



**UNIVERSIDAD ESTATAL  
PENÍNSULA DE SANTA ELENA**

**FACULTAD DE SISTEMAS Y  
TELECOMUNICACIONES**

**CARRERA DE ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES**

**TRABAJO DE TITULACIÓN:**

PROPUESTA TECNOLÓGICA PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERA EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

**TÍTULO**

“DISEÑO DE UN NODO ISP INALÁMBRICO DE BANDA ANCHA PARA LA  
COMUNA EL AZÚCAR DEL CANTÓN SANTA ELENA”.

**AUTOR**

TOMALÁ MERCHÁN JUANA LISETH

**PROFESOR TUTOR**

ING. FREDDY SORIANO RODRIGUEZ, MSc.

LA LIBERTAD – ECUADOR

2016

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por darme la fuerza y fortaleza para superar cada uno de los obstáculos que se presentan en mi vida y no permitir que abandone mis sueños. La vida me ha enseñado que te puedes caer mil veces pero depende de ti levantarte y ser más fuerte.

Agradecimiento especial a mis padres, pilar fundamental en mi vida, ellos me han enseñado a valorar y aprovechar cada una de las oportunidades que nos regala la vida, gracias a sus consejos, apoyo y confianza incondicional eh podido alcanzar cada una de las cosas que me propongo en la vida.

*“El éxito no es un accidente, es trabajo duro, perseverancia, aprendizaje, estudio, sacrificio y lo más importante de todo, amor por lo que estás haciendo o aprendiendo hacer”.*

Juana Liseth Tomalá Merchán  
**Autora**

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de tutor del trabajo de titulación denominado: **“DISEÑO DE UN NODO ISP INALÁMBRICO DE BANDA ANCHA PARA LA COMUNA EL AZÚCAR DEL CANTÓN SANTA ELENA”**, elaborado por la estudiante **Tomalá Merchán Juana Liseth**, de la carrera de Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, la apruebo en todas sus partes y autorizo al estudiante para que inicia los trámites legales correspondientes.

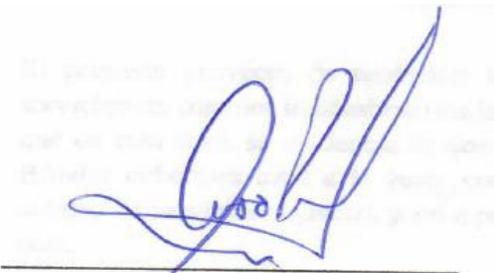
La Libertad, Agosto del 2016



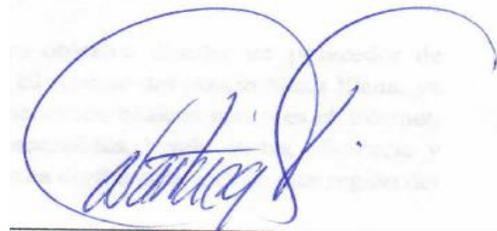
A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Freddy Soriano Rodríguez', is written over a horizontal dotted line.

**Ing. Freddy Soriano Rodríguez, MSc.  
TUTOR**

## TRIBUNAL DE GRADO



Ing. Walter Orozco Iguasnia, MSc.  
**DECANO DE LA FACULTAD**



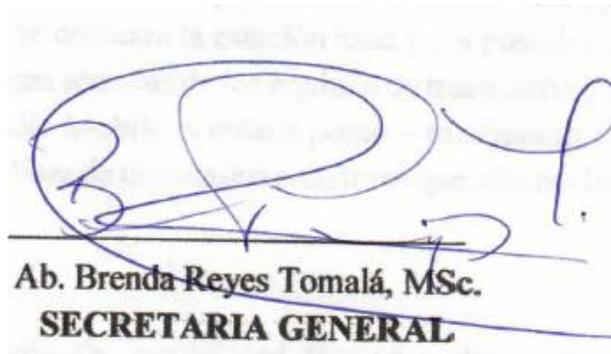
Ing. Washington Torres Guin, MSc.  
**DIRECTOR DE LA CARRERA**



Ing. Freddy Soriano Rodríguez, MSc.  
**PROFESOR TUTOR**



Ing. José Sánchez Aquino, MSc.  
**PROFESOR DE ÁREA**



**Ab. Brenda Reyes Tomalá, MSc.**  
**SECRETARIA GENERAL**

## **RESUMEN**

El presente proyecto de titulación tiene como objetivo diseñar un proveedor de servicios de Internet inalámbrico en la comuna El Azúcar del cantón Santa Elena, ya que en esta zona se evidencia la demanda de servicios básicos como es el Internet. Brindar cobertura total a la zona, con costos accesibles, banda ancha, eficiencia y calidad de servicios, reducirá poco a poco la brecha digital existente en esta región del país.

En el primer capítulo, se detallan generalidades del tema como son los antecedentes, descripción del proyecto, objetivos, justificación de faltas de infraestructuras en la zona, metodologías de investigación, etc. En el segundo capítulo se describen los fundamentos teóricos del proyecto, como son el marco contextual, marco conceptual y el marco teórico. Se presenta un estudio de tecnologías inalámbricas, protocolos, estándares de seguridad, técnicas de modulación, topologías de red, tipos de enlaces, tipos de antenas para la transmisión y recepción, etc.

En el tercer capítulo, se detalla el desarrollo del proyecto, aquí se describe cada uno de los componentes físicos y lógicos que conforman el nodo WISP, el diseño de la propuesta se realizó haciendo uso del programa VISIO 2016, el cual cumple con los requerimientos básicos y aspectos relevantes, también se realizó un estudio de mercado para determinar la factibilidad de implementar en la comuna El Azúcar un nodo WISP y para obtener el número de posibles clientes potenciales de la zona se utilizó fórmula estadística de muestreo poblacional finita.

Se hizo un análisis del lugar donde se implementaría el nodo WISP, para establecer los puntos estratégicos donde se colocará la estación base y los posibles clientes, con estos datos y con las características técnicas de los equipos de transmisión y recepción se pudo simular en el software Radio Mobile el enlace punto – multipunto y demostrar que el radioenlace realizado está libre de obstáculos o factores que afectan las comunicaciones inalámbricas.

Además se hizo un estudio de factibilidad técnica y financiera, demostrando la viabilidad del proyecto. Con este estudio se pretende que alguna empresa proveedora de servicios de Internet se interese en el tema y en un futuro brinden el servicio de banda ancha en la comuna El Azúcar, eliminando así la brecha digital existente en la zona.

## **ABSTRACT**

This degree project aims to design a service provider of wireless Internet in the communa El Azúcar of the canton Santa Elena, since in this area there is evidence demand for basic services such as the Internet. Provide full coverage to the area, with broadband, affordable costs, efficiency and quality of services, will gradually reduce the digital divide in this region of the country.

In the first chapter, an overview of the topic are detailed such as the background, description of the project, objectives, justification of lack of infrastructure in the area, methodologies of research, etc. The second chapter describes the theoretical project foundations, such as the contextual framework, conceptual framework and theoretical framework. Presents a study of wireless technologies, protocols, security standards, modulation techniques, network topologies, types of links, types of antennas for the transmission and reception, etc.

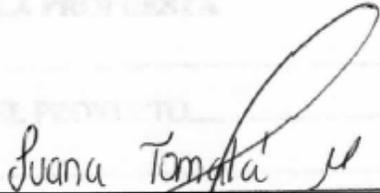
In the third chapter, detailing the development of the project, here described each of the components and software that make up the node WISP, design of the proposal was carried out in the VISIO 2016 programme, which complies with the basic requirements and relevant aspects, also held a market study to determine the feasibility for implementing in the commune El Azúcar a WISP node and for the number of possible potential customers of the area used finite population sampling statistical formula.

An analysis of the place where the WISP node would be implemented was made, to establish the strategic points where will be placed the station base and potential customers, with these data and with the technical characteristics of the transmission equipment and reception could simulate Radio Mobile software in the link point - multipoint and demonstrate that the done link is free of obstacles or factors that affect wireless communications.

In addition was made a study of the technical and financial feasibility, demonstrating the feasibility of the project. This study is intended to any business Internet service provider is interested in the subject and in the future provide the commune El Azúcar broadband service, thus eliminating the digital divide in the area.

## DECLARACIÓN

El contenido del presente Trabajo de Graduación es de mi responsabilidad; el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

ES LA PROFESORA  
EN  
DEL PROYECTO  
  
\_\_\_\_\_  
Juana Liseth Tomalá Merchán.  
**AUTORA**

## **TABLA DE CONTENIDOS**

<b>ITEM</b>	<b>PÁGINAS</b>
AGRADECIMIENTO .....	I
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	II
TRIBUNAL DE GRADO.....	III
RESUMEN .....	IV
ABSTRACT.....	V
DECLARACIÓN.....	VI
TABLA DE CONTENIDO.....	VII
INTRODUCCIÓN.....	1
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>GENERALIDADES DE LA PROPUESTA</b>	
1.1 ANTECEDENTES .....	2
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	4
1.3 OBJETIVOS.....	7
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	7
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7
1.4 JUSTIFICACIÓN .....	8
1.5 METODOLOGÍA .....	10
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>PROPUESTA TECNOLÓGICA</b>	
2.1 MARCO CONTEXTUAL.....	11
2.2 MARCO CONCEPTUAL.....	13
2.2.1 DEFINICIÓN DE ISP.....	15
2.2.2 TECNOLOGÍAS QUE OFRECEN LOS ISP .....	16
2.2.3 ESTÁNDARES DE LAS TECNOLOGÍAS WLAN.....	19
2.2.3.1 Estándar IEEE 802.11 .....	19
2.2.3.2 Estándar IEEE 802.11a .....	19
2.2.3.3 Estándar IEEE 802.11b.....	20

2.2.3.4	Estándar IEEE 802.11g.....	20
2.2.3.5	Estándar IEEE 802.11n.....	20
2.2.4	PROCOLOS DE SEGURIDAD EN REDES INALÁMBRICAS.....	21
2.2.4.1	WEP.....	22
2.2.4.2	WPA.....	22
2.2.4.3	WPA2.....	22
2.2.5	TOPOLOGÍAS DE LAS REDES INALÁMBRICAS.....	23
2.2.5.1	Topología Ah- Hoc.....	23
2.2.5.2	Topología Infraestructura.....	24
2.2.5.3	Topología red Mesh.....	24
2.2.6	TIPOS DE ANTENAS PARA LA TRANSMISIÓN DE INTERNET INALÁMBRICO.....	25
2.2.6.1	Antenas Direccional.....	25
2.2.6.2	Antenas Omnidireccionales.....	25
2.2.6.3	Antenas Sectoriales.....	25
2.2.7	TIPOS DE ENLACES INALÁMBRICOS.....	26
2.2.7.1	Enlace Punto a Punto.....	26
2.2.8	PLANIFICACIÓN INICIAL DEL RADIO ENLACE.....	28
2.2.9	RADIO ENLACE.....	28
2.2.10	ORGANISMOS REGULATORIOS EN ECUADOR REFERENTE A LOS ENLACES INALÁMBRICOS.....	29
2.3	MARCO TEÓRICO.....	29

### **CAPÍTULO III**

#### **DESARROLLO DE LA PROPUESTA**

3.1	COMPONENTES DE LA PROPUESTA (LÓGICOS Y FÍSICOS).....	33
	COMPONENTES FISICOS.....	33
3.1.1	Router concentrador de acceso.....	33
3.1.2	Router Principal.....	35
3.1.3	Conmutadores.....	37
3.1.4	Servidor de caché.....	38
3.1.5	Servidor Radius.....	40

3.1.6	Base de Datos del usuario. ....	41
3.1.7	Servidores de correo electrónico POP3 Y SMTP. ....	41
3.1.8	Servidor Web. ....	42
3.1.9	Servidor DNS.....	43
3.1.10	Firewall. ....	43
3.1.11	Software de tarifa y facturación. ....	45
3.1.12	Equipos de comunicación Inalámbrica. ....	46
3.1.12.1	Características técnicas de equipo Rocket M5 – Ubiquiti.....	48
3.1.12.2	Características técnicas de antenas sectoriales – Airmax.....	49
3.1.12.3	Características técnicas de dispositivos NanoStation M5. ....	50
	<b>COMPONENTES LÓGICOS.....</b>	<b>51</b>
3.1.13	Red Troncal o backbone. ....	51
3.1.14	Red de Servidores del ISP.....	52
3.1.15	Red de concentración. ....	53
3.1.16	Red de Acceso.....	53
3.2	ESTUDIO DE MERCADO. ....	54
3.3	CONSUMIDORES POTENCIALES EN LA COMUNA EL AZÚCAR.....	56
3.4	DISEÑO DE LA PROPUESTA. ....	57
3.4.1	Descripción de requerimientos básicos. ....	57
3.4.2	Descripción de aspectos relevantes en un WISP.....	58
3.4.3	Diseño de la estructura WISP. ....	59
3.5	ANÁLISIS DEL LUGAR DONDE SE IMPLEMENTARA EL NODO WISP.....	65
3.5.1	Visitar el lugar.....	65
3.5.2	Topografía del terreno.....	65
3.5.3	Coordenadas geográficas del lugar. ....	67
3.5.4	Simulación del Enlace Punto – Multipunto. ....	67
3.6	ESTUDIO DE FACTIBILIDAD (TÉCNICA Y FINANCIERA). ....	76
3.6.1	FACTIBILIDAD TÉCNICA ....	76
3.6.2	FACTIBILIDAD FINANCIERA. ....	78
3.6.2.1	Análisis económico. ....	80
3.6.2.2	Resultados de la factibilidad financiera. ....	86

3.7 RESULTADOS (EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS). .....	86
CONCLUSIONES .....	87
RECOMENDACIONES .....	88
BIBLIOGRAFÍAS .....	89
ANEXOS .....	91

## ÍNDICE DE FIGURAS

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	PÁGINA
Figura 1	Ubicación geográfica de la Comuna El Azúcar	12
Figura 2	Topología inalámbrica Ad - Hoc	23
Figura 3	Topología inalámbrica Infraestructura	24
Figura 4	Topología inalámbrica Mesh	24
Figura 5	Conexión de enlace punto a punto	27
Figura 6	Conexión de enlace punto – multipunto	27
Figura 7	Esquema de la conexión Satelital	31
Figura 8	Diagrama de la red Wireless	32
Figura 9	Instalación de F.O desde carretera Gye – Salinas hasta el Nodo	52
Figura 10	Diseño de red de servidores de un ISP	52
Figura 11	Diseño de red concentración del ISP	53
Figura 12	Diseño de la estructura del WISP	54
Figura 13	Acceso al Internet según áreas	55
Figura 14	Incremento del servicio inalámbrico	56
Figura 15	Diseño de la Red Jerárquica	61
Figura 16	Diseño de la estructura WISP	64
Figura 17	Puntos estratégicos para el enlace Punto – Multipunto	66
Figura 18	Ubicación de BS y Clientes Lejanos	66
Figura 19	Unidades que conforman el Radioenlace	68
Figura 20	Parámetros de la Red del Radioenlace	69
Figura 21	Topología de la Red del Radioenlace	69
Figura 22	Rol de las unidades del Radioenlace	70
Figura 23	Sistemas de la Red del Radioenlace	71
Figura 24	Simulación del Enlace Nodo Principal – CPE_1	71
Figura 25	Simulación del Enlace Nodo Principal – CPE_2	72
Figura 26	Simulación del Enlace Nodo Principal – Cliente_8	72
Figura 27	Simulación del Enlace Nodo Principal – Cliente_11	73
Figura 28	Simulación del Enlace Nodo Principal – Hacienda_1	73
Figura 29	Simulación del Enlace Nodo Principal – Hacienda_2	74
Figura 30	Simulación de la Cobertura Total del Nodo Principal	75
Figura 31	Simulación de la Instalación del Nodo Principal	75

## ÍNDICE DE TABLAS

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	PÁGINA
Tabla 1	Comparación de estándares del IEEE 802.11	21
Tabla 2	Comparación de tipos de antenas inalámbricas	26
Tabla 3	Especificaciones Técnicas de 3 Router Concentradores de Accesos	34
Tabla 4	Especificaciones Técnicas de 3 Router Principales	36
Tabla 5	Especificaciones Técnicas de Conmutadores	38
Tabla 6	Especificaciones Técnicas de Servidores	39
Tabla 7	Especificaciones Técnicas de Cortafuegos	45
Tabla 8	Características técnicas de Equipos RF	46
Tabla 9	Características técnicas de Equipos Rocket M5	49
Tabla 10	Características técnicas de antenas AM-5G20-90	50
Tabla 11	Características técnicas de NanoStation M5	50
Tabla 12	Radio bases instaladas en parroquias de Santa Elena	55
Tabla 13	Coordenadas de los puntos estratégicos para el enlace WISP	67
Tabla 14	Precio Total de la Infraestructura WISP	79
Tabla 15	Análisis de recuperación de inversión	80
Tabla 16	Inversiones Fijas	81
Tabla 17	Financiamiento	82
Tabla 18	Amortización e Interés	82
Tabla 19	Costos de Operación anual	82
Tabla 20	Gastos anuales variables y fijos	83
Tabla 21	Justificación de Ingresos	84
Tabla 22	Estados de pérdidas y ganancias	84
Tabla 23	Flujo de caja y Valor Actual	85
Tabla 24	Cálculo de tasa interna de retorno con utilidades anuales	85

## **LISTA DE ANEXOS.**

### **N.- DESCRIPCIÓN**

- 1 DATOS ESTADÍSTICOS DE LA ENCUESTA REALIZADA EN LA COMUNA “EL AZÚCAR”
- 2 DATASHEET DE ROUTER CISCO 3825
- 3 DATASHEET DE SERVIDOR HP PROLIANT DL380 G5
- 4 DATASHEET DE FIREWALL FGT-800 FORTIGATE
- 5 DATASHEET DE ROCKET M5
- 6 DATASHEET DE ANTENAS AM-5G20-90
- 7 DATASHEET DE NANOSTATION M5

## **INTRODUCCIÓN**

El objetivo principal de este proyecto de titulación, es diseñar un proveedor de servicios de Internet inalámbricos, mediante un estudio de factibilidad técnica que permita mejorar el acceso al Internet en la comuna El Azúcar. En esta zona de la provincia de Santa Elena, se evidencia demanda de servicios básicos como el Internet, razón por la cual se realizó un estudio básico de mercado, en el que se encuestó a la comunidad de El Azúcar y con la información obtenida se hizo un análisis para conocer las necesidades insatisfechas de las telecomunicaciones en el sector de influencia.

Las zonas rurales, son sectores que en su mayoría no cuentan con infraestructuras tecnológicas de calidad, ya sea por sus costos, distancias, factores que afectan las comunicaciones, números de usuarios, etc., es por esta razón que la mejor solución para estas zonas, son las comunicaciones inalámbricas, tecnologías que tienen libertad de llegar hasta sectores donde las tecnologías que utilizan medios guiados no llegan.

Con la presente propuesta tecnología se espera promover la instalación, prestación y explotación de las telecomunicaciones en zonas rurales de la provincia de Santa Elena, para cumplir con las normas de acceso universal, a fin de lograr una mayor cobertura y penetración de las telecomunicaciones y así contribuir al desarrollo social, económico y educativo, mejorando el buen vivir de la comunidad.

# CAPÍTULO I

## GENERALIDADES DE LA PROPUESTA

### 1.1 ANTECEDENTES

La comuna El Azúcar se encuentra asentada a diez kilómetros de la carretera Guayaquil – Salinas, la misma que se ha convertido en uno de los lugares más privilegiados de la Península de Santa Elena, por gozar de una tierra fértil y tener la represa que lleva el nombre de su población. (SUÁREZ, 2014).

Los puntos cardinales de la comuna El Azúcar son los siguientes:

Norte: Comuna de Calicanto.

Sur: Comuna Zapotal.

Este: Comunas Sube y Baja y Sacachún.

Oeste: Comunas San Rafael y Rio Verde.

Tiene una extensión aproximada de 8435 hectáreas, comprendidos dentro de los linderos señalados en el levantamiento topográfico e informe técnico de linderación elaborados por el Programa Nacional de Regionalización Agraria PRONAREG. (SUÁREZ, 2014).

La Comuna tiene una población de 2800 habitantes aproximadamente, divididos en 53% hombres y 47% mujeres, los cuales son habitantes de la zona, según los datos recogidos en el censo realizado por el Departamento de Desarrollo Comunitario del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Santa Elena, año 2010. (SUÁREZ, 2014).

Entre la población asentada, se encuentran los socios comuneros que son 412 personas miembros de la localidad. De los cuales 5 son los miembros de la directiva comunal,

350 socios comuneros activos y 57 socios comuneros inactivos al momento de nuestra investigación por falta de pago a sus cuotas comunales. Es evidente que la comuna El Azúcar carece de servicios de comunicación, la falta de infraestructura tecnológica y la necesidad de la comunidad de contar con servicios de comunicación de calidad, eficiente, confiable y precios accesibles es lo que promueve la realización de este proyecto.

Existe demanda evidente de acceso al Internet, por eso para el desarrollo de este proyecto se deberá analizar recursos tecnológicos, ubicación de nodos y antenas para brindar cobertura en toda la comunidad, además de considerar el estudio de propagación de la señal para obtener línea de vista entre el Emisor y Receptor.

Este recinto tiene en la Escuela “Mariscal Sucre” su principal centro de educación que es encargada de brindar a la niñez de El Azúcar las primeras nociones del aprendizaje, además en la localidad existen haciendas, casa comunal, asociaciones agrícolas, siendo esta localidad, zona agrícola de la provincia donde se ofertan varios productos al mercado local y nacional. (SUÁREZ, 2014)

Los datos obtenidos por el Ministerio de Telecomunicaciones (MinTel) y el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) muestran que a nivel rural, el uso del Internet se ha incrementado desde el 2010 y se da mayormente con propósitos educativos.

El Registro Oficial N° 495, emite el acuerdo 224 -11 al Ministerio de Educación: “Institúyase la incorporación al proceso educativo de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC’s), como contribución al mejoramiento de la calidad educativa y al fomento de la ciudadanía digital en la comunidad educativa.

Existen organismos interesados por disminuir la brecha digital, uno de ellos es el FODATEL, el cual es el encargado de promover la demanda del servicio de carácter social especialmente de Internet.

Mediante esfuerzos institucionales el Gobierno Provincial de Santa Elena impulsa el proyecto “Santa Elena Digital”, el cual consiste en entregar computadoras y acceso a Internet en escuelas y sitios comunales del área rural de la provincia.

El Gobierno nacional también promueve el proyecto de desarrollo tecnológico para disminuir la brecha digital y que todo el Ecuador tenga acceso a las telecomunicaciones como las grandes urbes, ya que en la actualidad se torna un servicio indispensable, por eso el plan de conectividad ecuatoriana ha logrado grandes avances en el país, además de impulsar el uso de la Tecnología de la Información y Comunicación (TIC).

Las empresas proveedoras de servicios deberían interesarse en ofrecer conectividad en todas las comunidades del país y de esta manera satisfacer sus necesidades. Con el presente proyecto se pretende que proveedores de Internet se vean interesados en promover la instalación, prestación y explotación de las telecomunicaciones en áreas rurales, para cumplir con la norma de acceso universal, a fin de conseguir una mayor cobertura y penetración de las telecomunicaciones, para ofrecer más oportunidades de desarrollo y mejorar la calidad de vida de los habitantes de esta zona, “donde hay telecomunicaciones hay desarrollo”.

## **1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.**

Una de las prioridades para realizar este proyecto es analizar las necesidades de telecomunicaciones en las zonas rurales de la provincia de Santa Elena, sectores que de una u otra manera se ven afectadas por las limitaciones de servicios de telecomunicaciones ya sea por sus altos costos, pocos usuarios que para las empresas de servicios no es rentables u otros factores que afectan las telecomunicaciones en los sectores rurales de la provincia.

Estas necesidades han permitido realizar un estudio de factibilidad técnica para diseñar un proveedor de servicios de Internet de Banda Ancha en la Comuna El Azúcar que brindará la posibilidad para que alguna empresa se interese en el tema y pueda proporcionar servicios de calidad a los comuneros de esta población.

La brecha digital constituye una dificultad para todas las sociedades actuales en el mundo, y viene a significar una barrera que impide el progreso de un país, ya que hoy en día el uso de tecnologías de información representa avances significativos en la población, por lo que viene a representar el desarrollo de una región y un país.

Contar con servicio de banda ancha no solo ayudará a mejorar las condiciones del buen vivir de la comunidad sino de aquellas personas que visiten la zona, siendo estos lugares muy visitados por comerciantes, empresarios, estudiantes, turistas, etc. siendo ésta una zona favorecida de la Provincia de Santa Elena en la cual encontramos la represa El Azúcar, pieza fundamental para el riego de 6000 hectáreas de tierra fértil, provee de una agronomía intensiva bajo irrigación, que permite desarrollar cultivos entre las comunas de El Azúcar, San Rafael, Río Verde, etc. Además, aporta al desarrollo de redes de agua potable para los cantones Santa Elena, Libertad, Salinas y todas sus comunidades.

Contar con nodos ISP mixtos de Fibra Óptica e inalámbricos queden cobertura total a la zona, con costos accesibles, banda ancha, eficiencia y calidad de servicios, reducirá poco a poco la brecha digital existente en esta región del país. La comuna El Azúcar carece de servicios básicos considerando entre ellos Internet, por esta razón se realiza un estudio de factibilidad para darle una solución definitiva a este problema.

La propuesta es una factibilidad técnica que señala que si es posible ubicar un nodo ISP mixto en la comuna El Azúcar y así brindar total cobertura en la localidad. La banda sin licencia de 5 GHz que utiliza la modulación OFDM impide los multi-trayectos y desvanecimientos por las interferencias con canales adyacentes.

Uno de los estándares que se pretende utilizar es el estándar 802.11a, el cual utiliza modulación OFDM y 802.11n que utiliza tecnologías MIMO, por lo tanto cada uno de

los equipos y dispositivos deberán cumplir varios parámetros y requerimientos, además de brindar calidad de servicio por la robustez del equipo a ambientes externos.

Realizar un estudio de propagación entre los nodos propuestos, para evitar pérdidas en espacio libre y así tener línea de vista que cumplen con el 60% de la primera zona de Fresnel.

La mejor propuesta para el diseño de la red del ISP es que debe ser jerárquica, teniendo las 3 capas básicas; núcleo, distribución y de acceso, además cabe recalcar que el nodo ISP que se pretende implementar en la comuna El Azúcar se conectará al medio de transmisión de Fibra Óptica, el cual tiene una distancia de 10Km aproximadamente desde la carretera principal Guayaquil-Salinas que es por donde pasa la red de Fibra Óptica CNT y de esta manera llegar hasta el punto donde se ubicara el ISP inalámbrico.

La fibra óptica es un medio de transmisión que tiene un ancho de banda muy amplio, lo que permite transportar grandes cantidades de datos además de ser utilizada como red backbone, es por esta razón que se hará una combinación entre la Fibra Óptica y el nodo ISP inalámbrico ya que con el pasar del tiempo los usuarios podrían incrementarse o el cliente solicitar un aumento de su ancho de banda.

La propuesta de este proyecto tiene como finalidad diseñar un proveedor de servicio de Internet (ISP) de banda ancha que cubra toda el área en la que se realizará el estudio y mostrar el interés a las empresas de invertir en estas zonas y brindarles el servicio a la comunidad.

## **1.3 OBJETIVOS.**

### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar un nodo ISP inalámbrico de banda ancha, mediante un estudio de factibilidad técnica, que permita mejorar el acceso a Internet en la comuna El Azúcar del cantón Santa Elena.

### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Levantar la información necesaria relacionada con el tópico de estudio, mediante entrevistas no estructurada a expertos en el tema y la comunidad en general (Anexo 1).
- Considerar factores que afectan las comunicaciones inalámbricas para enlazar nodos-antenas en la Comuna El Azúcar del Cantón Santa Elena. (Ítem 3.2.2 - Descripción de aspectos relevantes en un WISP).
- Detallar el funcionamiento de dispositivos y equipos necesarios para la red de banda ancha de un ISP en la Comuna El Azúcar. (Ítem 3.1 – Componentes físicos).
- Determinar los puntos geográficos donde será colocada la estación base y los posibles clientes del nodo WISP. (Tabla 3.15).
- Simular el radio enlace punto – multipunto en el software Radio Mobile. (Ítem 3.5.4).

## 1.4 JUSTIFICACIÓN

Según estudios previos, Ecuador es uno de los países que está consolidando el uso de las nuevas Tecnologías de Información y Comunicación que han permitido que el país logre importantes avances. (Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información, 2014).

