

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



## FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

### CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES

#### TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN SISTEMAS COMPUTACIONALES

##### TEMA:

“ESTUDIO DE LAS TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS METRO MESH,  
WI-MAX Y WI-FI PARA IMPLEMENTAR UN ISP PARA EL SECTOR EL  
RETORNO DE LA CIUDAD DE IBARRA”

**AUTOR:** Nubia Morán Villarreal

**DIRECTOR:** Ing. Jorge Vásquez

IBARRA – ECUADOR

2016



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	1002575619		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	MORÁN VILLARREAL NUBIA SUSANA		
<b>DIRECCIÓN:</b>	PANAMÁ 2-62 Y BRASIL		
<b>EMAIL:</b>	<a href="mailto:nubys83@hotmail.com">nubys83@hotmail.com</a>		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	062602071	<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0998461404

DATOS DE LA OBRA	
<b>TÍTULO:</b>	Estudio de las tecnologías inalámbricas Metro Mesh, Wi-max y Wi-fi para implementar un ISP para el sector el Retorno de la ciudad de Ibarra
<b>AUTOR (ES):</b>	Nubia Susana Morán Villarreal
<b>FECHA: AAAAMMDD</b>	2016/01/27
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
<b>PROGRAMA:</b>	PREGRADO
<b>TITULO POR EL QUE OPTA:</b>	Ingeniería en Sistemas Computacionales
<b>ASESOR /DIRECTOR:</b>	Ing. Jorge Vasquez



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### 2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Nubia Susana Morán Villarreal, con cédula de identidad Nro. 1002575619, en calidad de autor (es) y titular (es) de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

Ibarra, a los 27 días del mes de Enero de 2016

Nubia Morán Villarreal

C.I.: 1002575619



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### 3. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los veintisiete días del mes de Enero de 2016

#### EL AUTOR:

(Firma).....

Nombre: Nubia Morán Villarreal

C.I: 1002575619



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo Nubia Susana Morán Villarreal, con cédula de identidad Nro. 1002575619, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor (es) de la obra o trabajo de grado denominado: **“Estudio de las tecnologías inalámbricas Metro Mesh, Wi-max y Wi-fi para implementar un ISP para el sector el Retorno de la ciudad de Ibarra”**, que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Sistemas Computacionales, en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los veinticinco días del mes de Enero de 2016

(Firma) ..... 

Nombre: Nubia Morán Villarreal

Cédula: 1002575619

v

v



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente proyecto de Trabajo de Grado “**Estudio de la tecnologías inalámbricas Metro Mesh, Wimax y Wifi para implementar un ISP en el sector el Retorno de la Ciudad de Ibarra**” ha sido elaborada en su totalidad por la señorita Nubia Morán Villarreal con número de cédula 1002575619, bajo mi supervisión, para lo cual firmo en constancia.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Jorge Vásquez', is written over a faint, circular stamp or watermark.

Ing. Jorge Vásquez

**DIRECTOR DE TESIS**

## **DEDICATORIA**

Con todo mi cariño y mi amor para las personas que hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba, a ustedes por siempre mi corazón y mi agradecimiento.

Nubia Morán Villarreal

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Técnica del Norte por haberme brindado una oportunidad de prepararme y superarme en el ámbito profesional.

Un agradecimiento muy especial Ing. Jorge Vásquez, Director de Tesis por su guía profesional insuperable, su apoyo, tolerancia y orientación en la realización y culminación del presente trabajo.

A mi familia quienes con infinito amor a través de la vida han sabido guiarme con su ejemplo de trabajo y honestidad, por todo su esfuerzo reflejado y por su constante apoyo que ha permitido alcanzar esta meta personal y profesional.

Nubia Morán Villarreal



# ÍNDICE GENERAL

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN .....	ii
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
DEDICATORIA .....	vii
AGRADECIMIENTOS.....	viii
ÍNDICE GENERAL.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiv
RESUMEN .....	xv
ABSTRACT .....	xvii
INTRODUCCIÓN .....	xix
CAPÍTULO I: Definición del Problema.....	1
1.1 Problema .....	1
1.1.1 Antecedentes .....	1
1.1.2 Situación actual .....	2
1.1.3 Planteamiento .....	3
1.2 Objetivos .....	3
1.2.1 Objetivo General .....	3
1.2.2 Objetivos Específicos.....	3
1.3 Alcance .....	4
1.4 Justificación .....	7
1.5 Contexto Legal.....	7
CAPÍTULO II: Las redes inalámbricas .....	9
2.1 Historia de las Tecnologías Inalámbricas .....	9
2.2 Medios de transmisión en redes inalámbricas.....	11
2.2.1 Microondas terrestres.....	13
2.2.2 Microondas por satélite .....	13
2.2.3 Infrarrojos.....	14
2.2.4 Ondas de radio .....	15
2.3 Funcionamiento de las redes inalámbricas.....	16

2.4	Arquitectura de las redes inalámbricas.....	18
2.4.1	Punto de Acceso (AP) .....	18
2.4.2	Antenas.....	18
	• Antenas Omnidireccionales.....	19
	• Antenas Direccionales.....	19
	• Antenas Sectoriales.....	20
2.4.3	Antena de usuario y conector pigtail .....	21
2.5	Modelo OSI para redes inalámbricas .....	21
2.6	Características de las redes inalámbricas.....	24
2.6.1	Modulación Digital .....	24
	• Modulación de Fase PSK.....	24
	• Modulación de Amplitud en Cuadratura QAM.....	24
	• La Modulación por desplazamiento de frecuencia o FSK.....	24
2.6.2	Protocolo de acceso al medio .....	25
2.6.3	Calidad de servicio.....	26
2.6.4	Frecuencias de operación.....	27
2.6.5	Regulación del espectro radioeléctrico.....	28
2.6.6	Métodos de transmisión de información.....	29
2.6.7	Encriptación.....	29
2.7	Tipos de tecnologías inalámbricas .....	30
2.7.1	Wireless personal area network (WPAN).....	31
2.7.2	Wireless metropolitan area network (WMAN) .....	31
2.7.3	Wireless wide area network (WWAN) .....	32
2.8	Wi-Fi .....	32
2.8.1	Estándares IEEE 802.11 .....	34
2.8	Tecnología Wimax: 802.16x .....	42
2.9.1	Wimax fijo: 802.16d .....	44
2.9.2	Wimax móvil: 802.16e.....	45
2.9.3	Componentes de una red Wimax.....	45
2.10	Red Inalámbrica Mesh: 802.11s .....	47
2.10.1	Ventajas de las redes Mesh.....	48
2.10.2	Funcionamiento de las redes inalámbricas en malla .....	49
2.11	Proveedor de Servicios de Internet Inalámbrico (WIPS).....	50

2.11.1 Infraestructura básica de un Proveedor de Internet Inalámbrico (WISP).....	50
2.11.2 Requerimientos generales de una red ISP .....	52
2.12 Servicios de valor agregado (SVA) en el Ecuador .....	53
2.12.1 Requerimientos para operar SVA en Ecuador.....	54
CAPÍTULO III: Análisis de las Tecnologías .....	55
3.1 Antecedentes .....	55
3.1.1 Datos generales de la ciudad Ibarra .....	55
3.1.2 Ubicación del Centro de Operaciones de red .....	56
3.1.3 Zona de cobertura .....	57
3.2 Requerimientos de la red ISP .....	58
3.2.1 Requerimientos de usuario .....	58
3.2.2 Rango y cobertura .....	58
3.2.3 Escalabilidad y rendimiento .....	60
3.2.4 Calidad del servicio.....	61
3.3 Análisis características técnicas .....	61
3.4 Análisis de costos .....	64
3.4.1 Especificaciones técnicas de los equipos .....	65
3.4.2 Costos de equipos .....	77
3.4.3 Costos de infraestructura.....	78
3.4.4 Costos de implementación.....	79
3.4.5 Costos totales estimados para la implementación de la red .....	81
3.5 Análisis de la demanda.....	82
3.5.1 Demanda de los servicios de internet.....	84
3.5.2 Dimensionamiento de la red.....	86
3.6 Selección de la tecnología .....	86
CAPÍTULO IV: Diseño de la red ISP .....	90
4.1 Estructura de red de acceso del WISP.....	90
4.1.1 Elementos de la infraestructura de la red.....	91
4.2 Diagrama final de la red ISP .....	93
4.3 Actividades previas a la instalación.....	95
4.4 Simulación de los enlaces.....	95
CAPÍTULO V: Conclusiones y Recomendaciones.....	99
5.1 Conclusiones.....	99

5.2 Análisis de impacto .....	100
5.3 Recomendaciones .....	101
5.3 Bibliografía.....	103
5.4 Glosario .....	108

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Área de cobertura ISP.....	5
Figura 2. Esquema general de la red ISP .....	6
Figura 3. Esquema de funcionamiento de teléfono .....	9
Figura 4. Red ALOHA .....	10
Figura 5. Medios de transmisión no guiados .....	12
Figura 6. Microondas terrestres.....	13
Figura 7. Microondas.....	14
Figura 8. Ondas de radio .....	15
Figura 9. Funcionamiento de las redes inalámbricas .....	16
Figura 10. Punto de Acceso .....	18
Figura 11. Antena sectorial.....	18
Figura 12. Antena de Usuario.....	21
Figura 13. Tipos de tecnologías inalámbricas.....	31
Figura 14. Ejemplo de red WIMAX .....	44
Figura 15. Elementos Red WIMAX .....	45
Figura 16. Red Inalámbrica Mesh.....	47
Figura 17. Estructura de un WISP.....	51
Figura 18. Zona de Cobertura. Nodo principal .....	56
Figura 19. Superficie que debe cubrir la infraestructura del ISP.....	57
Figura 20. SWITCH CRS125-24G-1S .....	66
Figura 21. Access Point QRT 5 .....	67
Figura 22. ANTENA OMNITIK UPA-5HnD.....	68
Figura 23. ANTENA RB SXT 5 .....	69
Figura 24. MicroMAX Base Station Radio (BSR) .....	71
Figura 25. Antena 2.4/ 5.8 GHz 9 dBi Dual Band Omni Antenna 5pk.....	72
Figura 26. AIRSPAN M-PRO-V80.....	73
Figura 27. ROUTER LINKSYS WRT54GL.....	74

Figura 28. Señal RF de la Antena .....	75
Figura 29. Antena ANTENA HYPERLINK HG2415U-PRO .....	75
Figura 30. NANOSTATION LOCO M5 .....	76
Figura 31. Usuarios y densidad de internet a nivel nacional .....	82
Figura 32. Diagrama de la estructura general de la red ISP .....	90
Figura 33. Etiquetas Empresa Portadora Autorizada .....	91
Figura 34. Bandeja de Fibra Óptica .....	91
Figura 35. Conversor Ethernet – Fibra Óptica .....	92
Figura 36. Servidor Proxy .....	92
Figura 37. SWITCH CRS125-24G-1S .....	93
Figura 38. Diagrama Final de la Estructura de la Red ISP .....	93
Figura 39. Interface de LinkPlanner .....	96
Figura 40. Ingreso de coordenadas Nodo principal .....	96
Figura 41. Nuevo Enlace .....	97
Figura 42. Reporte de enlace Nodo principal – Cliente .....	97

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Capas del Modelo OSI	23
Tabla 2. Características técnicas de WIFI, WIMAX Y MESH	62
Tabla 3. Valoración Escala de Likert	63
Tabla 4. Características SWITCH CRS125-24G-1S	66
Tabla 5. Caraterísticas de Access Point QRT 5	67
Tabla 6. Características ANTENA OMNITIK UPA-5HnD	68
Tabla 7. Características ANTENA RB SXT 5	69
Tabla 8. Características Router Linksys WRT54GL	74
Tabla 9. Caraterísticas ANTENA HYPERLINK HG2415U-PRO	75
Tabla 10. Características NANOSTATION LOCO M5	76
Tabla 11. Resumen costos de equipos. Tecnología WIFI	77
Tabla 12. Costos de equipos. Tecnología WIMAX	77
Tabla 13. Costos de Equipos. Tecnología MESH	78
Tabla 14. Costos de Infraestructura	79
Tabla 15. Costo Implementación Nodo Principal	80
Tabla 16. Costos Implementación Por Usuario	80
Tabla 17. Costos de Operación y Mantenimiento	81
Tabla 18. Costos Totales Implementación de la red	81
Tabla 19. Servicio de valor agregado – Densidad de internet	83
Tabla 20. Proveedores de internet	84
Tabla 21. Usuarios con acceso a Internet en Imbabura	85
Tabla 22. Tamaño de la población Ibarra e Imbabura	85
Tabla 24. Ventajas y desventajas de WIFI, WIMAX, MESH	87
Tabla 25. Requerimientos de la red ISP	88

## RESUMEN

El presente proyecto trata sobre el diseño y la implementación de una red ISP en el sector de El Retorno de la Ciudad de Ibarra, previo el estudio de las tecnologías inalámbricas WiFi, WiMAX y MESH, tomando en cuenta las necesidades y requerimientos que tiene este sector de la ciudad para que puedan acceder a los diferentes servicios que proporciona la conectividad inalámbrica.

En el primer Capítulo se realiza la definición, la prognosis y la evaluación de la situación actual del problema, la delimitación, la justificación y el alcance que tendrá el proyecto, también se plantean los objetivos generales y específicos que se propone para este trabajo de grado.

El segundo capítulo abarca un estudio básico de los conceptos generales de la introducción a redes inalámbricas, partiendo desde la historia de las comunicaciones sin cables, se citan también los medios de transmisión, se describen de manera breve el funcionamiento de las redes sin hilos y su arquitectura básica. También se realiza una revisión del modelo OSI para redes inalámbricas, y se revisa los conceptos de las características técnicas que definen las redes wireless, también contiene los tipos de redes inalámbricas.

Revisaremos los estándares IEEE de las tres tecnologías que son objeto de este estudio: WiFi, WiMAX y MESH, y una breve descripción de cómo trabaja cada una de ellas. Finalmente en este capítulo revisaremos conceptos de lo que es un Proveedor de Servicios de Internet, su infraestructura básica y los Servicios de Valor Agregado en Ecuador, la normativa que los rige y sus requerimientos para operar.

En el Capítulo tercero se trata sobre el análisis de las tecnologías estudiadas aplicadas al proyecto que se va a desarrollar, tenemos los antecedentes donde encontramos datos geográficos de la zona de cobertura del ISP, luego se analizan los requerimientos específicos para luego pasar a comparar las características técnicas.

En el análisis de costos se citan las especificaciones técnicas de los equipos que se podrían utilizar en la implementación de este proyecto, y luego se contabiliza los costos totales del proyecto tomando en cuenta Costos de Equipos, Costos de Infraestructura y Costos de Implementación y mantenimiento. Además se realiza un análisis de la demanda de los servicios de Internet en el sector y la selección de la tecnología.

En el capítulo cuatro se detalla la propuesta para el diseño del ISP inalámbrico, la estructura de la red implementada y las actividades realizadas para culminar el proyecto.

El quinto capítulo muestra las conclusiones y recomendaciones acerca de los resultados obtenidos en el desarrollo de este proyecto.



## **ABSTRACT**

The present project is the design and implementation of an ISP network in the field of Return of the City of Ibarra, I prior study of WiFi, WiMax and MESH wireless technologies, taking into account the needs and requirements of this sector city so they can access the different services provided by wireless connectivity.

In the first chapter the definition makes the prognosis and assessment of the current situation of the problem, the definition, justification and scope that the project will, the general and specific objectives proposed for this paper grade also arise.

The second chapter includes a basic study of the general concepts of the introduction to wireless networks, starting from the history of wireless communications, are also cited the transmission means, briefly describe the operation of wireless networks and their basic architecture. A review of the OSI model for wireless networks is also performed, and the concepts of the technical features that define the wireless network is reviewed, it also contains the types of wireless networks.

We review the IEEE standards of the three technologies that are the subject of this study: WiFi, WiMAX and mesh, and a brief description of how each one works. Finally in this chapter we review concepts of what an internet service provider, its basic infrastructure and value-added services in Ecuador, the rules governing them and their requirements to operate.

In the third chapter deals with the analysis of the studied technologies for the project that will develop, we have the history we find geographic data of the coverage area of the ISP, then the specific requirements and then move to compare the features discussed techniques.

In the cost analysis the technical specifications of the equipment that could be used in the implementation of this project are cited, then the total project costs are computed taking into account equipment costs, infrastructure costs and costs of implementation and maintenance. Besides an analysis of the demand for Internet services in the sector and technology selection it is made.

In chapter four the proposal for the design of wireless ISP, the structure of the network and implemented activities to complete the project is detailed.

The fifth chapter shows the conclusions and recommendations on the results obtained in developing this project.

## INTRODUCCIÓN

En la época actual el acceso a Internet ya no es un lujo, más bien se ha convertido en una necesidad básica en cada uno de nuestros hogares y oficinas, debido a que se lo utiliza para el trabajo, para el estudio y para el entretenimiento. En Ecuador el crecimiento del número de suscriptores a un servicio de Internet Fijo se da en un 57% en el último año, según datos de la ARCOTEL (Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones).

Dentro de las Telecomunicaciones la prestación de Servicios de Valor Agregado de Acceso a Internet es un campo que en los últimos 10 años se ha incrementado en un alto porcentaje en el Ecuador, ya que el crecimiento de la población, ofrece una mayor demanda de este servicio y por lo tanto se han creado diversas empresas ISP (Proveedor de Servicios de Internet).

La función principal de un ISP es proveer al cliente acceso a Internet, adicionalmente puede ofrecer una serie de servicios de red como: correo electrónico, web hosting, resolución de nombres (DNS), transferencia de archivos, voz sobre IP, entre otros.

En la provincia de Imbabura según datos de la página web de la ARCOTEL, existen 9 Proveedores de Servicios de Internet, los cuales en su mayoría dan el servicio en áreas urbanas de nuestra provincia.

Según la ARCOTEL, en la provincia de Imbabura existen 120392 usuarios de internet fijo, y 19716 abonados de cuentas de internet fijo de 398.244 habitantes que tiene la provincia, esto quiere decir que aún existen nichos del mercado donde el internet aún es una necesidad que requiere atención.



# CAPÍTULO I: Definición del Problema

## 1.1 Problema

### 1.1.1 Antecedentes

Desde el inicio de los tiempos un tema fundamental para definir el progreso de la humanidad siempre ha sido la capacidad de comunicación, el principio principal de la comunicación es establecer una relación entre el emisor y receptor por medio de un mensaje.

La tecnología de hoy en día exige que la comunicación abarque un mayor número de parámetros aparte de la transmisión de voz, como son: datos, imágenes vídeos, aplicaciones, entre otras. De aquí nacen las nuevas tecnologías como son computadoras, tabletas, teléfonos inteligentes, redes alámbricas e inalámbricas.

La necesidad de estar conectados siempre y que cada vez tengan mayor auge los equipos portables ha hecho que las tecnologías inalámbricas tengan un desarrollo vertiginoso en los últimos tiempos.

La comunicación inalámbrica es aquella en la que la comunicación (emisor/receptor) no se encuentra unida por un medio de propagación físico, sino que se utiliza la modulación de ondas electromagnéticas a través del espacio. En este sentido, los dispositivos físicos sólo están presentes en los emisores y receptores de la señal. Actualmente, la expansión de la tecnología WiFi<sup>1</sup>, se está produciendo a gran escala a

---

<sup>1</sup> **WIFI**. Wireles Fidelity. es un mecanismo de conexión de dispositivos electrónicos de forma inalámbrica.

nivel mundial. La causa radica en que la tecnología WiFi posibilita es acceso móvil de ancho de banda a Internet a un coste muy asequible.

Posteriormente ha aparecido WiMAX<sup>2</sup>, que también ha supuesto un avance importante con respecto al panorama de las tecnologías sin hilos. También la tecnología METRO MESH<sup>3</sup> es una topología que ha ganado popularidad en zonas urbanas y suburbanas.

El presente proyecto nace como respuesta a la necesidad de acceso a las tecnologías de información principalmente el servicio de internet, por parte los residentes en el sector El Retorno de la ciudad de Ibarra, el servicio de internet que se oferta en el sector actualmente tienes algunas deficiencias y por lo tanto existe una alta demanda no satisfecha.

### **1.1.2 Situación actual**

Las tecnologías de red inalámbrica permiten a los usuarios de equipos establecer conexiones sin necesidad de cables a través de largas y cortas distancias.

Actualmente, las transmisiones inalámbricas constituyen una eficaz herramienta que permite la transferencia de voz, datos y vídeo sin la necesidad de cableado. Esta transferencia de información se logra a través de la emisión de ondas de radio. La comunicación inalámbrica, que se realiza a través de ondas de radiofrecuencia facilita la operación en lugares alejados o latos donde el cableado implica mayores gastos . Estas redes no tienen problemas en pérdida de señal, debido a que su arquitectura está diseñada para soportar paquetes de datos en vez de comunicaciones por voz.

