6. Viviendas ocupadas con personas presentes por disponibilidad de servicios higiénicos.....	9
Tabla 7. Viviendas ocupadas con personas presentes por tenencia de la vivienda	9
Tabla 8. Máxima transmisión de potencia en 2.4 GHz por regiones	15
Tabla 9. Comparación de licencias	24
Tabla 10. Rendimiento MikroTik.....	26
Tabla 11. Pérdidas en el cable	29
Tabla 12. Ancho de banda típico para servicio de datos	33
Tabla 13. Demanda total de ancho de banda.....	33
Tabla 14. Especificaciones de la antena direccional	36
Tabla 15. Especificaciones de la antena omnidireccional.....	38
Tabla 16. Ubicación de las unidades latitud, longitud	42
Tabla 17. Datos del sistema Mocha-Yanayacu	63
Tabla 18. Datos del sistema Yanayacu-Luis López	64
Tabla 19. Costo equipos y materiales.....	65
Tabla 20. Datos Inversión Años (Excel)	66
Tabla 21. Datos Inversión Años (Excel)	67
Tabla 22. Flujo de efectivo neto (Excel).....	67
Tabla 23. TIR (Excel).....	68
Tabla 24. Resultados (Excel)	69

ÍNDICE DE ANEXO

Anexo 1. Cotización de torre de 15m.....	73
Anexo 2. Especificaciones del MikroTik metal 5SHPn.....	74

RESUMEN

Debido a que en el sector rural Luis López carecen del servicio de internet, es necesario realizar un estudio en este sector lo cual permita verificar si es factible desarrollar un proyecto que ayude a los usuarios para que accedan al servicio de internet de una manera confiable y eficiente. Para el presente trabajo se recopiló información acerca del número de habitantes del sector, se hizo un reconocimiento del terreno, se registró la ubicación geográfica, longitud latitud, para con todos estos datos diseñar el prototipo de una red de larga distancia utilizando equipos MikroTik, apoyado con el programa de simulación Radio Mobile, donde se realizaron todas las configuraciones requeridas para este prototipo, registrando los datos recopilados del sector y los datos de los equipos de última tecnología a utilizar.

Una vez configurado el prototipo se verificó la comunicación en cada uno de los enlaces, mostrando la factibilidad de la red de larga distancia utilizando equipos MikroTik, garantizando el buen funcionamiento de la red para dar a los usuarios un adecuado servicio de internet.

ABSTRACT

Owing to that in the rural sector Luis López lack of internet service, it's necessary to make a study in this sector which allows to verify whether it is feasible to develop a project that helps the users to access the Internet service reliable and efficient. For this work, was obtained information of the number of inhabitants of the area, became a reconnaissance of the ground, geographic location, longitude latitude, and with all this data design the prototype of a long distance network using MikroTik equipment, supported with the simulation program Radio Mobile, where all settings required for this prototype were performed, recording the data collected from the field data and the data of the equipment of latest technology to use.

After configuring the prototype, the communication was verified in each one of the links, showing the practicability of long distance network using MikroTik equipment, ensuring the proper functioning of the network to give users a suitable internet service.

INTRODUCCIÓN

Debido que en la zona rural Luis López no tienen el servicio de internet y ninguna empresa ha puesto a disposición sus servicios en este sector, procedo a desarrollar este proyecto para que los usuarios de esta comunidad tengan acceso a internet.

Conocer los conceptos básicos de WIFI, protocolo 802.11g para tener conocimiento con lo que se va a trabajar en este proyecto.

Hacer un reconocimiento del terreno donde se va a desarrollar el prototipo de la red de larga distancia utilizando equipos MikroTik.

Concepto básico de teoría que hay que tener en conocimiento para el desarrollo del proyecto, conocimiento de tecnología de última generación que se podría utilizar.

Se desarrolla un prototipo de la red de larga distancia, lo cual es simulado en el programa Radio Mobile, donde es configurado según las necesidades, una vez registrado todos los datos verificamos si es posible implementar nuestra red.

Con el desarrollo de este prototipo demostramos que se puede llegar a zonas rurales que no han sido tomadas en cuenta para tener el servicio de internet.

CAPÍTULO 1

1.1 Tema o título del proyecto

Análisis y diseño de una red de acceso usando el estándar 802.11G/N basado en WIFI de larga distancia con MikroTik para el sector rural Luis López ubicado en la Provincia de Tungurahua, cantón Quero.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Diseñar una red de acceso usando el estándar 802.11G/N basado en WIFI de larga distancia con MikroTik para el sector Luis López ubicado en la Provincia de Tungurahua, cantón Quero.

1.2.2 Objetivos específicos

- Realizar el análisis de la situación inicial.
- Definir los requerimientos necesarios para la conexión a banda ancha de la red WIFI propuesta.
- Realizar el diseño de la red según el requerimiento de la zona donde implementar el proyecto.
- Realizar un análisis de factibilidad técnico, operativo y económico.
- Realizar la simulación de la red propuesta.

1.3 Alcance

Verificar la ubicación geográfica del lugar es el punto de partida para realizar este proyecto, pues esto que permitirá validar la factibilidad del mismo, adicionalmente realizare el levantamiento de información de la población referente a: número de habitantes del lugar y número de personas que requieren el servicio, pues uno de los objetivos de este proyecto es prestar un beneficio a la población a costos accesibles que no afecten la economía de las personas; en base a la información obtenida se seguirá definiendo cuales son las diferentes necesidades y requerimientos para la conexión de banda ancha, en proyectos como este usualmente se requiere de: punto de enlace de un proveedor, torres de asentamiento para las antenas, antenas, cable, terminales, WIFI con MikroTik, etc.; una vez definido los requerimientos se realizó

un análisis de factibilidad técnico, operativo y económico para el desarrollo del proyecto.

1.4 Justificación del proyecto

Mientras la tecnología avanza a ritmo vertiginoso, existen poblaciones o sectores en el país que carecen de acceso a las TIC; con el fin de cerrar esta brecha tecnológica, se diseñará una red de acceso usando el estándar 802.11G/N basada en tecnología WIFI de larga distancia.

Existen diferentes factores que influyen para que tengan acceso a las nuevas tecnologías las áreas rurales como es el caso del sector Luis López, entre estos se puede mencionar los siguientes:

- Las empresas privadas no tiene un interés en expandir los productos tecnológicos hacia estos sectores, debido a que la inversión que realicen no generará la suficiente utilidad.
- El nivel socio económico de la población, dificulta la adquisición de computadoras y por ende el acceso a las TIC no es una prioridad.
- La ubicación geográfica de ciertos sectores rurales no permiten la implementación de nuevas tecnologías.
- El número de personas que habitan en las poblaciones rurales son pequeñas.
- Los habitantes de las poblaciones rurales no tienen conocimiento para el manejo de las TIC.

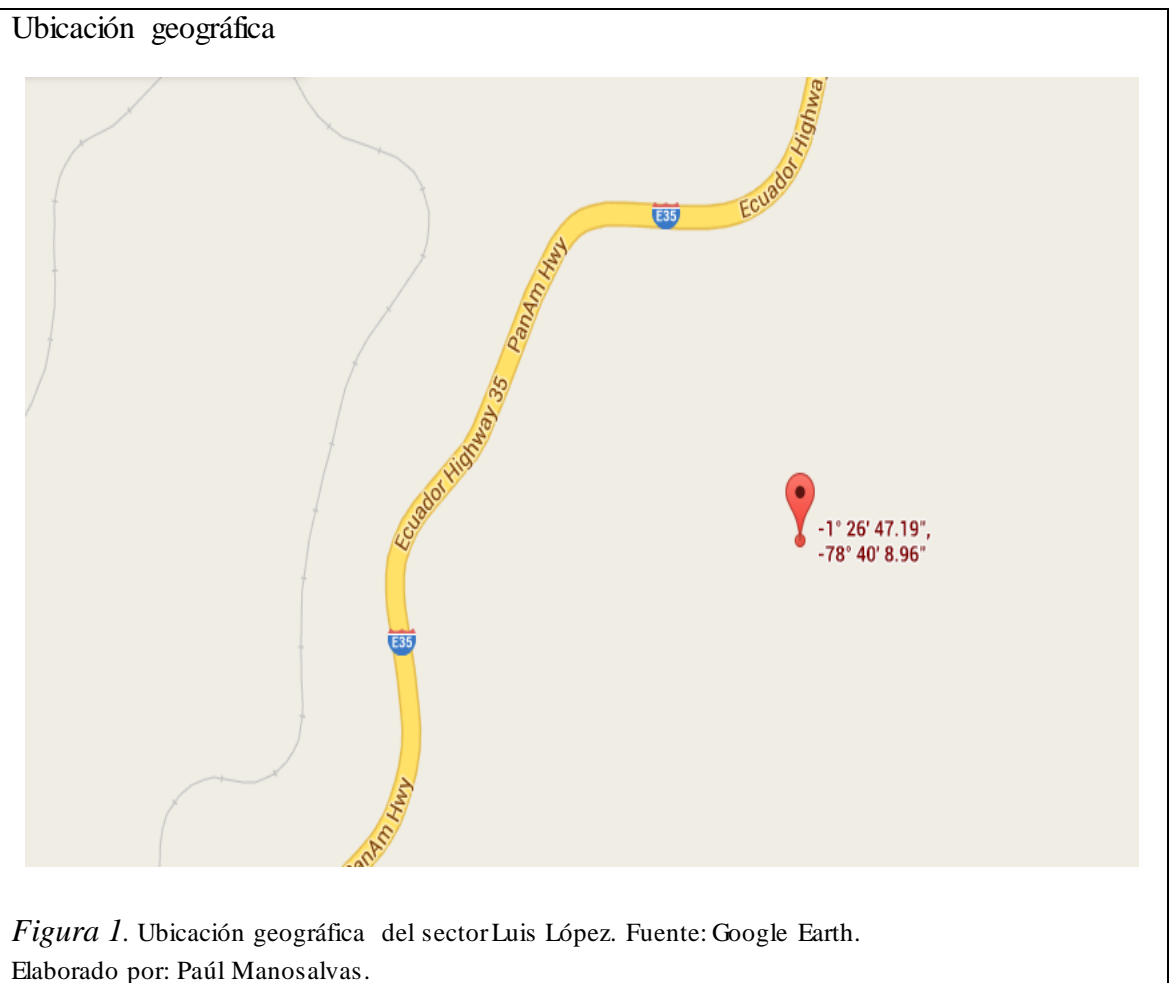
Con la implementación de este proyecto se pretende alcanzar lo siguiente:

- Bajar los costos de implementación de internet, lo cual generará que existan entidades o empresas interesadas en hacer uso de esta tecnología, no solamente en los sectores rurales sino también ver su aplicabilidad a nivel general.
- Que más personas tengan acceso a medios tecnológicos como es el internet y puedan mejorar sus condiciones en cuanto a educación, información, negocios, trabajo, etc.; condiciones que está alineadas a los objetivos

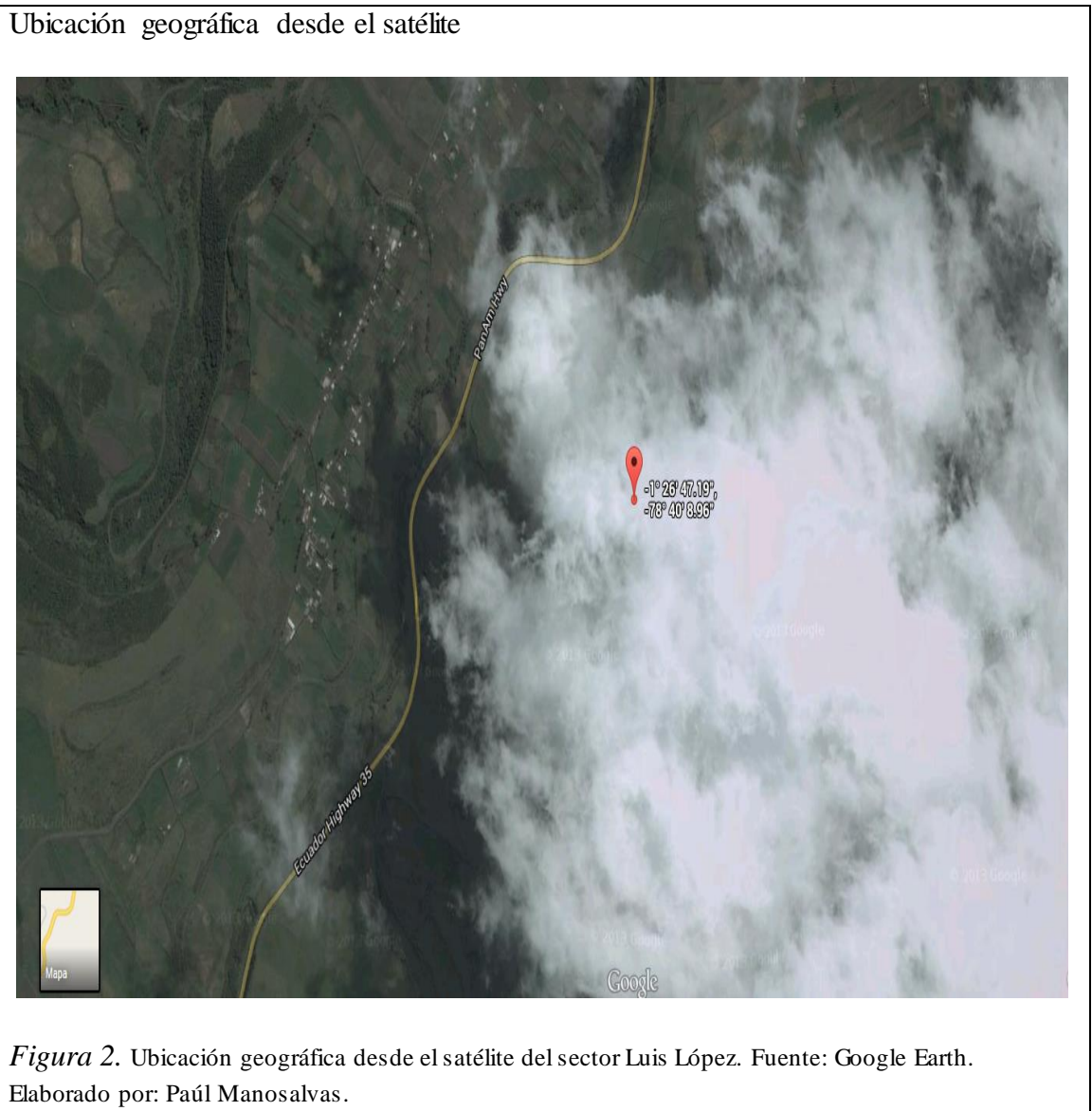
planteados en el plan nacional del buen vivir, como es el mejorar la calidad de vida de la población y auspiciar la igualdad, la cohesión y la equidad social.

- Que las telecomunicaciones sean un elemento de apoyo y desarrollo de las comunidades.
- Se busca que las personas de las comunidades rurales que tengan que viajar a las ciudades más cercanas para hacer uso de los medios tecnológicos, puedan aprovechar de esta tecnología en los lugares donde viven.
- Tener costo por servicios de internet mucho más accesible, lo cual permita que un mayor número de personas tengan acceso a este servicio.

La ubicación geográfica del sector Luis López se puede ver en la figura 1.



La ubicación geográfica desde el satélite del sector Luis López se puede ver en la figura 2.



1.5 Planteamiento del problema

Por la ubicación geográfica y debido que son 420 usuarios, todos ellos se dedican a la agricultura ninguna empresa ha puesto a disposición sus servicios de internet en esta comunidad, no es rentable para ninguna empresa invertir en aquel lugar puesto que no tendrían rentabilidad de ninguna manera lo cual hace que se estanque su desarrollo tecnológico.

1.6 Resumen de la propuesta de investigación

Este proyecto pretende diseñar una red de acceso usando el estándar 802.11G/N basado en WIFI de larga distancia por medio del uso de equipos con MikroTik para el sector San Luis ubicado en la Provincia de Tungurahua, cantón Quero.

Con esto se pretende el desarrollo en el área tecnológica de los pobladores de esta comunidad de una manera eficiente pero sobretodo económica.

1.7 Análisis poblacional

Tabla 1.
Población por grupos de edad

Luis López: población, por grupos de edad		
Censo: 2010		
Grupos de edad	Código Censal	
	180652999005	180652999006
TOTAL	97	312
Menores de 1 año	3	11
1 a 4 años	12	26
5 a 9 años	10	34
10 a 14 años	11	30
15 a 19 años	7	31
20 a 24 años	8	33
25 a 29 años	10	34
30 a 34 años	8	27
35 a 39 años	6	15
40 a 44 años	5	14
45 a 49 años	4	17
50 a 54 años	1	11
55 a 59 años	4	5
60 a 64 años	1	8
65 a 69 años	2	6
70 a 74 años	2	3
75 a 79 años	1	5
80 años y más	2	2

Nota. (INEC, 2011)
Elaborado por: Paúl Manosalvas.

Tabla 2.
Población por sexo

Luis López: población, por sexo			
Censo: 2010			
Código censal	Sexo		Total
	Hombres	Mujeres	
180652999005	52	45	97
180652999006	159	153	312

Nota. (INEC, 2011)
Elaborado por: Paúl Manosalvas.

Tabla 3.
Población por autoidentificación étnica

Luis López: población, por autoidentificación étnica				
Censo: 2010				
Código censal	Autoidentificación étnica			Total
	Indígena	Mestizo	Blanco	
180652999005	0	97	0	97
180652999006	11	295	6	312

Nota. (INEC, 2011)
Elaborado por: Paúl Manosalvas.

Tabla 4.
Población de 15 años y más de edad por condición de alfabetismo

Luis López: población de 15 años y más de edad, por condición de alfabetismo			
Censo: 2010			
Código censal	Población		Población de 10 años y más de edad
	Alfabeta	Analfabeta	
180652999005	49	12	61
180652999006	184	27	211

Nota. (INEC, 2011)
 Elaborado por: Paúl Manosalvas.

Tabla 5.
Población de 12 años y más de edad por estado civil o conyugal

Luis López: población de 12 años y más de edad, por estado civil o conyugal						
Censo: 2010						
Código censal	Estado civil o conyugal					Total
	Casado/a	Unido/a	Separado/a	Viudo/a	Soltero/a	
180652999005	40	2	1	2	23	68
180652999006	150	10	0	5	63	228

Nota. (INEC, 2011)
 Elaborado por: Paúl Manosalvas.

Tabla 6.
Viviendas ocupadas con personas presentes por disponibilidad de servicios higiénicos

Luis López: viviendas ocupadas con personas presentes, por disponibilidad de servicio higiénico				
Censo: 2010				
Código Censal	Disponibilidad de servicio higiénico			Total
	De uso exclusivo	Compartido con varios hogares	No tiene	
180652999005	23	0	0	23
180652999006	64	8	2	74

Nota. (INEC, 2011)
 Elaborado por: Paúl Manosalvas.

Tabla 7.
Viviendas ocupadas con personas presentes por tenencia de la vivienda

Luis López: viviendas ocupadas con personas presentes, por la tenencia de vivienda							
Censo: 2010							
Tenencia de la vivienda							
Código Censal	Propia y totalmente pagada	Propia y la está pagando	Propia (Regalada, donada, heredada o por posesión)	Prestada o cedida (no pagada)	Por servicios	Arrendada	Total
180652999005	20	1	0	2	0	0	23
180652999006	62	4	3	2	2	1	74

Nota. (INEC, 2011)
 Elaborado por: Paúl Manosalvas.

Es importante para el desarrollo del proyecto analizar la población que habita en éste sector y determinar a qué grupo estaría dirigido el servicio. Para este análisis se tomó en cuenta la información obtenida por Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) en el último censo de población y vivienda realizado en el Ecuador en el año 2010, del análisis se obtuvo las siguientes conclusiones que sirven como sustento para la viabilidad en el desarrollo del proyecto:

- En el sector de Luis López el total de la población asciende a 409 habitantes.
- De un total de 272 personas de 10 años en adelante, el 85.66% es decir 233 personas son alfabetos mientras que el 14.34% son analfabetos; tomando en consideración estos datos el factor de alfabetismo juega un punto a favor para el desarrollo del proyecto, debido a que el saber leer y escribir es un elemento básico para utilizar internet y direccionarnos hacia lo que se está buscando.
- Otro elemento a considerar es el número de personas que harían uso de este servicio, tomando en cuenta la utilidad del mismo para el desarrollo de sus actividades sean estas académicas, laborales y/o de servicio personal; del total de la población que son 409 personas, 325 que corresponden al 79,46% harían uso de este servicio, entre las edades de 10 a 49 años. Este porcentaje al ser alto también constituye un punto a favor porque se estaría proporcionando un sin número de beneficios a este grupo de la población.
- Según la Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo (ENEMDU) (INEC, 2011) de diciembre del 2011; en el Ecuador únicamente el 39,80% de la población urbana de 5 años y más usó el internet en los últimos 12 meses. Tomando en consideración esta información se puede dar cuenta del difícil acceso que se tiene en el Ecuador a este tipo de tecnologías, si esto ocurre en el área urbana mucho más difícil es el acceso por no decir imposible en las áreas rurales; de ahí la importancia de proveer de este servicio a poblaciones rurales como es el caso de Luis López.