El plan nacional de conectividad en el Ecuador pretende lograr que toda la población cuente con acceso de banda ancha de calidad, eficiente, confiable y precios accesibles para estratos sociales bajos y así disminuir la brecha digital que existe en el Ecuador. En la provincia de Santa Elena, existen sectores que carecen de servicios indispensables para el desarrollo integral de una región como es el Internet. Las zonas rurales son sectores que en su mayoría no cuentan con servicios de banda ancha por su costo, número de usuarios potenciales, infraestructuras de red, distancia, factores que afectan las comunicaciones, entre otros.

La comuna El Azúcar, del cantón Santa Elena, es una población que evidencia demanda de servicios de comunicación de calidad, el poco interés de empresas de invertir en infraestructuras tecnológicas de calidad, es lo que ocasiona que la comunidad cuente con un servicio de telefonía móvil de mala calidad, problemas de interferencias, pérdidas de señal, etc.

En esta localidad existen instituciones educativas que carecen del servicio, siendo éste una herramienta importante para obtener un mejor aprendizaje, además al ser considerada esta localidad zona agrícola ayudaría a incrementar el desarrollo de la comunidad, mejorando el buen vivir de sus habitantes. (Plan Nacional del Buen Vivir, Objetivo 11).

Algunas instituciones educativas del país promueven la innovación de tecnologías, centros de investigación, ofrecen educación de calidad, porque hoy en día cuentan con

la herramienta primordial como el Internet, en esta comunidad rural es algo imposible hacerlo con la infraestructura de comunicaciones actual. Las instituciones educativas de las zonas rurales y la comunidad en general merecen tener la misma calidad de vida que los demás ecuatorianos, todos los habitantes de esta zona se ven afectados por carecer del servicio, ya que para ellos contratar un servicio de internet es muy costoso y poco eficiente en las zonas que existe alguna cobertura.

La comuna “El Azúcar” al contar con infraestructura eficiente mejoraría el desarrollo y su economía, ya que podrán ofertar sus productos, negocios, alquiler o venta de lotes de terrenos a través de páginas web, además de crear pequeños negocios como cyber, mejorando las condiciones de vida de la comunidad y personas particulares que visiten la zona.

El análisis de factibilidad técnica ayudará a determinar la ubicación de los nodos-antenas en la comuna El Azúcar. Por ello, este trabajo ayudará a conocer aspectos técnicos que servirán para implementar un ISP inalámbrico y así contribuir al desarrollo social, económico y educativo mejorando el buen vivir de la comunidad.

## **1.5 METODOLOGÍA**

Esta investigación es documental, porque se efectuarán búsquedas en textos, revistas, artículos, tesis de pre-grado relacionadas en temas afines y otros que sobresalen los fundamentos teóricos para la solución del problema.

Realizar una investigación diagnóstica nos ayudará a detectar las falencias y necesidades del área de estudio y llegar a la conclusión de cómo solucionar los problemas, sin embargo, realizar una investigación exploratoria mediante simulaciones nos permitirá tener una mayor inclusión y entendimiento del problema.

Realizar encuestas a la comunidad de El Azúcar y con la información obtenida analizar y conocer las necesidades insatisfechas de las telecomunicaciones en el sector de influencia. (Anexo 1).

La mayoría de los proveedores de Internet brindan servicios de banda ancha como servicios ADSL, XDSL, Internet 3G y 4G, Fibra Óptica como son las Redes Gpon, pero muy pocas en el país ofrecen servicios inalámbricos de banda ancha en áreas rurales por el elevado costo de la infraestructura, que es uno de los objetivos de este trabajo de investigación.

## **CAPÍTULO II**

### **PROPUESTA TECNOLÓGICA**

#### **2.1 MARCO CONTEXTUAL.**

La provincia de Santa Elena fundada el 7 de noviembre del 2007, ubicada al norte de la provincia de Manabí, al sur y este de la provincia del Guayas y al oeste del Océano Pacífico, cuenta con una extensión aproximadamente de 3.762 km<sup>2</sup> y 308.693 habitantes. (INEC, 2010).

Esta provincia se divide en 3 cantones importantes que son: Santa Elena, La Libertad y Salinas. El cantón Santa Elena, capital de la provincia, cuenta con seis parroquias rurales y dos parroquias urbanas, dentro de estas un total de 68 comunas creadas mediante Acuerdo Ministerial.

La comuna El Azúcar, ubicada en la parroquia urbana del cantón y provincia de Santa Elena, a diez kilómetros de la carretera Guayaquil –Salinas, tiene una extensión de 8435 hectáreas y una población de 2800 habitantes aproximadamente, divididos en 53% hombres y 47% mujeres, de los cuales son habitantes de la zona, (INEC, 2010).

En la figura 1, se muestra la ubicación geográfica de la Comuna El Azúcar que hace linderación con las siguientes comunidades:

Norte: Comuna de Calicanto.

Sur: Comuna Zapotal.

Este: Comunas Sube y Baja y Sacachún.

Oeste: Comuna San Rafael y Rio Verde.



**Figura 1:** Ubicación geográfica de la Comuna El Azúcar.  
**Fuente:** Google Earth.

La comuna El Azúcar, fundada a finales del siglo XIX, el 27 de diciembre del año 1949 deciden estructurar su organismo comunal y el 31 de julio de 1951 obtienen su reconocimiento jurídico a través de Acuerdo Ministerial N°.3640, logrando así administrar lo que hoy en día forma su jurisdicción territorial.

Los comuneros de esta localidad en su mayoría su fuente de trabajo es la agricultura, siendo esta comuna una de las poblaciones privilegiadas al ser considerada zona agrícola de la provincia, además encontramos la represa El Azúcar que aporta al desarrollo de redes de agua potable para los cantones Santa Elena, Libertad, Salinas y todas sus comunidades.

Por la carencia de servicios básicos en la comunidad, esta cuenta con infraestructura de telefonía móvil de mala calidad, no cuenta con servicio de Internet, una de las razones principales para la propuesta del estudio de este proyecto. Siendo una zona muy poblada en la que encontramos haciendas, casa comunal, asociaciones agrícolas, centro de educación, y población en general que de una u otra manera necesitan el servicio de Internet de banda ancha como una herramienta para negociaciones en la zona.

Realizar un diseño de nodo ISP inalámbrico mixto que cubra la zona de El Azúcar, es la propuesta de solución, ya que las redes inalámbricas llegan a zonas donde otras tecnologías que utilizan medios guiados no llegan.

## **2.2 MARCO CONCEPTUAL.**

Hoy en día el uso de las TIC's en el Ecuador representa una variación notable en la sociedad, la misma que tiene como finalidad mejorar la calidad de vida de las personas, disminuyendo así la brecha digital existente en el país. (MINISTERIO DE TELECOMUNICACIONES Y DE LA SOCIEDAD DE LA INFORMACIÓN, 2015).

En la provincia de Santa Elena existe limitación en el desarrollo de tecnologías, por falta de infraestructura tecnológica, altos costos, poco interés de empresas proveedoras de servicios, etc., son algunos de los factores por los cuales algunas localidades de la provincia aún no cuentan con servicios como el Internet.

La Comuna El Azúcar, es una zona en la que sus pobladores se ven afectados por carecer de servicios básicos como el Internet y la telefonía móvil de buena calidad, a pesar de ser una de las áreas más privilegiadas de la provincia de Santa Elena, al ser considerada zona agrícola y donde encontramos la represa "El Azúcar", carece de algunos servicios que no permiten incrementar el desarrollo de la comunidad.

Existen algunos medios que ayudan a suministrar Internet, una de ellas y la más rápida a la hora de montar la red es de forma inalámbrica. Las redes inalámbricas son tecnologías que mejorarán la calidad de vida de las poblaciones en las que es imposible llegar con tecnologías como ADSL, fibra óptica, cable módem, etc., el precio de este servicio va en función de la cantidad de usuarios o clientes potenciales que existan en una zona determinada ya que las empresas buscan zonas pobladas y así recuperar la inversión del nodo instalado. (ARMIJOS, 2015). Además, considero que esta propuesta tecnológica disminuye costos de implementación.

El WISP es un sistema que está formado fundamentalmente por una estación base y varios CPE formando así una red de servicio de Internet, además de ser un medio muy potente, ya que permite alta densidad de cobertura con muy baja potencia de antenas. (ARMIJOS, 2015).

El proveedor de servicios de Banda Ancha, utilizará un rango de frecuencia de 5 GHz - 5.8 GHz, ya que las tecnologías inalámbricas operan en ese rango además no interfieren con otro tipo de tecnologías y se encuentra fuera del rango utilizado por otros servicios.

Las comunicaciones inalámbricas se pueden realizar por enlaces punto a punto o enlaces punto – multipunto, ya que su arquitectura básica está formada por una estación base y varios usuarios en un radio determinado por el proveedor ya que dependerá del tipo de antenas que utilice.

Otro de los factores que se debe tomar en cuenta al implementar tecnologías inalámbricas es que debe existir línea de vista entre la estación base y los usuarios, razón por la cual el BTS debe ser colocado en zonas elevadas o en un lugar donde exista línea de vista directa con los CPE.

En la comuna El Azúcar existen pequeños cerros o montañas los cuales no interfieren para una comunicación directa entre la estación base y el usuario, por esta razón con la ayuda de la herramienta de simulación Radio Mobile y una inspección previa al lugar se establecen los puntos estratégicos donde será colocada la BTS y sus CPE. (Referencia de lo dicho, modelo de simulación existente para este proyecto, Ítem 3.5.4).

Para el desarrollo de esta propuesta, se hará uso de tecnología de telecomunicaciones como las descritas a continuación y que se justifican como parte de la solución propuesta.

**REDES INALÁMBRICAS.**- Son aquellas que utilizan ondas electromagnéticas (radio e infrarrojos) en lugar de medios guiados y permiten que los dispositivos remotos se

conecten sin dificultad. La función principal de las redes inalámbricas es proporcionar conectividad y acceso al Internet utilizando medios no guiados. Una de las ventajas de utilizar redes inalámbricas es por su costo y porque no requieren de cambios en su infraestructura como pasa con las redes cableadas, pero también presentan desventaja en cuanto a la seguridad, ya que debe ser más exigente y robusta para evitar intrusos en la red. A continuación se detallan una serie de características de las redes inalámbricas.

### CARACTERÍSTICAS DE REDES INALÁMBRICAS

Las redes inalámbricas nos ofrecen una serie de ventajas como:

- No requiere de cableado, ni solicitar concesión de obras, por lo que su instalación es rápida. (Andreu, 2010).
- La transmisión y recepción no depende de ningún medio guiado, por lo tanto estas redes permiten movilidad dentro del radio de recepción de la señal. (Andreu, 2010).
- Realizar mantenimientos de estas redes será de menor costo. (Andreu, 2010).
- La mayoría de los dispositivos móviles son accesibles a las tecnologías inalámbricas. (Andreu, 2010).
- Es la única solución para zonas a las que no llega el cableado, como es el caso de zonas rurales. (Andreu, 2010).

#### 2.2.1 DEFINICIÓN DE ISP

Un ISP es un proveedor de servicios de Internet que permite conectar a sus clientes a la nube de Internet por medio de tecnologías como ADSL, Accesos por cable módem, Fibra Óptica, GSP, Accesos inalámbricos, etc. Cabe recalcar que para la solución de esta propuesta será por medios inalámbricos por lo tanto se utilizará tecnologías WIFI

y tecnologías MIMO que en comparación con otras tecnologías es la mejor solución que se puede emplear en lugares donde no llegan las tecnologías por cable.

### 2.2.2 TECNOLOGÍAS QUE OFRECEN LOS ISP

En el Ecuador existen algunas tecnologías que brindan el acceso a Internet en diferentes planes residenciales y corporativos que utilizan tecnologías ADSL, tecnologías por cable módem, pero este proyecto se enfocara en el estudio de tecnologías inalámbricas como solución al problema, pero también es necesario hacer una breve descripción de tecnología por medio de fibra óptica, ya que será el medio de transmisión principal que alimentara al nodo WISP, a continuación se detallan ciertas definiciones, ventajas y desventajas que ofrecen estos servicios.

#### TECNOLOGÍAS POR FIBRA ÓPTICA.

La fibra óptica es el medio de transmisión que ha evolucionado en los últimos tiempos al ofrecer mayor ventajas y ser el único en satisfacer los innovadores servicios de las redes de nueva generación (NGNs).

Este medio guiado es inmune a las interferencias electromagnéticas, ruido y baja atenuación, ya que su transmisión es a grandes distancias y con velocidades de transmisión similares a las de radio frecuencia y superiores a las de cable convencional.

#### CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS FIBRAS ÓPTICAS:

Las fibras ópticas en un medio guiado que utiliza señal de luz óptica para transmitir información de un lugar a otro, mejorando la calidad de servicios e incrementando su ancho de banda. Las comunicaciones ópticas han ido reemplazando en gran medida otras tecnologías, muchas empresas de telecomunicaciones están utilizando este medio para transmitir señales telefónicas, ofrecer comunicación vía Internet y señales de televisión por cable.

**Ancho de Banda:** Las fibras ópticas ofrecen un enorme incremento de su ancho de banda que puede llegar hasta cientos de Gbps, el cual supera a las tecnologías por medio de cable coaxial y cobre.

**Distancia:** Las fibras ópticas pueden transmitir a grandes distancias sin necesidad de repetidoras, por presentar baja atenuación de su señal óptica.

**Seguridad:** Este medio guiado es muy seguro al no producir radiación electromagnética.

**Duración:** Las fibras ópticas son medios resistentes a la corrosión y altas temperaturas.

## VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS FIBRAS ÓPTICAS.

Las fibras ópticas presentan una serie de ventajas y desventajas que se mencionan a continuación:

### **Ventajas:**

- ✓ Ofrece altas velocidades de transmisión por su gran ancho de banda.
- ✓ Inmune a interferencias electromagnéticas, diafonía, baja atenuación, ruido, por lo que puede ser instalada en industrias sin necesidad de protección especial.
- ✓ Al realizar instalación de fibra óptica puede tener una curvatura menor a 1 cm, por lo cual presenta gran flexibilidad.
- ✓ Medio resistente a la corrosión y altas temperaturas.
- ✓ Brinda mayor seguridad.
- ✓ Tecnología rentable en el futuro de las telecomunicaciones.
- ✓ Su frecuencia es independiente por lo que no requiere de ecualización.

### **Desventajas:**

- ✓ Los equipos, conectores y elementos necesarios para la interconexión de un enlace con fibra óptica son aún costosos.
- ✓ Al romperse la fibra o presentar algún daño, realizar un empalme o repararla necesita de equipos especializados y costosos, adicionalmente el problema debe ser solucionado por personal capacitado.

- ✓ Las fibras ópticas no transmiten energía eléctrica para alimentar repetidores.
- ✓ Este medio es muy frágil.

## TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS.

Es aquella tecnología que no emplea cable para realizar la comunicación entre el emisor y receptor, ya que utiliza ondas de radiofrecuencia que operan en bandas libres y en baja potencia. En el desarrollo de esta propuesta se utilizarán tecnologías WIFI y tecnologías MIMO, a continuación se detallan cada una de ellas.

### Tecnología WiFi.

Las comunicaciones inalámbricas se han convertido en una opción eficiente en relación a las comunicaciones por medios guiados, ya que muchas de las tecnologías que utilizan cable no llegan a todas las zonas, por lo que las redes inalámbricas por su bajo precio, fácil instalación y sobre todo libertad de ofrecer el servicio en cualquier lugar han logrado ingresar al mundo de las telecomunicaciones, por lo que en la actualidad es habitual encontrar redes inalámbricas con tecnologías de acceso directo comúnmente llamadas WiFi.

Las tecnologías Wifi permite que las redes de computadores o terminales se conecten sin necesidad de usar cable, por lo que su interconexión es a través de ondas de radio frecuencia basada en estándares de calidad del IEEE, con un funcionamiento similar al de los dispositivos móviles, permitiendo una comunicación inalámbrica entres distintos equipos en un radio determinado por la estación base.

### Tecnología MIMO.

MIMO (Múltiple entrada – Múltiple salida) es una tecnología de las redes inalámbricas que ofrece mayores tasas de trasmisión, mayor distancia de cobertura, mayor capacidad de clientes, siendo más fiable y sin aumentar su ancho de banda y potencia de transmisión. Esta tecnología al utilizar varias antenas en el transmisor y en el receptor

aprovecha la propagación de multitrayecto para incrementar la eficiencia espectral y reduciendo la tasa de error.

### 2.2.3 ESTÁNDARES DE LAS TECNOLOGÍAS WLAN.

Las redes WLAN es una red de área local inalámbrica que cubren áreas residenciales o corporativas con un alcance máximo de 300 m, permitiendo que los nodos se encuentren dentro del área de cobertura y así poder conectarse entre sí.

El Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE), es una asociación mundial sin fines de lucros dedicados a la estandarización y el desarrollo de áreas técnicas. Su trabajo es promover la creatividad, el desarrollo y la integración, compartir y aplicar los avances en las tecnologías de la información, electrónica y ciencias en general para beneficio de la humanidad y de los mismos profesionales. (IEEE, 1963).

Para las redes inalámbricas existen diferentes estándares creados por el IEEE, los estándares 802.11a, 802.11b, 802.11g, pertenecen a la familia 802.11 que son estándares de tecnologías WIFI y son los más solicitados del mercado por sus productos de costos accesibles.

#### 2.2.3.1 Estándar IEEE 802.11

Este estándar conocido también como 802.11 legacy, es el estándar original de la IEEE, aprobado en el año 1997, especifica velocidades de transmisión teóricas de 1 a 2Mbps que se transmiten por señales infrarrojas en la banda de ISM a 2.4Ghz, define el protocolo CSMA/CA (Múltiple acceso por detección de portadora evitando colisiones) como método de acceso. En la actualidad no se fabrican productos sobre este estándar debido a su baja velocidad de transmisión y a su incompatibilidad con otros protocolos. (IEEE, 1997).

#### 2.2.3.2 Estándar IEEE 802.11a

Este estándar es aprobado en el año 1999, usa la misma base del protocolo original pero opera en la banda de los 5Ghz, emplea 52 sub-portadoras OFDM (Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales), además de ofrecer una velocidad máxima de transmisión de 54Mbps. La velocidad de datos se reduce a 48, 36, 24, 18, 12, 9 ó 6 Mbit/s en caso necesario. Cuenta con 12 canales no solapados, 8 para red inalámbrica y 4 para conexiones punto a punto. Los equipos que utilicen este estándar no pueden interoperar con el estándar 802.11b. (IEEE, 1999).

#### 2.2.3.3 Estándar IEEE 802.11b

Este estándar utiliza método de acceso y técnica DSSS (espectro ensanchado por secuencia directa) definido por el estándar original, opera en la banda de 2.4Ghz y tiene una velocidad de transmisión teórica de 11Mbps pero en la práctica es alrededor de 5.9 Mbps sobre TCP y 7.1 Mbps sobre UDP. (IEEE, 1999).

#### 2.2.3.4 Estándar IEEE 802.11g

En junio del 2003, se legalizó una tercera mejora al estándar 802.11 con el nombre de IEEE 802.11g. Este estándar opera en la banda de 2.4Ghz igual a 802.11b, utiliza OFDM la misma técnica de modulación que el 802.11a por lo tanto funciona con una tasa máxima de transferencia de datos de 54 Mbps. Para asegurar la interoperabilidad con el 802.11b, en las tasas de datos de los 5,5 y los 11 Mbps se revierte a CCK+DSSS (como 802.11b) y usa DBPSK/DQPSK + DSSS para tasas de transferencias de 1 y 2 Mbps. La interoperabilidad 802.11g con 802.11b es una de las razones principales de su masiva aceptación. Sin embargo, sufre el mismo problema en 802.11b con respecto a la interferencia (demasiados puntos de acceso urbanos) puesto que funcionan en la misma banda de frecuencia. (IEEE, 2003).

#### 2.2.3.5 Estándar IEEE 802.11n

Este estándar presenta una velocidad de transmisión teórica de 540 Mbps que sería 40 veces más rápida que la de 802.11b y 10 veces más que la de 802.11a o la 802.11g,

además este estándar utiliza tecnologías MIMO (Múltiple Input, Múltiple Output), múltiples-entradas múltiples salidas. Esta tecnología es muy utilizada en las comunicaciones inalámbricas en la que se utiliza varios transmisores y múltiples receptores para aumentar la tasa de transferencia y el alcance. (IEEE, 2008).

En la tabla 1, se muestran las características de los diferentes estándares del IEEE 802.11, los cuales son utilizados en las comunicaciones inalámbricas con tecnologías WIFI.

ESTÁNDAR	VELOCIDAD MÁXIMA	FRECUENCIA	RADIO DE COBERTURA TÍPICO (INTERIOR)	RADIO DE COBERTURA TÍPICO (EXTERIOR)	COMPATIBLE CON MODELOS	MODULACIÓN
802.11 a	54 Mbps	5Ghz	85 m	185 m	NO	OFDM
802.11 b	11 Mbps	2.4 Ghz	50 m	140 m	NO	CCK
802.11 g	54 Mbps	2.4 Ghz	65 m	150 m	802.11 b	CCK, OFDM
802.11 n	600 Mbps	2.4 Ghz o 5Ghz	120 m	300 m	802.11 a/b/g	OFDM
802.11 ac	1,3 Gbps	2.4 Ghz o 5Ghz	-	-	802.11 a/n	QAM-OFDM
802.11 ad	7 Gbps	2.4 Ghz, 5Ghz y 60 Ghz	-	-	802.11 a/b/g/n/ac	SC-OFDM

**Tabla 1:** Comparación de estándares del IEEE 802.11

**Fuente:** Juana Liseth Tomalá Merchán

Para la ejecución de esta propuesta tecnológica se hará uso de los protocolos 802.11a y 802.11n, porque estos protocolos trabajan en una banda de frecuencia de 5Ghz, utilizan modulación OFMD y se emplean en tecnologías WIFI y MIMO.

#### 2.2.4 PROTOCOLOS DE SEGURIDAD EN REDES INALÁMBRICAS.

La seguridad es un factor importante en las comunicaciones, las redes inalámbricas son redes relevantes en seguridad ya que al transmitir por aire son más sensibles y pueden ser vulneradas por intrusos potenciales que estén dentro del radio de 100 metros, además los usuarios por equivocación se pueden conectar a redes abiertas y esto resulta peligroso para la organización. Las mismas medidas de seguridad que se tienen para enviar datos a través de Internet deben tenerse también para las redes inalámbricas que en comparación con las redes cableadas son inseguras.

Con la presencia de este problema de inseguridad en las redes inalámbricas, la asociación IEEE utilizando el estándar 802.11 presentó un mecanismo opcional de seguridad inalámbrica llamado WEP, pero este mecanismo no logró resolver el problema ya que resultó una norma de protección deficiente.

El IEEE al comprobar que la norma de seguridad WEP no resultó eficiente, desarrolló un nuevo estándar de seguridad denominado 802.11i que permita proveer suficiente seguridad en las comunicaciones WLAN.

#### 2.2.4.1 WEP.

WEP (Privacidad equivalente al cable) es el primer protocolo de encriptación incluido en el estándar IEEE 802.11. Esta norma de seguridad inalámbrica permite cifrar la información que se transmite. Provee un cifrado a nivel 2, basado en el algoritmo de cifrado RC4 que maneja claves de 64 bits (40 bits más 24 bits del vector de iniciación IV) o de 128 bits (104 bits más 24 bits del IV). Los mensajes de difusión de las redes inalámbricas se transmiten por ondas de radio, lo que los hace más susceptibles, frente a las redes cableadas, de ser captados con relativa facilidad. (López, 2008).

#### 2.2.4.2 WPA.

WPA denominado Acceso Wifi Protegido, es una norma de seguridad inalámbrica que utiliza el estándar IEEE 802.11i, desarrollado para corregir inconvenientes presentados en el estándar WEP. La norma WPA ampara la autenticación de clientes mediante la utilización de un servidor, donde se almacenan las credenciales y contraseñas de los usuarios de la red. En comparación con el estándar WEP se incrementó el vector de inicialización de 24 bits a 48 bits además se añadió la función MIC (Message Integrity Code) para controlar la integridad de los mensajes (López, 2008).

#### 2.2.4.3 WPA2.

Acceso Protegido Wifi2, estándar basado en el protocolo 802.11i pero desarrollado para proteger las redes inalámbricas de las vulnerabilidades presentadas en el estándar WPA. La Wifi Alliance llama a la versión de clave pre-compartida WPA-Personal y WPA2-Personal y a la versión con autenticación 802.1x/EAP como WPA-Enterprise y WPA2-Enterprise. La seguridad de WPA2 es más robusta en comparación con otros estándares de seguridad, además utiliza algoritmo de encriptación AES en vez de algoritmo RC4. (López, 2008). (Este será el protocolo de seguridad que se utilizará en las configuraciones de los equipos inalámbricos y así evitar intrusos en las comunicaciones).

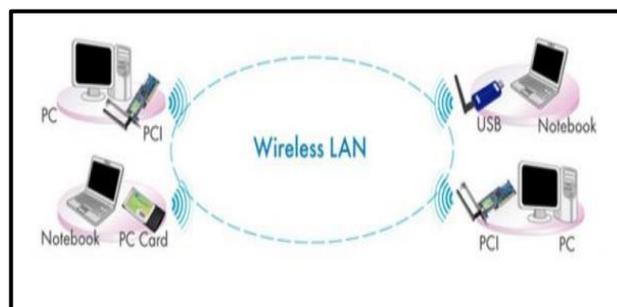
## 2.2.5 TOPOLOGÍAS DE LAS REDES INALÁMBRICAS

Las redes inalámbricas también tienen sus propias topologías de red que son:

- ✓ Topologías modo Ad - Hoc,
- ✓ Topología infraestructura,
- ✓ Topología redes Mesh.

### 2.2.5.1 Topología Ad - Hoc.

Ad - Hoc es una topología punto a punto donde los propios dispositivos inalámbricos crean la red LAN sin necesidad de puntos de acceso o controlador central. Cada nodo se enlaza directamente por medio de SSID, en esta topología se debe considerar la cantidad de dispositivos conectados ya que entre más usuarios conectados menor rendimiento de la red.

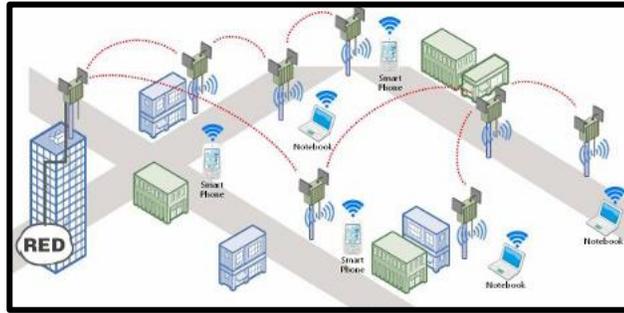


**Figura 2:** Topología inalámbrica Ad - Hoc

**Fuente:** <http://www.eusso.com/Models/Wireless/UGL2454-VPA/UGL2454-VPA.htm>

### 2.2.5.2 Topología Infraestructura.

Este tipo de topología utiliza una estación base o punto de acceso que sirve para enlazar los CPE'S que deben estar dentro del rango de cobertura para exista conexión. Para conectar varios puntos de accesos y usuarios inalámbricos deben estar configurados con el mismo SSID.

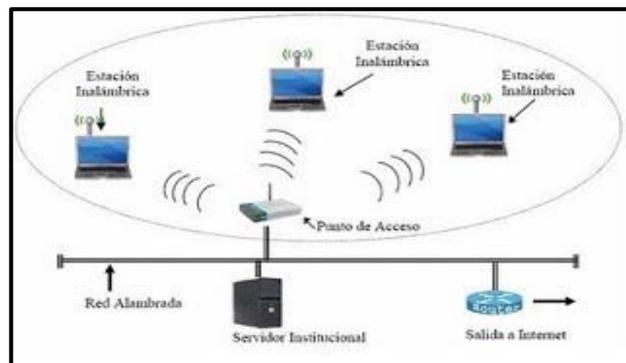


**Figura 3:** Topología inalámbrica Infraestructura

**Fuente:** <http://conainfo04.blogspot.com/2012/03/topologias-inalambricas-infraestructura.html>

### 2.2.5.3 Topología red Mesh.

Esta topología es conocida como red inalámbrica mallada que es una combinación entre las topologías inalámbricas Ad-Hoc y topología infraestructura. Por lo general es una topología infraestructura con la diferencia que los equipos se pueden conectar aun estando fuera del rango de cobertura del punto de acceso por medio de un transmisor que esté conectado a la red.



