



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**

**ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO  
RENOVABLES**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**TÍTULO:**

**DISEÑO DE UNA RED QUE PROVEA SERVICIOS DE INTERNET (ISP) EN LAS  
CABECERAS CANTONALES CÉLICA Y CATACOA DE LA PROVINCIA DE LOJA.**

**TESIS DE GRADO PREVIO A OPTAR POR EL  
TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES.**

**AUTOR: WALTER FERNANDO ABAD AYAVACA.**

**DIRECTOR: ING. JUAN GABRIEL OCHOA ALDEÁN.**

**LOJA-ECUADOR**

**AÑO 2015**

***CERTIFICACIÓN***

Ing. Juan Gabriel Ochoa Aldeán.

**DIRECTOR DE TESIS**

**CERTIFICA:**

Haber dirigido, asesorado, revisado y corregido el presente trabajo de tesis de grado, en su proceso de investigación cuyo tema versa en **“Diseño de una red que provea servicios de internet (ISP) en las cabeceras cantonales Célica y Catacocha de la provincia de Loja”** previa a la obtención del título de Ingeniero en electrónica y telecomunicaciones, realizado por el señor egresado: **Walter Fernando Abad Ayavaca**, la misma que cumple con la reglamentación y políticas de investigación, por lo que autorizo su presentación y posterior sustentación y defensa.

Loja 01 de Abril de 2015



Ing. Juan Gabriel Ochoa Aldeán.

**DIRECTOR DE TESIS**

**AUTORÍA**



Yo **WALTER FERNANDO ABAD AYAVACA** declaro ser autor del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales por el contenido de la misma.

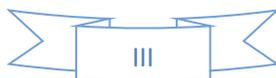
Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en Repositorio Institucional – Biblioteca virtual.

**Autor:** Walter Fernando Abad Ayavaca.

**Firma:** 

**Cédula:** 1103593511

**Fecha:** 01-04-2015



**CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR, PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO.**

Yo “**WALTER FERNANDO ABAD AYAVACA**”, declaro ser autor de la tesis titulada: “**DISEÑO DE UNA RED QUE PROVEA SERVICIOS DE INTERNET (ISP) EN LAS CABECERAS CANTONALES CÉLICA Y CATACUCHA DE LA PROVINCIA DE LOJA**”, como requisito para optar al grado de: **INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**; autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el repositorio digital Institucional:

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los 01 días del mes de abril del dos mil quince.

**Firma:** .....



**Autor:** Walter Fernando Abad Ayavaca. **Cédula:** 1103593511

**Dirección:** Cdla la Inmaculada. **Correo Electrónico:** walter33fer@hotmail.es

**Teléfono:** 2615-183                      celular: 593-0980457867

**DATOS COMPLEMENTARIOS**

**Director de tesis:** Ing. Juan Gabriel Ochoa Aldeán.

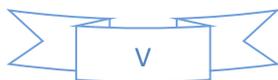
**Tribunal de grado:** Ing. Marco Vinicio Rojas Moncayo. Mg Sc.

Ing. Angel José Ordóñez Mendieta.

Ing. Luis Enrique Chuquimarca Jiménez. Mg Sc

## **DEDICATORIA**

Este trabajo está dedicado a los años de sacrificio y dedicación de mis Padres, y de manera especial a Dios, el cual siempre me ha protegido. También a toda mi familia y a mi novia quien siempre ha estado a mi lado apoyándome.



## **AGRADECIMIENTO.**

Mi agradecimiento a la Universidad Nacional de Loja, a la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones, a través de sus Docentes, Directores, Compañeros; que nos brindaron sus conocimientos y apoyo incondicional en la culminación de nuestros estudios y en la realización de este proyecto.

El reconocimiento al Ingeniero. JUAN GABRIEL OCHOA ALDEAN, por su gestión de haber dirigido este trabajo y el apoyo incondicional a la finalización de este proyecto.

## TABLA DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN.....	II
AUTORÍA.....	II
CARTA DE AUTORIZACIÓN.....	V
DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTO.....	VII
TABLA DE CONTENIDOS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
a.- TÍTULO.....	1
b.- RESUMEN.....	2
c.- INTRODUCCIÓN.....	4
d.- REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	6
d.1. CAPÍTULO I: REDES INALÁMBRICAS PARA PROVEER EL SERVICIO DE INTERNET ISP.....	6
d.1.1. Historia del Internet.....	6
d.1.1.1. Definición de Internet.....	6
d.1.1.2. Protocolo de Internet.....	7
d.1.2. Proveer el Servicios de Internet (ISP).....	9
d.1.2.1. Las características para proveer servicios de internet ISP.....	9
d.1.2.2. Las necesidades del usuario o cliente con respecto a un ISP.....	10
d.1.2.3. Funcionamiento al proveer el servicio de internet (ISP).....	10
d.1.2.4. Eficiencia al proveer el servicio de internet (ISP).....	11
d.1.2.5. Seguridad al proveer el servicio de internet (ISP).....	11
d.1.2.6. Calidad de servicio QoS para proveer el servicio de internet (ISP).....	12
d.1.3. Redes inalámbricas.....	13
d.1.3.1. Introducción a las Redes Inalámbricas.....	13
d.1.3.2. Ventajas de las Redes Inalámbricas.....	13
d.1.3.3. Desventajas de las Redes Inalámbricas.....	14
d.1.3.4. Enlaces inalámbricos para internet rural.....	14
d.1.3.5 Características de los enlaces inalámbricos para Internet Rural.....	15

d.1.3.6. Topologías en conexión de redes Inalámbricas para zonas rurales.....	18
d.1.3.7. Enlace punto a punto.....	19
d.1.3.8. Enlace punto a multipunto.....	19
d.1.4. Zonas de Fresnel en redes inalámbricas.....	20
d.1.4.1 Definición de zona de Fresnel.....	21
d.1.5 Tecnologías de redes inalámbricas para zonas rurales.....	23
d.1.5.1. Tecnología 802.16 wimax.....	23
d.1.5.1.2. Evolución de 802.16.....	24
d.1.5.2. Tecnología IEEE 802.11.....	24
d.1.5.2.1. Evolución de 802.11.....	25
d.1.5.8. Seguridad 802.11.....	26
d.1.6. Marco regulatorio.....	28
e. Materiales y Métodos.....	31
e.1. Levantamientos de datos y selección de frecuencias para la provisión del servicio internet.....	31
e.1.1. Cabecera cantonal de Céllica.....	31
e.1.1.1. Aspecto social y económico.....	31
e.1.1.2. Acceso a las tecnologías de la información y la comunicación (TIC).....	32
e.1.2. Cabecera cantonal de Catacocha.....	34
e.1.2.1. Aspecto social y económico.....	34
e.1.2.2. Acceso a las tecnologías de la información y la comunicación (TIC).....	35
f. Resultados.....	37
f.1. Análisis comparativo de Tráfico de red y cálculos de disponibilidad.....	37
f.2. Análisis comparativo del Estándar y bandas de frecuencia. ....	38
f.2.1. Característica del estándar 802.11.....	38

f.2.2. Característica del estándar 802.16.....	39
g. DISCUSIÓN.....	40
g.1. Demanda de los servicios de Internet.....	40
g.2. Comparación de 802.11 vs. 802.16.....	41
g.3. Diseño de la red inalámbrica y selección de equipos.....	42
g.3.1. Coordenadas geográficas.....	42
g.3.2. Diseño de la red.....	42
g.3.2.1. Esquema general de la red ISP.....	43
g.3.2.2. Características de equipos y coste financiero.....	44
g.3.2.2.1. Radio Motorola Canopy 5700bhrf20dd.....	44
g.3.2.2.2. Descripción de equipos Mikrotik.....	46
g.3.2.3. Equipos para última milla.....	48
g.3.2.4. Equipos de gestión de la red ISP.....	49
g.3.2.5. Selección de Equipos.....	50
g.3.2.5.1. Especificaciones del Routerboard 433AH.....	51
g.3.2.5.2. Especificaciones MIKROTIK R52H.....	52
g.3.2.6. Selección de Equipos mikrotik.....	52
g.3.2.7. Software Routers.....	53
g.3.3. Diseño de Enlaces y Cálculo.....	54
g.3.3.1. Enlace Oficina UNL- Cerro Villonaco.....	54
g.3.3.2. Enlace Cerro Villonaco- Cerro Guanchuro Catacocha.....	56
g.3.3.3. Enlace Cerro Guanchuro Catacocha - Cerro Pucara Célica.....	57
g.3.4. Simulaciones de los enlaces.....	58
g.3.4.1. Simulación Enlace Oficina UNL- Cerro Villonaco.....	58
g.3.4.2. Simulación Enlace Cerro Villonaco- Cerro Guanchuro Catacocha.....	60
g.3.4.3. Simulación Enlace Cerro Guanchuro Catacocha - Cerro Pucara Célica.....	61
g.3.5. Esquema general del diseño de la red ISP planteada.....	63

h. CONCLUSIONES.....	64
i. RECOMENDACIONES.....	65
j. BIBLIOGRAFÍA.....	66
k. ANEXOS.....	69



## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Capas del Protocolo de Internet.....</i>	<i>8</i>
<i>Tabla 2. Aspectos de la Calidad de servicio QoS para un ISP.....</i>	<i>12</i>
<i>Tabla 3. Topologías en conexión de redes Inalámbricas.....</i>	<i>18</i>
<i>Tabla 4. Evolución del estándar 802.16.....</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 5. Evolución del estándar 802.11. ....</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 6. WPA Para el uso personal doméstico y Para el uso en empresarial.....</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 7. Tipos de Plan.....</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 8. Características del estándar 802.11.....</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 9. Características del estándar 802.16.....</i>	<i>39</i>
<i>Tabla 10. Cantidad de Mb requeridos.....</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 11. Ubicación geográfica.....</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 12. Proforma de equipos Motorola Canopy.....</i>	<i>45</i>
<i>Tabla 13. Proforma de equipos mikrotik.....</i>	<i>47</i>
<i>Tabla 14. Características de equipos de última milla.....</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 15. Descripción de equipos de gestión ISP.....</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 16. Especificaciones del Routerboard 433AH.....</i>	<i>51</i>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Capas del Protocolo de Internet.....</i>	<i>7</i>
<i>Figura 2. Orden de los Identificadores de Capa.....</i>	<i>7</i>
<i>Figura 3. Flujo de Información en el Protocolo de Internet.....</i>	<i>8</i>
<i>Figura 4. Funcionamiento de un ISP. ....</i>	<i>10</i>
<i>Figura 5. Enlaces inalámbricos para internet rural .....</i>	<i>14</i>
<i>Figura 6. Difracción] .....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 7. Refracción.....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 8. Muestra de enlaces punto a punto .....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 9. Muestra de enlaces punto a multipunto .....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 10. zonas de fresnel.....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 11. Altura r de la primera zona de Fresnel .....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 12. Cabecera cantonal de célica.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 13. El Acceso a las (TIC) según INEC VII censo de población y VI de vivienda del 2010.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura. 14. Datos según la encuesta planteada.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 15. Cabecera cantonal de Catacocha.....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 16. El Acceso a las (TIC) según INEC VII censo de población y VI de vivienda del 2010.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 17. Datos según la encuesta planteada.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 18. Esquema general de una red ISP.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 19. Radio Motorola.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 20. Conexión física de la red ISP para gestión.....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 21. Componentes necesarios de un nodo RX y TX.....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 22. Diseño Enlace Oficina UNL- Cerro Villonaco.....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 23. Diseño Enlace Cerro Villonaco- Cerro Guanchuro Catacocha.....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 24. Diseño Cerro Guanchuro Catacocha - Cerro Pucara Célica.....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 25. Simulación Enlace Oficina UNL- Cerro Villonaco.....</i>	<i>58</i>

<i>Figura 26 Simulación Enlace Oficina UNL- Cerro Villonaco. (Datos)</i> .....	59
<i>Figura 27 Simulación Enlace Oficina UNL- Cerro Villonaco. ( RMP Export)</i> .....	59
<i>Figura 28. Simulación Enlace Cerro Villonaco-Cerro Guanchuro Catacocha</i> .....	60
<i>Figura 29. Simulación Enlace Cerro Villonaco-Cerro Guanchuro Catacocha(Datos)</i> .....	60
<i>Figura 30. Simulación Enlace Cerro Villonaco-Cerro Guanchuro Catacocha (RMP Export)</i> .....	61
<i>Figura 31. Simulación Enlace Cerro Guanchuro Catacocha - Cerro Pucara Célica</i> .....	61
<i>Figura 32. Simulación Enlace Cerro Guanchuro Catacocha - Cerro Pucara Célica (Datos)</i> .....	62
<i>Figura 33. Simulación Enlace Cerro Guanchuro Catacocha - Cerro Pucara Célica (RMP Export)</i> .....	62
<i>Figura 34. Esquema general de la red ISP planteada</i> .....	63

**a. TÍTULO.**

**DISEÑO DE UNA RED QUE PROVEA SERVICIOS DE INTERNET (ISP) EN LAS CABECERAS CANTONALES CÉLICA Y CATACocha DE LA PROVINCIA DE LOJA.**

## **b. RESUMEN.**

Este proyecto se basa en un estudio comparativo técnico y de factibilidad en lo que tiene que ver su estándar, capacidad de la red, equipos a utilizar, diseño, análisis social y económico de acceso a la tecnología de la información TIC de las cabeceras Cantonales Célika y Catacocha.

Para el desarrollo del proyecto de tesis se utilizaron los métodos analítico y comparativo, lo que me permitió realizar un estudio previo de su aspecto social- económico, y todo lo que corresponde a estándar, capacidad, equipos, para posteriormente mediante una análisis comparativo de los parámetros técnicos, se procedió a realizar la evaluación de cada uno de ellos y se determinó el estándar 802.11n, como opción para el desarrollo de este proyecto así como equipos Mikrotik Routerboard 433AH con su mini PCI R52H.

## **ABSTRACT.**

*The Project is based on a comparative and feasibility study that related to its standard, network capacity, equipment use, design and social and economic analysis of Information technology and communication TIC, access in Celica and Catacocha.*

*For the development of the thesis project comparative and analytical methods were used which allowed me to make a preliminary study of the social and economic aspect, and everything that corresponds to its standard, capacity and equipment, so through a comparative analysis of the technical parameters we proceeded to perform the evaluation of one, and 802.11n standard was determined as an option for the development of this project as well as equipment Mikrotik Routerboard 433AH and PCI 52H.*

### **c. INTRODUCCIÓN**

En esta sociedad caracterizada por información al instante, quedar aislado de esta realidad conlleva atrasos a la comunidad y al país, en virtud que no realiza inversiones en tecnología para su gente.

Los servicios de Internet se han convertido en una necesidad básica para el desarrollo en zonas rurales. La razón principal es que permite a los usuarios poder estar involucrados con el desarrollo de la tecnología de la información TIC.

El deseo de mantenerse comunicado es una característica que distingue al hombre, por ello el DISEÑO DE UNA RED QUE PROVEA SERVICIOS DE INTERNET (ISP) EN LAS CABECERAS CANTONALES CÉLICA Y CATACOCHA DE LA PROVINCIA DE LOJA, permitirá estrechar las distancias y ofrecer comunicaciones tan variadas como eficientes, volviéndose en una necesidad para muchos y una herramienta básica para los demás.

En el literal (d), se describe los aspectos fundamentales de las redes inalámbricas basadas en el servicio de internet, en ellos se destaca la definición, historia, protocolos, funcionamiento, necesidades del usuario y el tipo de servicio a contratar al ISP. Se presenta un conjunto de topologías comunes y se evalúa su relevancia en la implementación de redes inalámbricas, enlaces tanto punto a punto como multipunto utilizados en lugares rurales, teniendo en consideración las zonas de fresnel. Se define dos clases de tecnología para redes inalámbricas en zonas rurales 802.16 y 802.11. Finalmente se hablara del Marco regulatorio de los cuatro organizaciones de telecomunicaciones del Ecuador, para la prestación de servicios de valor agregado internet, además que pasos se deben regir para poder proveer servicios de internet ISP.

En la parte de materiales y métodos literal (e), consta la tecnología de la información y comunicación TIC, su aspecto social y económico de las dos cabeceras cantonales, así mismo los datos tabulados dados por el INEC, como también los realizados por encuesta.

En el literal (f), se muestra los resultados de este proyecto basados en la descripción de tráfico de red y estándar con sus respectivos cálculos y características.

En el literal (g) presenta un análisis comparativo del tráfico de red, donde destaca los posibles clientes que tendría como proveedor de internet. A demás se selecciona su estándar y banda de operación según las características y comparaciones de estas tecnologías. Se desarrolla el diseño de la red inalámbrica, selección de equipos y análisis financiero de costes.

En los últimos literales se concluye de la factibilidad de este proyecto basado en los objetivos planteados.

Objetivo General:

- ✓ Diseño de una red que provea servicios de internet (ISP) en las cabeceras cantonales Célica y Catacocha de la provincia de Loja.

Objetivos Específicos:

- ✓ Verificar los aspectos socioeconómicos y de acceso a las TIC de los habitantes de estos sectores.
- ✓ Identificar la tecnología a utilizar y determinar la frecuencia de operación.
- ✓ Realizar las diferentes simulaciones de los enlaces, realizados para las cabeceras Cantonales Catacocha y Célica.
- ✓ Diseñar la red para proveer internet a las cabeceras cantonales de Célica y Catacocha.
- ✓ Identificar las características técnicas y funcionales de equipos que garanticen el buen desempeño de la red que provee servicios de internet a bajo coste.
- ✓ Concluir sobre la factibilidad de implementación del proyecto y sus ventajas sobre otras soluciones

## **d. REVISIÓN DE LA LITERATURA.**

### **d.1. CAPÍTULO I. Redes inalámbricas para proveer el servicio de internet ISP.**

#### **d.1.1 Historia del Internet.**

Internet tiene su comienzo a fines de los sesenta, prácticamente en 1969 surge con el nombre de ARPANET, esta fue una red creada por ARPA (Advanced Research Projects Agency), esta agencia que operaba bajo la verificación del Departamento de Defensa de los Estados Unidos.

Arpanet comenzó a ser manejada por diferentes instituciones donde destacan: Universidades, Instituciones tanto militares como científicas entre otros organismos, de tal forma que se consolida año a año y empieza sus nuevas implementaciones; ya en 1972, a medida que la red se volvía cada vez más grande y sus avances se hacían sobre la marcha, se implementa el servicio de correo electrónico que es la herramienta más difundida en la actualidad por el Internet. En 1983 surge el protocolo TCP/IP de tal modo que Arpanet alcanza nuevas magnitudes. Para llegar a 1990 y constituir oficialmente la red INTERNET.