---

<sup>2</sup> **WIMAX.** Interoperabilidad mundial para acceso por microondas

<sup>3</sup> **MESH.** Malla

Los objetivos básicos de un ISP son: conservar la conectividad entre el Internet y los usuarios y mantener alta la disponibilidad en la prestación de servicios.

En la actualidad los Proveedores de Internet Inalámbrico, en su mayoría han diseñado sus redes de acceso con la tecnología WiFi. Es importante conocer acerca de las tecnologías inalámbricas existentes para conocer las ventajas y desventajas que nos pueden brindar.

### **1.1.3 Planteamiento**

Para diseñar una red ISP se necesita tener el conocimiento previo de las tecnologías de última milla existentes con el fin de brindar acceso a Internet con calidad y seguridad

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo General**

Realizar un estudio de las tecnologías inalámbricas METRO MESH, WI-MAX y WI-FI, e implementar un ISP para el sector El Retorno de la Ciudad de Ibarra.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Realizar una investigación comparativa de las tecnologías Metro Mesh, Wi-max y Wi-fi.
- Realizar un análisis de costos de cada tecnología
- Determinar las mejores tecnologías en el aspecto técnico para implementar un ISP inalámbrico.

- Diseñar e implementar la infraestructura del ISP inalámbrico con las características necesarias de hardware y software.

### **1.3 Alcance**

El presente proyecto detalla un análisis profundo sobre las tecnologías de última milla METRO MESH, WiMAX Y WiFi, sus ventajas y desventajas, además se determinará la selección de los equipos que mejor se adapten a los requerimientos en cuanto a seguridad, potencia, fiabilidad mediante un análisis comparativo; posteriormente se realiza el diseño de la red inalámbrica para proveer Servicios de Valor Agregado de Acceso a Internet en la Ciudad de Ibarra.

Se desea hacer una comparación de los las tecnologías inalámbricas METRO MESH, WI-MAX y WI-FI para determinar los que mejor se adapten a las necesidades de la red de una empresa ISP.

A continuación se muestra la figura 1 donde se limita el área de cobertura geográfica que tendrá el ISP, al norte limitada por la Calle Aguarico, al sur por la calle Nazacota Puento, al este por la Av. Atahualpa y al oeste por la calle Río Lita. En esta área se pretende asistir con el servicio de internet a un total aproximado de 2000 familias, este sector es un área residencial principalmente y cuenta con algunas pequeñas empresas e instituciones educativas, que también podrían ser potenciales clientes de nuestra empresa.

El objetivo y alcance primordial de este proyecto es convertirlo en una empresa sustentable y rentable para que se convierta en una fuente de empleo para los colaboradores que se integren a este proyecto, ya que es importante impulsar y proponer micro emprendimientos que nos permitan ejercer nuestra profesión.





*Figura 1. Área de cobertura ISP*

*Fuente: Google Earth*

En la siguiente figura se muestra un esquema general de la infraestructura básica que deberá tener la red ISP. Se propone una Nodo principal en el cual de implementará toda la infraestructura básica del ISP, servidor, equipos de monitoreo, antena omnidireccional que dé alcance al área que se propone, y se quiere llegar a los clientes con un antena de usuario que se colocará en cada domicilio para recibir la señal. En la figura también podemos ver que a futuro se proyecta la creación de otro nodo para cubrir un área más amplia de la ciudad de Ibarra, se lo implementaría como punto de repetición en un lugar estratégico.

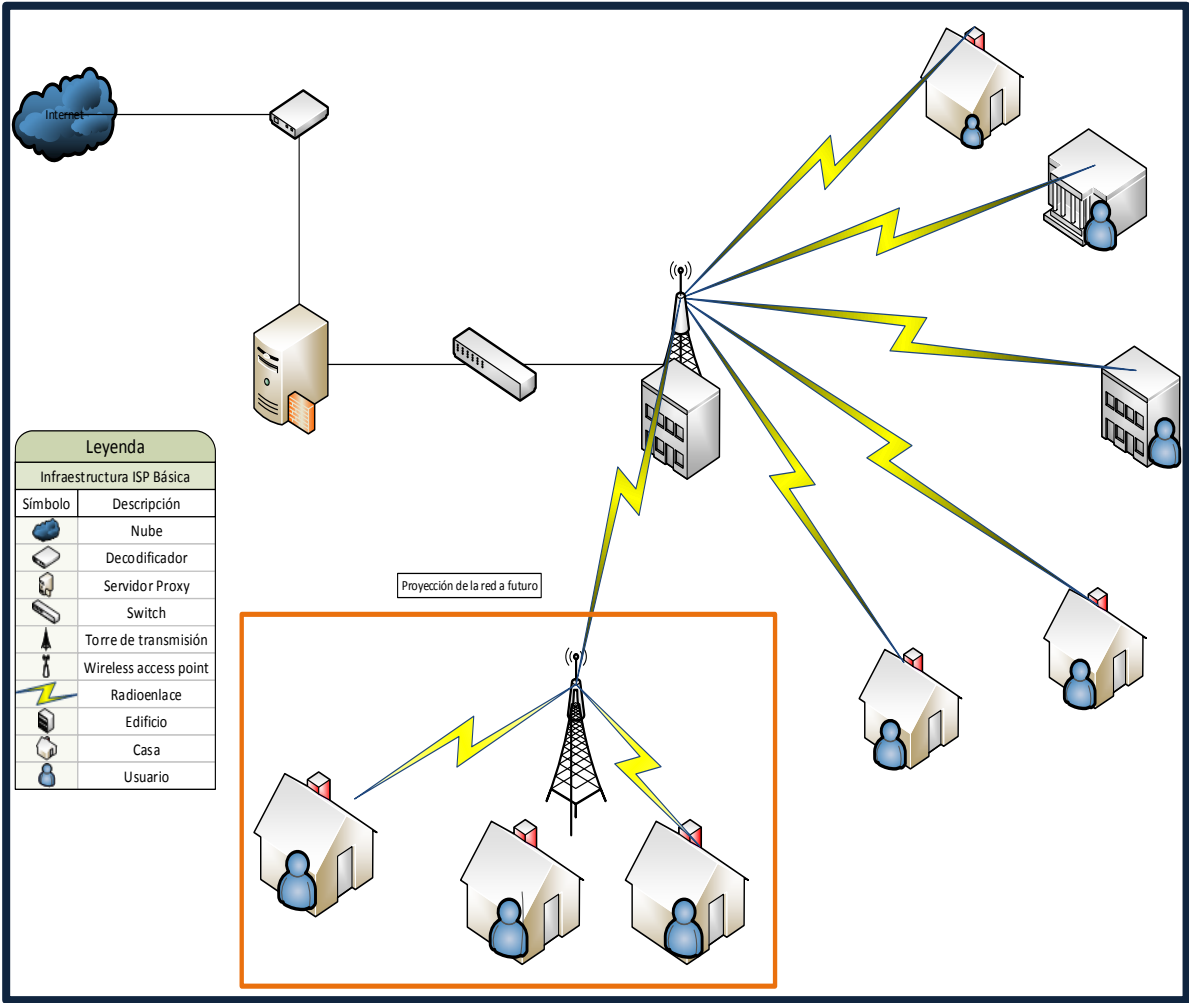


Figura 2. Esquema general de la red ISP

Fuente. Propia

## 1.4 Justificación

La finalidad de realizar este proyecto es determinar la mejor tecnología a utilizar y escoger las mejores prácticas para proponer un diseño para la implementación de una red ISP.

Realizar una investigación y estudio adecuado para nuestro medio que sirva de fuente de consulta para futuras investigaciones.

Diseñar e implementar la red para crear un ISP inalámbrico.

Realizar el proyecto de tesis previo a la obtención del Título de Ingeniería en Sistemas, y a la vez este proyecto sirva para empezar una microempresa propia, basado en un estudio serio y convertirlo en un negocio rentable.

## 1.5 Contexto Legal

En el Ecuador existen leyes y regulaciones que autorizan la utilización de frecuencias y servicios de telecomunicaciones, esto asegura una adecuada regulación y expansión de los sistemas radioeléctricos, así como ejecutar las políticas y decisiones dictadas por la Agencia de Regulación y Control de la Telecomunicaciones, con el fin de contribuir con el desarrollo de la sociedad.

En cuanto a la prestación de servicios de Valor Agregado en el Ecuador existen las normativas, reglamentos y leyes que determinan la autorización del permiso de operación dentro del territorio nacional.

En la **CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR** podemos encontrar el siguiente artículo, referente a las comunicaciones:

*“Art. 16.- Todas las personas, en forma individual o colectiva, tienen derecho a:*

- 1. Una comunicación libre, intercultural, incluyente, diversa y participativa, en todos los ámbitos de la interacción social, por cualquier medio y forma, en su propia lengua y con sus propios símbolos.*
- 2. El acceso universal a las tecnologías de información y comunicación.*
- 3. La creación de medios de comunicación social, y al acceso en igualdad de condiciones al uso de las frecuencias del espectro radioeléctrico para la gestión de estaciones de radio y televisión públicas, privadas y comunitarias, y a bandas libres para la explotación de redes inalámbricas.”*

A continuación, se enumeran las leyes, reglamentos y normas que rigen el campo de las telecomunicaciones que comprende este estudio:

#### **LEY**

- Ley orgánica de telecomunicaciones y de servicios postales

#### **REGLAMENTOS**

- Reglamento general a la ley de telecomunicaciones
- Reglamento de Radiocomunicaciones
- Reglamento de acceso y uso compartido de Telecomunicaciones
- Reglamento para otorgar concesiones de los servicios de telecomunicaciones
- Reglamento para la prestación de servicios de valor agregado.

#### **NORMAS**

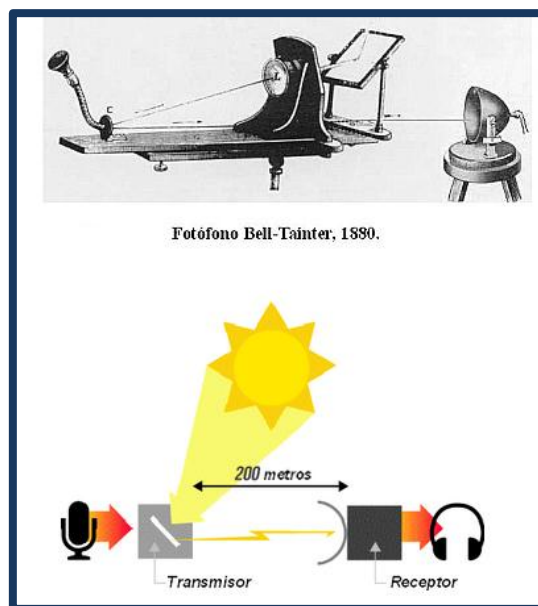
- Norma para la implementación y operación de sistemas de modulación digital de banda ancha.

# CAPÍTULO II: Las redes inalámbricas

## 2.1 Historia de las Tecnologías Inalámbricas

La historia de las comunicaciones inalámbricas se remonta hasta 1880 cuando Graham Bell y Summer Tainter inventaron el primer aparato de comunicación sin cables, el fotófono. Según cita el sitio web <http://histinf.blogs.upv.es/> , (2010) “El fotófono permitía la transmisión del sonido por medio de una emisión de luz, pero no tuvo mucho éxito debido a que por aquel entonces todavía no se distribuía la electricidad y las primeras bombillas se habían inventado un año antes.”

En la figura 3, se muestra el funcionamiento del fotófono.



*Figura 3. Esquema de funcionamiento de fotófono*

Fuente: <http://redesgrupon3.blogspot.com/>

ALOHANET se dice ser la primera red de área local inalámbrica obtenida en 1971 en la Universidad de Hawaii. Fue extendida sobre cuatro islas y permitió comunicar

bidireccionalmente a los computadores de siete campus diferentes por medio de una topología de estrella.

En la figura 4. Se muestra un esquema de la primera red inalámbrica ALOHANET.

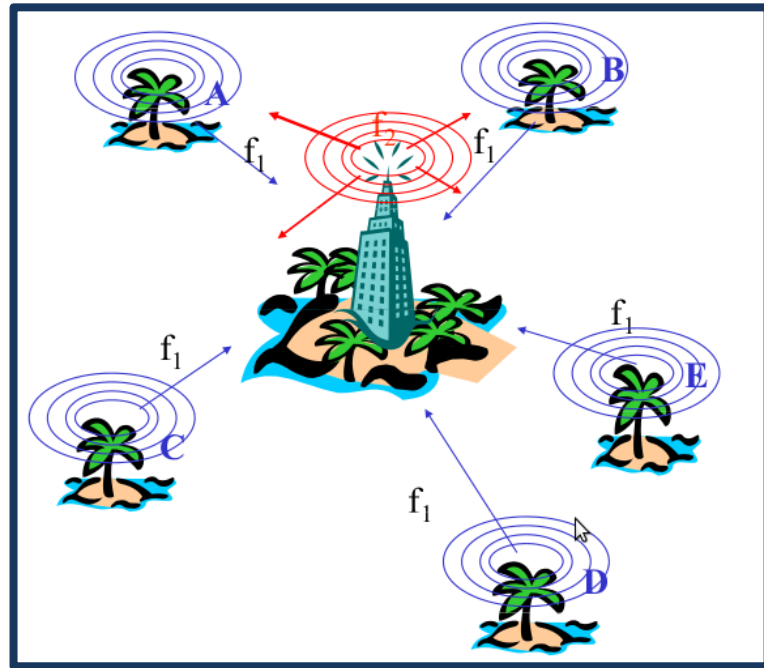


Figura 4. Red ALOHA

Fuente: <http://lasinformaticas2012.blogspot.com/>

Según se cita en la página web [http://docente.ucol.mx/al950303/public\\_html/](http://docente.ucol.mx/al950303/public_html/) “En la década de 1980, se construyeron los Controladores de Nodo Terminal<sup>4</sup> con el fin de poder comunicar sus computadoras a través del equipo de radio del radioaficionado dentro de Norte América. La Asociación de Transmisión de Radio Americana (ARRL, American Radio Relay League) y la Asociación de Transmisión de Radio Canadiense (CRRL, Canadian Radio Relay League) comenzaron a patrocinar las Conferencias de

<sup>4</sup> **Controlador de Nodo Terminal.** Es una pequeña caja negra unida al ordenador y la radio, que contiene el software necesario para la comunicación entre la estación y el módem.

Redes de Computadoras desde inicios de 1980 para proveer un foro para el desarrollo de redes inalámbricas.”

En 1985, la Comisión Federal de Comunicaciones permitió el uso público de las bandas ISM <sup>5</sup>(entre 902 MHz y 5.85 GHz), lo que resultó ser algo muy atractivo para los vendedores de redes inalámbricas.

A finales de 1980, el Grupo de Trabajo 802 del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) comenzó a trabajar en la estandarización de las redes inalámbricas que utilizaran las bandas ISM de 2.4 GHz y 5.7 GHz. Mientras tanto, las compañías comenzaron el embarque propietario de tarjetas de radio para redes inalámbricas y los puntos de acceso con operación en el 902 MHz de la banda ISM.

El Grupo de Trabajo del IEEE<sup>6</sup> 802.11 desarrolló la especificación para el Control de Acceso al Medio (MAC) y la capa Física (PHY) en las redes inalámbricas. El consejo de estándares del IEEE aprobó el estándar el 26 de Junio de 1997, el cual fue publicado por el IEEE el 18 de Noviembre de 1997.

En Diciembre de 1999, el IEEE liberó los suplementos (802.11a y 802.11b) para el estándar IEEE 802.11, en orden para incrementar la velocidad de la capa Física (hasta 11 Mbps en el 2.4 GHz de la banda ISM y hasta 54 Mbps en el 5.7 GHz de la banda ISM).

## **2.2 Medios de transmisión en redes inalámbricas**

Los medios de transmisión no guiados son aquellos sistemas que no tienen ningún medio físico para la transmisión de información, la propagación se realiza libremente por el medio como pueden ser por el aire o el vacío. La transmisión como la recepción se la

---

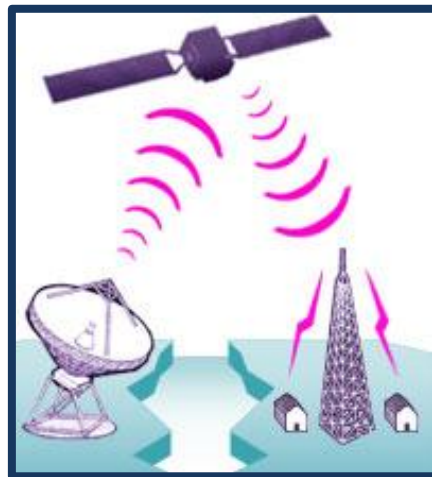
<sup>5</sup> **Banda ISM (Industrial, Scientific and Medical):** son bandas reservadas internacionalmente para uso no comercial de radiofrecuencia electromagnética en áreas industrial, científica y médica.

<sup>6</sup> **IEEE.** Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos

realiza mediante antenas las cuales irradian energía electromagnética por el medio, la transmisión puede ser direccional y omnidireccional.

En sitio web <https://docs.google.com/presentation/d/> señala lo siguiente: La transmisión de datos a través de medios no guiados presenta problemas provocados por la reflexión que sufre la señal en los distintos obstáculos existentes en los medios, lo que es importante tomar en cuenta el espectro de frecuencia de la señal transmitida que el propio medio de transmisión en sí mismo.

En la figura 5, se muestra un ejemplo de medio de transmisión no guiada a través de satélite.



*Figura 5. Medios de transmisión no guiados*

Fuente: <http://zenavane.blogspot.com/>

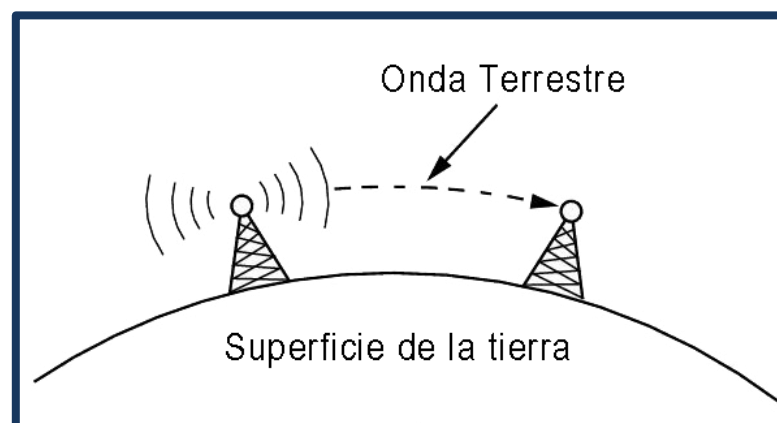
Según el rango de frecuencias de trabajo, las transmisiones no guiadas se pueden clasificar en tres tipos: radio, microondas y luz (infrarrojos/láser). Técnicamente es la atmósfera de la tierra quien provee el camino físico de datos para la mayoría de transmisiones inalámbrica, sin embargo varias formas de ondas electromagnéticas se usan para transportar señales es por eso que son referidas como medios de transmisión.



## 2.2.1 Microondas terrestres

Citando lo expuesto en el sitio <http://innovatelco.net/wireless/> Se utilizan antenas parabólicas con un diámetro aproximado de unos tres metros. Tienen una cobertura de kilómetros, pero con el inconveniente de que el emisor y el receptor deben estar perfectamente alineados. Por eso, se acostumbran a utilizar en enlaces punto a punto en distancias cortas. En este caso, la atenuación producida por la lluvia es más importante ya que se opera a una frecuencia más elevada. Las microondas comprenden las frecuencias desde 1 hasta 300 GHz.

En la figura 6. Se muestra un ejemplo de microondas terrestres.

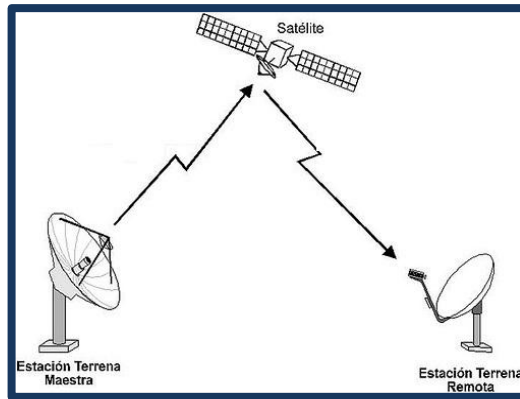


*Figura 6. Microondas terrestres*

*Fuente: Tanenbaum A, Wetherall D; Redes de computadoras (2012)*

## 2.2.2 Microondas por satélite

En la siguiente figura 7. Se puede ver un ejemplo de microondas por satélite. El satélite funciona como un espejo sobre el cual la señal rebota, su principal función es la de amplificar la señal, corregirla y retransmitirla a una o más antenas ubicadas en la tierra.