**Figura 4:** Topología inalámbrica Mesh.

**Fuente:** <http://flynetwifi.com/servicios/mesh>.

## 2.2.6 TIPOS DE ANTENAS PARA LA TRANSMISIÓN DE INTERNET INALÁMBRICO.

Las antenas son dispositivos que transforman la energía eléctrica en ondas electromagnéticas que se emiten y se reciben a través del espacio libre, además estas antenas deben operar en la misma banda de frecuencia tanto en transmisión como en recepción. Los tipos de antenas que se utilizan generalmente en transmisión se definen a continuación:

### 2.2.6.1 Antenas Direccionales.

Las antenas direccionales son aquellas que se utiliza para enlaces a larga distancia, ya que presentan su ancho de haz más angosto en comparación con las antenas sectoriales y su ganancia es más alta. Los tipos de antenas direccionales son yagui, grid y panel.

### 2.2.6.2 Antenas Omnidireccionales.

Las antenas omnidireccionales son aquellas que se utilizan para dar cobertura en todas las direcciones, estas antenas tienen un ancho de haz grande pero su alcance es menor, en el plano horizontal su ángulo de radiación es de  $360^\circ$  y en vertical de  $8^\circ$ .

### 2.2.6.3 Antenas Sectoriales.

Las antenas sectoriales son aquella combinación de antenas direccionales y antenas omnidireccionales, las cuales emiten un haz más amplio que una antena direccional pero no tan ancho como las omnidireccionales, además el alcance de las sectoriales es mayor que las omnidireccionales y menor que las antenas direccionales (La presente propuesta tecnológica hará uso de este tipo de antenas para su ejecución).

	DIRECCIONAL			OMNIDIRECCIONAL	SECTORIAL
	YAGUI	GRID	PANEL		
POLARIZACION VERTICAL	7° - 30°	8° - 15°	30°	8°	8° - 30°
POLARIZACION HORIZONTAL	7° - 30°	8° - 15°	30°	360°	45° - 120°
POTENCIA	5 - 16dbi	15 - 24dbi	5-8dbi	15dbi	20dbi

**Tabla 2:** Comparación de tipos de antenas inalámbricas.  
**Autor:** Juana Liseth Tomalá Merchán.

### 2.2.7 TIPOS DE ENLACES INALÁMBRICOS.

Las comunicaciones inalámbricas se las pueden obtener mediante enlaces punto a punto, enlaces punto a multipunto o una combinación de ellos, dependiendo de las necesidades de los enlaces inalámbricos.

#### 2.2.7.1 Enlace Punto a Punto.

Los enlaces punto a punto se utilizan para infraestructuras específicas que tienen un alcance que depende del tipo de antenas que empleen, este enlace es seguro, estable, ofrece una velocidad de 11Mbps hasta 108Mbps y trabaja en el estándar IEEE 802.11 a/b/g.

En un enlace punto a punto debe existir línea de vista, no debe haber obstáculos que obstruyan la señal como edificios, árboles, colinas, además de considerar la curvatura de la tierra si la distancia de la conexión supera los 300km. En la figura 5, se muestra un enlace punto a punto.



**Figura 5:** Conexión de enlace punto a punto.

**Fuente:** <http://www.sonoravoip.com/portfolio-view/enlaces-wimax/>

Los enlaces punto – multipunto funcionan igual a los enlaces punto a punto con la diferencia que conectan más de un CPE al punto de acceso, estos enlaces ofrecen mayor alcance de cobertura, trabaja con los estándar IEEE 802.11 a y también con el estándar 802.11n que ofrece mayor rendimiento en comparación al 802.11 a/g, además utilizan antenas omnidireccionales o arreglos de antenas sectoriales y el usuario se conecta al punto de acceso a través de antenas direccionales como se muestra en la figura 6. (La presente propuesta tecnológica hará uso de este tipo de enlace para su ejecución).



**Figura 6:** Conexión de enlace punto – multipunto.

**Fuente:** <http://www.airtelperu.com/enlaces.php>

### 2.2.8 PLANIFICACIÓN INICIAL DEL RADIO ENLACE.

Antes de comenzar a diseñar un radio enlace, se debe conocer la banda de frecuencia con la que se trabajará, las características y especificaciones técnicas de los equipos o dispositivos. En esta propuesta tecnológica se trabajará con una banda de frecuencia de 5Ghz, se utilizará el simulador Radio Mobile el cual es una herramienta que sirve para simular enlaces de radio, además con la ayuda de Google Earth se establecerá los puntos y se obtendrá las coordenadas para simular el enlace inalámbrico.

### 2.2.9 RADIO ENLACE

Un radio enlace es una conexión entre dos terminales de telecomunicaciones que utilizan como medio ondas electromagnéticas que al ser diseñados se debe considerar en que banda de frecuencia trabajará, tipos de antenas y que equipos de radiocomunicación utilizará, el cálculo del balance de potencias, la evaluación de los niveles de ruido e interferencia o fenómenos que afectan las comunicaciones.

Una de las características de los radioenlaces de WISP es la visibilidad directa que existe entre el nodo principal y el usuario, por lo tanto cuando la distancia pasa el límite permitido y se presentan interferencias no se garantiza buena conexión por esa razón se debe considerar los siguientes aspectos:

- ✓ Establecer los puntos donde serán ubicados la estación base y los CPE, el cual se obtendrá las coordenadas del sitio con la ayuda de Google Earth.
- ✓ Utilizar simulador Radio Mobile para determinar si existen obstrucción en el enlace que se realiza para cubrir la zona.
- ✓ Obtener datos e información de potencia y línea de vista con la ayuda de simulador Radio Mobile.
- ✓ Elegir los equipos y dispositivos necesarios que se utilizarán para diseñar el nodo WISP.

## 2.2.10 ORGANISMOS REGULATORIOS EN ECUADOR REFERENTE A LOS ENLACES INALÁMBRICOS.

Los organismos en Ecuador que intervienen en temas relacionados con las telecomunicaciones son: CONATEL, quien es el encargado de administrar y regular las telecomunicaciones en el país, SENATEL quien es el representante de Ecuador ante la UIT y SUPERTEL quien es el encargado controlar y monitorear el espectro radioeléctrico.

Estos organismos determinaron que en Ecuador se puede elegir frecuencias de 2.4GHz y 5.8GHz que son frecuencias de uso libre y que no necesitan licencia para operar, además que las empresas que elijan estas frecuencias para trabajar tendrán que realizar el trámite respectivo en los organismos de control para adquirir permisos de red privada o de portadora, también deberán contar con equipos homologados e inscritos en la SENATEL para evitar sanciones por parte de la SUPERTEL.

## 2.3 MARCO TEÓRICO.

Las comunicaciones inalámbricas han logrado ingresar al mundo de las telecomunicaciones, por su fácil instalación, bajo precio y sobre todo libertad de ofrecer servicios de comunicación en todos los lugares, estas tecnologías son una solución eficiente frente a las tecnologías cableadas, ya que cubren las necesidades que sufren aquellas zonas donde las redes cableadas limitan los servicios de comunicación, como es el caso de las zonas rurales.

En el Ecuador existen algunos medios que se pueden utilizar para ofrecer servicios de banda ancha, los proveedores de servicios de Internet debido a las limitaciones de las tecnologías cableadas han optado por las tecnologías inalámbricas y ofrecer servicios

de calidad, eficiente, confiable y sobre todo con precios accesibles para toda la población. Por esa razón, hoy en día es normal encontrar redes con tecnologías inalámbricas y conectadas a la nube de Internet a través de medios de transmisión principal como son Fibra Óptica, Satelital o por Radio enlace.

### **ISP INALÁMBRICO A TRAVÉS DE FIBRA ÓPTICA.**

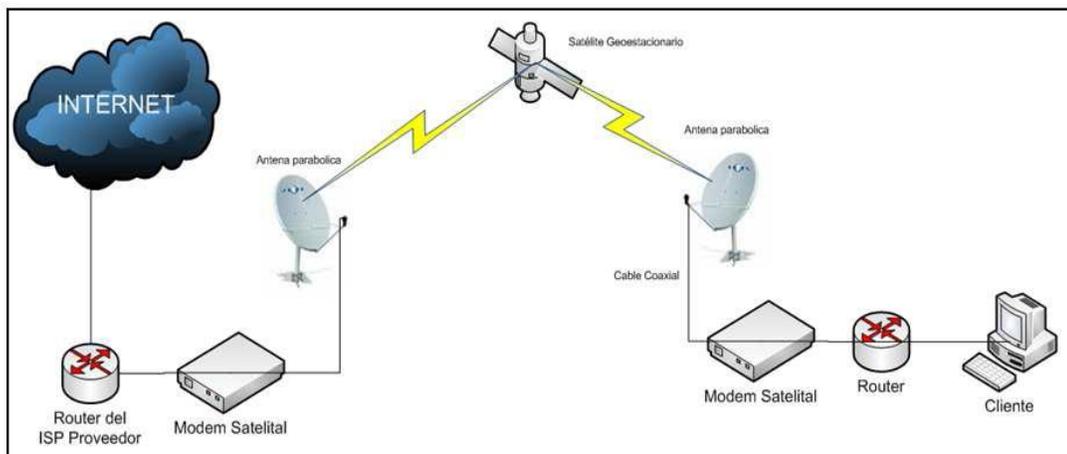
El Proveedor de Servicios de Internet Inalámbrico debido a la ubicación geográfica y carencia de red de transporte cerca de la comuna El Azúcar, se propuso como solución a esta propuesta tecnológica, un diseño mixto entre Fibra Óptica e Inalámbrico, por lo que resulta más factible contratar la instalación de 10Km de Fibra Óptica a CNT, que comprende el trayecto desde la carretera principal Guayaquil- Salinas, lugar por donde pasa la red de fibra óptica CNT hasta la comunidad, lugar donde se pretende implementar en el futuro el nodo WIPS, en cambio la alimentación del WISP por medio de radiofrecuencia, resultaría una comunicación inestable debido a largas distancia (Cerro Gonzales) donde se encuentran ubicadas las antenas repetidoras, y por medio Satelital no es rentable en esta localidad, debido a sus altos costos y se obtendría como resultados finales un proyecto no rentable ni factible.

### **ISP INALÁMBRICO A TRAVÉS DE MEDIOS SATELITALES.**

Según estudios realizados por el Ing. Franklin Pachar Figueroa en su tesis de Maestría de un “Diseño de la red para un wireless internet service provider (WIPS) para el cantón Yantzaza”, tema realizado en una localidad de la provincia de Zamora Chinchipe. Mediante un estudio de factibilidad técnica, financiera y legal, se implementó el diseño mixto de red inalámbrica y satelital con tecnologías VSAT, obteniendo como resultados un proyecto viable, además que determinó aspectos técnicos importantes que se debe considerar al implementar un ISP y de esta manera contribuyeron con el desarrollo social, económico y educativo de esta localidad.

La solución de este trabajo de investigación consistió en una arquitectura de red jerárquica para mejor administración, mejor mantenimiento, mayor seguridad,

escalabilidad, etc. Esta infraestructura de red utilizó como medio de transmisión principal Satélites, en su estación base una torre de 40m, en la que se instalaron antenas sectoriales para la frecuencia de 5Ghz y para la frecuencia de 2.4Ghz utilizaron antenas omnidireccionales, haciendo uso de las 2 bandas de frecuencia libres y que no necesitan licencia para su operación, además de utilizar antenas parabólicas, módem satelitales con velocidad de transmisión de 70Mbps que fueron divididos para el número de usuarios, router principales para conectarse a la nube de Internet y de concentración para conectar los equipos servidores, además de los dispositivos marcas Ubiquiti que sirvieron de equipos para el cliente y de esta manera ofrecer al cantón Yantzaza, servicios de calidad, eficiencia, confiable y precios accesibles.



**Figura 7:** Esquema de la conexión Satelital  
**Fuente:** Ing. Franklin Pachar Figueroa

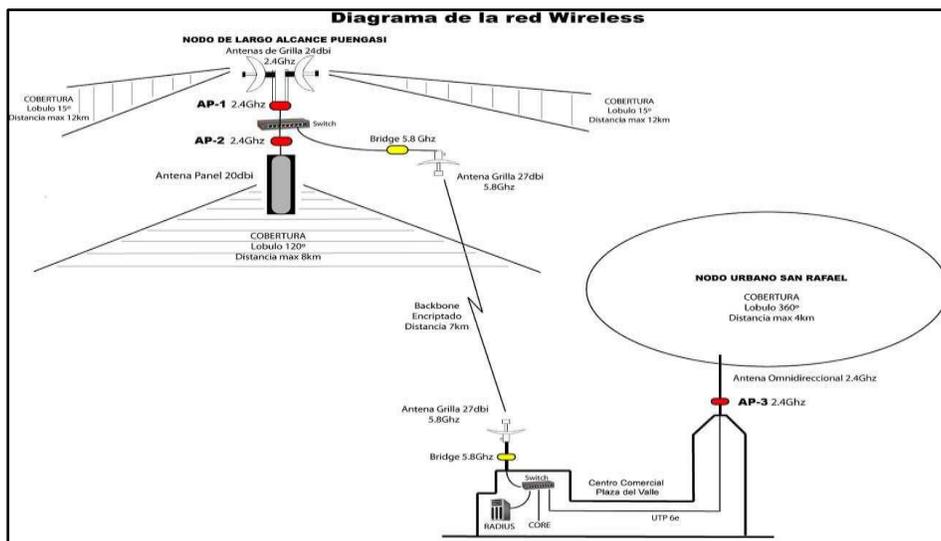
## ISP INALÁMBRICO A TRAVÉS DE RADIO ENLACE

Según la investigación realizada por JORGE AUGUSTO GONZALEZ SOLORZANO, en su tema de tesis "Diseño y configuración de un Proveedor de Servicios de Internet Inalámbrico (WISP) en la ciudad del Valle de los Chillos, en la Provincia de Pichincha. Mediante el estudio de factibilidad técnica, legal y financiera, se implementó un ISP inalámbrico con tecnologías WiMAX, ofreciendo servicios de comunicación a la comunidad del Valle de los Chillos, puesto que éste es un área residencial y comercial muy poblada y carecía de muchos servicios como el Internet.

Las redes inalámbricas fueron una solución al problema de escasos servicios en esta zona, ya que les brindan servicios de calidad, eficiente, confiable y precios accesibles para estratos sociales bajo, además de ofertar servicios corporativos para aquellas industrias o empresas que existen en la localidad, siendo una zona comercial, pero se veía afectada por las limitaciones de las telecomunicaciones.

Las instituciones educativas de esta localidad promueven la innovación de tecnologías, centros de investigación, ofrecen educación de calidad, al implementar este ISP no sólo mejoró la calidad de vida de la población, sino de aquellas personas que visitan la zona, disminuyendo la brecha digital al fortalecerla con el uso de las tecnologías de información y comunicación, además que está comprobado que “donde existen telecomunicaciones, existe desarrollo”.

El diseño comprendió en un nodo ISP con tecnologías WiMAX, el cual opera con frecuencias de 2.4GHz y 5GHz, utilizando antenas de panel y grid para acceder al Internet, equipos como router, switch, servidores Radius, etc. A continuación se muestra el diagrama de la red Wireless.



**Figura 8:** Diagrama de la red Wireless.  
**Fuente:** Jorge Augusto González Solórzano.

## CAPÍTULO III

### DESARROLLO DE LA PROPUESTA

#### 3.1 COMPONENTES DE LA PROPUESTA (LÓGICOS Y FÍSICOS)

##### COMPONENTES FÍSICOS

Para poder elegir el dispositivo o equipo más idóneo que se utilizará en la solución de la propuesta tecnológica, se ha propuesto realizar un análisis de 3 marcas diferentes de equipos y de esta manera seleccionar el que ofrezca mejores características técnicas, calidad de servicio, eficiencia, seguridad, precios accesibles y que al finalizar el proyecto se obtenga como resultados un proyecto viable. A continuación se detallan cada uno de los componentes que conforman el nodo WISP con las diferentes marcas que se analizarán y explicando el porqué de la elección de una de las marcas propuesta.

##### **3.1.1 Router concentrador de acceso.**

Este dispositivo permite conectividad tanto a usuarios corporativos como usuarios residenciales. A continuación se definen las características técnicas mínimas que deben cumplir este dispositivo:

- ✓ Conexión LAN.
- ✓ Conexión WAN.
- ✓ DRAM de 4GB default (expansión hasta 8 GB).
- ✓ Puertos USB.
- ✓ Puertos Fijos Ethernet 10/100/1000 Base TX, RJ-45.
- ✓ Ranuras para módulos WAN/LAN.
- ✓ Protocolos IPv4 e IPv6.
- ✓ Access Lists (ACLs).
- ✓ NAT.

- ✓ Servicios Diferenciados (DiffServ).
- ✓ Algoritmo de Cifrado AES, DES y 3DES
- ✓ IEEE 802.1Q VLAN
- ✓ Telnet, SNMP, TFTP, VTP.

En la tabla 3, se detallan las características técnicas de 3 equipos de diferentes marcas que cumplen la mayoría de los requerimientos que se mencionó anteriormente, pero se elegirá el Router Cisco porque es el que supera todos los requerimientos que deben poseer el concentrador de accesos del nodo ISP.

CARACTERISTICAS/MARCA	CISCO	3COM	D-LINK
IMAGEN DE LOS DISPOSITIVOS			
MODELO	3825	5232	DI-3660
Conectividad LAN (10/100/1000 BASE TX)	•	•	•
Conectividad WAN(ATM, ISDN, BRI/PRI, TI/E1, Señal asincrono.	•	•	•
Multiservicio (VOZ, DATO Y VIDEO)	•	•	•
DRAW de 256MB default con expansión hasta 1GB.	•	•	X
Flash de 64MB default con expansión hasta 256MB.	•	X	X
Modular.	•	•	•
Puertos USB 2.0	•	X	X
Puertos de consola RJ45 Asincrono EIA-232.	•	•	•
Puerto Auxiliar	•	•	•
Puertos fijos Ethernet 10/100/1000 Base TX, RJ45.	•	•	X
Ranuras para módulos WAN/LAN.	•	•	•
IPv6	•	X	X
ACLs (Access Lists)	•	•	•
NAT	•	•	•
ATM, PPP, HDLC, ETHERNET.	•	•	•
TCP/IP, RIP-2, OSPF, BGP	•	•	•
DilfServ (Servicios Diferenciados)	•	•	X
VPN	•	•	•
Algoritmo de Cifrado AES, DES, 3DES	•	•	X
IEEE 802.1Q VLAN	•	•	•
Telnet, SNMP	•	•	•
Fuente de poder Dual.	•	X	X
Alimentacion 110V AC / 60Hz.	•	•	•
<b>PRECIO</b>	\$ 6.196,16	\$ 2.528,54	\$ 2.932,92

**Tabla 3:** Especificaciones Técnicas de 3 Router Concentradores de Accesos.  
**Fuente:** [http://www.tecnologiahechapalabra.com/datos/redes\\_internet/articulo](http://www.tecnologiahechapalabra.com/datos/redes_internet/articulo).

### **3.1.2 Router Principal.**

El router principal es un hardware de interconexión de redes que trabaja en la capa 3 del modelo OSI, este dispositivo determina las rutas que deben tomar los paquetes de datos en conectividad interna y externa de la red del ISP.

Un router principal debe tener características técnicas como se detallan a continuación:

- ✓ Conexión LAN.
- ✓ Conexión de voz, datos y video.
- ✓ DRAM de 4GB default (expansión hasta 8 GB).
- ✓ Puertos USB.
- ✓ Protocolos IPv4 e IPv6.
- ✓ Algoritmo de Cifrado AES, DES y 3DES
- ✓ Estándar: IEEE 802.1Q VLAN
- ✓ Protocolos: Telnet, SNMP, TFTP, VTP.

En la tabla 4, se muestra tres opciones de router principal y se detallan las características técnicas que poseen cada dispositivo. Los 3 modelos cumplen con las especificaciones técnicas que requiere un router principal, pero se elegirá el router Cisco 3825 porque cumple y presentan mayores requerimientos técnicos en comparación con los demás. Este dispositivo a pesar de que su precio es mal alto en comparación con otros dispositivos no requiere inversión en cuanto a módulos por lo que ya vienen integrados por tanto resulta nuestra mejor opción.

CARACTERISTICAS/MARCA	CISCO	3COM	D-LINK
IMAGEN DE LOS DISPOSITIVOS			
MODELO	3825	5232	DI-3660
Conectividad LAN (10/100/1000 BASE TX)	•	•	•
Conectividad WAN(ATM, ISDN, BRI/PRI, TI/E1, Señal asincrono.	•	•	•
Multiservicio (VOZ, DATO Y VIDEO)	•	•	•
DRAW de 256MB default con expansión hasta 1GB.	•	•	X
Flash de 64MB default con expansión hasta 256MB.	•	X	X
Modular.	•	•	•
Puertos USB 2.0	•	X	X
Puertos de consola RJ45 Asincrono EIA-232.	•	•	•
Puerto Auxiliar	•	•	•
Puertos fijos Ethernet 10/100/1000 Base TX, RJ45.	•	•	X
Ranuras para módulos WAN/LAN.	•	•	•
IPv6	•	X	X
ACLs (Access Lists)	•	•	•
NAT	•	•	•
ATM, PPP, HDLC, ETHERNET.	•	•	•
TCP/IP, RIP-2, OSPF, BGP	•	•	•
DifServ (Servicios Diferenciados)	•	•	X
VPN	•	•	•
Algoritmo de Cifrado AES, DES, 3DES	•	•	X
IEEE 802.1Q VLAN	•	•	•
Telnet, SNMP	•	•	•
Fuente de poder Dual.	•	X	X
Alimentacion 110V AC / 60Hz.	•	•	•
<b>PRECIO</b>	\$ 6.196,16	\$ 2.528,54	\$ 2.932,92

**Tabla 4:** Especificaciones Técnicas de 3 Router Principales.  
**Fuente:** [http://www.tecnologiahechapalabra.com/datos/redes\\_internet/articulo](http://www.tecnologiahechapalabra.com/datos/redes_internet/articulo).

Los router Cisco de la familia 3800 no disminuyen su funcionamiento aún cuando estén en uso todas sus funciones. Entre las funciones que poseen estos router son los multiservicios (voz, datos y video), además de los servicios diferenciados. Estos dispositivos han sido diseñados para cubrir las necesidades de medianas y grandes empresas así como también de sucursales, además de ofrecer solución convergente de enrutamiento y seguridad a sus usuarios.

### **3.1.3 Conmutadores.**

Los switch o conmutadores son dispositivos que permiten interconectar segmentos de red. En el diseño del ISP se necesita utilizar un switch para conectar los dispositivos de la red interna el ISP. A continuación se detalla las especificaciones técnicas mínimas que debe tener el switch o conmutador:

- ✓ Puertos Ethernet: 10/100/1000 base TX.
- ✓ Capa del Modelo OSI: Capas 2 y 3.
- ✓ DRAM de 4 GB de memoria.
- ✓ Puerto de consola RJ-45 asíncrono EIA-232.
- ✓ STP (Spanning-Tree Protocol, IEEE 802.1D).
- ✓ Protocolos Telnet, SNMP, TFTP, VTP.
- ✓ Servicios Diferenciados (DiffServ).
- ✓ Conexión half / full duplex.
- ✓ Manejo de enlaces Trunking.
- ✓ Protocolo IPv4 / IPv6.

En la tabla 5, se puede visualizar las características técnicas de 3 conmutadores de diferentes marcas, los cuales cumplen con los requerimientos mínimos que se necesita para implementar el ISP.

CARACTERISTICAS / MARCA	CISCO	3COM	D-LINK
IMAGEN			
MODELO	3750G 24TS-S	4500G 24	DES-3326 SR
24 Puertos Ethernet 10/100/100 bT autosensing RJ45	•	•	•
Puerto UL 1000 Base TX Fijo	•	•	X
Capa de Modelo OSI: Capa 2 y 3.	•	•	•
DRAM de 128 MB con expansión.	•	•	•
Flash de 16 MB con expansión.	•	•	•
Backplane sobre 30Gaps. Full Duplex.	X	•	•
Puerto de consola RJ45 Asincrono EIA-232.	•	•	•
Puerto Auxiliar.	•	•	•
Velocidad de Conmutacion de pauqetes de 35	•	•	•
Soporte VLAN	•	•	•
Direcciones MAC sobre 10k	•	X	•
Puertos Half/Full Duplex	•	•	•
STP, IEEE 802.1D	•	•	•
Alimentacion de energia redundante	•	X	X
Manejo de enlaces Trunking	•	•	•
DiffServ (Servicios Diferenciados)	•	•	•
IPv4/IPv6	•	•	•
VPN	•	•	•
ACLs (Access List) L2 - L3	•	•	•
Telnet, SNMP, TFTP, VTP	•	•	•
MTBF: 200000 Horas	•	•	X
Alimentacion 110V AC / 60 Hz	•	•	•
PRECIO	\$ 2.517,51	\$ 1.551,75	\$ 1.162,50

**Tabla 5:** Especificaciones Técnicas de Conmutadores.

**Fuente:** [http://www.tecnologiahechapalabra.com/datos/redes\\_internet/articulo](http://www.tecnologiahechapalabra.com/datos/redes_internet/articulo).

### 3.1.4 Servidor de caché.

El servidor de caché es el equipo que nos facilitará las páginas de Internet sin tener que ir directamente al origen del archivo y cuyo objetivo es apresurar la provisión de información a los clientes de la World Wide Web, ya que el uso de este servidor no permite introducir retardos estimados en la obtención de la información.

La gran demanda de visitas en páginas web ocurre en horas picos lo que produce un tráfico elevado, por lo tanto durante ese tiempo el servidor proxi-caché recopila las páginas web visitadas reduciendo retardos en la obtención de la información, por esa razón se emplea el software Squid - Servidor Caché que soporta los protocolos HTTP y FTP, y tiene mecanismos avanzados de autenticación y control de acceso.

Un servidor debe describir algunas características especiales en cuanto a rendimiento, escalabilidad y fiabilidad, por lo que a continuación se detallan las siguientes:

- ✓ Certificado de Soporte RHEL 5, categoría servidor
- ✓ Procesador Intel Dual Core 3.0 GHz
- ✓ Memoria de acceso aleatorio (RAM) de 8 GB, con capacidad de expansión.
- ✓ Capacidad de 8 GB en disco para software y 500TB para almacenamiento de páginas web.
- ✓ Memoria cache externa de 4 GB.
- ✓ Software: Squid.
- ✓ Puertos USB 2.0 y 3.0
- ✓ Tarjeta de red con puertos Ethernet: 100 base TX, Gbit Ethernet.

En la tabla 6, se puede visualizar las características técnicas de servidores de 3 marcas diferentes los cuales cumplen con los requerimientos, pero en esta ocasión se elegirá el Servidor HP Proliant DL380 G5 por ser más seguro, confiable y el más utilizado en el país.

CARACTERISTICAS / MARCA	HEWLETT-PACKARD	IBM	DELL
IMAGEN			
MODELO	HP PROLIANT DL380 G5	IBM SYSTEM X3650	POWER EDGE 2950
Procesador Intel Dual Core 3.0GHz, 1333Mz FSB	•	•	•
Certificación de Soporte RHEL5, Cat:Servidor	•	•	•
Soporte de Disco Duro SA5 (36GB, 72GB, 146GB)	•	•	•
Soporte de Disco Duro SATA(60GB, 120GB)	•	•	•
Ranuras de expansion para disco duro Hot Swap.	•	•	•
Almacenamiento interno máximo de 1.168 TB	•	•	•
Memoria caché externa L2 de 2MB	•	•	•
Puertos USB 2.0	•	•	•
Tarjeta de red con puertos Ethernet 10/100/1000 Base TX, RJ45	•	•	•
Puerto para teclado, mouse, y monitor.	•	•	•
Unidad de CD-ROM 24x o superior	•	•	•
Alimentación 110V AC / 60Hz.	•	•	•
<b>PRECIOS</b>	\$ 1.200,00	\$ 1.951,40	\$ 1.110,10

**Tabla 6:** Especificaciones Técnicas de Servidores.

**Fuente:** [http://www.tecnologiahechapalabra.com/datos/redes\\_internet/articulo](http://www.tecnologiahechapalabra.com/datos/redes_internet/articulo).

Además, las características técnicas que presenta el dispositivo mencionado anteriormente es el mismo que se puede utilizar para cada uno de los servidores que conforman la red ya que cumple con los mismos requerimientos que necesitan los demás servidores como son: Web, Caché, correo electrónico, DNS, Base de Datos, etc.