CAPÍTULO 2

INTRODUCCIÓN A WIFI

2.1 WIFI

WIFI es una red computarizada para el envío de datos que trabajan con ondas de radio en vez de cable lo cual facilita su conectividad, la compañía encargada de certificar y probar que los equipos cumplan con el estándar 802.11 es WECA (Wireless Ethernet Compatibility Alliance).

WIFI comparte la mayoría de su funcionamiento interno con Ethernet, sin embargo difiere en la especificación de la capa física (PHY) utilizando señales de radio en lugar de cable y en su capa de control de acceso al medio (MAC), ya que para controlar el acceso al medio Ethernet usa CSMA/CD, mientras que WIFI usa CSMA/CA. El gran ancho de banda (entre 1 y 11 Mbps para 802.11b y hasta 54Mbps para 802.11a/g) a un precio reducido, lo presenta como una de las mejores opciones para la transmisión de datos, cuando un equipo está cerca al punto de acceso se puede crear una red de alta velocidad siempre y cuando el área donde se va a trabajar este libre y el rango de áreas cerrado sea de (20 a 50 en general). (Araujo, 2008)

2.2 Estándares

La familia de estándares IEEE 802.11 (802.11a, 802.11b y 802.11g), más conocida como WIFI, tiene asignadas las bandas ISM (Industrial, Scientific and Medical) 902-928 MHz, 2.400-2.4835 GHz, 5.725-5.850 GHz para uso en las redes inalámbricas basadas en espectro ensanchado con objeto de lograr redes de área local inalámbricas (WLAN).

El estándar 802.11g es compatible con 802.11b y 802.11n es compatible con 802.11a cuando opera a 5 GHz, y con b/g en la banda de 2.4 GHz. 802.11n puede utilizar dos canales adyacentes de 20 MHz, para un total de 40MHz lo que no está contemplado superiores a 100 Mbps. El estándar permite inclusive mejorar esta cifra utilizando múltiples flujos de datos y ya existen equipos que utilizan esta modalidad.

802.11 a, b y g son ahora parte del estándar IEEE 802.11-2007 que comprende todas las enmiendas ratificadas hasta ese año, incluyendo 802.11e que permite QoS (Calidad de Servicio). (Friendly, 2010)

2.3 Topologías

Las redes inalámbricas complejas se constituyen por la combinación de uno o más de los tipos de conexión que se detallan a continuación:

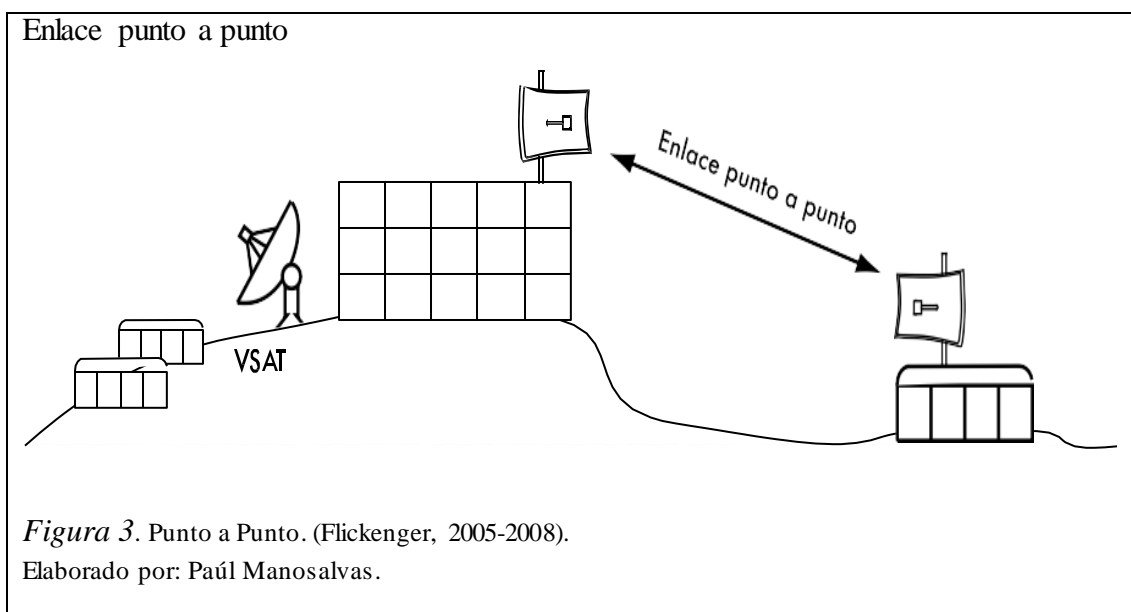
- Punto-a-Punto
- Punto-a-Multipunto

Todo tipo de red inalámbrica aunque no sea WIFI, estará constituida por la combinación de estas configuraciones básicas, es importante volver a estos bloques fundamentales cuando se analiza una red compleja. A medida que la red crece en complejidad, se puede hacer más difícil de analizar. Pero si se reducen diferentes porciones de una red compleja a sólo una de estas tres topologías, se verá claramente cómo es el flujo de la información en la red. (Friendly, 2010)

Cada topología tiene sus ventajas e inconvenientes y deben ser aplicadas apropiadamente al problema que se desea resolver, según las necesidades las requieran. (Friendly, 2010)

2.3.1 Punto a Punto

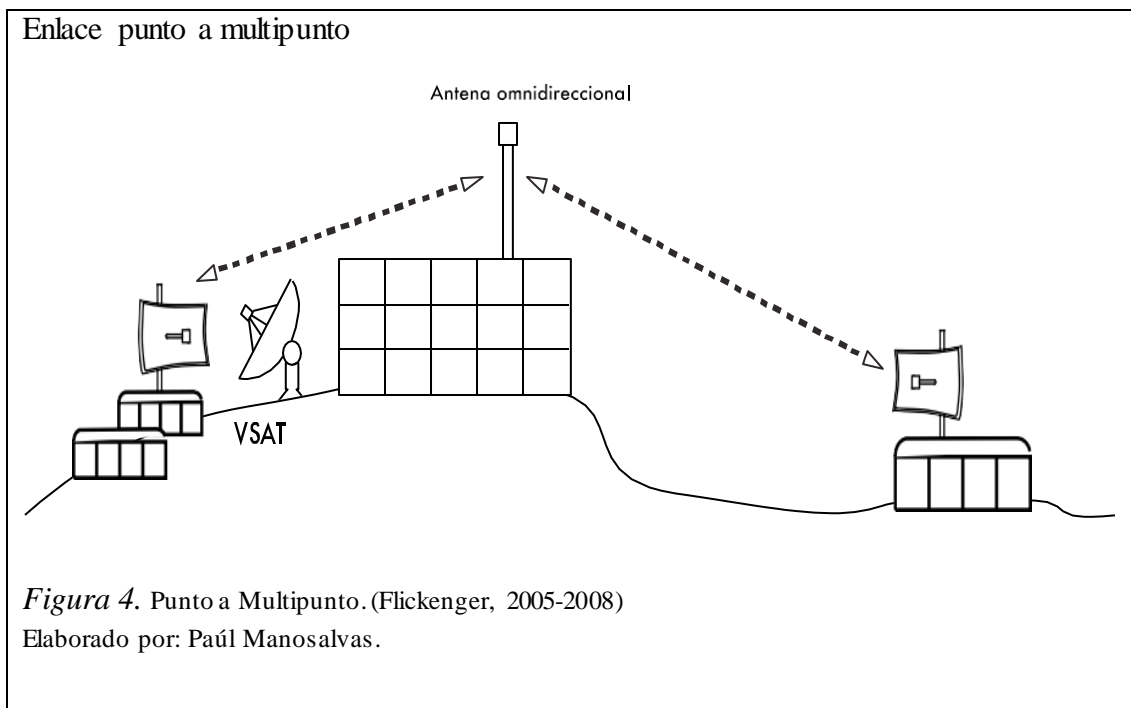
Una de las conexiones más simples es un enlace punto a punto, este tipo de conexión generalmente se usa para conectarse a internet donde el acceso no está disponible, uno de los lados del enlace punto a punto está conectado a Internet, mientras que el otro lado se utiliza para el acceso a ella, como se puede ver en la figura 3. (Flickenger, 2005-2008)



Los enlaces punto a punto ofrecen el mayor caudal posible entre todas las configuraciones mencionadas porque hay muy poca contienda por el uso del canal.

2.3.2 Punto a Multipunto

La siguiente red más comúnmente encontrada es la red punto a multipunto. Cada vez que se tiene varios nodos hablando con un punto de acceso central se está en presencia de una aplicación punto a multipunto como se puede ver en la figura 4.



La red punto a multipunto es la topología más común, a menudo las redes punto a punto pueden evolucionar a redes punto a multipunto. El diseño de redes punto a multipunto es muy diferente al de las redes punto a punto, no se puede simplemente reemplazar una antena parabólica por una omnidireccional y esperar que eso sea todo. La transición de punto a punto a punto multipunto aumenta la complejidad porque ahora se tienen múltiples nodos que compiten por los recursos de la red. El resultado neto es que el caudal total disminuye. (Flickenger, 2005-2008)

2.4 Potencia

Cualquier onda electromagnética contiene energía o potencia. La potencia (P) es de una importancia clave para lograr que los enlaces inalámbricos funcionen: se necesita cierto mínimo de potencia para que el receptor le dé sentido a la señal.

El campo eléctrico se mide en V/m (diferencia de potencial por metro), la potencia contenida en él es proporcional al campo eléctrico al cuadrado

$$P \sim E^2$$

En la práctica hay que medir la potencia por medio de algún tipo de receptor, como ejemplo, una antena y un voltímetro, un medidor de potencia, un osciloscopio, o inclusive una tarjeta inalámbrica y una computadora portátil. La potencia es proporcional al cuadrado del voltaje de la señal. (Flickenger, 2005-2008)

2.5 Decibelios

La técnica sin duda más importante para calcular la potencia es por decibeles (dB).

El decibel es una unidad sin dimensión, define la relación entre dos medidas de potencia. Se define como:

$$N \text{ (dB)} = 10 * \text{Log} (P1 / P0)$$

Donde:

N = nivel de potencia de la señal

P1 = Potencia de la señal en el punto 1

P2 = Potencia de la señal en el punto 2

Además de los dB adimensionales, hay cierto número de definiciones relacionadas que están basadas en una referencia P0 fija. Las más relevantes son:

- **dBm** se define como el nivel de potencia en mW en relación a un nivel de potencia de 1mW.
- **dBi** (decibelio isotrópico) es una unidad para medir la ganancia de una antena en referencia a una antena isotrópica.

Una antena isotrópica es una antena hipotética que distribuye uniformemente la potencia en todas direcciones. La antena que más se aproxima a este concepto es el dipolo, pero una antena isotrópica perfecta no puede ser construida en la realidad. El modelo isotrópico es útil para describir la ganancia de potencia relativa de una antena real.

2.6 WIFI de larga distancia

Una de las tecnologías que se ha tomado en consideración muy seriamente para las comunicaciones de largas distancias es la IEEE802.11, popularmente llamada WIFI; si bien este estándar no se concibió para redes extensas, sus indudables ventajas de costo, uso de frecuencias libres, de licencia y gran ancho de banda, han despertado el interés de diversos agentes tecnológicos de países en desarrollo. Incluso en los núcleos urbanos de muchos países se han dado experiencias de aplicación de WIFI para distribuir el acceso a Internet con la mayor cobertura posible en exteriores. Además, el enorme éxito de WIFI en todos los ámbitos ha dado lugar a una gran cantidad de productos en el mercado, casi todos ellos de bajo consumo, a precios bajos y mucha flexibilidad de uso, especialmente en combinación con desarrollos de software abierto. Respecto al uso de frecuencias en los casos en que no hay un vacío legal, la mayor parte de los estados adoptan las restricciones de la FCC en el uso de las bandas ISM 2.4GHz y 5.8GHz usadas por esta tecnología. Como se puede apreciar en la tabla 8, estas normas son mucho más permisivas que las europeas y permiten realizar en las zonas rurales enlaces tanto punto a punto (PtP) como punto a multipunto (PtMP) de varias decenas de kilómetros. (Araujo, 2008)

Estándares WIFI

Tabla 8.
Máxima transmisión de potencia en 2.4 GHz por regiones

Máxima potencia transmisible	Dominio legal	Normativa
1000 mW	Usa en muchos países en desarrollo	FCC 15.247
100 mW	Europa	ETS 300-328
10 mW	Japón	MTP Ordinance for Regulating Radio Equipment, Article 49-20

Nota. Fuente: (Araujo, 2008, p. 59)
Elaborado por: Paúl Manosalvas.

El estándar 802.11 fue aprobado por el IEEE en 1997, permitiendo trabajar con velocidades de transmisión de 1Mbps y 2Mbps. El estándar IEEE802.11b primero, y luego los estándares IEEE802.11a y IEEE802.11g, añadieron nuevas técnicas de

modulación en la capa física logrando mayores velocidades de transmisión y una mayor robustez en la conectividad. El estándar IEEE802.11g fue desarrollado a raíz del importante problema de incompatibilidad entre los equipos de IEEE802.11a y IEEE802.11b. Además, la creación de este estándar atendía al interés en incrementar la capacidad de los equipos y redes WIFI. IEEE802.11g trabaja en la banda de frecuencia de 2.4GHz, manteniendo además los mismos canales y modulaciones de IEEE802.11b, y añade el sistema OFDM mediante el cual se soportan velocidades de transmisión de hasta 54Mbps.

2.7 Problemática del uso de WIFI para largas distancias

En cuanto la tecnología WIFI fue en su inicio diseñada para redes locales, la mayor dificultad reside en su aplicación para largas distancias.

2.7.1 Capa física

En una cuidadosa revisión del estándar no deja entrever ningún elemento de la capa física que limite el alcance de las comunicaciones WIFI en término de distancia si no es el balance de enlace. Los límites físicos de distancia alcanzable con WIFI dependen, por lo tanto, de los siguientes parámetros:

- Las pérdidas de propagación.
- La sensibilidad de recepción.
- La mínima relación señal a ruido que estemos dispuestos a aceptar como suficiente.

Este propio estándar determina que los límites de potencia que se puede transmitir dependen de la legislación que atañe a la banda de frecuencias ISM para cada región geográfica, hay varios aspectos de la capa física que se debe tomar en cuenta para obtener una mayor estabilidad en el enlace: (Araujo, 2008)

2.7.2 Velocidad

El protocolo IEEE802.11 recoge distintas velocidades según el modo de funcionamiento: 1, 2, 5.5 y 11 Mbps para 802.11b; 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48 y 54 Mbps para 802.11a, y el conjunto de todas las anteriores para el modo 802.11g. Estos modos usan diferentes tipos de modulación y codificación, de forma que cuanto mayor sea

la velocidad, mayor es la potencia necesaria en recepción para mantener un enlace con un BER bajo. Esta potencia, llamada sensibilidad, obliga a usar velocidades bajas si se quiere lograr enlaces de larga distancia con una cierta estabilidad. La diferencia en la sensibilidad de recepción entre 1 y 11Mbps, aunque depende de los equipos, suele ser de más de 10 dB, lo cual equivale prácticamente a cuadruplicar con 1Mbps el alcance que se tiene con 11Mbps. Si además se tiene en cuenta que la banda ISM 2.4 GHz impone limitaciones en cuanto al nivel de potencia que es legal transmitir. La aparición de tarjetas con mejores sensibilidades o la tecnología 802.11g pueden ayudar a lograr velocidades mayores. (Araujo, 2008)

2.8 Arquitectura de redes WIFI para larga distancia

La topología de red IEEE 802.11 más usada ha sido en modo infraestructura. En ella todas las estaciones que forman parte de la red se comunican entre sí a través de un punto de acceso. De esta forma, las estaciones que se encuentran a demasiada distancia una de la otra pueden comunicarse a través de él. El punto de acceso puede además proporcionar acceso a redes exteriores. Sin embargo, la topología más básica de una red WIFI es aquella en la que un conjunto de estaciones (mínimo dos), se conectan entre sí de forma directa. Dicha topología suele recibir el nombre de red Ad-Hoc. En este tipo de redes las estaciones se comunican de forma directa a través del medio inalámbrico sin que medie ninguna otra. Debido a las limitaciones inherentes en el alcance de las transmisiones puede que no todas las estaciones sean capaces de establecer comunicación entre sí, puesto que deberán estar dentro del rango del alcance una de otra.

2.8.1 Estación pasarela

Puede haber una o varias de estas estaciones en una red inalámbrica, pero lo más frecuente sea que no se disponga más que de una. El uso de más de una implica el uso de encaminamiento dinámico. Estas estaciones frecuentemente tendrán que desempeñar funciones como NAT o cortafuegos.

2.8.2 Repetidor

Los distintos repetidores se unen formando la red troncal que se encarga de conmutar las comunicaciones con otras estaciones.

2.8.3 Estación cliente

Las estaciones cliente son aquellas que se benefician y hacen uso de todos los servicios que la red pone a su servicio. Estos servicios se basan principalmente en: correo electrónico, acceso a la Internet y la transferencia de archivos entre todas las computadoras de la red.

2.8.4 Enrutador inalámbrico

El elemento principal de las estaciones cliente es el enrutador inalámbrico dado que es el encargado de conectarse con la red troncal y por ese medio a Internet. Además sirve para crear, mediante sus interfaces cableadas, las redes LAN de cada estación final.

2.9 Antenas y diagramas de radiación

Las antenas son un componente muy importante de los sistemas de comunicación. Las antenas exhiben una propiedad conocida como reciprocidad, lo cual significa que una antena va a mantener las mismas características sin importar si está transmitiendo o recibiendo. La mayoría de las antenas son dispositivos resonantes que operan eficientemente sólo en una banda de frecuencia relativamente baja. Una antena debe ser sintonizada en la misma banda que el sistema de radio al que está conectada para no afectar la recepción y transmisión. Cuando se alimenta la antena con una señal, esta emitirá radiación distribuida en el espacio de cierta forma. La representación gráfica de la distribución relativa de la potencia radiada en el espacio se llama diagrama o patrón de radiación.

2.10 Ancho de banda

El ancho de banda representa la velocidad de un canal de transmisión. Sin embargo, en realidad es la cantidad de información que puede transmitirse en un segundo de tiempo por ese canal de comunicación. Esto depende de la capacidad de manejar los bits (unos y ceros).

Se define dos tipos de velocidades de los canales de transmisión de datos:

Normal: Siempre es mayor a la efectiva, determina la máxima velocidad, puede manejar colisiones, fallas, errores y pérdidas que reducen sustancialmente la velocidad.

Efectiva: Determina la cantidad real de datos que el canal está transmitiendo.

2.11 Directividad y ganancia de una antena.

- **La directividad** es la propiedad de una antena de transmitir enfocando la energía en una dirección particular, o de recibirla de una dirección en particular. Si un enlace inalámbrico utiliza ubicaciones fijas para ambos extremos, es posible utilizar antenas directivas, para concentrar la transmisión de la radiación en la dirección deseada. En una aplicación móvil, donde la antena no está fijada a un punto, es imposible predecir dónde va a estar, y por lo tanto la antena debería radiar en todas las direcciones del plano horizontal, por lo que en estas aplicaciones se utiliza una antena omnidireccional.
- **La ganancia** se expresa con referencia a una antena estándar. Las dos referencias más comunes son la antena isotrópica y la antena dipolo resonante de media longitud de onda. La antena isotrópica irradia en todas direcciones con la misma intensidad, en la realidad esta antena no existe, pero provee un patrón teórico útil y sencillo con el que comparar las antenas reales. Cualquier antena real va a irradiar más energía en algunas direcciones que en otras. Puesto que las antenas no crean energía, la potencia total irradiada es la misma que una antena isotrópica. Toda energía adicional radiada en las direcciones favorecidas es compensada por menos energía radiada en las otras direcciones. La ganancia no es una cantidad que pueda ser definida en términos de una cantidad física como vatios u ohmios: es un cociente sin dimensión.