*Figura 7. Microondas*

*Fuente. redesc.wikispaces.com*

Según cita el sitio web <https://es.wikipedia.org>: Se hacen enlaces entre dos o más estaciones terrestres que se denominan estaciones base. El satélite recibe la señal en una banda de frecuencia, la amplifica y la retransmite en otra banda. Cada satélite opera en unas bandas concretas. Las fronteras frecuenciales de las microondas, tanto terrestres como por satélite, con los infrarrojos y las ondas de radio de alta frecuencia se mezclan bastante, así que pueden haber interferencias con las comunicaciones en determinadas frecuencias. (<https://es.wikipedia.org/>)

### **2.2.3 Infrarrojos**



Se enlazan transmisores y receptores que modulan la luz infrarroja no coherente. Deben estar alineados directamente o con una reflexión en una superficie. No pueden atravesar las paredes. Los infrarrojos van desde 300 GHz hasta 384 THz.

## 2.2.4 Ondas de radio



*Figura 8. Ondas de radio*

*Fuente. Propia*

Las ondas de radiofrecuencia a partir de que se generan pueden recorrer largas distancias, de modo que se pueden utilizar en la comunicación. Las ondas electromagnéticas son omnidireccionales, lo que significa que viajan en varias direcciones desde su origen.

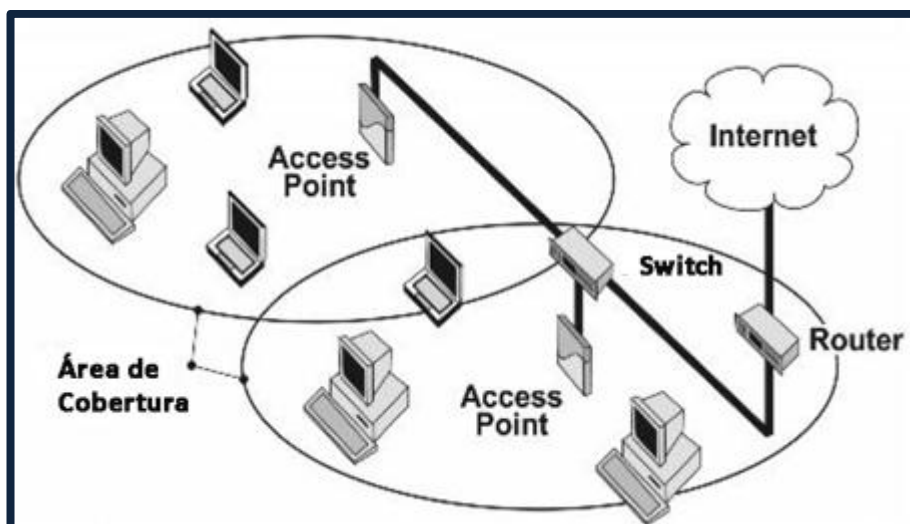
En <http://www.monografias.com/trabajos12/reina/reina.shtml> podemos encontrar lo siguiente: Las propiedades de las ondas de radio dependen de la frecuencia que utilizan, en bajas frecuencias las ondas penetran los obstáculos, pero esta potencia se reduce a medida que se aleja de la fuente. Las ondas de radio de alta frecuencia son absorbidas por la lluvia y otros obstáculos en mayor medida que las de baja frecuencia.

En las bandas VLF (Frecuencias muy bajas), LF (Frecuencias bajas) y MF (Frecuencias altas) las ondas de radio siguen la curvatura de la tierra, estas ondas se pueden detectar a 1000 km en frecuencias bajas, y a menos distancia en frecuencias más altas.

Las propiedades de las ondas de radio dependen de la frecuencia. A bajas frecuencias las ondas de radio superan bien los obstáculos, pero la potencia se reduce drásticamente a medida que se aleja de la fuente. Este comportamiento indica que las ondas de radio pueden recorrer grandes distancias y, en consecuencia, la interferencia entre usuarios es un problema. Por esta razón, los gobiernos regulan estrictamente el uso de los radiotransmisores.

Las ondas de radio son el medio que utilizan las tecnologías inalámbricas para la transmisión de sus datos.

## 2.3 Funcionamiento de las redes inalámbricas



*Figura 9. Funcionamiento de las redes inalámbricas*

Fuente. [www.monografias.com](http://www.monografias.com)

Los elementos que integran un sistema de telecomunicación son un transmisor, un medio de transmisión y un receptor. La telecomunicación puede ser punto a punto, punto a multipunto o teledifusión.

Barbecho Barbecho (2011) Tesis: Estudio, diseño e implementación de un enlace inalámbrico de largo alcance con antenas direccionales de la empresa Compufácil “La forma de trabajar de las redes sin cables de manera general es la siguiente, se utilizan ondas electromagnéticas para transportar información de un punto a otro, para este objetivo se hace uso de ondas portadoras.” Estas ondas son de una frecuencia mucho más alta que la onda moduladora (la señal que contiene la información a transmitir). La onda moduladora se acopla con la portadora, a esto se llama modulación, surgiendo una señal de radio que ocupa más de una frecuencia (un ancho de banda) debido a que la frecuencia de la primera se acopla a la de la segunda. Gracias a esto pueden existir varias portadoras simultáneamente en el mismo espacio sin interferirse, siempre y cuando se transmitan en diferentes frecuencias. El receptor se sintoniza para seleccionar una frecuencia de radio y rechazar las demás, tras esto demodulará la señal para obtener los datos originales, es decir, la onda moduladora.

Las posibles imperfecciones en un medio de transmisión son: ruido, tiempo de propagación, función de transferencia de canal no lineal, caídas súbitas de la señal, limitaciones en el ancho de banda.

Los modernos sistemas de comunicaciones tratan de evitar todos los problemas mencionados anteriormente y presentan muchas ventajas como el uso de la telefonía sobre IP, también ya no es necesario establecer medios físicos para transmitir información de un lugar a otro, esto da una ventaja en costos y también en mano obra al no tener que extender cableado.

## 2.4 Arquitectura de las redes inalámbricas

Los principales elementos que forman una red inalámbrica son los siguientes:

### 2.4.1 Punto de Acceso (AP)



*Figura 10. Punto de Acceso*

*Fuente. Propia*

Es el dispositivo que realiza el vínculo entre la red fija y la red inalámbrica, también hace gestión de la información que se transmite desde el origen y la hace llegar a su destino.

### 2.4.2 Antenas



*Figura 11. Antena sectorial*

*Fuente. Propia*

Son los dispositivos que envían y receptan a través del aire, señales de ondas electromagnéticas que contienen información dirigida al dispositivo de destino y extraen la información que llegue desde el dispositivo de origen.

Existen tres tipos de antenas las cuales son:

- ✓ Omnidireccionales.
- ✓ Direccionales.
- ✓ Sectoriales.

- **Antenas Omnidireccionales**

El sitio <http://www.34t.com/Unique/wiFiAntenas.asp> cita “Las antenas omnidireccionales son dispositivos que emiten la señal en todas direcciones, además lo hacen de una forma muy homogénea, es decir; prácticamente emiten a la misma potencia hacia todos lados.”

La ganancia típica de las antenas que se incluyen en los puntos de acceso es de 2dBi aproximadamente. A mayor ganancia mayor potencia, es decir si una antena radia mucho en una dirección, tiene que radiar poco en otras. Es por eso que una antena omnidireccional suele tener poca ganancia y es muy difícil encontrar antenas con ganancias superiores a los 8dBi.

- **Antenas Direccionales.**

Las antenas direccionales, como su nombre indica radian la mayor parte de su energía en una dirección concreta. De ese modo el patrón de radiación de una antena direccional es algo parecido a un lóbulo.

Orientan la señal en una dirección muy determinada con un haz estrecho pero de largo alcance, actúa de forma parecida a un foco de luz que emite un haz concreto y estrecho pero de forma intensa (más alcance).

A mayor ganancia, mayores distancias obtenidas, por lo que es necesario resaltar que las antenas direccionales obtienen mayor ganancia achatando el lóbulo de emisión, lo que implica que a mayor ganancia, mayor distancia pero menor ángulo de apertura.

- **Antenas Sectoriales**

Las antenas sectoriales son la combinación de las antenas omnidireccionales y las direccionales, y emiten un haz más amplio que una direccional pero no tan amplio como una omnidireccional.

La intensidad o el alcance de la antena sectorial es mayor que la omnidireccional pero algo menor que la direccional. Para tener una cobertura de  $360^\circ$  como en una antena omnidireccional y un largo alcance como una antena direccional se debe instalar tres antenas sectoriales de  $120^\circ$  ó a su vez 4 antenas sectoriales de  $80^\circ$ .

Hay que recalcar que las antenas sectoriales suelen ser más costosas que las antenas direccionales u omnidireccionales. El haz emitido o recibido por una antena tiene una abertura determinada verticalmente y otra apertura determinada horizontalmente.

En lo que concierne a la apertura horizontal, una antena omnidireccional trabajará horizontalmente en todas direcciones, es decir, su apertura es de  $360^\circ$ . Una antena direccional oscilará entre los  $0^\circ$  y los  $360^\circ$  y una antena sectorial oscilará entre los  $90^\circ$  y los  $180^\circ$ . Las antenas sectoriales pueden verse como la mezcla de las antenas direccionales y las omnidireccionales.



La apertura vertical debe ser tenida en cuenta si existe mucho desnivel entre los puntos a unir inalámbricamente. Si el desnivel es importante, la antena deberá tener mucha apertura vertical. Por lo general las antenas con mayor ganancia obtienen menos apertura vertical.

Las antenas direccionales, por lo general suelen tener las mismas aperturas verticales y horizontales.

### **2.4.3 Antena de usuario y conector pigtail**

La antena de usuario proporciona la cobertura necesaria para acceder a la red inalámbrica, el conector pigtail es un adaptador entre la antena de usuario y el la tarjeta de red del usuario.



*Figura 12. Antena de Usuario*

*Fuente. Propia*

## **2.5 Modelo OSI para redes inalámbricas**

Una necesidad primordial de un sistema de comunicaciones es el establecimiento de estándares, sin ellos sólo podrían comunicarse entre sí equipos del mismo fabricante y que usaran la misma tecnología.

La ISO (International Organisation for Standardisation) ha generado una gran variedad de estándares, siendo uno de ellos la norma ISO-7494 que define el modelo OSI<sup>7</sup>, este modelo nos ayudará a comprender mejor el funcionamiento de las redes de computadores.

El modelo OSI no garantiza la comunicación entre equipos pero pone las bases para una mejor estructuración de los protocolos de comunicación. Tampoco existe ningún sistema de comunicaciones que los siga estrictamente, siendo la familia de protocolos TCP/IP<sup>8</sup> la que más se acerca.

Wi-Fi es un estándar de protocolo de comunicaciones del IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos) que define el uso de los dos niveles más bajos de la arquitectura OSI (capa Física y capa de Enlace).

Las dos únicas capas del modelo con las que de hecho, interactúa el usuario son la primera capa, la capa Física, y la última capa, la capa de Aplicación,

La capa física abarca los aspectos físicos de la red (es decir, los cables, hubs y el resto de dispositivos que conforman el entorno físico de la red). Seguramente ya habrá interactuado más de una vez con la capa Física, por ejemplo al ajustar un cable mal conectado.

La capa de aplicación proporciona la interfaz que utiliza el usuario en su computadora para enviar mensajes de correo electrónico o ubicar un archivo en la red.

El modelo OSI describe siete niveles para facilitar los interfaces de conexión entre sistemas abiertos:

---

<sup>7</sup> OSI. Open System Interconnection. Modelo de interconexión de sistemas abiertos

<sup>8</sup> TCP/IP. Familia de protocolos de internet

*Tabla 1. Capas del Modelo OSI*

<b>NOMBRE</b>	<b>FUNCIÓN</b>
Físico	Definir el medio o medios físicos por los que va a viajar la comunicación
Enlace	Se ocupa del direccionamiento físico, de la topología de la red, del acceso a la red, de la notificación de errores, de la distribución ordenada de tramas y del control del flujo.
Red	Define la estructura de direcciones y rutas de Internet
Transporte	Su función básica es aceptar los datos enviados por las capas superiores, dividirlos en pequeñas partes si es necesario, y pasarlos a la capa de red
Sesión	Esta capa establece, gestiona y finaliza las conexiones entre usuarios (procesos o aplicaciones) finales
Presentación	El objetivo de la capa de presentación es encargarse de la representación de la información
Aplicación	Esta capa describe como hacen su trabajo los programas de aplicación (navegadores, clientes de correo, terminales remotos, transferencia de ficheros etc.

## 2.6 Características de las redes inalámbricas

### 2.6 1 Modulación Digital

La modulación engloba el conjunto de técnicas para transportar información sobre una onda portadora, típicamente una onda sinusoidal. Estas técnicas permiten un mejor aprovechamiento del canal de comunicación lo que posibilita transmitir más información en forma simultánea, protegiéndola de posibles interferencias y ruidos.

La velocidad de transmisión (tasa de transmisión de bits por segundo) depende en gran parte de la técnica de modulación, cuanto más eficientemente se codifican los datos, mayor será la velocidad de transmisión.

- **Modulación de Fase PSK.** La modulación PSK se caracteriza porque la fase de la señal portadora representa cada símbolo de información de la señal moduladora, con un valor angular que el modulador elige entre un conjunto discreto de "n" valores posibles. La modulación PSK también se denomina “por desplazamiento” debido a los saltos bruscos que la moduladora digital provoca en los correspondientes parámetros de la portadora.
- **Modulación de Amplitud en Cuadratura QAM.** Es una técnica de modulación digital avanzada que transporta datos, mediante la modulación de la señal portadora de información tanto en amplitud como en fase. Esto se consigue modulando una misma portadora, desfasando  $90^\circ$  la fase y la amplitud.
- **La Modulación por desplazamiento de frecuencia o FSK.** Es una técnica de transmisión digital de información binaria (ceros y unos)

utilizando dos frecuencias diferentes. La señal moduladora solo varía entre dos valores de tensión discretos formando un tren de pulsos donde un cero representa un "1" o "marca" y el otro representa el "0" o "espacio".

### 2.6.2 Protocolo de acceso al medio

Una de las funciones de la subcapa MAC<sup>9</sup> de la capa de Enlace de Datos de Modelo OSI es controlar el acceso al medio físico de transmisión por parte de los dispositivos que comparten el mismo canal de comunicación.

**OFDM.** Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales, es una técnica de modulación que consiste en enviar un conjunto de ondas portadoras de diferentes frecuencias, donde cada una transporta información.

**CSMA.** El método de contención más común es el CSMA (Carrier Sense Multiple Access) o en castellano Acceso Múltiple Sensible a la Portadora. Opera bajo el principio de escuchar antes de hablar, de manera similar a la radio de los taxis. El método CSMA está diseñado para redes que comparten el medio de transmisión. Cuando una estación quiere enviar datos, primero escucha el canal para ver si alguien está transmitiendo. Si la línea está desocupada, la estación transmite. Si está ocupada, espera hasta que esté libre.

**TDMA.** (Time Division Multiple Access) es una forma de acceso múltiple en la cual una sola portadora es compartida por muchos usuarios. Cuando las señales de las estaciones terrestres alcanzan el satélite, son procesadas en segmentos de tiempo sin solaparse. TDMA es usada típicamente en ambientes conmutados cuando cantidades pequeñas o moderadas de datos deben ser transferidas.

---

<sup>9</sup> **MAC.** Control de Acceso al medio

**CSMA/CD.** CSMA/CD, es el acrónimo de Carrier Sense Multiple Acces/Collision Detect. Esto quiere decir que Ethernet sensa el medio para saber cuándo puede acceder, e igualmente detecta cuando sucede una colisión (ejemplo. cuando dos equipos trasmiten al mismo tiempo).

**DAMA.** El protocolo de DAMA se utiliza para compartir ancho de banda en un modo de división del tiempo. La transmisión DAMA es usada típicamente en un ambiente empaquetado-conmutado cuando grandes cantidades de datos deben ser transferidas. DAMA es también aplicable en un ambiente de circuitos conmutados y es caracterizado generalmente por permitir a cada usuario una ranura variable de tiempo en base a la demanda o petición.

WiFi IEEE 802.11a/g: usan un sistema basado en OFDM para ofrecer ancho de banda teórico de hasta 54 Mbps. Se usan 64 frecuencias portadoras ortogonales usando modulaciones como BPSK, QPSK, 16-QAM Y 64-QAM. La versión g opera en la frecuencia de 2.4 GHz. WiMAX utiliza distintos tipos de modulación y técnicas de acceso al medio, al igual que WiFi, usa OFDM, y para adicionar movilidad OFDMA.

### **2.6.3 Calidad de servicio**

El entorno inalámbrico es muy hostil para medidas de Calidad de Servicio debido a su variabilidad con el tiempo, ya que puede mostrar una calidad nula en un cierto instante de tiempo. Esto implica que satisfacer la QoS resulta imposible para el 100% de los casos, lo que representa un serio desafío para la implementación de restricciones de máximo retardo y máxima varianza en el retardo en sistemas inalámbricos. El concepto de QoS ha sido definido dentro del proyecto europeo Medea+PlaNetS, proporcionando un término común para la evaluación de las prestaciones de las comunicaciones en red,

donde coexisten aplicaciones sin requisitos de retardo con otras aplicaciones con estrictas restricciones de máximo retardo y jitter.

## 2.6.4 Frecuencias de operación

**Banda de frecuencia.** Las bandas de frecuencia son intervalos de frecuencias del espectro electromagnético asignados a diferentes usos dentro de las radiocomunicaciones. El espacio asignado a las diferentes bandas abarca el espectro de radiofrecuencia y parte del de microondas y está dividido en sectores.

En cuanto a los radioenlaces que utilizan las tecnologías que son objeto de este estudio, la diferencia radica en que WiFi opera únicamente en las bandas de frecuencia no licenciadas 2.5 y 5 GHz.

WiMAX lo hace en bandas tanto licenciadas como no licenciadas lo que nos brinda un mayor rango de posibilidades de implementación.

- Banda de 2.5 GHz Licenciada: Se han asignado 200 MHz de espectro licenciado entre los 2.5 y 2.7 GHz.
- Banda de 3.5 GHz Licenciada: parte del espectro asignada similar a la de 2.5 GHz, en el rango 3.5 a 3.7 GHz y es válida alrededor del mundo.
- Banda de 3.5 GHz no licenciada: se ha abierto una banda adicional de 50 MHz en el rango de 3.65 a 3.70 GHz para servicios inalámbricos fijos.
- Banda de 5 GHz no licenciada: 555 MHz alojados en las bandas 5.150-5.350 GHz

## 2.6.5 Regulación del espectro radioeléctrico

Las bandas de frecuencia utilizadas mayoritariamente por las redes inalámbricas y por los equipos WiFi son las 2,4 y 5 GHz. La caracterización como uso común permite que diversos operadores o usuarios puedan utilizar de forma simultánea estas frecuencias, de acuerdo con las normas establecidas por la legislación de cada país, para mitigar las posibles interferencias entre emisiones.

En todo caso, el hecho de que sean bandas de frecuencia de uso compartido y no sea necesario disponer de licencia para operar no implica que la utilización de esta banda no esté sujeta a condiciones específicas.

La limitación de potencias máximas de emisión está orientada a buscar un equilibrio entre la cobertura de los puntos de acceso y las posibles interferencias entre emisores, la regulación limita la potencia máxima que se puede utilizar en esta banda en 100 mW de potencia isotropa radiada equivalente (PIRE).

Por el hecho de ser una banda de uso común, la banda de frecuencia de 2,4 GHz es compartida por las redes WiFi y por otras tecnologías, hecho que incrementa la posibilidad de congestión en esta banda, por tal motivo se utiliza la banda de los 5 GHz más estrictamente orientada a redes WiFi.

El espectro radioeléctrico es considerado por la Constitución de la República como un sector estratégico, por tanto, el Estado se reserva el derecho de su administración, regulación, control y gestión. Dentro de este contexto, La legislación de telecomunicaciones ecuatoriana lo define como un recurso natural limitado, perteneciente al dominio público del Estado, inalienable e imprescriptible.



## 2.6.6 Métodos de transmisión de información

WiMAX incorpora técnicas de acceso múltiple como son TDD<sup>10</sup> y FDD<sup>11</sup>, lo cual permite que la tecnología sea full-dúplex a diferencia de WiFi que es Half-dúplex.

WiFi utiliza el método conocido como CSMA/CA debido a que el mismo canal es usado tanto por el suscriptor como por el Access Point lo que ocasiona que el medio está expuesto, haciendo de éste sistema un sistema Half-dúplex. Dicho mecanismo le permite escuchar el canal antes de transmitir para verificar que esté libre y hasta que esta condición se presenta puede transmitir. Esta característica se ha mantenido en WiFi debido a que hace más accesibles los precios de los radios.