### **3.1.5 Servidor Radius.**

El servidor Radius es el equipo que se emplea especialmente por los ISP para ejecutar el acceso a Internet de sus clientes. Radius es un protocolo de autenticación y autorización para aplicaciones de acceso a Internet. Al efectuar conexiones de un ISP mediante ADSL, cable módem o WIFI, se remite un usuario y contraseña, el servidor Radius recibe la solicitud del equipo de acceso del cliente que está autenticando para comprobar que el usuario y contraseña sean correctos.

Este equipo para comprobar que los usuarios y contraseñas son los correctos, utilizan protocolos de autenticación: PAP, CHAP O EAP. Un servidor Radius debe cumplir con características técnicas mínimas como las que se detallan a continuación:

- ✓ Servidor Radius: Programa FreeRadius.
- ✓ Protocolos de Autenticación: PAP, CHAP.
- ✓ Licencia.
- ✓ Seguridad: Data Encryption Standard (DES).
- ✓ Bases de Datos.
- ✓ Sistema Operativo LINUX con procesador mayor de 2 GHz.
- ✓ Memoria de Acceso Aleatorio (RAM) de 4GB.
- ✓ Disco disponibles de 500 GB.
- ✓ Tarjeta de red a 10 Mbps.

La capacidad de manipular sesiones es una de las características más importantes que posee el protocolo Radius, ya que al notificar el inicio y fin de la conexión se puede determinar el consumo del usuario y por ende la facturación.

### **3.1.6 Base de Datos del usuario.**

La Base de Datos del Proveedor de Servicios de Internet nos ayuda a almacenar información relacionada al negocio, saber el tipo de garantía que tienen todos sus usuarios, incluso si están autorizados para conectarse o no, además este servidor debe brindar una delimitación de los productos y servicios proporcionados por el ISP.

La Base de Datos del Proveedor de Servicios de Internet debe guardar información necesaria del negocio como las que se detallan a continuación:

- ✓ Datos administrativos.
- ✓ Número de abonados.
- ✓ Direcciones de correo electrónico.
- ✓ Nombre de Usuarios.
- ✓ Tamaño de buzón de casilla.
- ✓ Número de conexiones utilizadas y disponibles.

### **3.1.7 Servidores de correo electrónico POP3 Y SMTP.**

Al realizar una configuración de correo electrónico se debe seleccionar el tipo de servidor, por lo tanto, se elige los servidores POP3 y SMTP. El servidor POP3 (Protocolo de oficina de correos 3) es el responsable de los correos electrónicos entrantes y el encargado de guardarlos en las casillas de correo, en cambio el servidor SMTP (Protocolo simple de transferencia de correo) es el encargado de administrar el envío de e-mail hacia Internet.

Cuando un usuario realice un envío de correo a un receptor que se encuentre dentro del mismo dominio, automáticamente el mensaje ira al POP3 para ser guardado. Para mayor protección de los correos entrantes y salientes es recomendable instalar un antivirus y antispam en el servidor de correos electrónicos.

El servidor de correos electrónicos debe poseer características técnicas mínimas como las que se detallan a continuación:

- ✓ Procesador de 4 GHz o superior.
- ✓ Memoria de acceso aleatorio (RAM) de 4 GB con capacidad de expansión.
- ✓ Disco para software de 500 GB y para almacenamiento de mensajes de 500GB.
- ✓ Memoria cache externa.
- ✓ Puertos USB 2.0
- ✓ Protección de correo: Antivirus y Antispam
- ✓ Tarjeta de red con puertos Ethernet 100 baseTX, Gbit Ethernet y RJ45.

### **3.1.8 Servidor Web.**

Un servicio web es un conjunto de protocolos y estándares que sirven para intercambiar datos entre aplicaciones, este servidor es el autorizado para alojar los contenidos del Proveedor de Servicio de Internet. El Web Server suministra a los clientes de Internet métodos para poder guardar información, imágenes, video o contenido asequible vía Internet.

Los Web Server ofrecen gran estabilidad y confiabilidad gracias al desarrollo en conectividad y gran disponibilidad de banda ancha es posible instalarlos dentro de la propia empresa sin requerir alojamientos en empresas proveedoras externas.

El Web Server debe poseer las especificaciones técnicas mínimas como las que se detallan a continuación:

- ✓ Procesador de 4GHz o superior
- ✓ Memoria de Acceso Aleatorio (RAM) de 4GB con capacidad de expansión.
- ✓ Disco para software de 360 GB y para almacenamiento web de 500TB.
- ✓ Memoria cache externa de 4GB.
- ✓ Puertos USB 2.0 y 3.0
- ✓ Software: Apache 2.4 con PHP 5.6.6.
- ✓ Tarjeta de red con puertos Ethernet: 100 baseTX, Gbit Ethernet y RJ45
- ✓ Unidad de CD-ROM 24x o superior.

### **3.1.9 Servidor DNS**

El servidor DNS (Domain Name System) es el responsable de ofrecer la determinación de nombres para todos los equipos del ISP, Servidor Web, POP3, SMTP, etc., además este servidor es el encargado de traducir nombres de dominios en direcciones IP, asignando nombres a los Pc de una red y trabajando con nombres de dominio en lugar de IP's.

Un servidor DNS de ISP debe cumplir con las características técnicas básicas como se definen a continuación:

- ✓ Procesador de 4GHz o superior
- ✓ Memoria de Acceso Aleatorio (RAM) de 4GB con capacidad de expansión.
- ✓ Disco para software de 360 GB y para almacenamiento DNS de 500TB.
- ✓ Disco duro con capacidad de expansión
- ✓ Memoria cache externa de 4 GB
- ✓ Puertos USB 2.0 y 3.0
- ✓ Tarjeta de red con 2 puertos Ethernet 100 Base TX, Gbit Ethernet.
- ✓ Unidad de CD-ROM 24x o superior.

### **3.1.10 Firewall.**

Un firewall o cortafuego es un dispositivo diseñado para proteger la red ISP contra accesos no autorizados, estos equipos son implementados, tanto en hardware como en software u obtener una combinación de ambos que se colocan en el punto de enlace de la red interna con la red externa como se muestra en la figura 16.

En un diseño WISP básico se puede utilizar un firewall a nivel de software, pero cuando el WISP se incrementa, se requiere mayor versatilidad y robustez, por eso es necesario utilizar un firewall de hardware, por lo que estos son equipos adecuados para ser utilizados en empresas grandes, además de ser independientes de otros equipos y no consumir recursos del sistema.

Un cortafuego o firewall debe tener características básicas como las que se detallan a continuación:

- ✓ Rendimiento de 2Gbps.
- ✓ Memoria de Acceso Aleatorio (RAM) de 4GB.
- ✓ Memoria Flash de 8 GB.
- ✓ Números ilimitados de usuarios.
- ✓ Puertos Ethernet 100/1000BaseT Gbit Ethernet Y RJ-45.
- ✓ Puertos USB 2.0.
- ✓ Puerto de consola (RJ-45).
- ✓ Soporte para Protocolo IPv6.
- ✓ Algoritmo de cifrado AES, DES, 3DES.
- ✓ Anti-X (antivirus, antispymware, bloqueo de archivos, antispam, antipishing y filtrado URL).

En la tabla 7, se puede visualizar las características técnicas que poseen 3 dispositivos firewall diferentes, los cuales cumplen con los requerimientos necesarios. Al comparar estas 3 opciones de equipos cortafuegos o firewall se optó por el equipo FGT-800 marca Fortigate porque proporcionan mayor seguridad al poseer certificación ICSA, el cual otros dispositivos no cumplen.

CARACTERISTICAS / MARCA	CISCO	FORTIGATE	SONICWALL
IMAGEN			
MODELO	ASA 5540	FGT-800	PRO-4100
200Mbps de tráfico 3DES/AES VPN	•	•	•
Memoria de acceso aleatorio (RAM) de 512GB	•	•	•
Rendimiento de 600Mbps	•	•	•
Número ilimitados de usuarios.	•	•	•
2500 sesiones de usuarios VPN SSL.	•	•	•
300000 conexiones simultáneas.	•	•	•
100000 conexiones por segundo.	•	•	•
Memoria Flash de 64MB.	•	•	•
Puertos Ethernet 10/100/1000 Base T -RJ45.	•	•	•
Puertos USB 2.0	•	•	•
Ranura de expansión de memoria y de conectividad	•	X	X
Puerto de consola	•	•	•
20 VLANs (802.1Q)	•	•	•
Soporte Ipv6	•	•	•
Protocolo IPv6	•	•	•
Algoritmo de cifrado AES, DES, 3DES	•	•	•
Certificación ICASA.	X	•	X
Anti-X(antivirus, antispyware, bloqueo de archivos, antispam, antipishing y filtrado URL.	•	•	•
DiffServ	•	•	•
Alimentacion 110V AC/ 60HZ.	•	•	•
PRECIOS	\$ 9.486,00	\$ 6.295,50	\$ 5.162,85

**Tabla 7:** Especificaciones Técnicas de Cortafuegos.

**Fuente:**[http://www.tecnologiahechapalabra.com/datos/redes\\_internet/articulo](http://www.tecnologiahechapalabra.com/datos/redes_internet/articulo).

### 3.1.11 Software de tarifa y facturación.

Al momento de elegir un software de tarifación y facturación para el ISP, existen varias opciones por la que se puede optar. Un Proveedor de Servicios de Internet que recientemente está en funcionamiento es aconsejable adquirir un software ya elaborado, disponible en el mercado y acorde al desarrollo de la empresa.

A continuación se presentan dos opciones de empresas desarrolladoras de software, las cuales nos ayudarán a obtener el software que se necesita para la facturación del ISP.

- ✓ Advanced ISP Billing
- ✓ Desarrollo de Software a la medida

Desarrollo de Software a la Medida será la empresa a quien se le comprará el software de tarifación y facturación del ISP.

### 3.1.12 Equipos de comunicación Inalámbrica.

El alto precio de la implementación de infraestructuras que ofrecen servicios de Internet por medio de cables, ha limitado las comunicaciones en algunas poblaciones del país en especial las zonas rurales por la ausencia de servicios de banda ancha.

La solución más económica y eficaz frente a este problema es la implementación de infraestructuras inalámbricas, estas tecnologías ofrecen el servicio de banda ancha utilizando el espectro radioeléctrico con el uso de frecuencias en bandas libres, este servicio ha generado grandes expectativas especialmente en los Proveedores de Servicios de Internet Inalámbricos (WISP).

Por eso en esta sección del proyecto se detallaran las características técnicas de los equipos de radiofrecuencia de banda ancha que se utilizarán como solución a esta propuesta tecnológica. En la tabla 8, se visualiza las características técnicas de equipos de radiofrecuencia más utilizados en nuestro medio.

CARACTERISTICAS / MARCA	MIKROTIC	MOTOROLA	UBIQUITI
IMAGEN			
MODELO	BaseBox5	Canopy	Nanostation M5
Frecuencia de Operación	5Ghz	5Ghz	5Ghz
Potencia de consumo	4 a 11.5 W	8.2 a 9.1 W	8 W
Capacidad de Trasmisión	148Mbps	300Mbps	150Mbps
CPU	600Mhz	500Mhz	400Mhz
RAM	64MB	64MB	32MB
Interfaz	RJ45 10/100	RJ45 10/100	RJ45 10/100*2
Estándar	802.11 a/n	802.3	802.11 a/n
Alimentación PoE	30V DC	24V DC	24V DC
Sistema Operativo	Router OS	Canopyboot	Air Os
Temperatura Operación	-30C a 60C	-30C a 55C	-30C a 75C
Resistencia al viento	200Km/h	190Km/h	201 Km/h
Ganancia de la antena	16dBi	17dBi	16dBi
Sensibilidad	-90dBm	-83dBm	-103dBm
Modulación	OFDM	OFDM. SFK	QAM, OFDM
Tecnología	MIMO	MIMO	TDMA/MIMO
PRECIOS	\$ 165,00	\$ 280,00	\$ 120,00

**Tabla 8:** Características técnicas de Equipos RF.

**Fuente:** <http://routerboard.com>, [www.motorola.com/canopy](http://www.motorola.com/canopy) y [www.ubnt.com/datasheet](http://www.ubnt.com/datasheet).

Al analizar cada una de las características técnicas que poseen los equipos de diferentes marcas, se deduce que los equipos de radio frecuencia que se utilizará en este proyecto serán los equipos de marca Ubiquiti con sus componentes de tecnología Airmax, estos dispositivos son los adecuados para utilizarlos en prácticas de propagación, por sus servicios, tecnologías, precios y aplicaciones que se pueden desarrollar en esta plataforma.

Además que para implementar la infraestructura de una red WISP que utiliza como medio el espectro radioeléctrico, se eligió la frecuencia de 5-5.8Ghz que es una frecuencia de banda libre, la cual no necesita licencia para su operación. Para la solución de este proyecto no se consideró la frecuencia de 2.4Ghz, a pesar de que también es una frecuencia de banda libre por la sobresaturación que existe con esta frecuencia.

Se realiza un Diseño de Radioenlace Punto – Multipunto que opere en la frecuencia de 5-5.8Ghz, esta banda de frecuencia tiene sus ventajas ya que ofrece mayor disponibilidad de canales, además que en esta banda encontramos las antenas o equipos más potentes y con mayor ganancia.

Para el Radioenlace se utiliza equipos de radios básicos Rocket M5 marca Ubiquiti con antenas sectoriales de tecnología Airmax, estos dispositivos forman la estación base del Enlace, siendo equipos compatibles, robustos y confiables para enlaces Punto – Multipunto, y para el lado de los Clientes se utiliza dispositivos NanoStation M5.

En la estación base o punto central al utilizar antenas sectoriales de tecnologías Airmax es recomendable utilizar equipos Rocket, por ser un equipo que sus componentes de hardware, el microprocesador que integra la memoria RAM y características adicionales hace que este equipo sea el más idóneo y robusto para colocarlo en esta posición.

El equipo Rocket al no poseer antenas integradas, nos brinda la posibilidad de incorporar antenas que se adapten a nuestras necesidades, ya sean antenas

direccionales, omnidireccionales o sectoriales. Siendo un enlace Punto – Multipunto no se puede utilizar antenas direccionales porque el punto de acceso principal o estación base debe recibir señales de múltiples direcciones.

En cambio, las antenas omnidireccionales pueden cumplir los requerimientos por tener un ángulo de apertura de 360°, pero al recibir y transmitir las ondas electromagnéticas en ese ángulo, su poder de potencia o alcance se ven afectados, es por ello que lo más recomendable es una solución intermedia que serían las antenas sectoriales, cuyo ángulo de apertura se ubica entre los 60, 90 y 120°, lo cual hace que estas antenas nos ofrezcan una potencia mayor a las antenas omnidireccionales y una cobertura más amplia que las antenas direccionales.

En las estaciones clientes se recomienda utilizar antenas direccionales o Access Point, porque estas estaciones concentran sus ondas electromagnéticas en un punto definido y conocen a qué punto tienen que transmitir o recibir los datos, por esta razón se eligió los dispositivos NanoStation M5.

El ancho de banda de un enlace Punto – Multipunto es de 10MHz a 40MHz, no puede superar ese valor porque generaría un factor de ruido y resultaría una solución inestable.

#### **3.1.12.1 Características técnicas de equipo Rocket M5 – Ubiquiti.**

Según la fórmula estadística de muestreo poblacional finita, en la comuna El Azúcar tendremos 350 posibles clientes, por lo que se utiliza 4 equipos Rocket M5 con sus respectivas antenas sectoriales Airmax (AM-5G20-90), las cuales formarán un ángulo de cobertura de 360°. Cada uno de los equipos que forman la estación base cubren 100 clientes, por lo que colocando 4 equipos Rocket M5 + antenas sectoriales Airmax cubriremos un total de 400 clientes, dejando espacios libres para futuros clientes.

En la tabla 9, se detallan las características técnicas que poseen los equipos Rocket M5 de la marca Ubiquiti, que son componentes que operan sobre la plataforma Airmax en una frecuencia de 5170 a 5875 GHz, como se describe a continuación:

CARACTERISTICAS / MARCA	UBIQUITI
IMAGEN	
MODELO	<b>Rocket M5</b>
Frecuencia	5.170-5.875 GHz
Tecnología	MIMO
Capacidad de Trasmisión	150Mbps
Potencia máxima	27dbm (500mW)
Procesador	Atheros MIPS 4KC, 400MHz
Memoria	64MB SDRAM, 8MB Flash
Modulación	OFDM
Estándar	802.11 a/n
Interfaz de red	1 X 10/100 BASE-TX (Cat. 5, RJ-45) Ethernet Interface
Sistema Operativo	Air Os
TX Power	27dBm (Max)
Sensibilidad	-96dBm (max)
Seguridad	WPA2
Consumo máximo	8W
Temperatura	-30C a 75C
Tipo de alimentación	POE (pairs 4,5+; 7,8 return)
Fuente de alimentación	24V, 1A (24 Watts)
Antena	No tiene antena integrada, tiene 2 conectores SMA RP Hembra
Capacidad	100 usuarios max
<b>PRECIOS</b>	\$ 164,00

**Tabla 9:** Características técnicas de Equipos Rocket M5.  
**Fuente:** [http://dl.ubnt.com/datasheets/rocketm/rm\\_ds\\_web.pdf](http://dl.ubnt.com/datasheets/rocketm/rm_ds_web.pdf)

### 3.1.12.2 Características técnicas de antenas sectoriales – Airmax.

En la tabla 10, se detallan las características técnicas que tienen las antenas sectoriales Airmax, que son dispositivos que operan en la frecuencia de 5GHz, ángulo de 90° y presentan una ganancia de 20dbi, como se describe a continuación:

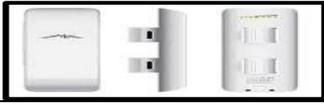
CARACTERISTICAS / MARCA	UBIQUITI	
IMAGEN		
MODELO	AM-5G20-90	
Dimensiones	700 x 135 x 70 mm (27.56 x 5.32 x x 2.76")	
Frecuencia	5.15 - 5.85 GHz	
Capacidad de Trasmisión	150Mbps	
Ganancia	19.4 - 20.3 dBi	
Ancho de Haz Pol-H	91° (6 dB)	
Ancho de Haz Pol-V	85° (6 dB)	
Elevación Ancho de haz	4°	
Inclinación eléctrica	2°	
Polarización	Linea Dual	
PRECIOS	\$	239,00

**Tabla 10:** Características técnicas de antenas AM-5G20-90.

**Fuente:** [https://dl.ubnt.com/guides/sector/airMAX\\_Sector\\_AM-5G20-90\\_QSG.pdf](https://dl.ubnt.com/guides/sector/airMAX_Sector_AM-5G20-90_QSG.pdf)

### 3.1.12.3 Características técnicas de dispositivos NanoStation M5.

En la tabla 11, se puede visualizar las características técnicas que poseen los dispositivos para el cliente NanoStation M5 como se detallan a continuación:

CARACTERISTICAS / MARCA	UBIQUITI
IMAGEN	
MODELO	Nanostation M5
Frecuencia de Operación	5.475-5.825GHz
Procesador	Atheros MIPS 24KC 400MHZ
Memoria	32MB SDRAM y 8MB Flash
Potencia de consumo	8 W
Capacidad de Trasmisión	150Mbps
CPU	400Mhz
Interfaz	RJ45 10/100*2
Seguridad	WPA2
Estándar	802.11 a/n
Alimentación PoE	24V DC
Sistema Operativo	Air Os
Temperatura Operación	-30C a 75C
Resistencia al viento	201 Km/h
Ganancia de la antena	16dBi
Sensibilidad	-103dBm
Modulación	OFDM
Ajuste de canales	10/20/40 MHz
Tecnología	MIMO
PRECIOS	\$ 120,00

**Tabla 11:** Características técnicas de NanoStation M5.

**Fuente:** [https://dl.ubnt.com/datasheets/nanostationm/nsm\\_ds\\_web.pdf](https://dl.ubnt.com/datasheets/nanostationm/nsm_ds_web.pdf)

## COMPONENTES LÓGICOS

La solución propuesta para el diseño de la red WISP es básicamente una red mixta formada por tecnologías inalámbricas y el medio de transmisión Fibra Óptica. El propósito de esta solución mixta es proveer el acceso a servicios de Internet, implementando una infraestructura de bajo costo, en aquellas zonas donde no es posible ofrecer servicios de banda ancha mediante la utilización de tecnologías convencionales.

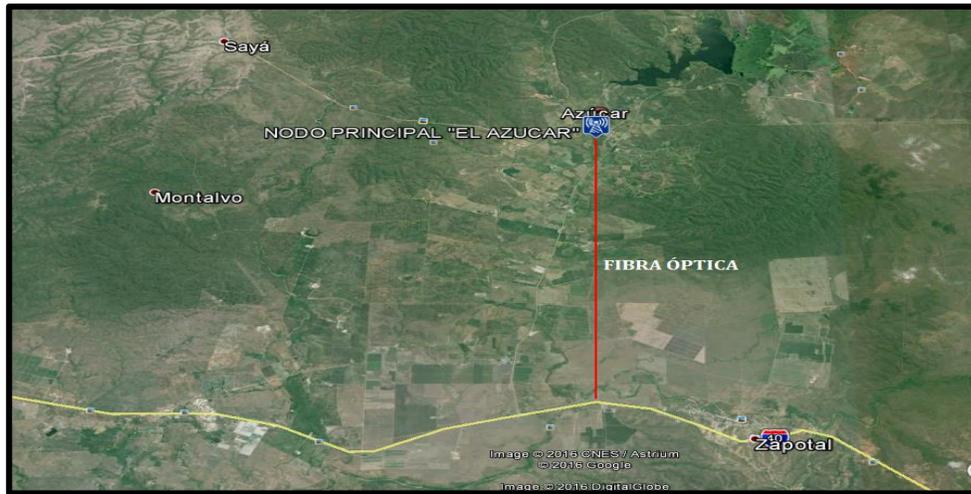
La infraestructura de un Proveedor de Servicios de Internet se organiza en cuatro partes que son: Red Troncal o Backbone, Red de Servidores, Red de Concentración y Red de Acceso. A continuación se detallan cada uno ellos.

### **3.1.13 Red Troncal o backbone.**

El Proveedor de servicios de Internet Inalámbrico debido a su ubicación geográfica y a la carencia de redes de transporte en la zona, se conectará al backbone de Internet por medio de Fibra Óptica. Esta conexión vía Fibra será suministrada por la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT.EP).

CNT.EP como empresa proveedora de servicios, realizará la instalación aérea del cable de Fibra Óptica con su respectivo componentes, esta instalación será desde el tramo de la carretera principal Guayaquil – Salinas hasta la Comuna “El Azúcar”, el cual comprende una distancia de 10Km, por esta razón no me compete hacer un estudio porque serán ellos quienes realicen y nos entreguen la instalación el medio de transmisión principal que conectara al Nodo WISP.

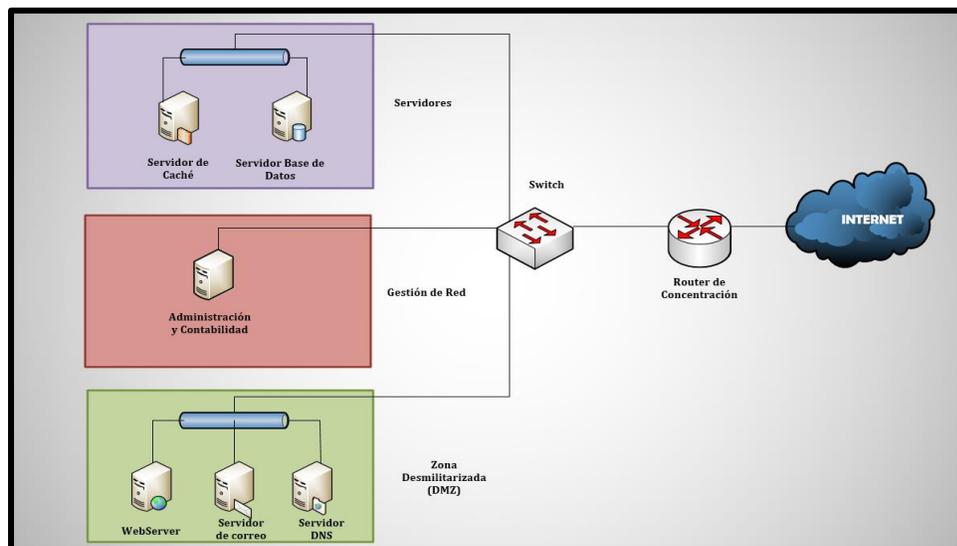
La velocidad de transmisión que nos proveerá CNT.EP será de 60Mbps, el cual será dividido para el número de posibles usuarios. En la figura 9, se puede visualizar como sería la conexión de Fibra Óptica aérea desde la carretera principal Guayaquil Salinas hasta el Nodo Principal “El Azúcar”.



**Figura 9:** Instalación de F.O desde carretera Gye – Salinas hasta el Nodo.  
**Fuente:** Google Earth.

### 3.1.14 Red de Servidores del ISP.

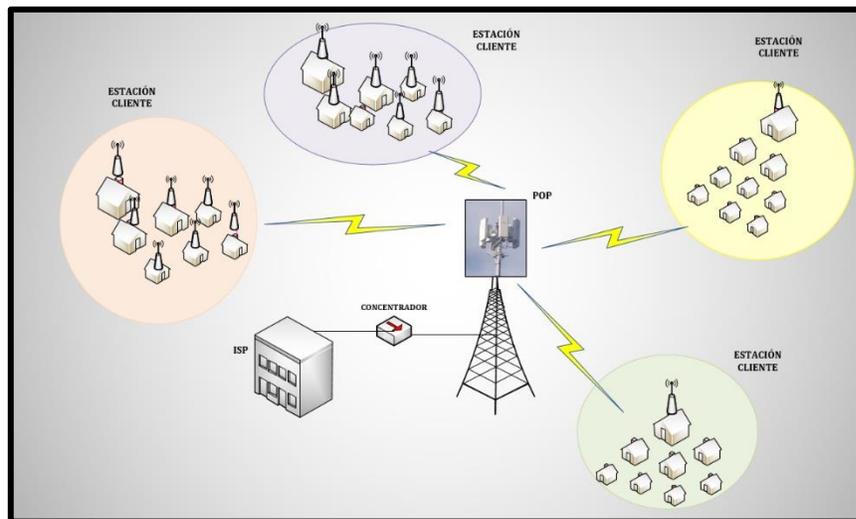
La infraestructura del ISP puede poseer una o varias instalaciones donde se encuentren sus equipos servidores y de comunicaciones, la instalación principal consiste en una o varias LAN que conectan los servidores de caché, DNS, e-mail, Web y también los de administración, monitoreo y gestión de la red, como se puede visualizar en la figura 10.



**Figura 10:** Diseño de red de servidores de un ISP.  
**Fuente:** Juana Tomalá Merchán.

### 3.1.15 Red de concentración.

La red de concentración del ISP es la encargada de agregar las conexiones de los usuarios al POP (Puntos de Presencia) del proveedor, esta red posee un router concentrador de acceso para satisfacer posible crecimiento de demanda de transmisión mediante la escalabilidad del negocio y oferta de gran ancho de banda. En la figura 11, se puede visualizar la red de concentración del ISP.



**Figura 11:** Diseño de red concentración del ISP.

**Fuente:** Juana Tomalá Merchán.

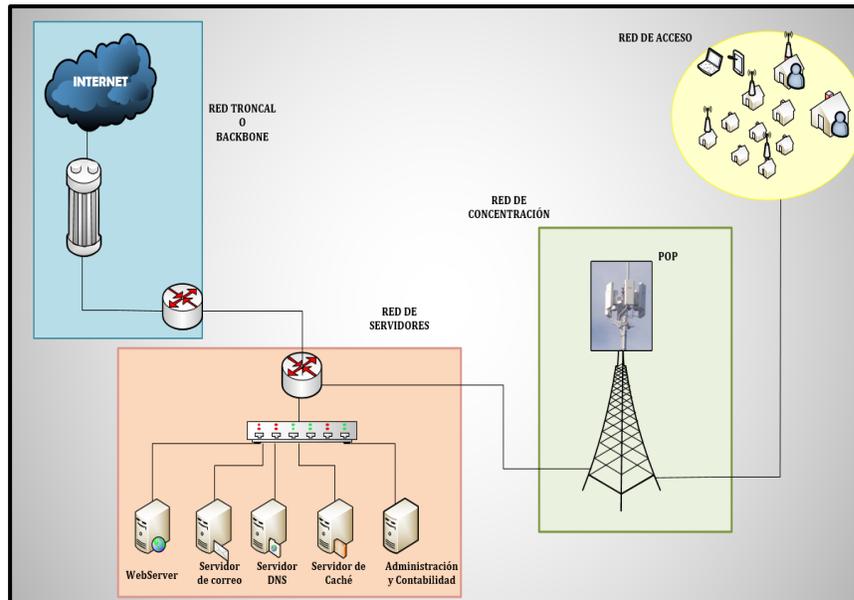
Cabe recalcar que para que el router de concentración establezca mecanismos de control de tráfico debe tener características como Diffserv (Diferenciación de Servicios) y de esta manera se puede implementar un control de tráfico en la red.