##### **d.1.1.1. Definición de Internet.**

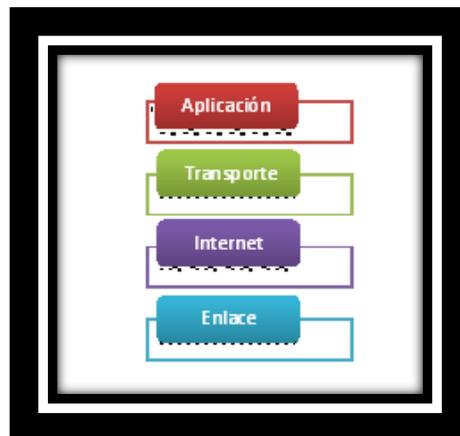
“Es una red de computadoras de extensión global, esta red nos permite transmitir datos, lo que significa que podemos fácilmente enviar documentos, fotos, videos, y cualquier otro tipo de información que se presente en forma digital” (BRIONES MORALES Danny Ernesto, 2006)

Los dos protocolos primordiales que facultan a esta red son TCP/IP; El protocolo de control de transmisión TCP, fija conexión entre dos terminales y a su vez garantiza la entrega de la información y su correcto orden; El protocolo de internet IP se encarga de establecer el principio y destino de los datos a ser transmitidos sin preocuparse del contenido o fiabilidad de lo enviado.

Existen varios protocolos, entre ellos se destacan el HTTP (HyperText Transfer Protocol), es el que se utiliza para acceder a las páginas web, el ARP (Address Resolution Protocol) para la resolución de direcciones, FTP (File Transfer Protocol) para transferencia de archivos, SMTP (Simple Mail Transfer Protocol), POP (Post Office Protocol) para correo electrónico, TELNET para acceder a equipos remotos, entre otros.

#### **d.1.1.2. Protocolo de Internet.**

El protocolo en el cual se basa el Internet tiene cuatro capas, como se muestra en la Figura 1, las cuales explica todo el flujo de información de la red mundial; su funcionamiento, y la vez el protocolo IP y TCP respectivamente.



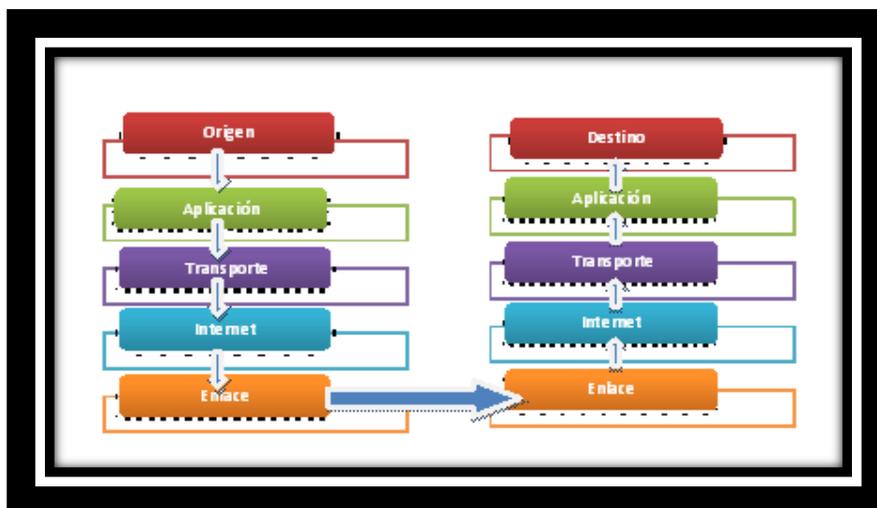
*Figura 1. Capas del Protocolo de Internet.*

Una vez que la información a recorrido su proceso a través de todas las cuatro capas del protocolo de Internet, los datos fueron fragmentándose para poder ser transmitidos, además se le otorgo identificadores de cada capa en orden ascendente para que pueda ser reconocida y cuando llegue a su destino, quedan de la siguiente manera. Vea la Figura 2.



*Figura 2. Orden de los Identificadores de Capa.*

Cada capa del protocolo le entrega información a la siguiente, la misma que se le inserta identificadores para poder reconstruir la información al momento de querer realizar el proceso inverso, de la misma forma esta son capaces de interactuar con la capa superior e inferior formando un sistema simple pero efectivo de entregar información tal como se muestra en la Figura 3.



*Figura 3. Flujo de Información en el Protocolo de Internet.*

Cada capa del protocolo de Internet se compone por una serie de programas o tecnologías. Como se observa en la Tabla 1.

*Tabla 1. Capas del Protocolo de Internet*

CAPAS DEL PROTOCOLO DE INTERNET	
APLICACIÓN	HTTP, HTTPS, POP3, FTP, Telnet, IMAP, SMTP, SSL.
TRANSPORTE	TCP, UDP, SCTP.
INTERNET	IPv4, IPv6.
ENLACE	Ethernet, Token Ring, WiFi, WiMAX, FDDI, PPP, RS232.

*Fuente. Original.*

### **d.1.2. Proveer los Servicios de Internet (ISP).**

Es una compañía o empresa que asigna acceso a servicios web. Por una cuota económica de pago, existen en el mercado varios tipos que brindan este servicio independientemente de la tecnología de conexión, entre los que se destacan son satelitales, fijos, inalámbricos.

Dentro de los requisitos como usuario, la transmisión de voz, datos y video tiene un gran auge, por tal motivo un ISP debe garantizar con su diseño las normas de Calidad y de Servicio.

Como proveedor de servicio de internet debe ofrecer servicios adicionales como:

- ✓ Cuentas de correo electrónico.
- ✓ Exploradores web.
- ✓ Espacio para crear un sitio web propio.
- ✓ Alojamiento web.
- ✓ Registro de dominios, entre otros.

#### **d.1.2.1. Las características para proveer servicios de internet ISP.**

##### **a) Criterios de selección de equipos:**

- ✓ Costo.
- ✓ Confiabilidad.
- ✓ Seguridad.
- ✓ Mejores características de conexión.

**b) Planificación del negocio:**

- ✓ Facilitar la búsqueda de inversiones externas.
- ✓ Evaluar el cumplimiento de las metas del negocio a lo largo del tiempo.
- ✓ Manejo de la perfil del proveedor de servicios.

**d.1.2.2. Las necesidades del cliente con respecto a un ISP.**

Para brindar un servicio de internet como empresa se debe tener en cuenta estos cuatro aspectos detallados a continuación:

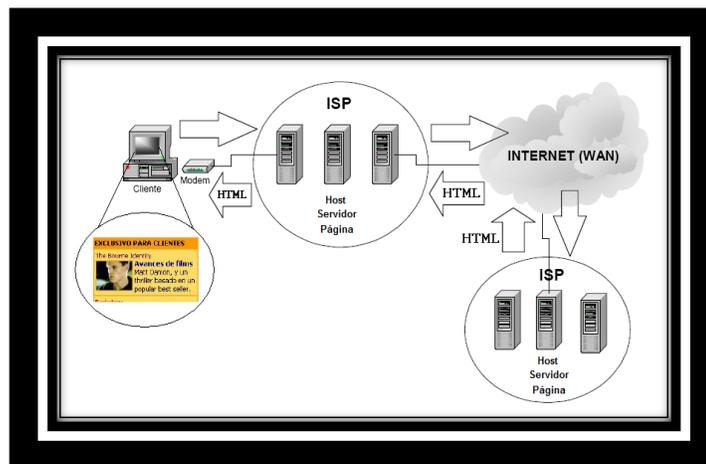
- a) **Ancho de banda:** Es la velocidad total que se ofrece a los usuarios, el cual se comparte entre el número de suscriptores, de modo que cuanto más aumenta el número de suscriptores, menor es el ancho de banda asignado a cada cliente.
- b) **Cobertura:** Un proveedor de internet debe brindar cobertura tanto nacional, como en zonas urbanas y rurales.
- c) **Precio:** Este factor depende del ISP, de tal forma que se adapten a la economía de la comunidad.
- d) **Servicio técnico:** También denominado soporte técnico o atención al cliente.

**d.1.2.3. Funcionamiento al proveer el servicio de internet (ISP).**

Un ISP es un canalizador de información, es un punto intermedio entre el usuario y el Internet. Puede estar sujeto directamente a un NAP o a otro ISP de mayor cobertura mediante ruteadores para llegar a los suscriptores.

Al momento de acceder a una dirección de Internet en un navegador, el programa se conecta al Servidor que corresponde la página, ya sea dentro del mismo ISP o en otro diferente, el cual consume ancho de banda.

Para descargar alguna página de internet el navegador Interpreta el código HTML (Hyper Text Markup Language) realizada desde diferentes dispositivos como teléfonos móviles, Computadoras entre otros tal como se muestra en la Figura 4.



*Figura 4. Funcionamiento de un ISP. [10]*

#### **d.1.2.4. Eficiencia al proveer el servicio de internet (ISP).**

Un ISP es eficiente cuando su función cumple con los requisitos propuestos dentro de su cronograma de funcionamiento, con lo que respecta al proveedor y cliente. Un ISP debe asegurar una alta disponibilidad de la red y una óptima transmisión de datos y de la misma forma garantizar mecanismos de redundancia, prevención, detección y recuperación rápida de la red frente a posibles fallas.

#### **d.1.2.5. Seguridad al proveer el servicio de internet (ISP).**

El Internet al ser de uso mundial queda expuesto, a infiltraciones tanto el ISP como sus usuarios, ya que no existe seguridad total es indispensable asignar al ISP de mecanismos de

contención para impedir que intrusos destruyan o contaminen la red. Estos mecanismos no solo que deben evitar problemas sino ser capaces de resolverlos.

#### d.1.2.6. Calidad de servicio QoS para proveer el servicio de internet (ISP).

En la Tabla2, se muestra cinco aspectos de calidad que como proveedor de internet debe considerar:

*Tabla 2. Aspectos de la Calidad de servicio QoS para un ISP.*

<b>Aspectos que relacionan la Calidad de servicio QoS para un ISP</b>	
1	✓ Funcionamiento óptimo de los recursos de la red, de manera que sea capaz de atender eficientemente al número de suscriptores previsto, incluso debe haber una proyección de crecimiento.
2	✓ Capacidad de ofrecer a los usuarios un cierto grado de servicio, incluso ante la presencia de congestión en la red.
3	✓ Administración apropiada de la red que permita la solución de problemas en un tiempo mínimo y asistencia técnica de calidad para los clientes
4	✓ Configuración adecuada de los dispositivos del ISP, para cumplir los criterios de Calidad de Servicio necesarios en la red y acordados con el usuario.
5	✓ Entrega de una solución rápida y precisa ante cualquier inconveniente.

*Fuente. Original*

A continuación se presenta la fórmula para determinar la calidad de servicio:

$$\text{Calidad de servicio} = \frac{\text{mínima tasa de transferencia}}{\text{máxima tasa de transferencia}} \quad \text{Expresión. 1. Cálculo para Calidad de Servicio.}$$

### **d.1.3. Redes inalámbricas.**

#### **d.1.3.1. Introducción a las Redes Inalámbricas.**

Las redes inalámbricas es un conjunto de dos o más dispositivos, de los cuales destacan computadoras portátiles, celulares, entre otros la idea general es que se pueden comunicar sin la necesidad de conectarlos con cables, es allí donde interviene el término de movilidad permitiendo a los suscriptores mantenerse conectados a la red cuando se desplazan dentro de una determinada área geográfica. Dichas redes se enlazan mediante ondas electromagnéticas.

Las redes inalámbricas no requieren de ningún cambio significativo en la infraestructura por la compatibilidad que existe entre los equipos.

#### **d.1.3.2. Ventajas de las Redes Inalámbricas.**

- a) **Movilidad:** Los usuarios conectados a una red inalámbrica tienen acceso a la información en tiempo real en cualquier lugar donde este desplegada la red.
- b) **Instalación rápida, simple y flexible:** La instalación es rápida y elimina la necesidad de colocar cables a través de paredes y techos.
- c) **Costo reducido:** La inversión inicial para una red inalámbrica puede ser más alta que el costo de una LAN, sin embargo la inversión de toda la instalación y el costo durante el ciclo de vida puede ser significativamente inferior.
- a) **Escalable:** Las redes inalámbricas pueden ser configuradas utilizando diferentes topologías para satisfacer las necesidades de las instalaciones y aplicaciones específicas.

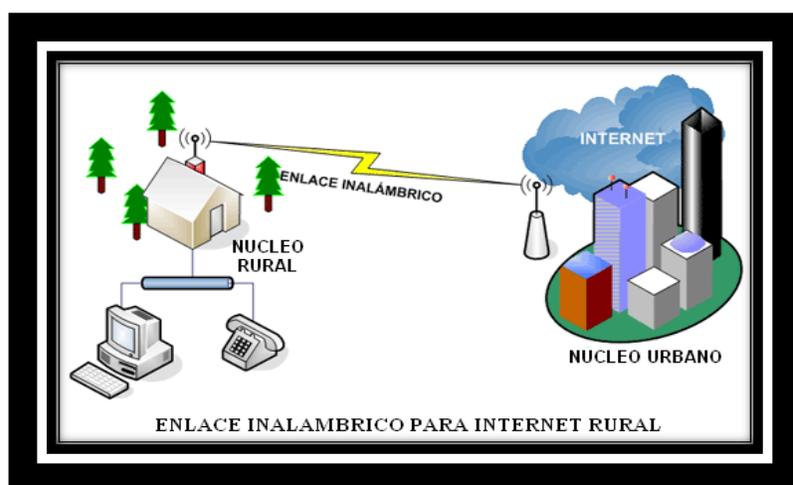
### **d.1.3.3. Desventajas de las Redes Inalámbricas.**

La principal desventaja de una red inalámbrica es la pérdida de velocidad de transmisión en comparación con los cables y las posibles interferencias. Otra desventaja es que al ser una red abierta puede ocasionar problemas de seguridad.

### **d.1.3.4. Enlaces inalámbricos para internet rural.**

El internet es una herramienta de trabajo esencial en las empresas y en los hogares, por lo cual no debería ser un impedimento para tener acceso a este servicio. El presente proyecto se preocupa de estas zonas rurales que a pesar de no ser ámbitos urbanos son lugares de gran concentración poblacional como es la Cabecera cantonal de Célica y Catacocha.

A través de los enlaces inalámbricos se puede transportar datos y voz con una calidad y velocidad muy superior a las conexiones de Internet Rural Vía Satélite, tal como se muestra en la Figura 5.



*Figura 5. Enlaces inalámbricos para internet rural [10]*

### d.1.3.5. Características de los enlaces inalámbricos para Internet Rural.

- ✓ Posibilidad de largas distancias y tecnologías.
- ✓ Instalación rápida y sencilla.
- ✓ Velocidades de hasta 90 Mbps (teóricamente), 600Mbps valor real.
- ✓ Equipos robustos y preparados para trabajar en exteriores.
- ✓ Sus comunicaciones no son tan seguras, es allí donde intervienen sus protocolos detallados al inicio de este capítulo.

Dentro de los enlaces inalámbricos para internet rural se presentan algunas pérdidas debido a diferentes factores como veremos a continuación:

- a) **Atenuación:** La atenuación puede ser acústica, eléctrica u óptica. Se representa en unidades logarítmicas, de tal forma, queda expresada en decibelios por las siguientes fórmulas:

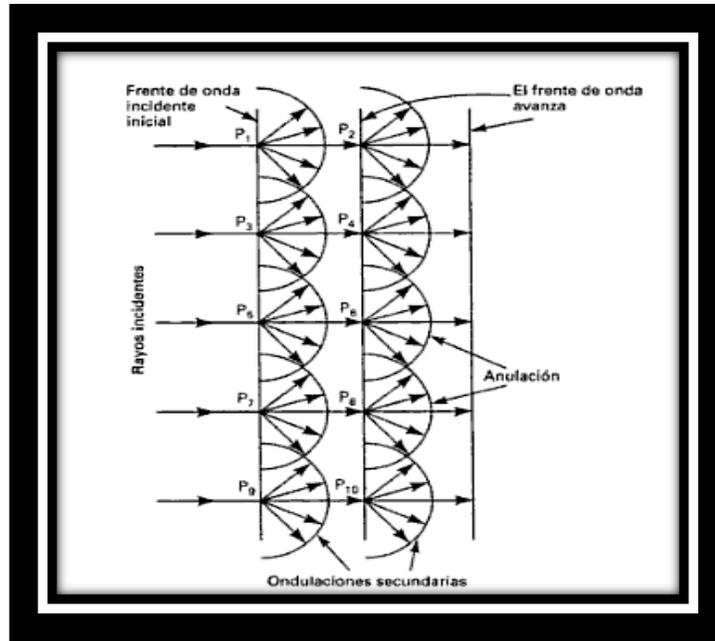
$$\alpha = 20 * \log \frac{V1}{V2}$$

**Expresión. 2.** Fórmula para el Cálculo de Atenuación en Tensión

$$\alpha = 10 * \log \frac{P1}{P2}$$

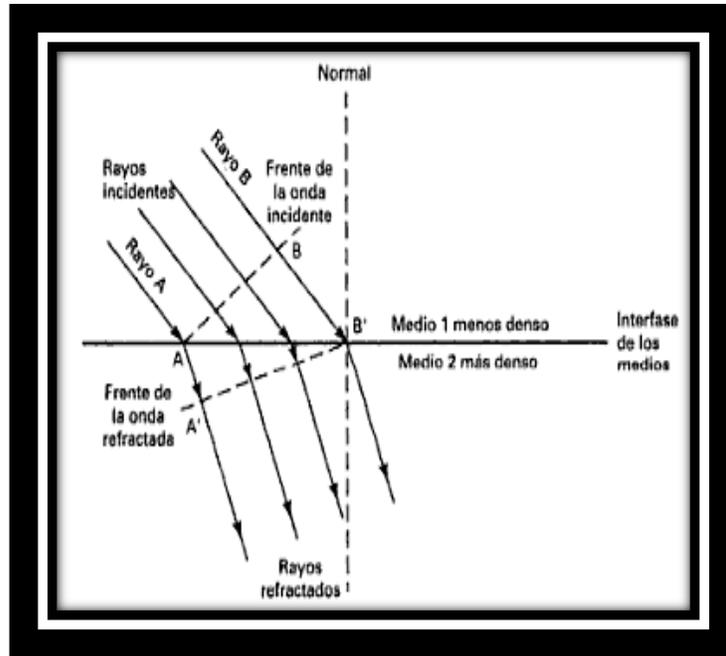
**Expresión. 3.** Fórmula para el Cálculo de Atenuación en Potencia.

- b) **Difracción:** Es la redistribución de energía dentro de un frente de onda, al pasar cerca de la orilla de un objeto opaco. Cuando la onda incide sobre un obstáculo todos los puntos de su plano se convierten en fuentes secundarias de ondas, emitiendo nuevas ondas. Vea la Figura 6.



*Figura 6. Difracción [3]*

- c) **Efectos climáticos y atmosféricos:** Toda señal inalámbrica debe pasar a través de la atmósfera de la tierra, por lo tanto está expuesta a cambios de temperaturas constantes, presión, vapor y clima. Estos cambios afectan la propagación de las señales inalámbricas en el camino de las redes.
- d) **Refracción:** El cambio de dirección de un rayo al pasar en forma oblicua de un medio a otro con diferente velocidad de propagación se denomina refracción electromagnética. Tal como se muestra en la Figura 7.