## 2.6.7 Encriptación

- **WEP (Protocolo de equivalencia con red cableada)**

WEP cifra los datos en su red de forma que sólo el destinatario deseado pueda acceder a ellos. Los cifrados de 64 y 128 bits son dos niveles de seguridad WEP. WEP codifica los datos mediante una “clave” de cifrado antes de enviarlo al aire.

Cuanto más larga sea la clave, más fuerte será el cifrado. Cualquier dispositivo de recepción deberá conocer dicha clave para descifrar los datos. Las claves se insertan como cadenas de 10 o 26 dígitos hexadecimales y 5 o 13 dígitos alfanuméricos.

- **WPA (Wi-Fi Protected Access)**

WPA emplea el cifrado de clave dinámico, lo que significa que la clave está cambiando constantemente y hacen que las incursiones en la red inalámbrica sean más

---

<sup>10</sup> **TDD.** Time-Division Duplexing. Duplexación por División de Tiempo

<sup>11</sup> **FDD.** Frequency-Division Duplexing. Frecuencia de División Duplex

difíciles que con WEP. WPA está considerado como uno de los más altos niveles de seguridad inalámbrica para su red, es el método recomendado si su dispositivo es compatible con este tipo de cifrado. Las claves se insertan como de dígitos alfanuméricos, sin restricción de longitud, en la que se recomienda utilizar caracteres especiales, números, mayúsculas y minúsculas, y palabras difíciles de asociar entre ellas o con información personal.

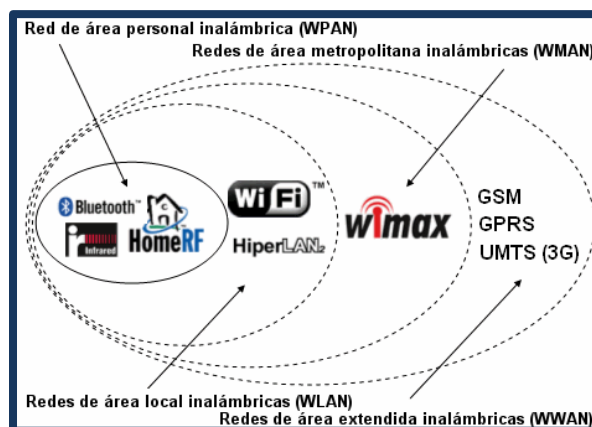
WPA2 es la segunda generación de WPA y está actualmente disponible en los AP más modernos del mercado. WPA2 no se creó para afrontar ninguna de las limitaciones de WPA, y es compatible con los productos anteriores que son compatibles con WPA. La principal diferencia entre WPA original y WPA2 es que la segunda necesita el Estándar avanzado de cifrado (AES) para el cifrado de los datos, mientras que WPA original emplea TKIP<sup>12</sup>. AES aporta la seguridad necesaria para cumplir los máximos estándares de nivel de muchas de las agencias del gobierno federal. Al igual que WPA original, WPA2 será compatible tanto con la versión para la empresa como con la doméstica.

## **2.7 Tipos de tecnologías inalámbricas**

Una red inalámbrica es como cualquier otra red de computadores, conecta computadoras a redes de computadoras pero sin la necesidad de cables. Las tecnologías inalámbricas, puede proveer acceso a otras computadoras, bases de datos, Internet, y en el caso de Wireless Lans, el hecho de no tener cables, les permite a los usuarios contar con movilidad sin perder la conexión. Según su cobertura, se pueden clasificar en diferentes tipos:

---

<sup>12</sup> **TKIP.** Temporal Key Integrity Protocol. Protocolo de Integridad de Clave Temporal



*Figura 13. Tipos de tecnologías inalámbricas*

*Fuente: es.kioskea.net*

### 2.7.1 Wireless personal area network (WPAN)

El alcance típico de este tipo de redes es de unos cuantos metros, alrededor de los 10 metros máximo. La finalidad de estas redes es comunicar cualquier dispositivo personal (ordenador, terminal móvil, PDA<sup>13</sup>, entre otros.) con sus periféricos, así como permitir una comunicación directa a corta distancia entre estos dispositivos.

### 2.7.2 Wireless metropolitan area network (WMAN)

Para redes de área metropolitana se encuentran tecnologías basadas en WiMAX Worldwide Interoperability for Microwave Access, es decir, Interoperabilidad Mundial para Acceso con Microondas, un estándar de comunicación inalámbrica basado en la norma IEEE 802.16. WiMAX es un protocolo parecido a Wi-Fi, pero con más cobertura y ancho de banda. Los bucles locales inalámbricos ofrecen una velocidad total efectiva de 1 a 10 Mbps, con un alcance de 4 a 10 kilómetros, algo muy útil para compañías de telecomunicaciones.

<sup>13</sup> PDA. Asistente Digital Personal

### 2.7.3 Wireless wide area network (WWAN)

Una WWAN difiere de una WLAN (Wireless Local Area Network) en que usa tecnologías de red celular de comunicaciones móviles como WiMAX (aunque se aplica mejor a Redes WMAN), UMTS (Universal Mobile Telecommunications System).

## 2.8 Wi-Fi



Es un conjunto de estándares para redes inalámbricas basados en las especificaciones IEEE 802.11. Wi-Fi se creó para ser utilizada en redes locales inalámbricas, pero es frecuente que en la actualidad también se utilice para acceder a Internet.

Wi-Fi es la tecnología utilizada en una red o conexión inalámbrica, para la comunicación de datos entre equipos situados dentro de una misma área (interior o exterior) de cobertura.

Conceptualmente, no existe ninguna diferencia entre una red con cables (cable coaxial, fibra óptica, entre otros.) y una inalámbrica. La diferencia está en que las redes inalámbricas transmiten y reciben datos a través de ondas electromagnéticas, lo que supone la eliminación del uso de cables y, por tanto, una total flexibilidad en las comunicaciones.

Las redes inalámbricas permiten la transmisión de datos a velocidades de 11 Mbps o incluso superiores, lo que proporciona rapidez suficiente para la mayoría de las aplicaciones.

Cuando hablamos de WIFI nos referimos a una de las tecnologías de comunicación inalámbrica mediante ondas más utilizada hoy en día. WIFI, también llamada WLAN (wireless lan, red inalámbrica) o estándar IEEE 802.11. WIFI no es una abreviatura de Wireless Fidelity, simplemente es un nombre comercial.

Los productos y redes Wi-Fi aseguran la compatibilidad efectiva entre equipos, eliminando en los clientes las dudas que puedan surgir a la hora de comprar un nuevo terminal.

El Wi-Fi no es, sin embargo, una alternativa a una red convencional, sino que es una nueva tecnología que viene a complementar a aquellas. Ambas redes (inalámbricas y de cables) ofrecen las mismas expectativas de comunicaciones (compartir periféricos, acceso a una base de datos o a ficheros compartidos, acceso a un servidor de correo, navegar a través de Internet, entre otros.).

En una red inalámbrica cada ordenador dispone de un adaptador de red inalámbrico. Estos adaptadores se conectan enviando y recibiendo ondas de radio a través de un transceptor (transmisor-receptor), que puede situarse en cualquier lugar, interior o exterior, dentro del área de cobertura, sin la preocupación del cableado.

Existen terminales WIFI que se conectan al PC por USB, pero son las tarjetas PCI (que se insertan directamente en la placa base) las recomendables, nos permite ahorrar espacio físico de trabajo y mayor rapidez.

## 2.8.1 Estándares IEEE 802.11



### •802.11a

La revisión 802.11a fue aprobada en 1999. El estándar 802.11a utiliza el mismo juego de protocolos de base que el estándar original, opera en la banda de 5 GHz con una velocidad máxima de 54 Mbit/s, lo que lo hace un estándar práctico para redes inalámbricas con velocidades reales de aproximadamente 20 Mbit/s. La velocidad de datos se reduce a 48, 36, 24, 18, 12, 9 o 6 Mbit/s en caso necesario. 802.11a tiene 12 canales sin solapa, 8 para red inalámbrica y 4 para conexiones punto a punto. No puede interoperar con equipos del estándar 802.11b, excepto si se dispone de equipos que implementen ambos estándares.

### • 802.11b

La revisión 802.11b del estándar original fue ratificada en 1999. 802.11b tiene una velocidad máxima de transmisión de 11 Mbps. El estándar 802.11b funciona en la banda de 2,4 GHz. Debido al espacio ocupado por la codificación del protocolo CSMA/CA, en

la práctica, la velocidad máxima de transmisión con este estándar es de aproximadamente 5,9 Mbits sobre TCP y 7,1 Mbit/s sobre UDP<sup>14</sup>.

- **802.11 c**

Es menos usado que los primeros dos, pero por la implementación que este protocolo refleja. El protocolo 'c' es utilizado para la comunicación de dos redes distintas o de diferentes tipos, así como puede ser tanto conectar dos edificios distantes el uno con el otro, así como conectar dos redes de diferente tipo a través de una conexión inalámbrica. El protocolo 'c' es más utilizado diariamente, debido al costo que implica las largas distancias de instalación con fibra óptica, que aunque más fidedigna, resulta más costosa tanto en instrumentos monetarios como en tiempo de instalación.

- **802.11d**

Es un complemento del estándar 802.11 que está pensado para permitir el uso internacional de las redes 802.11 locales. Permite que distintos dispositivos intercambien información en rangos de frecuencia según lo que se permite en el país de origen del dispositivo móvil.

- **802.11e**

La especificación IEEE 802.11e ofrece un estándar inalámbrico que permite interoperar entre entornos públicos, de negocios y usuarios residenciales, con la capacidad añadida de resolver las necesidades de cada sector. A diferencia de otras iniciativas de conectividad sin cables, ésta puede considerarse como uno de los primeros estándares inalámbricos que permite trabajar en entornos domésticos y empresariales. La

---

<sup>14</sup> UDP. User Datagram Protocol

especificación añade, respecto de los estándares 802.11b y 802.11a, características de QoS y de soporte multimedia, a la vez que mantiene compatibilidad con ellos. El documento que establece las directrices de QoS, aprobado el pasado mes de noviembre, define los primeros indicios sobre cómo será la especificación que aparecerá a finales de 2001. Incluye, asimismo, corrección de errores y cubre las interfaces de adaptación de audio y vídeo con la finalidad de mejorar el control e integración en capas de aquellos mecanismos que se encarguen de gestionar redes de menor rango.

El sistema de gestión centralizado integrado en QoS evita la colisión y cuellos de botella, mejorando la capacidad de entrega en tiempo crítico de las cargas. Estas directrices aún no han sido aprobadas. Con el estándar 802.11, la tecnología IEEE 802.11 soporta tráfico en tiempo real en todo tipo de entornos y situaciones. Las aplicaciones en tiempo real son ahora una realidad por las garantías de Calidad de Servicio (QoS) proporcionado por el 802.11e. El objetivo del nuevo estándar 802.11e es introducir nuevos mecanismos a nivel de capa MAC para soportar los servicios que requieren garantías de Calidad de Servicio.

- **802.11f**

Es una recomendación para proveedores de puntos de acceso que permite que los productos sean más compatibles. Utiliza el protocolo IAPP (Protocolo de Inter -Access Point) que le permite a un usuario itinerante cambiarse claramente de un punto de acceso a otro mientras está en movimiento sin importar qué marcas de puntos de acceso se usan en la infraestructura de la red. También se conoce a esta propiedad simplemente como itinerancia. Estándar que define una práctica recomendada de uso sobre el intercambio de información entre el AP y el TR en el momento del registro a la red.



- **802.11g**

En junio de 2003, se ratificó un tercer estándar de modulación: 802.11g, que es la evolución de 802.11b. Este utiliza la banda de 2,4 Ghz (al igual que 802.11b) pero opera a una velocidad teórica máxima de 54 Mbit/s, que en promedio es de 22,0 Mbit/s de velocidad real de transferencia, similar a la del estándar 802.11a. Es compatible con el estándar b y utiliza las mismas frecuencias. Buena parte del proceso de diseño del nuevo estándar lo tomó el hacer compatibles ambos modelos. Sin embargo, en redes bajo el estándar g la presencia de nodos bajo el estándar b reduce significativamente la velocidad de transmisión.

Los equipos que trabajan bajo el estándar 802.11g llegaron al mercado muy rápidamente, incluso antes de su ratificación que fue dada aproximadamente el 20 de junio del 2003. Esto se debió en parte a que para construir equipos bajo este nuevo estándar se podían adaptar los ya diseñados para el estándar b.

Existe una variante llamada 802.11g+ capaz de alcanzar los 108 Mbps de tasa de transferencia. Generalmente sólo funciona en equipos del mismo fabricante ya que utiliza protocolos propietarios.

- **802.11h**

La especificación 802.11h es una modificación sobre el estándar 802.11 para WLAN desarrollado por el grupo de trabajo 11 del comité de estándares LAN/MAN del IEEE (IEEE 802) y que se hizo público en octubre de 2003. 802.11h intenta resolver problemas derivados de la coexistencia de las redes 802.11 con sistemas de Radar o Satélite.

El desarrollo del 802.11h sigue unas recomendaciones hechas por la ITU <sup>15</sup> que fueron motivadas principalmente a raíz de los requerimientos que la Oficina Europea de Radiocomunicaciones (ERO) estimó convenientes para minimizar el impacto de abrir la banda de 5 GHz, utilizada generalmente por sistemas militares, a aplicaciones ISM.

Con el fin de respetar estos requerimientos, 802.11h proporciona a las redes 802.11a la capacidad de gestionar dinámicamente tanto la frecuencia, como la potencia de transmisión.

- **802.11i**

Está dirigido a batir la vulnerabilidad actual en la seguridad para protocolos de autenticación y de codificación. El estándar abarca los protocolos 802.1x, TKIP (Protocolo de Claves Integra – Seguras – Temporales), y AES (Estándar de Cifrado Avanzado). Se implementa en WPA2.

- **802.11k**

Permite a los conmutadores y puntos de acceso inalámbricos calcular y valorar los recursos de radiofrecuencia de los clientes de una red WLAN, mejorando así su gestión. Está diseñado para ser implementado en software, para soportarlo el equipamiento WLAN sólo requiere ser actualizado. Y, como es lógico, para que el estándar sea efectivo, han de ser compatibles tanto los clientes (adaptadores y tarjetas WLAN) como la infraestructura (puntos de acceso y conmutadores WLAN). IEEE 802.11k y 802.11r son estándares de la industria que permiten transiciones sin fisuras conjunto de servicios básicos (BSS) en el entorno WLAN. El estándar 802.11k proporciona información para descubrir el mejor punto de acceso disponible.

---

<sup>15</sup> ITU. Unión Internacional de Telecomunicaciones

- **802.11n**

En enero de 2004, el IEEE anunció la formación de un grupo de trabajo 802.11 para desarrollar una nueva revisión del estándar 802.11. La velocidad real de transmisión podría llegar a los 300 Mbps (lo que significa que las velocidades teóricas de transmisión serían aún mayores), y debería ser hasta 10 veces más rápida que una red bajo los estándares 802.11a y 802.11g, y unas 40 veces más rápida que una red bajo el estándar 802.11b. También se espera que el alcance de operación de las redes sea mayor con este nuevo estándar gracias a la tecnología MIMO Multiple Input – Multiple Output, que permite utilizar varios canales a la vez para enviar y recibir datos gracias a la incorporación de varias antenas. Existen también otras propuestas alternativas que podrán ser consideradas. A diferencia de las otras versiones de Wi-Fi, 802.11n puede trabajar en dos bandas de frecuencias: 2,4 GHz (la que emplean 802.11b y 802.11g) y 5 GHz (la que usa 802.11a). Gracias a ello, 802.11n es compatible con dispositivos basados en todas las ediciones anteriores de Wi-Fi. Además, es útil que trabaje en la banda de 5 GHz, ya que está menos congestionada y en 802.11n permite alcanzar un mayor rendimiento.

El estándar 802.11n fue ratificado por la organización IEEE el 11 de septiembre de 2009 con una velocidad de 600 Mbps en capa física.

En la actualidad la mayoría de productos son de la especificación b o g , sin embargo ya se ha ratificado el estándar 802.11n que sube el límite teórico hasta los 600 Mbps. Actualmente ya existen varios productos que cumplen el estándar N con un máximo de 300 Mbps (80-100 estables).

El estándar 802.11n hace uso simultáneo de ambas bandas, 2,4 Ghz y 5 Ghz. Las redes que trabajan bajo los estándares 802.11b y 802.11g, tras la reciente ratificación del

estándar, se empiezan a fabricar de forma masiva y es objeto de promociones por parte de los distintos ISP, de forma que la masificación de la citada tecnología parece estar en camino. Todas las versiones de 802.11xx, aportan la ventaja de ser compatibles entre sí, de forma que el usuario no necesitará nada más que su adaptador wifi integrado, para poder conectarse a la red.

Sin duda esta es la principal ventaja que diferencia wifi de otras tecnologías propietarias, como LTE<sup>16</sup>, UMTS<sup>17</sup> y Wimax, las tres tecnologías mencionadas, únicamente están accesibles a los usuarios mediante la suscripción a los servicios de un operador que está autorizado para uso de espectro radioeléctrico, mediante concesión de ámbito nacional.

La mayor parte de los fabricantes ya incorpora a sus líneas de producción equipos wifi 802.11n, por este motivo la oferta ADSL<sup>18</sup>, ya suele venir acompañada de wifi 802.11n, como novedad en el mercado de usuario doméstico.

Se conoce que el futuro estándar sustituto de 802.11n será 802.11ac con tasas de transferencia superiores a 1 Gb/s.

- **802.11p**

Este estándar opera en el espectro de frecuencias de 5,90 GHz y de 6,20 GHz, especialmente indicado para automóviles. Será la base de las comunicaciones dedicadas de corto alcance (DSRC) en Norteamérica. La tecnología DSRC permitirá el intercambio de datos entre vehículos y entre automóviles e infraestructuras en carretera.

---

<sup>16</sup> **LTE.** Evolución a largo Plazo

<sup>17</sup> **UMTS.** Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles

<sup>18</sup> **ADSL.** Línea de abonado digital asimétrica

- **802.11r**

También se conoce como Fast Basic Service Set Transition, y su principal característica es permitir a la red que establezca los protocolos de seguridad que identifican a un dispositivo en el nuevo punto de acceso antes de que abandone el actual y se pase a él. Esta función, que una vez enunciada parece obvia e indispensable en un sistema de datos inalámbricos, permite que la transición entre nodos demore menos de 50 milisegundos. Un lapso de tiempo de esa magnitud es lo suficientemente corto como para mantener una comunicación vía VoIP<sup>19</sup> sin que haya cortes perceptibles.

- **802.11v**

IEEE 802.11v servirá para permitir la configuración remota de los dispositivos cliente. Esto permitirá una gestión de las estaciones de forma centralizada (similar a una red celular) o distribuida, a través de un mecanismo de capa 2. Esto incluye, por ejemplo, la capacidad de la red para supervisar, configurar y actualizar las estaciones cliente. Además de la mejora de la gestión, las nuevas capacidades proporcionadas por el 802.11v se desglosan en cuatro categorías: mecanismos de ahorro de energía con dispositivos de mano VoIP; posicionamiento, para proporcionar nuevos servicios dependientes de la ubicación; temporización, para soportar aplicaciones que requieren un calibrado muy preciso; y coexistencia, que reúne mecanismos para reducir la interferencia entre diferentes tecnologías en un mismo dispositivo.

- **802.11ac**

El protocolo 802.11ac permite velocidades de al menos 1.000 Mbps en la banda de los 5 gigahercios. Además, el alcance de cobertura es ampliamente superior a otras

---

<sup>19</sup> VoIP. Voz sobre protocolo de Internet

versiones, de modo que llega hasta un máximo de 90-100 metros mediante el uso de tres antenas internas, suficiente como para cubrir toda el área de una casa de forma aceptable, utilizando dispositivos de la potencia reglamentaria.

El estándar consiste en mejorar las tasas de transferencia hasta 1 Gbit/s dentro de la banda de 5 GHz, ampliar el ancho de banda hasta 160 MHz (40 Mhz en las redes 802.11n), hasta 8 flujos MIMO con una modulación de alta densidad.

## **2.8 Tecnología Wimax: 802.16x**



El WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) fue diseñado como alternativa para dos grandes aplicaciones, las dos propias de operadores de telecomunicaciones, y no de usuarios finales. Con exactitud, WiMAX es la denominación comercial que el Foro WiMax le da a dispositivos que cumplen con el estándar IEEE 802.16, para garantizar un alto nivel de interoperabilidad entre estos dispositivos. WiMAX es una tecnología adecuada para dar un servicio de acceso fijo; es decir, puede utilizarse como sustituto de la red de acceso fija (DSL y cable), especialmente en entornos rurales, donde el despliegue de redes de cable resulta demasiado costoso y los radioenlaces punto – multipunto se presentan como una alternativa más barata.