### 3.1.16 Red de Acceso.

La red de acceso o conexión de última milla es la que finalmente permite que sus usuarios finales (residenciales y corporativos) puedan establecer conexión con el nodo WISP. Para ofrecer acceso a los clientes, existen ISP convencionales e inalámbricos. Los ISP convencionales son los que normalmente utilizamos como conexión ADSL, Fibra Óptica o por medio de cable modem, en cambio los ISP inalámbricos son el futuro de las telecomunicaciones que utilizan ondas electromagnéticas como medio para

poder brindar conexión a sus clientes que en este caso es la solución propuesta del proyecto de grado.

En la figura 12, se puede visualizar la estructura del WISP, el cual muestra cada una de sus partes como son: Troncal o Backbone, Servidores, Concentración y Acceso.



**Figura 12:** Diseño de la estructura del WISP.  
**Fuente:** Juana Tomalá Merchán.

### 3.2 ESTUDIO DE MERCADO.

Realizar un estudio de mercado de esta propuesta tecnológica ayudó a determinar si es factible implementar en la comuna el Azúcar un nodo WISP, tomando en consideración ciertos factores que han impedido que hasta el momento la comunidad no cuente con acceso al Internet.

La comuna El Azúcar, es una zona muy poblada y productiva, en la cual aún no cuenta con infraestructuras tecnológicas que ayude a incrementar el desarrollo de esta comunidad. En el Ecuador, las empresas proveedoras de servicios de Internet como CNT.EP, CONECEL S.A y OTECEL S.A, ofrecen servicios por cable, muy pocas en el país ofrecen servicios de banda ancha inalámbrico.

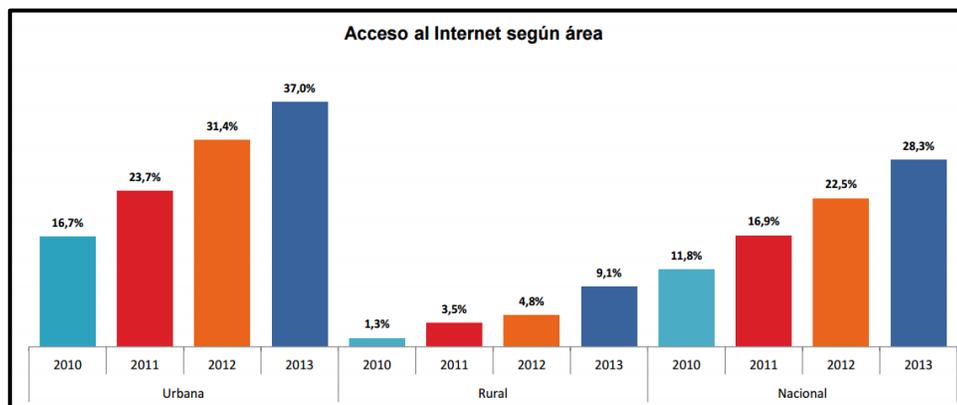
En algunas parroquias de la provincia de Santa Elena, se encuentran instalados Estaciones de Radio Base con tecnologías GSM, UMTS, LTE que son ofertadas por proveedores como CONECEL, OTECEL y CNT. En la tabla 12 se visualiza el número de radio bases instaladas en parroquias de la provincia de Santa Elena.

PROVINCIA	CANTON	PARROQUIA	ene-16												
			CONECEL S.A.					OTECEL					CNT		
			GSM 850	GSM 1900	UMTS 850	UMTS 1900	LTE (AWS)	GSM 850	GSM 1900	UMTS 850	UMTS 1900	LTE 1900	LTE 700	UMTS 1900	LTE AWS
SANTA ELENA	SALINAS	SALINAS	15	15	15	8	7	6	2	11	10	6	0	6	6
SANTA ELENA	SALINAS	ANCONCITO	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
SANTA ELENA	SALINAS	JOSE LUIS TAMAYO (MUJEY)	5	4	5	2	0	0	0	0	0	0	0	2	1
SANTA ELENA	SANTA ELENA	SANTA ELENA	14	9	11	6	1	5	0	6	6	1	0	5	0
SANTA ELENA	SANTA ELENA	ATAHUALPA	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
SANTA ELENA	SANTA ELENA	COLONCHE	4	2	2	1	0	2	0	2	1	0	0	1	0
SANTA ELENA	SANTA ELENA	CHANDUY	3	0	1	0	0	3	0	2	0	0	0	1	0
SANTA ELENA	SANTA ELENA	MANGLARALTO	5	1	4	1	1	2	1	2	1	0	0	2	0
SANTA ELENA	SANTA ELENA	SIMON BOLIVAR (JULIO MORENO)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SANTA ELENA	SANTA ELENA	SAN JOSE DE ANCON	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0
SANTA ELENA	LA LIBERTAD	LA LIBERTAD	8	8	10	0	3	2	2	2	2	0	0	12	4

**Tabla 12:** Radio bases instaladas en parroquias de Santa Elena  
**Fuente:** Registros administrativos ARCOTEL.

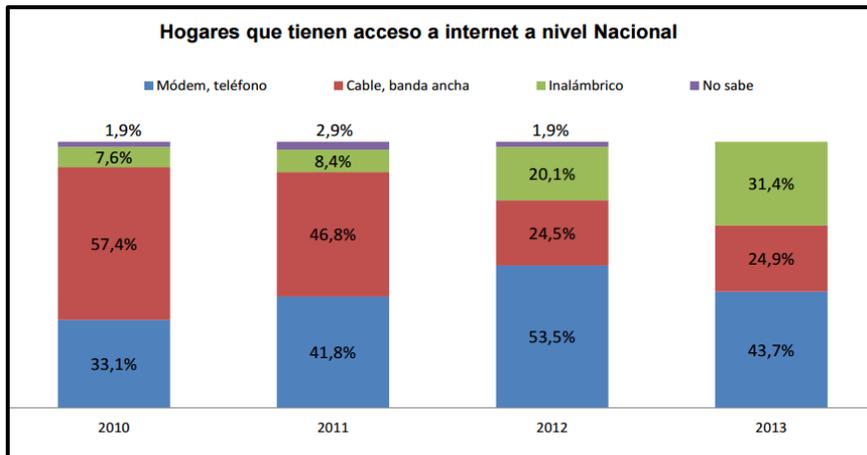
Las zonas rurales a nivel nacional son las zonas más afectadas al no contar, en su mayoría con servicios básicos como el Internet, pero desde el año 2010 al 2013 se ha incrementado en un 7.8% el acceso a Internet en estas zonas.

El Ecuador es uno de los países que se ha consolidado a ir eliminando poco a poco la brecha digital existen en el país, hasta el año 2013 el 28,3% tenía acceso a Internet a nivel nacional. En la figura 13 se muestra el incremento de acceso a Internet del año 2010 hasta el año 2013.



**Figura 13:** Acceso al Internet según áreas.  
**Fuente:** Encuesta Nacional de Empleo Desempleo y Subempleo – ENEMDU (2010 - 2013).

Las redes inalámbricas son la solución para cubrir áreas donde el cable no llega, este servicio se ha ido incrementado por su fácil instalación, precios accesibles, no necesita de otras infraestructuras para ofrecer el servicio de internet, etc. En la figura 14 se muestra como se ha incrementado el servicio inalámbrico a nivel nacional con el paso de los años.



**Figura 14:** Incremento del servicio inalámbrico.

**Fuente:** Encuesta Nacional de Empleo Desempleo y Subempleo – ENEMDU (2010 - 2013).

### 3.3 CONSUMIDORES POTENCIALES EN LA COMUNA EL AZÚCAR.

Para obtener el número de consumidores potenciales en la comuna El Azúcar se utilizará la fórmula estadística de muestreo poblacional finita:

$$N = \frac{4NPq}{e^2(N - 1) + 4Pq}$$

Donde sabemos que:

$N$ : Población = 2800

$P$ : éxito = 50 %

$q$ : fracaso = 50%

$E$ : error = 5%

$$N = \frac{4(2800 * 0.5 * 0.5)}{0.05^2(2800 - 1) + 4(0.5 * 0.5)}$$

Donde;  $N = 350$  posibles clientes.

Con esta fórmula se determinó que los posibles clientes potenciales que se tendrían en la comuna El Azúcar son de 350 usuarios.

### **3.4 DISEÑO DE LA PROPUESTA.**

La solución de este proyecto tecnológico es diseñar un Proveedor de Servicios de Internet Inalámbrico que cumpla ciertos requerimientos básicos como son:

- ✓ Escalabilidad.
- ✓ Estabilidad.
- ✓ Funcionalidad.
- ✓ Adaptación.
- ✓ Seguridad.
- ✓ Administración.

#### **3.4.1 Descripción de requerimientos básicos.**

**Escalabilidad:** Característica muy importante en un sistema o una red que permitirá que ésta siga creciendo sin perder calidad en los servicios que brinda, es decir debe soportar el incremento de sus usuarios y aplicaciones sin mayores cambios en su diseño.

**Estabilidad:** Esta propiedad permite un sistema o red estable, es decir ofrecer mayor estabilidad y disminución de fallos en la red.

**Funcionalidad:** Este término se refiere a una red funcional, es decir que debe admitir que sus clientes cumplan con sus requerimientos de trabajo, ofreciendo conectividad entre clientes, como entre aplicaciones a una velocidad razonable.

**Adaptación:** Esta propiedad se refiere que al momento de diseñar una red se debe considerar tecnologías futuras, es decir no incorporar componentes que limiten la implementación de nuevas tecnologías mientras se hacen disponibles.

**Seguridad:** Este término indica que la red debe en lo posible admitir que la información de sus clientes esté segura y evitar que sea vulnerada, suplantada o alterada y garantizando confidencialidad.

**Administración:** Este término indica que el diseño de red debe permitir monitorear y administrar la red para garantizar estabilidad.

Para diseñar la red WISP y que cumplan con estos requerimientos se hizo un estudio de equipos que cumplen con las características técnicas necesarias y de esta manera lograr un buen diseño de red.

### **3.4.2 Descripción de aspectos relevantes en un WISP.**

Es importante que al diseñar el WISP se tome en consideración factores que pueden afectar la comunicación de nuestro enlace, a continuación se describen los aspectos más relevantes.

- ✓ **Línea de vista:** Este término se refiere al trayecto libre de obstáculos y sin obstrucciones que debe existir entre el transmisor y el receptor, por esa razón para que exista mejor propagación de las ondas de radiofrecuencia, es necesario línea de vista limpia y sin obstrucciones.
- ✓ **Atenuación:** Este término se refiere a las lluvias, vientos, árboles, edificios, factores que afectan las comunicaciones inalámbricas, es decir cuando las ondas electromagnéticas traspasan algunos de estos factores generalmente se debilitan o se atenúan.
- ✓ **Perdida en el espacio libre:** Este factor está presente en las comunicaciones inalámbricas cuando la señal se dispersa por la distancia
- ✓ **Ruido:** Este término se refiere a toda señal no deseada que se mezcla con la señal que se utiliza para transmitir.

- ✓ **Refracción:** Este término se refiere cuando la onda electromagnética pasa de un medio a otro provocando cambios en su velocidad y dirección de propagación.
- ✓ **Reflexión:** Al chocar las ondas electromagnéticas en un cuerpo, la materia de la que está formada retiene unos instantes su energía para luego retransmitir en todas las direcciones.
- ✓ **Dispersión:** Este término se refiere cuando una radiación, una luz o sonido se ven obligados a desviarse de su trayecto a una o más rutas.
- ✓ **Difracción:** Este fenómeno se refiere al esparcimiento de la onda en la línea de la superficie. En las comunicaciones inalámbricas para que exista este fenómeno debe existir obstáculos.

### **3.4.3 Diseño de la estructura WISP.**

El diseño de esta propuesta consiste en implementar una arquitectura de red jerárquica que satisfaga las necesidades de la empresa. El diseño consiste en dividir la red en capas, las cuales nos permitirá mejor administración, facilidad de expansión y mayor rapidez para resolver problemas ya que en comparación con otros diseños, una red jerárquica es más exitosa al ofrecer muchos beneficios como son:

- ✓ Escalabilidad.
- ✓ Seguridad.
- ✓ Redundancia.
- ✓ Rendimiento.
- ✓ Fácil administración.
- ✓ Facilidad de mantenimiento.

**Escalabilidad:** Este término se refiere a que una red jerárquica es escalable ya que puede crecer con facilidad, debido a que cada instancia del modelo es estable, resulta fácil proyectar e implementar la expansión.

**Seguridad:** Un modelo de red jerárquica permite mejorar la seguridad y administración, permitiendo configurar a los dispositivos de acceso protocolos seguridad y utilizar políticas más avanzadas en la capa de distribución.

**Redundancia:** Este término se utiliza a medida que la red va creciendo, ya que la redundancia a nivel de núcleo y distribución permitirá asegurar disponibilidad de ruta.

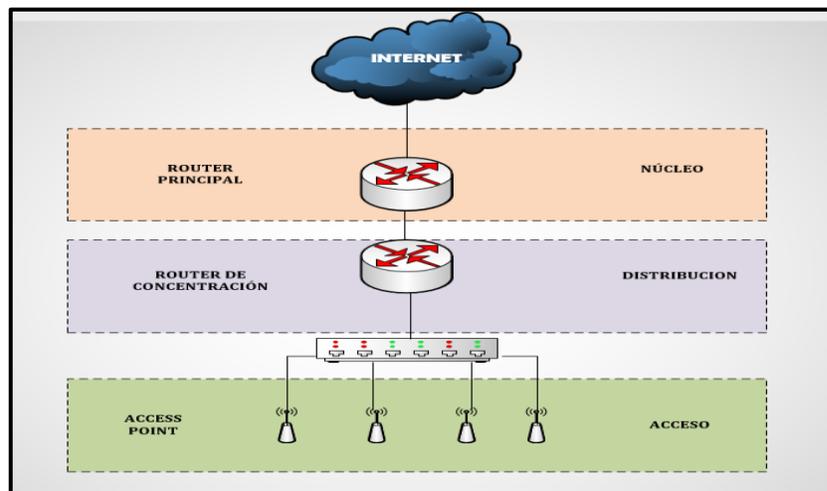
**Rendimiento:** El rendimiento de la comunicación mejoría al utilizar switch de alto rendimiento.

**Fácil administración:** La administración de la red es fácil ya que cada capa de la red jerárquica cumple con funciones específicas que determinan donde se debe configurar, modificar o implementar nuevos dispositivos.

**Facilidad de mantenimiento:** Al ser una red segmentada es más fácil aislar y encontrar las fallas en la comunicación. La modularidad de este diseño permite que la red escale sin mayores problemas.

Cabe recalcar que cada uno de los equipos y dispositivos elegidos cumplen con estos requerimientos. En la figura 15, se puede visualizar el diseño de la red jerárquica que se compone de capa de núcleo, capa de distribución y capa de acceso. La capa de núcleo es el backbone de alta velocidad de la red de Internet, además de ser la capa principal para interconectar los dispositivos de la capa de distribución.

Capa de distribución se utiliza como punto de concentración para acceder a los dispositivos de la capa de acceso, además esta capa establece la forma más rápida para que la petición del usuario sea remitida al servidor. Sus funciones principales son: enrutamiento, filtrado, acceso a la WAN y establecer los paquetes que deben llegar a la capa de núcleo y Capa de acceso: su objetivo principal es permitir la conexión entre los terminales (computadores, impresoras, smartphones, teléfonos IP), proporcionando un medio de conexión a través de ruteadores, conmutadores y access point, además de controlar que dispositivos pueden comunicarse en la red.

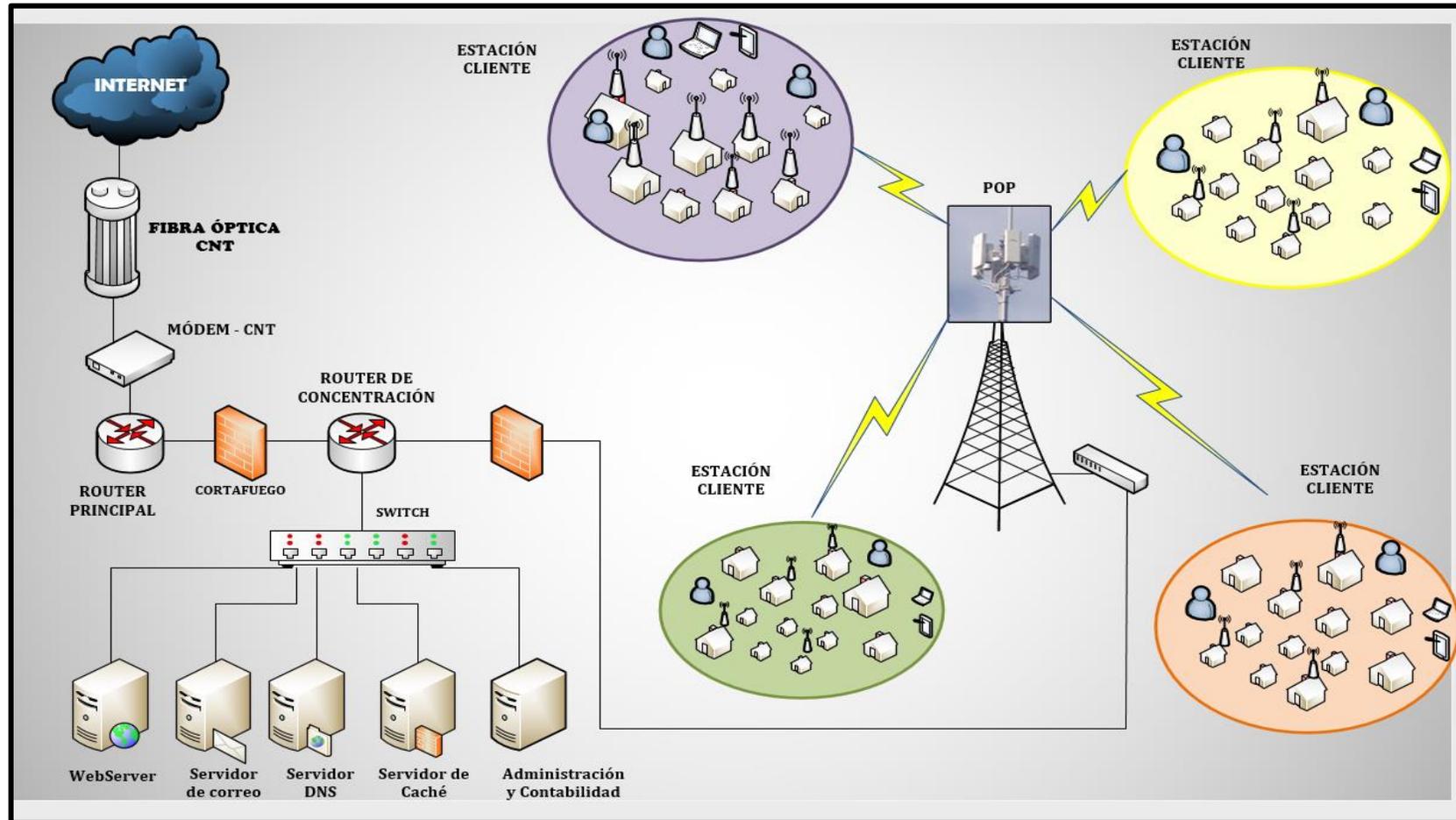


**Figura 15:** Diseño de la Red Jerárquica.  
**Fuente:** Juana Tomalá Merchán.

El sistema jerárquico dentro de una red, admite a los ruteadores utilizar vías redundantes y establecer trayectos óptimos incluso en redes que cambian dinámicamente. La segmentación de estos ruteadores para la asignación de tareas específicas ayudará a mejorar la estructura del ISP, a continuación se diferencian la distribución de los router:

- ✓ **Router de troncal o backbone:** Éste dispositivo envía paquetes a gran velocidad de un proveedor a otro.
- ✓ **Router de concentración:** este dispositivo facilita el acceso a la red a los usuarios individuales.

La infraestructura básica del diseño propuesto de un WISP se la estructuró en cuatro partes principales que son: Red Troncal o Backbone, Red de Concentración, Red de Servidores y Red de Acceso. En la figura 16, se puede visualizar el diseño de la estructura WISP, realizado en el programa Visio 2016, cabe recalcar que cada uno de los componentes que se eligió para implementar este diseño, se detallaron en la sección de Componentes de la Propuesta y explicando el porqué de su elección.



**Figura 16:** Diseño de la estructura WISP.  
**Fuente:** Juana Tomalá Merchán.

### **3.5 ANÁLISIS DEL LUGAR DONDE SE IMPLEMENTARA EL NODO WISP.**

Una vez realizado el estudio de mercado para este proyecto, se analiza el sitio donde se implementará el nodo WIPS, en el cual se debe considerar varios aspectos técnicos como:

- ✓ Visitar el lugar.
- ✓ Topografía del terreno.
- ✓ Coordenadas geográficas del lugar.
- ✓ Simulación del Enlace Punto – Multipunto.

#### **3.5.1 Visitar el lugar.**

Realizar una vista al lugar donde se implementará el nodo WISP ayudó a establecer los puntos estratégicos donde será colocada la estación base y los CPE, previo a esto se debe tomar en consideración que no debe existir obstáculos que obstruyan la línea de vista entre el nodo principal y los usuarios.

Con la visita técnica realizada en la comuna El Azúcar se pudo determinar que en el sitio existen pequeños cerros los cuales no interfieren en el enlace ya que se instalará una torre de 40 metros de altura en el que estará colocado el arreglo de antenas sectoriales que permitirán cubrir la zona.

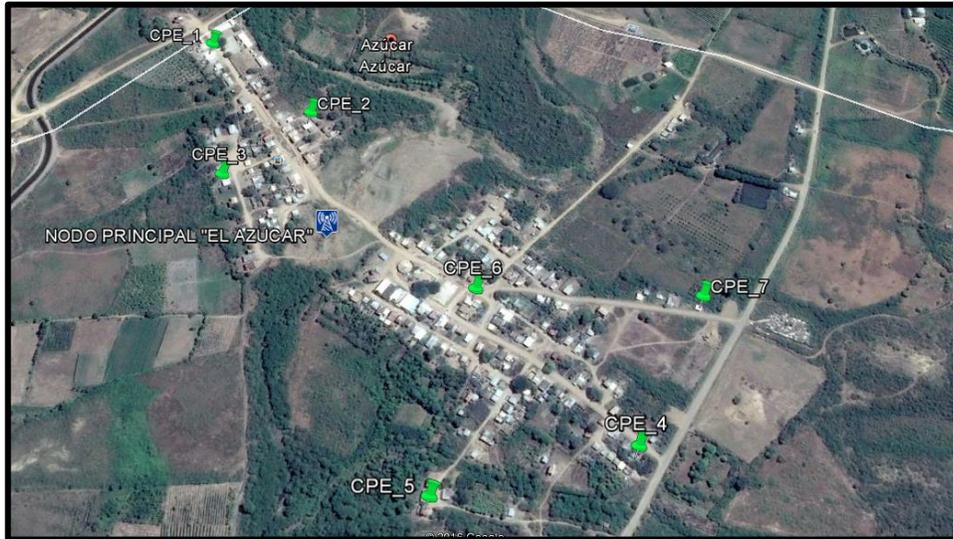
#### **3.5.2 Topografía del terreno.**

Previo a la visita técnica que se realizó en la comuna El Azúcar y con la ayuda del software Google Earth donde se visualiza la topografía del terreno, se pudo elegir el punto estratégico donde será ubicado el Nodo Principal que permitirá que los usuarios se conecten al servicio.

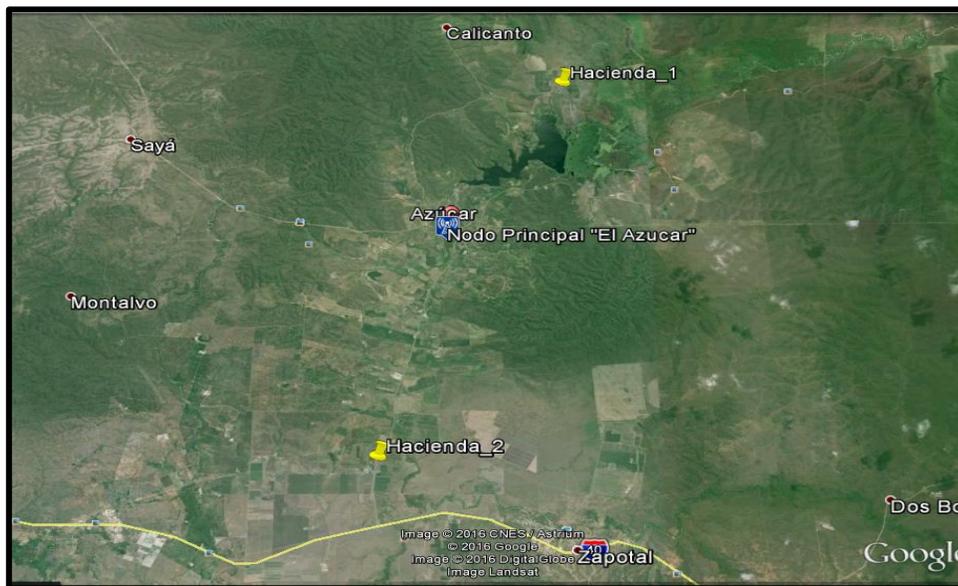
Se instalara una torre de 40 metros de altura en una superficie plana cerca de la población, en el cual se colocara el arreglo de antenas sectoriales y así brindar cobertura en la comunidad, con estos datos del lugar elegido se tiene claro que el enlace punto a multipunto es factible, ya que el sitio donde se instalara la torre y los equipos, se logra

cubrir, además de tener una distancia máxima de 6 Km desde el Nodo Principal hasta Haciendas que serían los clientes más lejanos.

En la figura 17, se puede visualizar la topografía del terreno de la Comuna El Azúcar y la ubicación del Nodo Principal y los puntos de los posibles clientes que requieren del servicio de banda ancha.



**Figura 17:** Puntos estratégicos para el enlace Punto – Multipunto.  
**Fuente:** Google Earth.



**Figura 18:** Ubicación de BS y Clientes Lejanos (Distancia–Mayor a 5.99Km).  
**Fuente:** Google Earth.

### 3.5.3 Coordenadas geográficas del lugar.

Con la ayuda de Google Earth se determinó la ubicación exacta del lugar donde se instalará el nodo WISP y la ubicación geográfica de los clientes, por lo que se obtuvo las coordenadas de cada uno de ellos como se muestra en la tabla 13, los cuales cumplen con todas las características técnicas, línea de vista y cobertura de la zona.

NOMBRES	LATITUD	LONGITUD	DISTANCIA BS - CPE
Nodo Principal "El Azúcar"	2°15'2.69"S	80°34'51.54"O	
CPE_1	2°14'53.28"S	80°34'57.50"O	371,94 m
CPE_2	2°14'57.20"S	80°34'52.73"O	208,94 m
CPE_3	2°15'0.48"S	80°34'56.30"O	156,23 m
CPE_4	2°15'12.70"S	80°34'39.36"O	466,97 m
CPE_5	2°15'14.62"S	80°34'47.20"O	362,17 m
CPE_6	2°15'6.37"S	80°34'36.25"O	476, 62 m
Cliente_8	2°14'12.1"S	80°34'50.7"O	1,64 Km
Cliente_9	2°14'29.9"S	80°34'05.4"O	1,81 Km
Cliente_10	2°15'41.89"S	80°36'8.02"O	2,61 Km
Cliente_11	2°17'40.7"S	80°35'22.6"O	4,70 Km
Hacienda_1	2°12'59.84"S	80°33'35.02"O	5,27 Km
Hacienda_2	2°18'17.89"S	80°35'39.50"O	5,99 Km

**Tabla 13:** Coordenadas de los puntos estratégicos para el enlace WISP.

**Fuente:** Juana Tomalá Merchán.

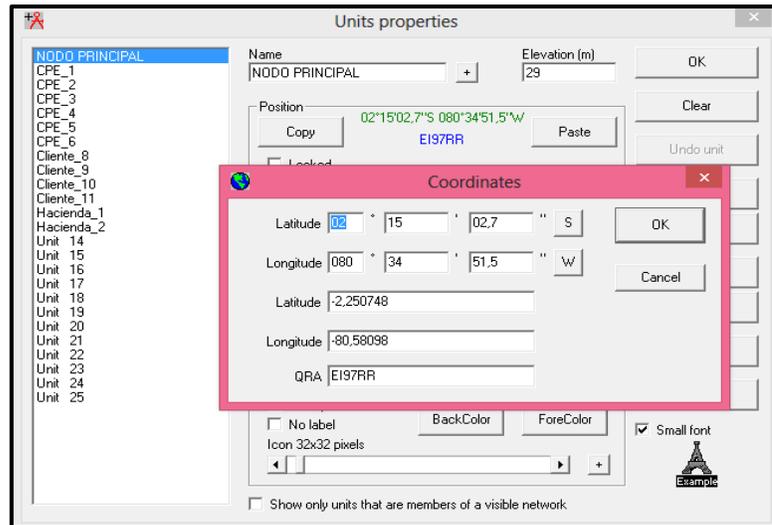
### 3.5.4 Simulación del Enlace Punto – Multipunto.