2.12 Diagramas o patrones de radiación

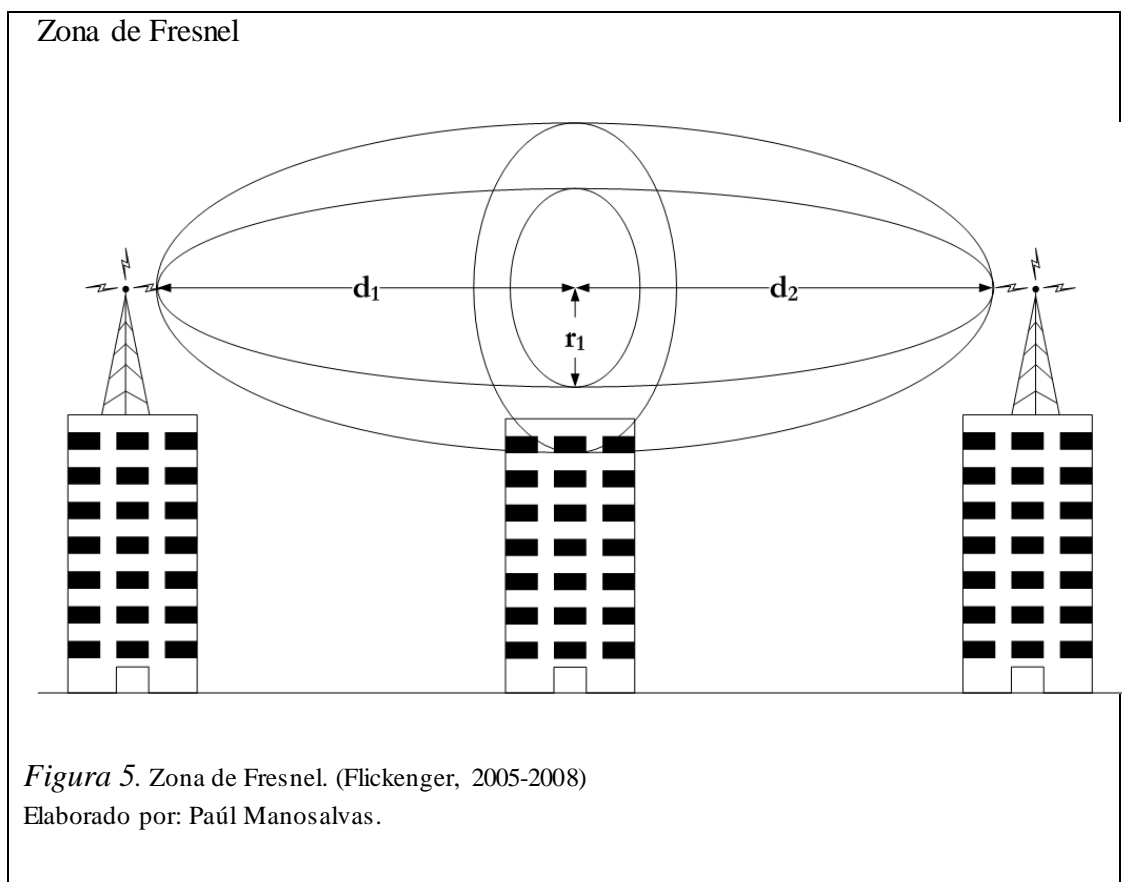
Los patrones o diagramas de radiación describen la intensidad relativa del campo radiado en varias direcciones desde la antena a una distancia constante. El patrón de radiación es también de recepción, porque describe las propiedades de recepción de la antena. El patrón de radiación es tridimensional, pero generalmente las mediciones de los mismos son una porción bidimensional del patrón, en el plano horizontal o vertical. Estas mediciones son presentadas en coordenadas

rectangulares, o en coordenadas polares.

2.13 Zona de Fresnel

Es una zona de despeje adicional que hay que tener en consideración en un enlace microonda punto a punto, además de la visibilidad directa entre las dos antenas. Este factor deriva de la teoría de ondas electromagnéticas, respecto de la expansión de las mismas al viajar en el espacio libre, esta expansión resulta en reflexiones y cambios de fase al pasar sobre un obstáculo. El resultado es un aumento o disminución en el nivel de intensidad de la señal recibida, hay que tener en cuenta:

- Siendo muy importante la Zona de Fresnel, es relevante cuantificar el efecto de bloqueo parcial, típicamente el 20% - 40% de bloqueo introduce muy poca atenuación en el enlace.
- Se recomienda que en un enlace no sea más de un 20% de bloqueo de la Zona de Fresnel.



Fórmula:

$$r_n = 547,723 \sqrt{\left(\frac{n \cdot d_1 \cdot d_2}{f \cdot d} \right)}$$

r_n es el radio de la n ésima zona de Fresnel [m].

n es el número de la zona de Fresnel n ésima en [m]

d_1 es la distancia desde el transmisor al objeto en [Km].

d_2 es la distancia desde el objeto al receptor en [Km].

d es la distancia total del enlace en [Km].

f es la frecuencia en [MHz].

2.13.1 Ancho del haz

El ancho del haz de una antena usualmente se entiende como ancho del haz limitado por los puntos de media potencia. Se encuentra el pico de intensidad de radiación, luego se localizan los puntos de ambos lados del pico que representan la mitad de la potencia de intensidad del pico. La distancia angular entre los puntos de mitad potencia se define como el ancho del haz. La mitad de la potencia expresada en decibeles es de -3dB, por lo tanto algunas veces el ancho del haz a mitad de potencia es referido como el ancho del haz a 3dB. Generalmente se consideran tanto el ancho de haz vertical como horizontal. Suponiendo que la mayoría de la potencia radiada no se dispersa en lóbulos laterales, entonces la ganancia directiva es inversamente proporcional al ancho del haz: cuando el ancho del haz decrece, la ganancia directiva se incrementa.

2.13.2 Lóbulos laterales

Ninguna antena es capaz de radiar toda la energía en una dirección preferida. Inevitablemente una parte de ella es radiada en otras direcciones. Esos picos más pequeños son denominados lóbulos laterales, especificados comúnmente en dB por debajo del lóbulo principal.

2.13.3 Nulos

En los diagramas de radiación de una antena, una zona nula es aquella en la cual la potencia efectivamente radiada está en un mínimo. Un nulo a menudo tiene un ángulo de directividad estrecho en comparación al haz principal. Los nulos son útiles para varios propósitos tales como la supresión de señales interferentes en una dirección dada.

2.13.4 Polarización

La polarización se define como la orientación del campo eléctrico de una onda electromagnética. Dos casos especiales de la polarización son la polarización lineal y la polarización circular. La polarización inicial de una onda de radio es determinada por la antena. Con la polarización lineal, el vector del campo eléctrico se mantiene en el mismo plano todo el tiempo. El campo eléctrico puede dejar la antena en una orientación vertical, horizontal o en algún ángulo entre los dos. La radiación polarizada verticalmente se ve ligeramente menos afectada por las reflexiones en el camino de transmisión. Las antenas omnidireccionales siempre tienen una polarización vertical. Con la polarización horizontal, tales reflexiones causan variaciones en la intensidad de la señal recibida. Las antenas horizontales tienen menos probabilidad de captar interferencias generadas por el hombre, normalmente polarizadas verticalmente. En la polarización circular el vector del campo eléctrico aparece rotando con un movimiento circular en la dirección de la propagación, haciendo una vuelta completa para cada ciclo de RF. Esta rotación puede ser hacia la derecha o hacia la izquierda. La elección de la polarización es una de las elecciones de diseño disponibles para el diseñador del sistema de RF.

Campo eléctrico y campo magnético

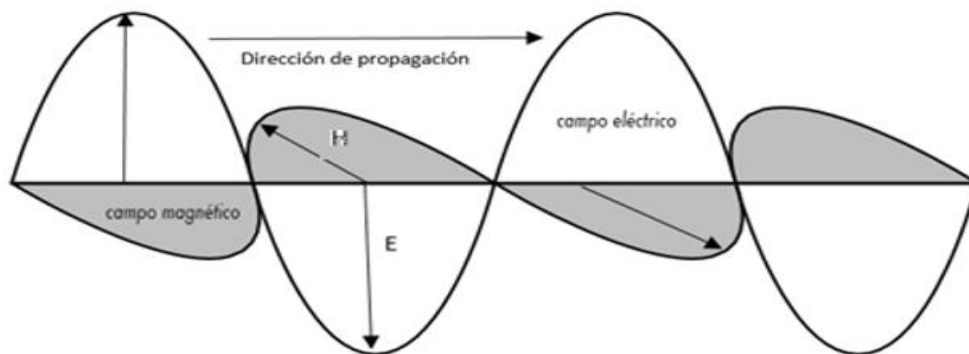


Figura 6. El campo eléctrico y el campo magnético complementario de una onda electromagnética. (Flickenger, 2005-2008).

Elaborado por: Paúl Manosalvas.

2.13.5 Relación de ganancia adelante/atrás

A menudo es útil comparar la Relación de Ganancia adelante/atrás de las antenas direccionales. Este es el cociente de la directividad máxima de una antena con relación a su directividad en la dirección opuesta. Por ejemplo, cuando se traza el patrón de radiación en una escala relativa en dB, la relación de ganancia adelante/atrás es la diferencia en dB entre el nivel de radiación máxima en la dirección delantera y el nivel de radiación a 180 grados. Este número no tiene sentido para un antena omnidireccional, pero brinda una idea de la cantidad de potencia dirigida hacia adelante en una antena muy direccional. (Flickenger, 2005-2008)

2.14 MikroTik

MikroTik RouterOS es un sistema operativo basado en el kernel de Linux 2.6 usado en el hardware de los MikroTik RouterBOARD que es la división de hardware de la marca MikroTik. Se caracteriza por poseer su propio sistema operativo de fácil configuración. Estos dispositivos poseen la ventaja de tener una relación costo/beneficio muy alta.

2.14.1 Comparación de licencias

Las licencias para el router MikroTik pueden ser adquiridas con facilidad, de estas existen diferentes tipos de niveles como de nivel 1, 2, 3, 4, 5 y 6, en la que cada una de estas está disponible dependiendo de las necesidades de los usuarios.

El nivel 1 es la licencia de demostración, el nivel 2 era una licencia de transición del legado antiguo en la que está ya no está disponible, el nivel 3 es una estación inalámbrica (cliente o CPE) única licencia, se lo puede obtener en grandes cantidades, la versión actual es v5 (5 Routers) la actualización es aplicable a keys compradas después del lanzamiento de v5. En la siguiente tabla especificamos todos los niveles, como se ve en la tabla 9.

Licencias

Tabla 9.
Comparación de licencias

Número de nivel	0 (modo de prueba)	1 (Demo gratuito)	3 (CPE WISP)	4 (WISP)	5 (WISP)	6 (Contralor)
Precio		es necesario registrarse	sólo volumen	\$ 45	\$ 95	\$ 250
Soporte Config inicial	-	-	-	15 días	30 días	30 días
AP Inalámbrico	24h	-	-	si	si	si
Cliente inalámbrico y el puente	24h	-	si	si	si	si
RIP, OSPF, BGP protocolos	24h	-	si (*)	si	si	si
Túneles EoIP	24h	1	ilimitado	ilimitado	ilimitado	ilimitado
Túneles PPPoE	24h	1	200	200	500	ilimitado
Túneles PPTP	24h	1	200	200	500	ilimitado
Túneles L2TP	24h	1	200	200	500	ilimitado

Túneles OVPN	24h	1	200	200	ilimitado	ilimitado
Interfaces VLAN	24h	1	ilimitado	ilimitado	ilimitado	ilimitado
Usuarios activos HotSpot	24h	1	1	200	500	ilimitado
Ciente RADIUS	24h	-	si	si	si	si
Colas	24h	1	ilimitado	ilimitado	ilimitado	ilimitado
Proxy web	24h	-	si	si	si	si
Sesiones activas Administrador de usuarios	24h	1	10	20	50	Ilimitado
Número de huéspedes KVM	Ninguno	1	Ilimitado	Ilimitado	Ilimitado	Ilimitado

Nota. (Mikrotik, 2012)
Elaborado por: Paúl Manosalvas.

MikroTik fue creado con el principal objetivo de brindar seguridad, flexibilidad, rapidez, economía y son sencillos lo cual es un gran beneficio para la administración.

Las principales características de MikroTik son:

- Potencia control de QoS.
- Filtrar el tráfico P2P.
- Alta disponibilidad con VRRP.
- Vinculación de interfaces.
- Más pequeño y consume menos recursos.
- Una gran cantidad de nuevas características.
- Avanzada en la calidad de servicios.
- Cortafuegos, túneles.
- STP puente con el filtrado.
- Alta velocidad 802.11 a/b/g inalámbrica con WEP/WPA.

- WDS y AP Virtual.
- HorSpot para acceder Plug-and-Play.
- RIP, OSPF, BGP, MPLS de enrutamiento.
- Remoto WinBox GUI y Web Admin.
- Telnet/mac-telnet/ssh/consola de administración en tiempo real, configuración y monitorización. (Mikrotik, 2012)

2.14.2 Rendimiento

Tabla 10.
Rendimiento MikroTik

RBMetal5SHPn (400Mhz)		Prueba de puerto Gigabit		RouterOS			
Modo	Configuración	64 byte		512 byte		1518 byte	
		kpps	Mbps	kpps	Mbps	kpps	Mbps
Bridging	ninguno (vía rápida)	194.0	127.3	178.4	756.6	81.2	997.8
Bridging	25 puentes reglas de filtrado	53.7	35.2	52.3	221.9	51.5	633.0
Enrutamiento	ninguno (vía rápida)	183.7	120.5	167.0	708.1	81.2	997.8
Enrutamiento	25 colas simples	92.8	60.8	88.5	375.1	81.2	997.8
Enrutamiento	25 reglas de filtrado IP	37.5	24.6	38.4	162.6	37.6	462.4

Nota. (Mikrotik, 2012)

Elaborado por: Paúl Manosalvas.

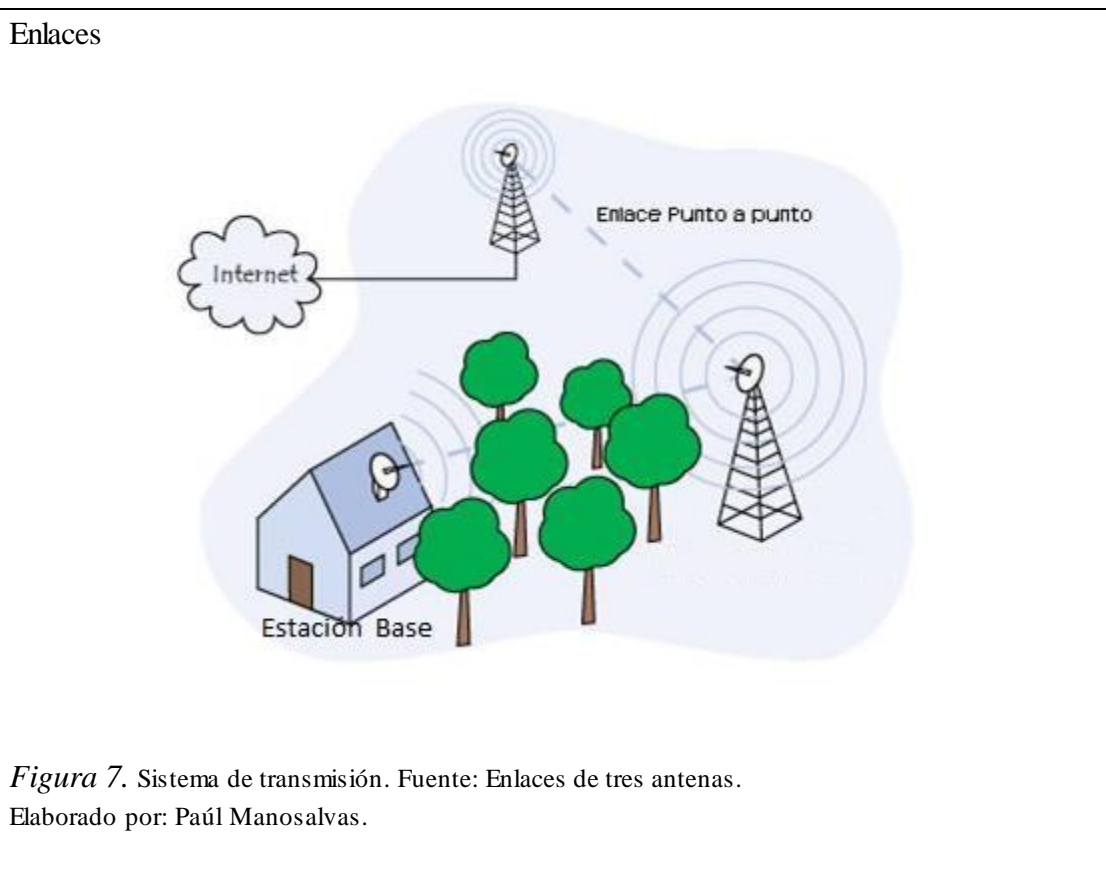
CAPÍTULO 3

DISEÑO DE UNA RED WIFI DE LARGA DISTANCIA CON MIKROTIK

3.1 Introducción

Se realiza un diseño para una red WIFI de larga distancia con MikroTik para la zona de San Luis ubicado, en la provincia de Tungurahua, donde se utilizarán los materiales según las necesidades al terreno donde se los va a ubicar, se hará referencia a los equipos que se encuentran en el mercado vigente para poder implementar en dicho lugar.

Se utilizará en este proyecto tres torres de 15 metros de alto, tres antenas direccionales, una antena omnidireccional, WIFI de larga distancia con equipos MikroTik.



Requisitos para el diseño de la red

3.2 Requisitos generales

- La implementación debe ser accesible en todos sus aspectos de instalación, configuración e implementación.
- El enlace debe ser robusto, sólido con una redundancia en las rutas de acceso.
- La red debe tener una estabilidad, ser redundante para garantizar la estabilidad del enlace, con lo cual garantizamos el servicio.
- Obtener un buen ancho de banda para brindar un buen servicio de voz, video, aplicaciones e internet a los usuarios.

3.3 Enlace WIFI

Es la conexión de dos o más puntos conectados entre sí mediante una tecnología inalámbrica WIFI 802.11g, lo cual es similar a conectarse entre varios hosts sin tener un cableado entre hosts, las ondas serán la vía de conexión entre los equipos. Para que se cumpla aquello tiene que existir la suficiente potencia de la señal proveniente de la antena caso contrario la eficiencia del sistema no será la deseada.

Cálculos de los enlaces

3.4 Potencia de transmisión

La potencia de transmisión es la potencia de salida del radio. El límite superior depende de las regulaciones vigentes en cada país, los radios con mayor potencia de salida son más costosos. La potencia de transmisión del radio normalmente se encuentra en las especificaciones técnicas del vendedor, por lo cual obtendrán valores ideales, los valores pueden variar por ciertos factores como la temperatura y la tensión de alimentación.

La potencia de transmisión típica en los equipos IEEE802.11 varía entre 15-26 dBm (30-400mW).

3.4.1 Pérdidas en el cable

Es muy común la pérdida debido a la atenuación, el cable de la antena debe ser lo más corto posible, son dependientes de la frecuencia, los valores típicos de pérdidas

varían entre 1dB/m hasta 0.1dB/m, tener siempre en cuenta que para menores pérdidas mayor es el precio del cable como se ve en la tabla 11.

Tabla 11.
Pérdidas en el cable

Tipo de cable	Atenuación dB/metros	
RG174	1.20	1.85
RG316	1.10	1.70
RG58	0.83	1.40
RG58U	0.57	0.89
LMR195	0.56	0.88
RF213U	0.39	0.51
C2FP	0.23	0.36
LMR400	0.23	0.35
LDF4/50 ^a	0.13	0.21

Nota. dB= decibelio. Fuente: (Flickenger, 2005-2008, p. 99)
Elaborado por: Paúl Manosalvas

3.4.2 Pérdidas en los conectores

La pérdida por cada conector en el cableado es de 0,25dB, cuando el conector está mal fabricado la pérdida puede ser mayor. Al usar cables largos, la suma de las pérdidas en los conectores está incluida en una parte de la ecuación de pérdidas en los cables. El promedio de pérdidas es 0,3 a 0,5 dB por conector por la regla general.

Los protectores contra descargas eléctricas que se usan entre las antenas y el radio deben ser presupuestadas hasta con 1dB de pérdida, dependiendo del tipo.

3.4.3 Ganancia de las antenas

Para obtener una ganancia completa se debe tener una instalación óptima, lo cual evita que disminuya la ganancia real de la antena.

- 2 dBi antena integrada simple.
- 8 dBi omni direccional estándar.

- 21-30 dBi parabólica.

3.4.4 Pérdida en el espacio libre

La mayor parte de potencia de la señal de radio se perderá en el radio. Aún en el vacío, una onda de radio pierde energía que se irradia en direcciones diferentes a la que puede capturar la antena receptora. Se mide la potencia que se pierde sin ninguna clase de obstáculo. La señal de radio se debilita en el aire debido a la expansión dentro de una superficie esférica, la pérdida en el espacio libre es proporcional al cuadrado de la distancia y también proporcional al cuadrado de la frecuencia.

$$\text{FSL (dB)}=20\log_{10}(d)+20\log_{10}(f)+K$$

FSL (free Space Loss) perdida en el espacio libre

d= distancia

f= frecuencia

K= constante que depende de las unidades usadas en d y f

3.4.5 Sensibilidad del receptor

Es un parámetro que merece especial atención, ya que identifica el valor mínimo de potencia que necesita para decodificar o extraer bits lógicos y alcanzar una cierta tasa de bits, cuando más baja sea la sensibilidad, menor será la recepción del radio.

