



## **ESCUELA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

### **DISEÑO DE UNA RED DE TELECOMUNICACIONES EN LA BANDA ISM PARA BRINDAR SERVICIOS DE TELEMEDICINA A LA PROVINCIA DE LOJA**

Trabajo de fin de carrera previa la obtención  
del título de Ingeniero en Electrónica  
y Telecomunicaciones

#### **AUTORES**

Viviana Mishel Apolo Márquez

Gabriela Virginia Vidal Barba

#### **DIRECTOR**

Ing. Marco Vinicio Morocho Yaguana

**LOJA - ECUADOR**

2011

## **CERTIFICACIÓN: ACEPTACIÓN PROYECTO DE FIN DE CARRERA**

Loja, febrero de 2011.

Ing. Marco Vinicio Morocho Yaguana  
Escuela de Electrónica y Telecomunicaciones

Dejo constancia de haber revisado y estar de acuerdo con el proyecto de fin de carrera, titulado: "DISEÑO DE UNA RED DE TELECOMUNICACIONES EN LA BANDA ISM PARA BRINDAR SERVICIO DE TELEMEDICINA A LA PROVINCIA DE LOJA".

Presentado por: Viviana Mishel Apolo Márquez  
Gabriela Virginia Vidal Barba

Particular que comunico para los fines legales pertinentes.

-----  
Ing. Marco Vinicio Morocho Yaguana

Visto Bueno Dirección Escuela

F).....

Ing. Susana Arias  
DIRECTORA DE LA ESCUELA DE ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES  
Febrero de 2011

## CESIÓN DE DERECHOS

Viviana Mishel Apolo Márquez y Gabriela Virginia Vidal Barba, declaramos ser autoras del presente trabajo y eximamos expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Adicionalmente declaramos conocer y aceptar la disposición del Art. 67 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la universidad”

Las Autoras

.....  
Viviana Apolo M.

.....  
Gabriela Vidal B.

## AUTORÍA

Las ideas, opiniones, conclusiones, recomendaciones y más contenidos expuestos en el presente informe de proyecto de fin de carrera son de absoluta responsabilidad de los autores.

Viviana Mishel Apolo Márquez  
Gabriela Virginia Vidal Barba

## **INTRODUCCIÓN**

En la actualidad existe una conciencia generalizada de la importante contribución que las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones tienen en la sociedad, no en vano nos encontramos en el boom de la denominada “Sociedad de la Información”, razón por la que existe una preocupación a nivel nacional por mejorar la prestación de servicios de telecomunicaciones, en especial en las zonas rurales, puesto que se tiene la expectativa que esta mejora va a contribuir a elevar los estándares de vida de la población.

Una red comunitaria inalámbrica es una solución que permite a las urbes rurales irrumpir en el mundo de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) haciéndolos partícipes de sus ventajas, orientadas principalmente a la prestación de servicios de salud, mediante el uso de la Telemedicina. Hoy en día, gracias a estas tecnologías se dispone de un conocimiento más completo acerca de enfermedades, se puede hacer un seguimiento de las historias clínicas de los pacientes donde y cuando se necesite y lo más importante se pueden acercar los servicios médicos como la teleconsulta, el telemonitoreo, la teleeducación y el telediagnóstico al ciudadano; con lo que la misión de las instituciones sanitarias de promover la salud, prevenir enfermedades y curar a los enfermos, se convierte en una realidad para los pobladores de sectores alejados.

A sabiendas de esto, el presente proyecto presenta el diseño de la infraestructura inalámbrica para la red de Salud de la provincia de Loja, la misma que puede ser implementada a muy bajo costo en comparación con otras alternativas tradicionales.

## **Objetivo General**

Diseñar una red de telecomunicaciones en la banda ISM, articulada al Plan Nacional de Telemedicina del Ministerio de Salud Pública del Ecuador, orientada a las necesidades de la provincia de Loja; con el propósito de contribuir al mejoramiento de la calidad de los servicios públicos y fortalecer las capacidades institucionales necesarias del Ministerio de Salud Pública, a través del uso de los recursos disponibles y de tecnologías de comunicación de bajo costo.

## **Objetivos Específicos**

- Realizar un análisis sobre el estado actual de la infraestructura de telecomunicaciones existente en las diferentes unidades de salud de la provincia de Loja; con el fin de contar con datos que indiquen la disponibilidad de los servicios médicos en estas zonas.
- Definir áreas prioritarias, tomando como críticas aquellas que presentan problemas de accesibilidad, necesidades de servicio médico y limitaciones en cuanto a telecomunicaciones; con el fin de establecer los puntos de acción donde se ha de llevar conectividad.
- Analizar las tecnologías y estándares de comunicación inalámbrica y escoger la más apropiada para el diseño de enlaces rurales en la provincia de Loja, de modo que se optimice el uso de la infraestructura de información y telecomunicaciones ya existente.
- Proponer un diseño de red de comunicación que cumpla con una relación costo-beneficio balanceada que permita proveer de atención sanitaria de calidad a los pacientes, independientemente del lugar en el que se encuentren, fomentando la equidad y universalidad del servicio.

**Dedicatoria**

Dedico el fruto de este trabajo a mi familia, quienes jamás me han desamparado y me han acompañado incondicionalmente a lo largo de mi vida estudiantil, con especial amor y gratitud a ti mi flaquito por los esfuerzos constantes por dejarme este hermoso legado... la educación.

**Viviana**

Dedico el esfuerzo de este trabajo a mis padres por su apoyo constante e incondicional, a mi hermana y mis abuelos por ser la base de mi vida y estar a mi lado en la culminación de esta importante etapa de mi vida.

**Gabriela Vidal**

## **Agradecimientos**

Primero agradecemos a Dios por habernos llenado de salud y fuerzas para lograr este objetivo que nos hemos trazado.

Agradecemos a nuestros padres, quienes han sido pilar fundamental para la formación de las personas de bien que ahora somos, por el incansable esfuerzo que han realizado siempre para brindarnos una buena educación y por su infinito amor, comprensión y apoyo incondicional.

Agradecemos a la Escuela de Electrónica y Telecomunicaciones de la UTPL, al personal docente y administrativo que laboran en ella, quienes siempre estuvieron prestos a brindarnos su ayuda, llenándonos de conocimientos y gestos de amabilidad.

De manera especial agradecemos al Ing. Marco Morocho por su preocupación en la realización de nuestro proyecto de fin de carrera y por sus importantes consejos, ya que sin su guía la culminación del presente trabajo no hubiera sido posible.

A nuestros compañeros y amigos, parte importante a lo largo de nuestra vida universitaria, con quienes compartimos días de estudio, experiencias agradables y apoyo mutuo en todo momento.

## TABLA DE CONTENIDOS

CESIÓN DE DERECHOS .....	ii
AUTORÍA .....	iii
Introducción.....	iv
Objetivo General .....	v
Objetivos Específicos .....	v
Dedicatoria.....	vi
Agradecimientos .....	vii
Tabla de contenidos .....	viii
Lista de Figuras.....	x
Lista de Tablas.....	xi
<b>CAPÍTULO 1 .....</b>	<b>1</b>
<b>DATOS GENERALES .....</b>	<b>1</b>
1.1 Identificación de la problemática .....	1
1.1.1 Situación actual del área de salud en la provincia de Loja .....	1
1.1.2 Identificación, descripción y diagnóstico del problema .....	2
1.2 Delimitación de las áreas de acción .....	3
1.2.1 Estructura del sector de la salud en la provincia de Loja.....	3
1.2.2 Elección de los puntos de acción .....	5
<b>CAPÍTULO 2.....</b>	<b>10</b>
<b>FUNDAMENTOS DE DISEÑO.....</b>	<b>10</b>
2.1 Criterios para el diseño general de la red de telecomunicaciones .....	10
2.2 Opciones tecnológicas para zonas rurales .....	10
2.2.1 WiFi.....	11
2.2.2 VHF (Very High Frequency) .....	11
2.2.3 HF (High Frequency).....	12
2.2.4 WiMax.....	12
2.2.5 Conexión Satelital (VSAT).....	13
2.3 Selección de tecnología .....	13
2.4 Arquitectura general de un sistema WiFi en largas distancias .....	19
2.5 Herramientas de diseño .....	20
2.5.1 Obtención de coordenadas .....	20

2.5.2 Modelo de propagación.....	22
2.5.3 Software de simulación .....	22
2.6 Aplicaciones y Servicios de la Red.....	23
2.6.1 Navegación en internet y correo electrónico.....	23
2.6.2 Telefonía VoIP .....	24
2.6.3 Transferencia de datos.....	24
2.6.4 Videoconferencia .....	24
2.7 Estimación de la capacidad.....	25
2.7.1 Cálculo de AB para centros de salud y hospitales.....	25
2.7.2 Cálculo de AB para subcentros y puestos de salud.....	25
<b>CAPÍTULO 3.....</b>	<b>27</b>
<b>DISEÑO DE RED.....</b>	<b>27</b>
3.1 Diseño físico de los enlaces .....	27
3.1.1 Línea de vista y uso de repetidores.....	27
3.1.2 Diseño del subsistema de telecomunicaciones .....	28
3.1.3 Diseño del subsistema de energía .....	29
3.1.3.1 Tiempos de consumo.....	29
3.1.3.2Cálculo de banco de baterías .....	30
3.1.3.3Dimensionamiento del panel solar .....	31
3.1.4 Diseño del subsistema de protección eléctrica.....	32
3.1.5 Diseño del subsistema de infraestructura.....	32
3.2 Propuesta. Diseño Red 1 .....	33
3.2.1 Descripción general de la red.....	33
3.2.2 Características de los enlaces.....	35
3.3 Propuesta. Diseño Red 2 .....	39
3.3.1 Argumentación.....	39
3.3.2 Descripción general de la red.....	39
3.3.3 Características de los enlaces.....	42
3.3.4 Cálculo de confiabilidad de los enlaces.....	44
<b>CAPÍTULO 4.....</b>	<b>47</b>
<b>DISEÑO LÓGICO DE LA RED .....</b>	<b>47</b>
4.1 Asignaciones de direcciones IPv4 .....	48

<b>CAPÍTULO 5.....</b>	<b>55</b>
<b>PRESUPUESTO .....</b>	<b>55</b>
Conclusiones.....	57
Recomendaciones.....	59
Bibliografía .....	61
Referencias.....	65
ANEXO 1: Selección de equipos .....	68
ANEXO 2: Estructura de subsistemas de red.....	76
ANEXO 3: Fórmulas para cálculo de confiabilidad de enlaces .....	83
ANEXO 4: Resultados de simulación en Radio Mobile.....	86
ANEXO 5: Presupuesto detallado de infraestructura WiFi y despliegue de la red ..	92
ANEXO 6: SiteSurvey .....	117

## Lista de Figuras

Fig. I.1 Jerarquía de la red de telemedicina de la provincia de Loja .....	9
Fig. II.1 ChannelBonding de dos canales de 20 MHz .....	16
Fig. II.2 Velocidad de transmisión de estándares 802.11 a/b/g/n.....	18
Fig. III.1 Diseño general de la RED 1 .....	38
Fig. III.2 Diseño general de la RED 2 .....	40
Fig. IV.1 Esquema de direcc. IP de los enlaces inalámbricos Subred 1 y 2.....	51
Fig. IV.2 Esquema de direcc. IP de los enlaces inalámbricos. Subred 3 y 4.....	52
Fig. IV.3 Esquema de direcc. IP de los enlaces inalámbricos. Subred 5 y 6.....	53
Fig. IV.4 Esquema de direccionamiento IP de las estaciones. Subred 4 .....	54
Fig. 1.1 Antena dual Ubiquiti MIMO 2x2 .....	72
Fig. 1.2 Computadora de escritorio INTEL Atom .....	72
Fig. 1.3 ATA Linksys SPA3102.....	73
Fig. 1.4 Estetoscopio digital .....	74
Fig. 1.5 Digitalizador de imágenes médicas .....	74
Fig. 1.6 Webcam LOGITECH C905 2MP .....	75
Fig. 3.1 Esquema 1 de subsistema de telecomunicaciones en estación final .....	76
Fig. 3.2 Esquema 2 de subsistema de telecomunicaciones en estación final .....	77
Fig. 3.3 Esquema de subsistema de telecomunicaciones en estación repetidora ..	78
Fig. 3.4 Esquema básico de subsistema de energía fotovoltaica .....	79
Fig. 3.5 Esquema soporte de pararrayo .....	80
Fig. 3.6 Esquema torre de vientos de 45 m y de 15 m .....	81
Fig. 4.1 Simulación de la subred 6 en Radio Mobile.....	86
Fig. 4.2 Perfil del enlace H. Alamor – PS Cerro de Milagro .....	87
Fig. 4.3 Perfil del enlace H. Alamor – Nvo. Rep. 6.1.....	87
Fig. 4.4 Perfil del enlace Nvo. Rep. 6.1 – PS El Progreso .....	88
Fig. 4.5 Perfil del enlace Nvo. Rep. 6.1 – Cazaderos .....	88
Fig. 4.6 Simulación de la subred 1 en Radio Mobile.....	89
Fig. 4.7 Simulación de la subred 2 en Radio Mobile.....	89
Fig. 4.8 Simulación de la subred 3 en Radio Mobile.....	90
Fig. 4.9 Simulación de la subred 4 en Radio Mobile.....	91
Fig. 4.10 Simulación de la subred 5 en Radio Mobile .....	91
Imag. 6.1 Vía a Subcentro Cazaderos .....	117
Imag. 6.2 Vía a Puesto de Salud Progreso .....	118

Imag. 6.3 Vía a Subcentro Selva Alegre.....	119
Imag. 6.4 Vía a Subcentro Manú .....	119
Imag. 6.5Vía Puesto de Salud Sumaipamba .....	120
Imag. 6.6 Subcentro Cazaderos .....	121
Imag. 6.7 Puesto de Salud El Progreso .....	121
Imag. 6.8 Subcentro Selva Alegre .....	122
Imag. 6.9 Subcentro Manú .....	122
Imag. 6.10 Puesto de Salud Sumaipamba .....	122
Imag. 6.11 Estado de sistema eléctrico. SC Cazaderos y PS El Progreso .....	123
Imag. 6.12 Estado de sistema eléctrico. SC Selva Alegre y SC Manú.....	123
Imag. 6.13 (a) Radiocomunicación. SC Cazaderos y PS El Progreso .....	124
Imag. 6.14 Equipamiento informático de Cazaderos .....	124
Imag. 6.15 Equipamiento informático de Selva Alegre .....	125
Imag. 6.16 Ubicación de nuevo repetidor .....	125

### **Lista de Tablas**

Tabla I.1 Estructura del Área de Salud de la provincia de Loja .....	4
Tabla I.2 Puestos y Subcentros de salud seleccionados .....	8
Tabla I.3 Jefaturas de las áreas de salud de la provincia de Loja .....	9
Tabla II.1 Principales estándares WiFi .....	11
Tabla II.2 Comparación de los diferentes estándares de la familia 802.11 .....	15
Tabla II.3 Incremento del throughput en el estándar IEEE 802.11n.....	18
Tabla II.4 Ubicación geográfica de las unidades operativas .....	21
Tabla II.5 Ubicación geográfica de los cerros .....	21
Tabla II.6 Detalle AB por servicio .....	25
Tabla III.1 Características de antenas .....	29
Tabla III.2 Ubicación de repetidores autónomos. Diseño Red 1 .....	33
Tabla III.3 Distribución de subredes. Diseño Red 1 .....	34
Tabla III.4 Características de los enlaces. Diseño Red 1 .....	36
Tabla III.5 Función de cada uno de los puntos dentro de la Red 2 .....	41
Tabla III.6 Ubicación de repetidores autónomos. Diseño Red 2 .....	42
Tabla III.7 Características de los enlaces. Diseño Red 2.....	43
Tabla III.8.1 Resultado de los cálculos de confiabilidad aplicados a cada enlace ..	45
Tabla III.8.2 Resultado de los cálculos de confiabilidad aplicados a cada enlace ..	46

Tabla IV.1 Direccionamiento IP de las estaciones .....	49
Tabla IV.2 Direccionamiento IP de enlaces inalámbricos .....	50
Tabla V.1 Presupuesto general. Diseño Red 1 .....	55
Tabla V.2 Presupuesto general. Diseño Red 2 .....	56
Tabla 1.1 Características Técnicas de RB411AH .....	69
Tabla 1.2 Características Técnicas de RB433AH .....	69
Tabla 1.3 Características Técnicas de RB800.....	70
Tabla 1.4 Características Técnicas de miniPCI R52Hn .....	70
5.1 Presupuesto del Sistema WiFi	
Tabla 5.1.1 Presupuesto del Sistema WiFi de la subred 1 .....	92
Tabla 5.1.2 Presupuesto del Sistema WiFi de la subred 2 .....	93
Tabla 5.1.3 Presupuesto del Sistema WiFi de la subred 3 .....	94
Tabla 5.1.4 Presupuesto del Sistema WiFi de la subred 4 .....	95
Tabla 5.1.5 Presupuesto del Sistema WiFi de la subred 5 .....	96
Tabla 5.1.6 Presupuesto del Sistema WiFi de la subred 6 .....	97
5.2 Presupuesto del Servicio VoIP	
Tabla 5.2.1 Presupuesto del Servicio VoIP de la subred 1 .....	98
Tabla 5.2.2 Presupuesto del Servicio VoIP de la subred 2 .....	98
Tabla 5.2.3 Presupuesto del Servicio VoIP de la subred 3 .....	99
Tabla 5.2.4 Presupuesto del Servicio VoIP de la subred 4 .....	99
Tabla 5.2.5 Presupuesto del Servicio VoIP de la subred 5 .....	100
Tabla 5.2.6 Presupuesto del Servicio VoIP de la subred 6 .....	100
5.3 Presupuesto del Sistema de Energía Solar	
Tabla 5.3.1 Presupuesto del Sistema de Energía Solar de Red 2 .....	101
5.4 Presupuesto de la red LAN	
Tabla 5.4.1 Presupuesto de la red LAN de la subred 1 .....	102
Tabla 5.4.2 Presupuesto de la red LAN de la subred 2 .....	102
Tabla 5.4.3 Presupuesto de la red LAN de la subred 3 .....	103
Tabla 5.4.4 Presupuesto de la red LAN de la subred 4 .....	103
Tabla 5.4.5 Presupuesto de la red LAN de la subred 5 .....	104
Tabla 5.4.6 Presupuesto de la red LAN de la subred 6 .....	104

## 5.5 Presupuesto del Sistema de Energía Eléctrica

Tabla 5.5.1 Presupuesto del Sistema de Energía Eléctrica de la subred 1 .....	105
Tabla 5.5.2 Presupuesto del Sistema de Energía Eléctrica de la subred 2.....	105
Tabla 5.5.3 Presupuesto del Sistema de Energía Eléctrica de la subred 3.....	105
Tabla 5.5.4 Presupuesto del Sistema de Energía Eléctrica de la subred 4.....	106
Tabla 5.5.5 Presupuesto del Sistema de Energía Eléctrica de la subred 5.....	106
Tabla 5.5.6 Presupuesto del Sistema de Energía Eléctrica de la subred 6.....	106

## 5.6 Presupuesto de Puesta a Tierra

Tabla 5.6.1 Presupuesto de puesta a tierra de la subred 1.....	107
Tabla 5.6.2 Presupuesto de puesta a tierra de la subred 2.....	108
Tabla 5.6.3 Presupuesto de puesta a tierra de la subred 3.....	108
Tabla 5.6.4 Presupuesto de puesta a tierra de la subred 4.....	109
Tabla 5.6.5 Presupuesto de puesta a tierra de la subred 5.....	109
Tabla 5.6.6 Presupuesto de puesta a tierra de la subred 6.....	110

## 5.7 Presupuesto del Sistema de soporte mecánico

Tabla 5.7.1 Presupuesto del Sistema de soporte mecánico de la subred 1.....	111
Tabla 5.7.2 Presupuesto del Sistema de soporte mecánico de la subred 2.....	111
Tabla 5.7.3 Presupuesto del Sistema de soporte mecánico de la subred 3.....	112
Tabla 5.7.4 Presupuesto del Sistema de soporte mecánico de la subred 4.....	112
Tabla 5.7.5 Presupuesto del Sistema de soporte mecánico de la subred 5.....	113
Tabla 5.7.6 Presupuesto del Sistema de soporte mecánico de la subred 6.....	113

## 5.8 Presupuesto del Sistema de alojamiento mecánico

Tabla 5.8.1 Presupuesto del Sistema de alojamiento mecánico de la subred 1....	114
Tabla 5.8.2 Presupuesto del Sistema de alojamiento mecánico de la subred 2....	114
Tabla 5.8.3 Presupuesto del Sistema de alojamiento mecánico de la subred 3....	115
Tabla 5.8.4 Presupuesto del Sistema de alojamiento mecánico de la subred 4....	115
Tabla 5.8.5 Presupuesto del Sistema de alojamiento mecánico de la subred 5....	116
Tabla 5.8.6 Presupuesto del Sistema de alojamiento mecánico de la subred 6....	116

Tabla 6.1 Condiciones de las unidades de salud - Zapotillo .....	118
--	-----

Tabla 6.1 Condiciones de las unidades de salud - Saraguro .....	120
---	-----

## RESUMEN

Este documento presenta una propuesta de diseño de red de telecomunicaciones, articulada al Plan Nacional de Telemedicina del Ministerio de Salud Pública del Ecuador, orientada al mejoramiento de la calidad de los servicios de salud públicos de la provincia de Loja; a través del uso de los recursos disponibles y de tecnologías de comunicación de bajo costo; de modo que la red está basada en tecnología WiFi estándar IEEE 802.11n.

El primer capítulo se basa en un análisis sobre el estado actual de la infraestructura de telecomunicaciones existente en las diferentes unidades de salud de la provincia de Loja; con el fin de contar con datos que indiquen la disponibilidad de los servicios médicos en estas zonas; de tal manera que se puedan definir áreas prioritarias, tomando como críticas aquellas que presentan problemas de accesibilidad, necesidades de servicio médico y limitaciones en cuanto a telecomunicaciones; con el fin de establecer los puntos de acción donde se ha de llevar conectividad.

El segundo capítulo presenta un estudio de las tecnologías y estándares de comunicación inalámbrica con el fin de escoger la más apropiada para el diseño de enlaces rurales en la provincia de Loja.

El tercer y cuarto capítulo se centran en el diseño físico y lógico de la red, respectivamente; haciendo énfasis en la elección de equipos en cada uno de los subsistemas de que conforman el proyecto.

Finalmente el quinto capítulo corresponde al presupuesto de la implementación de la red diseñada, incluyendo equipos WiFi, subsistemas de energía autónoma, subsistema de infraestructura, equipos de telemedicina, etc.

A lo largo del proyecto se ha procurado obtener un diseño de red de comunicación que cumpla con una relación costo-beneficio balanceada y que permita proveer de atención sanitaria de calidad a los pacientes, independientemente del lugar en el que se encuentren, fomentando la equidad y universalidad del servicio.

## CAPÍTULO 1

### DATOS GENERALES

#### 1.1. Identificación de la problemática

##### *1.1.1. Situación actual del área de salud de la provincia de Loja.*

El sector de la salud en la provincia de Loja se encuentra constituido por una multiplicidad de instituciones públicas y privadas con y sin fines de lucro; siendo las principales instituciones, el Ministerio de Salud Pública (MSP) y el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS), quienes tienen en conjunto el mayor volumen de la infraestructura de atención.

A lo largo de la provincia, entre hospitales, centros, subcentros y puestos de salud, se cuenta con un total de 128 puntos del MSP encargados de brindar el servicio de salud pública. Sin embargo no todos ellos pueden llevar a cabo su función de manera totalmente eficiente debido a que por su ubicación geográfica se encuentran difícilmente accesibles y muy distanciados de la jefatura de área, lo que ha dado paso a que de una u otra forma sean olvidados por las autoridades provinciales y nacionales; quedando con equipos como: tensiómetro, set de diagnóstico, fonendoscopio, termómetro, balanzas, en mal estado o sin el adecuado mantenimiento.

Actualmente, entre un 25% y 30% de la población ecuatoriana carece de acceso regular a servicios de salud; dos terceras partes no tiene un plan de aseguramiento[1], hay insuficiente presupuesto para las acciones de salud, subsiste la incoordinación de las instituciones y la centralización de las decisiones sobre asignación de recursos, de tal manera que los equipos de alta tecnología son únicamente destinados a hospitales de referencia nacional y de alta complejidad, particularmente en las ciudades de Quito, Guayaquil y Cuenca. Esto incluye a hospitales del subsector público y del subsector privado.

En la actualidad, el gobierno del Ecuador pretende hacer frente a estas debilidades con la implementación de proyectos de comunicación enfocados al Sistema Nacional de Salud, el cual busca la cobertura universal y gratuita, proponiendo una estrecha coordinación del Ministerio de Salud Pública con el Ministerio de

Telecomunicaciones y de la Sociedad de Información (MINTEL), a fin de cumplir con el Plan del Buen Vivir propuesto por Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES), utilizando las TIC.

Dentro de este marco el MSP ha planteado la Política, Modelo y Plan Nacional de Telemedicina/Telesalud para garantizar la equidad, calidad y eficiencia de los servicios de salud.

Esta Política propone contribuir a que el servicio nacional de salud llegue de manera universal y sin costo a toda la población ecuatoriana, mediante consultas clínicas a distancia, emergentes o no, y programas de gestión, capacitación, consulta bibliográfica, promoción, prevención, investigación e interculturalidad, para garantizar los principios de equidad, calidad y eficiencia del Sistema y en su Red Pública Integral de Salud. [2]

Estar claros en cuáles son las problemáticas del sector al que se enfoca el proyecto, permitirá en lo posterior efectuar el diseño de una red de telecomunicaciones eficiente, que solvete las carestías presentes actualmente, en estos lugares de acción.

### **1.1.2. Identificación, descripción y diagnóstico del problema**

Los datos obtenidos por parte del Ministerio de Salud Pública de Loja, así como las investigaciones realizadas sobre el déficit de la prestación del servicio médico de forma oportuna en las zonas rurales más alejadas, apuntan como problemática principal la falta de médicos especialistas que impulsen la medicina preventiva de enfermedades comunes como gripe, parasitosis, amebiasis; y que a su vez apoyen al diagnóstico de casos clínicos especiales (insuficiencias renales, cardíacas, hipertensiones crónicas, diabetes descompensadas). A esto se suma el pobre equipamiento que tienen las unidades operativas de estos lugares; razones por las cuales no todas las personas pueden recibir los servicios que necesitan en su unidad de salud, debiendo acercarse al hospital base del área más cercana o a un hospital provincial. Sin embargo existen factores que dificultan a los pacientes asistir:

- Situación económica muy restringida.
- Accesibilidad limitada, debido a las malas carreteras.

- Tiempo de recorrido extenso.

Los factores antes mencionados dejan como resultado que el índice de morbilidad existente en algunos cantones sea bastante elevado; teniendo un 47.17% por enfermedades de vías respiratorias, 23% por parasitosis, 7.55% por enfermedades diarreicas agudas, siendo estas las tres enfermedades más importantes. [3]

Lo que se busca con el proyecto de telemedicina, es lograr una conexión entre un paciente y su doctor sin la necesidad de que físicamente se encuentren en el mismo sitio, de tal manera que lo que se mueve son los datos clínicos, no los pacientes, pudiendo estar a cientos de kilómetros de distancia, pero asistirá a la consulta en directo, y en apenas unos minutos, dispondrá físicamente de los elementos de diagnóstico (radiografías, electrocardiogramas, etc.) necesarios.

La Telemedicina sin duda es una solución que desafía la problemática actual, y que pondría fin a muchas penurias por las que atraviesa el sector de la salud, sin embargo para que esta surta el efecto esperado, debemos distinguir los puntos clave a incorporar esta tecnología, pues no sería de mayor provecho que se lo haga en sitios que tienen fácil acceso a salud de calidad, sino más bien para mejorar la atención de la salud de poblaciones remotas que no tienen acceso a los especialistas.

## **1.2. Delimitación de las áreas de acción**

### ***1.2.1. Estructura del sector de la salud en la provincia de Loja***

Al Ministerio de Salud Pública (MSP) le corresponde la regulación, dirección y control del sector contando con una Dirección de Salud en cada provincia y en su interior por Áreas de Salud que son circunscripciones geográfico - poblacionales coincidentes en su mayoría con el ámbito político - administrativo del cantón. Estas funcionan como una unidad de desconcentración programática, administrativa y presupuestaria de la cual dependen los servicios básicos de salud (Puestos, Subcentros, Centros y Hospitales Cantonales).

La provincia de Loja corresponde a la Dirección de Salud N° 11 y está dividida en 13 Áreas, como se detalla en la tabla I.1[4]

**Tabla I.1 Estructura del Área de Salud de la provincia de Loja**

DIRECCIÓN DE SALUD N° 11	ÁREA 1	1 CS (Jefatura de Salud)
		4 SCU, 3 SCR
	ÁREA 2	1 CS (Jefatura de Salud)
		5 SCU
	ÁREA 3	1 CS (Jefatura de Salud)
		4 SCU, 3SCR
		1 PS
	ÁREA 4	1 CS (Jefatura de Salud)
		2 SCU, 5 SCR
		7 PS
	ÁREA 5	1 HB (Jefatura de Salud)
		3 SCR
		2 PS
ÁREA 6	1 HB (Jefatura de Salud)	
	5 SCR	
	1 PS	
ÁREA 7	1 HB (Jefatura de Salud)	
	1 SCU, 3 SCR	
	6 PS	
ÁREA 8	1 HB (Jefatura de Salud)	
	3 SCR	
	3 PS	
ÁREA 9	1 HB (Jefatura de Salud)	
	2 SCU, 6SCR	
	7 PS	
ÁREA 10	1 HB (Jefatura de Salud)	
	1 SCU, 7SCR	
	15 PS	
ÁREA 11	1 CS (Jefatura de Salud)	
	1 SCU, 5 SCR	
	1PS	
ÁREA 12	1 HB (Jefatura de Salud)	
	2 SCR	
	1 PS	
ÁREA 13	1 CS (Jefatura de Salud)	
	2 SCR	
	3 PS	

En donde,

- HG = Hospital General de Referencia Provincial
- HB = Hospital Base
- CS = Centro de Salud
- SCU = Subcentro de Salud Urbano
- SCR = Subcentro de Salud Rural
- PS = Puesto de Salud

De esta manera, a nivel de la provincia de Loja, el MSP cuenta con:

- 1 Unidad Hospitalaria de Referencia provincial.
- 7 Hospitales Cantonales Base.
- 6 Centros de Salud.
- 20 Subcentros de Salud Urbanos.
- 47 Subcentros de Salud Rurales.
- 47 Puestos de Salud.

### **1.2.2. Elección de los puntos de acción.**

En el documento “Manual de áreas de salud del Ecuador” [4] publicado por elMSPse encuentran las unidades operativas de referencia provincial, y las unidades operativas por áreas de salud. Tomando como base la información que brinda dicho documento y actualizando algunos datos, como la población, se ha procedido a filtrar los puntos en los que es factible la implementación de un sistema de comunicaciones enfocado a la telemedicina; para ello se han tomado en cuenta parámetros consideramos como fundamentales para que la red cumpla con la función para la que será diseñada.