Por lo tanto, si las aplicaciones están orientadas a operadores de telecomunicaciones, no tiene sentido utilizar bandas de frecuencias no reguladas y por lo tanto susceptibles de interferencias. Es también por eso que el estándar incluye

mecanismos de seguridad y QoS, ya que estos son requisitos obligatorios para un servicio que quiere ser de categoría comercial.

El objetivo de WiMAX es proporcionar acceso a Internet de alta velocidad en un rango de cobertura de varios kilómetros de radio. En teoría, WiMAX proporciona velocidades de aproximadamente 70 Mbps en un rango de 50 kilómetros. El estándar WiMAX tiene la ventaja de permitir conexiones inalámbricas entre un transceptor de la estación base (BTS) y miles de abonados sin que éstos tengan que estar en línea de visibilidad (LOS) directa con esa estación. Esta tecnología se denomina NLOS que significa sin línea de visibilidad. En realidad, WiMAX sólo puede eludir obstáculos pequeños, como árboles o una casa y no puede atravesar montañas ni edificios altos. Cuando se presentan obstáculos, el rendimiento total real puede ser inferior a 20 Mbps.

Uno de los usos posibles de WiMAX consiste en brindar cobertura en la llamada área de última milla, es decir, proveer acceso a Internet de alta velocidad en áreas que las tecnologías por cable normales no cubre (como ser DSL, cable o líneas dedicadas).

Otra posibilidad es utilizar WiMAX como una red de retorno entre dos redes inalámbricas locales, como aquellas que usan el estándar WiFi. En última instancia, WiMAX permitirá que dos puntos de acceso se conecten para crear una red en malla.

WiMAX se fundamenta en el estándar IEEE 802.16d-2004/IEEE 802.16e-2005, entre las características que lo convierten en el candidato ideal para ser la red de acceso para sistemas de tercera y cuarta generación. El estándar IEEE 802.16 provee algunas características opcionales y una estructura de señalización que permite el uso de sistemas de múltiple antena.



*Figura 14. Ejemplo de red WIMAX*

*Fuente. <https://hackinglinux.wordpress.com/>*

### **2.9.1 Wimax fijo: 802.16d**

WiMAX (802.16d), es el que se establece un enlace de radio entre la estación base y un equipo de usuario situado en el domicilio del usuario. Para el entorno fijo, las velocidades teóricas máximas que se pueden obtener son de 70 Mbit/s con un ancho de banda de 20 MHz. Sin embargo, en entornos reales se han conseguido velocidades de 20 Mbit/s con radios de célula de hasta 6 km, ancho de banda que es compartido por todos los usuarios de la célula.

WiMAX fijo funciona en las bandas de frecuencia 2.5 GHz y 3.5 GHz, para las que se necesita una licencia, y en la banda 5.8 GHz para la que no se necesita tenerla.

Lo más importante de la tecnología WiMAX es el transceptor de la estación base, una antena central que se comunica con las antenas de los abonados. El término enlace punto a multipunto se utiliza para describir el método de comunicación de WiMAX.

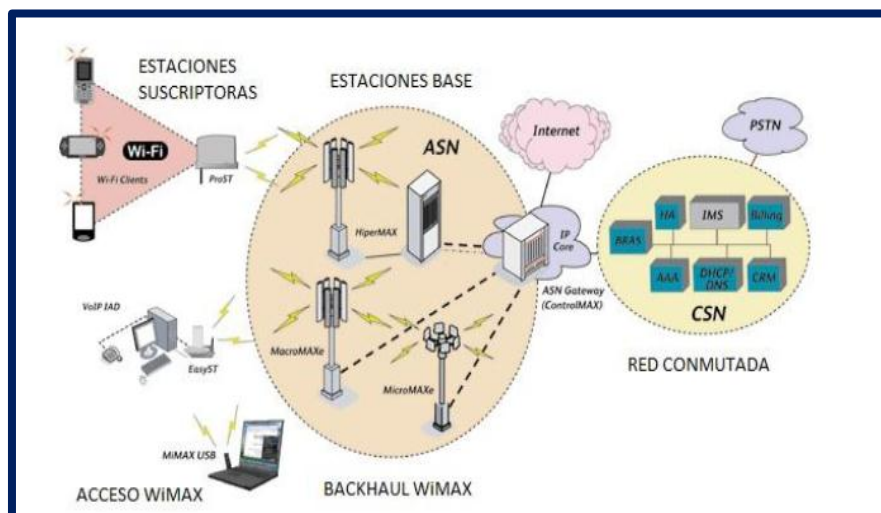


## 2.9.2 Wimax móvil: 802.16e

WiMAX móvil muestra una serie de características que lo hacen ideal para el despliegue en zonas rurales y en países en vías de desarrollo. WiMAX (802.16e), permite que los equipos móviles de los clientes se conecten a Internet, permite el desplazamiento del usuario de un modo similar al que se puede dar en GSM/UMTS, el móvil, aun no se encuentra desarrollado y actualmente compite con las tecnologías LTE, por ser la alternativa para las operadoras de telecomunicaciones que apuestan por los servicios en movilidad, este estándar, en su variante «no licenciado», compite con el WiFi IEEE 802.11n, ya que la mayoría de los portátiles y dispositivos móviles, empiezan a estar dotados de este tipo de conectividad (principalmente de la firma Intel).

## 2.9.3 Componentes de una red Wimax

La Red de Acceso bajo la tecnología WiMAX que se plantea como diseño está compuesta por los siguientes elementos:



*Figura 15. Elementos Red WIMAX*

*Fuente. <http://www.airspan.com>*

- **Estación Base**

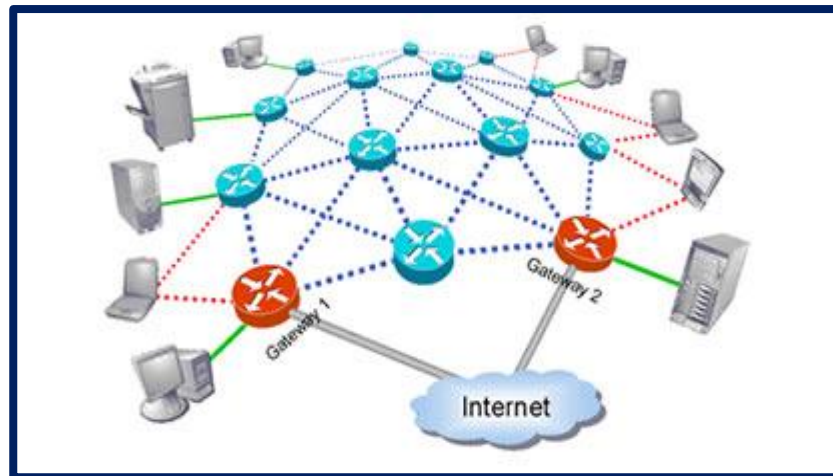
Dispositivo encargado de transmitir y recibir la información de y hacia las estaciones subscriptoras dentro de su zona de cobertura. Controla y Asigna el ancho de banda a cada estación subscriptora. Por lo general está constituida por tres grupos de una o varias Antenas equidistantes soportadas por un mástil; dichos grupos permiten obtener varios caminos radioeléctricos que posibilitarían una mejor captación de las señales electromagnéticas que transportan la información.

- **Estación Suscriptora**

Llamadas así a aquellos dispositivos terminales que se encuentran en el lado del cliente o también llamado suscriptor, estas pueden ser equipos para exteriores o interiores, equipos como un módem DSL o inclusive del tamaño de una PC o una portátil; pero debido al acelerado crecimiento de Redes bajo la tecnología WiMAX, en la actualidad existen dispositivos totalmente portables; a continuación se enlista dos tipos más representativos de estaciones suscriptoras:

- **CPE** (Equipo proporcionado al Cliente, por sus siglas en inglés): Equipo de Telecomunicaciones usado en interiores o exteriores, encargado de originar, encaminar o terminar una transmisión de información ya sean datos, voz o video.
- **TARJETA PCMCIA** (Asociación Internacional de tarjetas de memoria de computadora personal, por sus siglas en inglés): Es un dispositivo diseñado bajo el estándar PCMCIA para computadores portátiles con el fin de ampliar la capacidad y funcionalidad de los mismos.

## 2.10 Red Inalámbrica Mesh: 802.11s



*Figura 16. Red Inalámbrica Mesh*

*Fuente. [blog-del-linformatico.blogspot.com](http://blog-del-linformatico.blogspot.com)*

Las redes inalámbricas malladas son redes con topología de infraestructura pero que permiten unirse a la red a dispositivos que a pesar de estar fuera del rango de cobertura de los puntos de acceso están dentro del rango de cobertura de alguna tarjeta de red, que directamente o indirectamente está dentro del rango de cobertura de un punto de acceso.

Permiten que las tarjetas de red se comuniquen entre sí, independientemente del punto de acceso. Esto quiere decir que los dispositivos que actúan como tarjeta de red pueden no mandar directamente sus paquetes al punto de acceso sino que pueden pasárselos a otras tarjetas de red para que lleguen a su destino.

Para que esto sea posible es necesario el contar con un protocolo de enrutamiento que permita transmitir la información hasta su destino con el mínimo número de saltos o con un número que aun no siendo el mínimo sea suficientemente bueno. Es resistente a fallos, pues la caída de un solo nodo no implica la caída de toda la red.

La tecnología mallada siempre depende de otras tecnologías complementarias, para el establecimiento de backhaul debido a que los saltos entre nodos, provoca retardos que se van añadiendo uno tras otro, de forma que los servicios sensibles al retardo, como la telefonía IP, no sean viables.

La utilización de Wimax 5,4 GHz puede ser una solución de backhaul, aceptable para fortalecer el alcance de la red mallada, pero en muchos casos supone la renuncia a la banda 5,4 GHz, para dar accesos a usuarios.

Utilizando tecnologías licenciadas (por ejemplo 802.16, en la banda de 3,5 GHz), para la creación del backhaul, es posible ofrecer accesos a los usuarios en 2,4 GHz y en 5,4GHz. Esto posibilita que los usuarios dispongan del 80% más de canales libres, aumentando el número de usuarios concurrentes en un 60-80%.

### **2.10.1 Ventajas de las redes Mesh**

- La red inalámbrica se forma automáticamente una vez que los nodos de la malla se han configurado y activado.
- La tolerancia a fallos si existen rutas redundantes en la red, el flujo de información no se interrumpe en el resto de la red cuando un nodo falla. La red de forma dinámica redirige la información a través de la ruta disponible.
- La auto-sanación una vez restaurado, un nodo vuelve a unirse a la red de malla sin problemas.
- Costo incremental de la red con la adición de un nodo adicional. El costo marginal de expansión es bajo para ese nodo, sin embargo el alcance y el valor de la red es mayor.

- Cada nodo es un usuario de los servicios de la red y a la vez un repetidor a sus vecinos

### **2.10.2 Funcionamiento de las redes inalámbricas en malla**

Una red en malla está compuesta por una colección de nodos que se comunican entre sí de manera directa. Si no existe una entidad central que los controle, el modo de operación se conoce como Distribuido, pero puede existir una entidad central que administre las condiciones de operación de la red, en cuyo caso se conoce como Centralizado.

Un aspecto fundamental del funcionamiento de las redes en malla, es que la comunicación entre un nodo y cualquier otro puede ir más allá del rango de cobertura de cualquier nodo individual. Esto se logra haciendo un enrutamiento multisalto; es decir, que si un par de nodos desean comunicarse entre sí, pueden hacerlo a través de nodos intermedios presentes en la ruta. Esto es importante si se compara con las redes inalámbricas tradicionales, donde los nodos deben de estar dentro del rango de cobertura de la estación base y sólo se pueden comunicar con otros nodos mediante los Access Point, que a su vez necesitan de una red cableada para comunicarse entre sí.

Con las redes en malla, la conexión directa a la estación base no es una limitación, ya que existe un nodo central con conexión a Internet llamado Gateway. En esta red mallada cada nodo no sólo opera como un host, sino también como un router, retransmitiendo los paquetes en nombre de otros nodos que no se encuentren dentro del rango de transmisión de la Gateway. La malla está relacionada sobre todo con las redes WLAN (exteriores) de ciudad y con las redes de interiores donde no hay cables Ethernet disponibles.

## **2.11 Proveedor de Servicios de Internet Inalámbrico (WIPS)**

Se llama así a los proveedores de servicios de Internet que brindan sus servicios de acceso a Internet a través de radioenlaces de tal forma que los usuarios se conectan a un nodo principal por medio de determinados puntos de acceso, utilizando diferentes tecnologías como Wi-Fi, Wimax, entre otras.

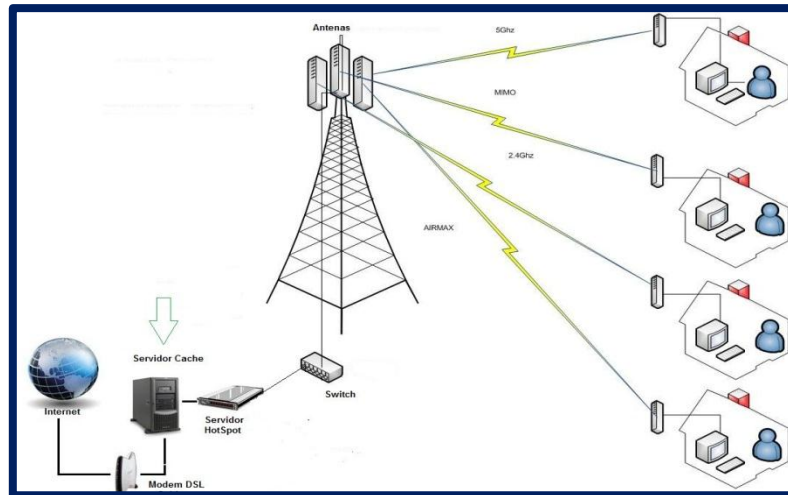
La red ISP inalámbrica trabaja en forma bidireccional, donde la estación del abonado y la estación multipunto central envían y reciben datos.

El usuario se conecta a través de un radio enlace con el nodo principal del ISP, utilizando el protocolo TCP/IP, esto quiere decir que cada abonado tendrá una dirección IP del ISP, para realizar esta conexión se utiliza el protocolo TCP/IP, para el transmisor y para el receptor, por lo tanto cada cliente dispondrá de una dirección IP.

### **2.11.1 Infraestructura básica de un Proveedor de Internet Inalámbrico (WISP)**

La estructura interna en un ISP Inalámbrico, se compone de equipos servidores, equipos de transporte, equipos de administración, equipos de monitoreo y equipos de acceso que le permiten brindar el servicio de acceso al Internet.

Un Proveedor de Servicios de Internet es un sistema de red de Área Metropolitana, cuyo propósito es conectar a sus clientes a la Internet. Se usan enlaces de datos de alta velocidad para proveer acceso a Internet mediante enlaces inalámbricos punto a punto y punto multipunto a residencias compañías escuelas entre otras. El sistema ISP es un servicio bidireccional donde ambos el cliente y el nodo central están enviando y recibiendo datos.



*Figura 17. Estructura de un WISP*

*Fuente. <https://www.posible.org.mx/>*

La infraestructura de un ISP se la puede estructurar en cinco partes, que son: red troncal, red de servidores, Red backbone, red de concentración y red de acceso.

- **Red Troncal**

Es la red que conecta al WIPS con el proveedor de Internet que normalmente suele ser un ISP más grande o una empresa portadora del servicio de internet. El ISP se conecta al Internet por medio de uno o varios enlaces de fibra, microonda, enlaces satelitales, entre otros.

- **Red de Servidores del ISP**

Un ISP puede tener una o varias redes LAN que consiste en la conexión de la red de servidores de aplicaciones que tiene el WISP, de acuerdo a los servicios que presta a los usuarios, ya pueden ser estos DNS<sup>20</sup>, Correo electrónico, Web, FTP<sup>21</sup>, DHCP<sup>22</sup>. La

<sup>20</sup> **DNS.** Sistema de Nombres de Dominio

<sup>21</sup> **FTP.** Protocolo de Transferencia de Archivos

<sup>22</sup> **DHCP.** Protocolo de Configuración Dinámica de Host

red de servidores también incluye servidores de administración, monitoreo y gestión de red.

- **Red de Backbone del ISP**

Esta red se sitúa entre la red de servidores y la red de concentración, permite establecer conexiones desde el emplazamiento principal del ISP hasta los POP (puntos de presencia del proveedor), para crear estas conexiones los WIPS utilizan enlaces punto a punto de alta velocidad.

- **Red de Concentración**

Se encarga de agregar las conexiones de los abonados a los nodos o puntos de presencia del proveedor (POP). Dentro del POP, en el nivel de concentración se tiene dos tipos de routers de concentración, unos dedicados a la concentración de clientes conmutados y otros dedicados a la concentración de clientes dedicados.

- **Red de Acceso**

La red de acceso es la que conecta al usuario directamente con la red, donde los únicos dispositivos de red más allá de la capa de acceso pueden ser teléfonos IP, puntos de acceso inalámbrico u otros en las instalaciones del cliente. La red de acceso clasifica a los usuarios en dos grupos como son los clientes corporativos y residenciales.

### **2.11.2 Requerimientos generales de una red ISP**

Independientemente de los requerimientos específicos para el diseño de una red, la red de un ISP debe contemplar dentro de su diseño los siguientes requisitos:



**Funcionalidad:** Esto se refiere a que la red debe ser funcional, debe permitir que los usuarios cumplan con sus requerimientos de trabajo, debe proveer conectividad entre usuarios como entre aplicaciones a una velocidad razonable.

**Escalabilidad:** La red debe ser capaz de crecer, es decir que debe soportar un incremento en usuarios y aplicaciones sin mayores cambios significativos del diseño original.

**Adaptabilidad:** La red debe ser diseñada con la idea de tecnologías futuras, además no debe incluir elementos que limiten la implementación de nuevas tecnologías mientras se hacen disponibles.

**Administrabilidad:** El diseño debe permitir el monitoreo y administración para asegurar la estabilidad.

**Seguridad:** La red debe en lo posible permitir que la información de los usuarios este segura, que no sea alterada o suplantada y debe garantizar a los usuarios la confidencialidad.

## **2.12 Servicios de valor agregado (SVA) en el Ecuador**

Los servicios de valor agregado en Ecuador según la ARCOTEL se refiere a aquellos que utilizan servicios finales de telecomunicaciones y/o servicios portadores de telecomunicaciones para llegar a sus usuarios finales, e incorporan aplicaciones que permiten transformar el contenido de la información transmitida. Esta transformación puede incluir un cambio neto entre los puntos extremos de la transmisión en el código, protocolo o formato de la información. Ejemplo de servicio de valor agregado es el acceso a Internet.

### **2.12.1 Requerimientos para operar SVA en Ecuador**

El título habilitante para la instalación, operación y prestación servicio de valor agregado es el Permiso, otorgado por la Secretaría de Telecomunicaciones, previa autorización de la ARCOTEL.

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

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

Los solicitantes cuyos medios de transmisión incluyan el uso de espectro radioeléctrico, deberán solicitar el título habilitante que requieran, según la normativa vigente. La concesión para el uso de frecuencias se tramitará conjuntamente con el permiso para la prestación de servicios de valor agregado o posteriormente según las necesidades del permisionario.

## CAPÍTULO III: Análisis de las Tecnologías

Las tecnologías que van a ser objeto de esta comparativa son las siguientes:

- 802.11 x
- 802.16 d
- 802.11 s

### 3.1 Antecedentes

#### 3.1.1 Datos generales de la ciudad Ibarra

A continuación presentamos datos importantes sobre la ciudad para poder iniciar el diseño del Proveedor de Servicio de Internet Inalámbrico.

Ubicación: 15 Km. al Noreste de Quito, 125 Km. al Sur de Tulcán.

Altura: 2225 metros sobre el nivel del mar.

Clima: Templado Seco.

Temperatura promedio: 18° Celsius

Región: Sierra.

Población: 131.856 (2010) habitantes

Coordenadas Geográficas:

Latitud: N 0° 20' / N 0° 30' y Longitud: W 78° 15' / W 78° 0'

El sector El Retorno es un barrio residencial ubicado al sur de la ciudad de Ibarra, actualmente tiene una población aproximada de 1500 familias que habitan en este barrio, dando un total aproximado de 4500 usuarios tomando como base un promedio de 3

personas por familia, también se encuentran ubicadas pequeñas empresas e instituciones educativas.

### 3.1.2 Ubicación del Centro de Operaciones de red

El sistema nervioso de la red se localizará en un punto estratégico del área escogida, en la siguiente figura se muestra la ubicación del punto central donde se implementará el centro de operaciones del WISP.