Una vez establecido los puntos estratégicos donde se colocara el Nodo Principal y los posibles clientes que se conectarían al nodo WISP, se procede a simular el enlace y demostrar que el nodo diseñado en esta propuesta es factible.

El software utilizado para demostrar el funcionamiento de la comunicación inalámbrica es el programa Radio Mobile, éste es un software de simulación de radioenlaces que trabajen en un rango de frecuencia de 20Mhz – 20Ghz, basado en modelos de propagación ITM (Irregular Terrain Model). Este software utiliza mapas digitales con elevaciones de terrenos descargadas gratuitamente de Internet, y permite crear diferentes topologías, además de calcular el área de cobertura, verificar si existe línea de vista, calcular pérdidas en el espacio libre, mostrar niveles de potencias recibidas, determinar puntos de reflexión de un radioenlace y calcular el presupuesto de la potencia.

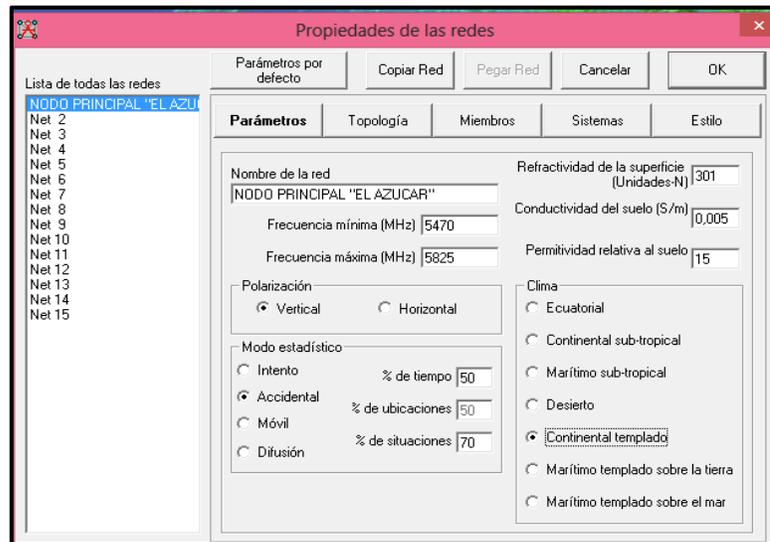
El enlace Punto – Multipunto diseñado para esta propuesta, utiliza frecuencia de 5-5.8Ghz basado en los protocolo 802.11a que utiliza modulación OFDM y 802.11n que utilizan tecnologías MIMO, por esta razón se escogió los equipos para la estación base: Rocket M5 + antenas sectoriales Airmax y para las estaciones clientes: Nanostation M5 porque cumplen con los requerimientos establecidos.

Para simular un radioenlace, se utilizan las coordenadas establecidas en la tabla 19, para luego ingresarlos en el simulador Radio Mobile. En la imagen 19, se puede visualizar un recuadro donde se ingresó cada una de las unidades que conforman el radioenlace con sus respectivas coordenadas, para esto, se ingresó a la opción Units Properties de Radio Mobile.



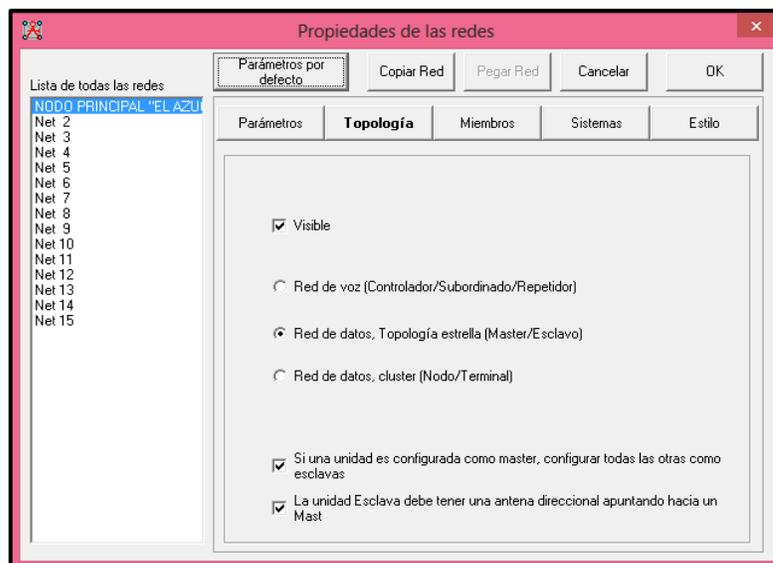
**Figura 19:** Unidades que conforman el Radioenlace.  
**Fuente:** Juana Tomalá Merchán.

En la pestaña Propiedades de las Redes, opción parámetros se coloca el nombre de la red, en este caso Nodo Principal “El Azúcar”, el cual utiliza una frecuencia de 5470-5825 MHz porque sus equipos operan en esta frecuencia, las antenas estarán instaladas en posición vertical, se eligió modo estadístico accidental para evaluar interferencias y se utilizó los valores por defecto de refractividad de la superficie, conductividad del suelo y permitividad relativa del suelo, como se visualiza en la figura 20.



**Figura 20:** Parámetros de la Red del Radioenlace.  
**Fuente:** Juana Tomalá Merchán.

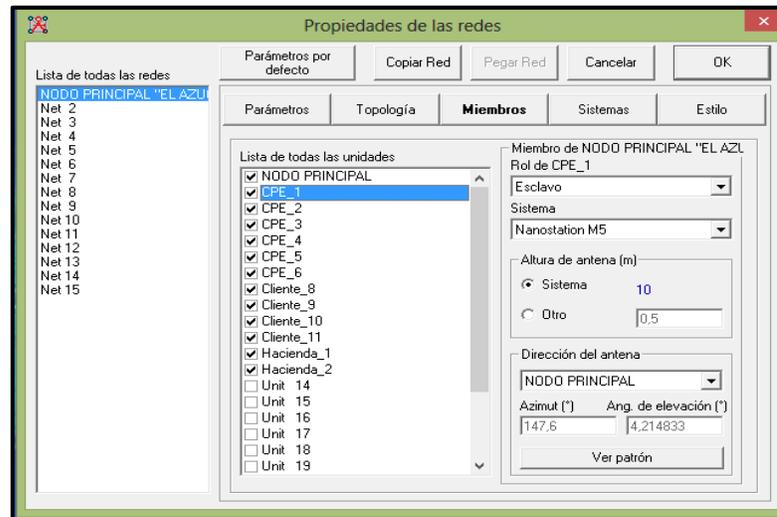
En la opción topología se escoge Red de Datos (Master – Esclavos), porque el Master se comunica con los Esclavos en este caso los CPE, pero no existe enlaces entre esclavos – esclavos, como se visualiza en la figura 21.



**Figura 21:** Topología de la Red del Radioenlace.  
**Fuente:** Juana Tomalá Merchán.

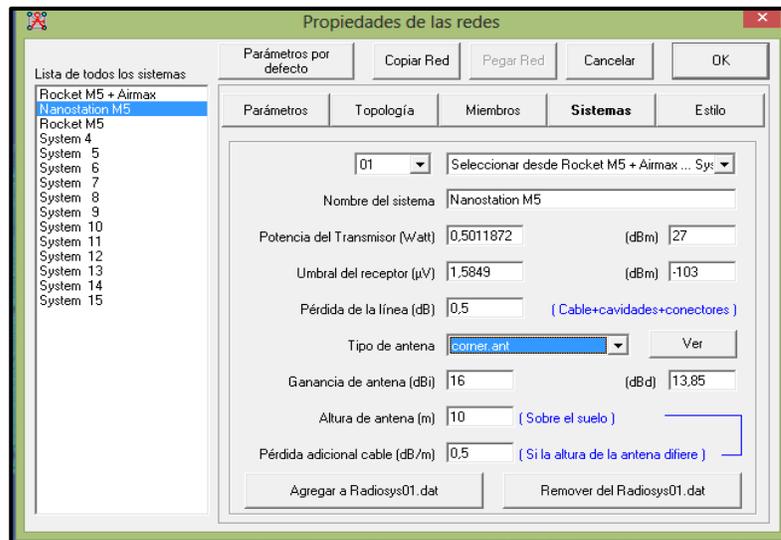
En la opción Miembros, nos muestra la lista de unidades que formarían la red, cada una de estas unidades se le asigna el rol correspondiente sea Master (NODO\_PRINCIPAL) o Esclavo (Clientes).

Además, cada una de las unidades esclavos se les da la dirección de la antena a quien apuntarán, en este caso será al Nodo Principal (Master), como se muestra en la figura 22.



**Figura 22:** Rol de las unidades del Radioenlace.  
**Fuente:** Juana Tomalá Merchán.

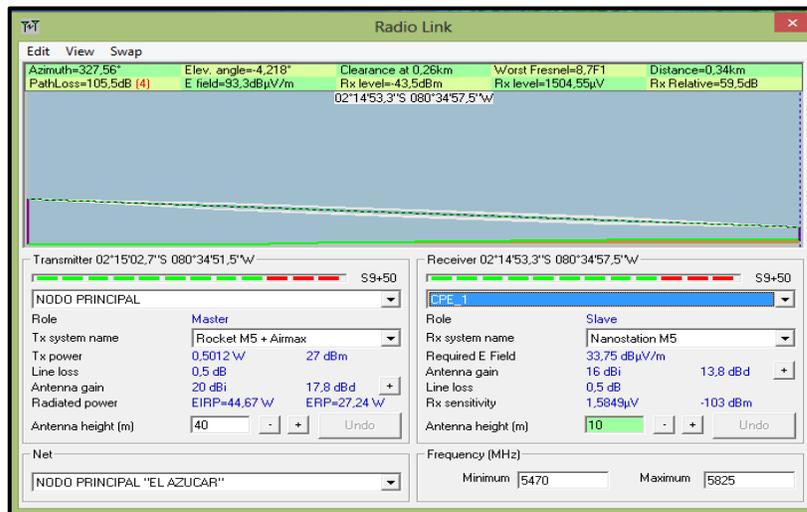
En la opción sistema se ingresó las características técnicas de los equipos que se utiliza para el enlace, como se los detalló en las tablas 9, 10, y 11 y eligió los valores de potencia, ganancia, altura que tendrá la antena, etc., como se muestra en la imagen 23.



**Figura 23:** Sistemas de la Red del Radioenlace.

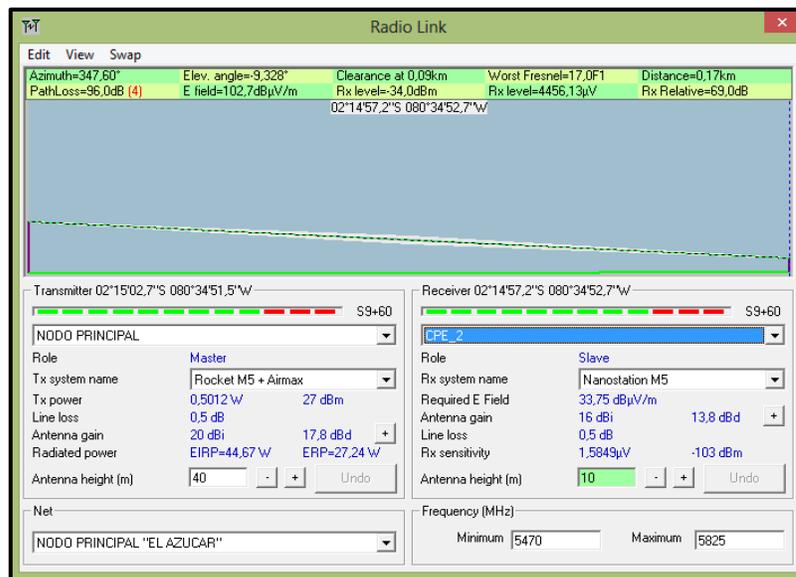
**Fuente:** Juana Tomalá Merchán.

La simulación de redes inalámbricas es muy importante antes de implementar la infraestructura, ya que nos permite ver el comportamiento que tendrá la red previa a su instalación. A continuación se muestra la simulación del radio enlace Punto – Multipunto donde se visualiza datos como los de: azimut, ángulo de elevación de la antena, perdida en el espacio libre, zona de fresnel, nivel RX, además de datos técnicos de los equipos como son ganancia de la antena TX y RX, nivel de potencias, potencias PIRE y PRE, y rango de frecuencia en la que trabaja el enlace.

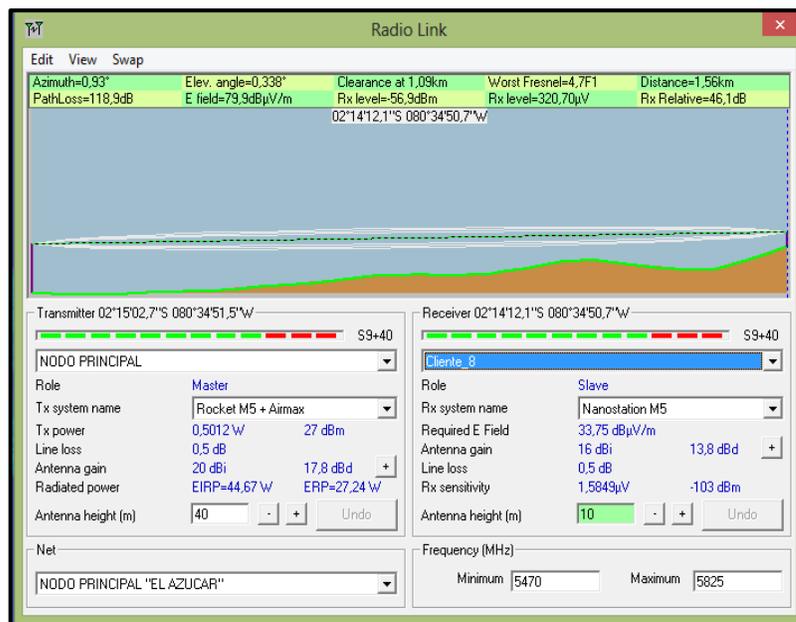


**Figura 24:** Simulación del Enlace Nodo Principal – CPE\_1.

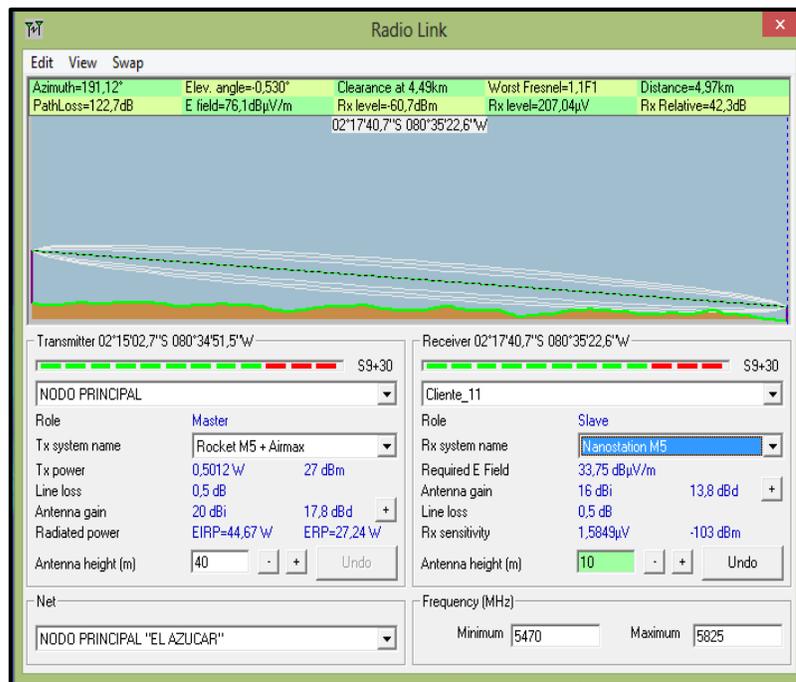
**Fuente:** Juana Tomalá Merchán.



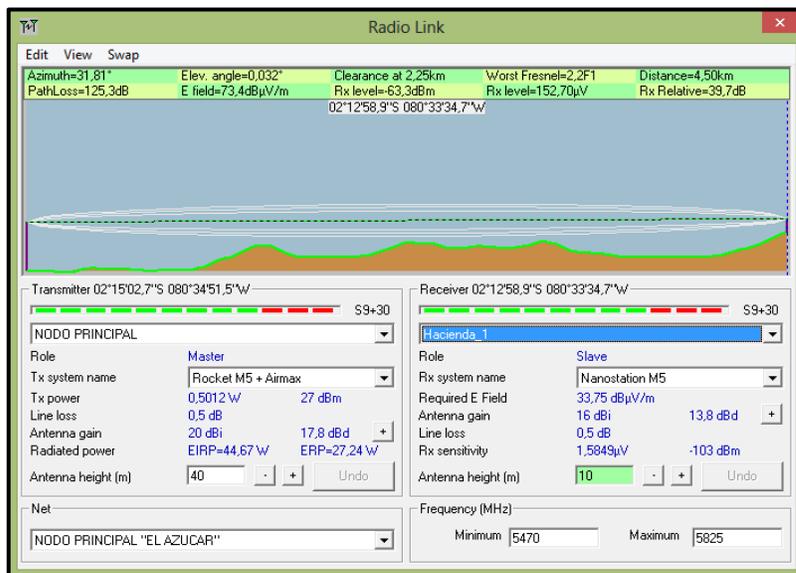
**Figura 25:** Simulación del Enlace Nodo Principal – CPE\_2.  
**Fuente:** Juana Tomalá Merchán.



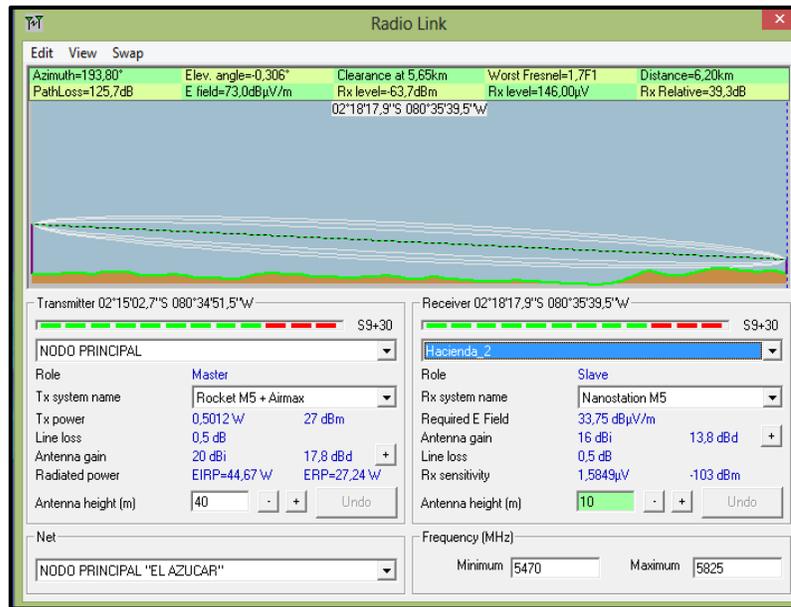
**Figura 26:** Simulación del Enlace Nodo Principal – Cliente\_8.  
**Fuente:** Juana Tomalá Merchán.



**Figura 27:** Simulación del Enlace Nodo Principal – Cliente\_11.  
**Fuente:** Juana Tomalá Merchán.

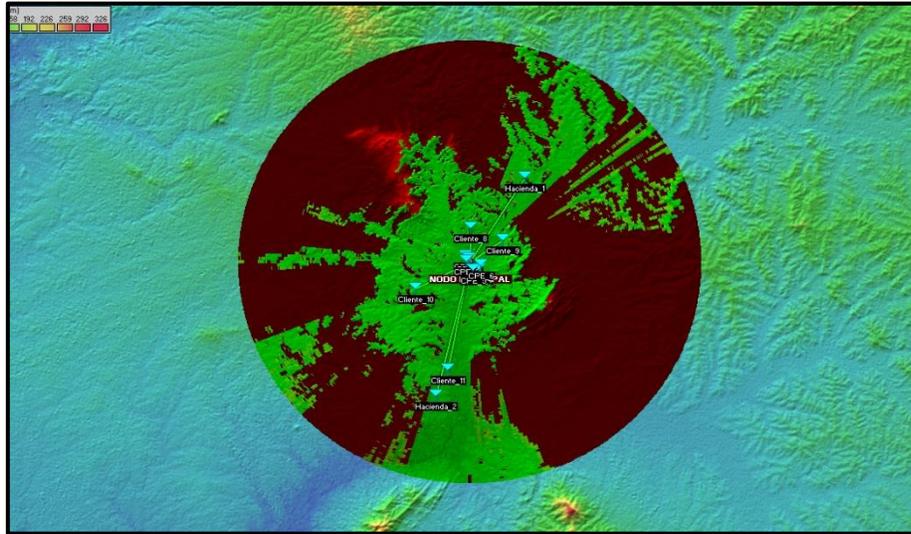


**Figura 28:** Simulación del Enlace Nodo Principal – Hacienda\_1.  
**Fuente:** Juana Tomalá Merchán.



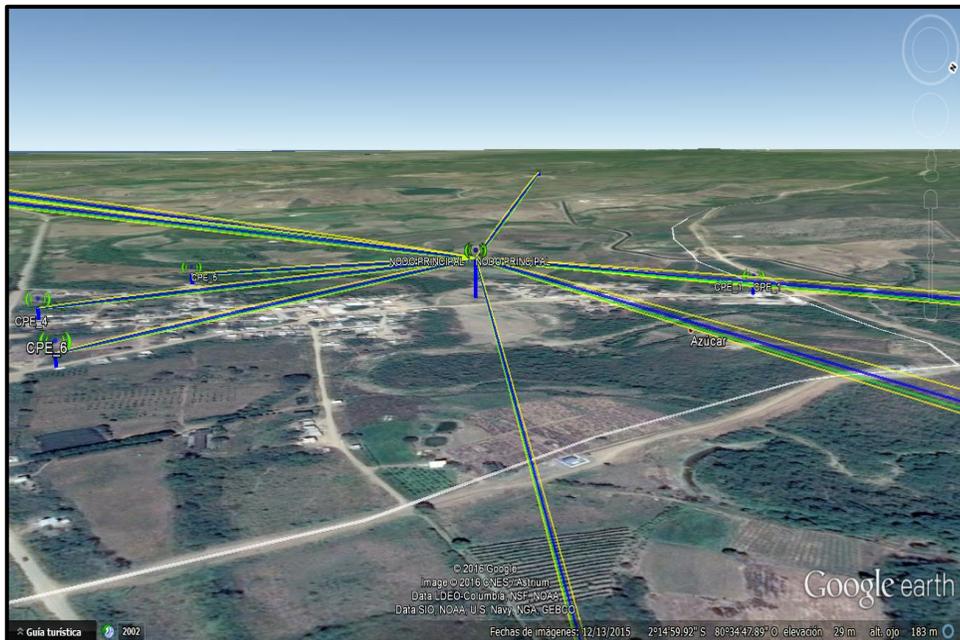
**Figura 29:** Simulación del Enlace Nodo Principal – Hacienda\_2.  
**Fuente:** Juana Tomalá Merchán.

Como se pudo visualizar en las imágenes, si existe línea de vista entre el transmisor y el receptor, además de cumplir con el 60% de la zona fresnel, problemas de atenuación se pueden presentar cuando haya fuertes lluvias en la zona, reflexión y difracción no son problemas porque el lugar no cuenta con edificios u otro obstáculo que obstruya la señal, ya que la torre está ubicada en superficie plana a 40 metros de altura y los usuarios a 10 metros de altura por lo tanto no se presentan estos factores. La siguiente imagen muestra la cobertura total que ofrece el Nodo Principal, lo cual demuestra que se logra cubrir toda la población “El Azúcar” hasta llegar a distancias máximas de 6Km que serían los clientes lejanos en este caso las Haciendas.



**Figura 30:** Simulación de la Cobertura Total del Nodo Principal.  
**Fuente:** Juana Tomalá Merchán.

Con la ayuda de Google Earth, se puede visualizar el lugar donde se encuentra instalado el Nodo Principal que permite conectar a cada uno de sus CPE, como se visualiza en la figura 31.



**Figura 31:** Simulación de la Instalación del Nodo Principal.  
**Fuente:** Juana Tomalá Merchán.

### **3.6 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD (TÉCNICA Y FINANCIERA).**

Para tener éxito en un proyecto se debe determinar el grado de factibilidad que presente cada uno de sus aspectos: Técnicos y Financieros. Realizar este estudio ayudará a recopilar datos relevantes sobre el desarrollo del proyecto, medir las posibilidades del éxito o fracaso y tomar la decisión de proceder o no con la implementación.

#### **3.6.1 FACTIBILIDAD TÉCNICA**

Realizar un estudio de factibilidad técnica para demostrar la viabilidad del proyecto, en el cual se realizó un análisis de cada uno de los recursos que conforman el nodo WISP y que en un futuro alguna empresa pueda implementar el servicio de banda ancha en la comuna “El Azúcar”.

La comuna “El Azúcar”, población que en la actualidad no cuenta con servicios básicos como el Internet, por falta de infraestructuras, altos costos de implementación y el poco interés de las empresas, razón por la cual se propuso como solución a este problema diseñar un Nodo ISP inalámbrico que ofrezca servicio de banda ancha en toda la comunidad.

Para implementar este Nodo ISP inalámbrico, se realizó un estudio de equipos y dispositivos, tecnologías, protocolos, estándares de seguridad, requerimientos básicos y aspectos relevantes que debe cumplir un WISP. La infraestructura del ISP inalámbrico consta de 4 partes principales que son: Red Troncal o Backbone, Red de Servidores, Red de concentración y Red de acceso.

El diseño de este WISP es básicamente una red mixta formada por un Nodo ISP y Fibra Óptica. La fibra óptica será el medio que alimente mi nodo ISP por lo que se requiere instalar 10Km de Fibra Óptica que sería desde la carretera principal Guayaquil – Salinas hasta la Comuna, servicio que será realizado por la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT.EP y al finalizar nos entregará el modem de acceso que se conectara al router principal del ISP.

La velocidad de transmisión contratada a la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT.EP es de 60Mbps que serán divididos para el número de clientes residenciales o corporativos que se conecten al WISP.

En el nodo ISP se utilizan equipos como: Router Principal, Router de concentración, switch de 24 puertos, servidores, firewall, cada uno de estos dispositivos en la sección de componentes de la propuesta se detalló el porqué de su elección. Además de estos equipos que conforman el ISP se utilizó para la estación base del enlace inalámbrico un arreglo de antenas sectoriales + Rocket M5 que forman un ángulo de cobertura de 360° y en la estación cliente Nanostation M5.

Al ser un enlace Punto – Multipunto se trabaja en la frecuencia de 5–5.8 GHz, se emplea tecnología WiFi con sus protocolos 802.11a que utiliza modulación OFDM y 802.11n que utiliza tecnologías MIMO, por lo tanto cada uno de los dispositivos y equipos mencionados anteriormente cumplen con estos requerimientos.

MIMO y OFDM son tecnologías que saben aprovechar la señal multitrayecto para incrementar su eficiencia espectral y reduciendo su tasa de error, además de ofrecer mayor distancia de cobertura, mayor capacidad de clientes, sin aumentar su ancho de banda y potencia de transmisión. Estas tecnologías en comparación con otras que utilizan protocolos como 802.11b/g, toman estos fenómenos como interferencias causando problemas en las comunicaciones.