*Figura 7. Refracción [3]*

a) **Ruido:** Es una señal que se recibe modificada en comparación con la que se envía. El Ruido es un factor muy limitante en el rendimiento eficiente de un sistema de comunicación, a continuación se presenta los ruidos más comunes en una transmisión:

- ✓ **El Ruido térmico:** Está presente en todo dispositivo electrónico y medio de transmisión, impone límites en el rendimiento de los sistemas de comunicación y no se lo puede eliminar.

- ✓ **Ruido de Intermodulación:** Son señales no deseadas que se producen cuando las señales de dos líneas independientes se intermodulan

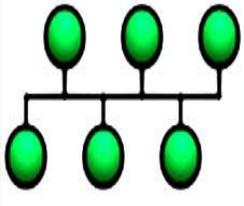
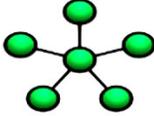
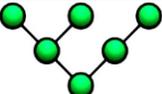
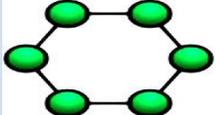
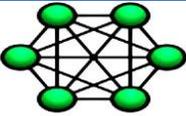
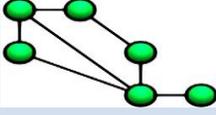
- ✓ **Crosstalk:** En Telecomunicaciones, se dice que entre dos circuitos existe diafonía, denominada en inglés Crosstalk.

- ✓ **Ruido Impulsivo:** Es aquel ruido cuya intensidad aumenta bruscamente durante un impulso en la señal transmitida.

### d.1.3.6. Topologías en conexión de redes Inalámbricas para zonas rurales.

A continuación se muestra una tabla donde intervienen varias topologías de las cuales solo algunas tienen relevancia en enlaces inalámbricos.

*Tabla 3. Topologías en conexión de redes Inalámbricas.*

Topología	Representación visual	Relevancia en redes inalámbricas
Bus o Barra		<b>No aplicable generalmente.</b> Estudiando la topología de bus se puede notar que cada nodo se conecta a todos los demás nodos, en el punto donde un cable se conecta con otros cables. En el caso inalámbrico esta topología es equivalente a una red de malla completa operando en un canal único.
Estrella		<b>Si;</b> esta es la topología estándar de una red inalámbrica.
Línea		<b>Si;</b> con dos o más elementos. Una línea de dos nodos es un enlace Punto a Punto.
Árbol		<b>Si;</b> típicamente usado por ISP (Proveedores de servicio de Internet) inalámbricos.
Anillo		<b>Si;</b> posible pero raro de encontrar.
Malla completa		<b>Sí;</b> pero la mayoría son mallas parciales.
Malla parcial		<b>Si</b>

*Fuente. Original.*

### d.1.3.7. Enlace punto a punto.

Un enlace punto a punto permite la participación únicamente de dos partes. Donde la distancia alcanza valores superiores a 10km dependiendo de la tecnología a utilizar.

Un proveedor de internet ISP debe proporcionar una simplicidad estructural, la misma permite a los usuarios una fácil conexión con la red y brinda al proveedor facilidad para adaptarse a la evolución de cambios tecnológicos ya que tienden siempre ser en aumento.

En la Figura 8, se observa como los enlaces Punto-Punto se acoplan de forma transparente o enrutada, como si estuvieran unidas por un cable.

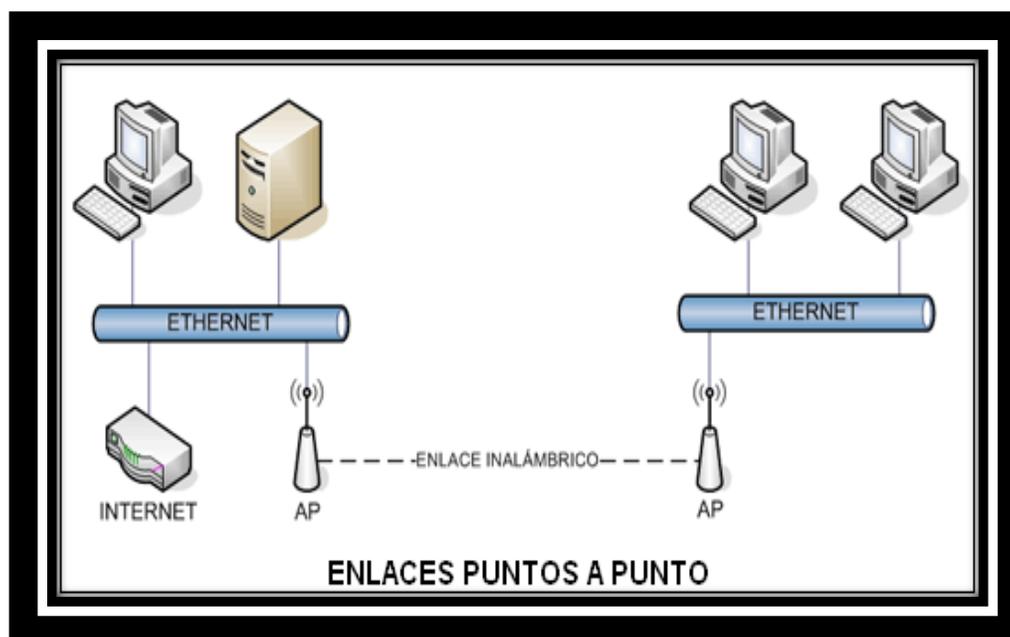


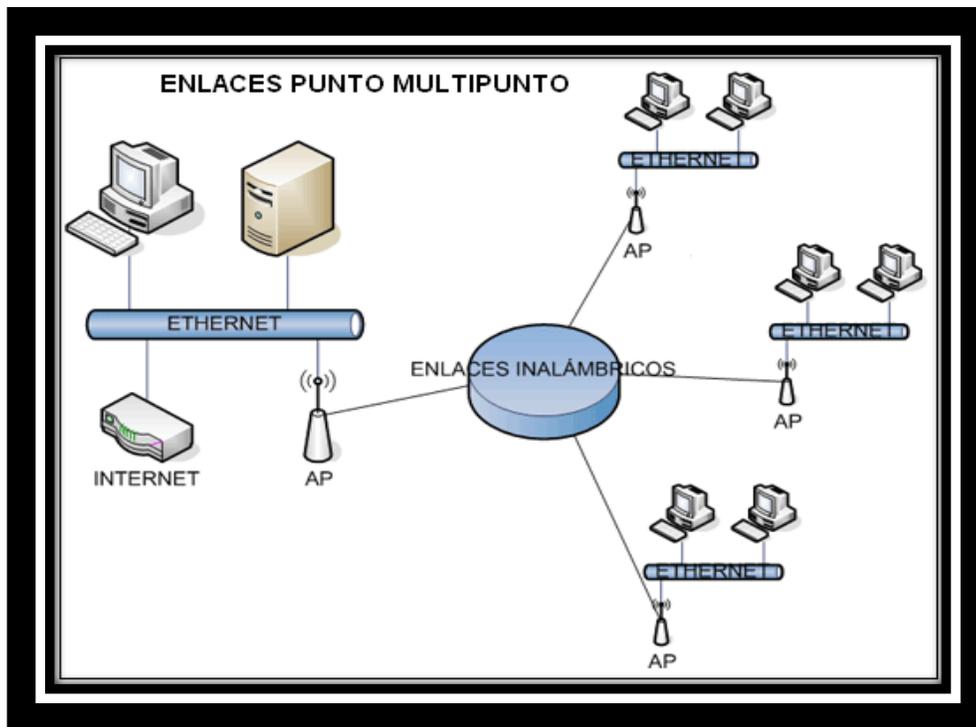
Figura 8. Muestra de enlaces punto a punto. [10]

### d.1.3.8. Enlace punto a multipunto.

Un enlace punto a multipunto unen varias redes entre sí, permitiendo establecer grandes áreas de cobertura, para enlazar diferentes puntos remotos. El radioenlace consta de una instalación

central basada de una antena multidireccional, a la que apuntan las antenas direccionales del resto de dispositivos.

Debido a la flexibilidad de los AP (Puntos de Acceso) se pueden definir reglas de acceso entre las diferentes redes tal como se muestra en la Figura 9.



*Figura 9. Muestra de enlaces punto a multipunto. [10]*

#### **d.1.4. Zonas de Fresnel en redes inalámbricas.**

Una forma clara de poder entender cómo funcionan las zonas de Fresnel en la propagación de la radiación es “verlo como una tubería virtual por donde viaja la mayor parte de la energía entre el transmisor y el receptor. Con el objetivo de evitar pérdidas, no debería haber obstáculos dentro de esta zona, ya que un obstáculo perturbaría el flujo de energía” (EIE UES, 2011)

Las zonas Fresnel están regidas por tres tipos de enlace, en función de la visibilidad:

- ✓ Line of Sight (LOS): Cuando hay línea de vista directa entre el transmisor y el receptor, y la zona de Fresnel está despejada.
- ✓ Near Line of Sight (nLOS): Hay visibilidad directa pero la zona de Fresnel está parcialmente obstruida.
- ✓ Non Line of Sight (NLOS): No hay visibilidad directa, y por consiguiente la zona de Fresnel está totalmente obstruida.

#### d.1.4.1. Definición de zona de Fresnel.

La zona de Fresnel es el volumen de espacio del trasmisor de una onda electromagnética, y un receptor, de tal forma que el desfase de las ondas no supere los 180 grados.

La razón importante para una zona de Fresnel es determinar la línea de vista, que en términos simples es una línea recta entre la antena transmisora y la receptora.

La fórmula genérica de cálculo de las zonas de Fresnel se muestra en la Expresión 4.

$$r_n = 548 \sqrt{\frac{n * d1 * d2}{f * d}}$$

**Expresión.4.** Fórmula para el Cálculo del radio de la *n*ésima Zona de Fresnel

Dónde:

*r<sub>n</sub>* es el radio de la *n*ésima zona de Fresnel [m].

*n* es la *n*ésima zona de Fresnel.

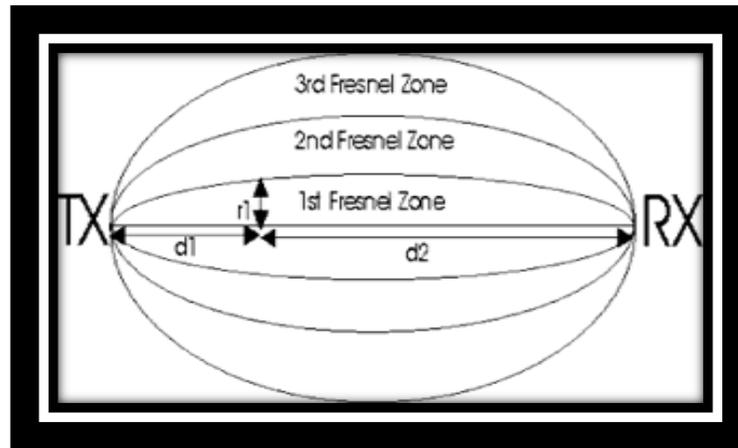
*d1* es la distancia desde el transmisor al objeto en [Km].

*d2* 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].

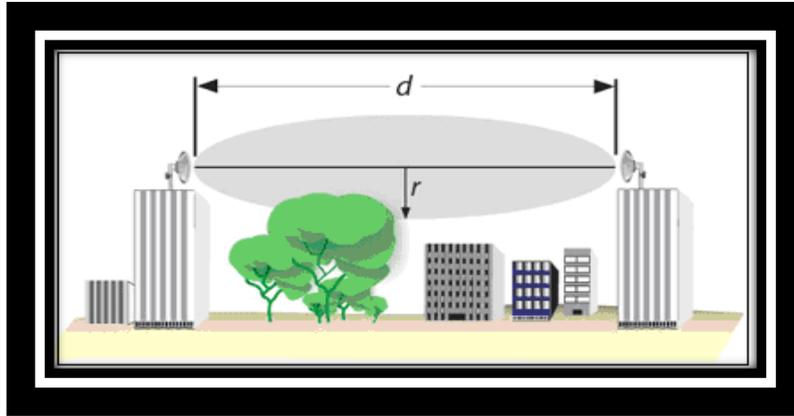
Fresnel definió una serie de zonas que hay que tener en cuenta, tal como se muestra en la Figura 10. Entonces, cuando se transmite algo en tierra se tiene rebotes en el suelo. Los rebotes pueden contribuir positivamente a la recepción de la señal si llegan en fase y negativamente si llegan en contrafase.



*Figura 10. Zonas de Fresnel. [11]*

- ✓ La primera zona contribuye positivamente a la propagación de la onda ya que llega en fase, además, la primera zona concentra el 50% de la potencia.
- ✓ La segunda zona contribuye negativamente porque llega en contrafase,
- ✓ la tercera zona contribuye positivamente,
- ✓ la cuarta zona contribuye negativamente y así sucesivamente con el resto de zonas.

En la práctica, al aplicar Fresnel y poder conseguir el máximo alcance de los dispositivos de radiofrecuencia se debe mantener despejada, al menos, el 60% de la primera zona de Fresnel, tal como se muestra en la Figura 11.



*Figura 11. Altura de la primera zona de Fresnel. [11]*

#### **d.1.5. Tecnologías de redes inalámbricas para zonas rurales.**

Dentro de las tecnologías más utilizadas para la provisión de servicio de internet en zonas rurales tenemos a 802.16 (wimax) y 802.11 (wifi).

##### **d.1.5.1. Tecnología 802.16 wimax.**

“Worldwide Interoperability for Microwave Access (Interoperabilidad mundial para acceso por microondas), es una norma de transmisión de datos que utiliza las ondas de radio en las frecuencias de 2,3 a 3,5 Ghz” ( FUNDACIÒN Wikipedia, 2015)

Se la conoce como tecnologías de última milla, también como bucle local el cual permite la recepción de datos por microondas y retransmisión por ondas de radio.

El estándar que define esta tecnología es el IEEE 802.16, el mismo que cuenta con una ventaja fundamental, que es brindar servicio de banda ancha en zonas donde el despliegue de cable o fibra por la baja densidad de población presenta unos costos por usuario muy elevados estos lugares son zonas rurales.

#### **d.1.5.1.1. Evolución de 802.16.**

*Tabla 4. Evolución del estándar 802.16.*

<b>Estándar</b>	<b>Descripción</b>
802.16	Utiliza espectro licenciado en el rango de 10 a 66 GHz, necesita línea de visión directa, con una capacidad de hasta 134 Mbps en celdas de 2 a 5 millas (3 a 7,5 km). Soporta calidad de servicio. Publicado en <u>2002</u>
802.16a	Ampliación del estándar 802.16 hacia bandas de 2 a 11 GHz, con sistemas NLOS y LOS, y protocolo PTP y PTMP. Publicado en <u>abril</u> de <u>2003</u>
802.16c	Ampliación del estándar 802.16 para definir las características y especificaciones en la banda de 10-66 GHz. Publicado en enero de 2003
802.16d	Revisión del 802.16 y 802.16a para añadir los perfiles aprobados por el WiMAX Forum. Aprobado como 802.16-2004 en <u>junio</u> de <u>2004</u> (La última versión del estándar)
802.16e	Extensión del 802.16 que incluye la conexión de banda ancha nómada para elementos portátiles del estilo de los notebooks. Publicado en diciembre de <u>2005</u>
802.16m	Extensión del 802.16 que entrega datos a velocidad de 1 Gbit/s en reposo y 100 Mbit/s en movimiento.

*Fuente. Original.*

#### **d.1.5.2. Tecnología IEEE 802.11.**

En 1997, se la aparición la tecnología 802.11, siendo el primero de los estándares en ser definidos por la IEEE para aplicaciones WLAN, y especifica dos velocidades de transmisión teóricas de 1 y 2 Mbps. Funciona sobre la banda ISM (Industrial, Scientific and Medical, Industria Científica y Médica) que corresponde a 2.4 GHz.

La aparición de una serie de variantes que mejoran este estándar, ha logrado su aceptación en las redes inalámbricas por su velocidad, cobertura, seguridad, entre otros.

### d.1.5.2.1. Evolución de 802.11.

*Tabla 5. Evolución del estándar 802.11.*

<b>Estándar</b>	<b>Descripción</b>
IEEE 802.11 a.	Velocidad de transmisión de 54 Mbps con velocidades reales de aproximadamente 20 Mbps, en una banda de 5 GHz. Las distancias de cobertura se ven reducidas significativamente, alcanzando entre 30m (a 54 Mbps) y 300m (a 6 Mbps) en exteriores, y entre 12m (a 54 Mbps) y 90m (a 6 Mbps).
IEEE 802.11 b.	Velocidad de transmisión capaz de variar desde 1, 2,5.5, y 11 Mbps, dependiendo de diferentes factores, en una banda de 2.4 GHz. En cuanto a las distancias a cubrir, dependerá de las velocidades aplicadas, del número de usuarios conectados y del tipo de antenas y amplificadores que se puedan utilizar.
IEEE 802.11 e.	El objetivo del nuevo estándar IEEE 802.11e es introducir nuevos mecanismos a nivel de capa MAC para soportar los servicios que requieren garantías de Calidad de Servicio.
IEEE 802.11 g.	velocidad de transmisión de 54 Mbps pero de 30 Mbps en la práctica en una banda de frecuencia de 2.4 GHz. Una de sus ventajas es la compatibilidad con el estándar 802.11b. Cubre de 50 a 100m de distancia en interiores pero permite hacer comunicaciones de hasta 50Km con antenas parabólicas apropiadas.
IEEE 802.11 n.	La velocidad real estimada es de 600 Mbps (la velocidad teórica de transmisión es aún mayor), y debería ser hasta 10 veces más rápida que una red bajo los estándares 802.11a y 802.11g, y cerca de 40 veces más rápida que una red bajo el estándar 802.11b. Mejor rendimiento en 5GHz, se puede usar en 2.4 GHz si las frecuencias están libres.

*Fuente. Original.*

### **d.1.5.3. Seguridad 802.11.**

Hay varias alternativas para garantizar la seguridad de redes WiFi, entre las más conocidas están: WEP (Wired Equivalent Privacy) y WPA (WiFi Protect Access).

- a) **WEP:** brinda confidencialidad, autenticación y control de acceso en redes inalámbricas WLAN, ya que la función es cifrar los datos en su red de forma que sólo el destinatario que corresponda pueda acceder a ellos, además, está basado en el algoritmo de encriptación RC4, con una clave secreta de 40 o 104 bits.

Los problemas que se presentan sin poder ser solucionados en WEP son los siguientes

- ✓ RC4 posee una debilidad en su planificación de claves.
  - ✓ Se pueden cambiar aleatoriamente algunos bits del paquete y a pesar de todo se obtiene el mismo CRC.
  - ✓ Autenticación de la estación; se autentica la máquina, no el individuo que está sentado a la máquina.
  - ✓ Autenticación unidireccional, el cliente no autentica al AP, sólo el AP autentica al cliente.
- b) **WPA:** Es creado para contrarrestar los problemas que se presentan en WEP, siendo un mecanismo de control de acceso a una red inalámbrica. WPA consta de dos versiones que utilizan distintos procesos de autenticación, como se muestra en la Tabla 6.