3.4.6 Margen de relación S/N

Siempre es necesario un cierto margen entre la señal y el ruido (SNR), no es suficiente que la señal sea mayor que el ruido, la relación entre ruido y la señal se mide por la tasa de señal a ruido (S/N).

Un requerimiento típico de la SNR es:

- 16 dB para una conexión de 11 Mbps.
- 4 dB para una conexión de 1 Mbps.

Se debe tener en cuenta que en las áreas urbanas donde hay muchos radioenlaces operando, es común encontrar altos niveles de ruido (-92dBm).

3.4.7 PIRE (potencia isotrópica radiada equivalente)

Es la potencia de una antena isotrópica, emitida para producir la densidad del punto de potencia observado en la dirección de la máxima ganancia de la antena. La PIRE es el resultado de restar pérdidas de potencia en el cable y conectores y sumar la ganancia relativa de la antena a la potencia del transmisor.

$$\text{PIRE (dBm)} = \text{Pt (dBm)} - \text{At (dB)} - \text{Ac (dB)} + \text{Gt (dBi)}$$

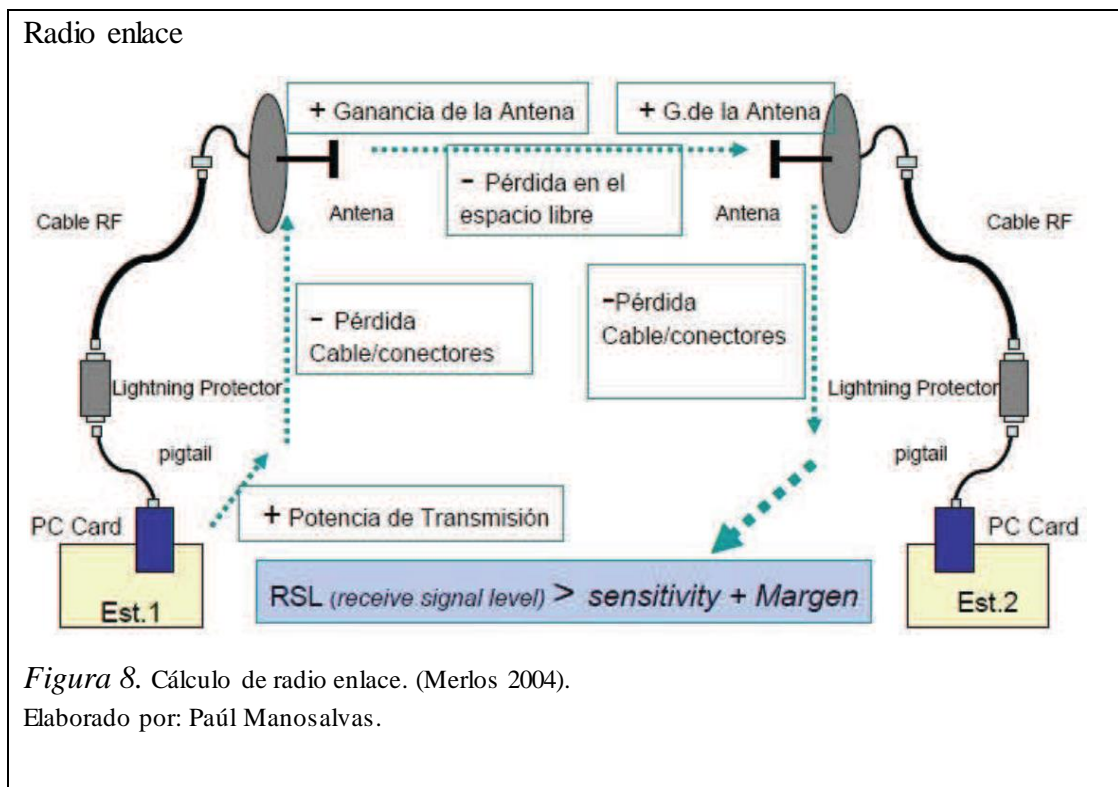
Dónde:

Pt: potencia de Tx

At: atenuación en el cable de Tx

Ac: atenuación en los conectores

Gt: Ganancia de la antena de Tx



3.5 Análisis de requerimientos

- **Interactividad.** El usuario requiere que la red le permita un fácil acceso de navegación al internet bajo el control de su administrador.
- **Confiabilidad.** El usuario requiere un mínimo de riesgo de caída de interconexión con el internet para su navegación.
- **Calidad.** El administrador debe estar en constante mantenimiento de la red, relativamente fácil para él sin la necesidad de realizar configuraciones complicadas para solventar una posible caída del internet.
- **Flexibilidad.** La red tiene que estar creada de una manera que permita un crecimiento en su estación de servicio.
- **Seguridad.** La red tiene que tener un nivel alto y adecuado de seguridad para que los usuarios estén protegidos ante cualquier amenaza de robo de información.

3.6 Diseño

El diseño de una red WIFI de larga distancia con MicoTik es muy eficiente en este tipo de lugares, ya que los usuarios pueden acceder a internet fácilmente y poder transmitir y recibir voz, datos y videos perfectamente en todo el sector que están ubicados los usuarios.

3.7 Requerimientos de ancho de banda de la red

Se toma valores típicos de ancho de banda, tomando en cuenta los servicios que se proveerán, estos valores se utilizarán como referencia para la implementación del proyecto para dimensionar el ancho de banda como se ve en la tabla 12.

$$AB = G * C$$

Donde:

AB = Ancho de banda a contratar

G = Ancho de banda a garantizar por usuario

C = Concurrencia de las personas (cantidad de personas que utilizan internet simultáneamente)

$$AB= 256 \text{ Kbps} * 409 = 104.704$$

Tabla 12.
Ancho de banda típico para servicio de datos

SERVICIOS	ANCHO DE BANDA TÍPICO[KBPS]
Correo Electrónico	19.3
Transmisión de archivos	19.4
Internet	33
Redes sociales	33
TOTAL	104.7

Nota. KBPS= kilobit por segundo. (Ancho de banda típico)
Elaborado por: Paúl Manosalvas

Se tiene que tener en cuenta que para obtener estos valores se tiene el número aproximado de personas que viven en el sector.

Adicional se debe considerar el factor de uso/hora pico el cual se toma como referencia el 1%, este valor permitirá tener una visión de la gran cantidad de tráfico que habrá en la red en determinadas horas picos.

$$AB = \#USUARIOS * AB \text{ servicio} * \text{factores de uso/hora pico}$$

$$AB = 409 * 104.7 * 0.01\%$$

$$AB = 428.223 \text{ Kbps} = 0.42 \text{ Mbps}$$

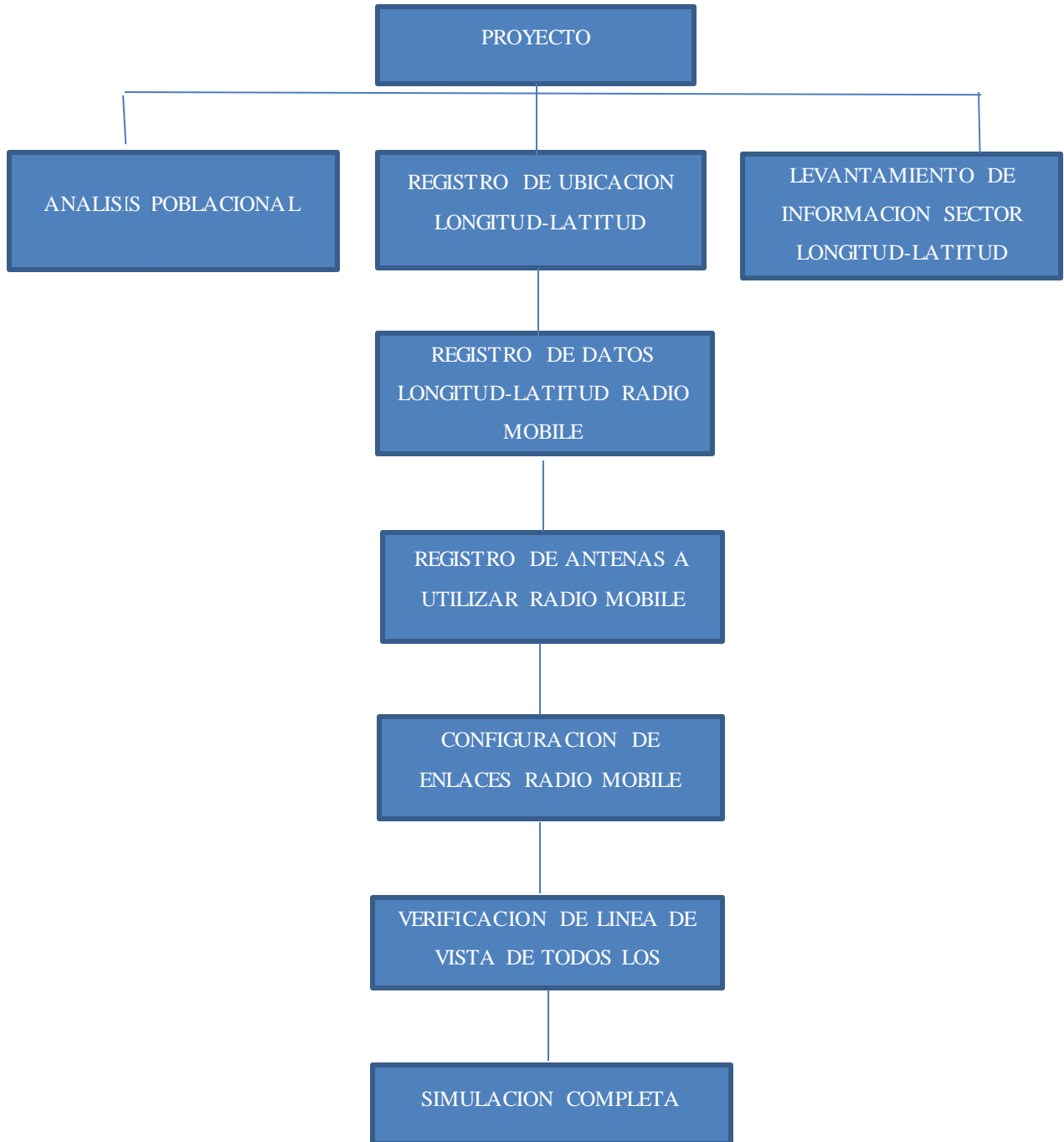
Tabla 13.
Demanda total de ancho de banda

USUARIOS	ANCHO DE BANDA (Mbps)
409	0.42

Nota. Mbps= megabit por segundo. (Paúl Manosalvas)
Elaborado por: Paúl Manosalvas

El valor del ancho de banda que se tiene como referencia fue tomada de los usuarios que hipotéticamente se encuentran dentro del 1% y harán uso de los servicios simultáneamente en una determinada hora pico que es de 0.42 Mbps.

Diagrama del proyecto



3.8 Equipos específicos para la red WIFI de larga distancia con MikroTik

Para el diseño de la red WIFI de larga distancia se lo realizó con los siguientes equipos.

3.8.1 Antenas

Antena Sectorial de 2.4 GHz de 14 dBi de 90° Polarización Horizontal, Wireless, LAN HG2414HSP-090.

Su polarización horizontal combina una alta ganancia con un ancho de onda de 90°. Su calidad profesional "cell site" está diseñada principalmente para proveedores de servicio en la banda ISM de 2.4 GHz. También se incluyen las aplicaciones para redes inalámbricas IEEE 802.11b y 802.11g, compatible con todas las marcas de AccessPoint (AP).

Debido a que esta antena tiene polarización horizontal, es ideal para uso en áreas susceptibles a interferencia donde operan equipos inalámbricos con polarización vertical. Con la reducción de esta interferencia se puede lograr una mejor recepción de la señal inalámbrica.

Es fuerte y resistente a la intemperie, ofrece una cobertura de plástico durable y fuerte para operar en todo tipo de clima. El sistema de montaje permite instalaciones ajustables de 0 a 20 grados de inclinación.

Ideal para proveedores de servicio inalámbrico, la cobertura horizontal es total a 90 grados.

Antena sectorial



Figura 9. Antena Sectorial de 2.4 GHz de 14 dBi de 90° Polarización Horizontal.

(Comunicaciones, 2015)

Elaborado por: Paúl Manosalvas.

3.8.1.1 Especificaciones

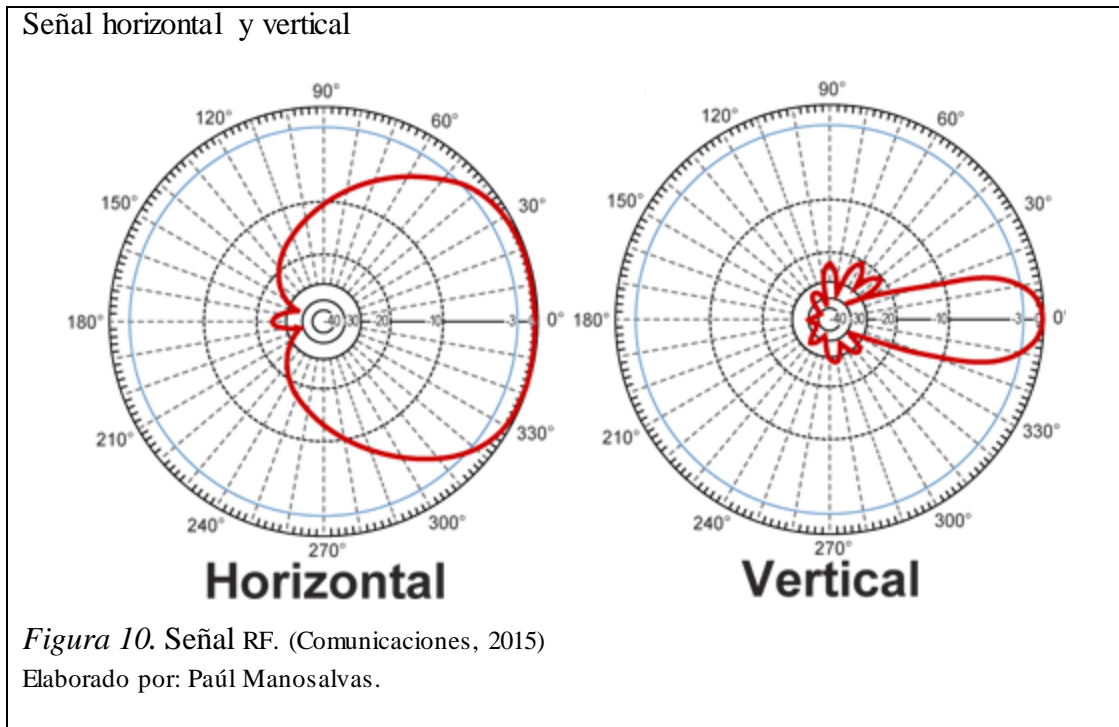
Tabla 14.
Especificaciones de la antena direccional

Frecuencia	2400-2500 MHz
Ganancia	14 dBi
Ancho de onda Horizontal	90 grados
Ancho de onda Vertical	20 grados
Impedancia	50 Ohm
Max. Ingreso de energía	300 Watts
Polarización	Horizontal
Peso	2 Kg
Dimensiones	500 x 180 x 90 mm

Nota. MHz=megahercio, dBi= decibelio isótropo. Fuente: (Comunicaciones, 2015)
Elaborado por: Paúl Manosalvas.

3.8.1.2 Señal RF

En la figura 10 se puede visualizar el lóbulo de propagación, tanto para la polarización horizontal y vertical que corresponde a este tipo de antena.



Antena Omnidireccional HyperLink de 15 dBi Profesional Wireless LAN HG2415U-PRO.

Esta antena es de alta performance para estaciones base WIFI diseñado y optimizado para la frecuencia 2.4 GHz. Esta antena liviana está especialmente diseñada para los sistemas IEEE 802.11b y 802.11g wireless LANs, Bluetooth® y otras aplicaciones multipunto donde una larga y ancha cobertura es necesaria. Esta antena WIFI ofrece un soporte de 10 pulgadas de plomo finalizando en un conector N-Hembra.

Antena Omnidireccional



Figura 11. Antena Omnidireccional HyperLink de 15dBi lateral. (Comunicaciones, 2015)
Elaborado por: Paúl Manosalvas.

3.8.1.3 Especificaciones

Tabla 15.
Especificaciones de la antena omnidireccional

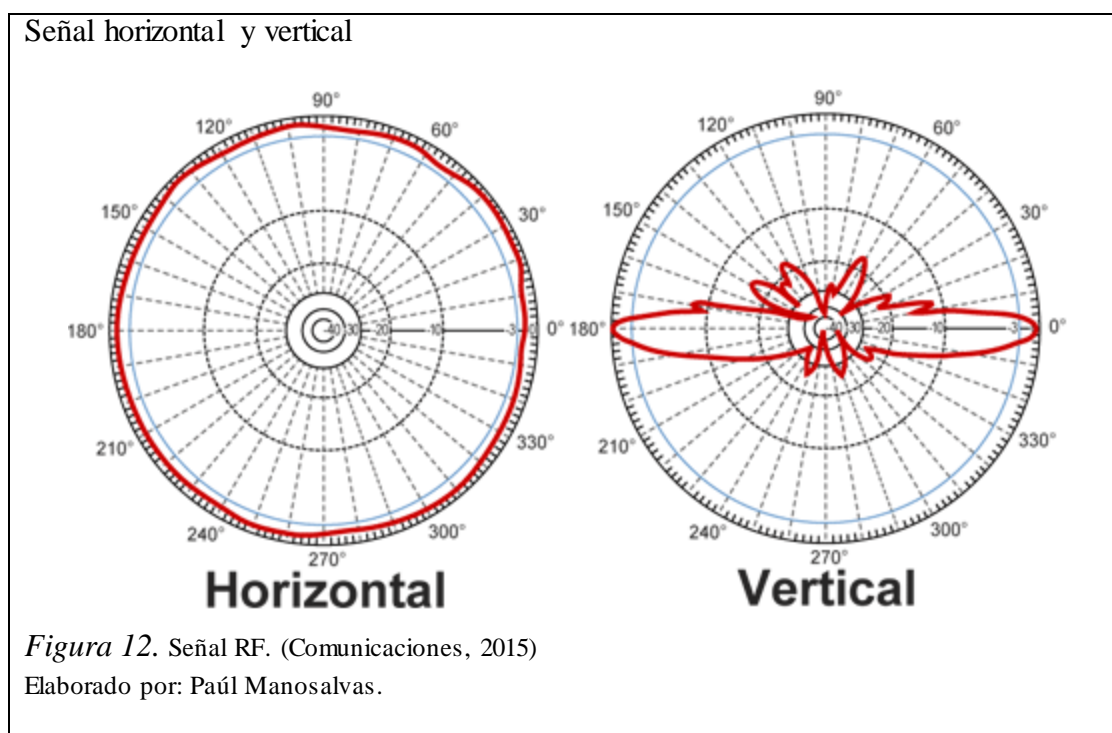
Frecuencia	2400-2500 MHz
Ganancia	15 dBi
Ancho de onda Horizontal	360 grados
Ancho de onda Vertical	8 grados
Impedancia	50 Ohm
Max. Ingreso de energía	100 Watts
Polarización	Vertical
Peso	1.5 Kg
Dimensiones	1.03m x 38.6 mm

Nota. MHz=megahercio, dBi= decibelio isótropo. Fuente: (Comunicaciones, 2015)

Elaborado por: Paúl Manosalvas.

3.8.1.4 Señal RF

En la figura 12 se puede visualizar el lóbulo de propagación, tanto para la polarización horizontal y vertical que corresponde a este tipo de antena.



3.8.2 MikroTik

MikroTik metal 5SHPn totalmente impermeable, resistente y de muy alta potencia metal RouterBOARD. El dispositivo está diseñado para una conexión inalámbrica al aire libre. Completamente sellado, caso del diseño de metal industrial, impulsado por RouterBOARD y RouterOS. 1300mW de potencia de salida - para llegar a la última milla, en cualquier condición. Viene con licencia L4, así que se puede conectar su favorito 5Ghz antenna usarlo como un punto de acceso, para que los enlaces inalámbricos punto a punto o como CPE- lo que prefieras. Tiene un conector incorporado N-macho, y los puntos de fijación de polos, por lo que puede adjuntar a una antena directamente, o utilizar un cable de antena estándar. Indicadores de señal LED hacen que sea fácil de instalar y alinear. El paquete contiene metal-5SHPn, anillos de sujeción, inyector PoE, adaptador de corriente como podemos ver en la figura 13.



A continuación se detallan las características técnicas de este equipo, así como también de operación.

3.9 Diseño de la red WIFI de larga distancia utilizando Radio Mobile

Se ha realizado el estudio de campo, es decir sus condiciones climáticas, condiciones técnicas, topología del terreno, acceso a nodos donde serán instaladas las bases, para determinar si existe o no línea de vista entre las bases conformadas en la red. El sitio al que se va a proveer el servicio de red inalámbrica se muestra en la figura 14.