Cada equipo Rocket M5 y Nanostation M5 se les configurara estándares de seguridad WPA2 basado en el protocolo 802.11i, este estándar fue desarrollado para proteger las redes inalámbricas. Las antenas sectoriales + equipos Rocket M5 serán instalados en una torre de 40m de altura y los dispositivos Nanostation a una altura de 10m, de esta manera se logra tener línea de vista entre el Tx y el Rx como se pudo visualizar en las simulaciones de los enlaces 3.5.4.

Se utilizó el software Radio Mobile para demostrar que la ubicación de los puntos estratégicos donde estará ubicado el Nodo Principal y los posibles clientes, se logra

brindar cobertura en la Comuna “El Azúcar” como se visualiza en la figura 3.23, por lo tanto los resultados obtenidos en este estudio de factibilidad técnica demuestran que este proyecto es factible.

### **3.6.2 FACTIBILIDAD FINANCIERA.**

Realizar un estudio de factibilidad Financiera para demostrar la factibilidad del proyecto si el proyecto que se quiere implementar es factible económicamente, es decir viable o no para su ejecución, además de determinar la cantidad de recursos tangibles e intangibles que conforman el proyecto y definir la mejor posibilidad financiamiento.

Para poder brindar servicios de banda ancha a los clientes que se conecten al nodo ISP inalámbrico es necesario la implementación del proyecto, por lo tanto los recursos necesarios para esta implementación es:

- ✓ Instalaciones físicas donde funcionara el nodo ISP inalámbrico y equipos o dispositivos necesarios como: router, switch, servidores, firewall, software, etc.
- ✓ Conexión con el backbone o troncal (Fibra Óptica).
- ✓ Nodo de acceso inalámbrico.
- ✓ Instalación de Software a utilizar en el ISP.
- ✓ Permisos de operación (Aspectos Legales).
- ✓ Recursos Humanos.

En la tabla 14, se puede visualizar los precios de cada uno de los equipos, dispositivos y medios que conforman la red inalámbrica, esta infraestructura tendrá un valor total de \$ 126.989,61, con esto se concluye que el costo para ser proveedor de servicios de Internet es bastante significativo, además se deberá realizar estrategias de mercado para conseguir la mayor cantidad de clientes posibles y recuperar la inversión en el menor tiempo posible.

<b>EQUIPO</b>	<b>PRECIO (DOLARES)</b>
<b>RUTEADOR PRINCIPAL</b>	
CISCO 3825 ROUTER DE SERVICIOS INTEGRADOS	6.196,16
<b>RUTEADOR CONCENTRADOR DE ACCESO CORPORATIVO Y RESIDENCIAL</b>	
CISCO 3825 ROUTER DE SERVICIOS INTEGRADOS	6.196,16
<b>CONMUTADOR</b>	
CISCO CATALYST 3750 G24TS-S24 10/100/1000BT	2517,51
<b>CORTAFUEGOS( FIREWALL)</b>	
FORTIGATE FTG-800 CON PROTECCION COMPLETA	6295,50
FIRMWARE UPGRADES, ANTIVIRUS, ANTI-SPAM	
INTRUSION PREVENTION SYSTEMS IPS	
<b>CORREO Y DNS2</b>	
HP PROLIANT DL380 G5(417458-001)	1.200,00
1X INTEL DUAL CORE XEON 5160 3GHZ	
2GB RAM, 2U, 2 PUERTOS FASTETHERNET, 4MB L2	
<b>WEB</b>	
HP PROLIANT DL380 G5(417458-001)	1.200,00
1X INTEL DUAL CORE XEON 5160 3GHZ	
2GB RAM, 2U, 2 PUERTOS FASTETHERNET, 4MB L2	
<b>CACHE</b>	
HP PROLIANT DL380 G5(417458-001)	1.200,00
1X INTEL DUAL CORE XEON 5160 3GHZ	
2GB RAM, 2U, 2 PUERTOS FASTETHERNET, 4MB L2	
<b>ADMINISTRACION Y CONTABILIDAD</b>	
HP PROLIANT DL380 G5(417458-001)	1.200,00
1X INTEL DUAL CORE XEON 5160 3GHZ	
2GB RAM, 2U, 2 PUERTOS FASTETHERNET, 4MB L2	
<b>SOFTWARE</b>	
ISP'GEAR + DESARROLLO DE SOFTWARE A LA MEDIDA	1.500,00
<b>EQUIPO CLIENTE</b>	
300 NANOSTATION (C/U \$120)	36.000,00
<b>EQUIPOS ESTACION BASE</b>	
4 Antenas sectoriales airmax	956,00
4 Rocket M5 (C/U \$164)	656,00
Torre de 40 metros	1.000,00
<b>INSTALACION DE 10KM DE F.O POR PARTE DE CNT. EP</b>	28.500,00
PRECIO ANUAL DE 60Mbps - CNT.EP	32.372,28
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 126.989,61</b>

**Tabla 14:** Precio Total de la Infraestructura WISP.  
**Fuente:** Juana Tomalá Merchán.

Una vez adquirido el valor total que se invertirá en la Infraestructura WISP, se hace un análisis sencillo de costo-beneficio, cabe recalcar que en este proyecto no se pretende hacer un estudio profundo de recuperación de inversión. Este nodo ofrecerá a sus clientes residenciales y corporativos paquetes de Internet en costos accesibles, sus precios varían dependiendo de su velocidad.

Para realizar un análisis de costo/beneficio se consideró 350 potenciales clientes los cuales podrán elegir los diferentes planes de Internet mensual que ofrece el ISP, sean estos clientes residenciales o corporativos. En la siguiente tabla se puede visualizar el precio mensual de los diferentes paquetes que ofrece el WISP, además el número de clientes que podría tener el WISP en los 12 primeros meses obteniendo un valor total de \$ 126.840,00.

PLANES	COMPARTICION	PLAN	PRECIO	CLIENTES	MESES	TOTAL
RESIDENCIALES	1:8	1Mbps	\$ 19,00	200	12	\$ 45.600,00
	1:8	2 Mbps	\$ 25,00	90	12	\$ 27.000,00
	1:8	3 Mbps	\$ 35,50	40	12	\$ 17.040,00
CORPORATIVOS	1:1	1 Mbps	\$ 80,00	10	12	\$ 9.600,00
	1:1	2 Mbps	\$ 160,00	5	12	\$ 9.600,00
	1:1	3 Mbps	\$ 300,00	5	12	\$ 18.000,00

**Tabla 15:** Análisis de recuperación de inversión.

**Fuente:** Juana Tomalá Merchán.

Con este análisis se demuestra que en poco tiempo se puede lograr la recuperación de la inversión que se hace en la implementación del nodo WISP, además que al aumentar sus usuarios, el tiempo de recuperación de inversión será menor y aumentarán las ganancias. Contar con servicios de Internet hoy en día ya no es un privilegio de pocos, sino un servicio el cual todos debemos tener acceso a él, brindando conexiones de última milla y eliminado poco a poco la brecha digital existente en el país porque donde hay telecomunicaciones, existe desarrollo.

### 3.6.2.1 Análisis económico.

Realizar un análisis económico con el único objetivo de determinar todos los recursos necesarios que se utilizarán al implementar la infraestructura WISP y definir un mejor financiamiento.

**Inversiones Fija:** Son todos los equipos, dispositivos, medios y recursos necesarios que se utilizarán para implementar el nodo WISP, es decir todos los activos fijos tangibles que se adquirirán, en el cuadro N°1 se puede observar el estudio de factibilidad del proyecto en un periodo estimado de 5 años, en el cual se detallan cada uno de los activos fijos tangibles para la implementación y administración del WIPS, obteniendo como resultado el valor total de la inversión del proyecto.

<b>CUADRO N° 1</b>			
Estudio de Factibilidad de Proyecto (Proyección a 5 años)			
<b>Inversiones Fijas (1ra parte)</b>	<b>Inv. Fija</b>	<b>Años Deprec.</b>	<b>Depreciación anual</b>
<b>ACTIVOS FIJOS TANGIBLES</b>			
Ruteador Principal	6.196,16	5	1.239,23
Ruteador Concentrador de acceso corporativo y residencial	6.196,16	5	1.239,23
Conmutador	2.517,51	5	503,50
Cortafuegos ( Firewall)	6.295,50	5	1.259,10
Correo y DNS2	1.200,00	5	240,00
Caché	1.200,00	5	240,00
Administracion y Contabilidad	1.200,00	5	240,00
Software	1.500,00	5	300,00
Equipos Estación Clientes	36.000,00	6	6.000,00
Equipos Estación Base	1.612,00	6	268,67
Torre de 40 metros	1.000,00	15	66,67
Intalación de 10Km de F.O por parte de CNT. EP	28.500,00	15	1.900,00
Precio de 60Mbps - CNT. EP	32.372,28	5	6.474,46
Impuesto 12% (IVA Importación)	2.976,64	5	595,33
Impuesto 12% (IVA Nacional)	120,00	5	24,00
<b>INVERSIONES FIJAS</b>	<b>128.886,25</b>		<b>20.590,18</b>

<b>Inversiones Fijas (2da parte)</b>			
<b>Activos fijos tangibles para administración</b>		<b>Años Deprec.</b>	<b>Depreciación anual</b>
Muebles y enseres oficina	1.500,00	5	300,00
Licencias administrativa Firewall	1.000,00	5	200,00
Servicio Telefónico	200,00	5	40,00
Sistema Seguridad (Biométrico)	1.000,00	5	200,00
Sistema A/A	3.000,00	5	600,00
<b>SUMAN</b>	<b>6.700,00</b>		<b>1.340,00</b>
1.1. Total Inversión Fija	<b>135.586,25</b>		
Depreciación	21.930,18		
Inversión Total del Proyecto	<b>135.586,25</b>		

**Tabla 16:** Inversiones Fijas.  
**Fuente:** Juana Tomalá Merchán.

**Financiamiento:** El objetivo de realizar un análisis de financiamiento, es poder determinar las condiciones financieras para poder implementar el WISP, por lo tanto el 75% de la inversión del proyecto será a través de préstamos financieros y el 25% restante será capital propio, como se detallan a continuación:

<b>CUADRO N° 2</b>			
Tabla de Financiamiento			
Valor Total del Proyecto	<b>135.586,25</b>		100,00%
Prestamo ente Financiero	101.689,69		75,00%
Fondos Propios	33.896,56		25,00%

**Tabla 17:** Financiamiento.  
**Fuente:** Juana Tomalá Merchán.

**Amortización e interés:** El objetivo de realizar este cálculo, es determinar cuánto será el valor de intereses, amortización y cuotas que se deberá cancelar por el préstamo, como se detallan a continuación:

<b>CUADRO N° 3</b>				
Tabla de Amortización e Intereses				
<b>Dividendos</b>	<b>C.I.P.</b>	<b>Intereses</b>	<b>Amortización</b>	<b>Dividendos</b>
1	101.689,69	15.253,45	15.082,16	30.335,62
2	86.607,53	12.991,13	17.344,49	30.335,62
3	69.263,04	10.389,46	19.946,16	30.335,62
4	49.316,88	7.397,53	22.938,08	30.335,62
5	26.378,80	3.956,82	26.378,80	30.335,62
		<b>49.988,39</b>	<b>101.689,69</b>	
Tasa Interes anual		15%		
Plazo		5 años		

**Tabla 18:** Amortización e Interés.  
**Fuente:** Juana Tomalá Merchán.

**Costos de Operación Anual:** En el cuadro N° 4 se detallan los costos de operación anual, en el cual se consideró pólizas de seguros de los equipos, dispositivos o medios que conforman el WISP y un valor fijo de depreciación de activos, además de agregar un valor variado por imprevistos que se pueden presentar en el proyecto.

<b>CUADRO N° 4</b>			
Costos de Operación Anual			
<b>Detalle de Partidas</b>		<b>Variables</b>	<b>Fijos</b>
Polizas de Seguros 8%	4.264,43		<b>CF</b>
Varios e imprevistos de los demas	2.000,00	<b>CV</b>	
Depreciación activos de Operación	20.590,18		<b>CF</b>
<b>SUMAN</b>	<b>26.854,61</b>		
Costos Variables			
Varios e imprevistos	2.000,00		
<b>SUMAN</b>	<b>2.000,00</b>		
Costos Fijos			
Polizas de Seguros 8%	4.264,43		
Depreciación activos de Operación	20.590,18		
<b>SUMAN</b>	<b>24.854,61</b>		

**Tabla 19:** Costos de operación anual.  
**Fuente:** Juana Tomalá Merchán.

**Gastos generales anuales:** Son gastos variables y fijos, en los que se consideró sueldo del administrador, sueldo de técnicos, gastos de puesta en marcha, vendedores, servicios básicos y depreciación de activos de administración, los cuales son egresos anuales que tendrá el ISP, estos valores pueden variar en el transcurso del tiempo, por el aumento del personal técnico, administrativo, vendedores, etc. A continuación se detallan los gastos variables y fijos:

<b>Gastos Generales Anuales</b>			
<b>Detalle de Partidas</b>		<b>Variables</b>	<b>Fijas</b>
Sueldo Administrador	16.800,00	GV	
Sueldo de Tecnicos	15.600,00	GV	
Gastos de puesta en marcha	2.000,00		GF
Vendedores	10.800,00	GV	
Energía, agua, teléfono	3.000,00	GV	
Depreciación activos adminstrat.	1.340,00		GF
<b>SUMAN</b>	<b>49.540,00</b>		
<b>Gastos Variables</b>			
Sueldo Administrador	16.800,00		
Sueldo de Tecnicos	15.600,00		
Vendedores	10.800,00		
Energía, agua, teléfono	3.000,00		
<b>SUMAN</b>	<b>46.200,00</b>		
<b>Gastos Fijos</b>			
Gastos de puesta en marcha	2.000,00		
Deprec. Activos administrat.	1.340,00	Fijos sin Dep.	
<b>SUMAN</b>	<b>3.340,00</b>	<b>2.000,00</b>	

**Tabla 20:** Gastos anuales variables y fijos.  
**Fuente:** Juana Tomalá Merchán.

**Justificación de Ingreso:** Se consideró 350 potenciales clientes, los cuales contratarían los diferentes paquetes que ofrecen el ISP, estos clientes se irán incrementando con el pasar del tiempo. Con este número de clientes conectados al WISP, en un año se tendrá de ingresos \$ 126.840,00, como se detallan a continuación:

<b>CUADRO N° 5</b>	
<b>Cuadro de Justificación de Ingresos</b>	
	<b>Valor anual</b>
200 Clientes Residenciales eligen el plan mensual de \$19,00	\$ 45.600,00
90 Clientes Residenciales eligen el plan mensual de \$25,00	\$ 27.000,00
40 Clientes Residenciales eligen el plan mensual de \$35,50	\$ 17.040,00
10 Clientes Corporativos eligen el plan mensual de \$80,00	\$ 9.600,00
5 Clientes Corporativos eligen el plan mensual de \$160,00	\$ 9.600,00
5 Clientes Corporativos eligen el plan mensual de \$300,00	\$ 18.000,00
<b>SUMAN</b>	<b>126.840,00</b>

**Tabla 21:** Justificación de Ingresos.

**Fuente:** Juana Tomalá Merchán.

**Estado de pérdidas y ganancias:** Este estado financiero muestra los resultados de una empresa durante un periodo específico, por esa razón en la siguiente la tabla se puede visualizar cada detalle de todos los ingresos, costos, gastos, impuestos y utilidades del negocio.

<b>ESTADO DE PERDIDAS Y GANACIAS (Cuadro N° 6)</b>					
<b>10% anual sobre todos los costos y gastos</b>					
<b>Detalle</b>	<b>año 1</b>	<b>año 2</b>	<b>año 3</b>	<b>año 4</b>	<b>año 5</b>
Ingresos	126.840,00	139.524,00	153.476,40	168.824,04	185.706,44
Costos de Operación	26.854,61	29.540,07	32.494,08	35.743,49	39.317,83
Variables	2.000,00	2.200,00	2.420,00	2.662,00	2.928,20
Fijos	24.854,61	27.340,07	30.074,08	33.081,49	36.389,63
<b>Utilidad Bruta</b>	<b>99.985,39</b>	<b>109.983,93</b>	<b>120.982,32</b>	<b>133.080,55</b>	<b>146.388,61</b>
Gastos de Operación	49.540,00	54.494,00	59.943,40	65.937,74	72.531,51
Variables	46.200,00	50.820,00	55.902,00	61.492,20	67.641,42
Fijos	3.340,00	3.674,00	4.041,40	4.445,54	4.890,09
<b>Utilidad Operacional</b>	<b>50.445,39</b>	<b>55.489,93</b>	<b>61.038,92</b>	<b>67.142,81</b>	<b>73.857,10</b>
Gastos Financieros	15.253,45	12.991,13	10.389,46	7.397,53	3.956,82
Amortización Prestamo	15.082,16	17.344,49	19.946,16	22.938,08	26.378,80
Amortizacion Inv. Propia	6.779,31	5.360,70	5.360,70	5.360,70	5.360,698
Total Gastos Financieros	37.114,93	35.696,31	35.696,31	35.696,31	35.696,31
<b>Utilidad del Ejercicio</b>	<b>13.330,46</b>	<b>19.793,62</b>	<b>25.342,61</b>	<b>31.446,50</b>	<b>38.160,78</b>
(- 15% Utilidades)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Utilidad Liquida</b>	<b>13.330,46</b>	<b>19.793,62</b>	<b>25.342,61</b>	<b>31.446,50</b>	<b>38.160,78</b>
(- Impuesto a la Renta)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Utilidad Neta</b>	<b>13.330,46</b>	<b>19.793,62</b>	<b>25.342,61</b>	<b>31.446,50</b>	<b>38.160,78</b>
<b>Total Renta /Ingresos</b>	<b>10,51%</b>	<b>14,19%</b>	<b>16,51%</b>	<b>18,63%</b>	<b>20,55%</b>
<b>Total Renta / Inversion T.</b>	<b>9,83%</b>	<b>14,60%</b>	<b>18,69%</b>	<b>23,19%</b>	<b>28,15%</b>

**Tabla 22:** Estados de pérdidas y ganancias.

**Fuente:** Juana Tomalá Merchán.

**Flujo de cajas y Valor actual:** El objetivo de determinar el flujo de cajas, es demostrar la viabilidad del proyecto. Con el valor actual neto (VAN) se estima si la inversión segura o presenta riesgo el proyecto.

CUADRO N° 7							
Flujo de Caja y Valor Actual VA							
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	VAN
Ingresos		126.840,00	139.524,00	153.476,40	168.824,04	185.706,44	774.370,88
Costos Operativos Anuales							
Costos Fijos		-4.264,43	-4.264,43	-4.264,43	-4.264,43	-4.264,43	-21.322,13
Costos Variables		-2.000,00	-2.200,00	-2.420,00	-2.662,00	-2.928,20	-12.210,20
Gastos Fijos (sin depreciac.)		-2.000,00	-2.000,00	-2.000,00	-2.000,00	-2.000,00	-10.000,00
Gastos Variables		-46.200,00	-50.820,00	-55.902,00	-61.492,20	-67.641,42	-282.055,62
<b>UTILIDAD BRUTA</b>		<b>72.375,57</b>	<b>80.239,57</b>	<b>88.889,97</b>	<b>98.405,41</b>	<b>108.872,40</b>	<b>448.782,93</b>
Impuesto a la Renta		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>UTILIDAD NETA</b>		<b>72.375,57</b>	<b>80.239,57</b>	<b>88.889,97</b>	<b>98.405,41</b>	<b>108.872,40</b>	<b>448.782,93</b>
Depreciación Total		21.930,18	21.930,18	21.930,18	21.930,18	21.930,18	109.650,92
Inversión Financiera	-101.689,69	15.082,16	17.344,49	19.946,16	22.938,08	26.378,80	0,00
Inversión Propia	-33.896,56	6.779,31	5.360,70	5.360,70	5.360,70	5.360,70	-5.674,46
<b>FLUJO DE CAJA</b>	<b>-135.586,25</b>	<b>28.583,92</b>	<b>35.604,21</b>	<b>41.652,93</b>	<b>48.176,45</b>	<b>55.202,72</b>	<b>558.433,85</b>

**Tabla 23:** Flujo de caja y Valor Actual.  
**Fuente:** Juana Tomalá Merchán.

**Tasa Interna de Retorno:** El cálculo del TIR demostrara la rentabilidad del proyecto y se utiliza como para decidir la aceptación o rechazo de un proyecto. A continuación se puede visualizar los valores obtenidos del TIR, VAN y PE.

Cálculo de TASA INTERNA DE RETORNO Con Utilidades Anuales			
$\sum_{t=1}^n \frac{Bnt}{(1+r)^t} - I_0 = 0$		$VAN = Inversión + VNA(I; E_1: E_n)$	
$PE = \frac{CF}{1 - \frac{CV}{ING}}$		<p><i>CF= Costo Fijo</i> <i>CV = Costo Variable</i> <i>ING= Ingresos</i></p>	
<b>VAN</b>	<b>\$ 138.513,96</b>	<b>TIR</b>	<b>15%</b>
$PE = \frac{24.854,61}{1 - \frac{2000}{26.854,61}}$	$\rightarrow PE = \frac{24.854,61}{1 - 0,074}$	<b>PE</b>	<b>26840,83</b>

**Tabla 24:** Cálculo de tasa interna de retorno con utilidades anuales.  
**Fuente:** Juana Tomalá Merchán.

### **3.6.2.2 Resultados de la factibilidad financiera.**

Una vez realizado el análisis económico se concluye que la factibilidad financiera de este proyecto es viable, con una tasa interna de retorno del 15% y valor actual neto (VAN) de \$ 138.513,96, lo que nos permite ver el proyecto como ejecutable.

### **3.7 RESULTADOS (EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS).**

- ✓ Realizar entrevistas estructuradas y no estructuradas a personas expertas en el tema ayudó a aclarar ciertos desconocimientos referentes al mismo y de esta manera proponer una mejor solución al problema, además el realizar una investigación de campo y encuestas a la comunidad en general se obtuvo datos e información necesaria de las necesidades que presentan.
- ✓ Las redes inalámbricas permiten conectar nodos a grandes distancias pero en su trayecto se pueden ver afectados por los diferentes factores que intervienen en la transmisión y presentar problemas en las comunicaciones, por eso fue muy importante considerarlos cuando se creó el enlace y evitar que sufra caídas en la comunicación.
- ✓ Definir el funcionamiento de cada uno de los equipos y dispositivos que se utilizó en la red troncal ISP, cumple con los parámetros y requerimientos necesarios para mejorar la calidad de servicios a la población.
- ✓ Se determinó los puntos estratégicos donde será colocada la estación base y los posibles clientes que tendrá el nodo WISP y así brindar cobertura en toda la zona y Haciendas que serían los puntos más lejanos del lugar.
- ✓ Se utilizó el software de simulación Radio Mobile para demostrar la capacidad de cobertura que tienen las tecnologías inalámbricas en las zonas rurales.

## CONCLUSIONES

Queda demostrado que la presente propuesta tecnológica es técnica y financieramente factible una vez realizado todo el estudio y cumplir con los requerimientos necesarios para que en un futuro se ejecute la implementación.

La solución para llegar hasta la última milla es implementar redes inalámbricas por ser viable en zonas rurales y menos costosas en comparación con otras tecnologías que utilizan medios guiados y no llegan hasta estas zonas.

La implementación de infraestructura de redes inalámbricas se realiza en menor tiempo y requiere de menos mantenimiento que las tecnologías que utilizan medios guiados, por lo tanto se reduce gastos de operación.

El diseño de red que cumple con requerimientos básicos como escalabilidad, seguridad, estabilidad, funcionalidad, etc., y permite que en un futuro se pueda incluir equipos y dispositivos sin tener que realizar un rediseño de la red.

Al utilizar banda de frecuencia de 5Ghz, protocolos 802.11a que utiliza modulación OFDM y 802.11n que utiliza tecnologías MIMO, se aprovecha la propagación de multitrayecto para incrementar la eficiencia espectral y reducir tasa de error.

Al realizar el análisis del lugar donde se implementara el Nodo WISP, se obtuvo resultados favorables, ya que se pudo evitar factores que afectan las comunicaciones inalámbrica y demostrar en las simulaciones que en el enlace diseñado si existe línea de vista y que cumple con el 60% de la zona Fresnel.

## **RECOMENDACIONES**

Esta propuesta tecnológica fue un estudio netamente técnico, no se pretendió realizar un estudio de factibilidad legal, por lo que se aconseja estudiar las leyes y reglamentos de las telecomunicaciones, organismos regulatorios en Ecuador como son el CONATEL, quien es el encargado de administrar y regular las telecomunicaciones en el país, SENATEL quien es el representante de Ecuador ante la UIT y SUPERTEL quien es el encargado de controlar y monitorear el espectro radioeléctrico.

Es muy importante que un proveedor de servicios de Internet, cuente con políticas de innovación, ya que para aumentar la cantidad de cliente es su obligación incrementar el número de servicios.

Se debe tomar las debidas precauciones antes de poner en funcionamiento los equipos y dispositivos inalámbricos, por esta razón es aconsejable analizar el espectro electromagnético, ya que al usar frecuencias ISM existen riesgos de que otros individuos estén usando los mismos canales y ocasione inconvenientes durante la operación.

## BIBLIOGRAFÍAS

- LUIS ANDRES MONTIEL ARMIJOS. (20 de Febrero del 2015). “ESTUDIO Y DISEÑO DE UN MINI NODO PARA BRINDAR COBERTURA DEL SERVICIO DE INTERNET INALAMBRICO (WISP) A LA CIUDADELA VILLA ESPAÑA DEL NORTE DE GUAYAQUIL”. 2015, de UCSG Sitio web: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/123456789/3641>
- SARANGO TORRES, WILMER MIGUEL VILLAZHAÑAY MOLINA, XAVIER ALEJANDRO. (2013). LA BANDA ANCHA EN EL ECUADOR, SU DESARROLLO Y LAS EXPECTATIVAS DE CRECIMIENTO HACIA EL FUTURO. SITIO WEB: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/5079>.
- Néstor Guillermo Mariño Freire. (2015). “CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO PARA PRÁCTICAS DE PROPAGACIÓN DE ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL”, Sitio web: <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/8598>
- KERLY JESENIA CEPEDA CARREÑO. (2014). “ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y DISEÑO DE UN PROVEEDOR DE SERVICIOS DE INTERNET (ISP) INALÁMBRICO DE BANDA ANCHA PARA EL CANTON BALZAR EN LA PROVINCIA DEL GUAYAS”. 14 DE ENERO DEL 2014 , de UCSG Sitio web: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/123456789/1708/1/T-UCSG-PRE-TEC-ITEL-31.pdf>
- ING. FRANKLIN PACHAR FIGUEROA. (2010). “DISEÑO DE LA RED PARA UN WIRELESS INTERNET SERVICE PROVIDER (WIPS) PARA EL CANTÓN YANTZAZA”. UNIVERSIDAD DE CUENCA. SITIO WEB:<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/2534/1/tm4399.pdf>
- JORGE AUGUSTO GONZALEZ SOLORZANO. (2010). DISEÑO DE UN PROVEEDOR DE SERVICIO DE INTERNET INALAMBRICO. NOVIEMBRE DEL 2010, de UTPL Sitio web: <http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/5482/1/Tesis-NOVIEMBRE-2010.pdf>

- BAQUERIZO ZAMBRANO JAVIER ANTONIO. (2004). COMO UTILIZAR LAS REDES COMUNITARIAS INALAMBRICAS (WIRELESS COMMUNITY NETWORKS) PARA REDUCIR COSTOS DE CONEXION A INTERNET A NIVEL RESIDENCIAL, de ESPOL Sitio web: [http://www.cib.espol.edu.ec/Digipath/D\\_Tesis\\_PDF/D-84179.pdf](http://www.cib.espol.edu.ec/Digipath/D_Tesis_PDF/D-84179.pdf)
- Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información. (2 de Marzo de 2014). Obtenido de <http://www.telecomunicaciones.gob.ec/ecuador-sigue-escalando-posiciones-en-indice-de-reduccion-de-brecha-digital-y-uso-de-las-tic/>
- MINISTERIO DE TELECOMUNICACIONES Y DE LA SOCIEDAD DE LA INFORMACIÓN. (2015). PLAN NACIONAL DE AISLAMIENTO DIGITAL. QUITO.
- MERIKE KAE0. (2003). DISEÑO DE SEGURIDAD EN REDES. MADRID: PEARSON EDUCACION.
- ANDONI PÉREZ, INFRAESTRUCTURA DE UN ISP.
- ANDREU, J. (2010). REDES INALÁMBRICAS (SERVICIOS EN RED).
- THORPE, C. (1998). OFDM WIRELESS SYSTEMS SIMULATION USING.
- TOLOSA, G. (2014). PROTOCOLOS Y MODELO OSI.
- QUEZADA, (2005). DERECHO DE LAS TELECOMUNICACIONES EN EL ECUADOR.
- ENRIQUE PÉREZ HERRERA. (1998). INTRODUCCIÓN A LAS TELECOMUNICACIONES MODERNAS. MEXICO: EDITORIAL LIMUSA.