*Tabla 6. WPA Para el uso personal doméstico y Para el uso en empresarial.*

<b>Autenticación en WPA</b>	
<b>Para el uso personal doméstico:</b>	✓ El Protocolo de integridad de claves temporales (TKIP) es un tipo de mecanismo empleado para crear el cifrado de clave dinámico y autenticación mutua. Debido a que las claves están en constante cambio, ofrecen un alto nivel de seguridad para su red.
<b>Para el uso en empresarial:</b>	✓ El Protocolo de autenticación extensible (EAP) se emplea para el intercambio de mensajes durante el proceso de autenticación. Emplea la tecnología para autenticar los usuarios a través de un servidor RADIUS. Esto aporta una seguridad muy alta para la red inalámbrica, pero necesita un servidor RADIUS.

*Fuente. Original.*

Los inconvenientes que se presentan en WPA son los siguientes:

- ✓ No todos los dispositivos inalámbricos soportan el modo WPA2-PSK. Aunque en la actualidad, todos los equipos deben ser nativos WPA2 (AES) caso contrario, no serán productos certificados WiFi.
- ✓ Se somete al router a más carga de trabajo ya que debe generar constantemente nuevas claves.

#### **d.1.6. Marco regulatorio.**

Para la provisión de servicios de internet (ISP) se tiende a cumplir diferentes políticas que se basan en la **Resolución No 071-03-CONATEL-2002**. Los Organismos reguladores dentro de las telecomunicaciones en el Ecuador están regidas por cuatro organismos, los cuales tienen funciones específicas y se complementan entre sí.

La primera es el Consejo Nacional de Telecomunicaciones **CONATEL**, la misma que establece varias políticas de regulación de los servicios de telecomunicaciones y espectro radioeléctrico. La segunda es la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones **SENATEL**, la cual se encarga de ejecutar las políticas dictadas por el CONATEL, La tercera es Superintendencia de Telecomunicaciones **SUPERTEL**, Se encarga de la supervisión y control de las leyes aprobadas por EL CONATEL y ejecutadas por la SENATEL. La cuarta es el Consejo Nacional de Radiodifusión y Televisión **CONARTEL** Se encarga de la administración y regulación de los servicios de radiodifusión y televisión, aprueba y concede el plan de frecuencias para radio y TV.

CONATEL regula los Servicios de Valor Agregado como es el Internet. El presente reglamento tiene por objeto establecer las normas y procedimientos aplicables a la prestación de servicios de valor agregado así como los deberes y derechos de los prestadores de servicios de sus usuarios.

El título habilitante para la instalación, operación y prestación del servicio de valor agregado es el permiso, otorgado por la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones (Secretaría), previa autorización del Consejo Nacional de Telecomunicaciones CONATEL. (Ver **Art.3.**) y (Ver **Art.4.**)

El plazo de duración de los títulos habilitantes para la prestación de servicios de valor agregado será de diez (10) años, prorrogables por igual período de tiempo, a solicitud escrita del interesado, presentada con tres meses de anticipación al vencimiento del plazo original,

siempre y cuando el prestador haya cumplido con los términos y condiciones del título habilitante. (Ver **Art.5.**).

Las solicitudes deberán estar acompañadas de los siguientes documentos y requisitos:

- a) Identificación y generales de ley del solicitante;
- b) Descripción detallada de cada servicio propuesto;
- c) Anteproyecto técnico para demostrar su factibilidad;
- d) Requerimientos de conexión;
- e) Certificado de la Superintendencia de Telecomunicaciones respecto de la prestación de servicios de telecomunicaciones del solicitante y sus accionistas incluida la información de imposición de sanciones en caso de haberlas.
- f) En caso de renovación del permiso. La certificación de cumplimiento de obligaciones establecidas en el permiso, por parte de la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones y de la Superintendencia de Telecomunicaciones, además de la información de imposición de sanciones por parte de la Superintendencia. (Ver **Art.7.**)

El anteproyecto técnico, elaborado y suscrito por un ingeniero en electrónica y telecomunicaciones debidamente colegiado, contendrá:

- a) Diagrama esquemático y descripción técnica detallada del sistema.
- b) Descripción de los enlaces requeridos hacia y desde el o los nodos principales para el transporte de información.
- c) Identificación de requerimientos de espectro radioeléctrico, solicitando el título habilitante respectivo según los procedimientos determinados en el reglamento pertinente. (Ver **Art.8.**)

No se otorgarán permisos de operación de índole genérica, abierta o ilimitada. Cuando la naturaleza de los servicios de valor agregado que proveerá el solicitante sea diferente, se requerirá de un permiso expreso por cada servicio. (Ver **Art. 10**)

En caso de solicitarse la autorización para más de un servicio y éstos tengan naturalezas distintas entre sí, la documentación e información concerniente a la solicitud de cada título habilitante deberá ser presentada por separado a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones. (Ver **Art. 17.**)

La Secretaría Nacional de Telecomunicaciones remitirá, mensualmente, a la Superintendencia de Telecomunicaciones, un listado con los permisos y las prórrogas otorgadas a fin de que la Superintendencia de Telecomunicaciones pueda verificar el cumplimiento de la presente disposición. (Ver **Art. 18.**)

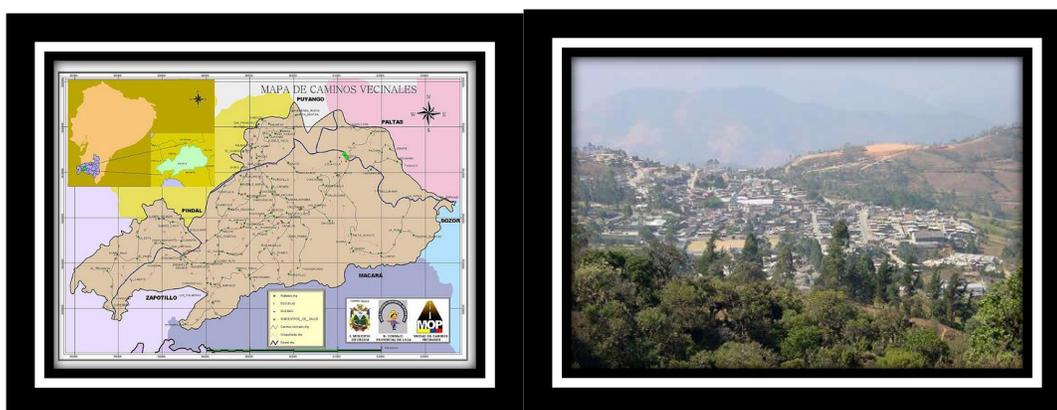
Las tarifas para los servicios de valor agregado serán libremente acordadas entre los prestadores de servicios de valor agregado y los usuarios. Sólo cuando existan distorsiones a la libre competencia en un determinado mercado el Consejo Nacional de Telecomunicaciones podrá regular las tarifas. (Ver **Art. 26.**) y (Ver **Art. 27.**)

## e. Materiales y Métodos.

### e.1. Levantamientos de datos y selección de frecuencias para la provisión del servicio internet.

#### e.1.1. Cabecera Cantonal de Céllica.

Céllica, tierra de personas trabajadoras, héroes y suelo generoso, su nombre significa "Celestial", por su cielo turquesa y la diversidad de paisajes, el nombre de Céllica fue dado por el Español Sebastián de Benalcázar mientras conquistaba el Reino de Quito. Obtiene su cantonización el 12 de Diciembre de 1878, durante la presidencia de Ignacio de Veintemilla, su extensión se muestra en la Figura 12.



*Figura 12. Cabecera cantonal de Céllica*

#### e.1.1.1. Aspecto social y económico.

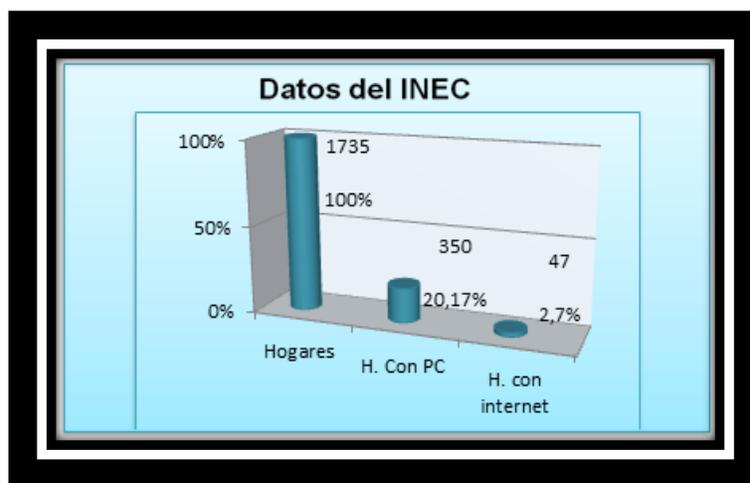
Por su propia idiosincrasia es el céllico respetuoso, leal y cumplidor de sus deberes, totalmente de creencia católica y celoso respecto a su persona y tierra nativa. Posee una extensión de 521 Km<sup>2</sup>, está integrado por cinco parroquias Cruzpamba, Algarrobillo, Pózul y Sabanilla.

El cantón Céllica está ubicado en las faldas del Pucará y fue fundada por Manuel Carrión en 1783. Limita al sur de la provincia de Loja a 178 Km aproximadamente, su situación geográfica es: al Norte con Pindal, Puyango, Paltas. Al sur con Macara al Este con Sozoranga y al Oeste con Zapotillo.

Dispone de una Economía que se basa principalmente en la agricultura, ganadería, comercio y un escasísimo sector a la industria del queso y panela.

#### **e.1.1.2. Acceso a las tecnologías de la información y la comunicación (TIC).**

Las TIC tiende a ser baja según INEC VII censo de población y VI de vivienda del 2010 la densidad poblacional de la cabecera cantonal de Céllica es 7323 habitantes con 1735 hogares de los que 350 tienen computadoras y 47 cuentan con el servicio de internet. Tal como se muestra en la siguiente Figura 13.



*Figura 13. El Acceso a las (TIC) según INEC VII censo de población y VI de vivienda del 2010*

Con el objetivo de medir el uso que dan los habitantes al internet, sus aplicaciones, satisfacción, y que empresas brindan este servicio se planteó una encuesta basada en diez preguntas dentro de las cuales destacan las siguientes respuestas que se muestran en la figura 15, luego de ser ya tabulados los datos. Para dicha encuesta se tomó el tamaño de la muestra que determina a cuantas personas se debe encuestar según el nivel de población y con una

exactitud de valides del 95% que vendría a tener un 5% de error. Como se puede ver a continuación:

$$\mathbf{Tamaño\ de\ muestra = n / (1 + n/N)} \qquad \mathbf{Expresión\ 5. Tamaño\ de\ la\ muestra}$$

Dónde:  $n = \text{varianza de la muestra} / \text{varianza de la población}$

N es el tamaño de la población en este caso la cabecera cantonal de Céllica es 7323 habitantes

La varianza de la muestra es 0.05

esto resulta de  $(100 - 95)/100$

y la varianza de la población se suele ajustar a  $(0.015)^2 = 0.000225$

así  $n = 0.05/0.000225 = 222.22$

sustituyendo

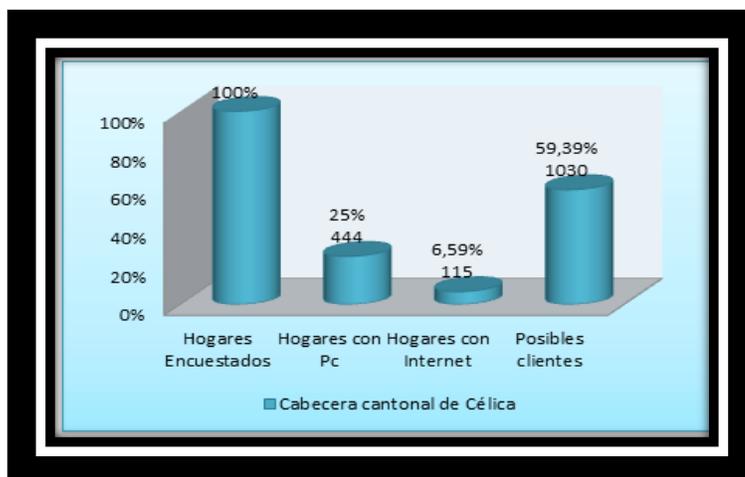
$$\mathbf{Tamaño\ de\ la\ muestra = 222.22 / (1 + 222.22/7323)}$$

$$\mathbf{Tamaño\ de\ la\ muestra = 222.22 / 1.0303}$$

$$\mathbf{Tamaño\ de\ la\ muestra = 215.68}$$

Para una población de 7323 individuos y con un nivel de confianza del 95% se debe tomar una muestra de 216 individuos.

Para los 1735 hogares con un nivel de confianza del 95% se debe tomar una muestra de 197 hogares encuestados.



*Figura 14. Datos según la encuesta planteada.*

Los datos tabulados de la encuesta realizada se muestran en la Figura 14. Dentro de las empresas que brindan el servicio de internet en la cabecera cantonal de cética destacan CNT, Power Net, Conéctate. De las mismas su nivel de cobertura y de servicio no es tan grato a los usuarios.

### **e.1.2. Cabecera Cantonal de Catacocha.**



*Figura 15. Cabecera cantonal de Catacocha*

#### **e.1.2.1. Aspecto social y económico.**

Catacocha es la capital del cantón Paltas, considerada como Patrimonio Cultural de la Humanidad el 25 de mayo de 1994 por la gran riqueza de sus tradiciones, heredada de los ancestros aborígenes y de la época colonial.

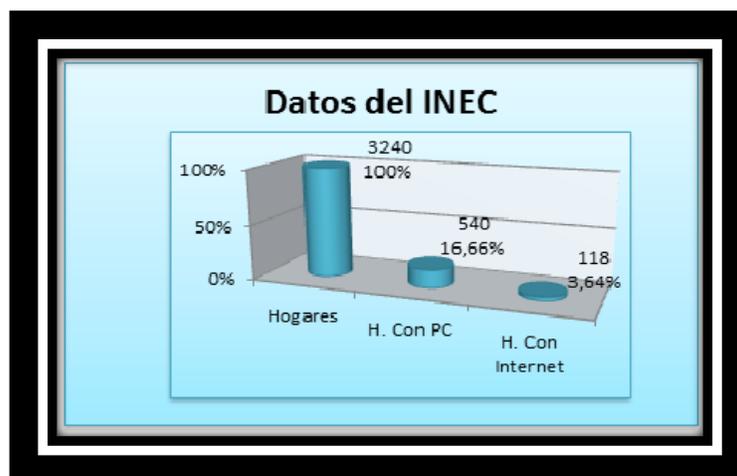
La Cabecera cantonal de Catacocha se encuentra a 1 850 msnm se ubica al norte occidente de la provincia de Loja a 97 Km aproximadamente, con una extensión 1183Km<sup>2</sup>, vea la Figura 15.

Su situación geográfica limita al Norte con los cantones de Chaguarpamba, Olmedo y la provincia de El Oro al Sur con los cantones de Calvas y Sozoranga. Al Este con los cantones de Catamayo y Gonzanamá. Al Oeste con los cantones Puyango y Celica.

Dispone de una economía principalmente de la agricultura, ganadería, comercio, sus industrias están poco desarrolladas. Tradicionales son los objetos de cerámica, confeccionados por los moradores de los barrios Tacoranga y Quebrada arriba, también Existen fábricas de Teja y Ladrillo.

#### **e.1.2.2. Acceso a las tecnologías de la información y la comunicación (TIC).**

Al igual que la cabecera cantonal de Céllica el Acceso a las TIC es muy baja según INEC VII censo de población y VI de vivienda del 2010 la cabecera cantonal de Catacocha cuenta 12202 habitantes con 3240 hogares de los cuales 540 tienen computadora y solo 118 cuentan con el servicio de internet. Tal como se muestra en la siguiente Figura 16.



*Figura 16. El Acceso a las (TIC) según INEC VII censo de población y VI de vivienda del 2010.*

Así mismo como se realizó la encuesta en la cabecera cantonal de Céllica se ejecutó en la cabecera cantonal de Catacocha, las cuales contaron con diez preguntas dentro de las cuales destacan las siguientes respuestas que se muestran en la figura 18, luego de ser ya tabulados dichos datos. Para dicha encuesta se tomó el tamaño de la muestra que determina a cuantas

personas se debe encuestar según el nivel de población y con una exactitud de validez del 95% que vendría a tener un 5% de error.

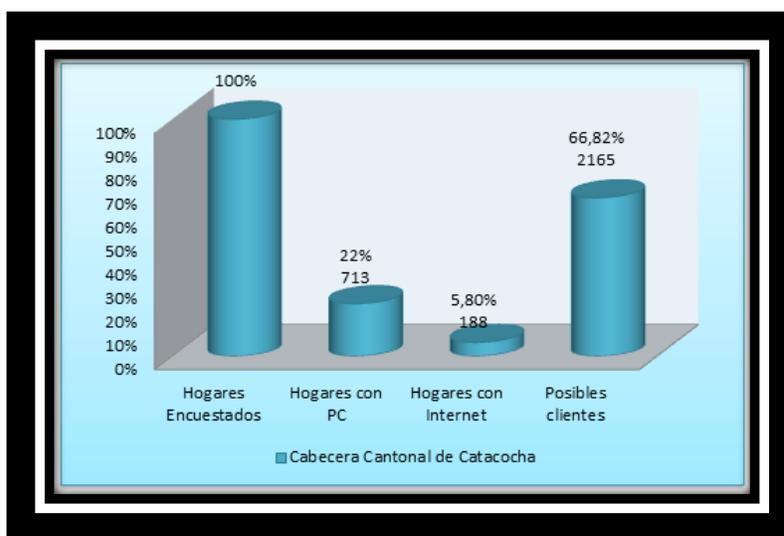
$$\text{Tamaño de la muestra} = 222.22 / (1 + 222.22/12202)$$

$$\text{Tamaño de la muestra} = 222.22 / 1.018$$

$$\text{Tamaño de la muestra} = 218.29$$

Para una población de 12202 individuos y con un nivel de confianza del 95% se debe tomar una muestra de 218 individuos.

Para los 3240 hogares con un nivel de confianza del 95% se debe tomar una muestra de 208 hogares encuestados.



*Figura 17. Datos según la encuesta planteada*

Los datos tabulados de la encuesta realizada se muestran en la Figura 17. Dentro de las empresas que brindan el servicio de internet en la cabecera cantonal de Catacocha destaca CNT, la cual da abasto a la parte central debido que la prestación del servicio solo la tiene a brindar a hogares que cuentan con línea telefónica.

## f. RESULTADOS.

### f.1. Análisis comparativo de Tráfico de red y cálculos de disponibilidad.

El tráfico de la red de un ISP está en su mayor parte establecido por el plan de negocios, es decir todo depende de los tipos de planes que se les ofrezca a los usuarios, el ancho de banda para cada usuario y el grado de compartición del servicio.