A continuación se listan cada uno de éstos, ordenándolos por la prioridad que se le dio:

- a) Accesibilidad a la unidad operativa, específicamente tipo de vía. (primer, segundo o tercer orden)
- b) Distancia a la Jefatura de Área, en kilómetros y en tiempo (minutos).
- c) Población que asiste a la unidad operativa.

Se ha tomado la accesibilidad como el factor más importante ya que en función del tipo de carretera, la afluencia a dicho punto será mayor o menor, y en coordinación con este aspecto está la distancia en kilómetros y en tiempo, ya que están directamente ligados con el estado de la vía, por ejemplo puede darse el caso que la distancia en kilómetros sea corta, pero las horas de viaje son muy largas debido al estado no muy conservado en el que se encuentra la vía.

Los tres tipos de vías considerados como referencia son:

- Vías de primer orden.- También llamada carreteras principales; son aquellas vías troncales de alto tráfico que conectan poblaciones

importantes, se encuentran pavimentadas y en condiciones aptas para realizar viajes emergentes.

- Vías de segundo orden.-También llamadas carreteras secundarias, se caracterizan por ser de menor tránsito y conectan poblaciones medias, se encuentran lastradas-afirmadas.
- Vías de tercer orden.- También llamadas carreteras terciarias, estas son de menor tránsito, suelen ser veredas o carreteras afirmadas muy delgadas.

Las unidades operativas a las que se llega por una vía de primer orden se han descartado por completo, puesto que por las características de su carretera es fácil y cómodo para los pacientes el traslado desde este punto hasta el hospital base de su área, donde los servicios de salubridad son mejores. De esta manera de los 128 puntos iniciales que se encuentran en la referencia [4]se reducen a 40, y son los lugares a los que se llega a través de vías de segundo y tercer orden.

El primer punto tomando como opción ha sido el PS Cerro de Milagro ubicado en el cantón Pindal, ya que la accesibilidad a este lugar es casi nula y la carretera no se encuentra terminada en un 10%, además de ser habilitada solo en verano.Así mismo se encontraron otros puntos como PS Sumaipamba (Saraguro), PS San Sebastián de Yuluc (Saraguro), PS Tundurama (Espíndola), PS El Progreso (Zapotillo) y PS Gañil (Saraguro), cuyas carreteras de segundootercer orden también se habilitan solo en verano, lo que significa que durante el invierno las personas que adolecen alguna enfermedad y que no pueden ser atendidas en éstos lugares, no logran viajar hacia el hospital base porla falta de carretera.

Dentro de los sitios que poseen vías de segundo y tercer orden, se ha dado prioridad a aquellos en los que el número de habitantes es alto y la distancia a la jefatura de área es mayor a una hora; así por ejemplo se ha tomado como punto de acción el SC Manú ubicado en el cantón Saraguro, cuyo tiempo de viaje hacia su hospital base es de tres horas y la población que asiste a este centro es de 3241 habitantes, siendo los dos factores en consideración muy elevados; otro caso es el del SC Santa Teresita en el cantón Espíndola, cuyo tiempo de viaje a la jefatura de área es tan solo de 20 minutos, sin embargo la población que accede a los servicios de salud es bastante elevada en comparación con otros sitios, siendo de 1140 habitantes; como estos dos ejemplos se suscitaron otros semejantes: SCR

Bellavista (Espíndola), SCR Selva Alegre (Saraguro), SCR San Antonio de las Aradas (Quilanga), PS Santa Rufina (Chaguarpamba), SCR Cazaderos (Zapotillo), y SCR Jimbilla (Loja).

En resumen, tomando en cuenta estos parámetros, se han seleccionado 14 puntos que se consideran los más críticos. Los mismos que se detallan en la tabla a continuación.

Tabla I.2 Puestos y Subcentros de salud seleccionados

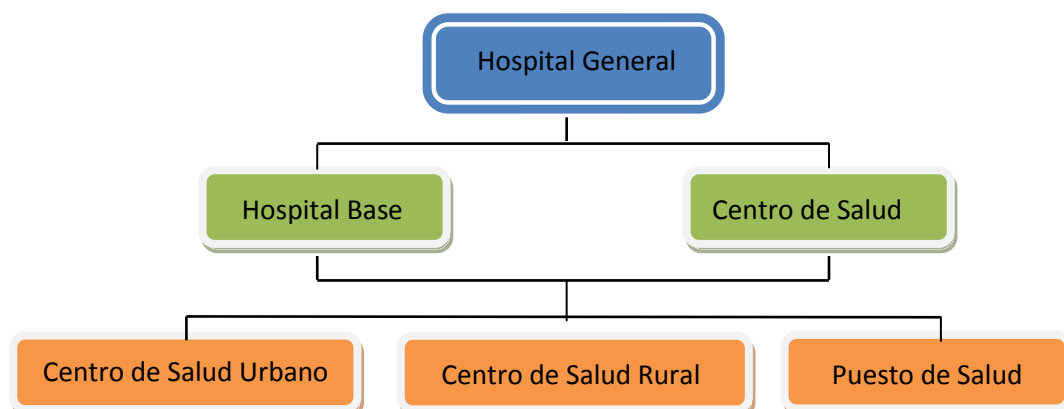
Unidad Operativa	Tipología	Área N°	Cantón	Parroquia	Distancia a la Jefatura de área		Población	Tipo de vía
					Km	Tiempo (min)		
Cerro de Milagro	PS	9	Pindal	Pidal	60	90	847	90% en verano
Sumaipamba	PS	10	Saraguro	Manú	250	280	1985	3er Orden (en verano)
S. Sebastián de Yuluc	PS	10	Saraguro	Yuluc	200	240	1153	3er Orden (en verano)
Tundurama	PS	6	Espíndola	Sta. Teresita	25	60	1026	2do Orden (en verano)
El Progreso	PS	13	Zapotillo	Cazaderos	60	120	366	2do Orden (en verano)
Gañil	PS	10	Saraguro	Paraíso de Celén	35	90	525	3er Orden y a pie
Bellavista	SCR	6	Espíndola	Bellavista	15	30	2665	3er Orden
Manú	SCR	10	Saraguro	Manú	90	180	3241	2do Orden
Selva Alegre	SCR	10	Saraguro	Selva Alegre	70	120	1605	2do Orden
S. Antonio de las Aradas	SCR	11	Quilanga	San A. de las Aradas	50	90	1485	2do Orden
Santa Rufina	PS	4	Chaguarpamba	Santa Rufina	100	120	1427	2do y 3er Orden
Sta. Teresita	SCR	6	Espíndola	Sta. Teresita	10	20	1140	2do Orden
Cazaderos	SCR	13	Zapotillo	Cazaderos	50	90	1407	2do Orden
Jimbillá	SCR	3	Loja	Jimbillá	50	70	1407	2do Orden

Adicionalmente, con el fin de seguir la jerarquía institucional del MSP, se ha creído conveniente tomar en cuenta a todas las jefaturas de las áreas a las que pertenecen los puntos cuestión, con lo que se adicionan 6 puntos que se muestran en la tabla siguiente.

**Tabla I.3 Jefaturas de las áreas de salud de la provincia de Loja [4]**

Unidad Operativa	Tipología	Área N°	Cantón	Parroquia	Población
Isidro Ayora	HG	1	Loja	Loja	118532
Amaluza	HB	6	Espíndola	Amaluza	4897
Catacocha	HB	8	Catacocha	Catacocha	14877
Alamor	HB	9	Puyango	Alamor	6896
Saraguro	HB	10	Saraguro	Saraguro	7758
Gonzanamá	CS	11	Gonzanamá	Gonzanamá	3089

De este modo la jerarquía de la red de telemedicina queda estructurada de la siguiente manera:



**Figura I.1 Jerarquía de la red de telemedicina de la provincia de Loja**

## **CAPÍTULO 2**

### **FUNDAMENTOS DE DISEÑO**

#### **2.1. Criterios para el diseño general de la red de telecomunicaciones**

El diseño de la red parte del análisis de las alternativas de comunicación aplicables a entornos rurales, seguido por la determinación de las especificaciones con las que debe cumplir la solución tecnológica adoptada.

Para lograr un balance coste-eficiencia es necesario inicialmente tomar en cuenta criterios generales con los que se debe cumplir al momento de llevar a cabo el diseño:

- La red debe ser estable y sencilla de emplear, puesto que las personas que harán uso de ella son poco cualificadas y no contarán con el apoyo permanente de asesores preparados.
- Debe requerir poco mantenimiento, ya que no se contará con la presencia continua de técnicos especializados, resultando no solo costoso sino también difícil el transporte de éstos para la resolución de problemas.
- La red debe ser de bajo consumo energético, especialmente en los lugares donde no exista infraestructura eléctrica, ya que en estos casos se dependerá de instalaciones energéticas autónomas que encarecen la implementación y aumentan las necesidades de costos de mantenimiento.
- De bajo costo de despliegue y de operación; para esto debe seleccionarse una tecnología de comunicación barata pero rentable.

#### **2.2. Opciones tecnológicas para zonas rurales**

Las condiciones geográficas y de infraestructura de las zonas rurales son los principales condicionantes al momento de elegir el tipo de tecnología a usar para la comunicación. La dificultad en cuanto al acceso así como la dispersión de la población, la falta de energía eléctrica y de personas calificadas para el mantenimiento de la red, obligan a la aplicación de tipos de comunicación de largo alcance, que cuenten con prestaciones que minimicen el tiempo y costo de instalación y administración.

Dentro de este contexto los siguientes son tipos de tecnología propuestas para la instalación de redes de telecomunicaciones en zonas rurales, todos del tipo inalámbricas.

### 2.2.1. WiFi[5]

Pertenece a la familia de estándares IEEE 802.11, trabaja en las bandas ISM (Industrial, Scientific and Medical) 902-928 MHz, 2400-2835 MHz y 5725-5850 MHz. Esta tecnología permite el establecimiento de enlaces de decenas de kilómetros a potencias bajas, para lograrlo es importante tener una perfecta<sup>1</sup> línea de vista entre las estaciones a comunicar, por lo que en muchos contextos no suele alcanzarse más que 40 Km; sin embargo el uso de estaciones intermedias (repetidores) y de equipos con características potentes puede aumentar este rango.

El ancho de banda en una comunicación WiFi depende del estándar que se emplee, teniendo como opciones los que se muestran a continuación:

**Tabla II.1 Principales estándares WiFi**

Estándar	Frecuencia	Tasa de transmisión nominal
802.11a	5 GHz	54 Mbps
802.11b	2.4 GHz	11 Mbps
802.11g	2.4 GHz	54 Mbps
802.11n	2.4 / 5 GHz	360 / 540Mbps

### 2.2.2. VHF[5]

Las comunicaciones VHF (Very High Frequency) trabajan en la banda de frecuencias de 30 – 300 MHz, pueden alcanzar distancias de hasta 70Km, valor que se encuentra limitado por la potencia de transmisión y las alturas de las antenas que se empleen. Este tipo de tecnología tiene gran tolerancia a obstáculos, sin embargo es recomendable que exista línea de vista entre las estaciones

---

<sup>1</sup>Existe perfecta línea de vista entre dos puntos, cuando la primera Zona de Fresnel se encuentra despejada en un 60%. [5]

transmisora y receptora. Igual que en WiFi, el problema derivado de la obstrucción puede superarse con el uso de estaciones repetidoras.

Como esta banda está desarrollada únicamente para la transmisión de voz, los equipos que se encuentran en el mercado están diseñados y fabricados para este fin, por tanto el principal limitante para el uso de éste tipo de tecnología en un sistema de telemedicina es el reducido ancho de banda que no permite hacer uso de servicios como videoconferencia a tiempo real.

### **2.2.3. HF**

HF (High Frequency) trabaja en la banda de 3 – 30 MHz, permitiendo comunicaciones con alcance de hasta miles de kilómetros. Su método de propagación se basa en la reflexión atmosférica y es conocido como “Onda Ionosférica”, por el cual las ondas se transmiten y luego se reflejan hacia el punto de recepción. Por lo tanto estos sistemas pueden llevar a cabo comunicaciones a través de cualquier tipo de terreno plano, montañoso, elevado; sin necesidad de estaciones intermedias o repetidoras. Sin embargo en ellos radica el mismo problema que en VHF, los equipos se encuentran diseñados únicamente para la transmisión de voz de modo que los módems que hasta ahora existen son lentos (típicamente de 100 a 300 bps) haciendo ineficiente la prestación de servicios en tiempo real. [5]

### **2.2.4. WiMax**

Pertenece al estándar IEEE 802.16 su alcance está en el orden de las decenas de kilómetros. Posee dos rangos de frecuencia de trabajo; por un lado las bandas de 10 a 66 GHz en el cual es imprescindible disponer de línea de vista, y por otro las bandas que se encuentran por debajo de los 11 GHz donde no necesariamente se requiere vista directa entre las estaciones transmisoras y receptoras [5]. Y aunque tiene a su favor la característica de un ancho de banda configurable, las bandas en las que trabaja son del tipo licenciadas, es decir, que para trabajar se requiere de permisos lo que a su vez implica gastos económicos.

### **2.2.5. Conexión Satelital (VSAT)**

Las redes VSAT<sup>2</sup> son redes de transmisión de datos por medio de satélites para el intercambio de información punto-punto o punto-multipunto. Su principal elemento es la estación central terrestre, la cual permite establecer la comunicación entre dos estaciones terminales del VSAT.

Con esta tecnología se logra diseñar redes de altas velocidades de transmisión si hay pocos usuarios conectados simultáneamente, permitiendo la transferencia de voz, datos y vídeo. Normalmente se contratan enlaces asimétricos, con mayor capacidad en el enlace de bajada para el usuario. [5]

La limitación de los sistemas VSAT radica en el alto costo que significa su implementación, debido al arrendamiento de los equipos; además este tipo de sistemas presentan un retardo aproximado de un cuarto de segundo (tiempo de propagación) y son muy sensibles a efectos atmosféricos y eclipses. [5]

### **2.3. Selección de la tecnología**

Luego de analizar cada una de las opciones de tecnologías que son aplicables para comunicaciones en entornos rurales; se ha establecido que el estándar IEEE 802.11 (WiFi) es la tecnología más apropiada, no solo por su indiscutible ventaja en cuanto a costos sino también porque se adapta al entorno geográfico de la provincia de Loja y brinda las mejores prestaciones para el propósito que se persigue.

A continuación se detallan las razones por las cuales se tomó esta decisión:

- Permite comunicaciones con alcances de decenas de kilómetros a potencias bajas, con un ancho de banda mayor que otras soluciones tecnológicas, lo que abre el camino a servicios de tiempo real.
- Aunque para la comunicación entre estaciones es indispensable una perfecta línea de vista, el alcance entre el transmisor y el receptor puede incrementarse a través del uso de estaciones intermedias; pudiendo las mismas estaciones clientes funcionar como repetidores para la interconexión de dos puntos que se encuentren a mayores distancias.

---

<sup>2</sup> VSAT: Very Small Aperture Terminals

- Las frecuencias en las que trabaja WiFi son no licenciadas, por lo tanto su uso es libre, no necesita de permisos de operación. Usa la banda ISM (2.4 / 5.8 GHz).
- Posee una elevada tasa de transmisión nominal: hasta 11 Mbps para 802.11b, 54 Mbps para 802.11a/g y 540Mbps para 802.11n; a un precio reducido, lo que convierte a WiFi en una de las mejores opciones para la transmisión de voz y datos. Es importante recalcar que el throughput<sup>3</sup> neto obtenido está alrededor del 50% y 70% de estos valores. [5]
- Como es una tecnología ampliamente extendida y de fácil configuración el precio de sus equipos es económico en relación con las otras tecnologías inalámbricas.
- Sus módulos son de bajo consumo de potencia, de modo que en lugares donde no exista electricidad convencional, sistemas de energía autónomas de dimensiones pequeñas y de bajo costo son suficientes para la alimentación de los equipos.
- Brinda la posibilidad de tener una red escalable, es decir, un nodo puede adherirse a la red si tiene línea de vista con uno de los nodos vecinos, sin necesidad de modificar la red entera.

Dentro de IEEE 802.11 existen 18 estándares, de los cuales el 802.11a/b/g/n/s son dedicados a comunicaciones de largas distancias; sin embargo el s queda descartado como tema de estudio en este proyecto porque se enfoca a redes malladas y el diseño de la red de telemedicina de Loja trabaja en arquitectura tipo infraestructura.

### **Estándares IEEE 802.11 [6]**

- 802.11a: Es un estándar de alta velocidad que soporta hasta 54 Mbps (27 Mbps reales) en la banda de 5 GHz, usando un esquema de codificación OFDM<sup>4</sup>.
- 802.11b: Soporta velocidades de hasta 11 Mbps (5 Mbps reales) en la banda de 2.4 GHz, usa DSSS<sup>5</sup>. 802.11b fue una ratificación de 1999 al

---

<sup>3</sup> Throughput. Es la transferencia real, el volumen de información que fluye a través de un sistema.

<sup>4</sup> OFDM (OrthogonalFrequencyDivisionMultiplexing). Multiplexación por división de frecuencias ortogonales.

<sup>5</sup> DSSS (Direct-Sequence Spread Spectrum). Espectro ensanchado por secuencia directa.

estándar original de 802.11, permitiendo comparar a la funcionalidad inalámbrica con Ethernet.

- 802.11g: Es otro estándar de las WLANs que soporta velocidades de hasta 54 Mbps (22 Mbps reales) en la banda de 2.4 GHz.
- 802.11n: El estándar 802.11n hace uso de las bandas 2.4GHz y 5.8 GHz; alcanzando velocidades de hasta 540 Mbps (200 Mbps reales) a través de modulación MIMO-OFDM.

**Tabla II.2 Comparación de los diferentes estándares de la familia 802.11 [7]**

Estándar	802.11a	802.11b	802.11g	802.11n
<b>Velocidad de Tx</b>	54 Mbps	11 Mbps	54 Mbps	540 Mbps
<b>Técnica de modulación</b>	OFDM	DSSS CCK <sup>6</sup>	DSSS, CCK, OFDM	MIMO -OFDM
<b>Frecuencia</b>	5 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz/5 GHz
<b>Nº de flujos</b>	1	1	1	1 a 4
<b>Ancho de Banda de Canal</b>	20 MHz	20 MHz	20 MHz	20 MHz /40 MHz

El estándar 802.11n utiliza nuevas tecnologías y toma algunas características de otras ya existentes para dotar a WiFi de mayor velocidad y alcance; lo cual lo pone en ventaja frente a los estándares 802.11a/b/g.

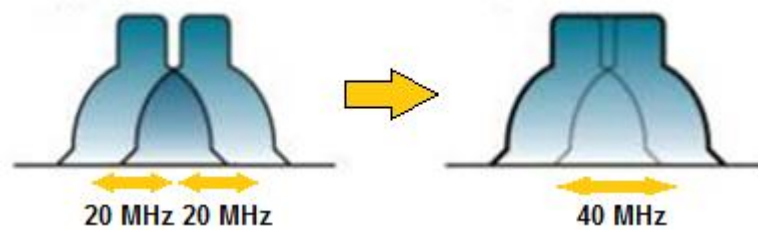
Las mejoras que presenta el 802.11n a nivel de capa física son:

- MIMO (Multiple Input, Multiple Output), lo que permite convertir la propagación multitrayecto, considerada como un problema para otras tecnologías inalámbricas, en un beneficio para el propio sistema. IEEE 802.11n a través de MIMO permite resolver la información coherentemente aprovechando la onda primaria y las otras (señales multirutas) a través del empleo de varias antenas para transportar múltiples corrientes de datos de un lugar a otro; lo que se traduce como una transmisión de mayor cantidad de datos en el mismo período de tiempo, es decir, un aumento de velocidad. MIMO también constituye la clave para el aumento de cobertura–distancia a la que los datos pueden transmitirse. Adicionalmente se agrega el atributo SDM (multiplexado por división espacial), el cual crea una división espacial multiplexada en varios flujos de datos independientes transferidos simultáneamente dentro de un canal espectral del ancho de banda, con lo que se puede

<sup>6</sup> CCK. Modulación por código complementario.

incrementar notablemente el rendimiento de datos, así como la cantidad de flujos espaciales permitidos. [7]

- Otra tecnología incorporada en 802.11n y directamente ligada también al aumento del rendimiento es “channelbonding” (unión de canales). Este sistema permite utilizar simultáneamente dos canales no superpuestos como uno solo con el doble de capacidad de transmisión a mayor velocidad. Los canales a emparejar deben ser contiguos o adyacentes. Utilizando esta tecnología es posible sumar el ancho de banda de dos canales de 20 MHz<sup>7</sup> para conseguir uno solo 40 MHz, incrementando así el throughput. [8]



**Figura II.1 Channelbonding de dos canales de 20 MHz<sup>8</sup>**

El aumento del número de antenas en un enlace implica un inherente aumento de costos, de modo que para el diseño de este proyecto se ha de trabajar con el modelo básico de MIMO 2x2.40MHz<sup>9</sup>

Mejorar la eficiencia a nivel de capa MAC también es un factor importante dentro del rendimiento de una red de telemedicina; generalmente los estándares 802.11 a/b/g operan con una eficiencia de 50% en condiciones ideales; pero para transferencia de video a tiempo real la MAC de una WLAN debe operar aproximadamente al 70% de eficiencia [11]. IEEE 80211.n logra esto a través de la implementación de una tecnología denominada agregación de paquete o "payloadoptimization" que brinda la posibilidad de introducir más datos en cada paquete transmitido [10] a través de la implementación de mecanismos de

<sup>7</sup>20MHz: ancho de banda efectivo de un canal de 802.11

<sup>8</sup> Imagen tomada del sitio web <http://wifijedi.com/category/80211n/channel-bonding-80211n/>

<sup>9</sup> Modelo con un transmisor de dos antenas que se comunica con un receptor de dos antenas por un canal de 40MHz, donde 2 flujos de datos son transferidos. Mayor información sobre modelos MIMO en referencia [9]

agregación<sup>10</sup> de tramas, reduciendo de esta manera la sobrecarga<sup>11</sup>. Con esto, en lugar de tener un conjunto de carga no útil para cada trama, un solo set será utilizado para más de una; lo cual implica una reducción en los retardos de transmisión; aspecto muy conveniente al momento de trabajar con voz y video. Esta agregación de paquetes permite al estándar n contar con una capacidad de rendimiento de hasta 100 Mbps; teniendo en cuenta que el típico de los estándares 802.11a/g es de 25Mbps, esto representa un factor de incremento del 300%. [11]

Otra característica que hace del IEEE 802.11n la mejor opción para los propósitos de este diseño es la incorporación del WMM (WiFi Multimedia, certificado por WiFi Alliance), función que proporciona calidad de servicio (QoS) a las aplicaciones multimedia, priorizando la transmisión de datos de voz y video para ayudar a evitar la degradación de su rendimiento. [12]

A diferencia de las otras versiones de WiFi, 802.11n puede trabajar en dos bandas de frecuencias: 2.4 GHz (la que emplean 802.11b y 802.11g) y 5 GHz (la que usa 802.11a), gracias a ello es compatible con dispositivos basados en todas las ediciones anteriores de WiFi; sin embargo no puede funcionar en las dos frecuencias simultáneamente.

Para este diseño se ha escogido trabajar en el rango de 5.8 GHz que implica menor interferencia puesto que la mayoría de enlaces implementados en la provincia de Loja usan la frecuencia de 2.4 GHz lo que la convierte en una banda muy "ruidosa". Es importante también recalcar que la configuración adoptada para este proyecto MIMO 2x2-40MHz obliga a trabajar dentro de los 5.8GHz ya que ésta presenta un mayor número de canales no solapables<sup>12</sup>, lo que adiciona la ventaja de poder tener mayor número de enlaces desde un mismo punto.

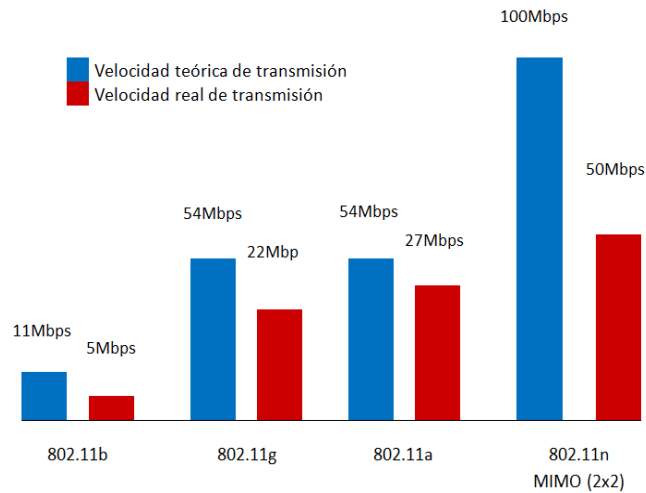
La siguiente figura muestra una comparación de las velocidades de transmisión de los estándares WiFi; donde se nota claramente como el estándar 802.11n trabajando en modelo MIMO 2x2 llega casi a duplicar el throughput de los estándares 802.11 a/g y es hasta 9 veces mayor que el del 802.11b

---

<sup>10</sup> El mecanismo de agregación de tramas consiste en transmitir dos tramas como si se tratara de una sola.

<sup>11</sup> La sobrecarga (carga no útil) de una trama incluye las cabeceras, espacios de intertrama, tiempo backoff y ACKs; todo esto representa un problema en la eficiencia de la capa MAC. [11]

<sup>12</sup> En la banda 2.4 GHz se tienen 3 canales de 20 MHz no solapables y en la banda 5 GHz se tiene 24 canales de 20 MHz no solapables y hasta 12 de 40 MHz. [13]



**Figura II.2 Velocidad de transmisión de estándares 802.11 a/b/g/n** <sup>13</sup>

La tabla II.3 [12] resume las ventajas de las técnicas mejoradas que incorpora el 802.11n y el resultado de éstas sobre el throughput.

**Tabla II.3 Incremento del throughput en el estándar 802.11n**

Técnicas mejoradas en IEEE 802.11n	Descripción	Incremento del throughput respecto a 802.11 /a/b/g (%)
<b>Multiplexación Espacial</b>	Con dos flujos espaciales el throughput llega a ser el doble que el de un solo flujo.	100
<b>AB de canal de 40 MHz</b>	Doblando el ancho del canal normal de 20 MHz con que se trabaja en 802.11 se puede duplicar el throughput.	100
<b>Aumento de eficiencia de OFDM</b>	OFDM en 802.11n trabaja con 52 sub-portadoras frente a las 48 con que normalmente trabajan los demás estándares 802.11 subiendo la tasa de transmisión a 64 Mbps frente a las 54 Mbps de 802.11 a/g	20

<sup>13</sup> Imagen tomada del sitio web [http://www.34t.com/wimax/Que\\_es\\_WiMAX.asp](http://www.34t.com/wimax/Que_es_WiMAX.asp)

<b>Agregación de paquetes</b>	Introduciendo mayor cantidad de datos en una trama y manteniendo la sobrecarga se logra aumentar el throughput. Por ejemplo de 25 Mbps (802.11 a/g) se puede elevar hasta 100 Mbps en la capa MAC.	300
-------------------------------	--	-----

#### 2.4. Arquitectura general de un sistema WiFi en largas distancias

En la actualidad la mayoría de productos han sido creados para trabajar bajo los estándares b o g, sin embargo la ratificación del 802.11n ha promulgado la fabricación masiva de nuevos equipos que soportan esta especificación, y gracias a la ventaja que presenta WiFi de que la mayoría de sus módulos son compatibles entre sí, pueden interoperar sin problema alguno, y basados en las mismas estructuras o topologías de red.

WiFi tradicionalmente trabaja basada en topología infraestructura; en la que las estaciones dentro de una red se comunican entre sí a través de un punto de acceso, de modo que las estaciones que se encuentren a grandes distancias pueden comunicarse entre ellas y hacia el exterior a través de él. Sin embargo, la topología básica de WiFi se denomina Ad-Hoc; en la cual las estaciones se comunican entre sí de forma directa a través del medio inalámbrico, sin necesidad de una estación mediadora. De aquí parte el concepto de red mesh, una topología en la que se da la comunicación entre estaciones que se encuentran fuera de alcance, transmitiendo la información a través de tablas de enrutamiento. [5]

La red de telemedicina para la provincia de Loja ha sido diseñada en base a la topología infraestructura, ya que las estaciones que pertenecen a una misma subred se comunican entre sí a través de un punto de acceso ubicado en la jefatura de área a la que pertenecen, y a través del cual salen hacia el internet.

Dentro de las redes WiFi existen tres tipos de nodos o estaciones con los que se suelen trabajar [5]:

- **Estación Parcela:** Es la estación con salida a internet y a redes externas, que permite que el resto de las estaciones salgan a través de ella. En un red pueden haber múltiples estaciones parcelas, sin embargo lo más

recomendable es contar con una sola, que desempeñe funciones de NAT<sup>14</sup> o cortafuegos.

- **Estación Repetidora:** Son aquellas estaciones que forman la red troncal y otras que se encargan de encaminar el tráfico hasta su punto final, interconectando las estaciones clientes.
- **Estación Cliente:** son los puntos finales, de servicio a los usuarios.

## 2.5. Herramientas de diseño

### 2.5.1. Obtención de coordenadas

Se ha utilizado la información brindada por la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES) donde constan las coordenadas de los puestos, subcentros, centros de salud y hospitales de la provincia de Loja. La ubicación geográfica de los cerros se las obtuvo de la información que la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones (SENATEL) y el Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL) tienen disponible en su página web [www.conatel.gov.ec](http://www.conatel.gov.ec); además de esto, se ha pedido a la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT) datos adicionales sobre cerros que no constaban en la lista antes mencionada.

Toda la información recopilada ha sido tomada usando la referencia WGS84<sup>15</sup> y se encuentra detallada en la siguiente tabla:

---

<sup>14</sup> NAT. Traducción de direcciones IP privadas a direcciones IP públicas y viceversa.

<sup>15</sup> WGS84. Sistema Geodésico Mundial (1984), permite localizar cualquier punto de la tierra.