Vista del sector Luis López a Mocha



Figura 14. Línea de vista. Fuente: Paúl Manosalvas.
Elaborado por: Paúl Manosalvas.

Para realizar el diseño de los enlaces, lo primero que se hizo fue descargar el mapa geográfico de Tungurahua tal como se ilustra en la figura 15, aquí se ubicarán los puntos centrales como (latitud y longitud), lugar donde van hacer ubicadas las torres con las respectivas antenas.

Mapa de ubicación de los sectores

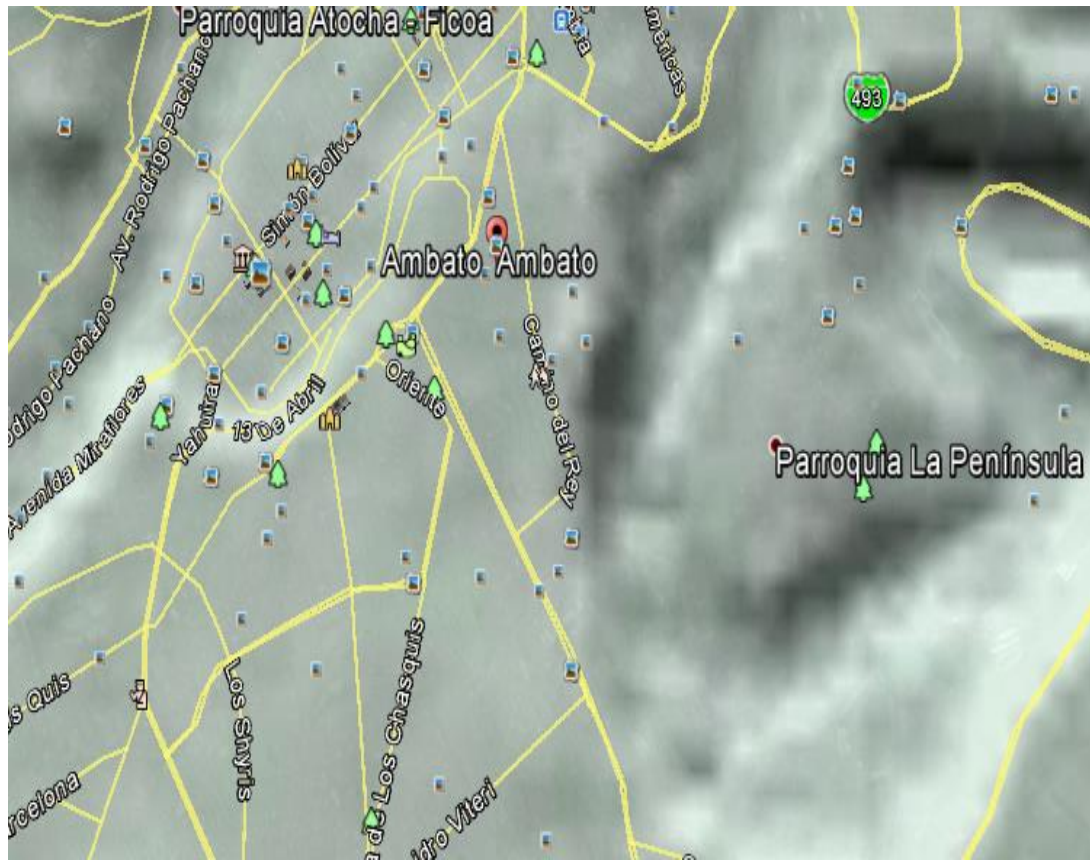


Figura 15. Mapa del sector Mocha-Yanayacu-Luis López. Fuente: Mapa geográfico de Tungurahua. Elaborado por: Paúl Manosalvas.

Se ejecuta el simulador Radio Mobile, en la barra menú, en la opción archivo, se selecciona la opción propiedades del mapa y en la ventana que se despliega se ingresa los datos de latitud y longitud que nos aparece en la figura 16, luego se hace clic en el botón extraer e inmediatamente el mapa se empieza a descargar desde Internet.

Propiedades de Radio Mobile

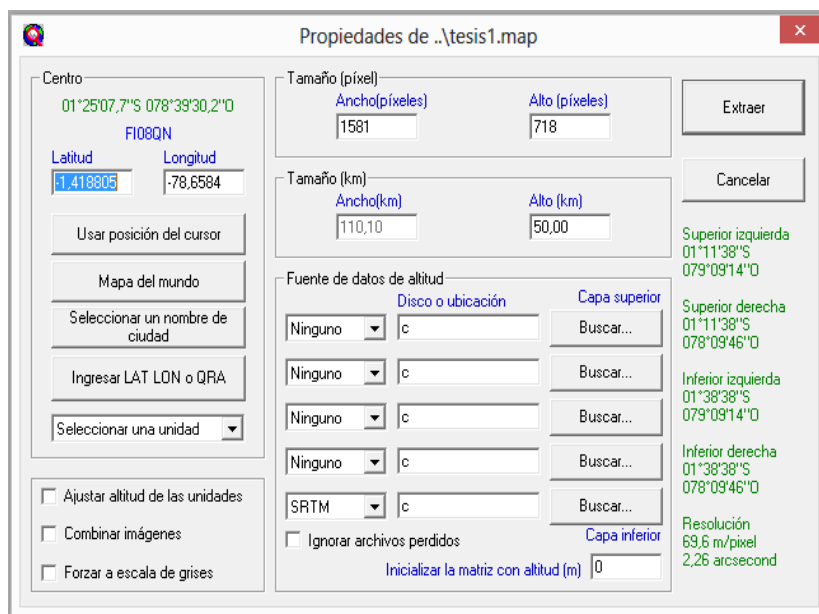


Figura 16. Propiedades de mapa en Radio Mobile. Fuente: Radio Mobile.
Elaborado por: Paúl Manosalvas.

La posición geográfica en donde se ubicarán cada antena se obtuvo mediante la ayuda de un GPS visitando personalmente el terreno. En la tabla 16 se indica la latitud y longitud para cada base.

Tabla 16.
Ubicación de las unidades latitud, longitud

Ubicación	Latitud	Longitud	Altitud (m)
Mocha	1°25'07,7"S	78°39'30,2"O	3218,9
Yanayacu	1°26'03,0"S	78°39'42,0"O	3319,2
Luis López	1°26'19,6"S	78°39'56,8"O	3339,5

Nota. Longitud y latitud de los sectores. (Paúl Manosalvas)
Elaborado por: Paúl Manosalvas

Con los datos que se obtiene se ingresa en Radio Mobile dando clic sobre el icono de unidad como se ve en la figura 17, 18, 19 y se despliega una pantalla donde se cambia el nombre a los nodos e ingresa la latitud y longitud obtenidas en la tabla 16.

Propiedades de las unidades de Radio Mobile

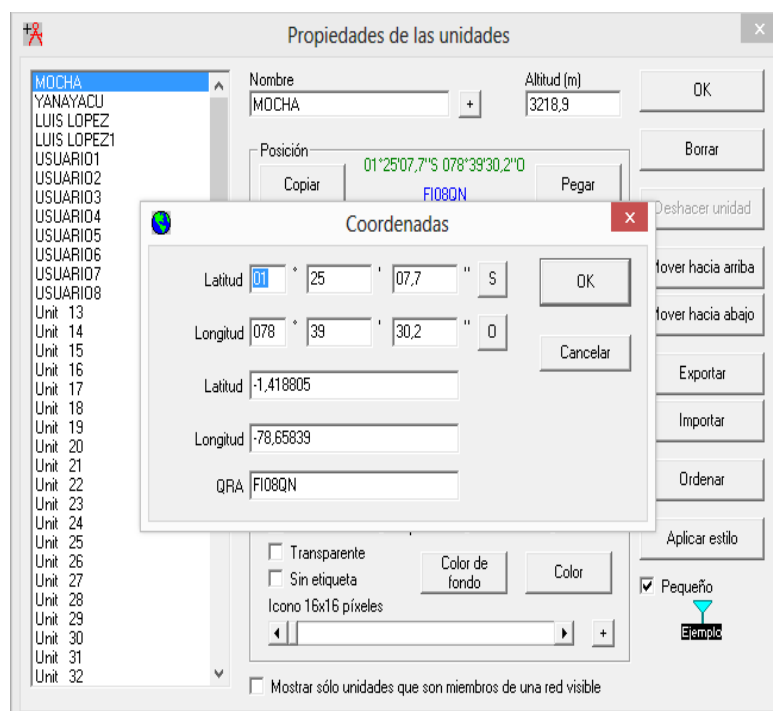


Figura 17. Radio Mobile propiedades de las unidades Mocha. Fuente: Radio Mobile. Elaborado por: Paúl Manosalvas.

Propiedades de las unidades de Radio Mobile

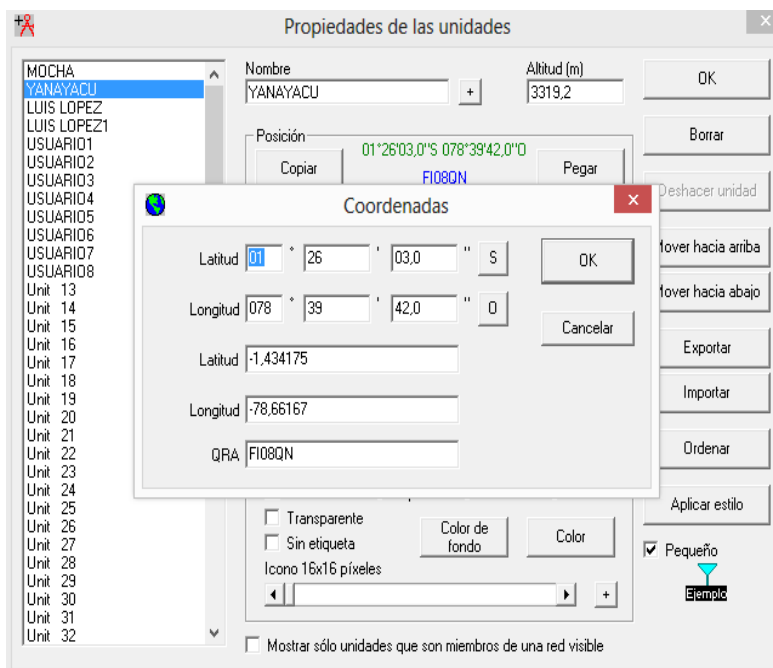


Figura 18. Radio Mobile propiedades de las unidades Yanayacu. Fuente: Radio Mobile. Elaborado por: Paúl Manosalvas.

Propiedades de las unidades de Radio Mobile

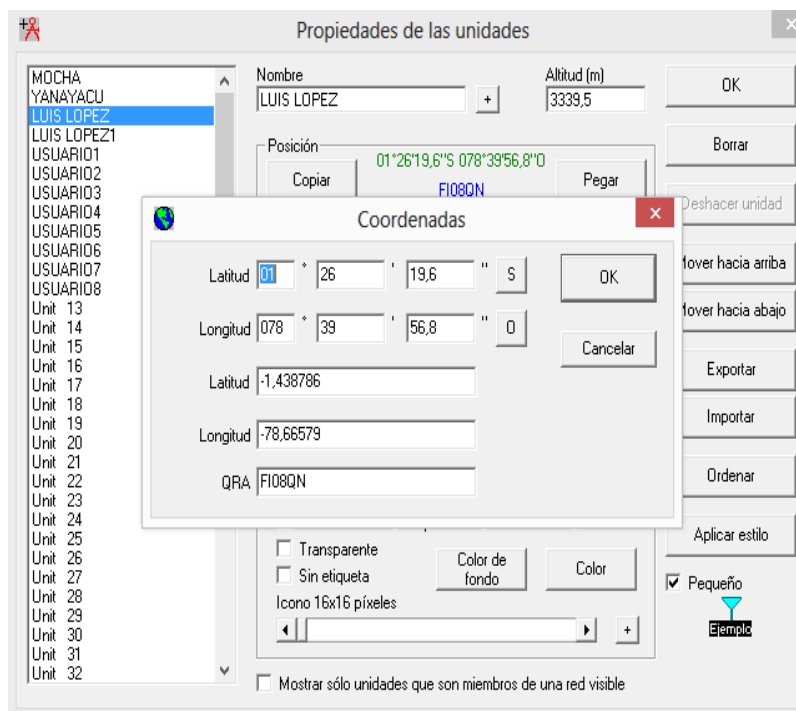


Figura 19. Radio Mobile propiedades de las unidades Luis López. Fuente: Radio Mobile. Elaborado por: Paúl Manosalvas.

Una vez que ya se ha ingresado las coordenadas, Radio Mobile calcula automáticamente la elevación, terminado la carga de las unidades de cada base ya se les puede visualizar tal como se ve en la figura 20.

Vista de unidades en Radio Mobile

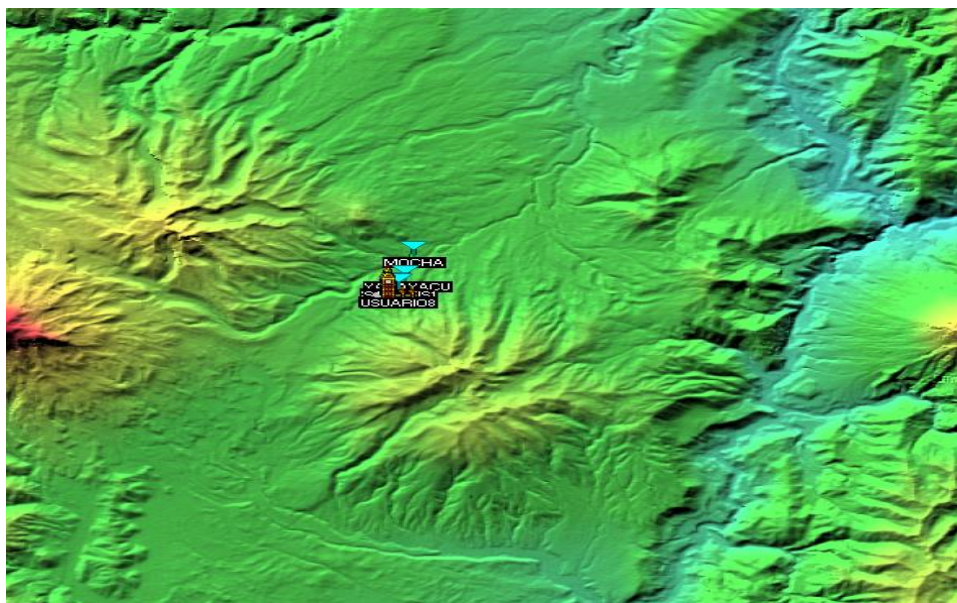


Figura 20. Unidades. Fuente: Radio Mobile.

Elaborado por: Paúl Manosalvas.

Creación de los sistemas Mocha-Yanayacu

Se realiza la configuración con los parámetros necesarios en propiedades de la red, se selecciona una red y se renombra para poder identificar que red se está enlazando, se crea los sistemas, para esto hay que poner el tipo de red que se utilizará, el cálculo así como la frecuencia y los valores de la antena para que el cálculo sea lo más aproximado. Entre estos parámetros están:

- **Frecuencia máxima o mínima:** Es la frecuencia media como entrada al modelo de propagación, en este caso se utiliza como mínimo 2400 MHz y como máximo 2500 MHz.
- **Polarización vertical u horizontal:** Los equipos a instalar en este proyecto se colocarán en polarización vertical.
- **Refractividad de la superficie:** 301
- **Conductividad del suelo:** 0,005
- **Permitividad relativa del suelo:** 15
- **Modo de variabilidad:** En el modo interno el programa hace un único intento para enviar un mensaje en el simulador. El efecto de los porcentajes

en situaciones es del 60%.

- **Pérdidas adicionales:** Es el porcentaje pérdida en la ciudad del 10%.
- **Tipo de clima:** Continental templado.

En la figura 21 se observan todos los anteriores parámetros descritos configurados.

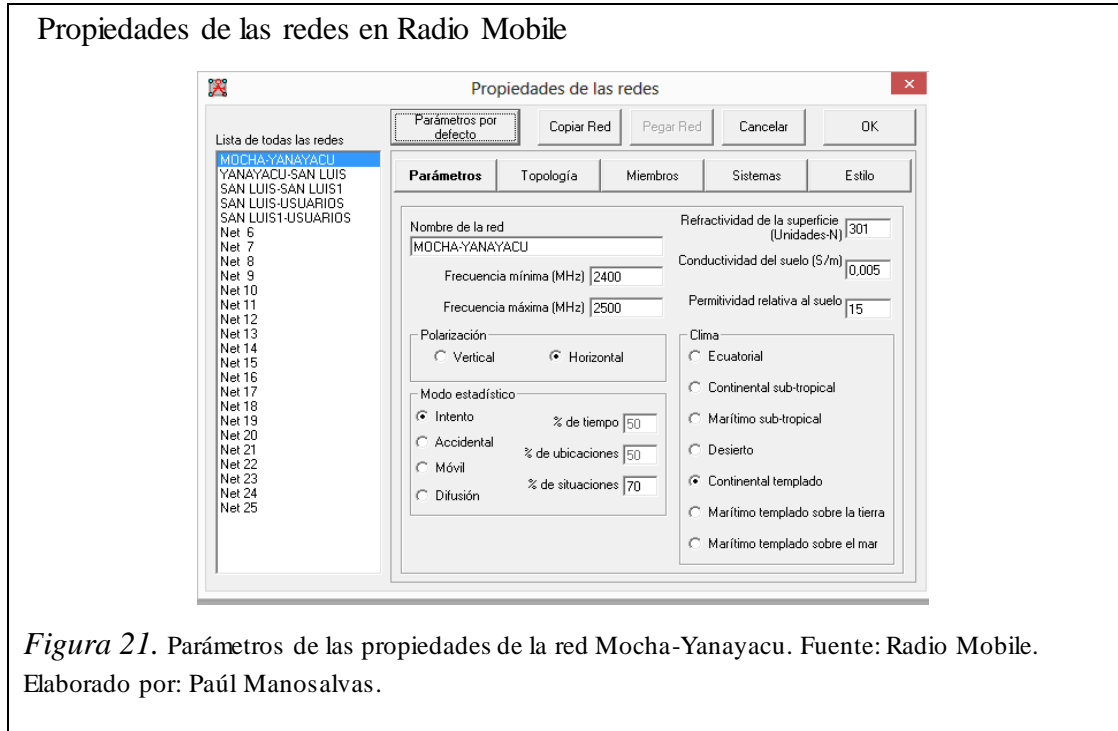


Figura 21. Parámetros de las propiedades de la red Mocha-Yanayacu. Fuente: Radio Mobile. Elaborado por: Paúl Manosalvas.

Una vez configurado los parámetros de la red se selecciona el apartado Topología, se marca la casilla de Visible para que muestre la red en el mapa, también se marca la casilla Red de datos, cluster (Nodo/Terminal) la cual permite que la red de datos con nodos que pueden retransmitir datagramas, tal como se puede ver en la figura 22.

Propiedades de las redes en Radio Mobile

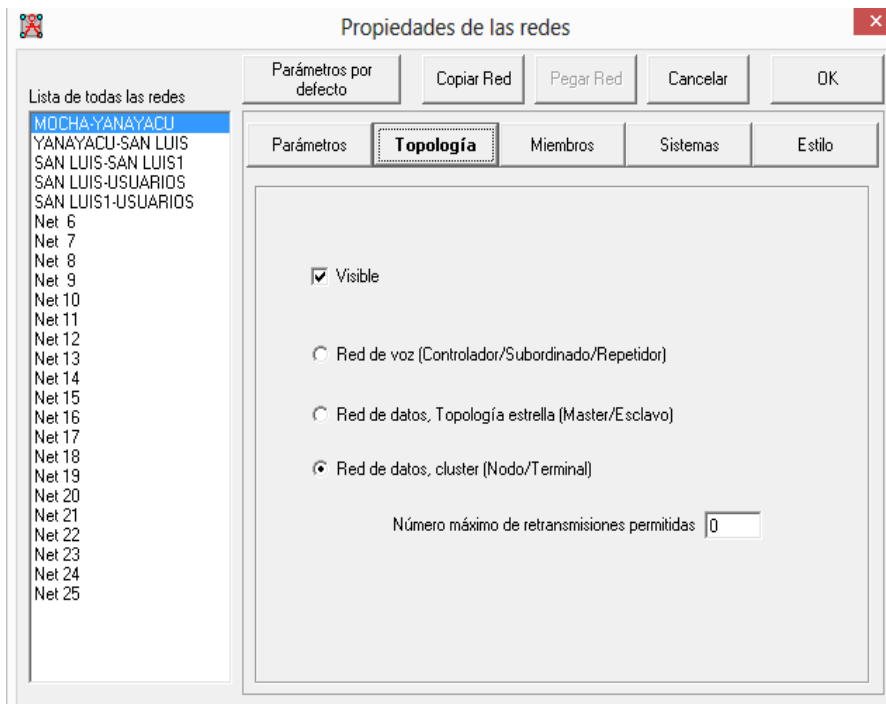


Figura 22. Propiedades de las redes Mocha-Yanayacu. Fuente: Radio Mobile.
Elaborado por: Paúl Manosalvas.