En el caso de este estudio se estiman valores estándares ofertados por los ISP locales:

✓ Para residenciales:

Plan normal 256 Kbps Bajada 256kbps subida contención 1:8

✓ Para Pymes:

Plan normal 256 Kbps Bajada 256kbps subida contención 1:1

Estos dos tipos de planes serían los cuales se ofertarán al comienzo. En la tabla 7, se puede apreciar la cantidad de usuarios por 2 megabits, depende del tipo de plan que el cliente contrate. Cuando la red este siendo utilizada por el total de usuarios esperados en el futuro.

*Tabla 7. Tipos de Plan.*

Tipos de plan	Número de usuarios	Cantidad de usuarios por 2 Mbps
Para residenciales	$2\text{Mbps} / 256\text{Kbps} = 8$ canales de 256 Kbps	8 canales $8 (1.8) = 64$ clientes por cada 2 megas
Para Pymes	$2\text{Mbps} / 256\text{Kbps} = 8$ canales de 256 Kbps	8 canales $1 (1.1) = 8$ clientes por cada 2 megas

*Fuente. Original.*

## f.2. Análisis comparativo del Estándar y bandas de frecuencia.

### f.2.1. Característica del estándar 802.11.

*Tabla 8. Características del estándar 802.11.*

ESTÁNDAR	CARACTERÍSTICAS
802.11a	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Velocidad de transmisión de 2Mbps. Opera en la banda 5Ghz y utiliza 52 subportadoras (OFDM) con una velocidad máxima de 54Mbps/ Tiene 12 canales sin solapar, 8 para red inalámbricas y 4 para conexiones de Access point.</li> </ul>
802.11b	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Tiene una velocidad máxima de 11Mbps/s y utiliza CSMA/CA. Funciona en la banda de 2.4GHz. En la práctica, la velocidad máxima de transmisión es 5.9Mbit/s en TCP y 7.1Mbit/s en UDP.</li> </ul>
802.11g	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Este utiliza la banda de 2.4 Ghz Velocidad teórica máx.de 54 Mbits o cerca de 24.7Mbit/s de velocidad real de transferencia.</li> </ul>
802.11n	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Cuenta con una velocidad de modulación cerca de seis veces más rápida y una tasa de transferencia de datos de 2 a 5 veces que una antena WiFi 802.11 a/g, mejoras sustanciales en cobertura y calidad de conexión.</li> <li>✓ Las antenas WiFi 802.11n introducen varias mejoras a las capas 802.11 PHY (radio) y MAC que resultan en mejor throughput y confiabilidad para redes inalámbricas.</li> <li>✓ OFDM Mejorado - Modulación OFDM (Multiplexaje por División de Frecuencias Ortogonales) nueva y más eficiente que provee anchos de banda más amplios y mayores velocidades de datos.</li> <li>✓ Canales de 40 MHz, duplica las velocidades de datos mediante el incremento del ancho de canal de transmisión. En 802.11 a/g el ancho de canal estándar es de 20 MHz y este se ha ampliado a 40 MHz en 802.11n.</li> <li>✓ Multiple-Entrada / Múltiple-Salida - Un sistema de radio capaz de enviar o recibir múltiples cadenas de datos simultáneamente.</li> <li>✓ Agregación de Tramas, 802.11n mejora la capa MAC y reduce la transmisión de encabezados ya que permite que varias tramas de datos sean enviadas como parte de una sola transmisión. Adicionalmente reduce el espaciado entre tramas lo cual permite que la transmisión sea completada en menor tiempo, liberando el medio para su uso por otras transmisiones.</li> <li>✓ Trabaja en las bandas de 2.4 GHz: 802.11 b/g/n, así como en la de 5 GHz: 802.11 a/n.</li> <li>✓ El modo de operación PCO (Phased Co-existence Operation) le permite a 802.11n cambiar dinámicamente el canal de operación de 40 MHz a 20 MHz mientras se comunica con una antena WiFi 802.11 a/b/g o un dispositivo 802.11n.</li> </ul>

*Fuente. Original.*

## f.2.2. Característica del estándar 802.16.

*Tabla 9. Características del estándar 802.16.*

<b>ESTÁNDAR</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
<b>802.16</b>	✓ Distancias de hasta 80 kilómetros, con antenas muy direccionales y de alta ganancia.
	✓ Velocidades de hasta 75 Mbps, siempre que el espectro esté completamente limpio.
	✓ Facilidades para añadir más canales, dependiendo de la regulación de cada país.
	✓ Anchos de banda configurables y no cerrados, sujetos a la relación de espectro.
	✓ Permite dividir el canal de comunicación en pequeñas subportadoras.

*Fuente. Original.*

## **g. DISCUSIÓN.**

### **g.1. Demanda de los servicios de Internet.**

Según los datos tabulados en la encuesta antes mencionada literal (e), los posibles clientes de la cabecera cantonal de Cécica son de 59,39% esto corresponde a 1030 usuarios potenciales y de la cabecera cantonal de Catacocha consta de un 66,82% que son 2165 usuarios potenciales, dando un total de 3195 clientes, siendo esta una cifra amplia, por lo que está planificado que la red soporte en su inicio un 10%, debido que en algunos hogares no poseen todavía equipos móviles como PC. Por lo tanto la cabecera cantonal de Cécica será de 100 suscriptores y 200 suscriptores para la cabecera cantonal de Catacocha. Total de clientes 300 usuarios aproximadamente.

Según el tipo de plan se puede determinar la cantidad de megabit requeridos para los 300 usuarios como lo indica la Tabla 10.

*Tabla 10. Cantidad de Mb requeridos*

<b>Tipo de plan</b>	<b>Número de usuarios por 2Mb</b>	<b>Cantidad de Mb requeridos para 300 Usuarios</b>
<b>Residenciales</b>	64	300 usuarios = 9.375 Mbits
<b>Pymes</b>	8	300 usuarios = 75 Mbits

*Fuente. Original.*

Según la tabla anterior la red tiene que estar preparada para soportar un ancho de banda de 9.375 Mbits cuando el sistema esté en total operación, suponiendo que los usuarios contratan el plan más bajo de navegación, y 75 Mbps con el plan más alto, claro está que estos valores son aproximados ya que los usuarios pueden contratar diversos tipos de planes. El coste para proveedores de internet ISP según la empresa CNT oferta a \$123,81 más impuestos por mega, esto incluye soporte técnico 24x7 con red de última generación.

## **g.2. Comparación de 802.11 vs. 802.16.**

Estas dos tecnologías de banda ancha WiFi y WiMAX, ambas, capaces de proporcionar enlaces vía radiofrecuencia con una elevada velocidad de bits y una elevada fiabilidad, superiores a las ofrecidas por ADSL y otras tecnologías actuales en la última milla.

Entonces si se comparan los parámetros de WiFi y los de WiMAX se puede observar que:

- ✓ *SNR: (en inglés Signal to Noise Ratio SNR o S/N; se define como la potencia de la señal que se transmite y la potencia del ruido que corrompe la señal original. Este margen es medido en decibelios). La SNR recibida de WiMAX es superior a la SNR recibida de WiFi.*
- ✓ *El throughput (Tasa de transferencia que fluye en las redes de datos) del radioenlace es 4 veces mayor en WiFi (48 Mbps) que en WiMAX (12 Mbps).*
- ✓ *La potencia de transmisión del equipo WiFi es 3 dB inferior a la del equipo WiMAX.*

Por lo tanto, haciendo un análisis comparativo de las características se confirma que el estándar de 802.11 supera a la tecnología 802.16 empleada en entornos donde existe visibilidad directa con el punto de acceso WiFi. La selección del estándar se basa principalmente en la diferencia y comparación de rendimiento, cobertura y compatibilidad del estándar 802.11. El presente proyecto de DISEÑO DE UNA RED INALÁMBRICA PARA LA PROVISIÓN DE SERVICIOS DE INTERNET (ISP) EN LAS CABECERAS CANTONALES CÉLICA Y CATACOCCHA DE LA PROVINCIA DE LOJA se basará en el estándar 802.11n debido a la compatibilidad retroactiva con 802.11 a/b/g, además esta tecnología es la más utilizada por los proveedores de servicio de internet por ser económica y alcanzar largas distancia en sus enlaces, sus bandas de frecuencia serán 2,4 Ghz y 5,4 Ghz no licenciadas.

### **g.3. Diseño de la red inalámbrica y selección de equipos**

#### **g.3.1. Coordenadas geográficas.**

En la Tabla 11, se muestra los 4 puntos principales, donde estarán ubicadas las torres con los diferentes equipos utilizar.

*Tabla 11. Ubicación geográfica.*

<b>LUGAR</b>	<b>UBICACIÓN GEOGRAFICA</b>		<b>ALTURA sobre el nivel del mar (m)</b>	<b>ALTURA De la torre (m)</b>
	<b>LATITUD</b>	<b>LONGITUD</b>		
Oficina central UNL	03°59'35.30"S	079°12'15.20" O	2060.	30
Loja-Cerro villonaco	03°59'18.70"S	079°16'06.30"O	2972	30
Célica-Cerro Pucara	04°05'47,8"S	079°56'17,7"O	2479	30
Catacocha-Cerro Guanchuro	04°04'28.80"S	79°38'54.90" O	2446	30

*Fuente. Original.*

#### **g.3.2. Diseño de la red.**

El diseño completo de la red física constará de lo siguiente:

- ✓ Un enlace inalámbrico o físico para acceso a internet, de proveedor según lo requerido, esto sería el nodo principal ubicado en la oficina en UNL para poder gestionar dicho servicio
- ✓ Una red de transporte del ISP con conexiones punto a punto en los diferentes lugares donde se pretende dar el servicio el mismo que trabajara en la frecuencia 5.8Ghz.

- ✓ Una red de acceso para permitir la conexión de los clientes a la red, se utilizara las frecuencias 2.4 Ghz y 5.8Ghz mediante enlaces punto a multipunto.

### g.3.2.1. Esquema general de la red ISP.

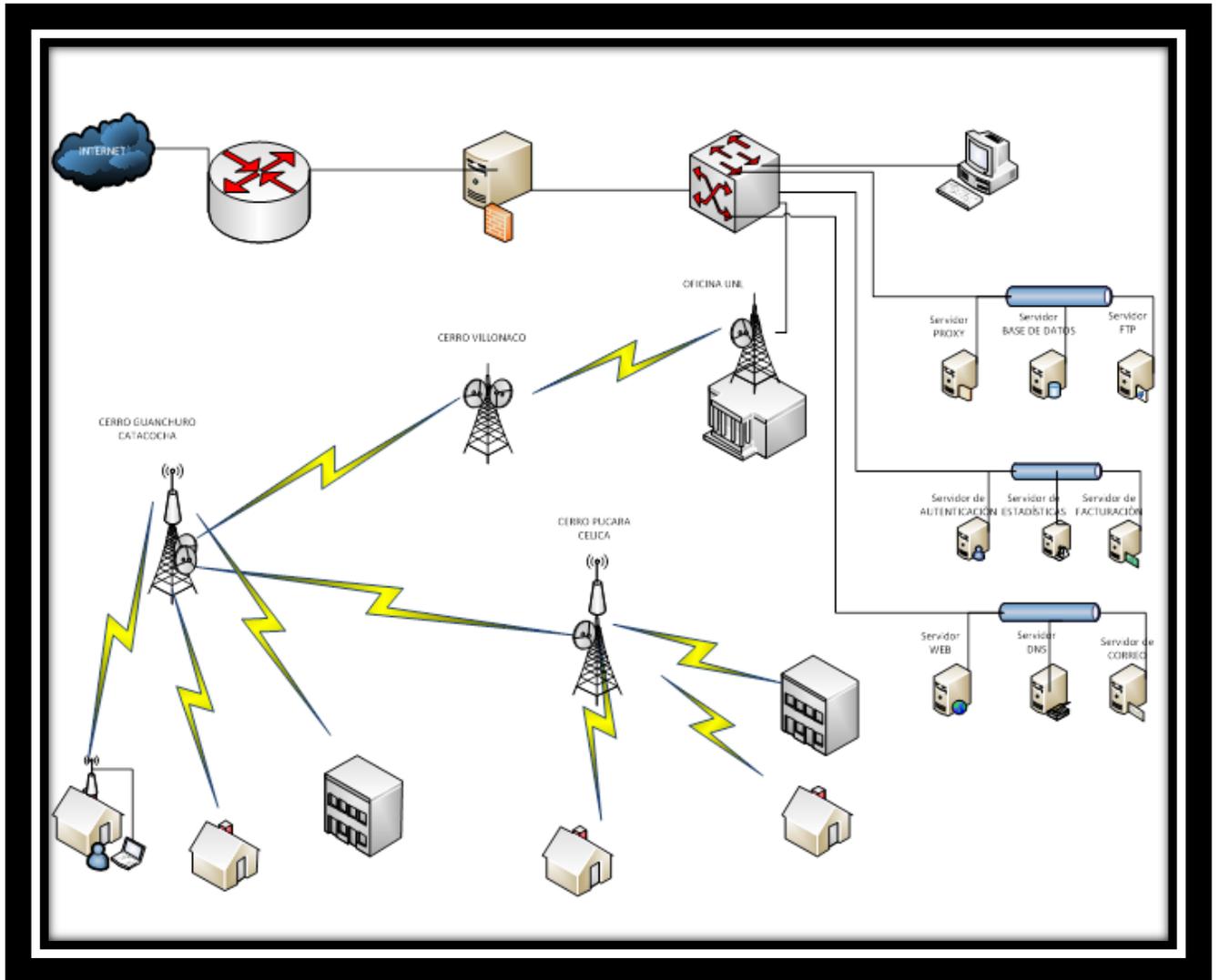


Figura 18. Esquema general de una red ISP

### **g.3.2.2. Características de equipos y coste financiero.**

En el diseño ISP propuesto para las cabeceras cantonales cédica y Catacocha se incluyen nodos conectados por enlaces punto a punto desde la ciudad de Loja hasta llegar con el servicio en las diferentes cabeceras cantonales. Dentro de los equipos más utilizados para este tipo de servicio se destaca los Motorola con sus radios Canopy y Microtik a continuación presento una comparación:

#### **g.3.2.2.1. Radio Motorola Canopy 5700bhrf20dd.**



*Figura 19. Radio Motorola.*

#### *Características:*

- ✓ confiabilidad. Alcance de hasta 35 millas (56 Kms) dependiendo de la línea de vista.
- ✓ Alimentación Power over Ethernet. Opera en la banda ISM de 5.725 a 5.850 GHz.
- ✓ Requiere fuente de poder y protector contra descargas atmosféricas.
- ✓ Wifi protected Access (WPA) y WEP, Alertas de status (modalidad de punto de acceso )Ancho de Canal 20MHz, Throuhput 14MHZ
- ✓ Interface: 10/100 Base T, half/full dúplex. Rate auto negotiated (compatible 802.3)
- ✓ Usando: IPV4, UDP, TCP, ICMP, telnet, HTTP, FTP, SNMP. Latency 2.5 msec
- ✓ Antenna Gain (dB) 7 dB, Reflector Gain 18 dB, EIRP (dB) 48 dB, Access Method Time Division Duplex (TDD)

En un analisis financiero en cuanto seria el coste a utilizar este tipo de equipos se muestra en la siguiente Tabla 12.

*Tabla 12. Proforma de equipos Motorola Canopy.*

EQUIPOS Y MATERIALES	UNIDAD	OFICINA UNL	CERRO VILLONACO	CERRO GUANCHURO CATACOCHA	CERRO PUCARA CÉLICA	TOTAL	P. UNITARIO	P. TOTAL
Motorola canopy 5,7Ghz, 20Mbps backhaul unit witch reflector	U	1	2	2	1	6	\$1974	\$11850
Poe	U	1	2	2	1	6	\$42	\$252
Fuentes de 24V	U	1	1	1	1	4	\$30	\$120
Cable STP cat 5	M	35	35	35	35	140	\$1,50	\$210
Soporte de antena	U	1	2	2	1	6	\$77	\$462
Correas plasticas ajustables 20cm(amaras)	U	15	25	25	15	80	\$0,05	\$4
Conector Rj-45 metalico	U	2	4	4	2	12	\$1,50	\$18
Cinta auto fundente 3m	M	0,6	0,6	0,6	0,6	2,4	\$5,74	\$13,77
Cinta aislante	U	1	1	1	1	4	\$1	\$4
							Sub total	\$12933,77
							12%iva	\$1552,05
							Total de Materiales	\$14485.82

*Fuente. Original.*

### **g.3.2.2.2. Descripción de equipos Mikrotik.**

Son equipos que proveen comunicación, comúnmente llamados Routers. Estos en particular son un producto emergente y en constante evolución, muy flexibles y de un coste muy interesante comparado con la competencia, totalmente compatibles con las otras tecnologías. Esta tecnología está bastante difundida en lo que es proveedores de internet y ámbitos académicos ya que las posibilidades de configuraciones son altísimas.

Características:

- ✓ Solución económica
- ✓ Trasmisión inalámbrica de datos de alta velocidad (hasta 108Mbps)
- ✓ Distancia de conexión hasta 70 kilómetros sin repetidoras.
- ✓ Soporte para IP - NAT, Routing y DHCP
- ✓ Seguridad - firewall y VPN
- ✓ Control de ancho de banda, Proxy, contabilidad, HotSpot
- ✓ Instalación rápida y simple para la estación base y clientes
- ✓ Acceso a Internet confiable y constante durante las 24 hs
- ✓ La distancia hasta 25 kilómetros para enlaces punto-a-múltiples puntos y hasta 70 kilómetros para enlaces punto-a-punto
- ✓ Opera en bandas de 2.4 o 5.2-5.8 gigahertz según las regulaciones locales.
- ✓ vienen con el software de Mikrotik RouterOS instalado previamente. RouterOS te permitirá utilizar muchas características por ejemplo: cortafuego, NAT, control de ancho de banda.

El analisis financiero en cuanto seria el coste a utilizar este tipo de equipos se muestra en la siguiente tabla 13.

**Tabla 13. Proforma de equipos mikrotik..**

EQUIPOS Y MATERIALES	UNIDAD	OFICINA UNL	CERRO VILLONACO	CERRO GUANCHURO CATACOCHA	CERRO PUCARA CÉLICA	TOTAL	P. UNITARIO	P. TOTAL
Antena en 5.8 Ghz parabólica de 32dBi	U		1	2	1	4	\$548	2192
Antena grilla 5.8 Ghz de 27 dBi	U	1	1			2	\$109	218
Routerboard 433AH	U	1	1	1	1	4	\$225	900
Poe	U	1	1	1	1	4	\$42	\$168
Fuentes de 24V	U	1	1	1	1	4	\$30	\$120
Cable STP cat5	M	35	35	35	35	140	\$1,50	\$210
Soporte de antena	U	1	2	2	1	6	\$77	\$462
Correas plásticas ajustables 20cm(amaras)	U	15	25	25	15	80	\$0,05	\$4
Conector Rj-45 metálico	U	2	4	4	2	12	\$1,50	\$18
Cinta auto fundente 3m	M	0,6	0,6	0,6	0,6	2,4	\$5	\$12
Cinta aislante	U	1	1	1	1	4	\$1	\$4
							Sub total	\$ 4308
							12%iva	\$516,96
							Total de Materiales	4824,96

*Fuente. Original.*

Dentro de todo análisis se debe considerar el alquiler por el espacio físico en las torres, el precio según la corporación nacional de telecomunicaciones CNT es de \$100 dólares anuales por torre.