Tabla II.4 Ubicación geográfica de las unidades operativas tomadas en consideración

Tipología	Unidad Operativa	Coordenadas		Altura (m.s.n.m)
		Longitud (W)	Latitud (S)	
PS	Cerro de Milagro	80°08'40.34"	4°05'34.64"	956
PS	Sumaipamba	79°20'56.60"	3°21'24.76"	1085
PS	S. Sebas. de Yuluc	79°26'25.04"	3°22'20.50"	1499
PS	Tundurama	79°24'13.49"	4°30'45.87"	1683
PS	El Progreso	80°27'29.90"	4°02'13.60"	230
PS	Gañil	79°18'59.96"	3°35'38.26"	2808
PS	Santa Rufina	79°45'47.57"	3°51'49.58"	1121
SCR	Bellavista	79°27'19.29"	4°33'52.13"	2115
SCR	Manú	79°24'41.48"	3°29'22.75"	2334
SCR	Selva Alegre	79°20'57.89"	3°33'14.84"	2813
SCR	S. Antonio de las Aradas	79°23'48.55"	4°22'01.68"	1615
SCR	Sta. Teresita	79°24'16.26"	4°34'31.06"	1919
SCR	Cazaderos	80°28'52.20"	4°05'15.00"	234
SCR	Jimbilla	79°10'23.25"	3°51'33.03"	1858
CS	Catamayo	79°21'05.33"	3°59'59.27"	1303
CS	Gonzanamá	79°26'15.54"	4°13'59.50"	2025
CS	Zapotillo	80°14'43.55"	4°23'19.51"	162
HB	Vilcabamba	79°26'15.54"	4°13'59.50"	2025
HB	Cariamanga	79°33'22.20"	4°19'37.20"	1941
HB	Amaluza	79°25'46.53"	4°35'05.88"	1694
HB	Macará	79°56'29.67"	4°23'00.79"	453
HB	Catacocha	79°39'05.42"	4°03'11.15"	1822
HB	Alamor	80°01'15.34"	4°01'18.06"	1240
HB	Saraguro	79°14'29.36"	3°37'31.19"	2571
HG	Isidro Ayora	79°12'02.40"	4°00'28.30"	2115

Tabla II.5 Ubicación geográfica de los cerros

Cerro	Coordenadas		Altura (m.s.n.m)
	Longitud (W)	Latitud (S)	
Jarata	79°07'52.00"	03°18'52.00"	3414
Puglla	79°15'25.00"	03°38'17.00"	3339
Villonaco	79°16'06.30"	03°59'18.70"	2787
Colambo	79°23'45.40"	04°14'14.60"	3069
Caramango	79°14'17.00"	04°14'10.00"	1826
Yeso	79°31'52.50"	04°19'07.80"	2375
Utuaña	79°42'58.00"	04°22'02.02"	2655
Guambo	79°23'32.60"	04°35'37.90"	2766
Guanchuro	79°38'54.00"	04°04'28.80"	2140
Calvario	79°39'05.00"	04°02'47.00"	1908
Reppen	79°40'55.00"	03°32'48.00"	2330
Motilón	79°56'22.20"	04°04'57.10"	2646
Pucará	79°56'17.70"	04°05'47.80"	2439
Guatara	79°57'37.30"	04°21'29.20"	716
Pircas	80°02'16.70"	04°06'24.80"	2090

### **2.5.2. Modelo de propagación**

Para llevar a cabo un diseño de red lo más realista posible, es necesario contar con herramientas que permitan el cálculo de las pérdidas de espacio libre, de propagación, interferencia, etc. Esto se logra a través de la aplicación de modelos de propagación, cuya elección depende de las características del enlace como por ejemplo tipo de medio (urbano, semi-urbano o rural), distancias entre las estaciones, alturas de las antenas, frecuencias de operación, entre otros factores.

### **2.5.3. Software de simulación<sup>16</sup>**

La herramienta de simulación con la que se han trabajado los enlaces es el Radio Mobile Deluxe, puesto que es un software libre que calcula y predice la propagación de ondas de radio en base al modelo Longley-Rice<sup>17</sup>, además tiene múltiples utilidades de apoyo al diseño y simulación de los enlaces y las redes de telecomunicaciones.

Radio Mobile trabaja con el perfil geográfico de las zonas de trabajo, existen tres tipos de mapas sobre los que se puede operar: los SRTM, los GTOPO30 y los DTED. Para el diseño de la red de telemedicina se ha trabajado con el mapa de la provincia de Loja en tipo SRTM, debido a que es el que ofrece la mayor resolución en la información del relieve de los terrenos.

Es importante que a la hora de llevar a cabo la simulación, en los resultados de los enlaces se tenga como mínimo 20dB sobre el umbral [5], para garantizar una confiabilidad del enlace del 99.99%; ya que los resultados del programa de simulación son teóricos y al sobredimensionar el margen se están tomando en cuenta factores no previstos que en la práctica pudieran presentarse, de modo que se pueda garantizar un buen diseño de la red.

---

<sup>16</sup> Los resultados de las simulaciones está disponibles en el Anexo 4.

<sup>17</sup> Modelo aplicable a enlaces punto a punto que operan en el rango de los 40 MHz hasta los 100 GHz.

## 2.6. Aplicaciones y Servicios de la Red

La diferencia entre una red empresarial, una red doméstica, una red de telemedicina, o cualquier otro tipo de red, radica en la aplicación que se le dé a cada una; así pues, el propósito para las que son construidas difiere dependiendo de las necesidades del sector al que van enfocadas, siendo los servicios (telefonía IP, transferencia de datos, videoconferencia, acceso a Internet) el factor común entre ellas pero cada uno implementado acorde a los requerimientos.

Cumpliendo con la definición de telesalud planteada por el Ministerio de Salud Pública en "Política Modelo y Plan Nacional. Telemedicina/Telesalud" [2] se ha considerado que para que la red diseñada sea factible, los servicios a implementarse deben ser capaces de cubrir los siguientes aspectos de desarrollo:

- a. **Teleeducación**, tiene como objetivo proporcionar al personal del área de la salud y la población en general programas con un enfoque hacia la prevención de enfermedades infectocontagiosas, salud reproductiva, drogadicción, alcoholismo, tabaquismo, planificación familiar entre otras.
- b. La **teleconsulta** y **telediagnóstico** es una consulta en tiempo real que permite que un médico del telecentro ubicado en una Jefatura de Área pueda observar y discutir los síntomas de un paciente que está siendo asistido por otro médico o enfermero en un teleconsultorio de una unidad operativa.
- c. **Telemonitorización**: Consiste en la monitorización continua o intermitente de los pacientes permitiendo un adecuado control de los mismos.

De esta manera los servicios con los que ha de contar la red son:

### 2.6.1. Navegación en Internet y correo electrónico

Las computadoras de cada punto de acción deben ser configuradas de modo que tengan acceso a internet, así los médicos podrán realizar rápidamente consultas sobre enfermedades, síntomas, medicamentos, etc. a través de la web. Además de la capacidad de crear cuentas de usuario de correo electrónico y todas las funcionalidades que tiene este servicio.

### **2.6.2. Telefonía VoIP**

En cada unidad operativa se contará con equipos adicionales que permitan la transmisión de voz basada en el protocolo de Internet, que permitirá llevar a cabo comunicaciones telefónicas entre unidades operativas, con el fin de brindar soporte médico. El objetivo de utilizar este tipo de tecnología para la transmisión de voz, es reducir los costos de contratación en líneas telefónicas locales convencionales.

### **2.6.3. Transferencia de datos**

Transferir expedientes clínicos electrónicos con el propósito de conocer a distancia la información sobre el paciente y poder determinar el estado actual de su salud a través del telediagnóstico permanente y continuo. Pudiendo esto realizarse en tiempo real cuando se requiera.

Las imágenes, datos generales y diagnósticos quedan archivadas en una base de datos (registro de pacientes) de la red de telemedicina de forma tal que cualquier diagnóstico pueda ser revisado y verificado de ser necesario.

Transferir e interactuar con imágenes médicas con el propósito de conocer a distancia la información imagenográfica<sup>18</sup> de los pacientes para así poder realizar los estudios y diagnósticos médicos pertinentes. La importancia de este servicio radica en la transmisión de imágenes radiológicas, ya que en la mayoría de los puntos de acción tomados para esta red las enfermedades que causan mayor morbilidad son las del tipo respiratorio. [15]

### **2.6.4. Videoconferencia**

Este servicio permite la comunicación directa médico-paciente para teleconsulta, telediagnóstico, y telemonitorización, y médico-médico para compartir análisis, opiniones y prescripciones. Además los especialistas consultantes pueden beneficiarse con actividades de superación profesional como teleconferencias y cursos virtuales. Para ello en cada punto de operación se debe contar con cámaras web que permitan la captura y transmisión de video con sonido.

---

<sup>18</sup> Imagenográficas: radiografías, ecosonogramas, mamografías y tomografías

Cabe recalcar que ninguna tecnología es aplicable sin la presencia del profesional de la salud que deberá, desde un extremo utilizar la red generando interconsultas o segundas opiniones y del otro aquel especialista dispuesto a responder.

## 2.7. Estimación de la capacidad

Para que el proyecto de telemedicina sea viable, además de contar con los elementos tecnológicos necesarios, las comunicaciones deben tener un ancho de banda (AB) suficiente para cubrir las necesidades de intercambio de información. A continuación se detallan las velocidades asociadas a los servicios planteados en el punto anterior:

**Tabla II.6 Detalle AB por servicio [16]**

Servicio	Ancho de Banda (Kbps)
Videoconferencia	192
Telefonía de VoIP	64
Acceso a internet	64
Transmisión de datos	64

La asignación del ancho de banda para los enlaces dependerá de los servicios a los que tendrán acceso los puntos de acción.

### 2.7.1. Cálculo de AB para centros de salud y hospitales

Los enlaces previstos para las jefaturas de área deberán ser capaces de soportar tráfico de videoconferencia, acceso a internet, VoIP y transmisión de datos, por tanto el ancho de banda destinado será:

$$AB/enlace = \sum AB/servicio$$

$$AB/enlace = 192Kbps + 64Kbps + 64Kbps + 64Kbps$$

$$AB/enlace = 384Kbps \approx 512Kbps$$

### 2.7.2. Cálculo de AB para subcentros y puestos de salud

Los puestos de salud y subcentros estarán dotados de acceso a internet, telefonía de VoIP y transmisión de datos; la estimación de su ancho de banda es:

$$AB/enlace = \sum AB/servicio$$
$$AB/enlace = 64Kbps + 64Kbps + 64Kbps$$
$$AB/enlace = 192Kbps \approx 256Kbps$$

Es importante recalcar que pese a que no se ha considerado el servicio de videoconferencia para estos lugares, el ancho de banda dimensionado puede permitir llevar a cabo videollamadas a tiempo real, a través de herramientas como Skype.

Debido a que la red presta servicios de voz y video los enlaces han de ser simétricos, de modo que se tengan iguales anchos de banda para cada dirección de la comunicación.

## CAPÍTULO 3

### DISEÑO DE RED

#### 3.1. Diseño físico de los enlaces

##### 3.1.1. Línea de vista y uso de repetidores

Como primer paso del diseño de la red WiFi, se ha buscado enlazar aquellos puntos que tienen línea de vista directa entre ellos, evitando al máximo que el enlace pase por zonas con abundante vegetación, ya que éstas representan obstrucción y atenúan la señal, degradando la comunicación; y aunque en el momento de la simulación, los resultados indiquen un nivel de recepción aceptable; se ha asegurado el correcto funcionamiento del enlace, comprobando que en el punto más crítico del trayecto la claridad<sup>19</sup> mínima sea de 20m [5], que corresponde a la altura estimada de los árboles y que al menos el 60% del radio de la primera Zona de Fresnel<sup>20</sup> se encuentre despejado.

En los enlaces con línea de vista que no cumplan las características de recepción nombradas en el párrafo anterior, se han de colocar equipos con mayores potencias o antenas con ganancias más elevadas y a mayores alturas, de modo que se garantice la comunicación.

Para los enlaces donde no existe línea de vista se han colocado estaciones repetidoras, tratando siempre de ubicarlas en cerros ya inaugurados o en zonas de fácil acceso que cuenten con energía eléctrica; para evitar gastos de implementación de sistemas energéticos adicionales y para facilitar al personal encargado el mantenimiento de equipos. En los casos especiales donde no existen cerros inaugurados se han colocado estaciones repetidoras autónomas con su propio sistema de energía solar.

---

<sup>19</sup> Se denomina claridad a la distancia entre el terreno y el haz radioeléctrico.

<sup>20</sup> La zona de Fresnel es el volumen de espacio entre el emisor de una onda electromagnética y un receptor, de modo que el desfase de las ondas en dicho volumen no supere los 180°.

### **3.1.2. *Diseño del subsistema de telecomunicaciones***<sup>21</sup>

La red ha sido diseñada para trabajar con el estándar 802.11n<sup>22</sup> en la banda de 5.8GHz, por tanto los equipos que se han de seleccionar para la red deben operar bajo éstas especificaciones. Adicional a esto, se han de buscar dispositivos que permitan tener una red estable, segura, escalable, fácil de instalar, operar y sobretodo económica.

Existe numerosas marcas de equipos para comunicaciones inalámbricas a largas distancias, entre ellas: Siemens, Airaya, Boslan, Lancon, Aironet, Ubiquiti, Canopy, Mikrotik, entre otras; sin embargo se ha creído conveniente centrarse en estas tres últimas, puesto que tienen mayor acogida dentro del mercado de las comunicaciones rurales, lo que las convierte en una opción fácil de adquirir a través de proveedores nacionales; además ofrecen soluciones rentables para lograr enlaces de datos de alta velocidad con grandes alcances.

En lo que se refiere a tarjetas madre (RouterBOARDS) y miniPCIs, si bien los equipos Ubiquiti son económicos, se los ha descartado dado que no permiten tener una mayor administración sobre los enlaces, porque sus beneficios están más enfocados a satisfacer las necesidades de usuarios finales. Por otro lado Canopy, aunque ofrece redes robustas y seguras, la desventaja radica en el elevado precio de sus equipos. Así, la marca que más se adapta a los requerimientos de la red propuesta en este diseño es Mikrotik, cuyas prestaciones en cuanto a alcance son semejantes a las que brinda Canopy pero a menores costos; ofrece además dispositivos seguros con facilidad de administración de anchos de banda, proxy, contabilidad, host spots y firewall; características que Ubiquiti no cumple a cabalidad.

Experiencias de enlaces levantados con equipos Mikrotik garantizan el buen funcionamiento de los mismos dentro de un enlace; tal es el caso de la red de telemedicina Tutupaly implementada en la provincia de Zamora Chinchipe, sector Yacuambi.

---

<sup>21</sup> Para detalles de selección de equipos referirse al Anexo 1.

<sup>22</sup> La selección de éste estándar se detalló en el apartado 2.3.

Tras la selección de la marca es necesario analizar las características de los diferentes tipos de dispositivos que ofrece Mikrotik. En cuanto a RouterBOARDs (RB), se ha creído conveniente el uso de las Mikrotik RB411, RB433AH y RB800 que cuentan con una, dos y hasta cuatro interfaces para miniPCIs<sup>23</sup>, respectivamente; su aplicación dependerá del número de enlaces inalámbricos que surjan de un solo punto, por ejemplo todos las estaciones clientes que no actúan como repetidores y de las cuales sale únicamente el enlace final dispondrán de un RB411, mientras que en los repetidores se pudiera tener el RB433 y el RB800.

Las tarjetas miniPCIs que se han de utilizar para la red son las Mikrotik R52Hn que trabajan con el estándar 802.11n y en la banda de los 5.8 GHz, pudiendo tener las que sean necesarias en cada estación.

Puesto que toda la red se basa en enlaces punto a punto, se requiere de antenas directivas, así la marca Ubiquiti, es la que ofrece parabólicas duales que permiten tener enlaces MIMO 2x2, y la ganancia que se elija dependerá de la distancia de cada enlace.

**Tabla III.1 Características de antenas**

Marca	Modelo	Descripción	Ganancia
Ubiquiti	Bridge MIMO 2x2	Parabólica dual MIMO 2x2	22 dBi
Ubiquiti	Bridge MIMO 2x2	Parabólica dual MIMO 2x2	25 dBi
Ubiquiti	AIRMAX RD-5G30	Parabólica dual MIMO 2x2	30 dBi
Ubiquiti	AIRMAX RD-5G34	Parabólica dual MIMO 2x2	34 dBi

### **3.1.3. Diseño del subsistema de energía[18]**

La geografía irregular de la provincia de Loja obliga el uso de repetidores no solo en cerros ya inaugurados sino también en puntos que cuentan con abastecimiento eléctrico, donde es necesaria la implementación de sistemas de energía autónoma que permita la alimentación de los equipos de comunicación; por tanto, para el diseño de la red de telemedicina de Loja, se plantea el uso de sistemas de energía fotovoltaica.

#### **3.1.3.1. Tiempos de consumo**

<sup>23</sup> Tarjetas de expansión.

En las estaciones repetidoras se trabaja con el modelo de consumo WRAP que corresponde a un enrutador inalámbrico que consta de un RouterBOARD que debe funcionar las 24 horas del día para proceder al encaminamiento de la información.[5]

Como en las estaciones repetidoras donde se necesita energía fotovoltaica únicamente se encuentran equipos RB433AH el consumo por día es de 432 W/h, esto debido a que el RB tiene un consumo de 18 W y se encuentran encendido las 24 horas.

### 3.1.3.2. Cálculo de banco de baterías

Para llevar a cabo el cálculo de la capacidad de la batería (en A-h), se debe considerar[18]:

- A la carga total por día se le debe agregar un factor de corrección de 1.2, es decir, el sistema debe ser capaz de generar al menos un 20% más de lo que en realidad se consume; por tanto:

$$L = 432 \frac{W - h}{\text{día}} * 1,2 \quad (3.1)$$

$$L = 518,4 \frac{W - h}{\text{día}}$$

- Tener entre 2 a 5 días de autonomía:

$$N_{da} = 2 \text{ días}$$

- No descargar las baterías por encima del 80%

$$Pd_{max} = 0,80$$

En resumen las baterías deben ser capaces de entregar a los equipos la carga que necesiten, además de tener 2 días de autonomía, teniendo en cuenta que solo se deben descargar un 80%. De modo que la capacidad de la batería que se requiere para este caso viene dado por:

$$C_{mod}(W - h) = \frac{N_{da} * L}{Pd_{max}} \quad (3.2)$$

$$C_{mod} = 1296$$

Para obtener la capacidad en A-h, se debe dividir el resultado  $C_{mod}$  para el voltaje nominal de las baterías, que son 12 voltios. Por lo tanto, se necesita un banco de baterías de 108 A-h; y el uso de una batería ACDelco<sup>24</sup> con capacidad de 115 A-h en cada repetidor, es suficiente para cubrir esta necesidad.

### 3.1.3.3. Dimensionamiento de panel solar[18]

Para el dimensionamiento del panel solar es necesario tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- Se asume un factor de corrección ( $f_c$ ) de 1,2 (generar al menos 20% más de lo que se consume).
- Se toma en cuenta la radiación diaria media del peor mes en la zona, que es  $W-h/m^2$ : ( $G_{dm}(18^\circ) = 4000 W-h/m^2$ ).[19]
- Se consideran pérdidas adicionales de 10% sobre el consumo de cargas ( $\eta_G = 0,1$ ).
- Se considera que la potencia nominal generada por los paneles a usarse se ha medido con una radiación en condiciones estándar de  $1000 W/m^2$ .
- Se ha de tomar en cuenta la potencia nominal ( $P_{nom}$ ) del panel; para este diseño se ha considerado trabajar con paneles solares de marca ISOFOTON<sup>25</sup> modelo I165

Basándose en el criterio de que la energía necesaria ( $E_{GFV}$ <sup>26</sup>) debe ser igual al consumo de las cargas (afectada por el porcentaje de pérdidas) multiplicado por el factor de corrección se obtiene:

$$E_{GFV} = L * (1 + \eta_G) * f_c \quad (3.3)$$

$$E_{GFV} = 570,24 \left( \frac{W-h}{dia} \right)$$

Para obtener el número de paneles:

$$\#paneles = \frac{E_{GFV}}{P_{nom} * G_{dm}} \quad (3.4)$$

<sup>24</sup> Se ha elegido esta batería ya que es del tipo sellada y no requiere mayor mantenimiento, además genera la capacidad (A-h) que se requiere para este diseño de red de energía solar.

<sup>25</sup> Esta decisión se ha basado en la alta rentabilidad que presentan los paneles solares de esta marca, con ahorros energéticos medidos de hasta un 70% y bajos costos de mantenimiento de las instalaciones. Mayores referencias en <http://www.isofoton.com/>

<sup>26</sup>  $E_{GFV}$  es la energía fotovoltaica.

$$\#paneles = 0,9504 \approx 1$$

### **3.1.4. *Diseño del subsistema de protección eléctrica***

Las zonas involucradas en este diseño al ser del tipo rural, están expuestas a una diversidad de fenómenos eléctricos de origen atmosférico capaces de afectar el buen funcionamiento de los equipos de telecomunicaciones. Por esto, es necesario llevar a cabo el diseño de un sistema de protección eléctrica que debese instalado en cada estación.

El sistema integral de protección eléctrica que ha sido diseñado consta de un pozo de puesta a tierra (PAT) que rodeará a toda la instalación; un pararrayos pasivo ionizante Franklin que se encargará de capturar la descarga atmosférica; una barra máster para poner al mismo potencial los equipos de comunicación, energía y el PAT; y protectores de línea.[5]

### **3.1.5. *Diseño del subsistema de infraestructura***

Los elementos básicos que forman el subsistema de infraestructura son, la torre metálica, los cables de sujetación y las bases de concreto. Dependiendo del diseño de la red se pueden requerir torres de mayor o menor altura, con el fin de asegurar los enlaces.

Para este diseño se ha elegido trabajar con torres venteadas, esto por su bajo costo respecto a las auto soportadas y porque brindan prestaciones suficientes para los requerimientos de la red en cuestión.

Cabe recalcar que la altura mínima sobre el nivel del suelo a la que ha de colocarse cualquier antena debe ser 15 metros, excepto en el caso en que una estación final esté apuntando a un repetidor colocado en un cerro y se tenga la certeza de que la línea de vista está despejada, en este caso las alturas mínimas en estaciones finales y repetidores serán de 6 metros [5]. En general, la altura máxima de torre puede ser de 60 metros, debiendo evitarse llegar a este valor; en la red de telemedicina diseñada para la provincia de Loja, la altura máxima de la torre es de 45m.

### 3.2. Propuesta. Diseño Red 1

#### 3.2.1. Descripción general de la red

La primera propuesta planteada, es el diseño de un red basada en un enlace troncal con 5 subredes, que permiten llegar a todos las unidades operativas tomadas como puntos de acción.

Para el diseño se ha creído conveniente dimensionar<sup>27</sup> la red de manera jerárquica; esto es, brindar a cada puesto y subcentro de salud un AB=256 Kbpsy a los centros de salud y hospitales un AB=512 Kbps; de modo que el alquiler de 3E1<sup>28</sup> sería suficiente para cubrir las necesidades de la red.

El enlace troncal parte del cerro Jarata, ubicado en la provincia del Azuay y finaliza en el puesto de salud Cazaderos del cantón Zapotillo; pasando ordenadamente por los siguientes cerros: Puglla, Villonaco, Colambo, Guanchuro, Motilón, Pucará y Pircas; y desde los cuales se distribuyen los datos hacia otros cerros y hacia todas las unidades operativas.

Para llegar a los centros de salud de PS Sumaipamba, SC Jimbilla, SC San Antonio de las Aradas, PS Progreso y CS Cazaderos ha sido necesaria la ubicación de estaciones repetidoras autónomas:

**Tabla III.2 Ubicación de repetidores autónomos. Diseño Red 1**

SUBRED	NOMBRE	CANTON	UBICACIÓN	
			S	W
1	Nvo Repetidor 1.1	Saraguro	03°22'01,1	79°24'30,4
2	Nvo Repetidor 2.1	Loja	03°52'47,6	79°11'18,2
4	Nvo Repetidor 4.1	Gonzanamá	04°14'14,6	79°23'45,4
5	Nvo Repetidor 5.1	Zapotillo	04°04'45,9	80°25'29

Las cinco subredes, fueron divididas desde el punto de vista geográfico y están distribuidas de la siguiente manera:

<sup>27</sup> La asignación de AB para cada unidad operativa se encuentra en el apartado 2.7.

<sup>28</sup> 3E1 = 6 144 Kbps

Tabla III.3 Distribución de subredes. Diseño Red 1

	Tipo	Nombre	Función	
			Repetidor	Terminal
SUBRED 1	HOSP	Saraguro		x
	SCR	Selva Alegre	x	x
	SCR	Manú		x
	PS	Lluzhapa		x
	PS	Gañil	x	x
	PS	San. Seb. Yuluc		x
	PS	Sumaipamba		x
	Cerro	Nvo. Repetidor 1.1	x	
	Cerro	Puglla	x	
	Cerro	Jarata	x	
SUBRED 2	HOSP	Loja	x	x
	CS	Catamayo		x
	CS	No1 Loja		x
	CS	No2 Loja		x
	CS	No3 Loja		x
	SCR	Jimbilla		x
	Cerro	Nvo. Repetidor 2.1	x	
	Cerro	Villonaco	x	
SUBRED 3	HOSP	Catacocha		x
	HOSP	Cariamanga		x
	PS	Santa Rufina		x
	Cerro	Guanchuro	x	x
	Cerro	Calvario	x	x
	Cerro	Reppen	x	
SUBRED 4	HOSP	Vilcabamba		x
	HOSP	Amaluza		x
	CS	Gonzanamá		x
	SCR	San A. de Aradas		x
	SCR	Sta. Teresita		x
	SCR	Bellavista	x	x
	PS	Tundurama		x
	Cerro	Colambo	x	
	Cerro	Caramango	x	
	Cerro	Yeso	x	
	Cerro	Ututana	x	
	Cerro	Guambo	x	
Cerro	Nvo. Repetidor 4.1	x		
SUBRED 5	HOSP	Alamor		x
	HOSP	Macará		x
	CS	Zapotillo		x
	SCR	Cazaderos		
	PS	Cerro de Milagro		x
	PS	El Progreso		
	Cerro	Motilón	x	
	Cerro	Pucará	x	
	Cerro	Guatara	x	
	Cerro	Pircas	x	
	Cerro	Nvo. Repetidor 5.1	x	

### **3.2.2. Características de los enlaces**

La red tiene un total de 51 enlaces punto a punto y sus características se muestran en la tabla III.4

Por otro lado, la Figura III.1 muestra el esquema completo de la primera propuesta.

Tabla III.4 Características de los enlaces. Diseño Red 1

		Radio Mobile			Antena	MiniPCI		
Enlace (Master - Slave)		Distancia (Km)	H <sub>ant</sub> (M)	H <sub>ant</sub> (S)	Rx Relativa (dB)	G <sub>ant</sub> (dBi)	P <sub>TX</sub> (dBm)	Sensibilidad (dBm)
TRONCAL	Jarata - Puglla	38,57	15 m	15 m	31,9	32	20	-90
	Puglla - Villonaco	38,97	15 m	15 m	27,1	32	20	-90
	Villonaco - Colambo	31,06	15 m	15 m	21,8	29	20	-90
	Colambo - Guanchuro	33,34	15 m	15 m	23,2	29	20	-90
	Guanchuro - Motilón	32,27	15 m	15 m	23,6	29	20	-90
	Motilón - Pucará	1,57	15 m	15 m	23,5	17	20	-90
	Pucará - Pircas	11,12	15 m	15 m	31,8	29	20	-90
Pircas - CS Zapotillo	38,86	15 m	15 m	26,3	32	20	-90	
SUBRED 1	Jarata - PS Yuluc	34,89	15 m	15 m	29,6	32	20	-90
	Jarata - SC Manú	36,69	36 m	15 m	26,2	32	20	-90
	Jarata - Puglla	38,57	15 m	15 m	25,9	32	20	-90
	Puglla - H. Saraguro	2,22	15 m	15 m	34,9	24	20	-90
	Puglla - SC Gañil	8,24	15 m	15 m	21,1	24	20	-90
	SC Gañil - SC S. Alegre	5,73	15 m	15 m	25,0	24	20	-90
	SC S. Alegre - PS Lluzhapa	6,5	15 m	21 m	27,1	24	20	-90
	PS Yuluc - Nvo. Rep. 1.1	3,58	15 m	15 m	46,6	32	20	-90
Nvo. Rep. 1.1 - PS Sumaipamba	6,69	15 m	15 m	25,2	24	20	-90	
SUBRED 2	Villonaco - H. Loja	7,81	15 m	15 m	36,4	29	20	-90
	Villonaco - CS Catamayo	9,29	15 m	15 m	31,5	29	20	-90
	H. Loja - CS No1	1,4	15 m	15 m	27,5	17	20	-90
	H. Loja - CS No2	1,08	15 m	6 m	25,1	17	20	-90
	H. Loja - CS No3	2,45	15 m	15 m	32,8	24	20	-90
	Villonaco - Nvo. Rep. 2.1	15,04	15 m	18 m	24,6	29	20	-90
	Nvo. Rep. 2.1 - SC Jimbilla	2,8	18 m	15 m	34,8	24	20	-90

SUBRED 3	Guanchuro - H. Catacocha	2,42	15 m	15 m	32,7	24	20	-90
	Guanchuro - H. Cariamanga	29,58	15 m	15 m	24,1	29	20	-90
	Guanchuro - Calvario	3,16	15 m	15 m	33,7	24	20	-90
	Calvario - Reppen	55,63	18 m	15 m	23,7	32	20	-90
	Reppen - PS Sta. Rufina	36,37	15 m	15 m	23	29	20	-90
SUBRED 4	Colambo - CS Gonzanamá	4,64	15 m	15 m	28,1	24	20	-90
	Colambo - Caramango	17,49	15 m	21 m	26,2	29	20	-90
	Caramango - H. Vilcabamba	3,57	15 m	15 m	33,1	24	20	-90
	Colambo - Yeso	17,51	15 m	15 m	25,3	29	20	-90
	Yeso - Utuana	21,18	15 m	15 m	27,6	29	20	-90
	Utuana - SC Bellavista	36,26	15 m	15 m	28,1	32	20	-90
	SC Bella Vista - Guambo	7,7	15 m	15 m	29	29	20	-90
	Guambo - SC S. Teresita	2,46	15 m	15 m	23,8	24	20	-90
	Guambo - H. Amaluza	4,24	15 m	15 m	31,4	24	20	-90
	Utuana - PS Tundurama	38,2	21 m	45 m	26,9	32	20	-90
	Yeso - Nvo. Rep. 4.1	15,61	15 m	15 m	30,6	29	20	-90
	Nvo. Rep. 4.1 - SC S.A. Aradas	0,22	15 m	15 m	44,4	17	20	-90
SUBRED 5	Motilón - H. Alamor	11,28	15 m	15 m	33	29	20	-90
	Motilón - Pucará	1,57	15 m	15 m	24,9	17	20	-90
	Pucará - Guatara	29,16	15 m	15 m	23,8	29	20	-90
	Guatara - H. Macará	3,51	15 m	15 m	33	24	20	-90
	Pucará - Pircas	11,11	15 m	15 m	28,8	29	20	-90
	Pircas - CS Zapotillo	38,86	15 m	15 m	21,8	29	20	-90
	Pircas - PS Cerro de Milagro	11,91	15 m	15 m	30,9	29	20	-90
	Motilón - Nvo. Repetidor	53,78	15 m	15m	22,8	32	20	-90
	Nvo Rep. 5.1 - CS Cazaderos	6,32	15 m	15 m	24,8	24	20	-90
	Nvo Rep. 5.1 – PS Progreso	6,00	15 m	15 m	26,4	24	20	-90



### **3.3. Propuesta. Diseño Red 2**

#### **3.3.1. Argumentación**

Durante la elaboración del proyecto en mención, se ha tenido la oportunidad de entablar conversación con funcionarios de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones residente en Loja, quienes brindaron información referente a la situación actual de las telecomunicaciones en el sector salud, así pues, cada una de las Jefaturas de Salud de la Provincia de Loja, ya cuenta con el servicio de Internet, por lo que se encuentra levantada la infraestructura para llegar a cada Hospital o Centro de Salud, considerando esto se ha pensado en un nuevo diseño de red, en el que la Jefatura de Salud del área será la encargada de proveer el acceso a internet a los puntos conectados a ella, de esta manera son estos el inicio de cada una de las subredes diseñadas.