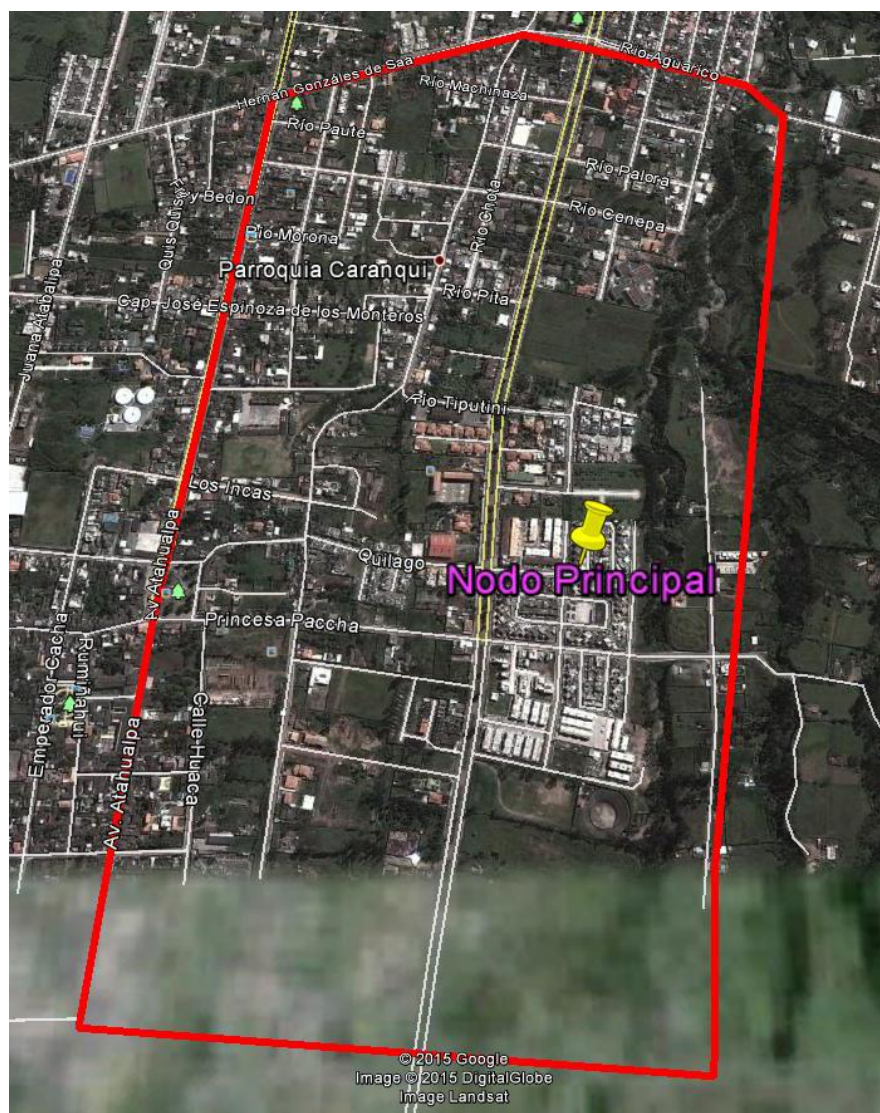


Figura 18. Zona de Cobertura. Nodo principal

Fuente. Google Earth

Desde este punto se puede tener línea de vista hacia todos los sectores que conforman el polígono que deseamos cubrir, ya que el inmueble tiene una altura de 6 metros y se debe tomar en cuenta que además se ubicará una torre de 3 metros en la terraza.

Coordenadas geográficas del Centro de Operaciones de Red

Latitud 0°19'19.20"N

Longitud 78° 7'3.99"O

### 3.1.3 Zona de cobertura

Es fundamental realizar un estudio del entorno de los lugares escogidos en el presente proyecto, para determinar parámetros topográficos y alcance, los mismos que serán de gran utilidad en el diseño de la red y la selección de equipos.

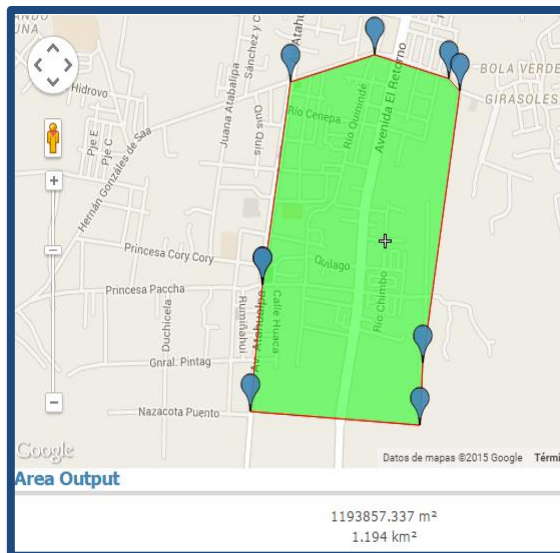


Figura 19. Superficie que debe cubrir la infraestructura del ISP

Fuente. Propia

Con la ayuda de la herramienta Google Earth se ha analizado los datos obtenidos respecto a las distancia de los diferentes puntos del polígono se puede concluir que el punto más alejado desde el nodo principal es de 900 metros, dentro de un área total de 1,194 Km<sup>2</sup>.

## **3.2 Requerimientos de la red ISP**

### **3.2.1 Requerimientos de usuario**

**DISPONIBILIDAD.** Desde el punto de vista del usuario se requiere garantizar el acceso a la red de Internet en un 98 % dentro del tiempo de uso del cliente.

**ADAPTABILIDAD.** La red deberá tener la capacidad de adaptarse a los cambios de acuerdo a los objetivos de la empresa, y al posible aumento de clientes.

**SEGURIDAD.** La red debe garantizar la entrega y recepción de la información con integridad y autenticidad.

**CRECIMIENTO.** Define la cantidad de posibles usuarios de la red ISP, y la expansión a futuro de los mismos.

**REQUERIMIENTOS DE APLICACIONES.** La red debe tener la capacidad de ejecutar en óptimas condiciones aplicaciones para Navegación Web, Videoconferencia, aplicaciones de correo electrónico.

### **3.2.2 Rango y cobertura**

Tomando en cuenta los datos técnicos recolectados del área donde se pretende implementar la infraestructura de la red ISP se necesita cubrir una área de 1.9 Km<sup>2</sup>,

IEEE 802.11 es un protocolo para LAN inalámbrica (uso interior) que fue diseñado para operar en pequeñas celdas (hasta 100 metros). El método de acceso en IEEE 802.11 (CSMA/CA) supone que todos los nodos que se están comunicando con el punto de acceso pueden “oírse” entre sí y se basa en esto para evitar colisiones. Las colisiones en IEEE 802.11 pueden ser evitadas si todos los nodos pueden detectar con eficacia si se ocupa el canal o no. Desafortunadamente, este requerimiento no siempre puede ser satisfecho cuando se implementa el IEEE 802.11 en ambientes abiertos.

Cuando más de 10 estaciones están asociadas al mismo punto de acceso y la tasa de colisiones aumenta, los tiempos de espera para el acceso al medio y las retransmisiones introducen demoras considerables que disminuyen el rendimiento efectivo. IEEE 802.11 funciona mal cuando muchos usuarios son asociados a un punto de acceso en un ambiente exterior.

Por el contrario, IEEE 802.16 fue creado para ser una solución MAN inalámbrica y fue diseñado como una solución para exteriores desde el principio. IEEE 802.16 está diseñado para operar en un tamaño de celda típico de 7 a 10 kilómetros y puede manejar distancias de hasta 50 kilómetros. DAMA-TDMA usa el mismo principio que las redes de satelitales donde las estaciones clientes no pueden “escucharse” entre sí. Para operar mejor en ambientes donde no hay línea de vista (NLOS), IEEE 802.16 incluye una modulación más compleja basada en OFDM lo que le confiere un mejor rendimiento en ausencia de línea de vista. IEEE 802.16 puede tolerar 10 veces más retardo de multitrayectoria que 802.11. IEEE 802.16 puede hacer un uso mejor de los recursos disponibles en el aire puesto que la estación base adjudica ranuras de tiempo a los suscriptores usando algoritmo de programación dinámica. El número de suscriptores no afecta al número de colisiones ni la retransmisión de paquetes.

Las posibilidades en IEEE 802.16 para dedicar un cierto ancho de banda a un suscriptor en términos de TDMA, sin preocuparse sobre “nodos ocultos”, permite la introducción de antenas inteligentes. Una antena inteligente combina múltiples elementos con capacidad de procesamiento de señal y puede optimizar el diagrama de radiación de la antena automáticamente. El IEEE 802.16 permite técnicas avanzadas de antenas y esto hace posible un mejor planeamiento de las celdas.

IEEE 802.16 ha incluido también soporte para redes mesh. En redes mesh cada estación de suscriptor es también parte de la infraestructura de enrutamiento. IEEE 802.16 hace una modulación más inteligente y “adaptativa” que el IEEE 802.11 y permite la optimización de las tasas de datos para cada suscriptor, permitiendo a la estación base modificar los esquemas de modulación enlace por enlace. Una estación suscriptora cercana a la estación base puede usar una modulación de alta tasa de datos como 64 QAM, mientras que una señal débil proveniente de una estación suscriptora más alejada tal vez pueda usar 16 QAM o QPSK. La modulación adaptativa incluida en el MAC de IEEE 802.16 también permite tener diferentes métodos de modulación para los enlaces descendentes y ascendentes.

### **3.2.3 Escalabilidad y rendimiento**

Mientras que IEEE 802.11 tiene un canal fijo de ancho de banda de 20 MHz, IEEE 802.16 tiene la flexibilidad de asignar diferentes anchos de banda en cada canal de radio, desde canales de 1.5 MHz hasta un máximo de 20 MHz. La posibilidad de escoger diferentes anchos de banda permite la reutilización de frecuencias y un mejor planeamiento de las celdas.



En cuanto a la eficiencia espectral, IEEE 802.11 puede proveer un máximo de 2,4 bps/Hz. En los canales de 20 MHz esto implica un máximo de 54 Mbps. IEEE 802.16 permite un máximo teórico de 70 Mbps en un canal de 20 MHz. El nivel del rendimiento real dependerá de la existencia de línea de vista, distancia, interferencia y otros factores (se espera alcanzar rendimientos reales de 50 Mbps).

### **3.2.4 Calidad del servicio**

IEEE 802.11 incluye calidad de servicio en el nuevo estándar IEEE 802.11e, y un subconjunto de este estándar conocido como “Wireless Multimedia, WMM” ya está disponible en ciertos productos.

Desafortunadamente IEEE 802.11e soportará solo una limitada priorización en una única conexión entre el punto de acceso IEEE 802.11 y la estación. En WMM, la QoS (Calidad de Servicio) se logra adjudicando un espacio entre tramas (IFS) más corto al tráfico multimedia.

IEEE 802.16 ha implementado QoS en base a cada flujo de datos, permitiendo que múltiples conexiones entre una estación suscriptora y una estación base puede tener diferentes niveles de QoS.

La QoS en IEEE 802.16 se logra por medio de sondeo. La estación base interroga a las estaciones suscriptoras para conceder las peticiones de ancho de banda y programación de tráfico de acuerdo a sus requerimientos.

## **3.3 Análisis características técnicas**

A continuación un resumen de principales características de las tecnologías que serán objeto de esta comparativa.

**ESCALA DE LIKERT.** La escala de Likert es de nivel ordinal y se caracteriza por ubicar una serie de frases seleccionadas en una escala con grados de acuerdo/desacuerdo. Estas frases, a las que es sometido el entrevistado, están organizadas en baterías y tienen un mismo esquema de reacción, permitiendo que el entrevistado aprenda rápidamente el sistema de respuestas.

Para realizar la medición con la escala de Likert se realiza una valoración numérica de 1 a 5 de las diferentes características técnicas tenemos en cuenta en la siguiente tabla:

*Tabla 2. Características técnicas de WIFI, WIMAX Y MESH*

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>WI – FI</b>	<b>WIMAX</b>	<b>MESH</b>
	<b>802.11</b>	<b>802.16 d</b>	<b>802.11 s</b>
Velocidad de Transmisión	Hasta 54 Mbps	100 Mbps	54 Mbps
Banda de Frecuencia	2.4 GHz, 5 GHz	2.3 GHz, 3.5 GHz	2,4 GHz, 5 GHz
Radio de enlace	0.01 – 0.1 Km	1 – 15 Km	
Ancho de banda canal	20 MHz	1.25 – 20 MHz	20 MHz
Rendimiento	36 Mbps	75 Mbps	36 Mbps
Encriptación	WPA, WEP	x.509 con DES, en modo CBC	AES
Modulación	PSK, QPSK, OFDM	OFDM	PSK
Protocolo de acceso	CSMA / CA	DAMA / TDMA	QDMA
QoS	No	Si	Si

*Tabla 3. Valoración Escala de Likert*

CARACTERÍSTICAS	WI – FI	WIMAX	MESH
	802.11	802.16d	802.11 s
Velocidad de Transmisión	3	5	3
Banda de Frecuencia	5	3	5
Radio de enlace	5	5	1
Ancho de banda canal	5	5	5
Rendimiento	3	5	3
Encriptación	5	5	5
Modulación	5	4	4
Protocolo de acceso	5	4	4
QoS	3	5	5
<b>TOTAL</b>	<b>39</b>	<b>41</b>	<b>34</b>

A estas características podemos añadir que las antenas y amplificadores wireless añaden ganancias en los radio enlace, a estos equipos se los llama soluciones para WIFI de largo alcance, entonces dependiendo de la antena que elijamos para el punto de acceso nos dará una mayor cobertura para cubrir el área deseada.

Respecto a las bandas de frecuencias en Ecuador existe el Plan nacional de frecuencias (PNF) donde se definen los usos de las bandas del tipo MDBA (modulación digital de banda ancha), aquellas que van entre los 2400 a 2500 MHz, (frecuencia central 2450 MHz), así como las que se encuentran entre los 5725 y 5875 MHz, (frecuencia central 5800 MHz). Se incluye en esta categoría, además, el rango entre 902 – 928 MHz.

Las bandas de frecuencia no licenciadas se tratan de servicios de radiocomunicación que, deben aceptar la interferencia perjudicial resultante de otras

aplicaciones. A estas bandas se las califica como bandas libres, entendidas como “aquellas bandas de frecuencias que no necesitan ser licenciadas” (Carrión, 2009). Sin embargo, sobre este concepto hay que hacer algunas precisiones. Si bien tales frecuencias serían en realidad, por el uso, bandas de uso libre, en la práctica están sujetas a un procedimiento de registro y control, que lo hace en este caso la ARCOTEL. El registro para usar estas bandas no puede ser solicitado por cualquiera, sino por quien tenga una licencia de red privada de datos o una concesión para prestar un servicio de explotación (un ISP, un operador de telefonía móvil).

De acuerdo a la valoración con la Escala de Likert se determina que la tecnología con mayor prestación en cuanto a características técnicas es Wimax.

### **3.4 Análisis de costos**

Para que una red sea eficiente se debe proporcionar la mayor cantidad de servicios de buena calidad al costo más bajo, es por eso que en el diseño de la red se deberá considerar el costo más económico en cuanto a los equipos tanto del lado del usuario como del proveedor del servicio, de igual forma se deberá considerar el costo de la instalación y despliegue de la red.

De acuerdo a la infraestructura general que se prevé tendrá la red ISP se hace necesario dividir los costos del proyecto en grupos, a continuación se muestran los tipos de costos que se van a incluir en la implementación.

- Costos de Equipos
- Costos de Infraestructura
- Costos de Implementación
- Costos de Operación y Mantenimiento

### 3.4.1 Especificaciones técnicas de los equipos

Para realizar el análisis de costos vamos a tomar en cuenta las marcas más conocidas y que se pueden encontrar en el mercado ecuatoriano, y vamos a revisar las especificaciones técnicas que nos ofrecen las diferentes tecnologías:

#### Especificaciones técnicas de equipos WIFI

Para la implementación de esta tecnología estudiaremos las características de los siguientes equipos que conforman la estructura básica:

- ✓ Equipo servidor
- ✓ Equipo de Monitoreo
- ✓ Switch CRS125-24G-1S para rack
- ✓ QRT 5
- ✓ ANTENA OMNITIK UPA-5HnD
- ✓ ANTENA RB SXT 5

#### Equipo Servidor

Memoria RAM	8GB
Disco Duro	1T
Procesador	Intel I5
DVD RW	
2 Tarjetas de red PCI 10/100/1000 Mbps	
Lector de memorias	

#### Equipo de Monitoreo

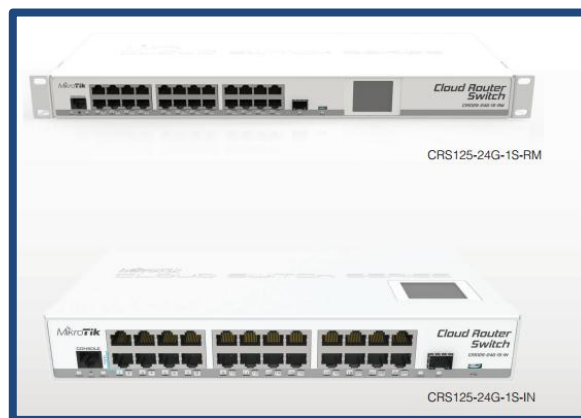
Memoria RAM	4GB
Disco Duro	500GB

Procesador Core 2 Duo  
 DVD RW  
 Lector de memorias

## SWITCH CRS125-24G-1S

*Tabla 4. Características SWITCH CRS125-24G-1S*

CPU	Qualcomm Atheros AR9344 600 MHz
Memoria	128MB
Ethernet	24x 10/100/1000 Mbit/s Gigabit Ethernet with Auto-MDI/X
Expansión	Puerto microUSB
Storage	128MB Onboard NAND with multiple OS partition support
Puerto serial	Puerto serial RJ45
Power options	8-28V, 24V 0.8A PSU incluido
Dimensiones	285x145x45mm
Temperatura	-35C to +65C tested
OS	MikroTik RouterOS v6, Level 5 license
Incluído	CRS switch, power adapter, and USB OTG cable (for 4G dongle or USB drive)



*Figura 20. SWITCH CRS125-24G-1S*

Fuente. [www.mikrotik.com](http://www.mikrotik.com)

## QRT 5

*Tabla 5. Características de Access Point QRT 5*

Características	1 Ethernet, Gigabit, High power, Dual chain
Cpu	Atheros AR9342 600MHz network processor
Memoria	64MB DDR onboard memory
Almacenamiento	128MB NAND memory chip
Ethernet	One Gigabit port with Auto-MDI/X
Wireless	Built in 5GHz 802.11a/n (AR9342)
Power	PoE: 8-30V DC on Ether1 (Non 802.3af).
OS	MikroTik RouterOS, Level4 license (supports wireless CPE/PtP and AP mode)
Incluye	QRT wireless device, precision mounting bracket, U bolts, pole clamp, screw kit, 24V 0.8A power adapter, Gigabit PoE injector



*Figura 21. Access Point QRT 5*

Fuente. [www.mikrotik.com](http://www.mikrotik.com)

## ANTENA OMNITIK UPA-5HnD

Tabla 6. Características ANTENA OMNITIK UPA-5HnD

CPU	Atheros AR7241 400MHz network processor
Memoria	32MB DDR SDRAM onboard memory
Boot loader	RouterBOOT
Almacenamiento	64MB onboard NAND memory chip
Ethernet	Five 10/100 Mbit/s Fast Ethernet port with Auto-MDI/X, L2MTU frame size up to 2030
Wireless	Wireless Built-in 5GHz 802.11a/n 2x2 MIMO
Antena	Two 7.5dBi (+/-1dBi) omni con diferentes polaridades (ch0 horizontal, ch1 vertical)
Extras	Reset switch, Beeper, USB 2.0 port, Voltage monitor, Temperature monitor
LEDs	5 programmable LEDs (Ethernet activity by default), one power LED
Power output	Supports PoE output on ports 2-5. Max current 500mA per port
Operating system	MikroTik RouterOS v5, Level4 license
Contenido paquete	OmniTIK unit, mounting bracket, hose clamp, PoE injector, 24V 2.5A power adapter
Modulación	OFDM: BPSK, QPSK, 16 QAM, 64QAM DSSS: DBPSK, DQPSK, CCK



Figura 22. ANTENA OMNITIK UPA-5HnD

Fuente. [www.mikrotik.com](http://www.mikrotik.com)



## ANTENA RB SXT 5

Tabla 7. Características ANTENA RB SXT 5

	SXT 5	SXT Lite 5
CPU	AR9344 600MHz	
Memoria	64MB DDR2	
Ethernet	Puerto 1x 10/100 Ethernet	
Wireless cards	Onboard dual chain 5GHz 802.11a/n Atheros AR9344 wireless module; 10kV ESD protection on each RF port.	
Frecuencia	4920-5920MHz (Limitado por reglas regulatorias de cada país)	
Extras	Reset switch, beeper, USB 2.0 port, voltage and temperature monitors	Reset switch, beeper
LEDs	Power LED, Ethernet LED, 5 wireless signal LED	
OS	MikroTik RouterOS, Level3 license	
Contenido	SXT wireless device with integrated antenna, pole mounting bracket, mounting ring, PoE injector, power adapter, quick setup guide	
Certifications	FCC, CE, ROHS	
Antenna	Dual pol. 25deg, 5GHz antenna, 16dBi, -35 dB port to port isolation	



Figura 23. ANTENA RB SXT 5

Fuente. [www.mikrotik.com](http://www.mikrotik.com)

## **Especificaciones técnicas tecnología Wimax**

A continuación vamos a revisar los costos de los equipos para la tecnología WIMAX, de igual forma vamos enumerar los equipos escogidos para implementar una infraestructura básica:

- Servidor de Gestión Netspan
- Estación de Radio Base
- Antena omnidireccional L-com HG2458-09U-PRO-5PK 2.4/ 5.8 GHZ 9 dbi
- Equipo cliente Airspan M-PRO-V80

### **Servidor de Gestión NETSPAN**

El sistema de gestión o administración para la línea de productos ASMAX se denomina Netspan, definido como un Sistema de Administración de Red (NMS) basado en la arquitectura Cliente-Servidor. Netspan tiene la capacidad de administrar simultáneamente hasta 5000 estaciones base y 200000 terminales de subscritor. El servidor del Netspan se ejecuta en un computador Windows 2003 server o Windows XP PRO equipada con software de servidor SQL. El servidor debe tener conectividad IP con los equipos ASMAX. El cliente del Netspan es Internet Explorer 6.0 o Netscape Navigator7 que se ejecuta generalmente en un computador basado en Windows.