### g.3.2.3. Equipos para última milla.

En la Tabla 14, se describe diferentes equipos utilizados en redes de última milla:

*Tabla 14. Características de equipos de última milla*

Tecnología	Modelo	Característica	Precio
UBIQUITI	<b>Nano Station 5. Para aplicaciones en interiores y exteriores</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Antena integrada 14dBi. Doble polarización.</li> <li>✓ Potencia 24 dBm. Funciona como AP, cliente, Repetidor y Bridge.</li> <li>✓ Enlaces Punto-y Punto Multipunto. Alcance de hasta 5Km. Con línea de vista.</li> <li>✓ Tecnología OFDM. Hasta 500 m. sin línea de vista.</li> </ul>	\$95
	<b>AM-5G19-120 Antena Sectorial 5.8 GHz 19 dBi 120°</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Rango de Frecuencia 5.15-5.85GHZ.Ganancia 18.6-19.1dBi</li> <li>✓ Polarización Dual Lineal</li> </ul>	\$219
TP - LINK	<b>CPE 510 Para aplicaciones en Exteriores.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Modos de operación: AP / Cliente / Repetidor / AP Router / AP Cliente</li> <li>✓ Antena MIMO direccional dual-polarizada de 13dBi y 2x2</li> <li>✓ Potencia de transmisión ajustable de 0 a 27 dBm / 500mw. Más de 15 kilómetros de alcance</li> <li>✓ La tecnología TP-LINK Pharos MAX tream TDMA</li> <li>✓ Adaptador PoE Pasivo admite un máximo de 60 metros</li> </ul>	\$90
HIPERLINK	<b>Hg2417p-120 Sectorial 120° 17dbi 2.4ghz</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Performance superior a 17 dBi.</li> <li>✓ Conexiones Inalámbricas de más de 10 kilómetros de distancia.Opera en todo tipo de clima. Amplitud de onda 120°</li> <li>✓ Ideal para aplicaciones punto a multi- punto de largo alcance. Fácil de armar.</li> </ul>	\$310

*Fuente. Original.*

Este proyecto constara de equipos Ubiquiti, debido a su diseño para redes ISP. Posee con soluciones económicas del mercado en Antenas, Radio Bases, sin sacrificar calidad. Funcionan en frecuencia 2.4, 5.1-5.8, 3.5G GHZ y protocolo AirMax basado en Mimo TDMA y 802.11. A demás son compatibles con los equipos Mikrotik antes descritos.

### g.3.2.4. Equipos de gestión de la red ISP.

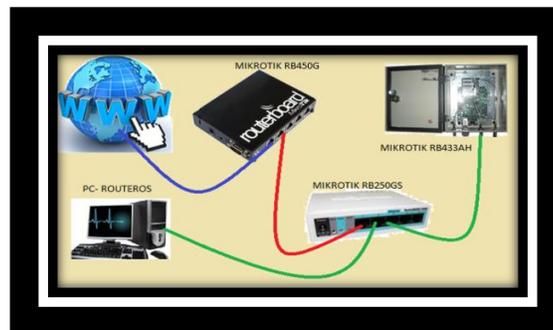
Existen variedad equipos de la marca mikrotik según la capacidad de la red que se desee implementar. En su inicio se utilizara los equipos que se muestran en la siguiente Tabla 15.

*Tabla 15. Descripción de equipos de gestión ISP.*

Equipos	Características	Precio
<b>Mikrotik RB450G.</b>	✓ Procesador Atheros de 680Mhz, memoria RAM de 256MB, 5 puertos Gigabit LAN; Licencia Routers Nivel 5.	\$90
<b>Mikrotik RB250GS.</b>	✓ Configurado como switch para gestión e interfaz con los equipos inalámbricos Mikrotik RB433AH.	\$65
<b>PC-ROUTEROS.</b>	✓ Sistema Operativo basado en Linux: con niveles de licencia 4, 5, 6. Dependiendo del el número de usuarios que se desea gestionar.	Level 4: 45 +iva Level 5: 95 +iva Level 6: 250 +iva
<b>PC-ESCRITORIO</b>	✓ Super Computador Core I7 4ta Generacion Motherboard Gigabit B85 Memoria RAM 8Gigas DDR3 Disco Duro 1 Tera DVD Writer Tarjeta de Video 2Gb Monitor20" LG.	\$1000

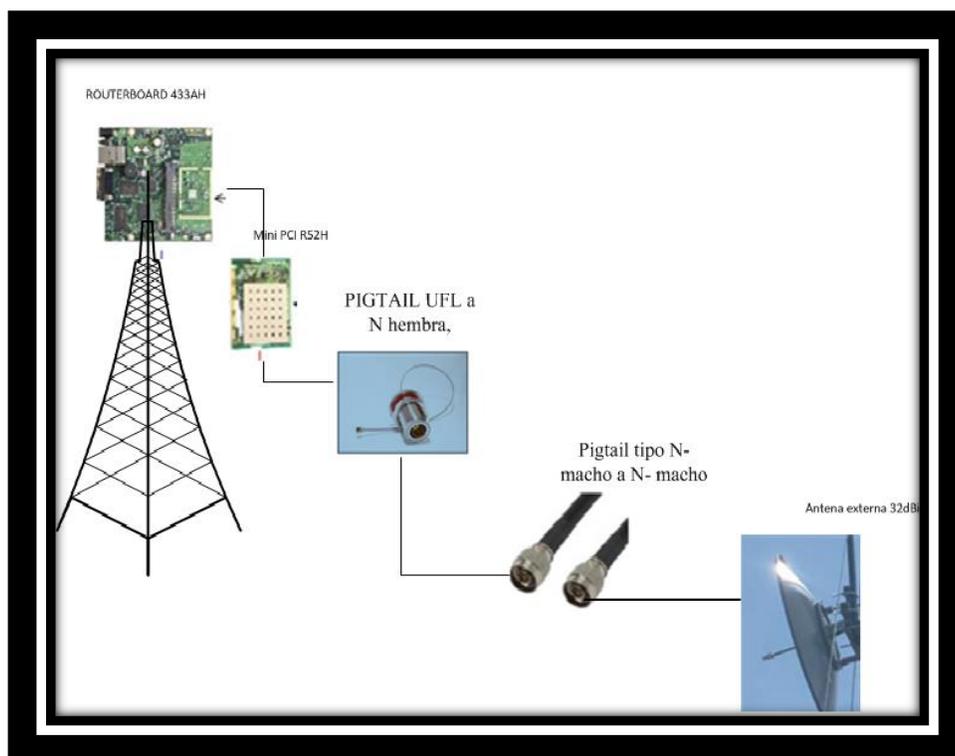
*Fuente. Original.*

Su conexión física para gestión de la red ISP se puede observar en la Figura 20.



*Figura 20. Conexión física de la red ISP para gestión.*

### g.3.2.5. Selección de Equipos.



*Figura 21. Componentes necesarios de un nodo RX y TX.*

Los equipos que he seleccionado tanto para la transmisión como para la recepción son los routerboard Mikrotik. Estos equipos son mainboard que cumplen con multifunciones, el Routerboard 433AH cumple con los requerimientos en cuanto a hardware y software se refiere.

Los enlaces al estar separados a distancias considerables es preciso acotar que los mainboard mikrotik no funcionan por si solos cuando se trata de implementar un radio enlace punto a punto o punto multipunto, estos necesitan de un hardware adicional para la propagación de la señales de radio es allí donde funciona la Mini PCI, el cual se utilizara El modelo R52H que pueden ser de la marca Mikrotik o Ubiquity, este componente requiere de un conector UFL(mini-PCI) y conector N hembra, un nuevo pigtail tipo N-macho a N- macho, para el uso de antena externa, lo que permite aumentar el alcance con respecto a la distancia de los equipos.

### g.3.2.5.1. Especificaciones del Routerboard 433AH.

*Tabla 16. Especificaciones del Routerboard 433AH.*

<b>Código del producto.</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>RB433AH.</b></li></ul>
<b>Velocidad del CPU.</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 680 MHz.</li></ul>
<b>RAM.</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 128 MB.</li></ul>
<b>Arquitectura.</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• MIPS-BE.</li></ul>
<b>Puertos LAN.</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 3.</li></ul>
<b>MiniPCI.</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 3.</li></ul>
<b>Wireless integrado.</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 0.</li></ul>
<b>USB.</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 0.</li></ul>
<b>Tarjetas de memoria.</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 1</li></ul>
<b>Tipo de tarjeta de memoria.</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Micro SD.</li></ul>
<b>Power Jack.</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 10 - 28 V.</li></ul>
<b>PoE.</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 10 - 28 V.</li></ul>
<b>Monitor de voltaje.</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Si.</li></ul>
<b>Rango de temperatura.</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• -30° C a +60° C.</li></ul>
<b>Licencia Routeros.</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Nivel 5.</li></ul>

*Fuente. Original.*

### **g.3.2.5.2. Especificaciones MIKROTIK R52H.**

- ✓ Dual band IEEE 802.11a/b/g/n standard. Output Power of up to 25dBm a/g/n Band.
- ✓ Support for up to 2×2 MIMO with spatial multiplexing
- ✓ Four times the throughput of 802.11a/g
- ✓ Atheros AR9220.
- ✓ Modulations: OFDM: BPSK, QPSK, 16 QAM, 64QAM, DSSS: DBPSK, DQPSK,
- ✓ Operating temperatures: -50°C to +60°C
- ✓ Idle power consumption 0.4W
- ✓ Max power consumption 7W
- ✓ ±10KV ESD protection on RF ports.

### **g.3.2.6. Selección de Equipos mikrotik.**

#### **Equipos en el nodo Oficina UNL:**

- ✓ Una antena Grilla de 27 dBi(Tx)
- ✓ Routerboard 433AH con una mini PCI R52H
- ✓ Pigtail para mini PCI (UFL)
- ✓ Pigtail N-macho a N-macho.

#### **Equipos en el nodo Cerro Villonaco:**

- ✓ Una antena Grilla de 27 dBi(Rx)
- ✓ Una antena de Plato Hyperlink de 32dBi (Tx)
- ✓ Routerboard 433AH con una mini PCI R52H
- ✓ Dos Pigtail para mini PCI (UFL)
- ✓ Dos Pigtail N-macho a N-macho.

### **Equipos en el nodo Cerro Guanchuro Catacocha:**

- ✓ Una antena de Plato Hyperlink de 32dBi (Rx)
- ✓ Una antena de Plato Hyperlink de 32dBi (Tx)
- ✓ Routerboard 433AH con una mini PCI R52H
- ✓ Dos Pigtail para mini PCI (UFL)
- ✓ Dos Pigtail N-macho a N-macho.

### **Equipos en el nodo Cerro Céllica-Cerro Pucara:**

- ✓ Una antena de Plato Hyperlink de 32dBi (Rx)
- ✓ Routerboard 433AH con una mini PCI R52H
- ✓ Pigtail para mini PCI (UFL)
- ✓ Pigtail N-macho a N-macho.

#### **g.3.2.7. Software Routers.**

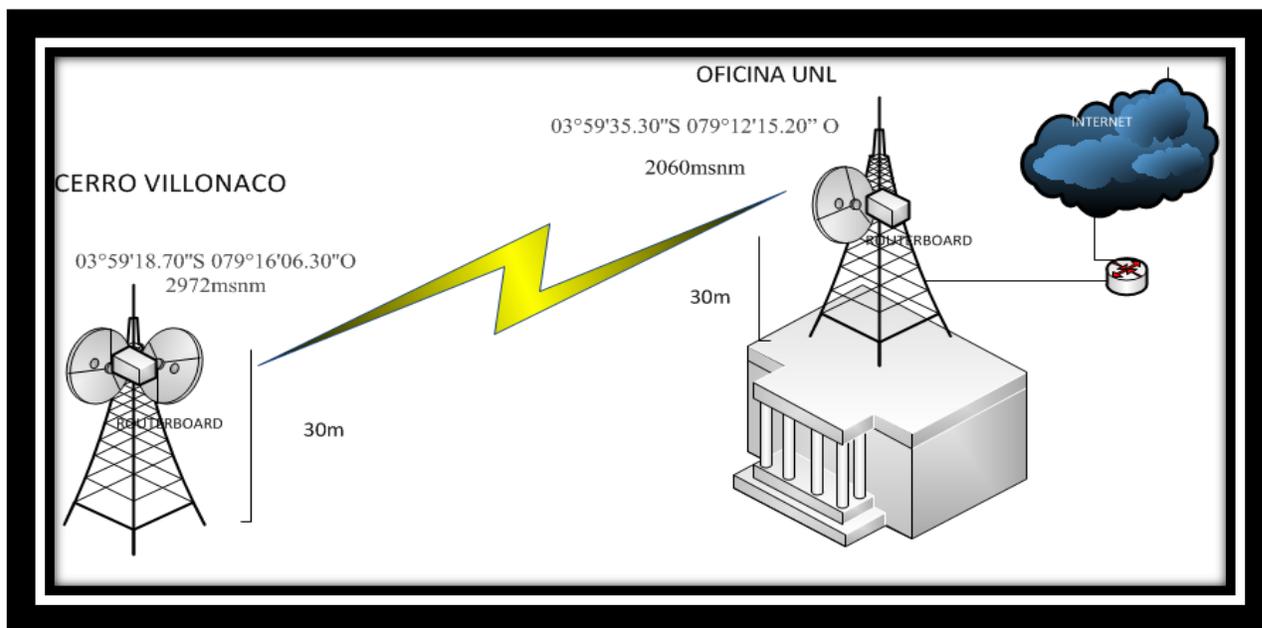
Routers es un sistema operativo basado en GNU/Linux que implementa funcionalidades que los NSP e ISP tienden a implementar, como por ejemplo BGP, IPv6, OSPF o MPLS. El software viene pre instalado en el mainboard el mismo que se accede por medio de un software conocido como Wimbox que nos servirá de interfaz entre las diferentes configuraciones del ROUTERBOARD y el usuario.

### g.3.3. Diseño de Enlaces y Cálculo.

#### g.3.3.1. Enlace Oficina UNL- Cerro Villonaco.

En el enlace Oficina UNL se utilizara un Routerboard que recibe la señal del proveedor de internet por una interface Ethernet para posteriormente difundirla vía radio en este equipo se debe realizar un puente entre la interface LAN y WAN para que se permita el flujo de tráfico hasta el siguiente enlace.

Como se observa en la Figura 22, en el Cerro Villonaco se ubicara un Routerboard el cual receptara la señal con ayuda de una antena externa, este equipo permite una vez receptada la señal volver a retransmitirla por una interface diferente con una configuración de puente o Bridge en el mismo equipo. Para este enlace se utilizara antenas externas tipo Grilla de 27dBi.



*Figura 22. Diseño Enlace Oficina UNL- Cerro Villonaco*

La ganancia de las dos antenas utilizadas en este enlace es de 27dBi, con una potencia de Tx 0,2W y una pérdida en el cable de 0,22dB/m.

La expresión 6, servirá para calcular la Potencia Isotrópica Radiada Equivalente (PIRE) en el enlace Oficina UNL y Cerro Villonaco.

$$PIRE = Pt(dBw) + Gn(dBi) - Loss \quad \text{Expresión 6. Potencia Isotrópica Radiada Equivalente}$$

Dónde:  $Pt = 10\log Ptx/1w$

$$PIRE = 10\log(0,2) + 27dB_i - 30(0,22)$$

$$PIRE = 13,41dBw$$

En el cálculo de (Loss) se basa en la distancia desde la base de la torre al router por ende se toma la altitud de la misma que es de 30m multiplicada por 0,22 que es la pérdida del cable por cada metro.

En la expresión 7, indica la fórmula para obtener la potencia recibida en el receptor.

$$Pr(dBW) = PIRE + Gn(rx) - lb - L(rx) \quad \text{Expresión 7. Potencia del Receptor}$$

$$Pr(dBW) = 13,41dBW + 27dB_i - 124,7dB - 30(0,22)$$

$$Pr(dBW) = -90,89$$

Dónde: L(rx) son las pérdidas en el cable y Lb son las pérdidas en el espacio libre y se obtiene a partir de la siguiente fórmula:

$$Lb(dB) = 92,45 + 20\log F(GHz) + 20\log d(km) \quad \text{Expresión 8. Pérdidas del espacio libre.}$$

$$Lb(dB) = 92,45 + 20\log(5,8) + 20\log d(7,14)$$

$$Lb(dB) = 124,7d$$

### g.3.3.2. Enlace Cerro Villonaco- Cerro Guanchuro Catacocha

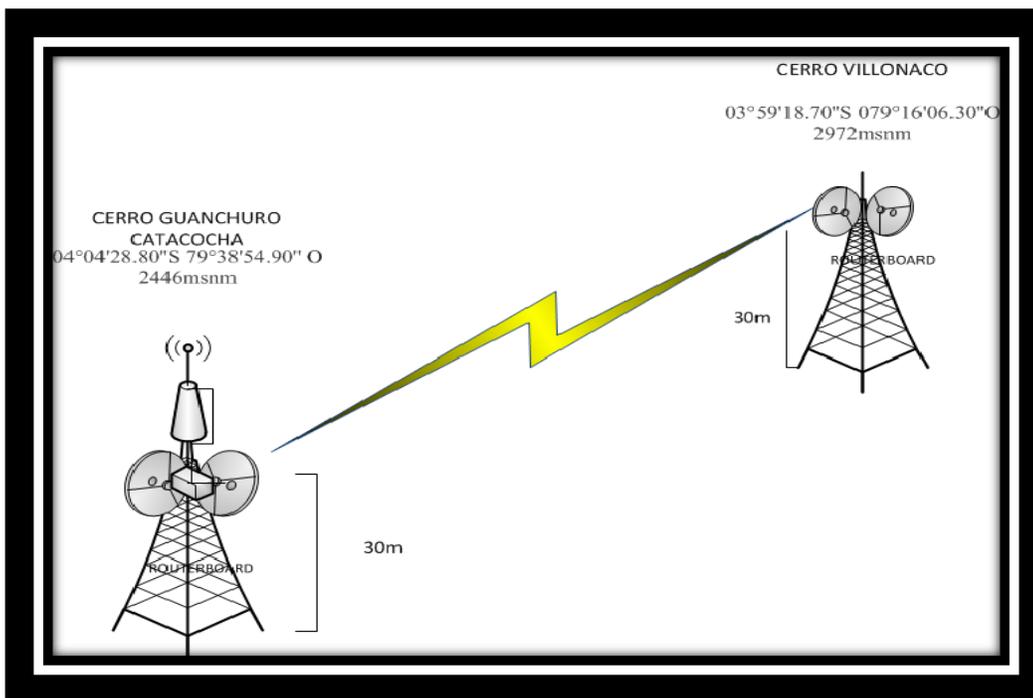


Figura 23. Diseño Enlace Cerro Villonaco- Cerro Guanchuro Catacocha

La ganancia de las dos antenas utilizadas en este enlace es de 32dBi, con una potencia de Tx 0,2W y una perdida en el cable de 0,22dB/m. su distancia de altura se puede observar en la Figura 23.