Este diseño propone una solución óptima a la falta de comunicación entre unidades operativas, ya que además de la salida a internet, estará provista de una subred de datos por área.

Cada subred se encuentra dimensionada jerárquicamente, de tal manera que las Jefaturas de Área están dotadas con un ancho de banda de 512Kbps, mientras que los Subcentros y Puestos de Salud con 256Kbps, vale recalcar que a diferencia de la red 1 ya no es necesario alquilar ningún E1 puesto se hace uso del convenio entre el Ministerio de Telecomunicaciones y Sistemas de Información con el Ministerio de Salud Pública para servicios de Telemedicina/Telesalud [2].

#### **3.3.2. Descripción general de la red**

La red de Telemedicina que se propone interconecta 20 establecimientos de salud de MSP, entre ellos Hospitales, Centros, Subcentros y Puestos de Salud ubicados en la provincia de Loja.

La figura 3.2 es un esquema general del diseño de las subredes, cada punto ha sido ingresado al Software de simulación Radio Mobile, para así proceder a realizar cada uno de los enlaces<sup>29</sup>.

---

<sup>29</sup> Los perfiles de los enlaces se pueden observar en el anexo 4



La tabla III.5 presenta los puntos que se han tomado en cuenta para el diseño de la red, especificando que función cumple dentro de la misma.

**Tabla III.5 Función de cada uno de los puntos dentro de la Red 2**

	TIPO	NOMBRE	MASTER	REPETIDOR	TERMINAL
SubRED 1	HOSP	Saraguro	x		
	SCR	Selva Alegre		x	x
	SCR	Manú			x
	PS	Lluzhapa			x
	PS	Gañil		x	x
	PS	San. Seb. Yuluc			x
	PS	Sumaipamba			x
	Cerro	Nvo Repetidor1.1		x	
	Cerro	Puglla		x	
	Cerro	Jarata		x	
SUBRED 2	HOSP	Loja	x		
	SCR	Jimbilla			x
	Cerro	Nvo Repetidor2.1		x	
	Cerro	Villonaco		x	
SUBRED 3	HOSP	Catacocha	x		
	PS	Santa Rufina			x
	Cerro	Calvario		x	
	Cerro	Reppen		x	
SUBRED 4	HOSP	Gonzanamá	x		
	SCR	San A. de las Aradas			x
	Cerro	Nvo Repetidor4.1		x	
	Cerro	Yeso		x	
SUBRED 5	HOSP	Amaluza	x		
	SCR	Bellavista			x
	SCR	Santa Teresita			x
	SCR	Tundurama			x
	Cerro	Nvo Repetidor5.1		x	
	Cerro	Guambo		x	
SUBRED 6	HOSP	Alamor	x		
	PS	Cerro de Milagros		x	
	PS	El Progreso			x
	SCR	Cazaderos			x
	Cerro	Nvo Repetidor6.1		x	

A continuación una tabla que muestra la ubicación geográfica de cada uno de los nuevos repetidores autónomos que han de ubicarse para llegar a los Subcentros y Puestos de Salud cuya línea de vista está obstruida desde otras unidades operativas.

**Tabla III.6 Ubicación de repetidores autónomos. Diseño Red 2**

SUBRED	NOMBRE	CANTON	UBICACIÓN	
			S	W
1	Nvo Repetidor 1.1	Saraguro	03°22'01,1	79°24'30,4
2	Nvo Repetidor 2.1	Loja	03°52'47,6	79°11'18,2
4	Nvo Repetidor 4.1	Gonzanamá	04°14'14,6	79°23'45,4
5	Nvo Repetidor 5.1	Amaluza	04°33'16,8	79°23'52,4
6	Nvo Repetidor 6.1	Zapotillo	04°04'45,9	80°25'29

Las estaciones nombradas anteriormente permiten llegar hasta el de PS Sumaipamba, SC Jimbilla, SC San Antonio de las Aradas, PS Tundurama, PS Progreso y CS Cazaderos respectivamente.

### **3.3.3. Características de los enlaces**

Las características de cada enlace se pueden observar en la tabla III.7

Tabla III.7 Características de los enlaces. Diseño Red 2

Enlace (Master - Slave)		Radio Mobile				Antena	MiniPCI	
		Distancia (Km)	H <sub>ant</sub> (M)	H <sub>ant</sub> (S)	Rx Relativa (dB)	G <sub>ant</sub> (dBi)	P <sub>Tx</sub> (dBm)	Sensibilidad (dBm)
SUBRED 1	H. Saraguro – Puglla	2,22	15 m	15 m	29,2	24	20	-90
	Puglla - PS Gañil	8,24	9 m	9 m	24,8	24	20	-90
	PS gañil - SC S. Alegre	5,73	9m	27 m	28,3	24	20	-90
	SC S. Alegre - PS Lluzhapa	6,5	6 m	24 m	24,4	24	20	-90
	Puglla – Jarata	38,58	15 m	15 m	22,1	29	20	-90
	Jarata - SC Manú	36,7	39 m	15 m	22,2	24	20	-90
	Jarata - PS S.S Yuluc	34,89	24 m	15 m	22,1	24	20	-90
	PS S.S Yuluc - Nvo Rep1.1	3,58	15 m	12 m	29,2	24	20	-90
	Nvo Rep1.1- PS Sumaipamba	6,68	12 m	12 m	27,2	24	20	-90
SUB-RED 2	H. Loja – Villonaco	7,81	15 m	15 m	25,6	24	20	-90
	Villonaco - Nvo. Rep2.1	14,98	15 m	45 m	29,4	29	20	-90
	Nvo. Rep2.1 - SC Jimbilla	2,86	39 m	12 m	32,8	24	20	-90
SUBRED 3	H. Catacocha– Calvario	0,75	15 m	15 m	31,1	17	20	-90
	Calvario – Reppen	55,63	18 m	15 m	19,7	29	20	-90
	Reppen - PS Sta. Rufina	36,37	15 m	15 m	21,68	29	20	-90
SUBRED 4	CS Gonzanamá. – Colambo	4,65	9 m	9 m	26,9	24	20	-90
	Colambo – Yeso	17,51	15 m	15 m	24,6	24	20	-90
	Yeso - Nvo. Rep4.1	15,61	9 m	12 m	30	24	20	-90
	Nvo Rep4.1 - SC S.A. Aradas	0,22	6 m	6 m	46,3	17	20	-90
SUBRED 5	H. Amaluza – Guambo	4,24	15 m	15 m	22,7	17	20	-90
	Guambo - SC Bella Vista	7,7	12 m	15 m	27,2	24	20	-90
	Guambo - SC S. Teresita	2,46	27 m	15 m	27	24	20	-90
	Guambo - Nvo Rep4.2	4,4	15 m	15 m	22,2	17	20	-90
	Nvo Rep4.2 - PS Tundurama	4,7	12 m	9 m	38,8	24	20	-90
SUBRED 6	H. Alamor -PS Cerro de M.	15,83	18 m	15 m	29,7	29	20	-90
	H. Alamor -Nvo Rep6.1	45,21	24 m	15 m	21,9	29	20	-90
	Nvo Rep6.1 - SC Cazaderos	6,32	15 m	15 m	26,6	24	20	-90
	Nvo Rep6.1 - PS Progreso	6	9 m	9 m	26,1	24	20	-90

#### **3.3.4. Cálculo de confiabilidad de los enlaces**

Para realizar los cálculos de confiabilidad se ha partido de los datos presentados en el punto anterior. Las fórmulas utilizadas se encuentran en el anexo 4 [20] y los resultados de las mismas se pueden observar en las tablas III.8.1 Y III.8.2

TABLA III.8.1 Resultados de los cálculos de confiabilidad aplicados a cada enlace

	ENLACE	La	Yo	Yw	Y	Lp	Lt	Gt	Prx
RED 1	H. Saraguro - Puglla	2,84	0,00620137	0,8872369	1,98343299	114,627059	120,650492	68	-52,6504925
	Puglla - PS Gañil	2,84	0,00620137	0,8872369	7,36193146	126,018544	137,420476	68	-69,4204757
	PS gañil - SC S. Alegre	2,84	0,00620137	0,8872369	5,11940137	122,863092	132,022494	68	-64,0224938
	SC S. Alegre - PS Lluzhapa	2,84	0,00620137	0,8872369	5,80734885	123,958267	133,805616	68	-65,805616
	Puglla - Jarata	2,84	0,00620137	0,8872369	34,468849	139,427244	177,936093	68	-109,936093
	Jarata - SC Manu	2,84	0,00620137	0,8872369	32,789185	138,993321	175,822506	68	-107,822506
	Jarata - PS S.S Yulug	2,84	0,00620137	0,8872369	31,1720617	138,554019	173,766081	68	-105,766081
	PS S.S Yulug - Nvo Rep1.1	2,84	0,00620137	0,8872369	3,19850906	118,777661	126,01617	68	-58,0161696
	Nvo Rep 1.1- PS Sumaipamba	2,84	0,00620137	0,8872369	5,96816774	124,195529	134,203697	68	-66,203697
RED 2	H. Loja - Villonaco	2,84	0,00620137	0,8872369	6,977753	125,553021	136,570774	68	-68,5707737
	Villonaco - Nvo. Rep2.1	2,84	0,00620137	0,8872369	13,3837055	131,210236	148,633942	78	-70,6339418
	Nvo. Repet2.1 - SC Jimbilla	2,84	0,00620137	0,8872369	2,55523349	116,827321	123,422554	68	-55,4225542
RED 3	H. Paltas - Calvario	2,84	0,00620137	0,8872369	0,67007871	105,201225	109,911304	54	-55,911304
	Calvario - Reppen	2,84	0,00620137	0,8872369	49,7019717	142,606181	196,348153	78	-118,348153
	Reppen - PS Sta. Rufina	2,84	0,00620137	0,8872369	32,4943504	138,914866	175,449216	78	-97,4492164
RED 4	CS Gonzan. - Colambo	2,84	0,00620137	0,8872369	4,15448802	121,049059	129,243547	68	-61,2435471
	Colambo - Yeso	2,84	0,00620137	0,8872369	15,6441044	132,565723	152,249827	68	-84,2498273
	Yeso - Nvo. Rep4.1	2,84	0,00620137	0,8872369	13,9465716	131,568058	149,55463	68	-81,5546297
	Nvo Rep4.1 - SC S.A. Aradas	2,84	0,00620137	0,8872369	0,19655642	94,5484536	98,78501	54	-44,78501
RED 5	H. Amaluzá - Guambo	2,84	0,00620137	0,8872369	3,78817832	120,247317	128,075495	54	-74,0754955
	Guambo - SC Bella Vista	2,84	0,00620137	0,8872369	6,87947479	125,429815	136,349289	68	-68,3492893
	Guambo - SC S. Teresita	2,84	0,00620137	0,8872369	2,19785818	115,518702	121,75656	68	-53,7565603
	Guambo - Nvo Rep4.2	2,84	0,00620137	0,8872369	3,93112845	120,569054	128,540182	54	-74,540182
	Nvo Rep4.2 - PS Tundurama	2,84	0,00620137	0,8872369	4,19915994	121,141957	129,381117	68	-61,3811171
RED 6	H. Amor -PS Cerro de M.	2,84	0,00620137	0,8872369	14,143128	131,689618	149,872746	78	-71,8727463
	H. Amor -Nvo Rep6.1	2,84	0,00620137	0,8872369	40,3923448	140,80469	185,237035	78	-107,237035
	Nvo Rep6.1 - SC Cazaderos	2,84	0,00620137	0,8872369	5,64652996	123,714342	133,400872	68	-65,4008715
	Nvo Rep6.1 - PS Progreso	2,84	0,00620137	0,8872369	5,3606297	123,263025	132,663655	68	-64,6636547

TABLA III.8.2 Resultados de los cálculos de confiabilidad aplicados a cada enlace

	ENLACE	Mp	A	Kc	Ipm	Cpm	G	Ias	Cas
RED 1	H. Saraguro - Puglla	37,35	29,567995	0,0001159	0,85409986	99,1459001	13,9943086	0,034046917	99,96595308
	Puglla - PS Gañil	20,58	12,7980118	0,0001159	0,0004906	99,9995094	11,405126	3,54991E-05	99,9999645
	PS gañil - SC S. Alegre	25,98	18,1959937	0,0001159	0,00100713	99,9989929	12,0602305	6,26704E-05	99,99993733
	SC S. Alegre - PS Lluzhapa	24,19	16,4128715	0,0001159	0,00011507	99,9998849	11,7596445	7,67372E-06	99,99999233
	Puglla - Jarata	26,33	18,544581	0,0001159	0,85409986	99,1459001	8,39705104	0,123538848	99,87646115
	Jarata - SC Manu	17,82	10,0409938	0,0001159	0,44041574	99,5595843	8,38073183	0,063942505	99,93605749
	Jarata - PS S.S Yulug	15,77	7,98456862	0,0001159	0,2816201	99,7183799	8,34821028	0,041194821	99,95880518
	PS S.S Yulug - Nvo Rep1.1	31,98	24,2023179	0,0001159	1,4767E-05	99,9999852	12,4978164	8,30847E-07	99,99999917
	Nvo Rep 1.1- PS Sumaipamba	23,8	16,0147905	0,0001159	0,00013274	99,9998673	11,1340258	1,02236E-05	99,99998978
RED 2	H. Loja - Villonaco	21,43	13,6477138	0,0001159	0,00019775	99,9998023	11,3628857	1,44486E-05	99,99998555
	Villonaco - Nvo. Rep2.1	19,37	11,5845457	0,0001159	0,10171978	99,8982802	10,1741887	0,009772069	99,99022793
	Nvo. Repet2.1 - SC Jimbilla	31,08	23,2980696	0,0001159	0,12975727	99,8702427	12,8805647	0,006684597	99,9933154
RED 3	H. Paltas - Calvario	34,09	26,3071835	0,0001159	5,2032E-05	99,999948	15,8122467	1,36472E-06	99,99999864
	Calvario - Reppen	28,35	20,5666404	0,0001159	0,67093499	99,329065	7,30596145	0,124762566	99,87523743
	Reppen - PS Sta. Rufina	13,84	6,05770391	0,0001159	0,8910471	99,1089529	7,99347742	0,141433706	99,85856629
RED 4	CS Gonzanamá. - Colambo	28,76	20,9749404	0,0001159	0,00100713	99,9989929	12,4058617	5,78761E-05	99,99994212
	Colambo - Yeso	5,75	-2,03133978	0,0001159	0,34409341	99,6559066	9,81093224	0,035940418	99,96405958
	Yeso - Nvo. Rep4.1	8,445	0,66385782	0,0001159	0,12975727	99,8702427	9,8193963	0,013526706	99,98647329
	Nvo Rep4.1 - SC S.A. Aradas	45,21	37,4334775	0,0001159	0,12975727	99,8702427	18,1850298	0,001970737	99,99802926
RED 5	H. Amaluza - Guambo	15,92	8,14299204	0,0001159	3,2672E-05	99,9999673	12,4848496	1,84369E-06	99,99999816
	Guambo - SC Bella Vista	21,65	13,8691982	0,0001159	0,00023501	99,999765	11,3634275	1,71686E-05	99,99998283
	Guambo - SC S. Teresita	35,08	27,3019272	0,0001159	5,2032E-05	99,999948	13,6186284	2,26155E-06	99,99999774
	Guambo - Nvo Rep4.2	15,46	7,67830552	0,0001159	0,00015676	99,9998432	12,530354	8,75381E-06	99,99999125
	Nvo Rep4.2 - PS Tundurama	28,62	20,8373704	0,0001159	5,2032E-05	99,999948	12,224561	3,11754E-06	99,99999688
RED 6	H. Alamor -PS Cerro de M.	18,13	10,3457412	0,0001159	0,03472435	99,9652756	9,30105212	0,004078768	99,99592123
	H. Alamor -Nvo Rep6.1	24,34	16,5555225	0,0001159	0,64360356	99,3563964	7,15670588	0,123864783	99,87613522
	Nvo Rep6.1 - SC Cazaderos	24,6	16,817616	0,0001159	5,2032E-05	99,999948	10,5671933	4,56614E-06	99,99999543
	Nvo Rep6.1 - PS Progreso	25,34	17,5548328	0,0001159	3,4343E-05	99,9999657	10,6680572	2,94468E-06	99,99999706

## CAPÍTULO 4

### DISEÑO LÓGICO DE LA RED

Para el direccionamiento de la red se ha creído conveniente trabajar con direcciones IPv4 privadas, ya que el empleo de éstas no requiere permisos ni justificación de uso. Este tipo de direcciones se agrupan de la siguiente manera [21]:

- Clase A: 10.0.0.0 a 10.255.255.255 (8 bits red, 24 bits hosts).
- Clase B: 172.16.0.0 a 172.31.255.255 (12 bits red, 20 bits hosts).
- Clase C: 192.168.0.0 a 192.168.255.255 (16 bits red, 16 bits hosts).

La asignación de direcciones IP puede ser diseñada con la clase C, ya que permite hasta 256 host, y mediante subneteo<sup>30</sup> por VLSM<sup>31</sup> se puede dimensionar una subred para cada estación.

Cabe mencionar que los routers en internet normalmente se configuran de manera tal que descarten cualquier tráfico dirigido a direcciones IP privadas, por tanto para que una estación configurada con dirección IP privada pueda salir a internet es necesario que lo haga a través de una dirección pública.

El proceso de lograr que todo un conjunto de direcciones privadas salgan a la red externa por medio de una única dirección pública se conoce como NAT y es llevado a cabo por un dispositivo de traducción de dirección de red o un servidor proxy. [21]

Puesto que la CNT ya tiene levantada la salida a internet desde las diferentes jefaturas de salud; dentro de este diseño no se trabaja el NAT; simplemente se centra en el direccionamiento privado, suponiendo partir con una dirección IP elegida, que al momento de la implementación puede ser cambiada por las direcciones con las que trabaja la CNT.

---

<sup>30</sup>Dividir una red IP física en subredes lógicas más pequeñas, para que cada una de estas trabaje como una red individual.

<sup>31</sup>VLSM (Variable LengthSubnetMask).Máscara de subred de tamaño variable

#### 4.1 Asignación de direcciones IPv4

Cada una de las 6 subredes que forman el proyecto necesitando un rango de direcciones para posibilitar la conexión de los nodos con los equipos de los clientes y la conexión de los nodos entre sí.

Para facilidad de administración se ha elegido utilizar los rangos de direcciones siguiendo una secuencia de numeración que en caso de problemas permita identificar rápidamente la ubicación de una estación según la dirección IP, así pues el formato de las direcciones será:

**192.168.X.Y** (X= el número de subred al que pertenece el nodo o el cliente)

El subneteo se ha realizado de manera que para los enlaces entre nodos la máscara de subred de las direcciones sea 255.255.255.252 (/30), lo cual representa 2 direcciones IP útiles; y para las estaciones finales se han dejado direcciones con máscara 255.255.255.248 (/29) que consiste en tener 6 direcciones IP útiles, cantidad suficiente para cubrir las necesidades de asignación de direcciones en las estaciones cliente.

A continuación se presentan las tablas de direccionamiento de los enlaces inalámbricos y de las estaciones finales.

Tabla IV.1 Direccionamiento IP de las estaciones

	Estación	Subred	Rango de direcciones IP útiles
SUBRED 1	Saraguro	192.168.1.0 /29	192.168.1.1 - 192.168.1.6
	Selva Alegre	192.168.1.8 /29	192.168.1.9 - 192.168.1.14
	Manú	192.168.1.16 /29	192.168.1.17 - 192.168.1.22
	Lluzhapa	192.168.1.24 /29	192.168.1.25 - 192.168.1.30
	Gañil	192.168.1.32 /29	192.168.1.33 - 192.168.1.38
	San. Seb. Yuluc	192.168.1.40 /29	192.168.1.41 - 192.168.1.46
	Sumaipamba	192.168.1.48 /29	192.168.1.49 - 192.168.1.54
SUBRED 2	Loja	192.168.2.0 /29	192.168.2.1 - 192.168.2.6
	Jimbillá	192.168.2.8 /29	192.168.2.9 - 192.168.2.14
SUBRED 3	Catacocha	192.168.3.0 /29	192.168.3.1 - 192.168.3.6
	Santa Rufina	192.168.3.8 /29	192.168.3.9 - 192.168.3.14
SUBRED 4	Gonzanamá	192.168.4.0 /29	192.168.4.1 - 192.168.4.6
	San A. de las Aradas	192.168.4.8 /29	192.168.4.9 - 192.168.4.14
SUBRED 5	Amaluza	192.168.5.0 /29	192.168.5.1 - 192.168.5.6
	Bellavista	192.168.5.8 /29	192.168.5.9 - 192.168.5.14
	Santa Teresita	192.168.5.16 /29	192.168.5.17 - 192.168.5.22
	Tundurama	192.168.5.24 /29	192.168.5.25 - 192.168.5.30
SUBRED 6	Alamor	192.168.6.0 /29	192.168.6.1 - 192.168.6.6
	Cerro de Milagros	192.168.6.8 /29	192.168.6.9 - 192.168.6.14
	El Progreso	192.168.6.16 /29	192.168.6.17 - 192.168.6.22
	Cazaderos	192.168.6.24 /29	192.168.6.25 - 192.168.6.30

Tabla IV.2 Direccionamiento IP de enlaces inalámbricos

	Enlace	Subred	Direccionamiento
SUBRED 1	H. Saraguro - Cerro Puglla	192.168.1.56 /30	192.168.1.57 , 192.168.1.58
	Cerro Puglla - Cerro Jarata	192.168.1.60 /30	192.168.1.61 , 192.168.1.62
	Cerro Jarata - SC Yuluc	192.168.1.64 /30	192.168.1.65 , 192.168.1.66
	SC Yuluc - Nvo. Rep. 1.1	192.168.1.68 /30	192.168.1.69 , 192.168.1.70
	Nvo. Rep. 1.1 - PS Sumaipamba	192.168.1.72 /30	192.168.1.73 , 192.168.1.74
	Cerro Jarata - SC Manú	192.168.1.76 /30	192.168.1.77 , 192.168.1.78
	Cerro Puglla - PS Gañil	192.168.1.80 /30	192.168.1.81 , 192.168.1.82
	PS Gañil - SC Selva Alegre	192.168.1.84 /30	192.168.1.85 , 192.168.1.86
	SC Selva Alegre - PS Lluzhapa	192.168.1.88 /30	192.168.1.89 , 192.168.1.90
SUBRED 2	H. Loja - Cerro Villonaco	192.168.2.16 /30	192.168.2.17 , 192.168.2.18
	Cerro Villonaco - Nvo. Rep. 2.1	192.168.2.20 /30	192.168.2.21 , 192.168.2.22
	Nvo. Rep. 1.1 - SC Jimbilla	192.168.2.24 /30	192.168.2.25 , 192.168.2.26
SUBRED 3	H. Catacocha - Cerro Calvario	192.168.3.16 /30	192.168.3.17 , 192.168.3.18
	Cerro Calvario - Cerro Reppen	192.168.3.20 /30	192.168.3.21 , 192.168.3.22
	Cerro Reppen - PS Sta. Rufina	192.168.3.24 /30	192.168.3.25 , 192.168.3.26
SUBRED 4	H. Gonzanamá - Cerro Colambo	192.168.4.16 /30	192.168.4.17 , 192.168.4.18
	Cerro Colambo - Cerro Yeso	192.168.4.20 /30	192.168.4.21 , 192.168.4.22
	Cerro Yeso - Nvo. Rep. 4.1	192.168.4.24 /30	192.168.4.25 , 192.168.4.26
	Nvo. Rep. 4.1 - SC S.A. Aradas	192.168.4.28 /30	192.168.4.29 , 192.168.4.30
SUBRED 5	H. Amaluza - Cerro Guambo	192.168.5.32 /30	192.168.5.33 , 192.168.5.34
	Cerro Guambo - SC Bellavista	192.168.5.36 /30	192.168.5.37 , 192.168.5.38
	Cerro Guambo - SC St. Teresita	192.168.5.40 /30	192.168.5.41 , 192.168.5.42
	Cerro Guambo - Nvo. Rep. 5.1	192.168.5.44 /30	192.168.5.45 , 192.168.5.46
	Nvo. Rep. 5.1 - PS Tundurama	192.168.5.48 /30	192.168.5.49 , 192.168.5.50
SUBRED 6	H. Alamor - Nvo. Rep. 6.1	192.168.6.32 /30	192.168.6.33 , 192.168.6.34
	H. Alamor - PS Cerro de Milagro	192.168.6.36 /30	192.168.6.37 , 192.168.6.38
	Nvo. Rep. 6.1 - SC Cazaderos	192.168.6.40 /30	192.168.6.41 , 192.168.6.42
	Nvo. Rep. 6.1 - PS Progreso	192.168.6.44 /30	192.168.6.45 , 192.168.6.46

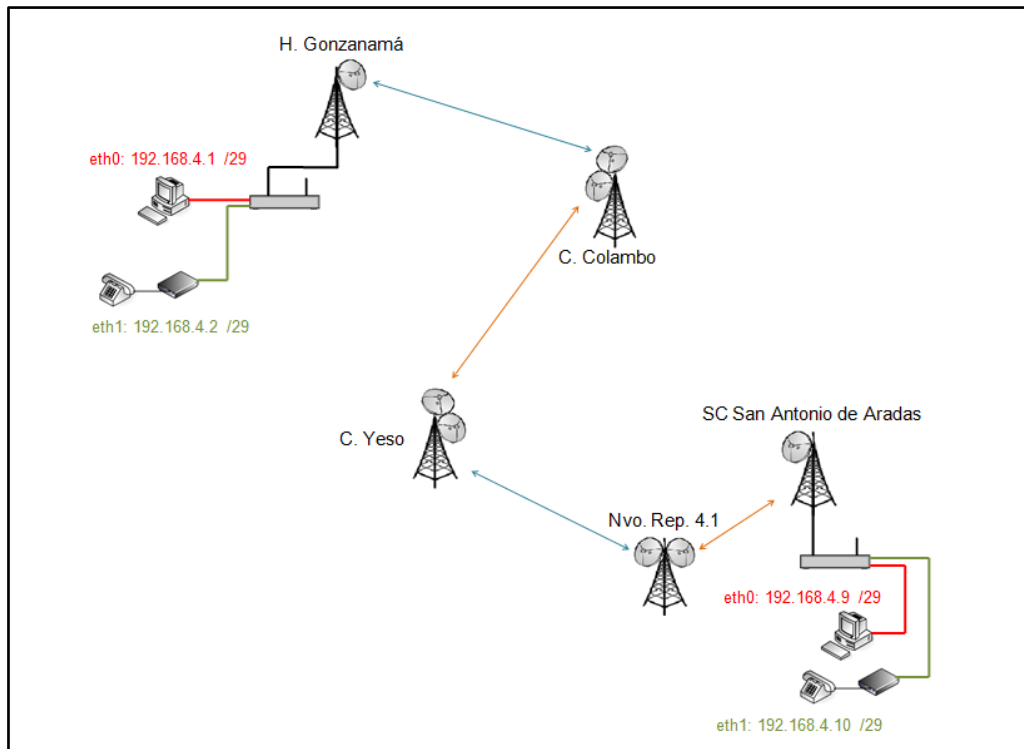
Ya realizado el subneteo y asignado el rango de direcciones para cada estación y para cada enlace inalámbrico, se han distribuido las direcciones IP como lo muestran los esquemas siguientes:







El direccionamiento para cada estación cliente se ha realizado como se ilustra en la siguiente figura; para la demostración se ha tomado como ejemplo la subred 4, siendo igual para las estaciones clientes de las demás subredes pero con la utilización de su rango de direcciones previamente asignado:



**Fig. IV.4 Esquema de direccionamiento IP de las estaciones. Subred 4**

## CAPÍTULO 5

### PRESUPUESTO

El presente capítulo tiene como objeto además de presentar las consideraciones económicas para la instalación de un sistema WIFI, hacer énfasis en la diferencia de costos que hay entre la RED1 y la RED2, por lo cual se mantiene la preferencia de la RED2 como diseño a implementar en la Provincia de Loja para satisfacer las necesidades de Telemedicina.

La diferencia de costos entre las dos redes se debe a que la primera supone una creación total de la red, mientras que la segunda aprovecha los convenios existentes entre el Ministerio de Telecomunicaciones y el Ministerio de Salud, con lo cual hace uso de la infraestructura ya implementada por la CNT.

**Tabla V.1 Presupuesto general. Diseño Red1<sup>32</sup>**

	SUBRED1	SUBRED2	SUBRED3	SUBRED4	SUBRED5	TOTAL
<b>SISTEMA WIFI</b>	12.947,8	6.831,0	7.924,4	17.163,0	12.107,0	56.972,4
<b>VoIP</b>	3.102,0	667,0	1.277,0	1.277,0	1.267,0	7.590,0
<b>RED LAN</b>	699,7	2.797,3	370,5	370,5	841,3	5.079,3
<b>SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR</b>	855,2	855,2	-	-	855,2	2.565,5
<b>SISTEMA DE ENERGÍA ELÉCTRICA</b>	70,0	30,0	30,0	70,0	60,0	260,0
<b>SISTEMA DE PUESTA A TIERRA</b>	3.588,9	1.756,8	2.106,6	2.114,4	3.847,8	13.414,5
<b>SISTEMA DE SOPORTE MECÁNICO</b>	28.624,0	12.640,0	15.072,0	38.587,0	11.600,0	106.523,0
<b>CAJAS DE ALOJAMIENTO MECÁNICO</b>	1.001,0	360,0	432,0	1.073,0	857,0	3.723,0
<b>IMPREVISTOS</b>						9.806,3
	<b>INVERSIÓN TOTAL EN LA RED 1:</b>					<b>\$205.934,0</b>

<sup>32</sup> El presupuesto detallado de la RED1 se encuentra adjunto en un CD-ROM al presente proyecto.

Tabla V.2 Presupuesto general. Diseño Red2<sup>33</sup>

	SUBRED 1	SUBRED 2	SUBRED 3	SUBRED 4	SUBRED 5	SUBRED 6	TOTAL
<b>SISTEMA WIFI</b>	10.375,2	3.780,4	4.160,4	3.323,2	5.524,0	4.986,6	32.149,8
<b>VoIP</b>	3.102,0	547,0	1.157,0	522,0	762,0	2.032,0	8.122,0
<b>RED LAN</b>	622,5	198,0	235,0	235,0	488,0	482,0	2.260,5
<b>SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR</b>	766,0	766,0	-	766,0	766,0	766,0	3.829,9
<b>SISTEMA DE ENERGÍA ELECTRICA</b>	70,0	20,0	20,0	20,0	40,0	40,0	210,0
<b>SISTEMA DE PUESTA A TIERRA</b>	3.588,9	1.453,8	1.407,0	1.352,4	2.114,4	1.741,2	11.657,7
<b>SISTEMA DE SOPORTE MECÁNICO</b>	28.875,0	13.323,0	10.176,0	6.816,0	15.488,0	11.600,0	86.278,0
<b>CAJAS DE ALOJAMIENTO MECÁNICO</b>	929,0	281,0	216,0	281,0	425,0	353,0	2.485,0
<b>IMPREVISTOS</b>							7.349,6
	<b>INVERSIÓN TOTAL EN LA RED 2:</b>						<b>\$154.342,4</b>

<sup>33</sup> El presupuesto detallado de la RED2 se encuentra en el anexo 5.