### **Estación de radio base**

La estación base MicroMAXd es altamente modular y consta de dos componentes principales: el totalmente exterior Estación Base Radios (BSR) y la Unidad de Distribución Estación Base agregador de interior (BSDU), o la de un solo canal del adaptador de datos

Cada sitio de estación base puede contener hasta 16 BSRs, dependiendo de la cantidad de espectro disponible. Cada BSR está conectado a la BSDU través de una interfaz 100 BaseT operando sobre un cable CAT5, que lleva datos y alimentación. Cada BSDU puede soportar hasta 8 BSRs

Una estación base MicroMAX consta de los siguientes componentes:

#### **Conectividad Interior/ Exterior:**

- ✓ BSR requiere un cable CAT 5e calibre 24 o superior (calibre 22 recomendado)
- ✓ Fast Ethernet: 4 pines
- ✓ Longitud Interior / Exterior: hasta 200 metros
- ✓ Convertidor de corriente AC / DC opcional para BSDU - en el caso de -48 VCC no está disponible en el sitio de BS
- ✓ Soporta perfiles WiMAX Forum <sup>TM</sup> en: 1.5GHz, 3.3GHz, 3.5GHz, 3.7GHz, 4.9GHz, 5.1GHz, 5.4GHz, 5.8GHz y en bandas de 5.9GHz
- ✓ BPSK / QPSK / 16QAM / 64QAM modulación adaptativa
- ✓ Operación Full dúplex FDD y TDD
- ✓ Funcionalidad puente y el enrutamiento



*Figura 24. MicroMAX Base Station Radio (BSR)*

*Fuente. [www.airspan.com](http://www.airspan.com)*

## **Antena Omnidireccional L-COM HG2458-09U-PRO-5PK 2.4/ 5.8 GHZ**

### **9 DBI**

#### **Características:**

Diseño de grado industrial de alta resistencia

Fibra de vidrio

Doble de acero de alta resistencia soportes y pernos en U de montaje

Conector N-Hembra Integral

#### **Aplicaciones:**

Bandas de frecuencia 2,4 / 5,8 GHz IEEE 802.11 a / b / g y aplicaciones 802.11ac

5.8 GHz UNII y aplicaciones ISM

Aplicaciones Wi-Fi 2.4GHz

Sistemas de video inalámbricos

Aplicaciones punto a multipunto



*Figura 25. Antena 2.4/ 5.8 GHz 9 dBi Dual Band Omni Antenna 5pk*

*Fuente. [www.l-com.com](http://www.l-com.com)*

## **Equipo Cliente AIRSPAN M-PRO-V80**

Manufacturer Model: Airspan

Frecuencia: 5.47-5.95 GHz

Chipset: Sequans

Max Transmit Power (dBm): 2\*23

Special Features: 1 data, 1 voice, internal or external antenna



*Figura 26. AIRSPAN M-PRO-V80*

Fuente. [www.airspan.com](http://www.airspan.com)

## **Especificaciones técnicas de los equipos tecnología MESH**

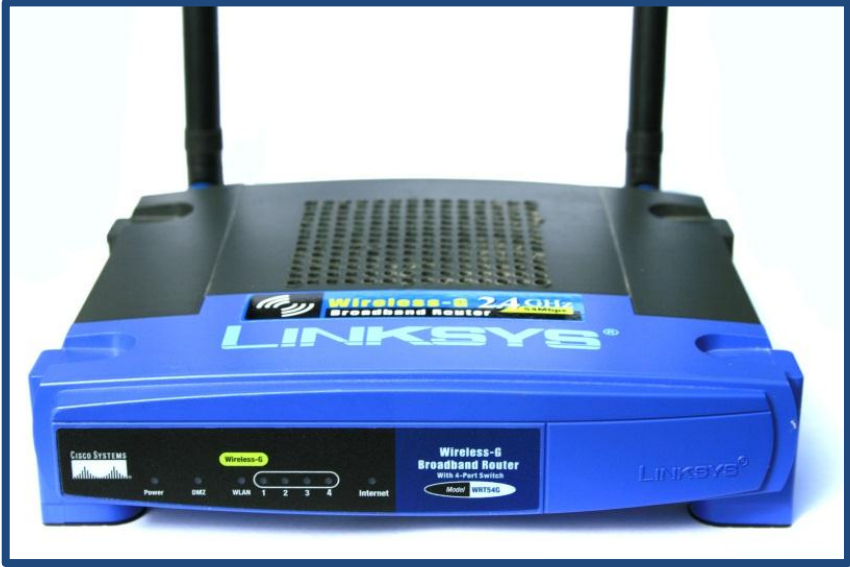
Los equipos seleccionados para la tecnología MESH son los siguientes:

- Router Linksys WRT54GL
- Antena Hyperlink HG2415U-PRO
- CPE NanoStation Loco M5

**Router LINKSYS WRT54GL**

*Tabla 8. Características Router Linksys WRT54GL*

Modelo	WRT54GL
Puertos	Internet: One 10/100 RJ-45  Port Ethernet: Four 10/100 RJ-45 Switched Ports  One Power Port
Tipo Cable	CAT 5
Seguridad	Wi-Fi Protected Access™ 2 (WPA2),  WEP,  Wireless MAC Filtering



*Figura 27. ROUTER LINKSYS WRT54GL*

*Fuente. Datasheet ROUTER LINKSYS WRT54GL*

## Antena HYPERLINK HG2415U-PRO

Tabla 9. Características ANTENA HYPERLINK HG2415U-PRO

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

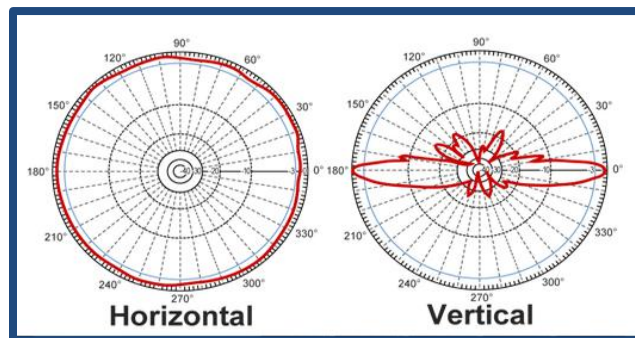


Figura 28. Señal RF de la Antena

Fuente. Datasheet ANTENA HYPERLINK HG2415U-PRO



Figura 29. Antena ANTENA HYPERLINK HG2415U-PRO

Fuente. Datasheet ANTENA HYPERLINK HG2415U-PRO

## CPE NANOSTATION LOCO M5

*Tabla 10. Características NANOSTATION LOCO M5*

<b>Modelo</b>	<b>Loco M5</b>
Procesador	Atheros MIPS 24KC, 400 MHz
Memoria	32 MB SDRAM, 8 MB Flash
Interface de red	(1) 10/100 Ethernet Port
Ganancia	13 dBi
Rango	10+ Km



*Figura 30. NANOSTATION LOCO M5*

*Fuente. Datasheet NanoStation M*



### 3.4.2 Costos de equipos

#### Costos de equipos tecnología WIFI

Tabla 11. Resumen costos de equipos. Tecnología WIFI

<b>EQUIPO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>P. UNITARIO</b>	<b>SUBTOTAL</b>
Equipo Servidor	1	1000,00	1000,00
Equipo Monitoreo	1	800,00	800,00
Switch CRS125-24G- 1S-RM	1	306,00	306,00
Access Point QRT 5	1	166,00	166,00
Antena OmniTIK UPA-5HnD	1	99,00	99,00
Antena SXT Lite5	30	59,00	1770,00
		<b>TOTAL</b>	<b>4141,00</b>

#### Costos de equipos tecnología WIMAX

Tabla 12. Costos de equipos. Tecnología WIMAX

<b>EQUIPO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>P. UNITARIO</b>	<b>SUBTOTAL</b>
Servidor de Gestión NETSPAN	1	6200,00	6200,00
Equipo Monitoreo	1	800,00	800,00
Estación de radio Base (BSR)	1	3100,00	3100,00
Antena Omnidireccional	1	117,00	117,00
Equipo Local Cliente (CPE)	30	110,00	3300,00
		<b>TOTAL</b>	<b>13517,00</b>

## Costos de los equipos tecnología MESH

Tabla 13. Costos de Equipos. Tecnología MESH

<b>EQUIPO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>P. UNITARIO</b>	<b>SUBTOTAL</b>
Equipo Servidor	1	1000,00	1000,00
Equipo Monitoreo	1	800,00	800,00
Enrutador Linksys WRT54GL	1	150,70	150,70
Antena Omnidireccional 15 dBi HG2415U-PRO	1	99,00	99,00
Equipo Cliente Nano Station locoM5	30	97,50	2925,00
<b>TOTAL</b>			<b>4974,70</b>

### 3.4.3 Costos de infraestructura

Como ya hemos visto la estructura básica que tendrá la red ISP ahora vamos a calcular los costos aproximados que tendría la implementación del ISP, tomando en cuenta costos y gastos durante el primer año de funcionamiento.

En la siguiente tabla se muestra el resumen total de los costos de equipamiento, permiso de funcionamiento, capacitación y publicidad que constituyen la inversión inicial del ISP:

*Tabla 14. Costos de Infraestructura*

<b>EQUIPAMIENTO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>SUBTOTAL</b>
Torre triangular 3 m	1	1000,00	1000,00
Tensores	3	7,00	7,00
Rack	1	300,00	300,00
Monitor	2	120,00	240,00
Teclado, mouse	2	20,00	40,00
Mobiliario de oficina	1	3000,00	3000,00
Instalación de fibra Óptica	1	380,00	380,00
Permiso para prestación de servicios de valor agregado	1	500,00	500,00
Publicidad	1	500,00	500,00
APS TrippLite	1	500,00	500,00
Batería 15 placas	1	110,00	110,00
		<b>TOTAL</b>	<b>6577,00</b>

### **3.4.4 Costos de implementación**

En los costos de implementación vamos a tomar en cuenta, todo lo que son materiales y herramientas de instalación para el Nodo principal y para cada usuario. Al instalar un nuevo cliente se utilizaran materiales como cable, conectores, tubo poste, silicona, tape, entre otros implementos y herramientas.

## Costos implementación nodo principal

Tabla 15. Costo Implementación Nodo Principal

<b>MATERIALES</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>SUBTOTAL</b>
Cable UTP Cat. 5	100 m	130,00	130,00
Conectores RJ45	100 u	15,00	15,00
Manguera	15m	1,00	15,00
Caja de herramientas	1	162,00	162,00
Ponchadora	1	15,00	15,00
Taladro	1	140,00	140,00
		<b>TOTAL</b>	<b>477,00</b>

## Costos implementación por usuario

Tabla 16. Costos Implementación Por Usuario

<b>MATERIALES</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>SUBTOTAL</b>
Tubo poste para usuarios	1	5,00	5,00
Transporte	2	1,50	3,00
Materiales(amarras, grapasp, silicona)	1	2,00	2,00
		<b>TOTAL</b>	<b>10,00</b>

### 3.4.5 Costo de operación y mantenimiento

Los costos de operación y mantenimiento son aquellos que se pagarán durante todo el tiempo de la vida útil del sistema, estos se generan mensualmente:

*Tabla 17. Costos de Operación y Mantenimiento*

<b>MATERIALES</b>	<b>SUBTOTAL</b>
<b>Servicio Internet</b>	292,00
<b>Salarios</b>	708,00
<b>Servicio Básicos</b>	40,00
<b>Arriendo</b>	150,00
<b>Papelería</b>	10,00
<b>Transporte</b>	30,00
<b>TOTAL</b>	<b>1230,00</b>

### 3.4.5 Costos totales estimados para la implementación de la red

Para determinar los costos totales estimados de la implementación debemos considerar los costos obtenidos anteriormente:

*Tabla 18. Costos Totales Implementación de la red*

<b>ÍTEM</b>	<b>COSTO</b>
<b>Infraestructura</b>	6577,00
<b>Nodo principal</b>	477,00
<b>Usuarios</b>	10,00
<b>Operación y Mantenimiento</b>	1230,00
<b>Imprevistos</b>	500,00
<b>TOTAL</b>	<b>8294,00</b>

### 3.5 Análisis de la demanda

Para garantizar el posicionamiento y permanencia de una empresa en el mercado un factor importante a tomar en cuenta es el Análisis de la demanda, es por esto que vamos a revisar datos estadísticos respecto a la penetración del Internet en Ecuador según la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones antes SENATEL.

En la figura 31. Podemos ver datos porcentuales de usuarios de internet a nivel nacional.

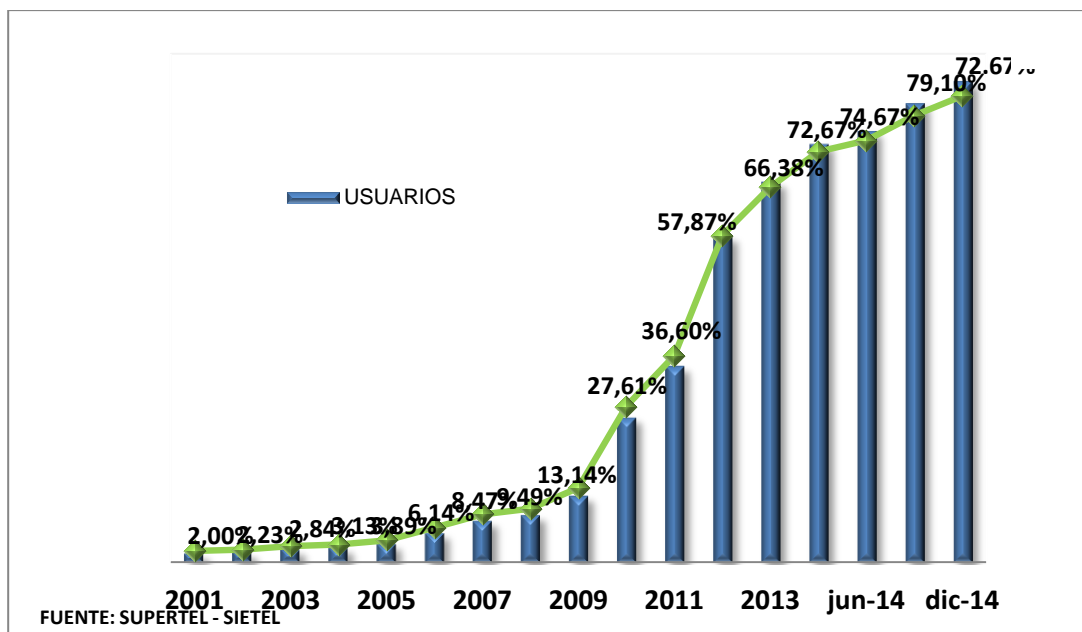


Figura 31. Usuarios y densidad de internet a nivel nacional

Fuente: <http://www.arcotel.gob.ec/estadisticas/>

En esta gráfica podemos ver que a partir del año 2010 el crecimiento de usuarios de internet a nivel nacional ha sido bastante significativo, ya que hasta diciembre del 2014 se pueden contar más de 13 millones de usuarios de Internet. Estos datos representan la penetración que tendrá el acceso a internet en los próximos años y la posibilidad del negocio.

*Tabla 19. Servicio de valor agregado – Densidad de internet*

Fecha de publicación: Septiembre 2014			
AÑO	TOTAL CUENTAS/ ABONADOS	POBLACION	DENSIDAD
2007	276.714	13.605.485	2,03%
2008	328.571	13.805.095	2,38%
2009	471.640	14.005.449	3,37%
2010	1.807.962	14.483.499	12,48%
2011	2.152.200	14.765.927	14,58%
2012	4.169.516	15.520.973	26,86%
mar-13	4.463.400	15.584.417	28,64%
jun-13	4.687.384	15.647.861	29,96%
sep-13	4.739.574	15.711.305	30,17%
dic-13	4.859.996	15.774.749	30,81%
mar-14	5.459.965	15.837.928	34,47%
jun-14	5.567.764	15.901.108	35,01%
sep-14	5.979.942	15.964.287	37,46%

Fuente: <http://www.arcotel.gob.ec/estadisticas/>

Es importante recalcar que el servicio de internet inalámbrico en Ecuador es incipiente en comparación con el que se brinda mediante cableado. El total de abonados a diciembre de 2014 según la tabla 9 fue de 5.979.942, de los cuales solo 21.331 abonados (4,29%) corresponden al servicio inalámbrico. A pesar de esto el servicio de internet inalámbrico es el que más crecimiento está teniendo en los últimos tiempos, esto crea una gran posibilidad de negocio.

En la tabla siguiente se enlista a las diferentes empresas de Servicios Portadores que tienen incidencia en el país.

*Tabla 20. Proveedores de internet*

Fecha de publicación: Diciembre 2014		
PERMISIONARIO	TOTAL ABONADOS	% DE PARTICIPACIÓN
CNT	756.392	57,18%
SURATEL	165.577	12,52%
ECUADORTELECOM	121.962	9,22%
MEGADATOS	74.031	5,60%
ETAPA EP	64.695	4,89%
PUNTONET S.A.	40.642	3,07%
TELCONET	8.879	0,67%
CONECCEL	867	0,07%
LEVEL 3	681	0,05%
OTECCEL	564	0,04%
OTROS	88.519	6,69%
<b>TOTAL</b>	<b>1.322.809</b>	<b>100,00%</b>

Fuente: <http://www.arcotel.gob.ec/estadisticas/>

### 3.5.1 Demanda de los servicios de internet

El crecimiento de una empresa está dado por su posicionamiento dentro del mercado, para lo cual el número de clientes y su fidelidad para con esta empresa se vuelve un factor muy importante dentro del análisis económico. Para determinar la demanda que se espera satisfacer con el presente proyecto se tomó en cuenta las Estadísticas del Sector de telecomunicaciones publicadas trimestralmente en la página web de la ARCOTEL, y los resultados del Censo de Población 2010 emitidos por el INEC.



Según el VII censo nacional de población realizado en el año 2010, de los 14'483 499 habitantes que tiene el Ecuador, la población total del cantón Ibarra alcanza a 181.175 habitantes de los cuales 93.389 corresponden a mujeres y 87.786 a hombres. Tiene una superficie de 1.162,22 km<sup>2</sup>, con una densidad de 131,87 hab/km<sup>2</sup> en el cantón, 2.604 hab/km<sup>2</sup> en el área urbana y 39,91 hab/km<sup>2</sup> en el área rural.

El número de usuarios que acceden a los servicios de Internet en la Provincia de Imbabura son los siguientes:

*Tabla 21. Usuarios con acceso a Internet en Imbabura*

PERÍODO	SEP-2012	DIC-2013	DIC-2014
USUARIOS	106491	149840	189258
% POBLACIÓN	25,85	34.64	43,12

La tabla anterior nos muestra que en promedio existe un crecimiento aproximado del 9% anual de la población que accede a los servicios de Internet en la Provincia de Imbabura. Ahora vamos a realizar un análisis del crecimiento de la población estimada según el INEC en el lugar que se propone la implementación de la Red. La siguiente tabla muestra el tamaño de la población en la provincia de Imbabura y la ciudad de Ibarra en el año 2010.