$$PIRE = Pt(dBw) + Gn(dBi) - Loss$$

$$PIRE = 10 \log(0,2) + 32dBi - 30(0,22)$$

$$PIRE = 18,41dBw$$

$$Pr(dBW) = PIRE + Gn(rx) - lb - L(rx)$$

$$Pr(dBW) = 18,41dBW + 32dBi - 140,4dB - 30(0,22)$$

$$Pr(dBW) = -96,59$$

$$Lb(dB) = 92,45 + 20 \log F(GHz) + 20 \log d(km)$$

$$Lb(dB) = 92,45 + 20 \log(5,8) + 20 \log(43,22)$$

$$Lb(dB) = 140,4dB$$

### g.3.3.3. Enlace Cerro Guanchuro Catacocha - Cerro Pucara Céllica.

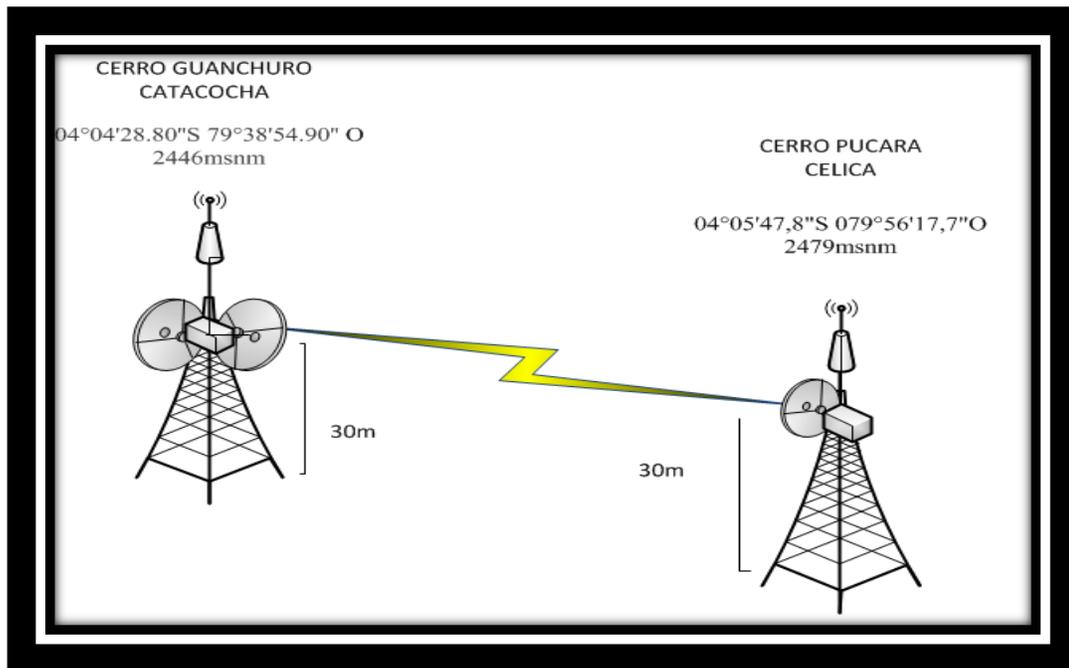


Figura 24. Diseño Cerro Guanchuro Catacocha - Cerro Pucara Céllica.

La ganancia de las dos antenas utilizadas en este enlace es de 32dBi, con una potencia de Tx 0,2W y una pérdida en el cable de 0,22dB/m. su distancia de altura se puede observar en la Figura 24.

$$PIRE = Pt(dBw) + Gn(dBi) - Loss$$

$$PIRE = 10 \log(0,2) + 32dBi - 30(0,22)$$

$$PIRE = 18,41dBw$$

$$Pr(dBW) = PIRE + Gn(rx) - lb - L(rx)$$

$$Pr(dBW) = 18,41dBW + 32dBi - 137,87dB - 30(0,22)$$

$$Pr(dBW) = -94,06dBW$$

$$Lb(dB) = 92,45 + 20 \log F(GHz) + 20 \log d(km)$$

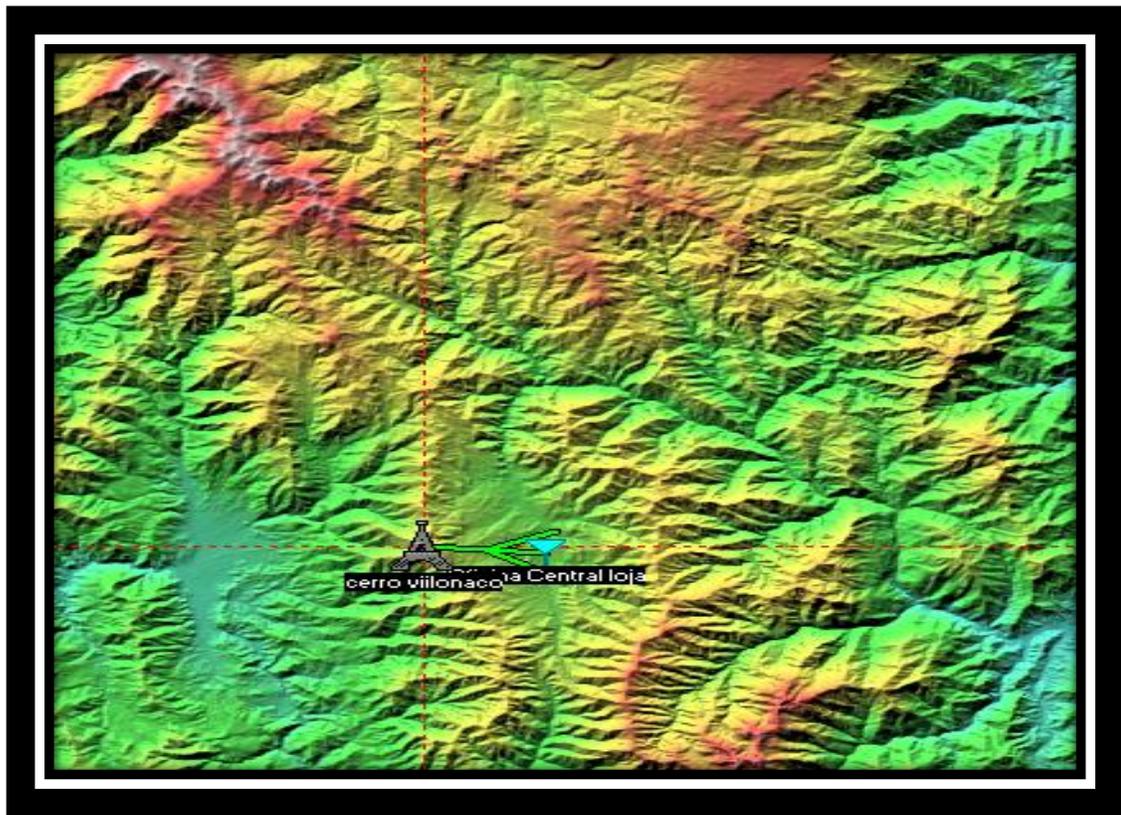
$$Lb(dB) = 92,45 + 20 \log(5,8) + 20 \log(32,18)$$

$$Lb(dB) = 137,87dB$$

### **g.3.4. Simulaciones de los enlaces.**

Una vez realizado el cálculo correspondiente para establecer un enlace y comprobar si es factible o no, siempre es necesario encontrar la forma más cercana a un enlace real, a continuación se presenta las simulaciones con ayuda del software Radio Mobile.

#### **g.3.4.1. Simulación Enlace Oficina UNL- Cerro Villonaco.**



*Figura 25. Simulación Enlace Oficina UNL- Cerro Villonaco.*

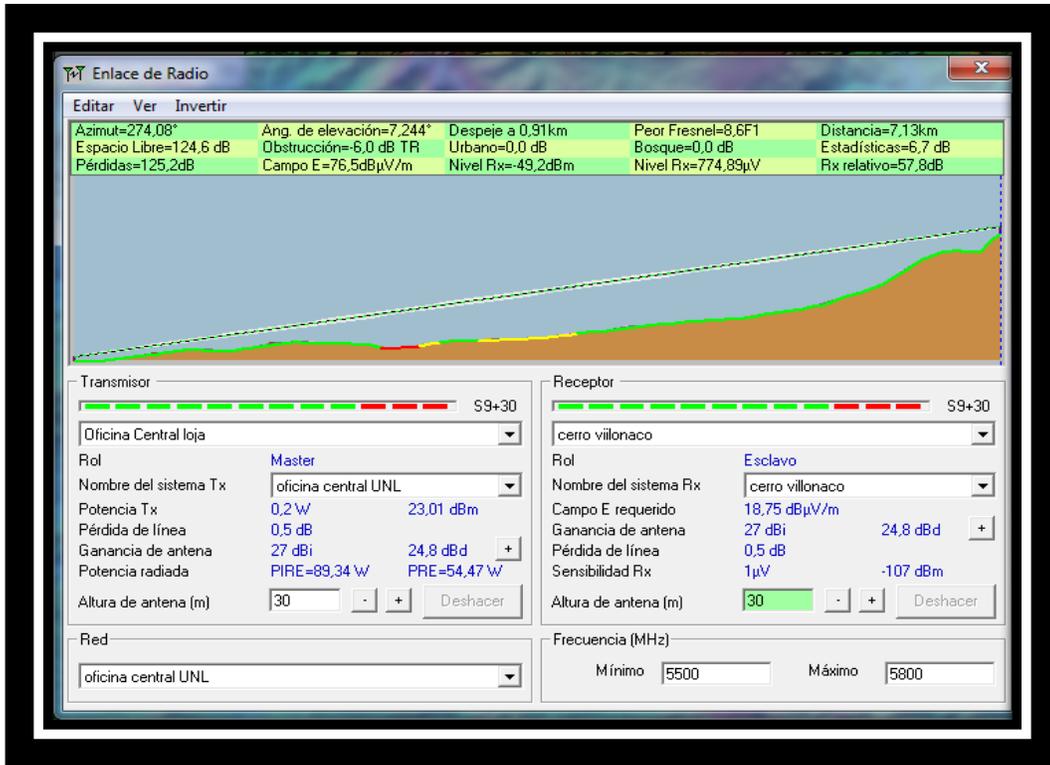


Figura 26. Simulación Enlace Oficina UNL- Cerro Villonaco. (Datos).

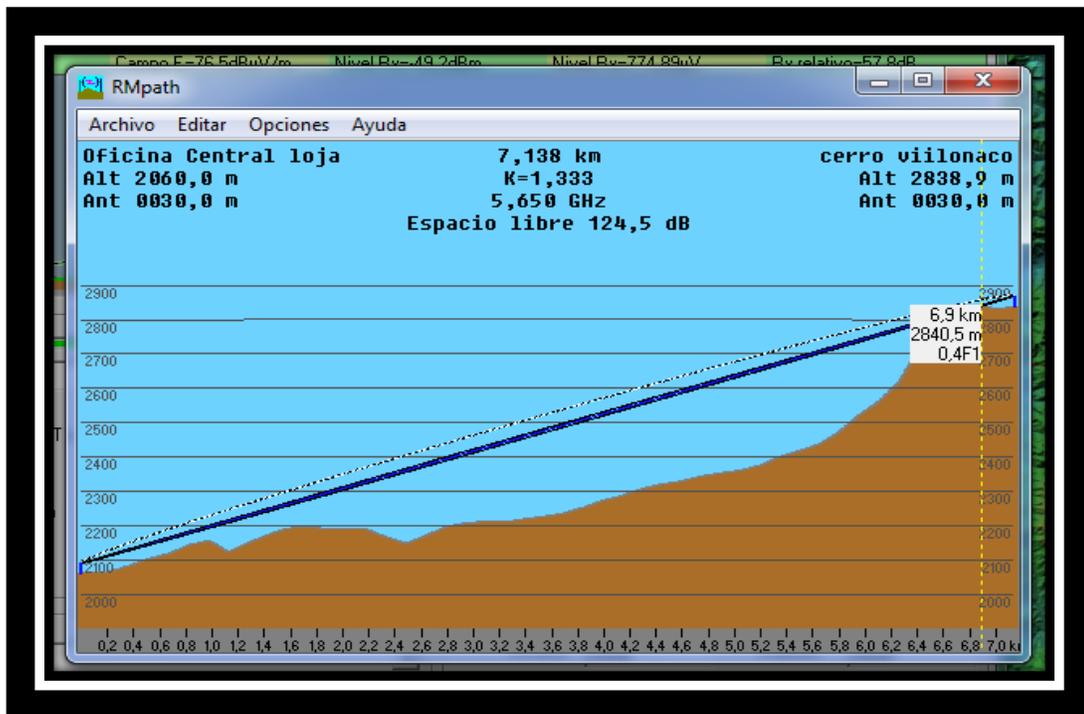


Figura 27. Simulación Enlace Oficina UNL- Cerro Villonaco. (RMP Export)

### g.3.4.2. Simulación Enlace Cerro Villonaco- Cerro Guanchuro Catacocha.

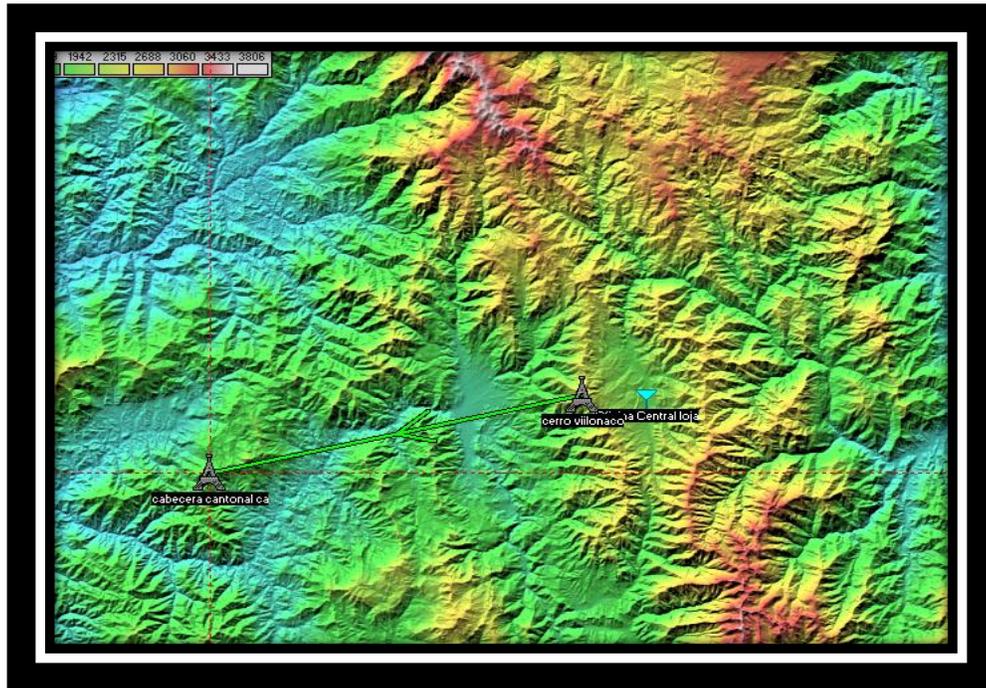


Figura 28. Simulación Enlace Cerro Villonaco- Cerro Guanchuro Catacocha.

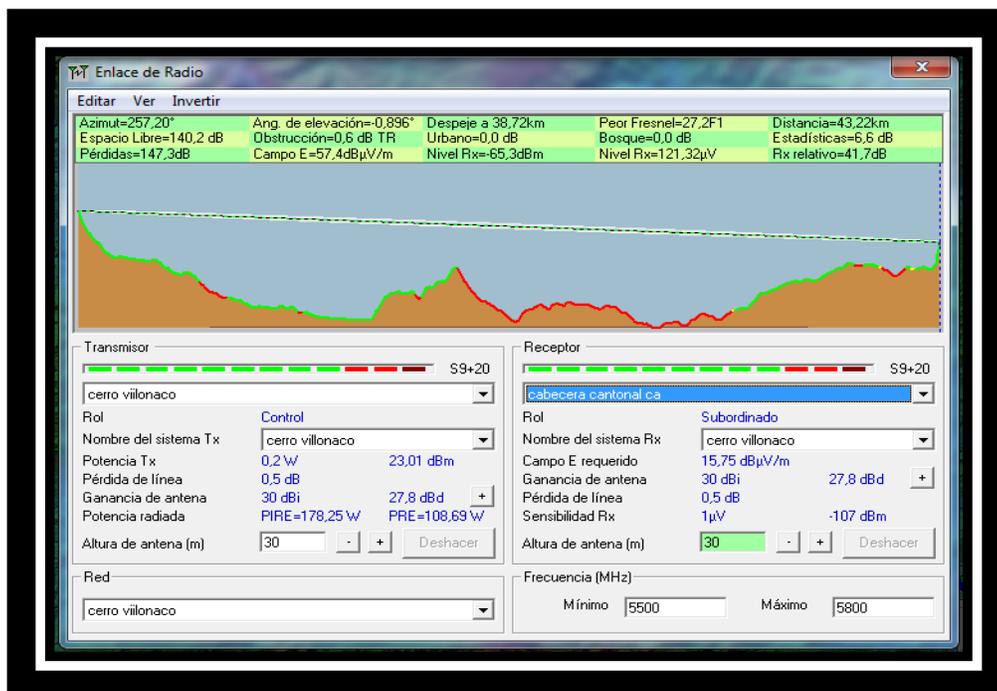


Figura 29. Simulación Enlace Cerro Villonaco- Cerro Guanchuro Catacocha ( Datos )

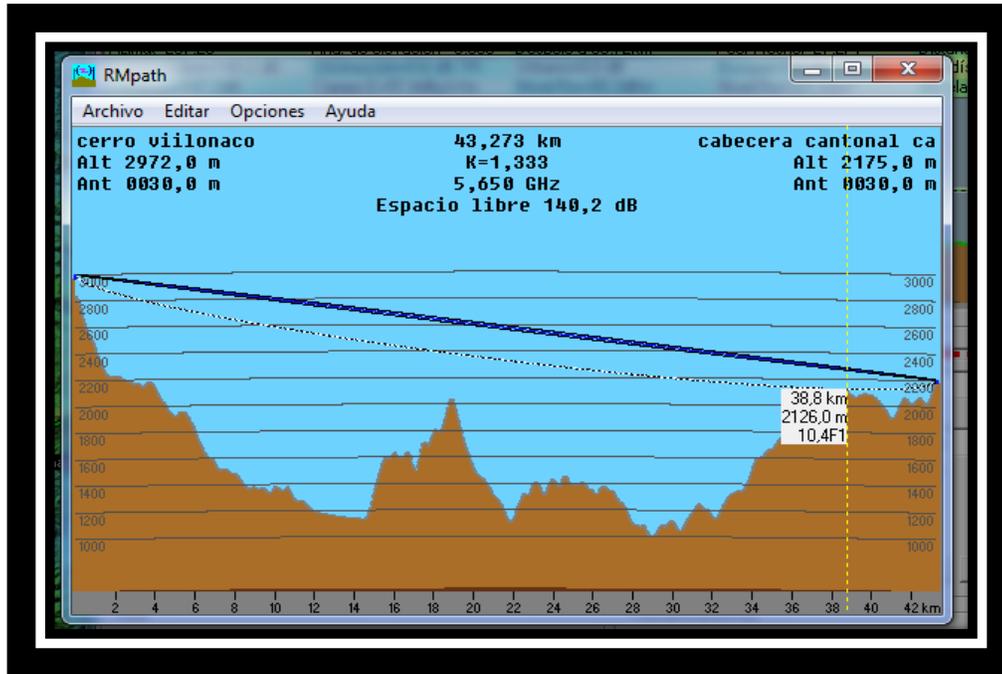


Figura 30. Simulación Enlace Cerro Villonaco- Cerro Guanchuro Catacocha (RMP Export)