Se selecciona la opción Miembros, la cual determina las estaciones que pertenecerán a cada una de las redes o subredes configuradas, se marca cada una de las estaciones que se consideren dentro de la red. En Rol se determina el papel de cada una de las estaciones ya que puede ser Maestro o Esclavo, tal como se observa en la figura 23.

Propiedades de las redes en Radio Mobile

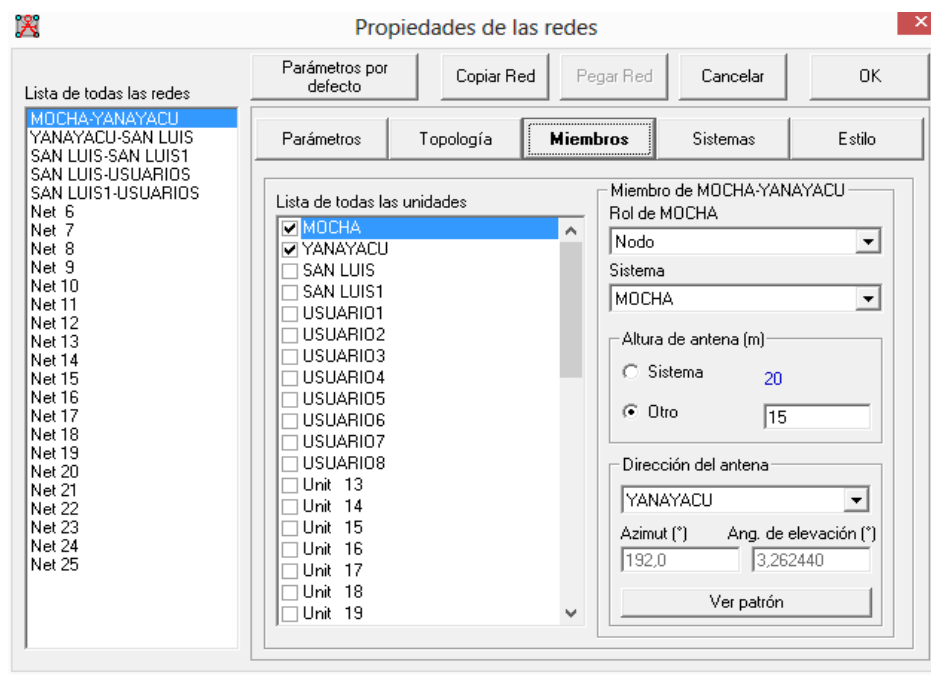


Figura 23. Miembros de las propiedades de la red Mocha-Yanayacu. Fuente: Radio Mobile.
Elaborado por: Paúl Manosalvas.

En el apartado de **Sistemas**, se determina las características de cada una de las estaciones.

- **Nombre del sistema:** Se renombra al sistema en este caso Mocha.
- **Potencia de transmisión:** Potencia emitida por el equipo 27 dBm.
- **Umbral del receptor:** La sensibilidad del equipo receptor 0,749uV.
- **Perdida de línea:** Son las pérdidas asociadas, por el cable coaxial que conecta la tarjeta con la antena, conectores, etc. Pérdidas 1dB.
- **Tipo de antena:** selecciono la antena Yagi.
- **Ganancia de la antena:** La ganancia de la antena del equipo transmisor-receptor es de 14dBi.
- **Altura de la antena:** La altura es de 15m ya que con esta altura se obtiene el enlace exitosamente.
- **Pérdida adicional cable:** Pérdidas extras asociadas a la altura de la antena 1dB/m.

En la figura 24 se observan estos parámetros configurados.

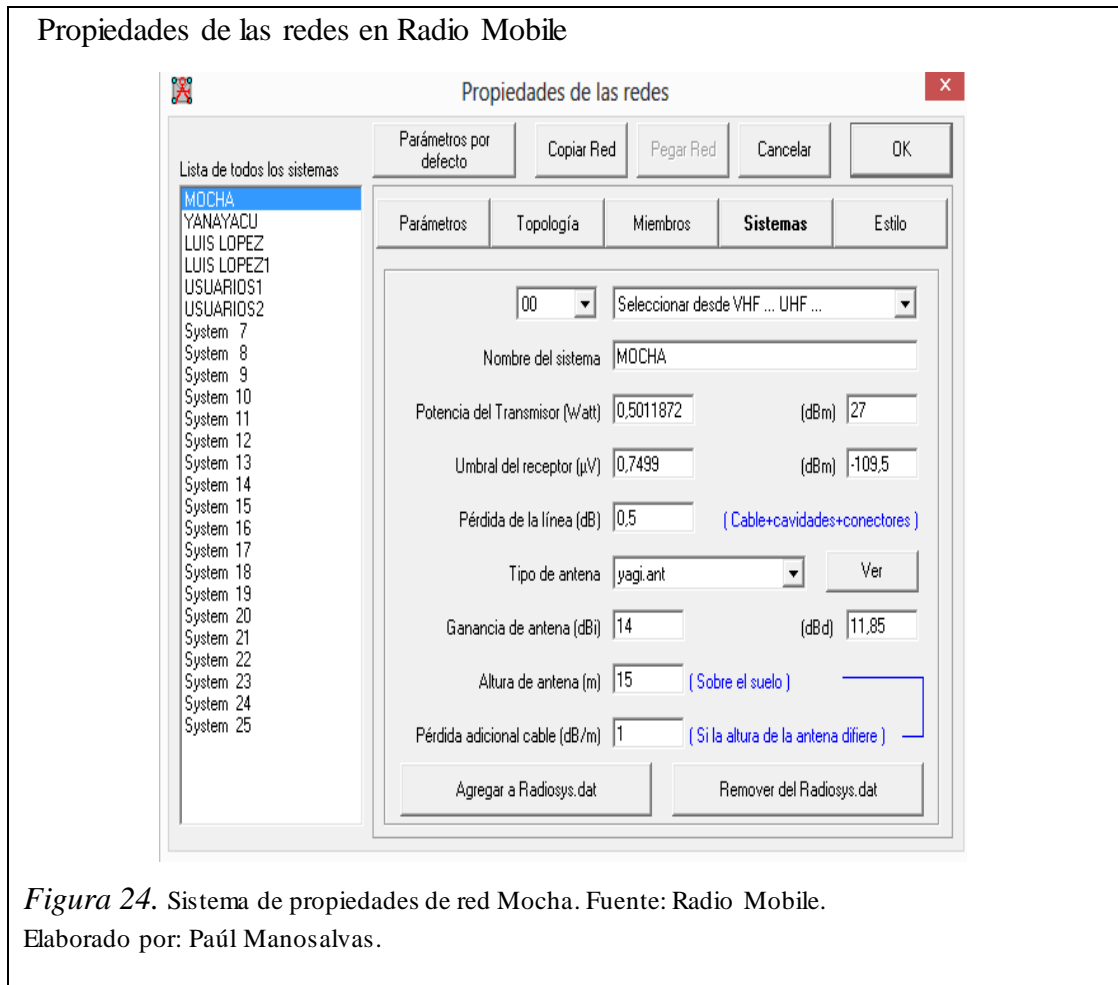


Figura 24. Sistema de propiedades de red Mocha. Fuente: Radio Mobile. Elaborado por: Paúl Manosalvas.

Análisis de los enlaces de radio

En Radio Mobile se puede visualizar si entre los enlaces que se va a tener existe línea de vista, esto permite determinar si la ubicación de las bases en esos puntos están correctos, como también la altura de las antenas, tal como se observa en la figura 25.

Enlace de Radio

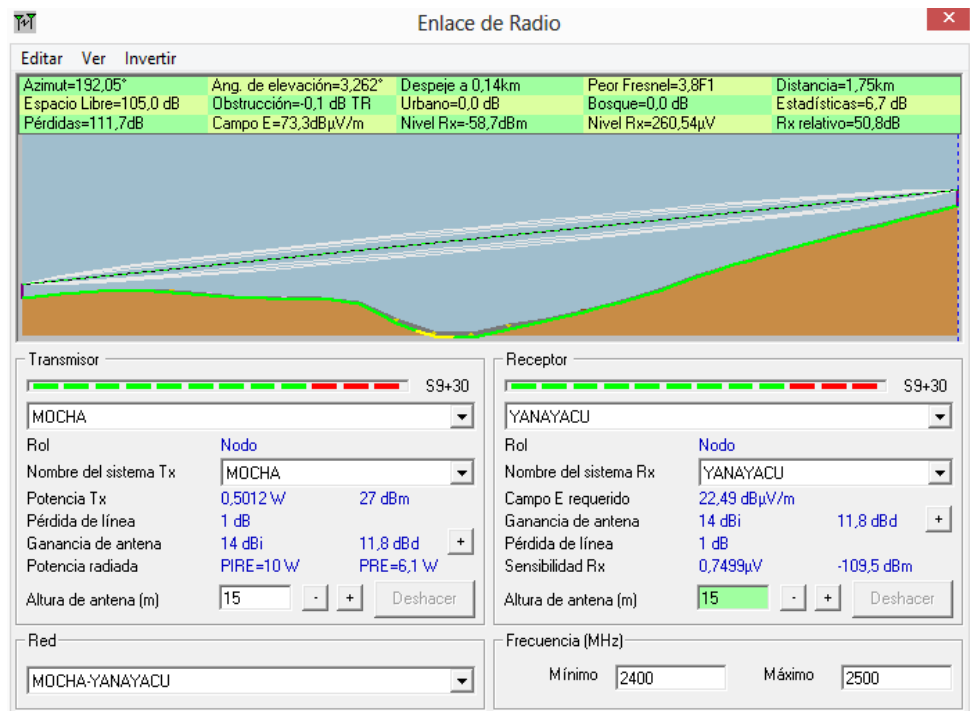


Figura 25. Radio enlace MOCHA-YANAYACU. Fuente: Radio Mobile.
Elaborado por: Paúl Manosalvas.

Como se ve en la figura 25 se presentan, en la fila superior del gráfico se presentan todos los resultados del enlace como:

- Los resultados radio eléctricos de propagación, la cual esta orientada la antena Mocha a Yanayacu con un Azimuth de 102,05°.
- Pérdidas de espacio libre de 105,0dB, este es el valor que se pierde en el trayecto de la antena Tx a la antena Rx.
- La distancia del enlace es de 1,75Km, esta es la distancia que se encuentra de torre a torre.
- Peor ángulo de Fresnel del enlace es de 3,8F1 e indica el valor que tiene en la zona de Fresnel.
- Nivel Rx en dBm es de -58,7dBm, cuanto menor sea el valor mejor calidad tendrá el enlace, lo ideal es que se encuentre entre -40 y -80 dBm con esto el enlace esta en perfectas condiciones para su funcionamiento.

Como se puede ver en la figura 26, se refleja el nivel de éxito que tiene el enlace, lo cual va a trabajar de una manera eficiente con un margen de éxito de 50,82 dB.

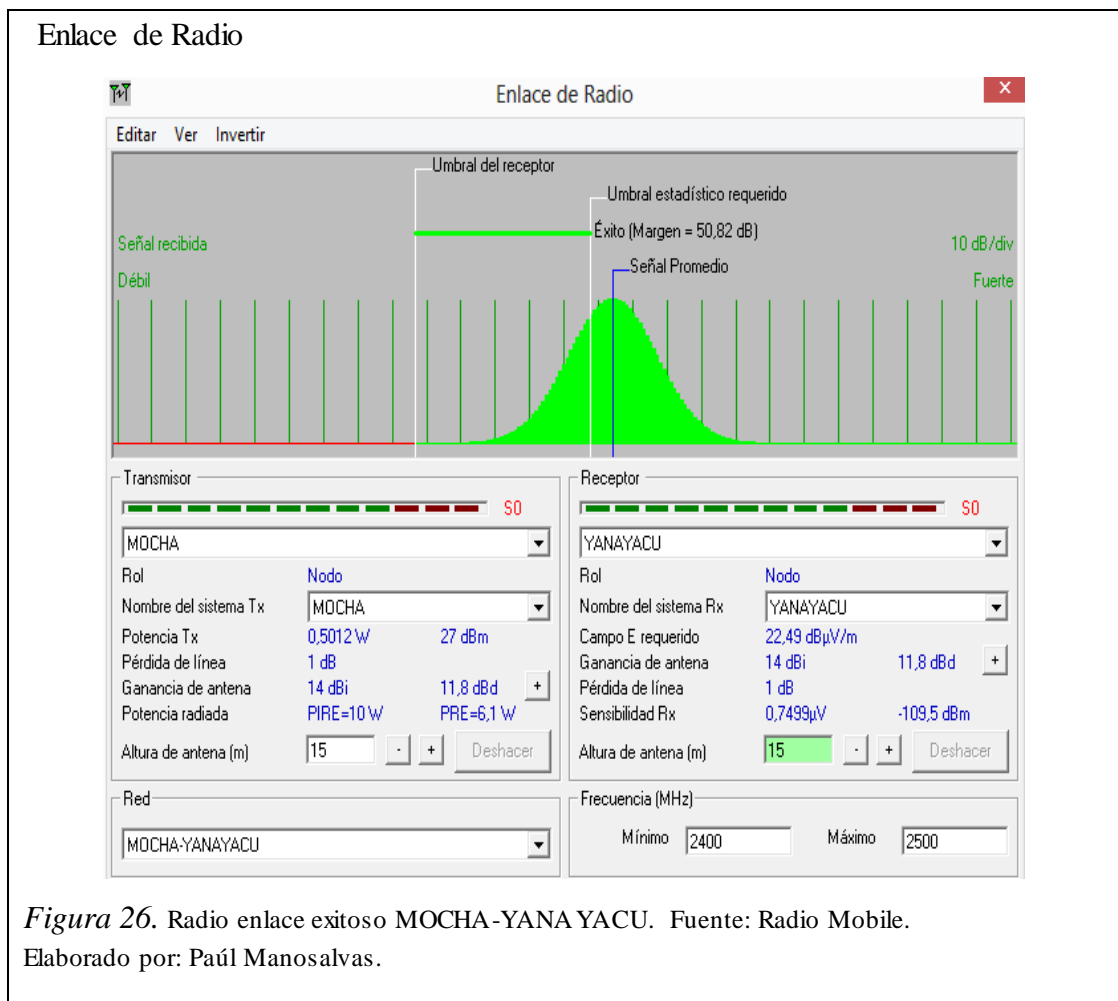


Figura 26. Radio enlace exitoso MOCHA-YANA YACU. Fuente: Radio Mobile.
Elaborado por: Paúl Manosalvas.

Creación de los sistemas Yanayacu-Luis López

Se realiza la configuración con los parámetros necesarios en propiedades de la red, se selecciona una red y se renombra para poder identificar que red se está enlazando, se crea los sistemas, para esto hay que poner el tipo de red que se utilizará, el cálculo así como la frecuencia y los valores de la antena para que el cálculo sea lo más aproximado. Entre estos parámetros están:

- **Frecuencia máxima o mínima:** Es la frecuencia media como entrada al modelo de propagación, en este caso se utiliza como mínimo 2400 MHz y como máximo 2500 MHz.
- **Polarización vertical u horizontal:** Los equipos a instalar en este proyecto

se colocarán en polarización vertical.

- **Refractividad de la superficie:** 301
- **Conductividad del suelo:** 0,005
- **Permitividad relativa del suelo:** 15
- **Modo de variabilidad:** En el modo interno el programa hace un único intento para enviar un mensaje en el simulador. El efecto de los porcentajes en situaciones es del 60%.
- **Pérdidas adicionales:** Es el porcentaje pérdida en la ciudad del 10%.
- **Tipo de clima:** Continental templado.

En la figura 27 se observan todos los anteriores parámetros descritos configurados.

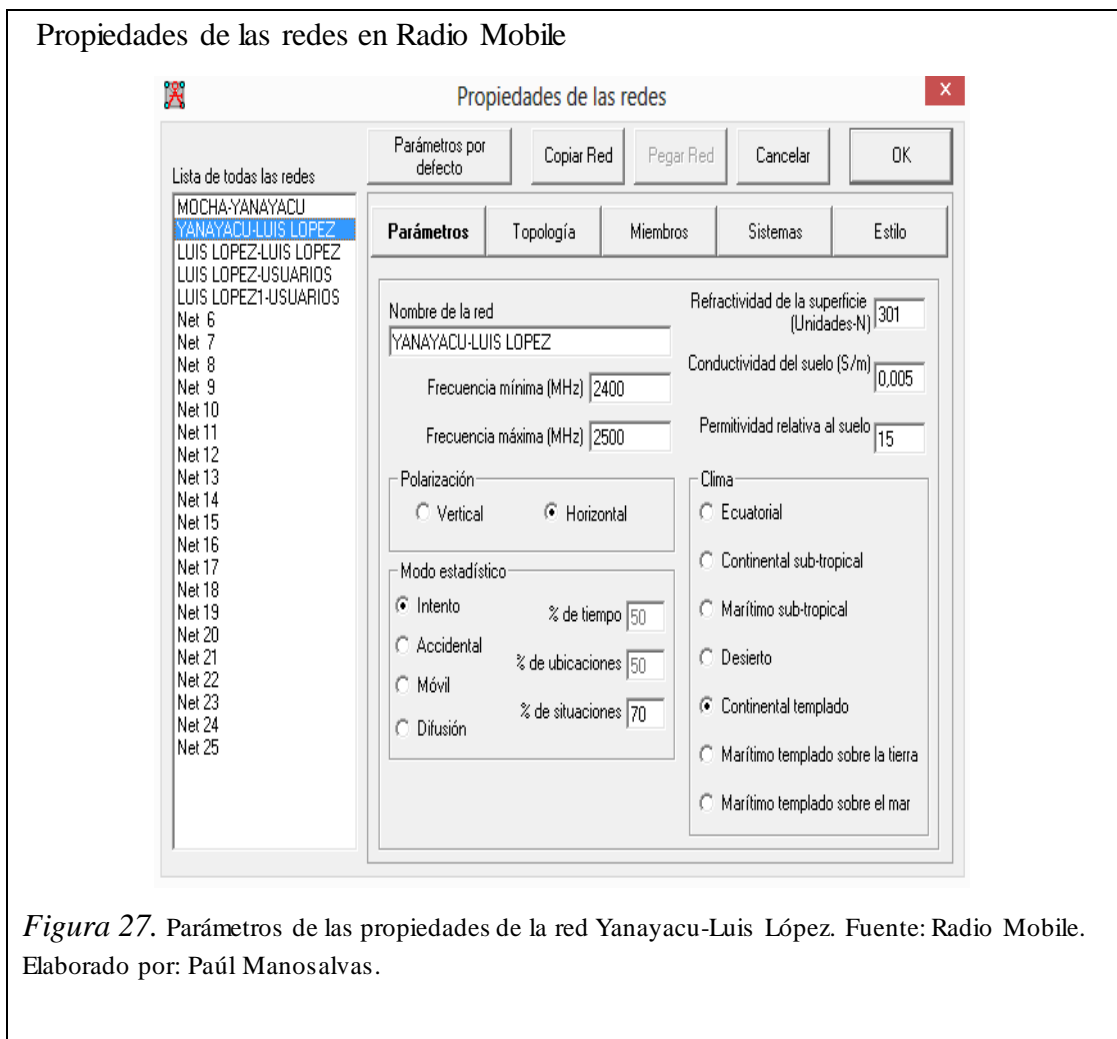


Figura 27. Parámetros de las propiedades de la red Yanayacu-Luis López. Fuente: Radio Mobile. Elaborado por: Paúl Manosalvas.

Una vez configurado los parámetros de la red se selecciona el apartado Topología, se marca la casilla de Visible para que muestre la red en el mapa, también se marca la casilla Red de datos, cluster (Nodo/Terminal) la cual permite que la red de datos con nodos que pueden retransmitir datagramas, tal como se puede ver en la figura 28.