## CONCLUSIONES

- ✓ La provincia de Loja cuenta con puntos de salud pública prestos a atender a los pobladores; pero la inaccesibilidad y la escasa comunicación de las zonas lejanas no permiten que se brinde la asistencia médica de manera eficiente y oportuna, esto se refleja en los altos índices de morbilidad que apuntan a enfermedades de fácil diagnóstico como lo son las de vías respiratorias 47.17%, parasitosis 23% y diarreicas 7.5%. Razón por la cual es importante la realización de estudios enfocados al desarrollo de diseño e implementación de redes de comunicación que logren acortar distancias y mejorar la calidad del servicio.
- ✓ La implementación de un sistema de telecomunicaciones que permita brindar servicios de telemedicina como teleconsulta, telemonitorización, telediagnóstico y teleeducación en la provincia de Loja, puede lograr que pobladores de zonas aisladas como Lluzhapa, Sumaipamba, Progreso, Cazaderos, entre otras; tengan fácil acceso a asistencia sanitaria de mejor calidad y de forma oportuna; además de permitir el seguimiento y detección temprana de enfermedades.
- ✓ El estándar IEEE 802.11n (WiFi) es la solución idónea a implementar en la provincia de Loja, no solo por su bajo costo y la interoperabilidad de sus equipos con otras tecnologías ya implementadas, sino por su eficiente funcionamiento (elevado throughput respecto a otros estándares) al momento de hacer transmisiones multimedia como voz y video a largas distancias, esto gracias a sus características únicas de modulación OFDM-MIMO, técnicas de agregación de paquetes, “channel bonding” y WMM.
- ✓ El diseño propuesto en este proyecto, así como la tecnología y equipamiento seleccionado cumplen con los parámetros necesarios para lograr una red estable y eficiente, que permiten tener enlaces con un 99,99% de confiabilidad.
- ✓ A través de la integración de distintos actores como el Ministerio de Salud Pública y Ministerio de Telecomunicaciones y Sistemas de Información en

proyectos de telemedicina, se permite el uso compartido de recursos, reduciendo costos de despliegue e implementación de redes comunitarias.

- ✓ La comparativa entre los presupuestos de la Red 1 y la Red 2 muestran una clara diferencia de costos de implementación, por lo que la Red 2 al estar amparada en la nueva ley de Telemedicina/Telesalud, se convierte en la solución más rentable.
  
- ✓ Una asignación escalable de direcciones IP, permite tener una red expandible y libre para la adhesión de nuevos hosts en cada unidad operativa, sin necesidad de que esto implique volver a configurar los equipos con un nuevo rango de direcciones.

## RECOMENDACIONES

- Los proyectos de Telemedicina tienen que estar enfocados a suplir las necesidades de las comunidades tomadas como puntos de acción, mas no a los criterios de conveniencia de entidades involucradas ya sean públicas o privadas; buscando siempre mantener una buena relación costo-beneficio.
- Aprovechar las oportunidades que brindan las políticas emprendidas por los gobiernos, haciendo uso de infraestructura ya montada con impacto favorable en beneficio de una comunidad.
- Durante el diseño de la red es necesario trabajar con datos obtenidos en el peor de los casos, de modo que se desarrolle una red sobredimensionada que tome en cuenta cualquier tipo de imprevistos que puedan darse en la implementación real y que el software de simulación no prevé.
- Es importante que paralelamente a la ejecución de este tipo de proyectos se lleven a cabo talleres técnicos de capacitación de personal médico, en cuanto a tecnología; de modo que tanto los equipos como los servicios de telemedicina puedan ser manejados y aprovechados correctamente.
- Es necesario llevar a cabo visitas técnicas a los puntos de acción considerados dentro del proyecto, de modo que se tenga un conocimiento real de la situación del lugar ya se en cuanto a accesibilidad, infraestructura, electricidad o equipamiento médico; de este modo se asegura que el desarrollo del diseño de red de comunicaciones esté enfocado a las necesidades que presenta cada zona remota.
- Si bien es cierto aunque actualmente la CNT tiene asignado 256 Kbps a cada jefatura de área de la provincia de Loja, es recomendable aumentar este ancho de banda a 512 Kbps como mínimo, de modo que se puedan implementar servicios tales como videoconferencia, VoIP, transmisión de datos y acceso a internet de una manera óptima.
- Al momento de trabajar con el estándar IEEE 802.11n (WiFi) es recomendable usar la banda de 5.8 GHz con el fin de tener el menor riesgo

de interferencias en las comunicaciones, puesto que esta banda está menos saturada respecto a la de 2.4 Ghz.

- En cálculos para dimensionamiento de número de paneles solares y banco de baterías siempre se debe tomar un factor de corrección de 1,2 ya que de este modo se garantiza que el sistema de energía fotovoltaica sea capaz de generar al menos un 20% adicional de electricidad.
- La elección de equipos para la implementación de la red debe hacerse buscando siempre un balance costo-beneficio; los equipos seleccionados deben tener una calidad de vida duradera, ya que su prematuro deterioro solo implicaría pérdida del capital invertido en la red.
- En cuanto a seguridad, se recomienda plantear políticas a nivel de servidores y servicios, herramientas de gestión y monitoreo de redes, así como normas de acceso a los elementos de red por personal autorizado.
- El cambio de régimen en el país, puede llevar al olvido los proyectos de telemedicina iniciados e implementados por legisladores anteriores; sin embargo implementar un diseño basado en tecnología WiFi garantiza la subsistencia de la red, debido a que sus equipos de comunicación se encuentran instalados de manera permanente; lo que compromete al gobierno de turno a continuar con la manutención de trabajos de este tipo.

## BIBLIOGRAFÍA

- ❖ “Manual de estándares de las condiciones tecnológicas mínimas para las prestaciones de servicios de salud por telemedicina” [pdf], artículo electrónico, [disponible en [http://gemini.udistrital.edu.co/comunidad/grupos/qitem/PDF\\_qitem/Telemedicina.pdf](http://gemini.udistrital.edu.co/comunidad/grupos/qitem/PDF_qitem/Telemedicina.pdf)], última visita 07/10/2010.
- ❖ C. Aichele, R. Flickenger, C. Fonda, J. Forster, I. Howard, T. Krag, M. Zennaro. Redes Inalámbricas en los Países en Desarrollo, Limehouse Book Sprint Team, 2007.
- ❖ E. Pérez, G. Montilla, H. Villegas. “Red para servicio de telemedicina en el instituto de urología”. II Congreso Latinoamericano de Ingeniería Biomédica, Habana 2001.
- ❖ M. Romay, A. Núñez, T. Tenza. “Plan de Telemedicina de INSALUD” [pdf], artículo electrónico, [disponible en <http://www.itelemedicina.com/documentos/PlandeTelemedicina.pdf>], última visita 07/10/2010.
- ❖ L. Canales. “Diseño VHF de la red Pastaza Alto para el proyecto EHAS-PAMAFRO”, Lima-Perú, Mayo 2009.
- ❖ C. Pineda, A. Gahona. “Diseño de una red comunitaria inalámbrica de bajo costo”, Loja-Ecuador, Agosto 2008.
- ❖ GTR-PUCP, Redes inalámbricas para redes rurales. Facultad de ciencias e Ingeniería, Lima, Enero 2008.
- ❖ Nogués. “Direccionamiento IPv4” [pdf], artículo electrónico, [disponible en [http://www.albertnoques.com/attachments/014\\_IntroIp.pdf](http://www.albertnoques.com/attachments/014_IntroIp.pdf)], última visita 07/10/2010.
- ❖ GRUPO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS EN TELECOMUNICACIONES, “Estructura e integración de una red de telemedicina”, Cauca-Perú.

- ❖ Escudero. “Sistemas de energía solar fotovoltaica para equipos de telecomunicaciones” [pdf], artículo electrónico, [disponible en [http://www.it46.se/courses/solar/materials/es/IT46\\_es\\_energia\\_solar\\_introduccion.pdf](http://www.it46.se/courses/solar/materials/es/IT46_es_energia_solar_introduccion.pdf)], última visita 07/10/2010.
- ❖ J. Simó, P. Osuna, J. Seoane, A. Martínez. “Router solar autoconfigurable para redes Mesh IEEE 802.11 de telemedicina rural en América Latina”, I Foro Iberoamericano de Telemedicina Rural, Cuzco–Perú, Marzo 2006.
- ❖ E. Herrera, A. Díaz, C. Calafate. “Desarrollando el estándar IEEE 802.11n, un paso adelante en WLAN” [pdf], artículo electrónico, [disponible en <http://cachanilla.itmexicali.edu.mx/~adiaz/Publicaciones/Estandar80211.pdf>], última visita 06/12/2010.
- ❖ Martínez. “Redes de comunicación para establecimientos de salud rurales de países en desarrollo”. Congreso Internacional de Software Libre (CISL2007), Badajoz, España, Febrero de 2007.
- ❖ J. Simó, P. Osuna, J. Seoane, A. Martínez. “Desarrollo de nodos MeshWiFi autónomos como soporte a redes de telemedicina rural en zonas aisladas”. In Proc. of CASEIB2005. Madrid, Noviembre 2005.
- ❖ CONELEC, “Atlas solar del Ecuador con fines de generación eléctrica”, Quito, Agosto 2008.
- ❖ L. Pajón. “Implementación de Sistemas Fotovoltaicos en Zonas Rurales del Cantón Morona Santiago” [pdf], artículo electrónico.
- ❖ E. Pietrosevoli. “Unidad 17: Enlaces de Larga distancia” [pdf], artículo electrónico, [disponible en [http://www.eslared.org.ve/tricalcar/17\\_es\\_enlaces-larga-distancia\\_guia\\_v3\[1\].pdf](http://www.eslared.org.ve/tricalcar/17_es_enlaces-larga-distancia_guia_v3[1].pdf)], última visita 07/10/2010.
- ❖ D. Bobadilla. “Informática médica II. TELEMEDICINA” [pdf], artículo electrónico, [disponible en

<http://www.scribd.com/doc/7125380/TelemedicinaFMH>], última visita 07/10/2010.

- ❖ “Perfil del sistema de servicios de salud de Ecuador” [pdf], 2da edición, 8 de noviembre de 2001, artículo electrónico, [disponible en: <http://www.lachsr.org/documents/perfildelsistemadesaluddeecuador-ES.pdf>], última visita 07/10/2010.
- ❖ “Política, modelo y plan nacional Telemedicina/Telesalud”, Ministerio de Salud Pública, Marzo 2010, artículo electrónico, [disponible en: [http://dspace.cedia.org.ec/bitstream/123456789/68/1/Telemedicina\\_MSP.pdf](http://dspace.cedia.org.ec/bitstream/123456789/68/1/Telemedicina_MSP.pdf) ], última visita 07/10/2010.
- ❖ A. Escudero. Estándares en Tecnologías Inalámbricas, versión final Octubre 2007.
- ❖ R. Agila, J. Sánchez. “Análisis de estándares 802.11e y 802.11n para largas distancias”, Loja-Ecuador, UTPL 2009.
- ❖ Sitio web <http://www.intel.com/support/wireless/sb/CS-025344.htm>, última visita 15/01/2011.
- ❖ M. Cantero, M. Oliveria. “Arquitectura IEEE 802.11” [pdf], documento electrónico, [disponible en <http://www.jeuazarru.com/docs/802.11n.pdf>], última visita 20/01/2011.
- ❖ W. Olivares, R. Salinas, O. Tapia. “Telefonía móvil 4G” [pdf], Universidad Técnica Federico Santa María. Chile
- ❖ X. Yang. “IEEE 802.11n: enhancements for higher throughput in wireless LANs”, paper IEEE, IEEE Wireless Communications, Diciembre 2005.
- ❖ WiFi ALLIANCE. “Wi-Fi CERTIFIED™ 802.11n draft 2.0: Longer-Range, Faster-Throughput, Multimedia-Grade Wi-Fi® Networks”, 2007.

- ❖ Sitio web <http://www.intel.com/support/wireless/sb/cs-025343.htm#?iid=subhdr+dnlds>, última visita 20/01/2011.
- ❖ S. Sowell, “802.11n: A Feature Overview of The Latest WLAN Standard” [pdf], documento electrónico, [disponible en [www.ccprep.com/Resources/cc.../802n%20feature%20overview.pdf](http://www.ccprep.com/Resources/cc.../802n%20feature%20overview.pdf)], últimavisita 20/01/2011.
- ❖ T. Selvam, S. Srikanth. “Performance Study of IEEE 802.11n WLANs”, paper IEEE.
- ❖ A. Martínez, V. Villarroel, J. Seoane, F. del Pozo. “EHAS Program: Rural Telemedicine Systems for Primary Healthcare in Developing Countries”, paper IEEE.
- ❖ E. Perahia. “IEEE 802.11n Development: History, Process, and Technology”, paper IEEE, [IEEE Communications Magazine](#), Julio 2008.
- ❖ H. Zheng, G. Chen, L. Yu. “Video Transmission over IEEE 802.11n WLAN with Adaptive Aggregation Scheme”, paper IEEE.

**REFERENCIAS**

- [1] “Perfil del sistema de servicios de salud de Ecuador” [pdf], 2da edición, 8 de noviembre de 2001, artículo electrónico, [disponible en: <http://www.lachsr.org/documents/perfildelsistemadesaluddeecuador-ES.pdf>], última visita 07/10/2010.
- [2] “Política, modelo y plan nacional Telemedicina/Telesalud”, Ministerio de Salud Pública, Marzo 2010, artículo electrónico, [disponible en: [http://dspace.cedia.org.ec/bitstream/123456789/68/1/Telemedicina\\_MSP.pdf](http://dspace.cedia.org.ec/bitstream/123456789/68/1/Telemedicina_MSP.pdf) ], última visita 07/10/2010.
- [3] Ministerio De Salud Pública. “Perfiles epidemiológicos de unidades operativas y áreas de salud de la provincia de Loja” [xls],Loja-Ecuador.
- [4] Ministerio De Salud Pública. “Manual de áreas de salud del Ecuador”, Ecuador, 2009.
- [5] GTR-PUCP, Redes inalámbricas para redes rurales. Facultad de ciencias e Ingeniería, Lima, Enero 2008.
- [6] A. Escudero. Estándares en Tecnologías Inalámbricas, versión final Octubre 2007.
- [7] R. Agila, J. Sánchez. “Análisis de estándares 802.11e y 802.11n para largas distancias”, Loja-Ecuador, UTPL 2009.
- [8] Sitio web <http://www.intel.com/support/wireless/sb/CS-025344.htm>, última visita 15/01/2011.
- [9] M. Cantero, M. Oliveria. “Arquitectura IEEE 802.11” [pdf], documento electrónico, [disponible en <http://www.jeuazarru.com/docs/802.11n.pdf>], última visita 20/01/2011.
- [10] W. Olivares, R. Salinas, O. Tapia. “Telefonía móvil 4G” [pdf], Universidad Técnica Federico Santa María. Chile

- [11] E. Perahia. "IEEE 802.11n Development: History, Process, and Technology", paper IEEE, IEEE Communications Magazine, Julio 2008.
- [12] WiFi ALLIANCE. "Wi-Fi CERTIFIED™ 802.11n draft 2.0: Longer-Range, Faster-Throughput, Multimedia-Grade Wi-Fi® Networks", 2007.
- [13] Sitio web <http://www.intel.com/support/wireless/sb/cs-025343.htm#?iid=subhdr+dnlds>, última visita 20/01/2011.
- [14] E. Herrera, A. Díaz, C. Calafate. "Desarrollando el estándar IEEE 802.11n, un paso adelante en WLAN" [pdf], artículo electrónico, [disponible en <http://cachanilla.itmexicali.edu.mx/~adiaz/Publicaciones/Estandar80211.pdf>], última visita 06/12/2010.
- [15] Grupo De Nuevas Tecnologías En Telecomunicaciones, "Estructura e integración de una red de telemedicina", Cauca-Perú.
- [16] M. Romay, A. Núñez, T. Tenza. "Plan de Telemedicina de INSALUD" [pdf], artículo electrónico, [disponible en <http://www.itelemedicina.com/documentos/PlandeTelemedicina.pdf>], última visita 07/10/2010.
- [17] C. Aichele, R. Flickenger, C. Fonda, J. Forster, I. Howard, T. Krag, M. Zennaro. Redes Inalámbricas en los Países en Desarrollo, Limehouse Book Sprint Team, 2007.
- [18] C. Pineda, A. Gahona. "Diseño de una red comunitaria inalámbrica de bajo costo", Loja-Ecuador, Agosto 2008.
- [19] L. Pajón. "Implementación de Sistemas Fotovoltaicos en Zonas Rurales del Cantón Morona Santiago" [pdf], artículo electrónico. *Unidad de Energías Renovables (UER), CENTROSUR*.

- [20] CONELEC, "Atlas solar del Ecuador con fines de generación eléctrica", Quito, Agosto 2008.
- [21] M. Morcho, P. Ludeña. "Desarrollo de un algoritmo e implementación de software para la determinación de confiabilidad de trayectoria en enlaces de microonda, en las bandas comerciales desde 2 a 12 GHz, sobre la base de la cartografía digital en formato DXF", Loja-Ecuador, UTPL 2005.
- [22] A. Escudero. "Antenas y Cables", Octubre 2007.
- [23] M. Yapur. "La Telemedicina: una herramienta para proveer servicios médicos en las zonas rurales", ANDESCON 2006, Conferencia de Bioingeniería, Quito-Ecuador.
- [24] L. Canales. "Diseño VHF de la red Pastaza Alto para el proyecto EHAS-PAMAFRO", Lima-Perú, Mayo 2009.

## ANEXO 1: SELECCIÓN DE EQUIPOS

### EQUIPOS WIFI

#### Selección de tarjetas madre (RouterBOARDS)

Los RouterBOARDS son mini CPU que proveen avanzados atributos, entre ellos, conectividad inalámbrica usando tarjetas miniPCI, control de ancho de banda, QoS, control de usuarios, etc.

Para la selección de RouterBOARDS se hizo un análisis de los disponibles en el mercado, escogiendo aquellos que brinden las mejores prestaciones con respecto a consumo de potencia, tamaño físico, número de interfaces seriales, de ethernet e inalámbricas.

Tras este estudio se ha establecido que los RouterBOARDS de la marca Mikrotik representan la mejor solución en cuanto a economía, velocidad (hasta 108Mbps), alcance, seguridad, confiabilidad y sobretodo implementación y mantenimiento rápido y simple. Además este tipo de tarjetas madre ya han sido utilizadas en proyectos de telemedicina como el de Tutupaly donde su desarrollo ha sido eficiente.

Se ha decidido trabajar con tres tipos de tarjetas madre, cuya utilización en los diferentes puntos de acción, dependerá del número de interfaces inalámbricas necesarias para los enlaces, así pues:

- Para puntos donde se precisa una sola interfaz inalámbrica (estación cliente) se trabajará con la Mikrotik RB411AH, ya que es más potente que la RB411 y permite montar un accesspoint base para proveer internet inalámbricamente en zonas urbanas y rurales.

**Tabla 1.1 Características Técnicas de RB411AH**

MIKROTIK RB411AH	
<b>CPU</b>	Atheros AR161 680MHz procesador de red
<b>Memoria</b>	64MB DDR SDRAM
<b>Bootloader</b>	RouterBOOT
<b>Almacenamiento de datos</b>	64MB onboard NAND memory chip
<b>Ethernet</b>	Un 10/100 Mbit/s puerto Fast Ethernet
<b>miniPCI</b>	Un MiniPCI, slot tipo IIIA/IIIB
<b>Extras</b>	Resetswitch, Beeper
<b>Puerto Serial</b>	Un puerto serial asíncrono DB9 RS232C
<b>LEDs</b>	Power, NAND activity, 5 LEDs
<b>Opciones de alimentación</b>	POE: 10-28V DC. Power jack: 10-28V DC
<b>Dimensiones</b>	10.5 cm x 10.5 cm. Peso: 82g
<b>Consumo de potencia</b>	~3W sin tarjetas de extensión, máx. – 12 W
<b>Sistema Operativo</b>	MikroTikRouterOS v3, licencia nivel 4

- Para puntos donde se requiere hasta tres interfaces inalámbricas (estación repetidora) se utilizarán las Mikrotik RB433AH.

Se eligió el RB433AH en lugar del RB433 ya que este primero es más potente, además sus tres puertos ethernet y ranuras miniPCI permitirán aprovechar al máximo su gran potencia.

**Tabla 1.2 Características Técnicas de RB433AH**

MIKROTIK RB33AH	
<b>CPU</b>	Atheros AR7130 680MHz procesador de red
<b>Memoria</b>	128MB DDR SDRAM
<b>Bootloader</b>	RouterBOOT
<b>Almacenamiento de datos</b>	64MB onboard NAND memory chip y microSD
<b>Ethernet</b>	Tres 10/100 Mbit/s puertos Ethernet
<b>miniPCI</b>	Tres MiniPCI, slot tipo IIIA/IIIB
<b>Extras</b>	Resetswitch, Beeper
<b>Puerto Serial</b>	Un puerto serial asíncrono DB9 RS232C
<b>LEDs</b>	Power, NAND activity, 5 LEDs
<b>Opciones de alimentación</b>	POE: 10-28V DC. Power jack: 10-28V DC
<b>Dimensiones</b>	10.5 cm x 10.5 cm. Peso: 135g
<b>Consumo de potencia</b>	~3W sin tarjetas de extensión, máx. – 25 W
<b>Sistema Operativo</b>	MikroTikRouterOS v3, licencia nivel 5

- Para puntos donde se requieren cuatro interfaces inalámbricas se utilizará la Mikrotik RB800.

Tabla 1.3 Características Técnicas de RB800

MIKROTIK RB800	
<b>CPU</b>	MPC8544 800MHz
<b>Memoria</b>	256MB DDR SDRAM
<b>Bootloader</b>	RouterBOOT
<b>Almacenamiento de datos</b>	NAND memory chip, CF slot on back
<b>Ethernet</b>	Tres 10/100 Mbit/s puertos Ethernet
<b>miniPCI</b>	4 x miniPCI, 1 x miniPCI-e
<b>Extras</b>	Resetswitch, Beeper
<b>Puerto Serial</b>	Un puerto serial asíncrono DB9 RS232C
<b>LEDs</b>	Power, 1 LED por usuario
<b>Opciones de alimentación</b>	POE: 36-56V DC. Power jack: 10-56V DC
<b>Dimensiones</b>	14 cm x 20 cm. Peso: 200g
<b>Sistema Operativo</b>	MikroTikRouterOS v4, licencia nivel 5

### Selección de tarjetas miniPCI

En cuanto a tipos de tarjetas miniPCI se tiene una amplia gama de opciones, sin embargo este número se reduce al momento de descartar aquellas que no trabajan con el estándar 802.11n.

Luego de analizar las características de las miniPCI R52nH, R52N, R5nH, XR5 y UBIQUITI SR71-15; se han seleccionado las Mikrotik R52Hn, compatibles con todos los RouterBOARDS antes mencionados. Ésta decisión se basó en las prestaciones con las que cuenta este tipo de miniPCI, como por ejemplo su mayor potencia de salida y de transmisión frente a las demás; lo que la hace una herramienta excelente al momento de trabajar en la banda de 5.8 GHz a largas distancias.

Tabla 1.4 Características Técnicas de miniPCI R52Hn

MIKROTIK R52Hn			
<b>CPU</b>	Atheros AR9220, chipset		
<b>POUT</b>	Sobre los 25dBm		
<b>Soporte</b>	2x2 MIMO		
<b>Rendimiento</b>	Sobre los 300Mbps, reales 200MBbps		
<b>Modulaciones</b>	OFDM, DSSS		
<b>Consumo de potencia</b>	7W		
		<b>SRX</b>	<b>PTX</b>
<b>Características de sensibilidad y potencia de transmisión</b>	<b>MCS0 20MHz</b>	-97	24
	<b>MCS0 40MHz</b>	-92	22
	<b>MCS7 20MHz</b>	-77	28
	<b>MCS7 40MHz</b>	-74	27

## Selección de antenas

Al momento de elegir la marca de antenas, se ha decidido trabajar con las Ubiquiti del tipo dual, ya que están especialmente diseñadas para enlaces Punto a Punto a larga distancia 2x2 MIMO; incluyen 2 pigtails para conexión a la miniPCI y además su diseño mecánico es a prueba de elementos climáticos, aspecto importante debido a que este proyecto se basa en enlaces rurales expuestos a toda clase de fenómenos atmosféricos.



**Imagen. 1.1. Antena dual Ubiquiti MIMO 2x2**

## Selección de cables

En general todos los cables coaxiales causan pérdidas en los enlaces, sin importar que tan buenos sean; por esta razón se debe procurar que el cable que va desde el radio hasta la antena sea lo más corto posible.

Aunque típicamente en el mercado se encuentran cables con pérdidas entre los 0,1 dB/m – 1 dB/m, se debe tomar en cuenta que las pérdidas aumentan con la frecuencia, y se reducen de acuerdo al grosor del cable, por lo que la calidad del cable es lo más importante al momento de la elección.

Existen dos grandes grupos de cables para transmisión por radio,

- Cables Coaxiales
- Cables Helix

El cable Helix está diseñado para cubrir grandes distancias con la menor pérdida sobre la señal, lo cual no nos afecta grandemente por ser muy cortas las distancias

que se tiene que recorrer entre el radio y la antena, además por su alta tecnología el costo por metro es elevado, razón por la cual se ha descartado esta opción.

El cable coaxial RG8 tiene el mismo grosor que el LMR400, pero pérdidas mucho más elevadas, esto se debe a que el LMR400 es más rígido debido a que posee un conductor externo más efectivo [22]. Para este diseño se ha decidido trabajar con el LMR400 cuya relación calidad-coste es eficaz para las distancias que precisan los enlaces de la provincia de Loja.

Como en la mayoría de enlaces las alturas de las antenas sobrepasan los 15 metros en lugar de utilizar un cable RF muy largo, se ha decidido colocar el radio en la parte superior de la torre y llevar la señal hasta el usuario final a través de cable UTP blindado categoría 5, cuyas pérdidas son aceptables hasta una longitud de 100 m.

## **EQUIPOS PARA TELEMEDICINA**

En el apartado 2.6 se determinaron los servicios que ha de brindar la red de telecomunicaciones diseñada para la provincia de Loja, ahora se detallarán los elementos necesarios para el correcto funcionamiento de cada uno:

### **Servicio de internet y correo electrónico**

Para este servicio es necesario contar con una computadora que permita llevar a cabo la conexión con la web ya sea a través de ethernet o wireless, para que de este modo los médicos de las zonas aisladas puedan acceder a internet y hagan uso de sus correos electrónicos para comunicarse con la jefatura de salud de su área y lleve de esta manera consultas o sugerencias.



**Imagen. 1.2. Computadora de escritorio INTEL**

## Telefonía VoIP

Para acceder a este servicio existen dos vías, ya sea a través de un teléfono digital directamente conectado a la red de telecomunicaciones, o a través de un teléfono analógico conectado a un dispositivo ATA, el cual es el encargado de transformar las señales analógicas del terminal telefónico en señales digitales entendibles para el protocolo de VoIP usado. Para dotar de voz sobre IP a la red, se ha escogido trabajar con el ATA LINKSYS modelo SPA3102 y el teléfono analógico Panasonic; para reducir los problemas de dificultad de uso a los usuarios finales.



**Imagen. 1.3. ATA Linksys**

## Transferencia de datos

La transferencia de datos radica en el intercambio de historiales clínicos entre los médicos que se encuentran en las unidades operativas alejadas y los médicos especialista que se encuentran en las jefaturas de área.

Sin embargo, dentro de este servicio se podría incluir el envío de señales digitales, por ejemplo transmisión de latidos del corazón o de la frecuencia respiratoria de una persona, esto sería posible a través del uso de un estetoscopio digital que permita almacenar los datos que recoge desde el paciente para que posteriormente sean transmitidos y analizados por un médico especialista.

La implementación de un estetoscopio digital en la red de telemedicina, sería de primordial importancia, ya que como se pudo constatar en el apartado 1.1.2, la principal causa de morbilidad en la provincia de Loja son las enfermedades de vías respiratorias.



**Imagen. 1.4. Estetoscopio**

### **Transferencia de imágenes médicas**

A través de este servicio se podrían llevar a cabo acciones de teleradiología y telemicroscopía; esto se lograría a través de la adquisición de imágenes que luego serán digitalizadas a través de un *Digitalizador de la imagen del explorador de película* para el caso de las radiografías o de un escáner para el caso de fotografías de epidermis. Para finalmente ser transmitidas hasta el punto donde se localiza el médico especialista.

Además de la transmisión de imágenes radiológicas y de epidermis; también se podría interactuar con imágenes cardiacas, esto a través de un monito EKG, que toma una derivación bipolar de la señal eléctrica del corazón, la procesa y la envía a la PC a través de un puerto paralelo [23]. La señal es mostrada en tiempo real y es almacenada en la PC para ser transmitida si así se lo requiere.



**Imagen. 1.5. Digitalizador de imágenes**

### **Videollamada**

Para que pueda llevarse a cabo el servicio de video llamada se ha determinado trabajar con una webcam de alta definición, por esta razón se ha elegido la LOGITECH C905 2MP (captura hasta 1600x1200), modo de pantalla panorámica

de 720p e imágenes de hasta 8 megapíxeles y video de hasta 30 cuadros por segundo.