**g.3.4.3. Simulación Enlace Cerro Guanchuro Catacocha - Cerro Pucara Céllica.**

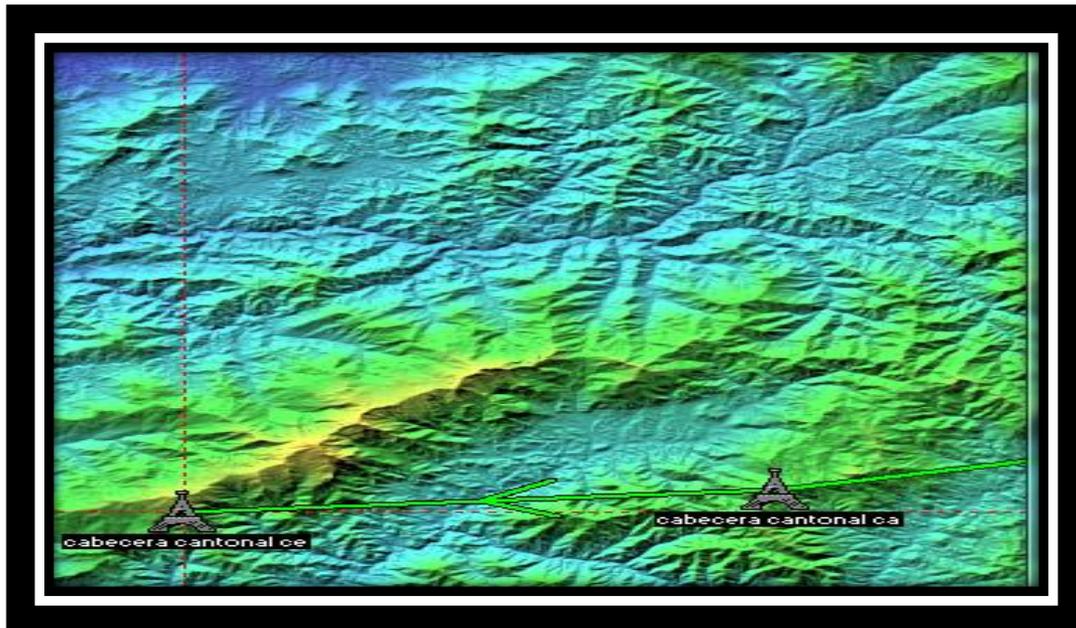


Figura 31. Simulación Enlace Cerro Guanchuro Catacocha - Cerro Pucara Céllica.

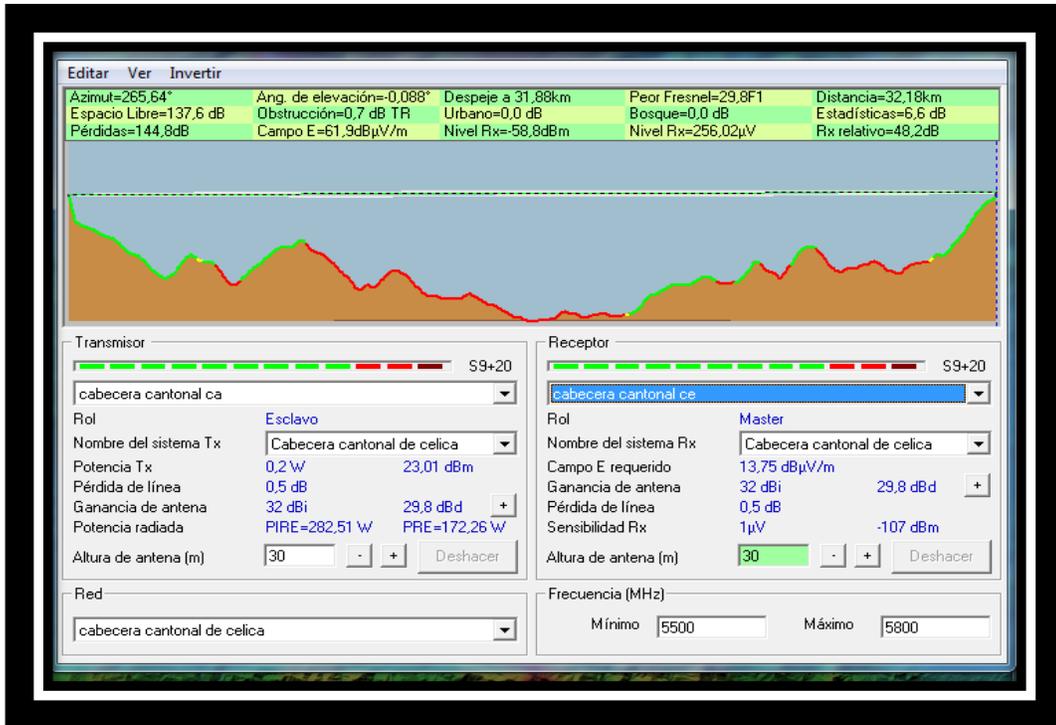


Figura 32. Simulación Enlace Cerro Guanchuro Catacocha - Cerro Pucara Célica (Datos)

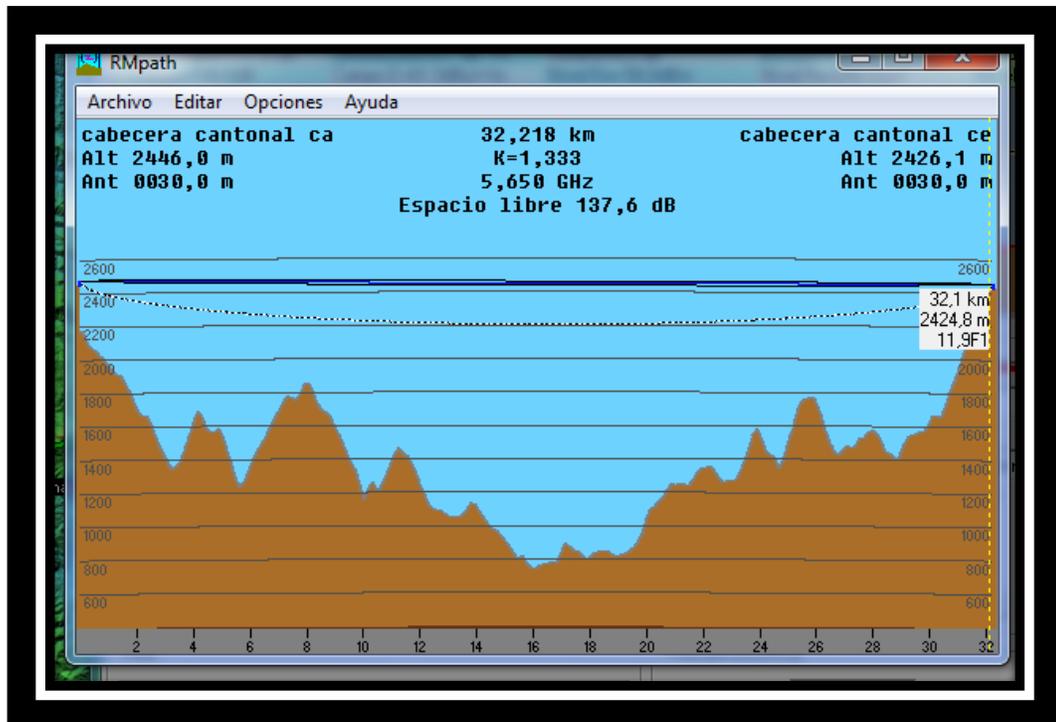
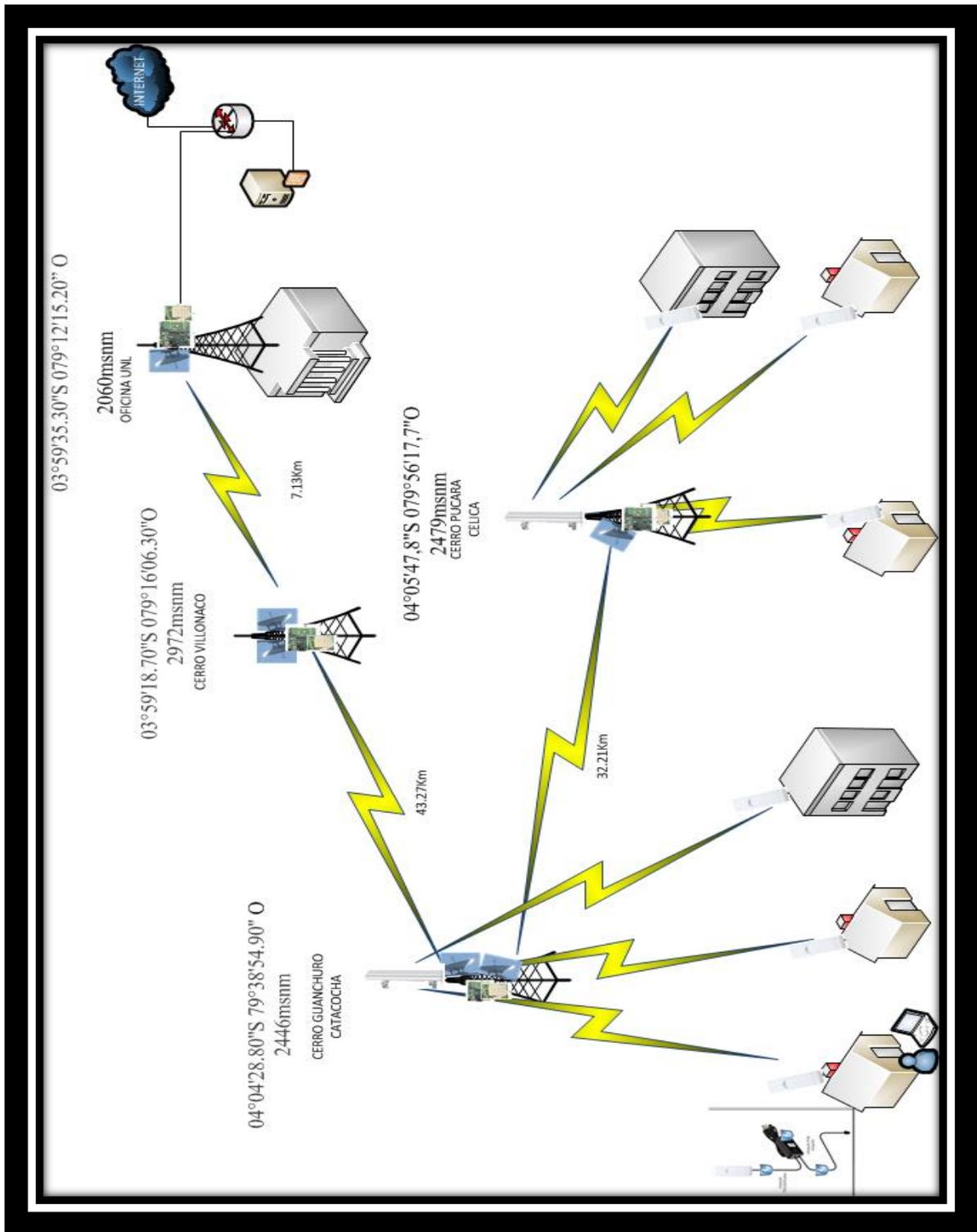


Figura 33. Simulación Enlace Cerro Guanchuro Catacocha - Cerro Pucara Célica (RMP Export)

**g.3.5. Esquema general del diseño de la red ISP planteada.**



*Figura 34. Esquema general de la red ISP planteada*

## **h. CONCLUSIONES.**

- ✓ Como resultado de los datos tabulados otorgados por el INEC y recopilados por la encuesta planteada es posible concluir que existe un alto déficit de no relación con las Tecnologías de la Información y Comunicación TIC, debido que solo el 6,59 % y 5,80 %, de Céllica y de Catacocha no tienen internet en sus hogares.
- ✓ Según el método comparativo del estándar 802.11n wifi y 802.16 wimax se concluye que 802.11n es una tecnología que por su rendimiento, costo de equipos, cobertura y compatibilidad es apta para este proyecto ya que trabaja en bandas no licenciadas 2.4GHz y 5.4 GHz..
- ✓ Las simulaciones nos acercan más a la realidad de un enlace, debido a eso se puede concluir que la ayuda del software Radio Mobile es una herramienta indispensable para manipular los diferentes parámetros de manera más sencilla que en un cálculo normal.
- ✓ El diseño de una red ISP depende prácticamente del funcionamiento óptimo de la red por ende se concluye que para otorgar un servicio de calidad en las cabeceras Cantonales de Céllica y Catacocha se debe cubrir las necesidades como cliente con respecto a su ancho de banda , cobertura , precio y servicio técnico
- ✓ La selección de equipos para proveer servicios de internet está regida por la capacidad funcional y técnica, por lo cual se determina que los equipos inalámbricos mikrotik prestan muchos beneficios, no solo de cobertura, ya que son considerados económicos comparados con otros equipos.
- ✓ Una vez realizado el proyecto se concluye que es factible la implantación en las cabeceras Cantonales de Céllica y Catacocha debido al alto grado de posibles clientes según los datos tabulados, además al utilizar estos equipos inalámbricos mikrotik y Ubiquiti podemos ofertar al usuario el servicio de Internet de acuerdo a su economía.

## **i. RECOMENDACIONES.**

- ✓ Considero que al ser implementado este proyecto se debe tener en cuenta, una protección exclusiva con los equipos ya que al estar expuestos a varias temperaturas y al aire libre tienden a degradarse, por lo cual se recomienda utilizar cajas herméticas que los protegen de la humedad.
  
- ✓ Para que la red de servicio de internet tenga un gran auge con respecto a clientes, se recomienda que los planes de internet sean variados tanto en capacidad como en coste.
  
- ✓ Con respecto a los equipos utilizados para última milla, se recomienda adquirir equipos según el grado de clientes que soliciten el servicio.

## **j. BIBLIOGRAFÍA.**

### **Libros.**

[1] **STALLING Willian. 2014.** *Fundamentos de seguridad en redes Aplicaciones y Estándares.* Madrid : Pearson Educación. Vol. Segunda Edicion. 978-84-832-2922-4.

[2] **CABEZÓN Fernando, SOBRINO Amaia, PELLEJERO Izaskun. 2006.** *Redes Wlan Fundamentos y aplicaciones de seguridad.* Broschiert : Marcombo, S.a, 2006. 8426714056.

[3] **TOMASI Wayne. 2003.** *Sistemas de comunicaciones Electrónicas.* México.Pearson Educación.970-26-0316-1.

[4] **CABEZAS Luis, GONZALEZ Francisco. 2010.** *Redes Inalámbricas.* Madrid. Anaya Multimedia. 9788441528024

[5] **FLICKENGER Rob, 2008.** *Redes inalámbricas en los países en desarrollo.* Gran Bretaña. Hacker Friendly LLC. 978-0-9778093-7-0

### **Tesis.**

[6] **FLORES MESA Chistian Ramiro. 2010.** *Diseño de un ISP para la transmisión de voz, datos y video con QoS con tecnología inalámbrica, para proveer de internet inalámbrico al valle de Tumbaco.* Escuela Politécnica Nacional. QUITO : s.n., 2010. T-IE/3282 CD 3286.

[7] **BRIONES MORALES Danny Ernesto. 2006.** *Estudio Técnico Económico Para Implementar Soluciones De Última Milla De Servicios De ISP EN Ambientes Residenciales.* Escuela Politécnica Del Ejército. SANGOLQUÍ. 014320.

**Páginas web.**

[8] **ARCOTEL. 2015.** Arcotel. *Marco Regulatorio para prestaciones de Servicios Agregados.* [En línea] Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones , 10 de Marzo de 2015. [Citado el: 15 de Marzo de 2015.] <http://www.arcotel.gob.ec/>.

[9] **BANDAANCHA-EU. 2007.** bandaancha.eu. *802.11 y 802.11n.* [En línea] Librería de Cursos en Español, 27 de Noviembre de 2007. [Citado el: 5 de Marzo de 2014.] <http://bandaancha.eu/articulos/802-11n-ya-esta-aqui-wireless-mas-rapido-3891>. 3891.

[10] **CABRERA Jorge. 2010.** TECHCOM SOLUTION SRL. *Enlaces Punto - Multipunto.* [En línea] OVL, 10 de Febrero de 2010. [Citado el: 3 de Enero de 2014.] <http://www.techcomperu.net/techcom/content/soluciones/enlaces-punto-multipunto.html>. #340054.

[11] **EIE UES. 2011.** blogspot. *blogspot Electromagnetismo. Zonas de Fresnel en redes inalámbricas.* [En línea] 1 de Agosto de 2011. [Citado el: 4 de Febrero de 2014.] <http://ema315.blogspot.com/2010/09/zonas-de-fresnel-en-redes-inalambricas.html>.ema315

[12] **FUNDACIÒN Wikipedia. 2015.** Wikipedia. *Wikipedia GNU Free Documentation License.* GNU Free Documentation License, [En línea] 10 de Enero de 2015. [Citado el: 15 de Enero de 2015.] <http://es.wikipedia.org/wiki/WiMAX>

[13] **NETWORH Faculty. 2013.** NetworhFaculty. *Historia del Internet*. [En línea] Librería de Curso en Español, 8 de Mayo de 2013. [Citado el: 5 de Marzo de 2014.] [http://www.cad.com.mx/historia\\_del\\_internet.htm](http://www.cad.com.mx/historia_del_internet.htm). Adelfa 213-A.

[14] **COMUNICACIONES DS3. 2014.** Mikrotik. *Routerboard MIKROTIK RB433AH Para redes inalámbricas*. [En línea] HIPERLINK Technologies, 1 de Mayo de 2014. [Citado el: 28 de Junio de 2014.] <http://www.ds3comunicaciones.com/mikrotik/index.html>. DS3



**CERTIFICO:**

Yo **Walter Fernando Abad Ayavaca** certifico que la redacción y traducción del literal de resumen es una traducción factible debido a mis estudios realizados en inglés y experiencia en otros países, por lo que autorizo su presentación en este proyecto de tesis.

Loja 01 de Abril de 2015

---

**Walter Fernando Abad Ayavaca.**