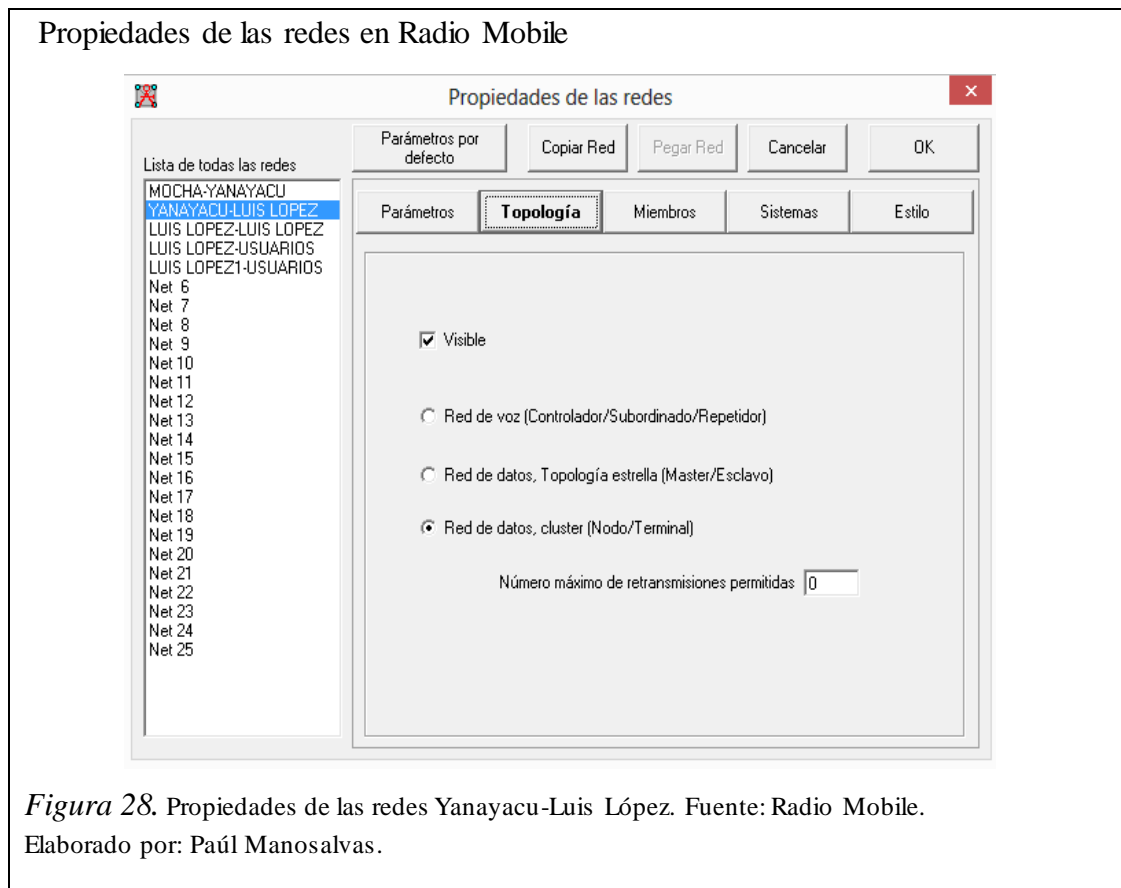


Figura 28. Propiedades de las redes Yanayacu-Luis López. Fuente: Radio Mobile.
Elaborado por: Paúl Manosalvas.

Se selecciona la opción Miembros, la cual determina las estaciones que pertenecerán a cada una de las redes o subredes configuradas, se marca cada una de las estaciones que se consideren dentro de la red. En Rol se determina el papel de cada una de las estaciones ya que puede ser Maestro o Esclavo, tal como se observa en la figura 29.

Propiedades de las redes en Radio Mobile

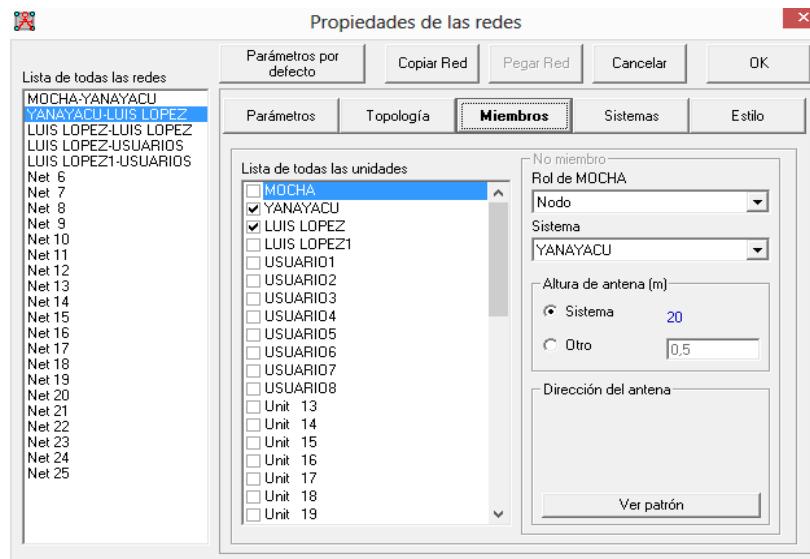


Figura 29. Miembros de las propiedades de la red Yanayacu-Luis López. Fuente: Radio Mobile. Elaborado por: Paúl Manosalvas.

En el apartado de **Sistemas**, se determina las características de cada una de las estaciones.

- **Nombre del sistema:** Se renombra al sistema en este caso Yanayacu.
- **Potencia de transmisión:** Potencia emitida por el equipo 27 dBm.
- **Umbral del receptor:** La sensibilidad del equipo receptor 0,749uV.
- **Perdida de línea:** Son las pérdidas asociadas, por el cable coaxial que conecta la tarjeta con la antena, conectores, etc. Pérdidas 1dB.
- **Tipo de antena:** selecciono la antena Yagi.
- **Ganancia de la antena:** La ganancia de la antena del equipo transmisor-receptor es de 14dBi.
- **Altura de la antena:** La altura es de 20m ya que con esta altura obtengo el enlace exitosamente.
- **Pérdida adicional cable:** Pérdidas extras asociadas a la altura de la antena 1,1dB/m.

En la figura 30 se observan estos parámetros configurados.

Propiedades de las redes en Radio Mobile

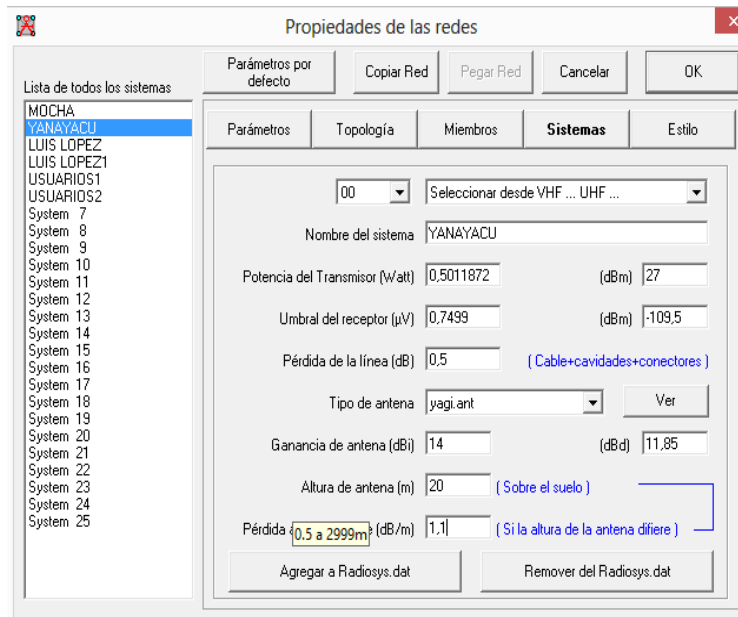


Figura 30. Sistema de propiedades de red Yanayacu. Fuente: Radio Mobile.
Elaborado por: Paúl Manosalvas.

Análisis de los enlaces de radio

En Radio Mobile se puede visualizar si entre los enlaces que se va a tener existe línea de vista, esto permite determinar si la ubicación de las bases en esos puntos están correctos, como también la altura de las antenas, tal como se observa en la figura 31.

Enlace de Radio

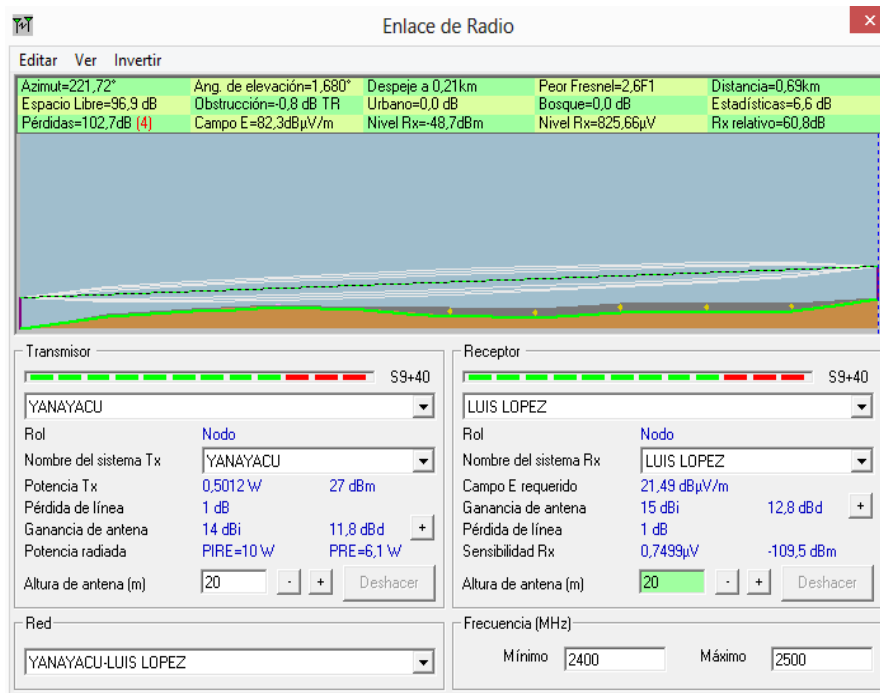


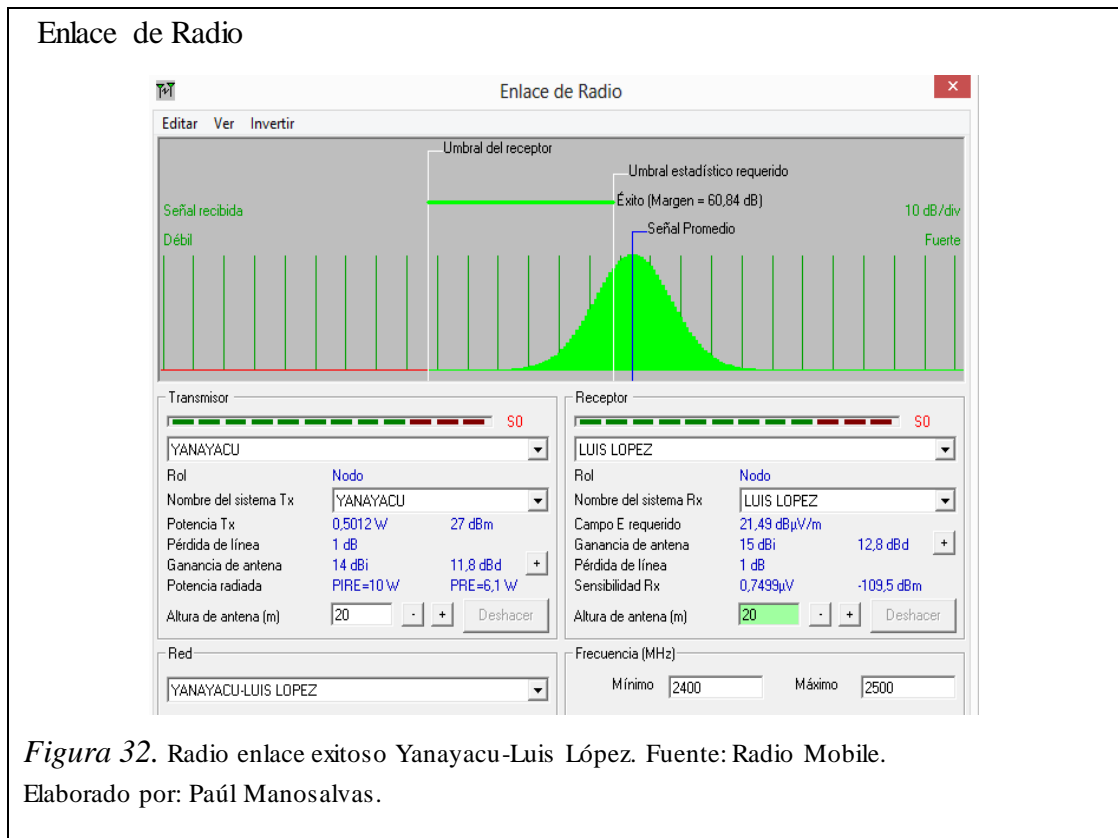
Figura 31. Radio enlace Mocha-Yanayacu. Fuente: Radio Mobile.

Elaborado por: Paúl Manosalvas.

Como se ve en la figura 31, en la fila superior del gráfico se presentan todos los resultados del enlace como:

- Los resultados radio eléctricos de propagación, la cual esta orientada la antena Yanayacu a Luis López con un Azimuth de 221,72°.
- Pérdidas de espacio libre de 96,9dB, este es el valor que se pierde en el trayecto de la antena Tx a la antena Rx.
- La distancia del enlace es de 0,69Km, esta es la distancia que se encuentra de torre a torre.
- Peor ángulo de Fresnel del enlace es de 2,6F1 e indica el valor que tiene en la zona de Fresnel.
- Nivel Rx en dBm es de -78,7dBm, cuanto menor sea el valor mejor calidad tendra el enlace, lo ideal es que se encuentre entre -40 y -80 dBm con esto el enlace esta en perfectas condiciones para su funcionamiento.

Se refleja el nivel de éxito que tiene el enlace, lo cual va a trabajar de una manera eficiente con un margen de éxito de 60,84 dB, como se puede ver en la figura 32.



Se muestra la ubicación de las radio bases para el establecimiento del enlace radioeléctrico, es decir se muestra el enlace de la base Mocha a Yanayacu, de Yanayacu a Luis López y de Luis López finalmente a los usuarios, como se puede ver en la figura 33.

Vista de Radio base

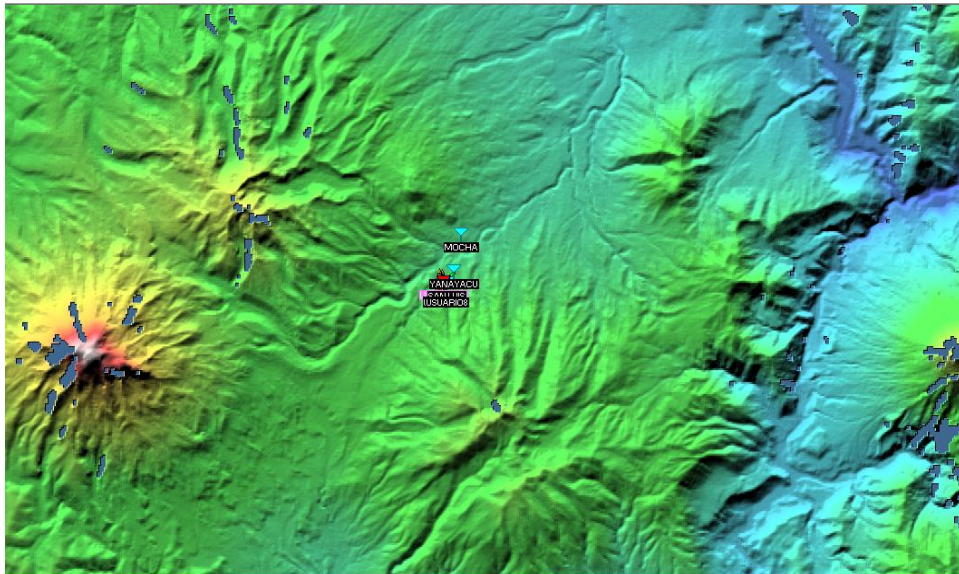


Figura 33. Ubicación de radio bases en el mapa. Fuente: Radio Mobile.
Elaborado por: Paúl Manosalvas.

En la figura 34 se muestra la línea de vista que existe entre la base Luis López y cada una de las estaciones de los usuarios del pueblo, cabe mencionar que aquí solamente se está realizando el análisis de línea de vista a un solo usuario debido que todos se encuentran cerca.

Radio Link

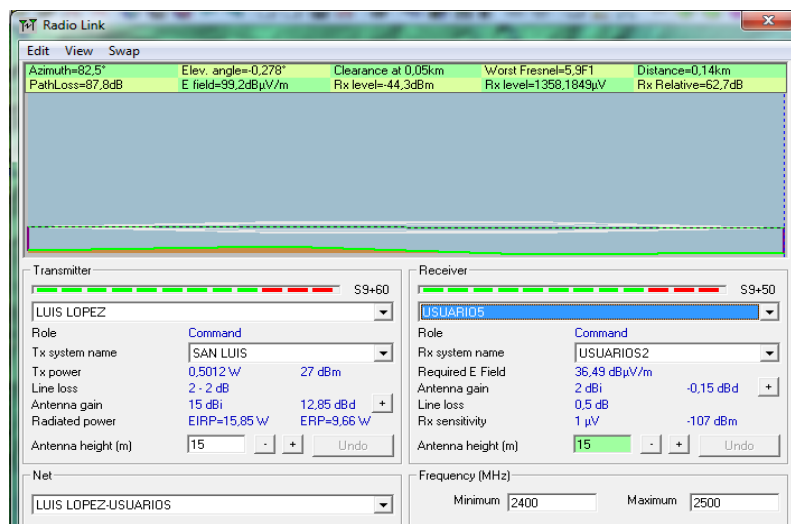
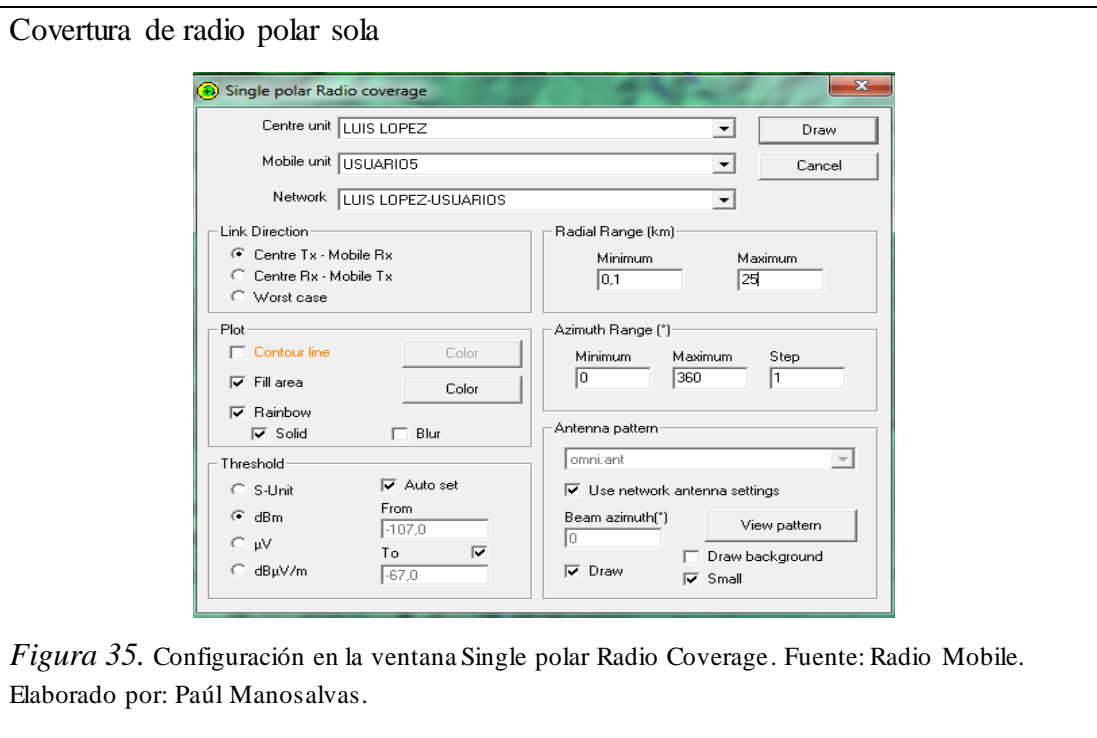


Figura 34. Línea de vista ente Luis López y los usuarios . Fuente: Radio Mobile.
Elaborado por: Paúl Manosalvas.

En la figura 35 se muestra la configuración realizada en la ventana single polar radio coverage, esto es para que nos indique el área de cobertura que abarcaría la antena omnidireccional instalada en la base Luis López.



En la figura 36 y 37 se muestra el área de cobertura que se tendría en tal sector, por lo que los usuarios se encuentran dentro de esta área, es decir fácilmente tendrían acceso a la red WIFI.