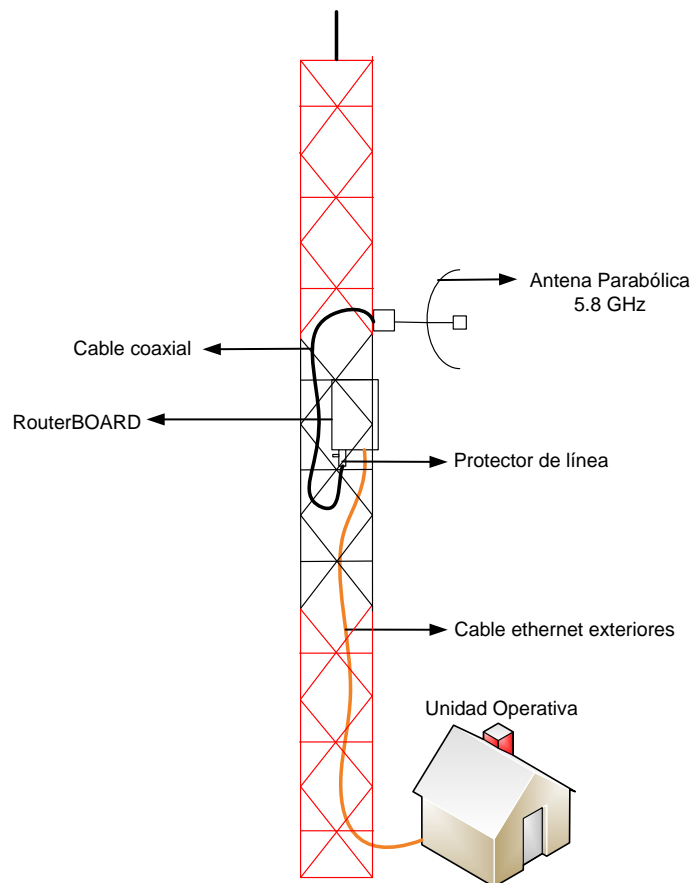
**Imagen. 1.6. Webcam LOGITECH C905**

## ANEXO 2: ESTRUCTURA DE SUBSISTEMAS DE RED

### Subsistema de Telecomunicaciones

La estructura del subsistema de telecomunicaciones de una estación final difiere del de una estación repetidora únicamente por la presencia de un mayor número de antenas en ésta última, las figuras que se presentan a continuación son los esquemas típicos que se encontrarán en las estaciones:

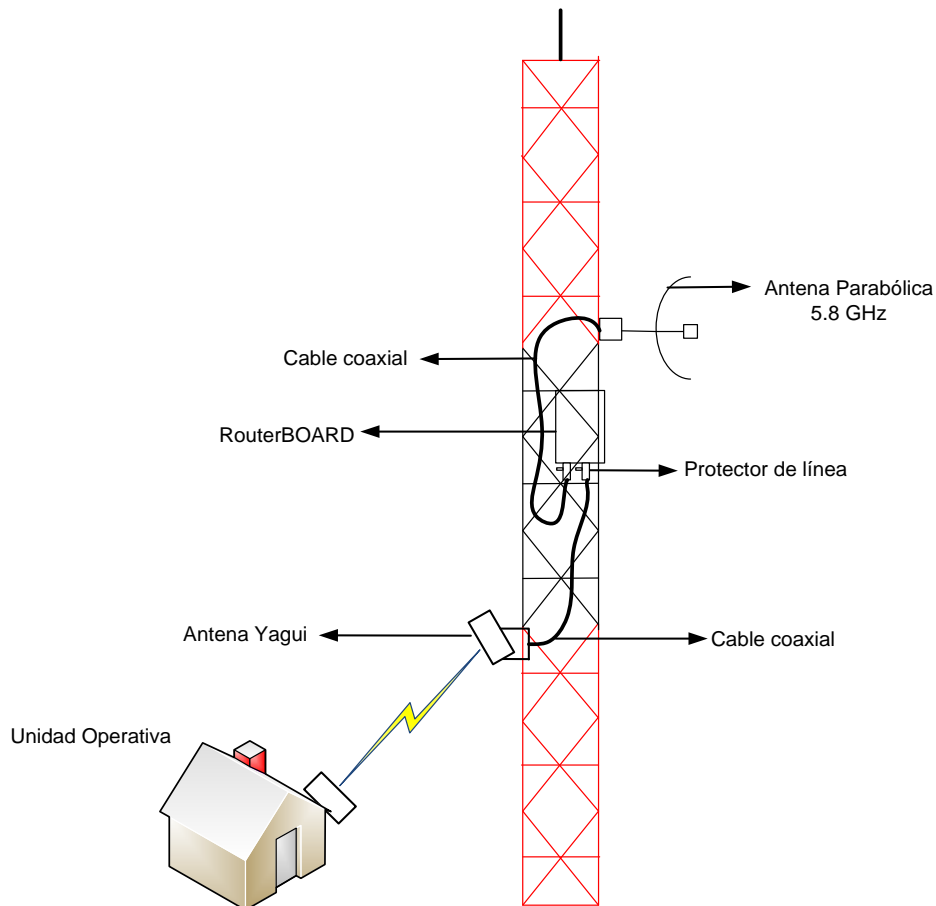
Para una estación final:



**Fig. 3.1. Esquema 1 de subsistema de telecomunicaciones en estación final**

Como se puede apreciar en la figura, el subsistema de telecomunicaciones se inicia con la antena direccional la misma que se encuentra adherida a la torre a través de un soporte; de la antena sale el cable coaxial que antes de llegar al RouterBOARD pasa por un protector de línea. Del RouterBOARD baja el cable ethernet (del tipo para exteriores) para de este modo llegar al cliente.

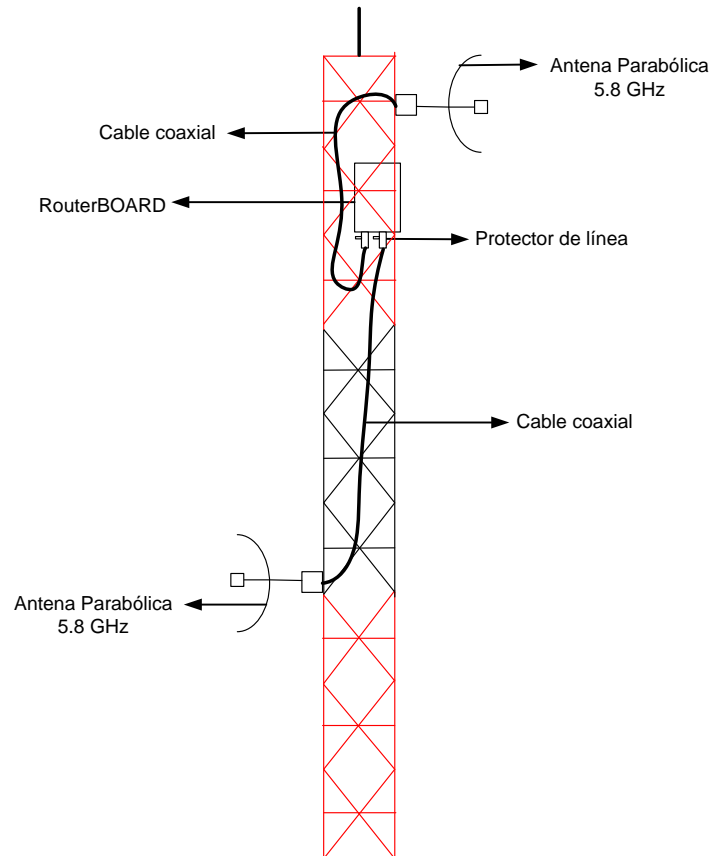
En el caso que el cliente se encuentre a una distancia<sup>34</sup> mayor a 100 m desde la torre, será necesario implementar otro sistema WiFi (con menores requerimientos) que permita llegar a la estación cliente a través de wireless, quedando el esquema anterior de la siguiente manera:



**Fig. 3.2. Esquema 2 de subsistema de telecomunicaciones en estación final**

Para una estación repetidora el sistema queda estructurado como se muestra:

<sup>34</sup> 100m es la distancia máxima recomendada por CISCO para que el cable ethernet trabaje sin mayores pérdidas.

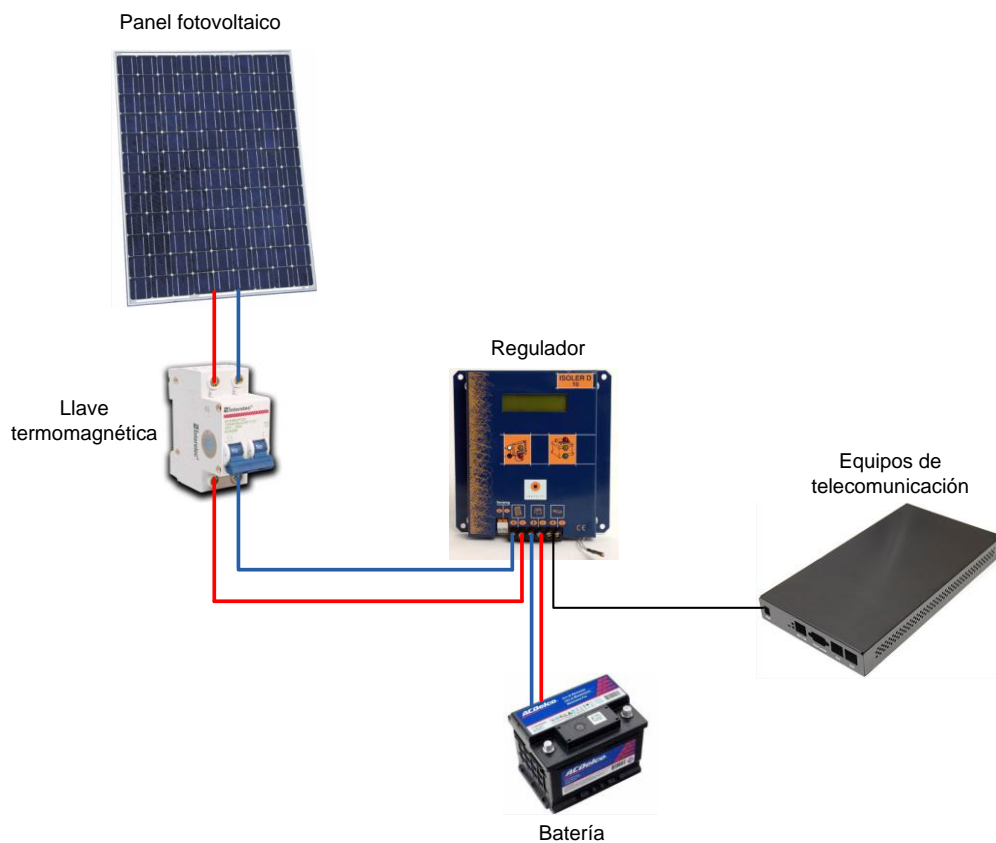


**Fig. 3.3. Esquema subsistema de telecomunicaciones en estación repetidora**

Cabe recalcar que los RouterBOARDS irán dentro de una caja hermética, a una distancia aproximada de 1 m y 1,5 m por debajo de las antenas.

### ***Subsistema fotovoltaico***

El subsistema encargado de brindar energía eléctrica al RouterBOARD de los repetidores autónomos comprende un panel solar, una batería, un regulador, llaves termomagnéticas y cables de conexión internos y externos.

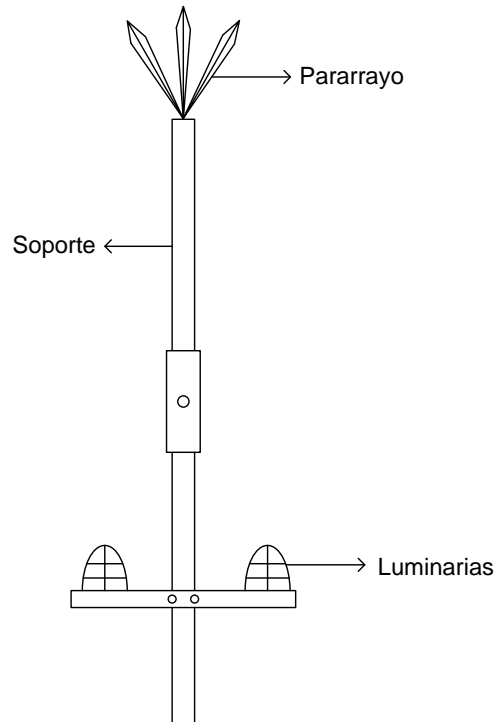


**Fig. 3.4 Esquema básico de subsistema de energía fotovoltaica**

### ***Subsistema de protección eléctrica***

En el apartado 3.1.4 ya se mencionó la estructura del subsistema de protección eléctrica, entre los elementos contaba el uso de un pararrayos tipo Franklin para cada torre, el soporte para éste deberá cumplir las siguientes [24]

- Un tubo inferior de acero ISO 65 de  $\Phi$  1½" de 1.5 metros de longitud con las siguientes características
- Un ángulo de 2"x3/16"x 600mm para soporte de luces de balizaje, esto incluye una abrazadera U-bolt para tubo de  $\Phi$  1½".
- Una plancha base triangular de 359mm de lado, soldado al tubo inferior.
- Un tubo superior de acero ISO 65 de  $\Phi$  1¼" de 1.3 metros de longitud.
- Perno de embone de ½" galvanizado, para la unión del tubo inferior y superior.



**Fig. 3.5 Esquema soporte de pararrayo**

***Subsistema de infraestructura.***

El lugar donde se van a montar los equipos en el exterior será las torres de viento tipo A, cuya altura máxima para este proyecto es de 45 m; por cuestiones de seguridad en aquellas torres mayores a 39 m se ha colocado un triángulo estabilizador a 27m.

La estructura física de las torres se presenta en la siguiente figura:



Se debe tener en cuenta que mientras mayor sea la altura de las antenas, mayor será el espacio necesario para montar los juegos de cables de retenida en tierra, así mismo los cimientos de los anclajes en todas las torres debe ser tal, que los anclajes formen ángulos entre sí de 120°.

### ***Montaje de equipos en las torres***

Al momento de montar los equipos exteriores en las torres es necesario tomar en cuenta algunas recomendaciones:

- Se debe procurar colocar las antenas en los últimos tramos de la torre, bajo éstas a una distancia aproximada de 1 m y 1,5 m se deberán colocar las cajas herméticas que contienen los RouterBOARDS. [17]
- En caso de haber panel solar, éste deberá ir montado sobre un soporte metálico a 1,5 m bajo las cajas herméticas. [17]
- El controlador, las llaves termomagnéticas, la batería y los cables de interconexión internos se colocarán en una caja metálica con aislamiento térmico; a 1 m por debajo del soporte metálico del panel solar. [5]

**ANEXO 3: FÓRMULAS PARA CÁLCULO DE CONFIABILIDAD DE ENLACES**  
**Ejemplo Nvo. Repetidor 6.1 – PS PROGRESO**

**Datos:**

$f = 5,8 \text{ Ghz}$   
 $P_{tx} = -90 \text{ dBm}$   
 $U_{rx} = 20 \text{ dBm}$   
 $G_{rx} = 24 \text{ dBi}$   
 $G_{tx} = 24 \text{ dBi}$   
 $long_{rx} = 4 \text{ m}$   
 $long_{tx} = 4 \text{ m}$   
 $L_c = 1,2 \text{ dB}$   
 $L_{cable} = 33,5 \text{ dB}$   
 $D = 6 \text{ Km}$   
 $F_c = 5850 \text{ MHz}$   
 $t_{rx} = 9 \text{ m}$   
 $t_{tx} = 9 \text{ m}$   
 $k = 4/3$   
 $h_{tx} = 832 \text{ m}$   
 $f_{rx} = 230 \text{ m}$   
 $t = 16^\circ$

**Perdidas por alimentadores (LMR 400) (3.1)**

$$L_a = \frac{L_{cable} * (long_{tx} + long_{rx})}{100} \quad [dB]$$

$$L_a = \frac{33,5 * (4m + 4m)}{100} = 2,84dB$$

**Atenuación por oxígeno (3.2)**

$$\gamma_0 = \left[ 7.19 E - 3 + \frac{6.09}{f^2 + 0.227} + \frac{4.81}{(f - 57)^2 + 1.50} \right] * f^2 * 0.001 \quad [dB / Km]$$

$$\gamma_0 = \left[ 7.19 E - 3 + \frac{6.09}{5.8^2 + 0.227} + \frac{4.81}{(5.8 - 57)^2 + 1.50} \right] * 5.8^2 * 0.001 = 0,0062dB / Km$$

**Atenuación por vapor de agua (3.3)**

$$\gamma_w = \left\{ 0.05 + [0.015 * F] + \frac{3.6}{(f - 22.2)^2 + 8.5} + \frac{10.6}{(f - 183.3)^2 + 9} + \frac{8.9}{(f - 325.4)^2 + 26.3} \right\} * f^2 * 0.00075 * F \quad [db / Km]$$

$$\gamma_w = \left\{ 0.05 + [0.015 * 0.994] + \frac{3.6}{(5.8 - 22.2)^2 + 8.5} + \frac{10.6}{(5.8 - 183.3)^2 + 9} + \frac{8.9}{(5.8 - 325.4)^2 + 26.3} \right\} * 5.8^2 * 0.00075 * 0.994$$

$$\gamma_w = 0.88732db / Km$$

Donde:

$$F = 1 - 0.006(t - 15). \quad (3.4)$$

**Absorción Atmosférica:** (3.5)

$$\gamma = (\gamma_0 + \gamma_w) D \quad [dB]$$

$$\gamma = (0,0062db / Km + 0,8872db / Km) 6Km = 5,3606dB$$

**Perdidas en el espacio libre:** (3.6)

$$Le = 92.44 + 20 \log f (GHz) + 20 \log D (Km) \quad [dB]$$

$$Le = 107,70 + 20 \log 6 = 123,263dB$$

**Pérdida total:** (3.7)

$$Lt = Le + La + Lc + \gamma \quad [dB]$$

$$Lt = 123.263 + 2,84 + 1.2 + 5.3602 = 132,6637dB$$

**Ganancia Total:** (3.8)

$$G_t = G_{rx} + G_{tx} + P_{tx} [dB]$$

$$G_t = 24dB + 24dB + 20dB = 68dB$$

**Potencia de Recepción:** (3.9)

$$P_{rx} = G_{rx} - L_t [dB]$$

$$P_{rx} = 68 - 132,6637dB = -64,6636 dB$$

**Margen de desvanecimiento plano:** (3.10)

$$Mp = P_{rx} - U_{rx} \quad [dB]$$

$$Mp = -64,6636 - (-90) = 25,34dB$$

**Desvanecimiento compuesto:** (3.11)

$$A = -10 \log \left[ 0^{-Mp/10} + R_D 10^{-Mp/10} \right] \quad [dB]$$

$$A = -10 \log \left[ 0^{-25,34/10} + 5 * 10^{-25,34/10} \right] = 17,5548 dB$$

Donde:

$R_D$  = Coeficiente para condiciones de propagación:

- Buena propagación [0.5 - 1]
- Propagación promedio 5 (este caso)
- Propagación mala 9

**Factor Climático para el peor mes:** (3.12)

$$K_c = 10^{-(5.7 - \Delta H)} * \delta_L^{1.5}$$

$$K_c = 10^{-(5.7 - 0)} * 15^{1.5} = 0.0001159$$

Donde:

$$\Delta H = 0 \text{ si } |h_{rx} - h_{tx}| < 700 \quad (\text{este caso})$$

$$\Delta H = 0.6 \text{ si } |h_{rx} - h_{tx}| \geq 700$$

$$\delta_{\perp} = \text{índice refractivo para peor mes (este caso Febrero)=15}$$

**Indisponibilidad por mes:** (3.13)

$$I_{pm} = 10^{-A/10} * K_c * D^{3.5} * f^{0.93} * (1 + \varepsilon_p)^{-1.1}$$

$$I_{pm} = 10^{-17.5548/10} * 0.0001159 * 6^{3.5} * 5.8^{0.93} * (1 + 100.33)^{-1.1} = 0.00003434$$

Donde la inclinación del trayecto:

(3.14)

$$|\varepsilon_p| = \frac{|h_{rx} - h_{tx}|}{D} \quad [mrad]$$

$$|\varepsilon_p| = \frac{|230 - 832|}{6} = 100.33 mrad$$

**Confiabilidad por mes:** (3.15)

$$C_{pm} = 100 - I_{pm}$$

$$C_{pm} = 100 - 0.00003434 = 99.9999657$$

**Factor de conversión geoclimático:** (3.16)

$$\Delta G = \left[ 10.3 - 5 \log \left( 1 + \text{sign} \left| \cos \left\langle \frac{2\pi}{180} * \text{lat} \right\rangle \right|^{0.7} \right) \right] - 2.8 \log D + 1.8 \log \varepsilon_p$$

$$\Delta G = \left[ 10.3 - 5 \log \left( 1 + 1 \left| \cos \left\langle \frac{2\pi}{180} * 3.5 \right\rangle \right|^{0.7} \right) \right] - 2.8 \log 6 + 1.8 \log 100.33$$

$$\Delta G = 10.668$$

Donde:

$$\text{lat} = 0.5 (\text{lat}_{tx} + \text{lat}_{rx})$$

$$\text{sign} = 1 \text{ si } \text{lat} \leq 45^\circ \text{ (Ecuador) y } -1 \text{ si } \text{lat} > 45^\circ$$

**Indisponibilidad anual simplex:** (3.17)

$$I_{as} = 10^{-\Delta G / 10} I_{pm}$$

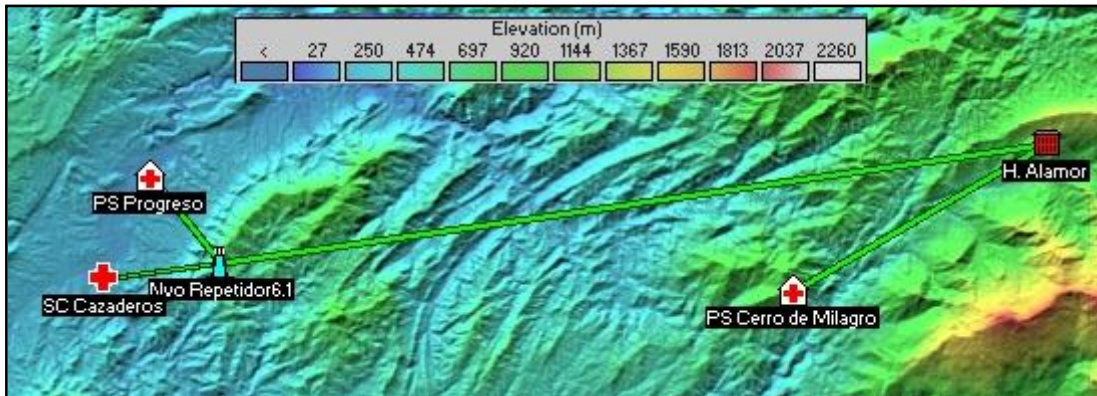
$$I_{as} = 10^{-10.668 / 10} 0.00003434 = 0.000002944$$

**Confiabilidad anual simplex:** (3.18)

$$C_{as} = 100 - I_{as}$$

$$C_{as} = 100 - 0.000002944 = 99.99999708$$

#### ANEXO 4: RESULTADO DE SIMULACIÓN EN RADIO MOBILE SUBRED 6



**Fig. 4.1 Simulación de la subred 6 en Radio Mobile**

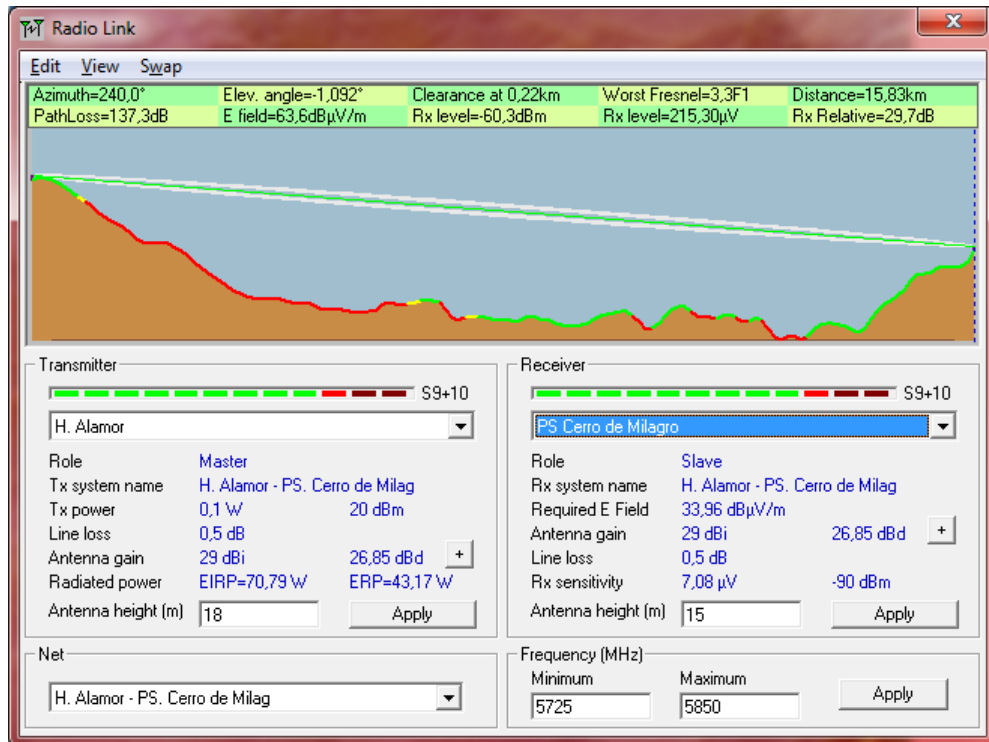
Para este anexo se ha tomado como ejemplo de muestra la subred 6, donde el Hospital Alamor cumple la función de Máster.

Es importante mencionar que con el fin de obtener datos referenciados a un misma resolución, se ha trabajado con un mapa estándar cuya medida en pixeles es de 600 (width, height) y en kilómetros de 65 en cada subred.

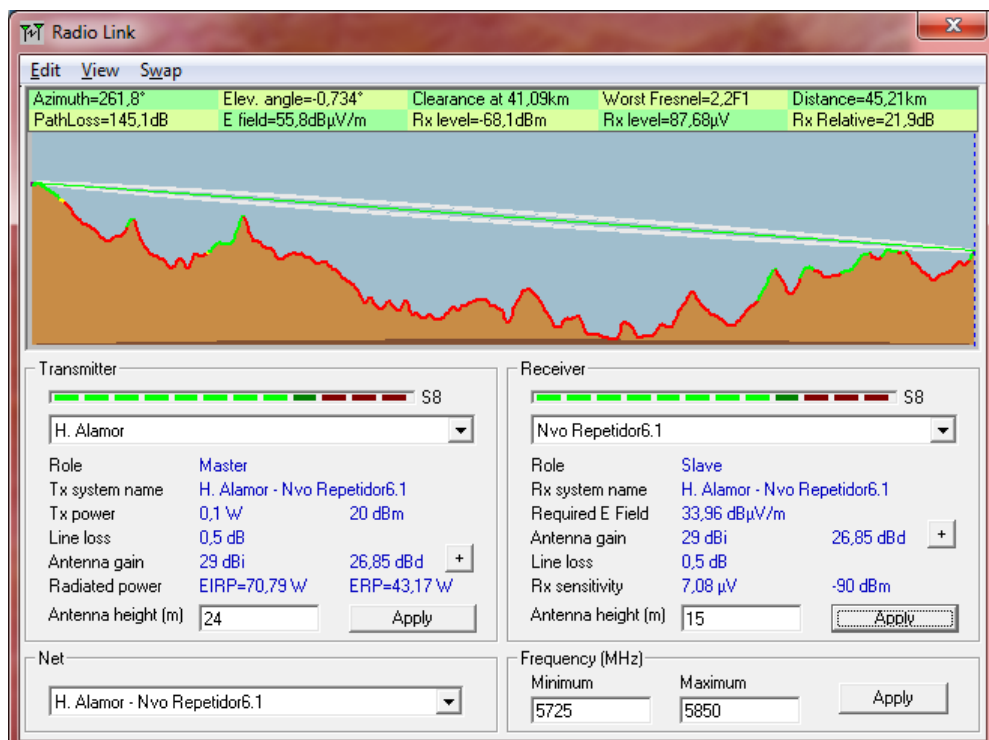
La topología seguida para la simulación es *Maestro-Escavo* con características mínimas de los equipos, suponiendo siempre el peor de los casos:

- Las antenas con ganancia de 34 dBi se las ha simulado de 32 dBi.
- Las antenas con ganancia de 30 dBi se las ha simulado de 29 dBi.
- Las antenas con ganancia de 25 dBi se las ha simulado de 24 dBi.
- Las antenas con ganancia de 22 dBi se las ha simulado de 17 dBi.
- Los equipos transmisores con potencia de transmisión de 24 dBm se han simulado con 20 dBm.
- La sensibilidad del receptor de -97 dBm ha sido simulada con -90dBm.

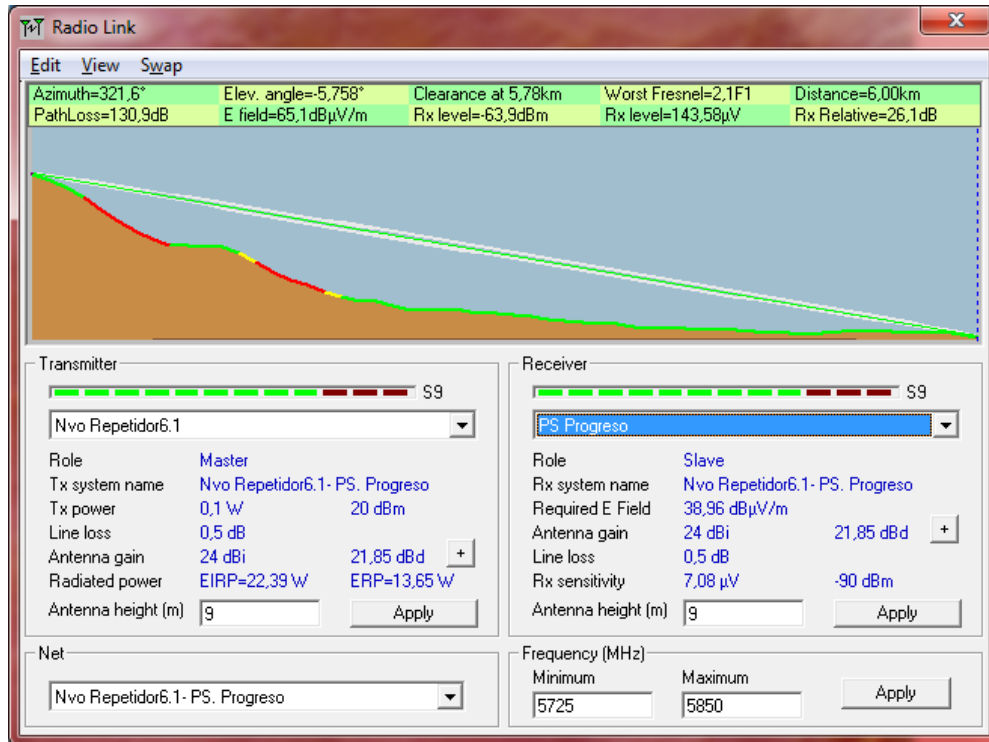
A continuación los perfiles de cada uno de los enlaces pertenecientes a esta subred.