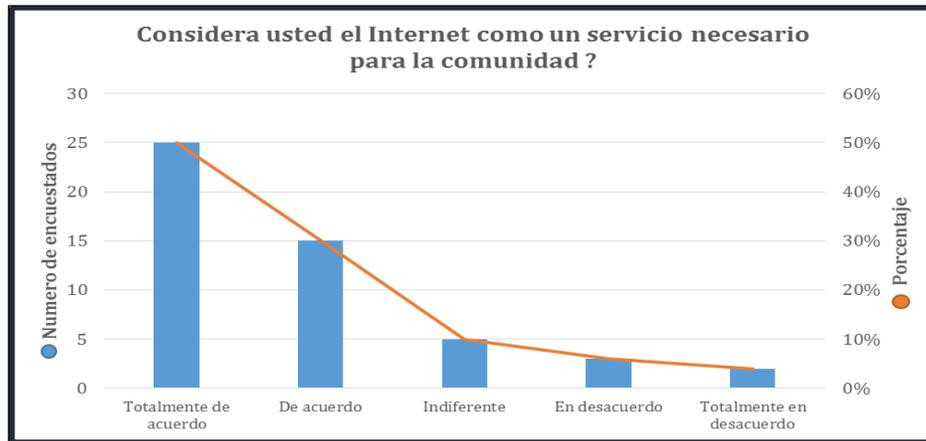
# **ANEXOS**

➤ **ANEXOS 1:** Datos estadísticos de la encuesta realizada en la comuna “El Azúcar”

El objetivo de realizar una encuesta en la comuna “El Azúcar” fue para reunir la información y datos necesarios que se requería para llevar a cabo este proyecto. A continuación se muestra las preguntas que se les realizó a 50 personas de la comunidad.

1) Considera usted el Internet como un servicio necesario para la comunidad?

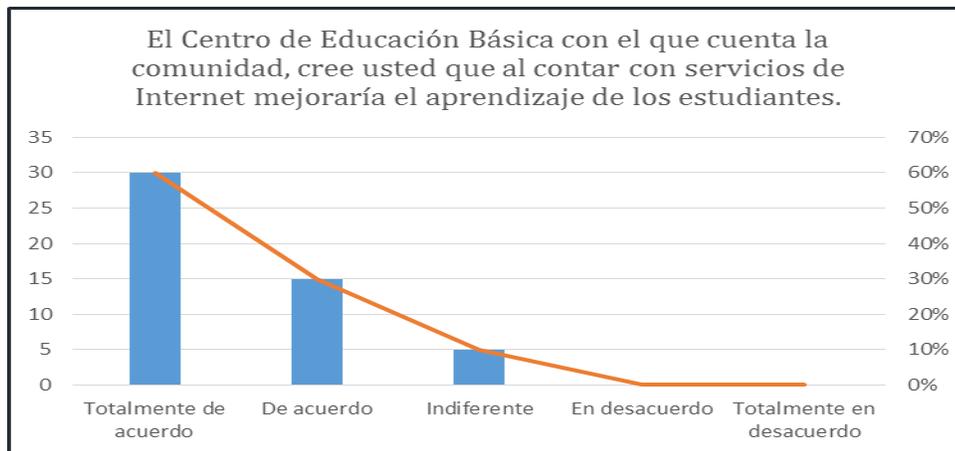
Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Indiferente	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo		Total
25	15	5	3	2	SUMAN	50
50%	30%	10%	6%	4%	PORCENTAJE	100%



**Análisis:** Se les realizó a 50 personas la encuesta, en la cual se les preguntó si ellos consideran el Internet como un servicio necesario para su comunidad, de los cuales un 50% respondió que están totalmente de acuerdo en que el internet es necesario y un 4% desconoce o está en total desacuerdo.

2) El Centro de Educación Básica con el que cuenta la comunidad, creé usted que al contar con servicios de Internet mejoraría el aprendizaje de los estudiantes.

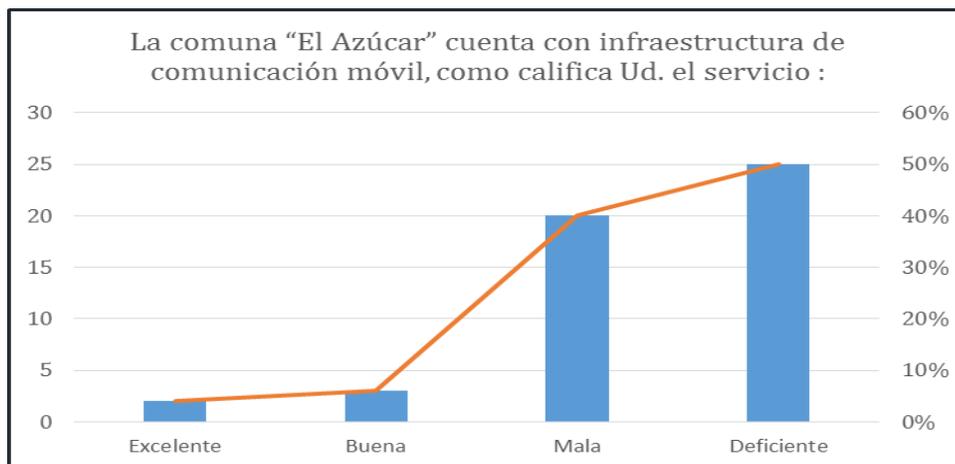
Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Indiferente	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo		Total
30	15	5	0	0	SUMAN	50
60%	30%	10%	0%	0%	PORCENTAJE	100%



**Análisis:** El 60% de los encuestados respondió que están totalmente de acuerdo que al contar con Internet el centro de educación mejoraría el aprendizaje de los estudiantes y sólo un 5% le es indiferente este asunto.

3) La comuna “El Azúcar” cuenta con infraestructura de comunicación móvil, como califica Ud. el servicio :

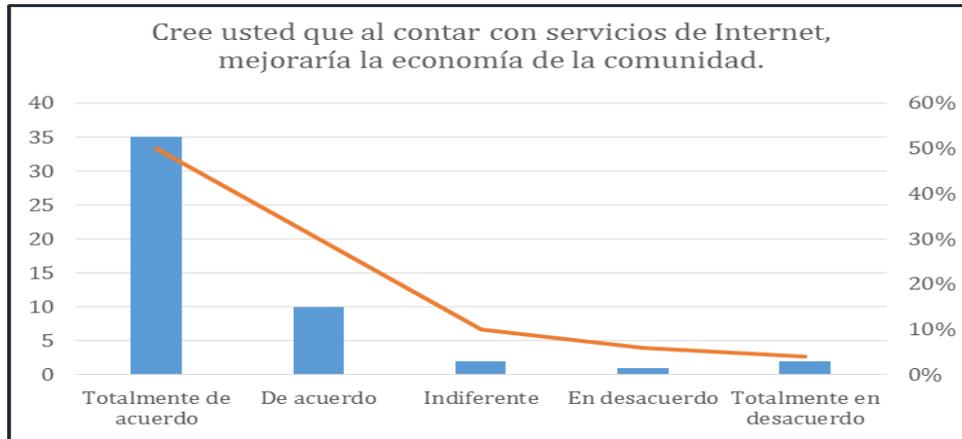
Excelente	Buena	Mala	Deficiente		Total
2	3	20	25	SUMAN	50
4%	6%	40%	50%	PORCENTAJE	100%



**Análisis:** El 50% de los encuestados respondió que la única infraestructura con la que cuenta la comunidad y que brinda servicio de telefonía móvil es deficiente y sólo un 2% considera como excelente.

4) Cree usted que al contar con servicios de Internet, mejoraría la economía de la comunidad.

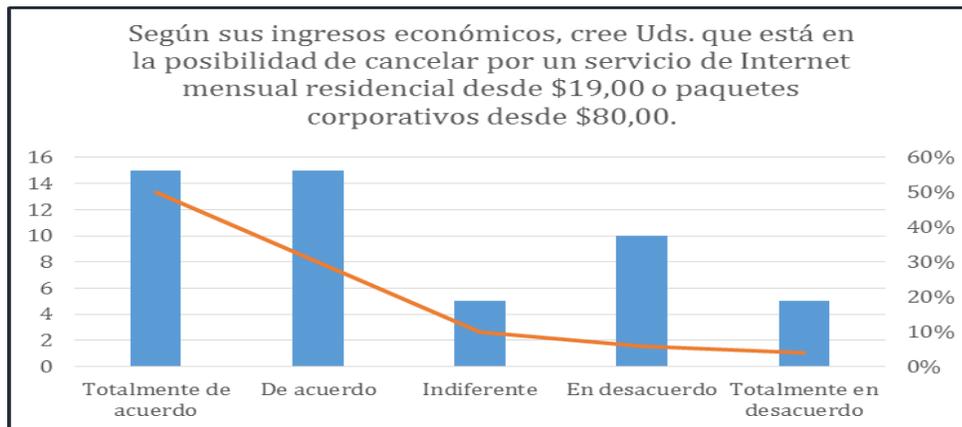
Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Indiferente	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo		Total
35	10	2	1	2	SUMAN	50
50%	30%	10%	6%	4%	PORCENTAJE	100%



**Análisis:** Un 35% de los encuestados consideran que al contar con Internet en la comunidad mejoraría su economía, porque donde existen telecomunicaciones hay desarrollo.

5) Según sus ingresos económicos, cree Uds. que está en la posibilidad de cancelar por un servicio de Internet mensual residencial desde \$19,00 o paquetes corporativos desde \$80,00.

Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Indiferente	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo		Total
15	15	5	10	5	SUMAN	50
50%	30%	10%	6%	4%	PORCENTAJE	100%



**Análisis:** De las 50 personas encuestadas se es pregunto si estaban en la posibilidad de cancelar por el servicio de Internet un valor mensual desde \$19,00 o corporativo desde \$80,00 lo que respondió un 50% que estaba de acuerdo y un 6% estaba en desacuerdo.

➤ **ANEXOS 2: DATASHEET DE ROUTER CISCO 3825.**

<b>Características de Cisco 3825 y Cisco 3845 Modelos</b>		
<b>Cisco 3800 Series Características</b>	<b>Cisco 3825/3825NOVPN</b>	<b>Cisco 3845/3845NOVPN</b>
Red ranuras para módulos: Estas ranuras pueden acomodar un módulo estándar de red, mayor módulo de red (NME), el aumento de módulo de red extendida (NMEX), y el módulo de extensión de alta densidad (EVMHD). El NMEX, cuando esté disponible, tendrá un factor de forma más ancha que la NME. Se pueden combinar dos ranuras NME de lado a lado para dar cabida a un módulo de doble ancho de la red (NMD) o cuando esté disponible, un módulo de red extendida de doble ancho mejorado (NMEXD).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NM</li> <li>• NME</li> <li>• NMEX</li> <li>• NMD</li> <li>• NMEXD</li> <li>• EVMHD</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NM</li> <li>• NME</li> <li>• NMEX</li> <li>• NMD</li> <li>• NMEXD</li> <li>• EVMHD</li> </ul>
El número máximo de módulos de red, nuevos activos, y NMEX apoyado.	2	4
Número máximo de NMD / NMEXD apoyado	1	2
Número máximo de EVMHDs apoyado	1	2
Número de ranuras HWIC (Estas ranuras HWIC también apoyan Vics, VWIC, y WIC.)	4	4
Número de puertos fijos LAN (RJ45 puerto fijo para la conectividad 10/100/1000)	2 Gigabit Ethernet (10/100/1000)	2 Gigabit Ethernet (10/100/1000)
Número de puertos de factor de forma pequeño (SFP) fijos (por SFP Gigabit Ethernet de conectividad)	1	1
Número de ranuras AIM (para fines opcionales para la descarga de funciones de cálculo intensivo)	2	2
Número de ranuras PVDM (por PVDM2 opcionales)	4	4
Cantidad de puertos USB 1.1 (para uso futuro con memoria flash USB, tokens de seguridad para la distribución segura de configuración del software Cisco IOS, y el almacenamiento fuera de la plataforma de las credenciales VPN)	2	2
VPN incorporado (basado en hardware de aceleración de encriptación VPN)	Si*	Si*
Número de puertos de consola (hasta 115,2 kbps)	1	1
Número de puertos auxiliares (hasta 115,2 kbps)	1	1
Memoria: Compact Flash externa y doble frecuencia de datos interna (DDR) RAM dinámica sincrónica (SDRAM) con ECC **	Por defecto: 128 MB Compact Flash; 512MB DDR SDRAM • Máximo: 512 MB Compact Flash; 1GB DDR SDRAM	Por defecto: 128 MB Compact Flash; 512MB DDR SDRAM • Máximo: 512 MB Compact Flash; 1GB DDR SDRAM
NOTA: * Los números de material C3825C3845NOVPN		

➤ **ANEXO 3: DATASHEET DE SERVIDOR HP PROLIANT DL380 G5.**

Servidores HP ProLiant serie 300 Servidores rack y torre de rango medio con capacidad de expansión y características avanzadas de administración, ideales para virtualización y aplicaciones.

 <b>HP ProLiant DL380 G5</b> Desempeño y densidad para aplicaciones demandantes		 <b>HP ProLiant DL385 G5</b> Rendimiento confiable y densidad para aplicaciones demandantes	
Número de procesadores	1-2	Número de procesadores	1-2
Número máximo de núcleos	8	Número máximo de núcleos	8
Procesadores admitidos	Procesadores Intel Xeon de cuatro núcleos: X5460: 3.16 GHz, 1333 MHz FSB X5450: 3.00 GHz, 1333 MHz FSB E5450: 3.00 GHz, 1333 MHz FSB E5440: 2.83 GHz, 1333 MHz FSB E5430: 2.66 GHz, 1333 MHz FSB E5420: 2.50 GHz, 1333 MHz FSB L5420: 2.50 GHz, IV, 1333 MHz FSB E5410: 2.33 GHz, 1333 MHz FSB L5410: 2.33 GHz, IV, 1333 MHz FSB E5405: 2.00 GHz, 1333 MHz FSB  Procesadores Intel Xeon de dos núcleos: X5260: 3.33 GHz, 1333 MHz FSB L5240: 3.00 GHz, IV, 1333 MHz FSB E5205: 1.86 GHz, 1066 MHz FSB		Procesadores AMD Opteron de cuatro núcleos Modelo Z356: 2.30 GHz Model 2352: 2.10 GHz Model 2347 HE: 1.90 GHz
Caché	12 MB L2 (2 x 6 MB) (serie 5400 Xeon); 6 MB L2 (1 x 6 MB) (serie 5200 Xeon)	Caché	2 MB L2 de caché y 2 MB L3 de caché
Memoria máxima	64 GB	Memoria máxima	64 GB
Unidades admitidas	Hasta 8: SFF SAS 10K 146/72/36 GB hot plug SFF SAS 15K 72/36 GB hot plug SFF SATA 5.4K 250/120 GB hot plug	Unidades admitidas	Hasta 8: SFF SAS 10K 146/72/36 GB hot plug SFF SAS 15K 72/36 GB hot plug SFF SATA 5.4K 250/120 GB hot plug
Máximo almacenamiento interno	1.168 TB SAS; 2.0 TB SATA	Máximo almacenamiento interno	1.168 TB SAS; 2.0 TB SATA
Formato	Rack de 2U	Formato	Rack de 2U
Garantía (piezas/mano de obra/en el local)	3 años/3 años/3 años	Garantía (piezas/mano de obra/en el local)	3 años/3 años/3 años
<b>Oferas HP relacionadas:</b>			
Servicios	3 años, Soporte Plus 24 3 años, 24x7, el mismo día hábil, respuesta en 4 horas	Servicios	3 años, Soporte Plus 24 3 años, 24x7, el mismo día hábil, respuesta en 4 horas
Almacenamiento	Controladora Smart Array P800; Almacenamiento MSA 1000; Unidad de cinta LTO-3 Ultrium 920 en montaje en rack de 1U	Almacenamiento	Almacenamiento MSA 30; Unidad de cinta LTO-3 Ultrium 920 en montaje en rack de 1U
Otras opciones	Controladora de red gigabit quad NC364T PCI Express; switch de consola IP 2x1x16	Otras opciones	RAM PC2-5300 de 8 GB (2 x 4 GB) registrada; Monitor TFT7600
Software	Administración: Insight Control Environment Sistemas operativos: Windows, Linux, Solaris	Software	Administración: Insight Control Environment Sistemas operativos: Windows, Linux, Solaris

➤ ANEXO 4: DATASHEET DE FIREWALL FGT-800 FORTIGATE.

Technical Specifications						
HARDWARE SPECIFICATIONS	FortiGate-200A	FortiGate-224B	FortiGate-300A	FortiGate-400A	FortiGate-500A	FortiGate-800/800F
Total 10/100 Interfaces	8	26	4	4	8	4
Switch Interfaces	4	24	n/a	n/a	4	n/a
Configurable Ports	n/a	n/a	n/a	n/a	4	4
Fixed WAN / DMZ Ports	2/2	2	n/a	n/a	n/a	n/a
Total 10/100/1000 Interfaces (Copper)	n/a	2 (switched)	2	2	2	4 (FG-800 only)
1Gb SFP Interfaces (Fiber)*	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	4 (FG-800F only)
* SX transceivers are standard, LX transceivers are available as an additional option.						
<b>SYSTEM PERFORMANCE</b>						
Firewall Throughput	150 Mbps	150 Mbps	400 Mbps	500 Mbps	600 Mbps	1 Gbps
VPN 3DES Throughput	70 Mbps	70 Mbps	120 Mbps	140 Mbps	150 Mbps	200 Mbps
Antivirus Throughput	30 Mbps	30 Mbps	70 Mbps	100 Mbps	120 Mbps	150 Mbps
IPS Throughput	100 Mbps	100 Mbps	200 Mbps	300 Mbps	400 Mbps	600 Mbps
Dedicated IPsec VPN Tunnels	200	200	1,500	2,000	3,000	3,000
Unlimited User Licenses	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Concurrent Sessions	400,000	400,000	400,000	400,000	400,000	400,000
New Sessions/Second	4K	4K	10K	10K	10K	10K
Policies	2,000	2,000	5,000	5,000	8,000	20,000
* Antivirus performance is measured based on HTTP traffic with 32Kbyte file attachments and IPS performance is measured base on UDP traffic with 512 byte packet size. Actual performance may vary depends on network traffic and environment						
<b>DIMENSIONS</b>						
(H, W, L, weight)	1.75 inches, 16.8 inches, 10 inches, 7.3 lbs	1.75 inches, 16.8 inches, 10 inches, 7.3 lbs	1.75 inches, 16.8 inches, 10 inches, 7.3 lbs	1.75 inches, 17 inches, 12.6 inches, 11.9 lbs	1.75 inches, 17 inches, 12.6 inches, 11.9 lbs	1.75 inches, 16.75 inches, 12 inches, 10 lbs
Rack Mountable	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
AC POWER REQUIRED	100-240 VAC, 50-60 Hz, 8.0 Amp (Max)					
POWER CONSUMPTION (AVG)	100W	110W	120W	130W	140W	100W
ENVIRONMENTAL	Operating temperature: 32 to 104 deg F (0 to 40 deg C) Storage temperature: -13 to 158 deg F (-25 to 70 deg C) Humidity: 5 to 95% non-condensing					
COMPLIANCE	FCC Class A Part 15, UL/CUL, C Tick, CE, VCCI					
CERTIFICATIONS	ICSA Labs: Firewall, IPsec, SSL, Antivirus, IPS (Please contact your Fortinet Sales Representative for a complete list of product certifications)					

➤ ANEXO 5: DATASHEET DE ANTENAS AM-5G20-90.

AM-5G20-90	
Dimensions	700 x 135 x 70 mm (27.56 x 5.32 x x 2.76")
Weight (Mount Included)	5.9 kg (13.01 lb)
Frequency	5.15 - 5.85 GHz
Gain	19.4 - 20.3 dBi
HPOL Beamwidth	91° (6 dB)
VPOL Beamwidth	85° (6 dB)
Elevation Beamwidth	4°
Electrical Downtilt	2°
Max. VSWR	1.5:1
Wind Survivability	200 km/h (125 mph)
Wind Loading	182 N @ 200 km/h (41 lbf @ 125 mph)
Polarization	Dual Linear
Cross-Pol Isolation	28 dB Min.
ETSI Specification	EN 302 326 DN2
Mounting	Universal Pole Mount, Rocket Bracket, and Weatherproof RF Jumpers Included

➤ ANEXO 6: DATASHEET DE ROCKET M5.

# UBIQUITI NETWORKS

TECHNICAL SPECS / DATASHEET

## ROCKET M5: 5GHz Hi Power 2x2 MIMO AirMax TDMA BaseStation

MIMO TDMA Protocol

**COMPATIBLE ANTENNAS**

- AirMax Sector 5G-17-90
- AirMax Sector 5G-16-120
- AirMax Sector 5G-20-90
- AirMax Sector 5G-19-120
- Rocket Dish 5G-30

SYSTEM INFORMATION		
Processor Specs	Atheros MIPS 24KC, 400MHz	
Memory Information	64MB SDRAM, 8MB Flash	
Networking Interface	1 X 10/100 BASE-TX (Cat. 5, RJ-45) Ethernet Interface	

REGULATORY / COMPLIANCE INFORMATION		
Wireless Approvals	FCC Part 15.247, IC RS210, CE	
RoHS Compliance	YES	

OPERATING FREQUENCY 5470MHz-5825MHz							
5GHz TX POWER SPECIFICATIONS			5GHz RX SPECIFICATIONS				
	DataRate	Avg. TX	Tolerance		DataRate	Sensitivity	Tolerance
<b>11n</b>	6-24Mbps	27 dBm	+/-2dB	<b>11n</b>	6-24Mbps	-94 dBm min	+/-2dB
	36Mbps	25 dBm	+/-2dB		36Mbps	-80 dBm	+/-2dB
	48Mbps	23 dBm	+/-2dB		48Mbps	-77 dBm	+/-2dB
	54Mbps	22 dBm	+/-2dB		54Mbps	-75 dBm	+/-2dB
<b>5GHz 11n</b>	MCS0	27 dBm	+/-2dB	<b>5GHz 11n</b>	MCS0	-96 dBm	+/-2dB
	MCS1	27 dBm	+/-2dB		MCS1	-95 dBm	+/-2dB
	MCS2	27 dBm	+/-2dB		MCS2	-92 dBm	+/-2dB
	MCS3	27 dBm	+/-2dB		MCS3	-90 dBm	+/-2dB
	MCS4	26 dBm	+/-2dB		MCS4	-86 dBm	+/-2dB
	MCS5	24 dBm	+/-2dB		MCS5	-83 dBm	+/-2dB
	MCS6	22 dBm	+/-2dB		MCS6	-77 dBm	+/-2dB
	MCS7	21 dBm	+/-2dB		MCS7	-74 dBm	+/-2dB
	MCS8	27 dBm	+/-2dB		MCS8	-95 dBm	+/-2dB
	MCS9	27 dBm	+/-2dB		MCS9	-93 dBm	+/-2dB
	MCS10	27 dBm	+/-2dB		MCS10	-90 dBm	+/-2dB
	MCS11	27 dBm	+/-2dB		MCS11	-87 dBm	+/-2dB
	MCS12	26 dBm	+/-2dB		MCS12	-84 dBm	+/-2dB
	MCS13	24 dBm	+/-2dB		MCS13	-79 dBm	+/-2dB
	MCS14	22 dBm	+/-2dB		MCS14	-78 dBm	+/-2dB
MCS15	21 dBm	+/-2dB	MCS15	-75 dBm	+/-2dB		

PHYSICAL / ELECTRICAL / ENVIRONMENTAL	
Enclosure Size	16cm length x 8cm width x 3cm height
Weight	0.5 kg
RF Connector	2x RPSMA (Waterproof)
Enclosure Characteristics	Outdoor UV Stabilized Plastic
Mounting Kit	Pole Mounting Kit Included
Max Power Consumption	8 Watts
Power Supply	24V, 1A POE Supply Included
Power Method	Passive Power over Ethernet (pairs 4,5+; 7,8 return)
Operating Temperature	-30C to 75C
Operating Humidity	5 to 95% Condensing
Shock and Vibration	ETSI300-019-1.4

**802.11n / Airmax Support Only at this Time. 802.11a support expected with AirOS 5.1 Release by end of Year**

➤ ANEXO 7: DATASHEET DE NANOSTATION M5

# Specifications (cont.) - NSM5

11

NanoStation M5 - Operating Frequency 5470-5825 MHz												
OUTPUT POWER: 27 dBm												
5 GHz TX POWER SPECIFICATIONS							5 GHz RX POWER SPECIFICATIONS					
	DataRate	Avg. Tx	Tolerance		DataRate	Avg. Tx	Tolerance		DataRate	Avg. Tx	Tolerance	
11n	6-24 Mbps	27 dBm	+/- 2 dB		11n	6-24 Mbps	-84 dBm min	+/- 2 dB		6-24 Mbps	-84 dBm min	+/- 2 dB
	36 Mbps	25 dBm	+/- 2 dB			36 Mbps	-80 dBm	+/- 2 dB		36 Mbps	-80 dBm	+/- 2 dB
	48 Mbps	23 dBm	+/- 2 dB			48 Mbps	-77 dBm	+/- 2 dB		48 Mbps	-77 dBm	+/- 2 dB
	54 Mbps	22 dBm	+/- 2 dB			54 Mbps	-75 dBm	+/- 2 dB		54 Mbps	-75 dBm	+/- 2 dB
11n / AntMax	MCS0	27 dBm	+/- 2 dB		11n / AntMax	MCS0	-96 dBm	+/- 2 dB		MCS0	-96 dBm	+/- 2 dB
	MCS1	27 dBm	+/- 2 dB			MCS1	-95 dBm	+/- 2 dB		MCS1	-95 dBm	+/- 2 dB
	MCS2	27 dBm	+/- 2 dB			MCS2	-92 dBm	+/- 2 dB		MCS2	-92 dBm	+/- 2 dB
	MCS3	27 dBm	+/- 2 dB			MCS3	-90 dBm	+/- 2 dB		MCS3	-90 dBm	+/- 2 dB
	MCS4	26 dBm	+/- 2 dB			MCS4	-86 dBm	+/- 2 dB		MCS4	-86 dBm	+/- 2 dB
	MCS5	24 dBm	+/- 2 dB			MCS5	-83 dBm	+/- 2 dB		MCS5	-83 dBm	+/- 2 dB
	MCS6	22 dBm	+/- 2 dB			MCS6	-77 dBm	+/- 2 dB		MCS6	-77 dBm	+/- 2 dB
	MCS7	21 dBm	+/- 2 dB			MCS7	-74 dBm	+/- 2 dB		MCS7	-74 dBm	+/- 2 dB
	MCS8	27 dBm	+/- 2 dB			MCS8	-95 dBm	+/- 2 dB		MCS8	-95 dBm	+/- 2 dB
	MCS9	27 dBm	+/- 2 dB			MCS9	-93 dBm	+/- 2 dB		MCS9	-93 dBm	+/- 2 dB
	MCS10	27 dBm	+/- 2 dB			MCS10	-90 dBm	+/- 2 dB		MCS10	-90 dBm	+/- 2 dB
	MCS11	27 dBm	+/- 2 dB			MCS11	-87 dBm	+/- 2 dB		MCS11	-87 dBm	+/- 2 dB
	MCS12	26 dBm	+/- 2 dB			MCS12	-84 dBm	+/- 2 dB		MCS12	-84 dBm	+/- 2 dB
	MCS13	24 dBm	+/- 2 dB			MCS13	-79 dBm	+/- 2 dB		MCS13	-79 dBm	+/- 2 dB
	MCS14	22 dBm	+/- 2 dB			MCS14	-76 dBm	+/- 2 dB		MCS14	-76 dBm	+/- 2 dB
MCS15	21 dBm	+/- 2 dB	MCS15	-75 dBm	+/- 2 dB	MCS15	-75 dBm	+/- 2 dB				