Ária de cobertura del sector

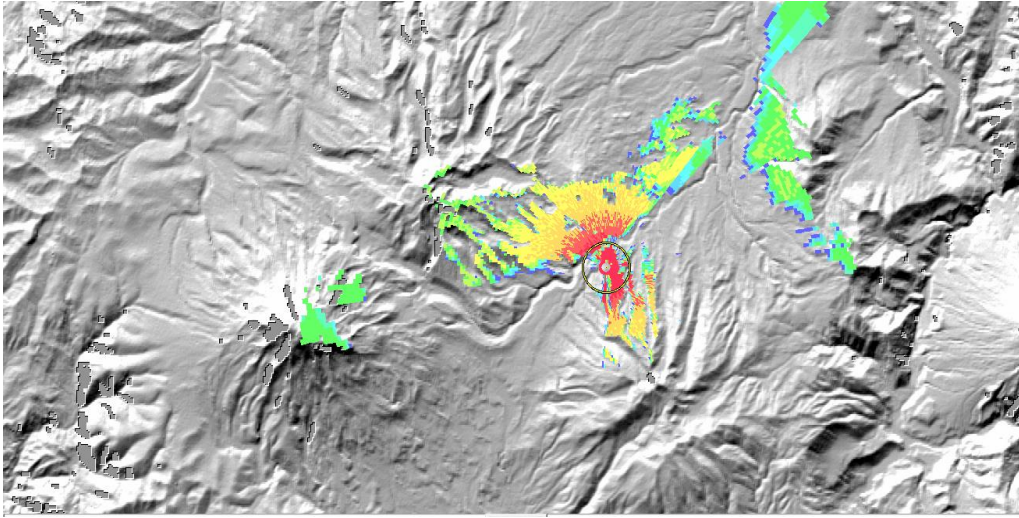


Figura 36. Área de cobertura. Fuente: Radio Mobile.
Elaborado por: Paúl Manosalvas.

Ária de cobertura del sector

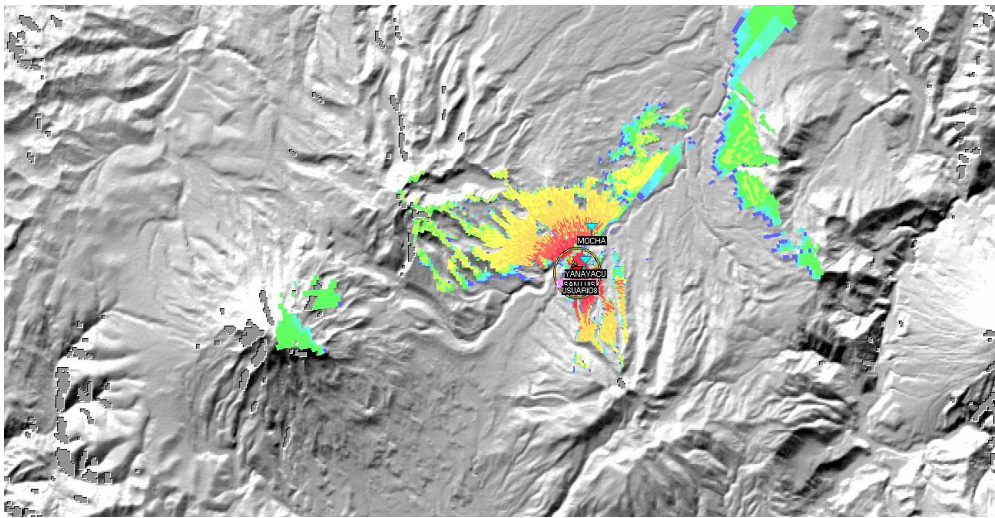


Figura 37. Área de cobertura. Fuente: Radio Mobile.
Elaborado por: Paúl Manosalvas.

En la figura 38 se muestran las diferentes intensidades de señal, donde el color rojo indica en el mapa que la potencia aquí es muy fuerte es decir es decir alrededor de -67 dBm, el color amarillo indica una menor potencia de señal, el color verde aún menor y así sucesivamente hasta terminar en el color morado donde la potencia de señal es bien baja es decir por debajo de -107 dBm.

Intensidad de señal en Radio Mobile

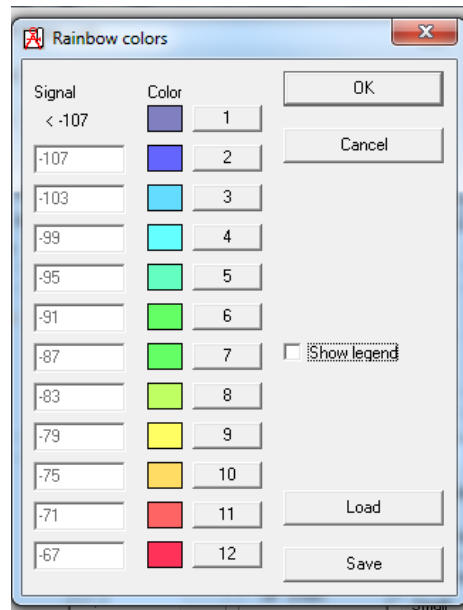


Figura 38. Diferentes intensidades de señal. Fuente: Radio Mobile.
Elaborado por: Paúl Manosalvas.

Vista del área donde no existe cobertura

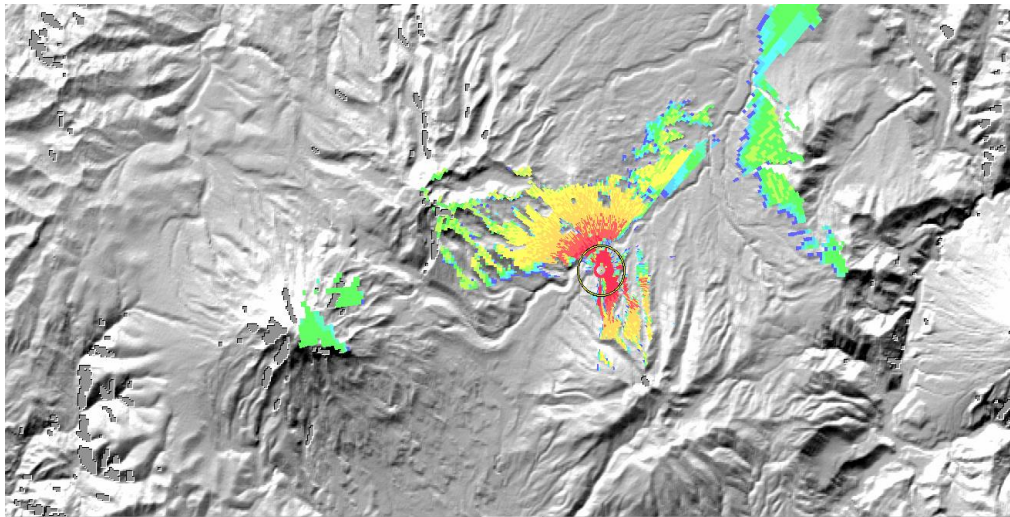


Figura 39. Sectores donde no existe área de cobertura. Fuente: Radio Mobile.
Elaborado por: Paúl Manosalvas.

En la figura 40 se muestra el diseño de la red en 3D con todos los puntos del enlace correctamente alineados.

Vista de la red en 3D



Figura 40. Vista de enlace 3D (Google Earth). Fuente: Radio Mobile.
Elaborado por: Paúl Manosalvas.

ANÁLISIS Y FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA

3.10 Perspectiva técnica económica

Sistema Mocha a Yanayacu

Tabla 17.

Datos del sistema Mocha-Yanayacu

Distancia	1,7 Km
Azimut norte verdadero	192,05°
Azimut norte Magnético	194,43°
Angulo de elevación	3,2624°
Variación de altitud	143,2 m
Línea de vista peor Fresnel	3,8F1 a 0,1 Km
Frecuencia promedio	2450 MHz
Espacio libre	105.0 dB
Obstrucción	-0,1 dB TR
Zona urbana	0,0 dB
Bosques	0,0 dB
Estadística	6,7 dB
Pérdida de propagación total	111,7 dB
Ganancia del sistema Mocha a Yanayacu	163,5 dB
Ganancia del sistema Yanayacu a Mocha	163,5 dB
Peor recepción	51,8 dB
Potencia Tx Mocha	0,5012 W
Sensibilidad Rx Yanayacu	0,7499 uV
Altura antena Mocha/Yanayacu	15 m
Ganancia de la antena Mocha/Yanayacu	14 dBi
Pérdida en línea	1 dB
PIRE	10 W

Nota. Km= kilómetro, MHz= megahercios, dB= decibelio, dBi= decibelio isótropo, m= metros, uV= ultravioleta. (Radio Mobile)

Elaborado por: Paúl Manosalvas

Sistema Yanayacu a Luis López

Tabla 18.

Datos del sistema Yanayacu-Luis López

Distancia	0,7 Km
Azimet norte verdadero	221,72°
Azimet norte Magnético	224,10°
Angulo de elevación	1,6797°
Variación de altitud	21,3 m
Línea de vista peor Fresnel	2,6F1 a 0,2 Km
Frecuencia promedio	2450 MHz
Espacio libre	96.9 dB
Obstrucción	-0,8 dB TR
Zona urbana	0,0 dB
Bosques	0,0 dB
Estadística	6,6 dB
Pérdida de propagación total	102,7 dB
Ganancia del sistema Mocha a Yanayacu	163,5 dB
Ganancia del sistema Yanayacu a Mocha	163,5 dB
Peor recepción	60,8 dB
Potencia Tx	0,5012 W
Sensibilidad Rx	0,7499 uV
Altura de antena	20 m
Ganancia de antena	15 dBi
Pérdida en línea	1 dB
PIRE	10 W

Nota. Km= kilómetro, MHz= megahercios, dB= decibelio, dBi= decibelio isótropo, m= metros, uV= ultravioleta. (Radio Mobile)

Elaborado por: Paúl Manosalvas

- **Antenas**, son consideradas para este tipo de red inalámbrica de larga distancia por sus materiales muy resistentes al aire libre y su tipo de conexión punto a punto y punto a multipunto.
- **MikroTik**, de igual que los otros equipos que permite un enlace inalámbrico de larga distancia punto a punto o punto multipunto detectando automáticamente sus nodos vecinos y su interconexión, ya que es basado bajo un Kernel de Linux es de alta compatibilidad con los equipos inalámbricos WIFI, puede establecer la conexión con nuevos nodos que

accedan a la red.

El presupuesto está basado en los valores actuales en el mercado de tal manera que dichos valores pueden variar por lo cual si es necesario se haría un reajuste cuando se realice el proyecto, como se puede ver en la tabla 19.

Tabla 19.
Costo equipos y materiales

Cantidad	Materiales	Costo \$
3	Antena Sectorial de 2.4 GHz de 14 dBi de 90° Polarización Horizontal, Wireless LAN HG2414HSP-090	447
1	Antena Omnidireccional HyperLink de 15 dBi Profesional Wireless LAN HG2415U-PRO	99
3	MikroTik metal 5SHPn	297
3	Estructura de torres de 15m	9.922,5
3	Cimentaciones de las torres	2.100
	Gastos Varios	2.106,5
	Mano de obra	9.000
	Costo total del Proyecto	23.972

Nota. Costos del proyecto. (Paúl Manosalvas)
Elaborado por: Paúl Manosalvas

3.10.1 VAN Y TIR

El VAN es un indicador financiero que mide los flujos de los futuros ingresos y egresos que tendrá un proyecto, para determinar, si luego de descontar la inversión inicial, nos quedaría alguna ganancia. Si el resultado es positivo, el proyecto es viable.

Basta con hallar VAN de un proyecto de inversión para saber si dicho proyecto es viable o no. El VAN también nos permite determinar cuál proyecto es el más rentable entre varias opciones de inversión. Incluso, si alguien nos ofrece comprar nuestro negocio, con este indicador podemos determinar si el precio ofrecido está por encima o por debajo de lo que ganaríamos de no venderlo.

La fórmula del VAN es:

$$\text{VAN} = \text{BNA} - \text{Inversión}$$

Donde el beneficio neto actualizado (BNA) es el valor actual del flujo de caja o beneficio neto proyectado, el cual ha sido actualizado a través de una tasa de descuento.

$\text{VAN} > 0 \rightarrow$ el proyecto es rentable.

$\text{VAN} = 0 \rightarrow$ el proyecto es rentable también, porque ya está incorporado ganancia de la TD.

$\text{VAN} < 0 \rightarrow$ el proyecto no es rentable.

Entonces para hallar el VAN se necesitan:

- Tamaño de la inversión.
- Flujo de caja neto proyectado.
- Tasa de descuento.

Datos iniciales para realizar el cálculo del TIR Y VAN, como se puede ver en la tabla 20.

Tabla 20.
Datos Inversión Años (Excel)

Datos	
Inversión	23972
Años	5
Tasa de interes	5,22%

Nota. Datos TIR y VAN (Paúl Manosalvas)
Elaborado por: Paúl Manosalvas

Para obtener los valores de flujo de efectivo netos se toma un número aproximado de usuarios por año que van a requerís del servicio, y un estimado del valor a cobrar el proveedor, como se puede ver en la tabla 21.

Tabla 21.
Datos Inversión Años (Excel)

C		1	2	3	4	5
Usuarios		100	250	400	400	400
Precio \$ Proveedor		20	20	20	20	20
Flujo de valores netos		2000	5000	8000	8000	8000

Nota. Datos TIR y VAN (Paúl Manosalvas)
 Elaborado por: Paúl Manosalvas

Se obtiene los resultados de flujo de efectivo neto como se ve en la figura 22.

Tabla 22.
Flujo de efectivo neto (Excel)

Flujo de Efectivo Neto	
Año	Valor
1	2000
2	5000
3	8000
4	8000
5	8000

Nota. Datos TIR y VAN (Paúl Manosalvas)
 Elaborado por: Paúl Manosalvas

Para el cálculo del VAN se toma los valores de la tabla 20 y la tabla 22.

$$\text{VAN} = \text{BNA} - \text{Inversión}$$

$$\text{VAN} = 2000 / (1 + 0.0522)^1 + 5000 / (1 + 0.0522)^2 + 8000 / (1 + 0.0522)^3 + 8000 / (1 + 0.0522)^4 + 400 / (1 + 0.0522)^5 - 23972$$

$$\text{VAN} = 26014,13$$

La TIR es la tasa de descuento (TD) de un proyecto de inversión que permite que el BNA sea igual a la inversión (VAN igual a 0). La TIR es la máxima TD que puede

tener un proyecto para que sea rentable, pues una mayor tasa ocasionaría que el BNA sea menor que la inversión (VAN menor que 0).

Entonces para hallar la TIR se necesitan:

- tamaño de inversión, como se puede ver en la tabla 20.
- flujo de efectivo neto, como se puede ver en la tabla 22.

Para hallar la TIR hacemos uso de la fórmula del VAN, sólo que en vez de hallar el VAN (el cual reemplazamos por 0), estaríamos hallando la tasa de descuento. Se calcula la tasa interna de retorno (TIR), valor actual neto (VAN), con lo cual vemos los valores y porcentajes para saber si es o no viable este proyecto, como se puede ver en la tabla 23.

Tabla 23.
TIR (Excel)

C		1	2	3	4	5
Usuarios		100	250	400	400	400
Precio \$ Proveedor		20	20	20	20	20
Inversion	-23972	2000	5000	8000	8000	8000
TIR	8%					

Nota. Datos TIR y VAN (Paúl Manosalvas)
Elaborado por: Paúl Manosalvas

$$\text{VAN} = \text{BNA} - \text{Inversión}$$

Para este cálculo se toman los valores de la tabla 19,20 y la tabla 21

$$0 = 2000 / (1 + i)^1 + 5000 / (1 + i)^2 + 8000 / (1 + i)^3 + 8000 / (1 + i)^4 + 8000 / (1 + i)^5 - 23972$$

$$i = 0,0522\%$$

$$\text{TIR} = 8\%$$

Si esta tasa fuera mayor, el proyecto empezaría a no ser rentable, pues el BNA empezaría a ser menor que la inversión. Y si la tasa fuera menor (como en el caso del ejemplo del VAN donde la tasa es de 8%), a menor tasa, el proyecto sería cada vez más rentable, pues el BNA sería cada vez mayor que la inversión.

Resultados finales del TIR Y VAN, como se puede ver en la figura 24.

Tabla 24.
Resultados (Excel)

Resultados	
VAN	26014,13
TIR	8%

Nota. Datos TIR y VAN (Paúl Manosalvas)
Elaborado por: Paúl Manosalvas

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos de la simulación con Radio Mobile se puede evidenciar que los enlaces Mocha-Yanayacu y Yanayacu-Luis López son satisfactorios si se los establece con una potencia de transmisión de 0,5 W con una frecuencia de 2450 MHz, las antenas deben tener una ganancia de 15dBi, la ganancia total del sistema es de 163,5 dB.

Durante el desarrollo de este trabajo se logró determinar la factibilidad económica adicionalmente, los valores de TIR y VAN aseguran el éxito en su implementación, de esta manera se cumple con el fin social de un trabajo de este tipo, puesto que la comunidad de San Luis no requiere una inversión significativa para tener acceso a internet, que como se sabe el acceso al conocimiento contribuye en el tipo de estilo de vida de la población.

La factibilidad técnica está sustentada por medio de la simulación realizada en la plataforma Radio Mobile en la misma que se usó datos reales y dio como resultado la validación de la hipótesis presentada.

RECOMENDACIONES

Después de esta implementación se puede seguir con un proceso de crecimiento para los caseríos aledaños.

Dar charlas a las personas de tal manera que se familiaricen con la tecnología y facilitar el uso de las mismas.


Dar a conocer de este tipo de proyectos a todas las empresas proveedoras de internet para que sepan que si es posible hacer este tipo de proyectos y que también va ser rentable.

LISTA DE REFERENCIAS

- Araujo. (2008). REDES INALAMBRICAS PARA ZONAS RURALES. LIMA.
- Flickenger, R. (2005-2008). REDES INALAMBRICAS EN LOS PAISES EN DESARROLLO. LONDRES-INGLATERRA: Creative Commons Attribution-ShareAlike.
- Friendly, H. (2010). Introduccion a redes WIFI. International Center for Theoretical Physics.
- Gerson Araujo, Luis Camacho, David Chávez, César Córdova, David Espinoza, Renato Honda, Leopoldo Liñán, Jesús Margarito, Andrés Martínez, Eva Juliana Maya, Pablo Osuna, Yuri Pacheco, Juan Paco, Yvanna Quijandria, River Quispe, Carlos Rey & Sandra Salmeró. (2008). REDES INALAMBRICAS PARA ZONAS RURALES. PERU: PRIMERA EDICION.
- INEC. (2011). ENEMDU Estadísticas Sociales. Quito.
- Mikrotik. (2012). mikrotik. Retrieved from <http://wiki.mikrotik.com/index.php?title=Manual:License&printable=yes>

ANEXOS

Anexo 1. Cotización de torre de 15m

									
		www.gmetalmecanica.com							
ESTRUCTURAS, CUBIERTAS Y MONTAJES MECÁNICOS									
TELF. 2964-154 0992836424									
Quito, 26 DE DICIEMBRE del 2014									
PRESENTE:	PROPUESTO REFERENCIAL ESTRUCTURA METÁLICA								
RUBRO	ESPECIFICACIÓN	LARGO	ANCHO	CANT.	TOTAL	UN.	MATERIAL	PESOS	TOTAL
PLACAS DE ANCLAJE	PLACAS DE 15X15X8MM	0,20	0,20	8	0,32	U	0,32	233	74,56
COLUMNAS METÁLICAS	TUBO REDONDO DE 2 PUL X 3 MM	15,00	1	4	60	ML	10,34	33,00	341,38
VIGAS VERTICAL	TUBO REDONDO DE 1 PUL 1/2 X 2MM	1,20	1	60	72	ML	12,41	15,00	186,21
VIGAS TRANSVERSALES	TUBO REDONDO DE 1 PUL 1/2 X 2 MM	1,50	1	60	90	ML	15,52	15,00	232,76
ESCALERA DE ACENSO	TUBO REDONDO DE 1PUL X 2MM	15,00	1	3	45	ML	7,76	15,00	116,38
POSTE	DE 2PUL	6,00	1	1	6	ML	1,03	32	33,10
								TOTAL MATERIAL	984,4
								PRECIO KG	3,0
								TOTAL	2953,2
								IVA 12%	354,38
								TOTAL	3307,5

Anexo 2. Especificaciones del MikroTik metal 5SHPn

Detalles

Código de producto	RBMetal5SHPn
CPU frecuencia nominal	400 MHz
Número de núcleos de CPU	1
Tamaño de RAM	64 MB
Arquitectura	MIPS-BE
Puertos Ethernet 10/100	1
Puertos Ethernet 10/100/1000	0
Slots MiniPCI	0
Slots MiniPCI-e	0
Modelo de chips inalámbricos	AR9280-ãL1ä
Los estándares inalámbricos	802.11 g/n
Número de puertos USB	0
Toma de alimentación	0
Soporte 802.3af	No
PoE en	Sí
Monitor de voltaje	Sí
Monitor de temperatura PCB	Sí
Monitor de temperatura de la CPU	No
Dimensiones	177x44x44mm, 193g
Sistema Operativo	RouterOS v5
Temperatura de funcionamiento	-30C A + 70C
Potencia Tx	31dBm (1.3W)
Sensibilidad Rx	-93dBm a 71dBm
Nivel de Licencia	
Ganancia de la antena dBi	No
Monitor de corriente	No

UPC	AR7241-AH1A
El consumo máximo de energía	11.5W
Puertos SFP	0
Puertos SFP +	0
Número de cadenas	1
Puerto serie	Ninguno
Precio sugerido	\$ 99.00