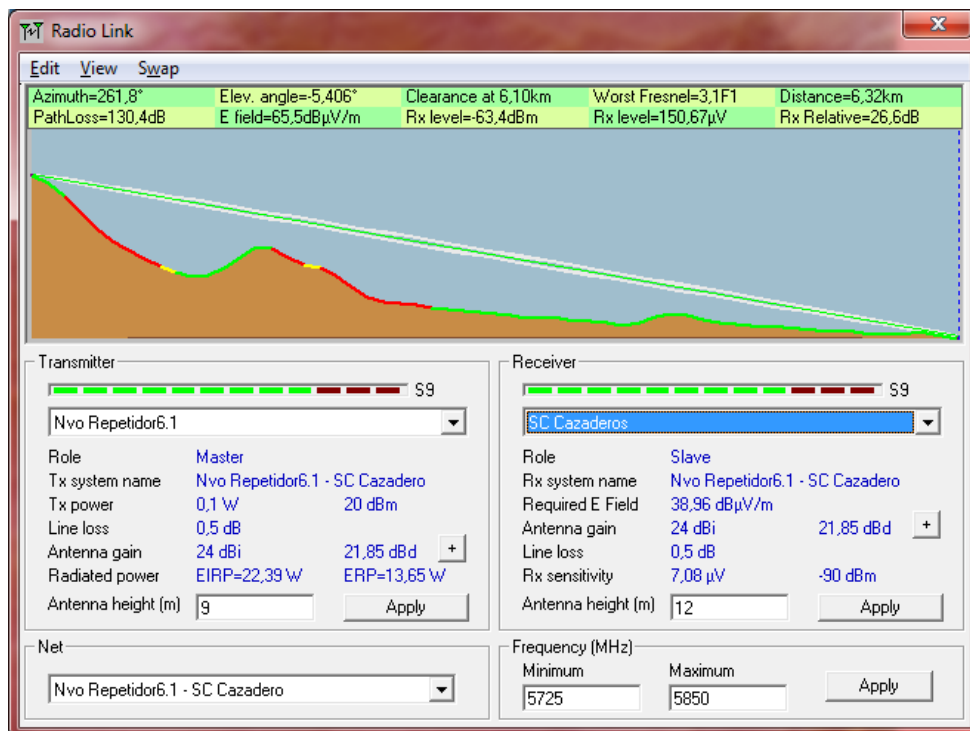
**Fig. 4.2 Perfil del enlace H. Alamor – PS Cerro de Milagro**



**Fig. 4.3 Perfil del enlace H. Alamor – Nvo. Repetidor 6.1**

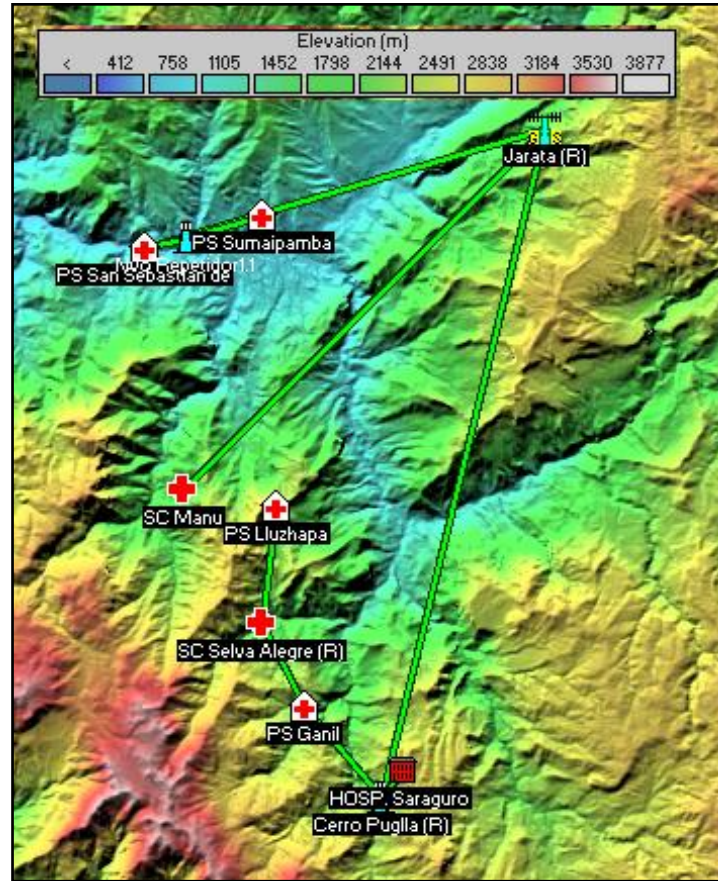


**Fig. 4.4 Perfil del enlace Nvo. Repetidor 6.1 – PS El Progreso**

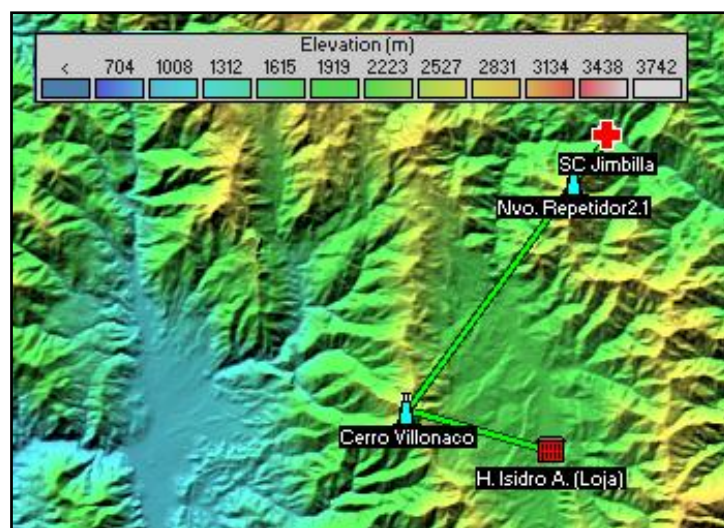


**Fig. 4.5 Perfil del enlace Nvo Repetidor 6.1 – SC Cazaderos**

En las figuras siguientes se presenta el resultado de las subredes restantes, los perfiles de cada enlace de las mismas se pueden encontrar en el CD adjunto al presente documento.



**Fig. 4.6 Simulación de la subred 1 en Radio Mobile.**



**Fig. 4.7 Simulación de la subred 2 en Radio Mobile**

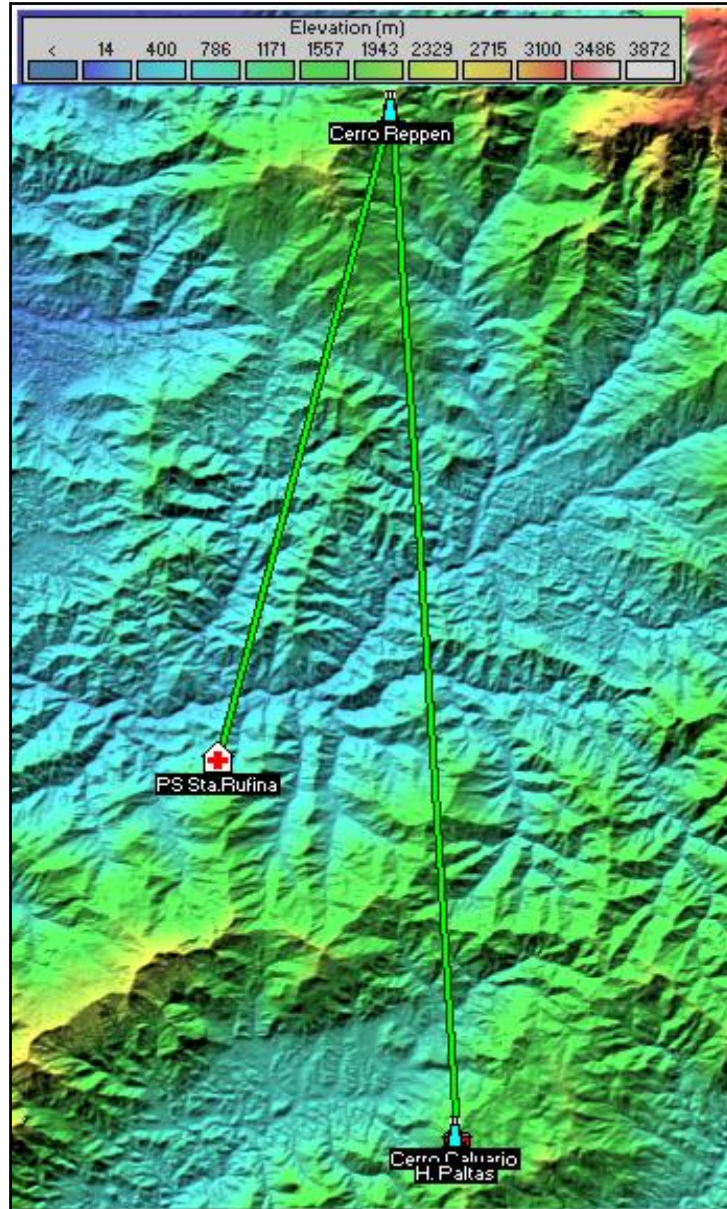


Fig. 4.8 Simulación de la Subred 3 en Radio Mobile.

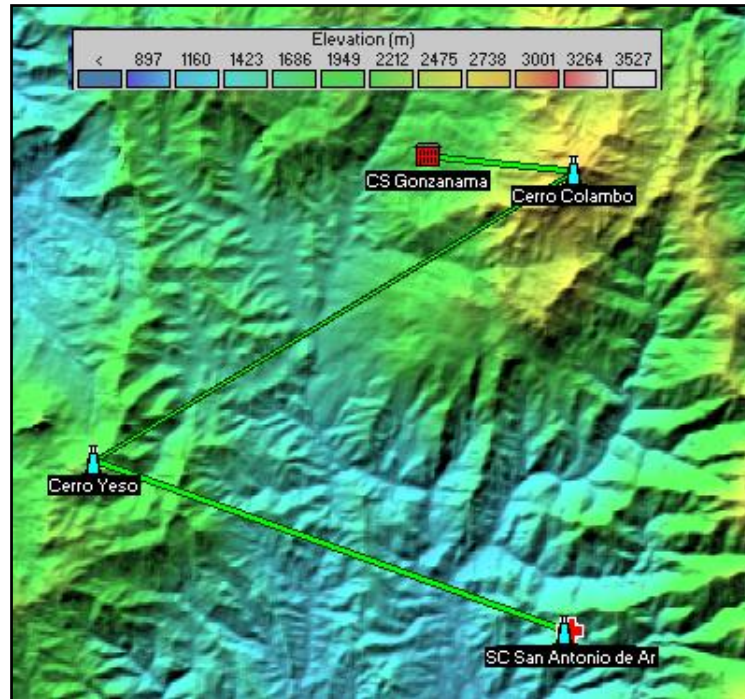


Fig. 4.9 Simulación de la subred 4 en Radio Mobile.

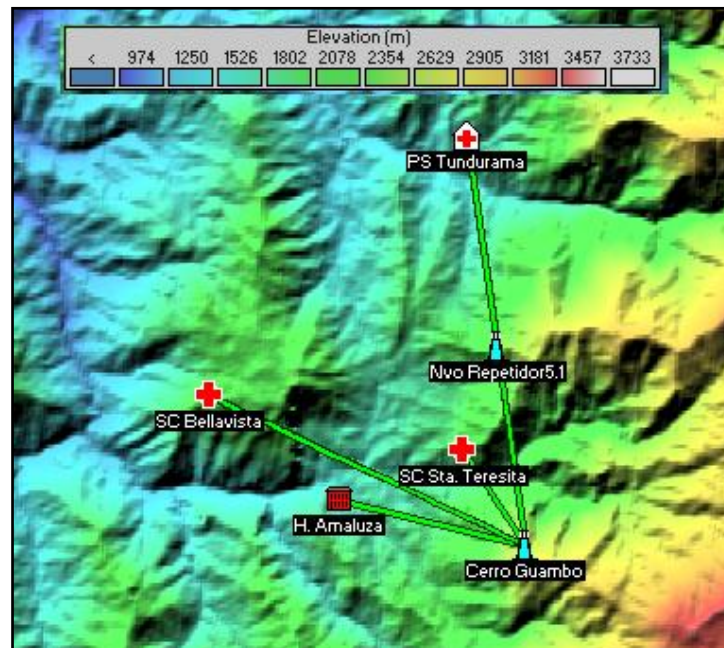


Fig. 4.10 Simulación de la subred 5 en Radio Mobile.

## ANEXO 5: PRESUPUESTO DETALLADO DE INFRAESTRUCTURA WIFI Y DESPLIEGUE DE LA RED 2

### 5.1 Sistema WIFI

**Tabla 5.1.1 Presupuesto del Sistema WIFI de la subred 1**

SISTEMA WIFI	H. Saraguro	SC Selva Alegre	SC Manú	SC Yuluc	PS. Lluzhapa	PS. Gañil	PS Sumaipamba	Nvo. Rep. 1.1	C. Puglla	C. Jarata	Total Unidades	Precio Unitario	Precio Total
Mikrotik RB/433 AH Router Board, 3LAN, 512Mb, POE, 3MPCI		1		1		1		1	1	1	6	207,0	1.242,0
Mikrotik RB/411 Router Board, 1LAN, 64mB, PoE, 1MPCI	1		1		1		1				4	70,0	280,0
Tarjetas inalámbricas MiniPCI R 52Hn Mikrotik	1	2	1	2	1	2	1	2	3	3	18	80,0	1.440,0
Carcasa OUTdoorMikrotik RB433AH		1		1		1		1	1	1	6	20,0	120,0
Carcasa OUTdoorMikrotik RB411	1		1		1		1				4	20,0	80,0
Cable coaxial LMR 400 (metros)	4	8	4	8	4	8	4	8	12	12	72	10,0	7200,0
Conectores de rosca tipo N macho	4	8	4	8	4	8	4	8	12	12	72	6,1	439,2
Descargador gaseoso AntelicomHyperLink 5.8GHz	2	4	2	4	2	4	2	4	6	6	36	35,0	1.260,0
Pigtail UFL - N Hembra	2	4	2	4	2	4	2	4	6	6	36	25,0	900,0
Antena parabólica dual Ubiquiti (30 dBi)									1	1	2	350,0	700,0
Antena parabólica dual Ubiquiti (25dBi)	1	2	1	2	1	2	1	2	2	2	16	170,0	2.720,0
POE, 24V, para RB 411, RB433	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	33,0	330,0
Prensaestopa de PVC con tuerca PG 16	4	8	4	8	4	8	4	8	12	12	72	2,0	144,0
<b>TOTAL</b>													<b>\$10.375,2</b>

Tabla 5.1.2 Presupuesto del Sistema WIFI de la subred 2

<b>SISTEMA WIFI</b>	H. Loja	SC. Jimbilla	Nvo. Rep. 2.1	C. Villonaco	Total Unidades	Precio Unitario	Precio Total
Mikrotik RB/433 AH Router Board, 3LAN, 512Mb, POE, 3MPCI			1	1	2	207,0	414,0
Mikrotik RB/411 Router Board, 1LAN, 64mB, PoE, 1MPCI	1	1			2	70,0	140,0
Tarjetas inalámbricas MiniPCI R 52Hn Mikrotik	1	1	2	2	6	80,0	480,0
Carcasa OUTdoorMikrotik RB433AH			1	1	2	20,0	40,0
Carcasa OUTdoorMikrotik RB411	1	1			2	20,0	40,0
Cable coaxial LMR 400 (metros)	4	4	8	8	24	10,0	240,0
Conectores de rosca tipo N macho	4	4	8	8	24	6,1	146,4
Descargador gaseoso AntelicomHyperLink 5.8GHz	2	2	4	4	12	35,0	420,0
Pigtail UFL - N Hembra	2	2	4	4	12	25,0	300,0
Antena parabólica dual Ubiquiti (30 dBi)	1		1		2	350,0	700,0
Antena parabólica dual Ubiquiti (25 dBi)	1	1	1	1	4	170,0	680,0
POE, 24V, para RB 411, RB433	1	1	1	1	4	33,0	132,0
Prensa estopa de PVC con tuerca PG 16	4	4	8	8	24	2,0	48,0
<b>TOTAL:</b>							<b>\$ 3.780,4</b>

Tabla 5.1.3 Presupuesto del Sistema WIFI de la subred 3

<b>SISTEMA WIFI</b>	H. Catacocha	PS. Sta. Rufina	C. Calvario	C. Reppen	Total Unidades	Precio Unitario	Precio Total
Mikrotik RB/433 AH Router Board, 3LAN, 512Mb, POE, 3MPCI			1	1	2	207,0	414,0
Mikrotik RB/411 Router Board, 1LAN, 64mB, PoE, 1MPCI	1	1			2	70,0	140,0
Tarjetas inalámbricas MiniPCI R52Hn Mikrotik	1	1	2	2	6	80,0	480,0
Carcasa OUTdoorMikrotik RB433AH			1	1	2	20,0	40,0
Carcasa OUTdoorMikrotik RB411	1	1			2	20,0	40,0
Cable coaxial LMR 400 (metros)	4	4	8	8	24	10,0	240,0
Conectores de rosca tipo N macho	4	4	8	8	24	6,1	146,4
Descargador gaseoso AntelicomHyperLink 5.8GHz	2	2	4	4	12	35,0	420,0
Pigtail UFL - N Hembra	2	2	4	4	12	25,0	300,0
Antena parabólica dual Ubiquiti (30 dBi)		1	1	2	4	350,0	1400,0
Antena parabólica dual Ubiquiti (25 dBi)	1				1	170,0	170,0
Antena parabólica dual Ubiquiti (22 dBi)	1	1			2	145,0	190,0
POE, 24V, para RB 411, RB433	1	1	1	1	4	33,0	132,0
Prensa estopa de PVC con tuerca PG 16	4	4	8	8	24	2,0	48,0
<b>TOTAL:</b>							<b>\$ 4.160,4</b>

Tabla 5.1.4 Presupuesto del Sistema WIFI de la subred 4

<b>SISTEMA WIFI</b>	H. Gonzanamá	SC. S.A. Aradas	Nvo. Rep. 4.1	C. Yeso	Total Unidades	Precio Unitario	Precio Total
Mikrotik RB/433 AH Router Board, 3LAN, 512Mb, POE, 3MPCI		1		1	2	207,0	414,0
Mikrotik RB/411 Router Board, 1LAN, 64mB, PoE, 1MPCI	1		1		2	70,0	140,0
Tarjetas inalámbricas MiniPCI R 52Hn Mikrotik	1	2	1	2	6	80,0	480,0
Carcasa OUTdoorMikrotik RB433AH		1		1	2	20,0	40,0
Carcasa OUTdoorMikrotik RB411	1		1		2	20,0	40,0
Cable coaxial LMR 400 (metros)	4	8	4	8	24	10,0	240,0
Conectores de rosca tipo N macho	4	8	4	8	24	6,1	145,2
Descargador gaseoso AntelicomHyperLink 5.8GHz	2	4	2	4	12	35,0	420,0
Pigtail UFL - N Hembra	1	2	1	2	6	25,0	150,0
Antena parabólica dual Ubiquiti (25 dBi)	1	2	1	2	6	179,0	1.074,0
POE, 24V, para RB 411, RB433	1	1	1	1	4	33,0	132,0
Prensa estopa de PVC con tuerca PG 16	4	8	4	8	24	2,0	48,0
<b>TOTAL:</b>							<b>\$ 3.323,2</b>

Tabla 5.1.5 Presupuesto del Sistema WIFI de la subred 5

<b>SISTEMA W FI</b>	H. Amaluza	SC Bellavista	SC Santa T.	SC Tundurama	Nvo. Rep. 5.1	C. Guambo	Total Unid.	Precio Unitario	Precio Total
Mikrotik RB/800 Router Board, 2LAN,256Mb, PoE, 4MPCI.						1	1	415,0	415,0
Mikrotik RB/433 AH Router Board, 3LAN, 512Mb, POE, 3MPCI					1		1	207,0	207,0
Mikrotik RB/411 Router Board, 1LAN, 64mB, PoE, 1MPCI	1	1	1	1			4	70,0	280,0
Tarjetas inalámbricas MiniPCI R 52Hn Mikrotik	1	1	1	1	2	4	10	80,0	800,0
Carcasa OUTdoorMikrotik RB800						1	1	19,0	19,0
Carcasa OUTdoorMikrotik RB433AH					1		1	20,0	20,0
Carcasa OUTdoorMikrotik RB411	1	1	1	1			4	20,0	80,0
Cable coaxial LMR 400 (metros)	4	4	4	4	8	16	40	10,0	400,0
Conectores de rosca tipo N macho	4	4	4	4	8	16	40	6,1	244,0
Descargador gaseoso AntelicomHyperLink 5.8GHz	2	2	2	2	4	8	20	35,0	700,0
Pigtail UFL - N Hembra	2	2	2	2	4	8	20	25,0	500,0
Antena parabólica dual Ubiquiti (25 dBi)		1	1	1		2	5	170,0	850,0
Antena parabólica dual Ubiquiti (22 dBi)	2				1	2	5	145,0	725,0
POE, 48V, para RB 800						1	1	37,0	37,0
POE, 24V, para RB 411, RB433	1	1	1	1	1		5	33,0	165,0
Prensa estopa de PVC con tuerca PG 16	4	4	4	4	8	16	40	2,0	80,0
<b>TOTAL:</b>									<b>\$ 5.524,0</b>

Tabla 5.1.6 Presupuesto del Sistema WIFI de la subred 6

<b>SISTEMA WIFI</b>	H. Alamor	PS. Cerro de M.	PS. El Progreso	SC. Cazaderos	Nvo. Rep. 6.1	Total Unidades	Precio Unitario	Precio Total
Mikrotik RB/433 AH Router Board, 3LAN, 512Mb, POE, 3MPCI	1				1	2	207,0	414,0
Mikrotik RB/411 Router Board, 1LAN, 64mB, PoE, 1MPCI		1	1	1		3	70,0	210,0
Tarjetas inalámbricas MiniPCI R 52Hn Mikrotik	2	1	1	1	3	8	80,0	640,0
Carcasa OUTdoorMikrotik RB433AH	1				1	2	20,0	40,0
Carcasa OUTdoorMikrotik RB411		1	1	1		3	20,0	60,0
Cable coaxial LMR 400 (metros)	8	4	4	4	12	32	10,0	320,0
Conectores de rosca tipo N macho	8	4	4	4	12	32	6,1	193,6
Descargador gaseoso AntelicomHyperLink 5.8GHz	4	2	2	2	6	16	35,0	560,0
Pigtail UFL - N Hembra	4	2	2	2	6	16	15,0	240,0
Antena parabólica dual Ubiquiti (30 dBi)	2	1			1	4	350,0	1400,0
Antena parabólica dual Ubiquiti (25 dBi)			1	1	2	4	170,0	680,0
POE, 24V, para RB 411, RB433	1	1	1	1	1	5	33,0	165,0
Prensaestopa de PVC con tuerca PG 16	8	4	4	4	12	32	2,0	64,0
<b>TOTAL:</b>								<b>\$ 4.986,6</b>

## 5.2 Servicio VoIP

**Tabla 5.2.1 Presupuesto del Servicio VoIP de la subred 1**

<b>VOIP</b>	H. Sarag.	SC Selva Alegre	SC Manú	SC Yuluc	PS Lluzhapa	PS Gañil	PS Sumaipam.	Total Unidades	Precio Unitario	Precio Total
Teléfono Analógico Panasonic		1	1	1	1	1	1	6	25,0	150,0
Computadora para cliente intelAtom 1,6 GHz, 2Gb, 320GB disco, DVD-R, Pantalla 17", Windows Vista					1	1	1	3	500,0	1.500,0
Mueble para computadora					1	1	1	3	110,0	330,0
ATA LINKSYS modelo SPA3102	1	1	1	1	1	1	1	7	120,0	840,0
Alix				1				1	250,0	250,0
PowerSupply 18V Alix				1				1	32,0	32,0
<b>TOTAL</b>										<b>\$ 3.102,0</b>

**Tabla 5.2.2 Presupuesto del Servicio VoIP de la subred 2**

<b>VOIP</b>	H. Loja	SC Jimbilla	Total Unidades	Precio Unitario	Precio Total
Teléfono Analógico Panasonic		1	1	25,0	25,0
Computadora para cliente intelAtom 1,6 GHz, 2Gb, 320GB disco, DVD-R, Pantalla 17", Windows Vista			0	500,0	-
Mueble para computadora			0	110,0	-
ATA LINKSYS modelo SPA3102	1	1	2	120,0	240,0
Alix		1	1	250,0	250,0
PowerSupply 18V Alix		1	1	32,0	32,0
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 547,0</b>

**Tabla 5.2.3 Presupuesto del Servicio VoIP de la subred 3.**

<b>VOIP</b>	H. Catacocha	PS Sta. Rufina	Total Unidades	Precio Unitario	Precio Total
Teléfono Analógico Panasonic		1	1	25,0	25,0
Computadora para cliente intelAtom 1,6 GHz, 2Gb, 320GB disco, DVD-R, Pantalla 17", Windows Vista		1	1	500,0	500,0
Mueble para computadora		1	1	110,0	110,0
ATA LINKSYS modelo SPA3102	1	1	2	120,0	240,0
Alix	1		1	250,0	250,0
PowerSupply 18V Alix	1		1	32,0	32,0
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 1.157,0</b>

**Tabla 5.2.4 Presupuesto del Servicio VoIP de la subred 4.**

<b>VOIP</b>	H. Gonzanamá	SC S.A. Aradas	Total Unidades	Precio Unitario	Precio Total
Teléfono Analógico Panasonic			0	25,0	-
Computadora para cliente intelAtom 1,6 GHz, 2Gb, 320GB disco, DVD-R, Pantalla 17", Windows Vista			0	500,0	-
Mueble para computadora			0	110,0	-
ATA LINKSYS modelo SPA3102	1	1	2	120,0	240,0
Alix	1		1	250,0	250,0
PowerSupply 18V Alix	1		1	32,0	32,0
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 522,0</b>

Tabla 5.2.5 Presupuesto del Servicio VoIP de la subred 5.

<b>VOIP</b>	H. Amaluza	SC Bellavista	SC Santa T.	SC Tundurama	Total Unidades	Precio Unitario	Precio Total
Teléfono Analógico Panasonic					0	25,0	-
Computadora para cliente intelAtom 1,6 GHz, 2Gb, 320GB disco, DVD-R, Pantalla 17", Windows Vista					0	500,0	-
Mueble para computadora					0	110,0	-
ATA LINKSYS modelo SPA3102	1	1	1	1	4	120,0	480,0
Alix			1		1	250,0	250,0
PowerSupply 18V Alix			1		1	32,0	32,0
<b>TOTAL</b>							<b>\$ 762,0</b>

Tabla 5.2.6 Presupuesto del Servicio VoIP de la subred 6.

<b>VOIP</b>	H. Alamor	PS. Cerro de M.	PS Progreso	SC Cazaderos	Total Unidades	Precio Unitario	Precio Total
Teléfono Analógico Panasonic		1	1		2	25,0	50,0
Computadora para cliente intelAtom 1,6 GHz, 2Gb, 320GB disco, DVD-R, Pantalla 17", Windows Vista		1	1		2	500,0	1.000,0
Mueble para computadora		1	1		2	110,0	220,0
ATA LINKSYS modelo SPA3102	1	1	1	1	4	120,0	480,0
Alix	1				1	250,0	250,0
PowerSupply 18V Alix	1				1	32,0	32,0
<b>TOTAL</b>							<b>\$ 2.032,0</b>

### 5.3 Sistema de Energía Solar

**Tabla 5.3.1 Presupuesto del Sistema de Energía Solar de la Red 2**

<b>SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR</b>	Nvo. Rep. 1.1	Nvo. Rep. 2.1	Nvo. Rep. 4.1	Nvo. Rep. 5.1	Nvo. Rep. 6.1	Total Unidades	Precio Unitario	Precio Total
Panel solares fotovoltaicos ISOFOTON modelo I-175	1	1	1	1	1	5	310,0	1.550,0
Batería Solares Monoblock Fiam 250AH, 12V.	1	1	1	1	1	5	247,0	1.235,0
Regulador FOCOS SML-10	1	1	1	1	1	5	54,0	270,0
Regleta de 150mm (Riel)	1	1	1	1	1	5	0,2	0,8
Llaves Termomagnéticas (Para conexión de panel, batería y carga)	3	3	3	3	3	15	18,0	270,0
Soporte de panel solar	1	1	1	1	1	5	70,0	350,0
Cable solido #8 de siete hilos (m)	4	4	4	4	4	20	0,9	18,6
Cable flexible #14 (m)	5	5	5	5	5	25	0,2	5,5
Cable flexible #12 (m)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	7,5	0,4	3,0
Cable concéntrico 8AWG (m)	4	4	4	4	4	20	3,4	67,0
Disyuntores de 20 A	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	7,5	8,0	60,0
<b>TOTAL</b>								<b>\$ 3.829,9</b>

## 5.4 Despliegue de la Red LAN

**Tabla 5.4.1 Presupuesto de la red LAN de la subred 1**

<b>RED LAN</b>	H. Saraguro	SC Selva Alegre	SC Manú	SC Yuluc	PS Lluzhapa	PS Gañil	PS Sumaipamba	Total Unidades	Precio Unitario	Precio Total
Cable UTP-OUT cat 5e Blender	60	42	48	57	42	45	45	339	1,0	339,0
Conectores RJ - 45 Cat5	2	2	2	2	2	2	2	14	0,5	7,0
Cable telefónico para interior	3	3	3	3	3	3	3	21	0,4	8,4
Cajetín RJ - 11	2	2	2	2	2	2	2	14	12,5	175,0
Canaleta 32x12	3	3	3	3	3	3	3	21	4,2	88,2
Protectores para RJ - 45	2	2	2	2	2	2	2	14	0,4	4,9
Swicht 8 puertos TP-Link	1	1	1	1	1	1	1	7	35,0	245,0
<b>TOTAL</b>										<b>\$ 622,5</b>

**Tabla 5.4.2 Presupuesto de la red LAN de la subred 2**

<b>RED LAN</b>	H. Loja	SC Jimbilla	Total Unidades	Precio Unitario	Precio Total
Cable UTP-OUT cat 5e Blender	45	72	117	1,0	117,0
Conectores RJ - 45 Cat5	2	2	4	0,5	2,0
Cable telefónico para interior	3	3	6	0,4	2,4
Cajetín RJ - 11	2	2	4	12,5	50,0
Canaleta 32x12	3	3	6	4,2	25,2
Protectores para RJ - 45	2	2	4	0,4	1,4
Swicht 8 puertos TP-Link	1	1	2	35,0	70,0
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 198,0</b>

Tabla 5.4.3 Presupuesto de la red LAN de la subred 3

<b>RED LAN</b>	H. Catacocha	PS Sta. Rufina	Total Unidades	Precio Unitario	Precio Total
Cable UTP-OUT cat 5e Blender	48	51	99	1,0	99,0
Conectores RJ - 45 Cat5	2	2	4	0,5	2,0
Cable telefónico para interior	3	3	6	0,4	2,4
Cajetín RJ - 11	2	2	4	12,5	50,0
Canaleta 32x12	3	3	6	4,2	25,2
Protectores para RJ - 45	2	2	4	0,4	1,4
Swicht 8 puertos TP-Link	1	1	2	35,0	70,0
				<b>TOTAL</b>	<b>\$ 180,0</b>

Tabla 5.4.4 Presupuesto de la red LAN de la subred 4

<b>RED LAN</b>	H. Gonzanamá	SC S.A. Aradas	Total Unidades	Precio Unitario	Precio Total
Cable UTP-OUT cat 5e Blender	39	45	84	1,0	84,0
Conectores RJ - 45 Cat5	2	2	4	0,5	2,0
Cable telefónico para interior	3	3	6	0,4	2,4
Cajetín RJ - 11	2	2	4	12,5	50,0
Canaleta 32x12	3	3	6	4,2	25,2
Protectores para RJ - 45	2	2	4	0,4	1,4
Swicht 8 puertos TP-Link	1	1	2	35,0	70,0
				<b>TOTAL</b>	<b>\$ 235,0</b>

Tabla 5.4.5 Presupuesto de la red LAN de la subred 5

<b>RED LAN</b>	H. Amaluza	SC Bellavista	SC Santa T.	SC Tundurama	Total Unidades	Precio Unitario	Precio Total
Cable UTP-OUT cat 5e Blender	48	48	42	48	186	1,0	186,0
Conectores RJ - 45 Cat5	2	2	2	2	8	0,5	4,0
Cable telefónico para interior	3	3	3	3	12	0,4	4,8
Cajetín RJ - 11	2	2	2	2	8	12,5	100,0
Canaleta 32x12	3	3	3	3	12	4,2	50,4
Protectores para RJ - 45	2	2	2	2	8	0,4	2,8
Swicht 8 puertos TP-Link	1	1	1	1	4	35,0	140,0
						<b>TOTAL</b>	<b>\$ 488,0</b>

Tabla 5.4.6 Presupuesto de la red LAN de la subred 6

<b>RED LAN</b>	H. Alamor	PS Cerro de Milagro	PS Progreso	SC Cazaderos	Total Unidades	Precio Unitario	Precio Total
Cable UTP-OUT cat 5e Blender	48	42	42	48	180	1,0	180,0
Conectores RJ - 45 Cat5	2	2	2	2	8	0,5	4,0
Cable telefónico para interior	3	3	3	3	12	0,4	4,8
Cajetín RJ - 11	2	2	2	2	8	12,5	100,0
Canaleta 32x12	3	3	3	3	12	4,2	50,4
Protectores para RJ - 45	2	2	2	2	8	0,4	2,8
Swicht 8 puertos TP-Link	1	1	1	1	4	35,0	140,0
						<b>TOTAL</b>	<b>\$ 482,0</b>

### 5.5 Sistema de Energía Eléctrica

**Tabla 5.5.1 Presupuesto del Sistema de Energía Eléctrica de la subred 1**

<b>SISTEMA DE ENERGIA ELECTRICA</b>	H. Saraguro	SC Selva Alegre	SC Manú	SC S.S. Yuluc	PS Lluzhapa	PS Gañil	PS Sumaipamba	Total Unidades	Precio Unitario	Precio Total
Interruptor Breaker General electric 20 A	1	1	1	1	1	1	1	7	10,0	70,0
									<b>TOTAL</b>	<b>\$ 70,0</b>

**Tabla 5.5.2 Presupuesto del Sistema de Energía Eléctrica de la subred 2**

<b>SISTEMA DE ENERGIA ELECTRICA</b>	H. Loja	SC Jimbilla	Total Unidades	Precio Unitario	Precio Total
Interruptor Breaker General electric 20 A	1	1	2	10,0	20,0
				<b>TOTAL</b>	<b>\$ 20,0</b>

**Tabla 5.5.3 Presupuesto del Sistema de Energía Eléctrica de la subred 3**

<b>SISTEMA DE ENERGIA ELECTRICA</b>	H. Catacocha	PS Sta. Rufina	Total Unidades	Precio Unitario	Precio Total
Interruptor Breaker General electric 20 A	1	1	2	10,0	20,0
				<b>TOTAL</b>	<b>\$ 20,0</b>

**Tabla 5.5.4 Presupuesto del Sistema de Energía Eléctrica de la subred 4**

<b>SISTEMA DE ENERGIA ELECTRICA</b>	H. Gonzanamá	SC S.A. Aradas	Total Unidades	Precio Unitario	Precio Total
Interruptor Breaker General electric 20 A	1	1	2	10,0	20,0
<b>TOTAL</b>					<b>20,0</b>

**Tabla 5.5.5 Presupuesto del Sistema de Energía Eléctrica de la subred 5**

<b>SISTEMA DE ENERGIA ELECTRICA</b>	H. Amaluza	SC Bellavista	SC Santa T.	SC Tundurama	Total Unidades	Precio Unitario	Precio Total
Interruptor Breaker General electric 20 A	1	1	1	1	4	10,0	40,0
<b>TOTAL</b>							<b>40,0</b>

**Tabla 5.5.6 Presupuesto del Sistema de Energía Eléctrica de la subred 6**

<b>SISTEMA DE ENERGIA ELECTRICA</b>	H. Alamor	PS Cerro de M.	PS Progreso	SC Cazaderos	Total Unidades	Precio Unitario	Precio Total
Interruptor Breaker General electric 20 A	1	1	1	1	4	10,0	40,0
<b>TOTAL</b>							<b>40,0</b>

## 5.6 Sistema de Puesta a Tierra.

Tabla 5.6.1 Presupuesto del Sistema de puesta a tierra de la subred 1

<b>SISTEMA DE PUESTA A TIERRA</b>	H. Saraguro	SC Selva Alegre	SC Manú	SC Yuluc	PS Lluzhapa	PS Gañil	PS Sumaipam.	Nvo Rep. 1.1	C. Puglla	C. Jarata	Total Unidades	Precio Unitario	Precio Total
Pararrayos tetrapuntales tipo Franklin	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	30,0	300,0
Tetrapuntal y baliza para torre tipo A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	95,0	950,0
Barra master completa	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	20,0	200,0
BarraFranklin	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	55,0	550,0
Varillas de cooperware 1,8m con conector para tierra	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	5,0	50,0
Cable desnudo AWG6 (metros)	18	30	12	18	27	12	15	15	18	42	207	2,7	558,9
Cemento gem 25-a cadweld	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	38,0	380,0
Capsula #90 plusF20 cadweld (10u)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	60,0	600,0
<b>TOTAL</b>												<b>\$3.588,9</b>	

Tabla 5.6.2 Presupuesto del Sistema de puesta a tierra de la subred 2

<b>SISTEMA DE PUESTA A TIERRA</b>	H. Loja	SC Jimbilla	Nvo. Rep. 2.1	C. Villonaco	Total Unidades	Precio Unitario	Precio Total
Pararrayos tetrapuntales tipo Franklin	1	1	1	1	4	30,0	120,0
Tetrapuntal y baliza para torre tipo A	1	1	1	1	4	95,0	380,0
Barra master completa	1	1	1	1	4	20,0	80,0
Barra de Francklin	1	1	1	1	4	55,0	220,0
varillas de cooperware 1,8m con conector para tierra	1	1	1	1	4	5,0	20,0
Cable desnudo AWG6 (metros)	18	15	42	18	93	2,6	241,8
Cemento gem 25-a cadweld	1	1	1	1	4	38,0	152,0
Capsula #90 plusF20 cadweld (10u)	1	1	1	1	4	60,0	240,0
<b>TOTAL</b>							<b>\$ 1.453,8</b>

Tabla 5.6.3 Presupuesto del Sistema de puesta a tierra de la subred 3

<b>SISTEMA DE PUESTA A TIERRA</b>	H. Catacocha	PS Sta. Rufina	C. Calvario	C. Reppen	Total Unidades	Precio Unitario	Precio Total
Pararrayos tetrapuntales tipo Franklin	1	1	1	1	4	30,0	120,0
Tetrapuntal y baliza para torre tipo A	1	1	1	1	4	95,0	380,0
Barra master completa	1	1	1	1	4	20,0	80,0
Barra de Francklin	1	1	1	1	4	55,0	220,0
varillas de cooperware 1,8m con conector para tierra	1	1	1	1	4	5,0	20,0
Cable desnudo AWG6 (metros)	18	18	21	18	75	2,6	195,0
Cemento gem 25-a cadweld	1	1	1	1	4	38,0	152,0
Capsula #90 plusF20 cadweld (10u)	1	1	1	1	4	60,0	240,0
<b>TOTAL</b>							<b>\$ 1.407,0</b>

Tabla 5.6.4 Presupuesto del Sistema de puesta a tierra de la subred 4

<b>SISTEMA DE PUESTA A TIERRA</b>	H. Gonzanamá	SC S.A. Aradas	Nvo. Rep. 4.1	C. Yeso	Total Unidades	Precio Unitario	Precio Total
Pararrayos tetrapuntales tipo Franklin	1	1	1	1	4	30,0	120,0
Tetrapuntal y baliza para torre tipo A	1	1	1	1	4	95,0	380,0
Barra master completa	1	1	1	1	4	20,0	80,0
Barra de Francklin	1	1	1	1	4	55,0	220,0
varillas de cooperware 1,8m con conector para tierra	1	1	1	1	4	5,0	20,0
Cable desnudo AWG6 (metros)	12	9	15	18	54	2,6	140,4
Cemento gem 25-a cadweld	1	1	1	1	4	38,0	152,0
Capsula #90 plusF20 cadweld (10u)	1	1	1	1	4	60,0	240,0
<b>TOTAL</b>							<b>\$ 1.352,4</b>

Tabla 5.6.5 Presupuesto del Sistema de puesta a tierra de la subred 5

<b>SISTEMA DE PUESTA A TIERRA</b>	H. Amaluza	SC Bellavista	SC Sta. Teres.	SC Tundurama	Nvo. Rep. 5.1	C. Guambo	Total Unidades	Precio Unitario	Precio Total
Pararrayos terapuntales tipo Franklin	1	1	1	1	1	1	6	30,0	180,0
Tetrapuntal y baliza para torre tipo A	1	1	1	1	1	1	6	95,0	570,0
Barra master completa	1	1	1	1	1	1	6	20,0	120,0
Barra de Francklin	1	1	1	1	1	1	6	55,0	330,0
varillas de cooperware 1,8m con conector para tierra	1	1	1	1	1	1	6	5,0	30,0
Cable desnudo AWG6 (metros)	18	18	18	12	18	30	114	2,6	296,4
Cemento gem 25-a cadweld	1	1	1	1	1	1	6	38,0	228,0
Capsula #90 plusF20 cadweld (10u)	1	1	1	1	1	1	6	60,0	360,0
<b>TOTAL</b>									<b>\$ 2.114,4</b>

Tabla 5.6.6 Presupuesto del Sistema de puesta a tierra de la subred 6

<b>SISTEMA DE PUESTA A TIERRA</b>	H. Alamor	PS Cerro de M.	PS Progreso	SC Cazaderos	Nvo. Rep. 6.1	Total Unidades	Precio Unitario	Precio Total
Pararrayos tetrapuntales tipo Franklin	1	1	1	1	1	5	30,0	150,0
Tetrapuntal y baliza para torre tipo A	1	1	1	1	1	5	95,0	475,0
Barra master completa	1	1	1	1	1	5	20,0	100,0
Barra de Francklin	1	1	1	1	1	5	55,0	275,0
varillas de cooperware 1,8m con conector para tierra	1	1	1	1	1	5	5,0	25,0
Cable desnudo AWG6 (metros)	27	18	12	12	18	87	2,6	226,2
Cemento gem 25-a cadweld	1	1	1	1	1	5	38,0	190,0
Capsula #90 plusF20 cadweld (10u)	1	1	1	1	1	5	60,0	300,0
<b>TOTAL</b>								<b>\$ 1.741,2</b>

## 5.7 Sistema de Soporte Mecánico.

**Tabla 5.7.1 Presupuesto del Sistema de soporte mecánico de la subred 1**

<b>SISTEMA DE SOPORTE MECANICO</b>	H. Saragu.	SC Selva Alegre	SC Manú	SC Yuluc	PS. Lluzhapa	PS. Gañil	PS Sumaip.	Nvo. Rep. 1.1	C. Puglla	C. Jarata	Total Unidades	Precio Unitario	Precio Total
Tramo de torre Tipo A (3m de longitud, triángulo 35cm, tubo 1 1/2, varilla 10mm) + accesorios, e instalación	5	9	3	5	8	3	4	4	5	13	59	480,0	28.320,0
Brazo Soporte de Antenas tipo L 40x 30 com	1	2	1	2	1	2	1	2	3	3	18	16,0	288,0
Triangulo Estabilizador										1	1	267,0	267,0
<b>TOTAL</b>													<b>\$28.875,0</b>

**Tabla 5.7.2 Presupuesto del Sistema de soporte mecánico de la subred 2**

<b>SISTEMA DE SOPORTE MECANICO</b>	H. Loja	SC Jimbilla	Nvo Rep. 2.1	C. Villonaco	Total Unidades	Precio Unitario	Precio Total
Tramo de torre Tipo A (3m de longitud, triángulo 35cm, tubo 1 1/2, varilla 10mm) + accesorios, e instalación	5	4	13	5	27	480,0	12.960,0
Brazo Soporte de Antenas tipo L 40x 30 com	1	1	2	2	6	16,0	96,0
Triangulo Estabilizador			1		1	267,0	267,0
<b>TOTAL</b>							<b>\$ 13.323,0</b>

**Tabla 5.7.3 Presupuesto del Sistema de soporte mecánico de la subred 3**

<b>SISTEMA DE SOPORTE MECANICO</b>	H. Catacocha	PS Sta. Rufina	C. Calvario	C. Reppen	Total Unidades	Precio Unitario	Precio Total
Tramo de torre Tipo A (3m de longitud, triángulo 35cm, tubo 1 1/2, varilla 10mm) + accesorios, e instalación	5	5	6	5	21	480,0	10.080,0
Brazo Soporte de Antenas tipo L 40x 30 com	1	1	2	2	6	16,0	96,0
Triangulo Estabilizador					0	267,0	-
<b>TOTAL</b>							<b>\$ 10.176,0</b>

**Tabla 5.7.4 Presupuesto del Sistema de soporte mecánico de la subred 4**

<b>SISTEMA DE SOPORTE MECANICO</b>	H. Gonzanamá	SC S.A. Aradas	Nvo Rep. 4.1	C. Yeso	Total Unidades	Precio Unitario	Precio Total
Tramo de torre TipoA (3m de longitud, triángulo 35cm, tubo 1 1/2, varilla 10mm) + accesorios, e instalación	3	2	4	5	14	480,0	6.720,0
Brazo Soporte de Antenas tipo L 40x 30 com	1	2	1	2	6	16,0	96,0
Triangulo Estabilizador					0	267,0	-
<b>TOTAL</b>							<b>\$ 6.816,0</b>

**Tabla 5.7.5 Presupuesto del Sistema de soporte mecánico de la subred5**

<b>SISTEMA DE SOPORTE MECANICO</b>	H. Amaluza	SC Bellavista	SC Santa Teres.	SC Tundurama	Nvo Rep. 5.1	C. Guambo	Total Unidades	Precio Unitario	Precio Total
Tramo de torre TipoA (3m de longitud, triángulo 35cm, tubo 1 1/2, varilla 10mm) + accesorios, e instalación	5	5	5	3	5	9	32	480,0	15.360,0
Brazo Soporte de Antenas tipo L 40x 30 com	1	1	1	1	2	4	8	16,0	128,0
Triangulo Estabilizador							0	267,0	-
<b>TOTAL</b>									<b>\$ 15.488,0</b>

**Tabla 5.7.6 Presupuesto del Sistema de soporte mecánico de la subred 6**

<b>SISTEMA DE SOPORTE MECANICO</b>	H. Alamor	PS Cerro de M.	PS El Progreso	SC Cazaderos	Nvo. Rep. 6.1	Total Unidades	Precio Unitario	Precio Total	
Tramo de torre Tipo A (3m de longitud, triángulo 35cm, tubo 1 1/2, varilla 10mm) + accesorios, e instalación	8	5	3	3	5	24	480,0	11.520,0	
Brazo Soporte de Antenas tipo L 40x 30 com	2	1	1	1	3	5	16,0	80,0	
Triangulo Estabilizador						0	267,0	-	
<b>TOTAL</b>									<b>\$ 11.600,0</b>

### 5.8 Sistema de Alojamiento Mecánico.

**Tabla 5.8.1 Presupuesto del Sistema de alojamiento mecánico de la subred 1**

<b>CAJAS DE ALOJAMIENTO MECÁNICO</b>	H. Saraguro	SC Selva Alegre	SC Manú	SC Yuluc	PS Lluzhapa	PS Gañil	PS Sumaip.	Nvo Rep. 1.1	C. Puglla	C. Jarata	Total Unidades	Precio Unitario	Precio Total
Cajas herméticas HyperLink/clientes		1	1	1	1	1	1				6	72,0	432,0
Cajas herméticas HyperLink/repetidor		1		1		1		1	1	1	6	72,0	432,0
Caja para baterías								1			1	65,0	65,0
<b>TOTAL</b>												<b>\$929,0</b>	

**Tabla 5.8.2 Presupuesto del Sistema de alojamiento mecánico de la subred 2**

<b>CAJAS DE ALOJAMIENTO MECÁNICO</b>	H. Loja	SC Jimbilla	Nvo Rep. 2.1	C. Villonaco	Total Unidades	Precio Unitario	Precio Total
Cajas herméticas HyperLink/clientes		1			1	72,0	72,0
Cajas herméticas HyperLink/repetidor			1	1	2	72,0	144,0
Caja para baterías			1		1	65,0	65,0
<b>TOTAL</b>							<b>\$ 281,0</b>

**Tabla 5.8.3 Presupuesto del Sistema de alojamiento mecánico de la subred 3**

<b>CAJAS DE ALOJAMIENTO MECÁNICO</b>	H. Catacocha	PS Sta. Rufina	C. Calvario	C. Reppen	Total Unidades	Precio Unitario	Precio Total
Cajas herméticas HyperLink/clientes		1			1	72,0	72,0
Cajas herméticas HyperLink/repetidor			1	1	2	72,0	144,0
Caja para Baterías					0	65,0	-
<b>TOTAL</b>							<b>\$ 216,0</b>

**Tabla 5.8.4 Presupuesto del Sistema de alojamiento mecánico de la subred 4**

<b>CAJAS DE ALOJAMIENTO MECÁNICO</b>	H. Gonzanamá	SC S.A. Aradas	Nvo Rep. 4.1	C. Yeso	Total Unidades	Precio Unitario	Precio Total
Cajas herméticas HyperLink/clientes		1			1	72,0	72,0
Cajas herméticas HyperLink/repetidor			1	1	2	72,0	144,0
Caja para Baterías			1		1	65,0	65,0
<b>TOTAL</b>							<b>\$ 281,0</b>

**Tabla 5.8.5 Presupuesto del Sistema de alojamiento mecánico de la subred 5**

<b>CAJAS DE ALOJAMIENTO MECÁNICO</b>	H. Amaluza	SC Bellavista	SC Santa Teres.	SC Tundurama	Nvo Rep. 5.1	C. Guambo	Total Unidades	Precio Unitario	Precio Total
Cajas herméticas HyperLink/clientes		1	1	1			3	72,0	216,0
Cajas herméticas HyperLink/repetidor					1	1	2	72,0	144,0
Caja para Baterías					1		1	65,0	65,0
<b>TOTAL</b>									<b>\$ 425,0</b>

**Tabla 5.8.6 Presupuesto del Sistema de alojamiento mecánico de la subred 6**

<b>CAJAS DE ALOJAMIENTO MECÁNICO</b>	H. Alamor	PS Cerro de M.	PS Progreso	SC. Cazaderos	Nvo. Rep. 6.1	Total Unidades	Precio Unitario	Precio Total
Cajas herméticas HyperLink/clientes		1	1	1		3	72,0	216,0
Cajas herméticas HyperLink/repetidor					1	1	72,0	72,0
Caja para Baterías					1	1	65,0	65,0
<b>TOTAL</b>								<b>\$ 353,0</b>

## ANEXO 6: SITE SURVEY

Durante el desarrollo de este diseño de red se ha llevado a cabo dos visitas técnicas; al cantón de Zapotillo en el mes de Agosto y al catón Saraguro en el mes de Noviembre de 2010; con el objetivo de realizar una inspección visual tanto de acceso, infraestructura y servicios básicos con que cuentan las unidades de salud de Cazaderos, El Progreso, Manú, Selva Alegre y Sumaipamba; lugares que han sido tomados como puntos de acción del proyecto de telemedicina.

### Acceso

#### SC Cazaderos y PS El Progreso (Zapotillo)

El acceso hasta el Subcentro de Cazaderos se lo hizo en carro a través de una vía de tercer orden, y duró aproximadamente 7 horas llegar hasta el lugar partiendo desde la ciudad de Loja. El Puesto de salud “El Progreso” se encuentra a aproximadamente 10 minutos desde Cazaderos, igual la vía que une estos dos lugares es de tercer orden.

Cabe recalcar la inaccesibilidad de estos dos lugares no solo en cuanto a carreteras o tiempo, sino también en cuanto a transporte; existen únicamente dos turnos diarios de transporte local que les permiten a los pobladores salir hasta el cantón de Alamor.

La imagen 6.1 y 6.2 muestran el mal estado en el que se encuentran las carreteras hacia Cazaderos y El Progreso, las dos con tramos donde es muy difícil el paso de vehículos.



Imagen.6.1Vía a Subcentro Cazaderos



**Imagen.6.2Vía a Puesto de Salud El Progreso**

Al llegar a cada uno de las unidades operativas se hizo una revisión de la infraestructura eléctrica con que cuenta cada lugar, y se hizo un análisis de la seguridad que poseen en cuanto a infraestructura para determinar si están o no adecuados para la implementación de sistemas informáticos, y se pudo constatar lo siguiente:

**Tabla 6.1 Condiciones de las unidades de salud - Zapotillo**

<b>Características</b>	<b>SC Cazaderos</b>	<b>PS Progreso</b>
Electricidad	Si	Si
Puesta a tierra	No	No
Telefonía	No	No
Sistema informático	Si	No
Internet	No	No
Comunicación con Jefatura de área	Por radio	Por radio
Seguridad	Si	Si
Persona médico	Auxiliar de enfermería	Auxiliar de enfermería
Área disponible para ubicación de torre	Si	Si

**SC Selva Alegre, SC Manú y PS Sumaipamba (Saraguro)**

La imagen 6.3 muestra la carretera de tercer orden hacia el SC Selva Alegre, cuyo arribo se lo hizo en carro, con un recorrido aproximado de 4 horas 30 minutos desde la ciudad de Loja.



**Imagen.6.3Vía a Subcentro Selva Alegre**

llegar al SC de Manú, al igual que en el caso anterior, la carretera de acceso es de tercer orden, así se observa en la imagen 6.4; este lugar se encuentra a una distancia de 1 hora 30 minutos desde Selva Alegre.



**Imagen.6.4Vía a Subcentro Manú**

La vía que comunica Manú con Sumaipamba es de tercer orden y el recorrido tiene una duración de 2 horas en carro. Uno de los peores tramos que tiene esta carretera se presenta en la imagen 6.5.



**Imagen.6.5**Vía a Puesto de Salud Sumaipamba

Al igual que en el cantón Zapotillo, en cada una de las unidades operativas de Saraguro se llevó a cabo una revisión de todo lo correspondiente a infraestructura como: electricidad, seguridad, implementación informática, etc:

**Tabla 6.2**Condiciones de las unidades de salud - Saraguro

<b>Características</b>	<b>SC Selva Alegre</b>	<b>SC Manú</b>	<b>PS Sumaipamba</b>
Electricidad	Si	Si	Si
Puesta a tierra	No	No	No
Telefonía	No	Si	No
Sistema informático	Si	No	Si
Internet	No	No	No
Comunicación con Jefatura de área	Celular, Radio (en trámite)	Telefonía convencional	Telefonía convencional (alquilada)
Seguridad	Si	Si	Si
Persona médico	Médico, Auxiliar de enfermería y Odontólogo.	Médico, obstetra, Auxiliar de enfermería y Odontólogo	Auxiliar de enfermería
Área disponible para ubicación de torre	Si	Si	Si

## Infraestructura

Las imágenes 6.6, 6.7, 6.8, 6.9 y 6.10 muestran las unidades operativas del SC Cazaderos, PS El Progreso, SCSelva Alegre, SC Manúy SC Sumaipamba, respectivamente; donde se pudo constatar que estos cinco lugares poseen la infraestructura adecuada en cuanto a seguridad para la implementación de equipos de telecomunicaciones, así como también se comprobó que existe espacio libre alrededor de modo que la colocación de las torres es factible.



Imagen.6.6Subcentro Cazaderos



Imagen.6.7Puesto de Salud El Progreso



**Imagen.6.8 Subcentro Selva Alegre**



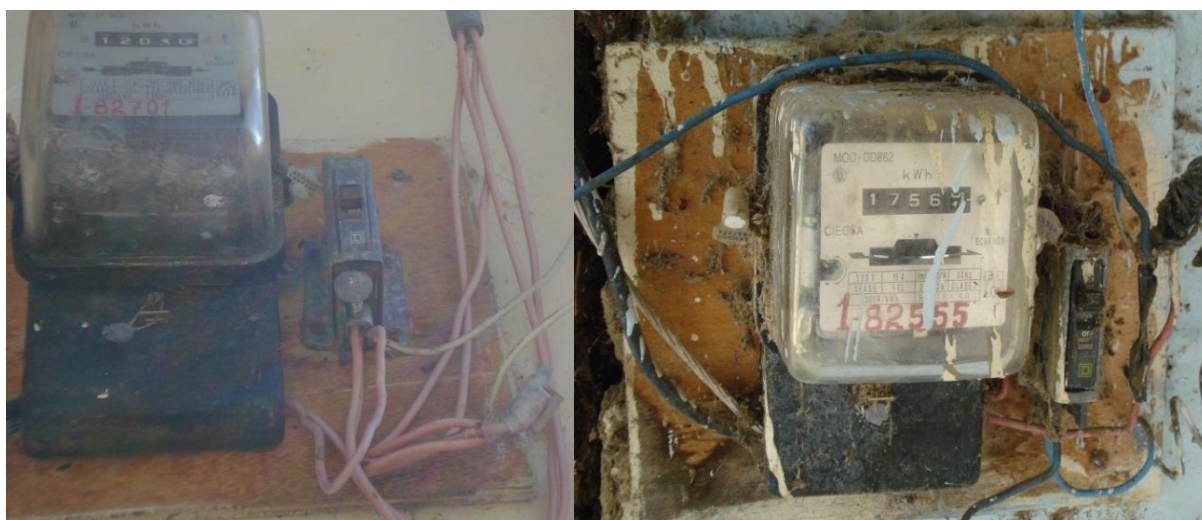
**Imagen.6.9 Subcentro Manú**



**Imagen.6.10 Puesto de Salud Sumaipamba**

### **Sistema de energía eléctrica**

Los cinco lugares visitados cuentan con sistema de energía eléctrica. Las imagen 6.11 muestra el estado deteriorado en que se encuentran los medidores, las conexiones y los cables de electricidad del SC Cazaderos, y El Progreso.



**Imagen.6.11 Estado de sistema eléctrico. SC Cazados y El Progreso**

En los SC de Selva Alegre y Manú la situación es distinta, los medidores de luz se encuentran en buen estado (imagen 6.12). Sin embargo cabe recalcar que en ninguno de los cinco lugares visitados se cuenta con conexión a tierra, lo que pondría en riesgo los equipos en casos de descargas eléctricas.



**Imagen.6.12 Estado de sistema eléctrico. SC Selva Alegre y Manú**

## Equipamiento

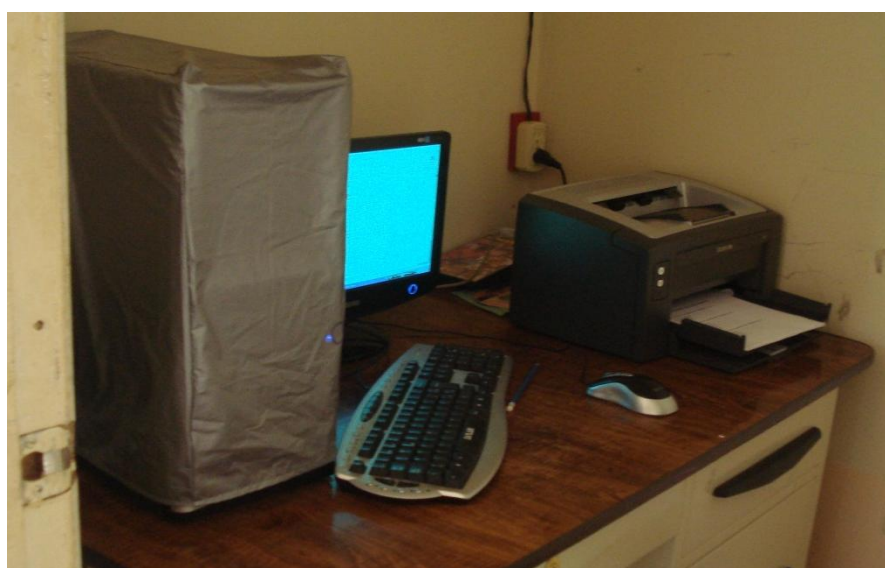
La comunicación de las unidades de salud de Cazaderos y El Progreso con su Jefaturas de Salud se realiza a través de sistemas de radio como los de la imagen 6.13. En cuanto a los 3 centros de salud el cantón Saraguro únicamente el SC Manú cuenta con telefonía convencional, los demás se comunican celular o radio.



**Imagen.6.13 Radiocomunicación Cazaderos y El Progreso**

Adicional a esto, únicamente el Puesto de Salud El Progreso no cuenta con equipamiento informático:

En cuanto a equipamiento informático, únicamente el PS El Progreso no cuenta con esto, el resto de lugares tienen implementadas computadoras con todos sus accesorios, como indica la imagen 6.14 y 6.15.



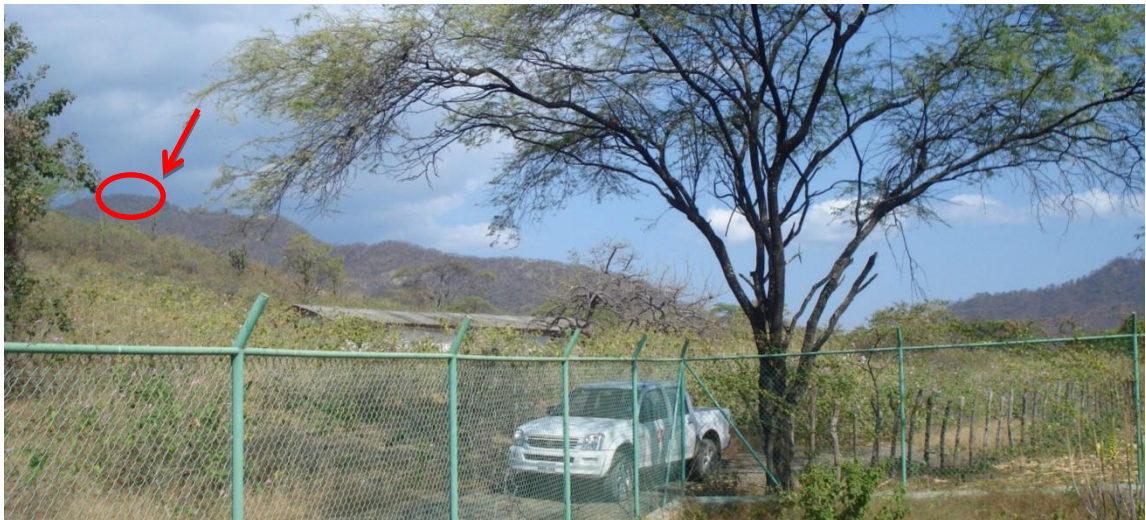
**Imagen.6.14 Equipamiento informático de Cazaderos**



**Imagen.6.15 Equipamiento informático de PS Selva Alegre**

El enlace tanto del SC Cazaderos como del PS El Progreso con el Hospital de Alamor requiere de un repetidor autónomo, ya que no existe línea de vista directa. Y basados en el software de simulación Radio Mobile se ha determinado que el lugar óptimo para la implementación de una estación intermedia es el punto de coordenadas  $4^{\circ} 4' 45.9''$  S /  $80^{\circ} 25' 29''$  O.

En la imagen 6.18 se observa la ubicación que ha de tener el repetidor:



**Imagen.6.16 Ubicación de nuevo repetidor**