*Tabla 22. Tamaño de la población Ibarra e Imbabura*

	HABITANTES	PORCENTAJE
IMBABURA	398244	100%
IBARRA	181175	45,5%

De esta información concluir que como objetivo de posicionamiento de mercado se plantea como punto inicial alcanzar el 5 % del número de usuarios nuevos que accedió a Internet en el tercer trimestre del 2014 (887 usuarios) en la ciudad de Ibarra.

En la práctica no necesariamente los 887 usuarios se suscribirán al servicio, ya que según las estadísticas existen aproximadamente 2600 habitantes por en el área que deseamos cubrir de los cuales el 70% está en edad de uso de internet, lo que equivale a 1820 posibles usuarios, hay que tomar en cuenta los usuarios que ya cuentan con un servicio de internet contratado.

### **3.5.2 Dimensionamiento de la red**

Según las recomendaciones para diseño de ISP, se requieren 28.8 Kbps de ancho de banda como mínimo por cada usuarios que este puede utilizar los servicios de navegación, correo electrónico y transferencia de archivos.

$$\text{Ancho de banda} = 30 * 28.8 \text{ Kbps}$$

$$\text{Ancho de banda} = 864 \text{ Kbps}$$

Para los usuarios residenciales se ofrece un ancho de banda de hasta 2048 Kbps, por lo que se iniciará con un ancho de banda total de 12 M.

### **3.6 Selección de la tecnología**

Después de haber analizado cada una de las tecnologías y los costos del equipamiento necesario se tiene un resumen consolidado de este análisis. Hemos agregado una columna más para asignar un valor de la escala de Likert donde 5 será el costo más bajo y 1 el costo más alto, para tener una visualización de los costos de cada

una de las tecnologías y su equipamiento. A continuación tenemos la tabla consolidada de los costos de los equipos en las diferentes tecnologías:

*Tabla 23. Costos de equipos consolidados*

EQUIPO	WIFI	LIKERT	WIMAX	LIKERT	MESH	LIKERT
<b>Equipo</b>	1000,00	5	6200,00	2	1000,00	5
<b>Servidor</b>						
<b>Equipo</b>	800,00	3	800,00	3	800,00	3
<b>Monitoreo</b>						
<b>Switch</b>	306,00	4	3100,00	1	150,00	5
<b>Access Point</b>	166,00	4	-	5	250,00	3
<b>Antena</b>	99,00	5	117,00	3	99,00	5
<b>Equipo</b>	59,00	5	110,00	3	97,50	4
<b>Cliente</b>						
<b>TOTAL</b>	<b>2430,00</b>	<b>25</b>	<b>10327,00</b>	<b>17</b>	<b>2396,50</b>	<b>20</b>

Para vislumbrar mejor las características presentadas en los análisis realizados en los puntos anteriores vamos a resumir en la tabla siguiente las ventajas y desventajas de las tres tecnologías.

*Tabla 24. Ventajas y desventajas de WIFI, WIMAX, MESH*

	WIFI	WIMAX	MESH
VENTAJAS	Velocidad, costos	Cobertura, velocidad	Confiabilidad por redundancia de nodos
DESVENTAJAS	Bajo alcance, baja	Costos	Seguridad,

tasa de transmisión	Rendimiento
---------------------	-------------

Luego de comparar las ventajas y desventajas de cada una de tecnologías, en la tabla anterior, en la tabla siguiente podemos ver la comparación de los requerimientos de usuarios ya citados, en esta tabla se dará una calificación ALTA, MEDIA o BAJA para cada uno de los parámetros definidos.

*Tabla 25. Requerimientos de la red ISP*

	WIFI	WIMAX	MESH
Disponibilidad	Media	Alta	Alta
Adaptabilidad	Alta	Alta	Alta
Seguridad	Alta	Alta	Alta
Crecimiento	Media	Alta	Alta
Aplicaciones	Alta	Alta	Alta

Después de haber revisado las características técnicas, costos y el análisis de la demanda se tienen las siguientes conclusiones:

- Según las características técnicas comparadas en la tabla 10 y analizando los requerimientos de la red ISP, podemos concluir que las tecnologías que mejor se adapta a las necesidades del proyecto es WIFI y MESH, ya que tiene características similares pero por el área que se desea cubrir podemos implementar un solo nodo que puede cubrir en su totalidad el polígono, utilizando

equipos WIFI de largo alcance, también podemos utilizar las bandas de frecuencia no licenciadas 2.4 GHz y 5.8 GHz para lo que necesitamos un permiso de la ARCOTEL.

- De acuerdo al análisis de costos de los equipos realizado podemos seleccionar dos posibles tecnologías que tiene los costos de equipos más bajos WIFI y MESH.
- Las tecnologías que mejor cumplen los requerimientos planteados son WIMAX y MESH, esto no quiere decir que la tecnología WIFI no sea eficiente en proyectos de este tipo, ya que nos resulta eficiente en relación costo rendimiento.
- De acuerdo a la escala de Likert podemos escoger la tecnología WIFI ya que es la que mejor puntaje nos da en la comparación de costos.
- La selección final será por la tecnología WIFI, ya que para que la red tenga las características de MESH deberá tener más de un nodo, por el concepto de malla de las redes MESH, y en este caso por el área que deseamos cubrir podemos hacerlo desde un solo nodo con la tecnología WIFI de largo alcance.

# CAPÍTULO IV: Diseño de la red ISP

## 4.1 Estructura de red de acceso del WISP

El sistema de acceso tendrá una estructura constituida por una base central, desde la cual se establecen enlaces punto-multipunto hacia los equipos cliente.

La arquitectura del sistema del Wisp se la muestra en la figura:

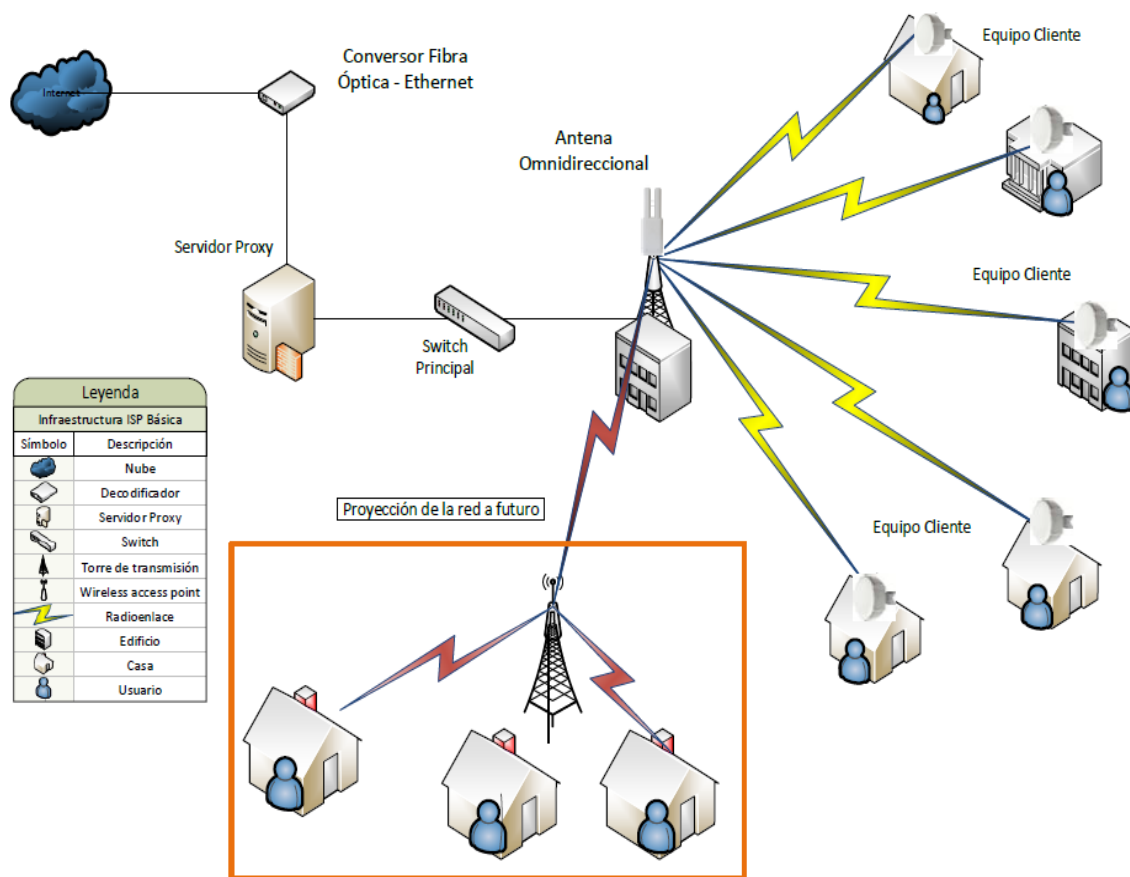
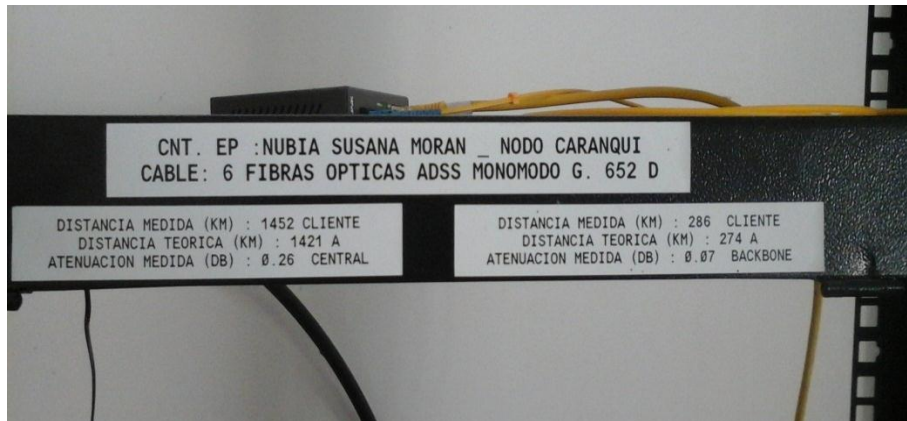


Figura 32. Diagrama de la estructura general de la red ISP

Fuente. Propia

#### 4.1.1 Elementos de la infraestructura de la red

- **Empresa portadora autorizada.** Empresa que brinda los servicios de proveedor de Internet con conexión Internacional.



*Figura 33. Etiquetas Empresa Portadora Autorizada*

*Fuente. Propia*

- **Bandeja de fibra óptica.** Permite proteger y organizar empalmes y conexiones de fibra óptica con los accesorios incluidos dentro de las bandejas de distribución.



*Figura 34. Bandeja de Fibra Óptica*

*Fuente. Propia*

- **Conversor de fibra Óptica - Ethernet.** Permiten establecer conexiones de equipos UTP Ethernet de cobre a través de un enlace de fibra óptica para aprovechar las ventajas de la fibra.



*Figura 35. Conversor Ethernet – Fibra Óptica*

*Fuente. Propia*

- **Servidor Proxy.** El servidor proxy está configurado bajo el sistema Operativo CentOS, y se encarga de intermediar las peticiones de los usuarios y administra el ancho de banda.



*Figura 36. Servidor Proxy*

*Fuente. Propia*



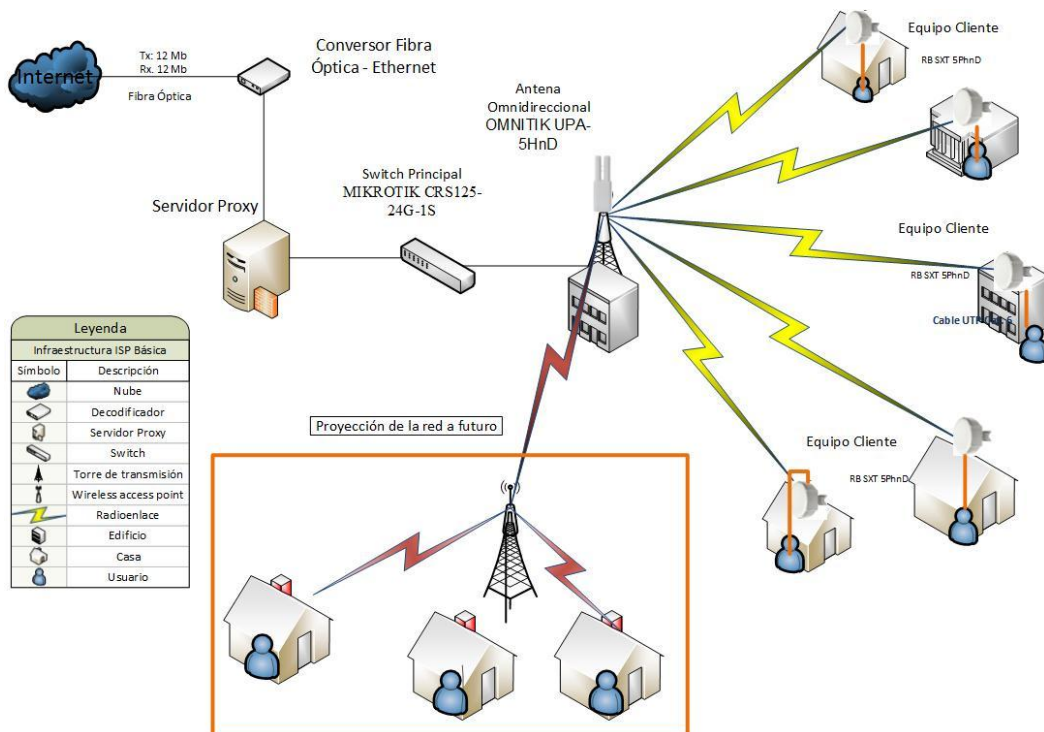
- **Switch.** Cumple la función de interconectar varios equipos o redes. El Switch CRS125-24G-1S es un switch Capa 3, que se maneja con el Sistema Operativo RouterOS de Mikrotik.



*Figura 37. SWITCH CRS125-24G-1S*

*Fuente. Propia*

## 4.2 Diagrama final de la red ISP



*Figura 38. Diagrama Final de la Estructura de la Red ISP*

La empresa portadora autorizada entrega el servicio de internet a través de fibra Óptica con cable Óptico de 6 hilos, desde el Backbone Caranqui hasta el lugar del Nodo principal, aquí la fibra ingresa a una bandeja de Fibra Óptica y luego al conversor de Fibra Óptica – Ethernet, toda esta infraestructura es propiedad de la empresa Portadora.

De aquí empieza la infraestructura implementada por el ISP, desde el conversor por medio de cable UTP se conecta al servidor proxy en el que se encuentra configurada la IP pública provista por la empresa portadora, desde el equipo proxy se dirige al switch en este caso el que utilizaremos es el SWITCH CRS125-24G-1S de Mikrotik que es el que reparte el internet hacia la LAN local y hacia la antena.

Se utilizará una antena omnidireccional el cual se ubicaría en la terraza del inmueble de altura 6 metros, aspecto muy conveniente que como se mencionó anteriormente.

Desde esta ubicación se tiene línea de vista con los sectores escogidos para brindar el servicio de Internet en la etapa inicial del Proveedor Inalámbrico.

La conexión a partir del nodo principal se conducirá al centro de operaciones de red ubicado en una de las instalaciones del edificio en donde además se realizará la adecuación del lugar para que puedan funcionar las oficinas de atención al cliente.

En el caso de la recepción de la señal para los clientes ya sea residencial o comercial se realizará con equipos clientes que son los RB SXT 2PHND de Mikrotik que se ubicarán en las terrazas de las casas o edificios desde donde puedan tener línea de vista con la antena omnidireccional de la base central para conseguir una óptima recepción.

### **4.3 Actividades previas a la instalación**

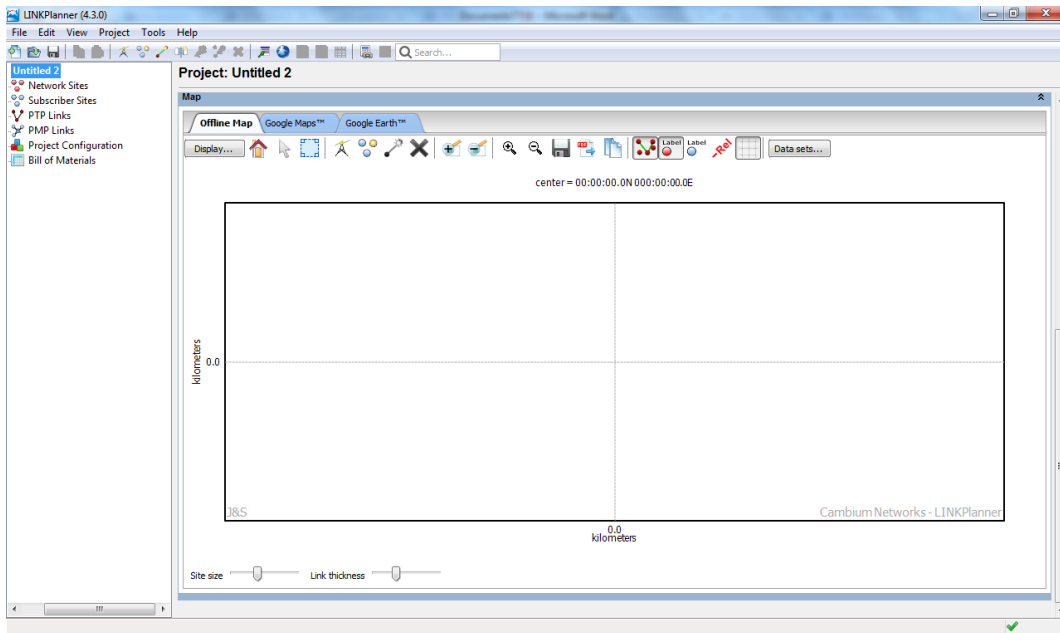
Las actividades previas a la instalación de una Red Inalámbrica, consisten principalmente en analizar, revisar y establecer los puntos donde existe comunicación de datos en el área para determinar la existencia de visibilidad entre el punto de acceso y el equipo cliente. Más detalladamente, las tareas a realizar son las siguientes:

- Hacer un análisis, técnico y crítico, para detectar posibles obstáculos entre las el equipo cliente y el punto de acceso.
- Seguidamente se procederá a la instalación del software y hardware requeridos para poner a funcionar de una manera eficiente la red.
- Posteriormente configuramos los protocolos de transmisión (TCP/IP), acorde a las norma internacionales IEEE 802.11 b.
- Finalmente realizar pruebas de conectividad para el funcionamiento óptimo de la red.

Cuando las pruebas de comunicación desde las estaciones de trabajo al punto de acceso resultan infructuosas, es necesario, saber si ello se debe a problemas de conexión, o simplemente a que no existe visibilidad entre ellos. Por esta razón es importante comprobar el buen funcionamiento en primer lugar de la capa física.

### **4.4 Simulación de los enlaces**

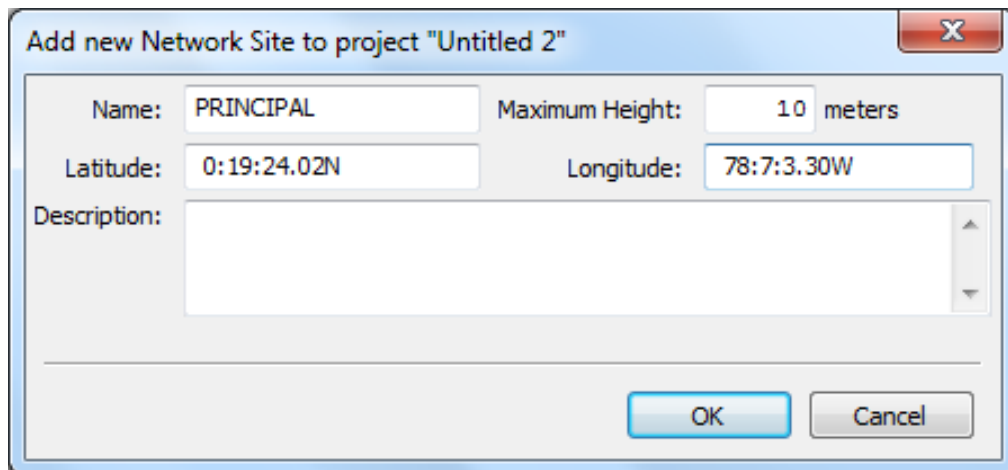
Para la simulación de los enlaces de la red inalámbrica se utilizará el software LINKPLANNER, ya que garantiza un cálculo correcto de los factores de interés en los enlaces que se va a implementar.



**Figura 39. Interface de LinkPlanner**

*Fuente. Propia*

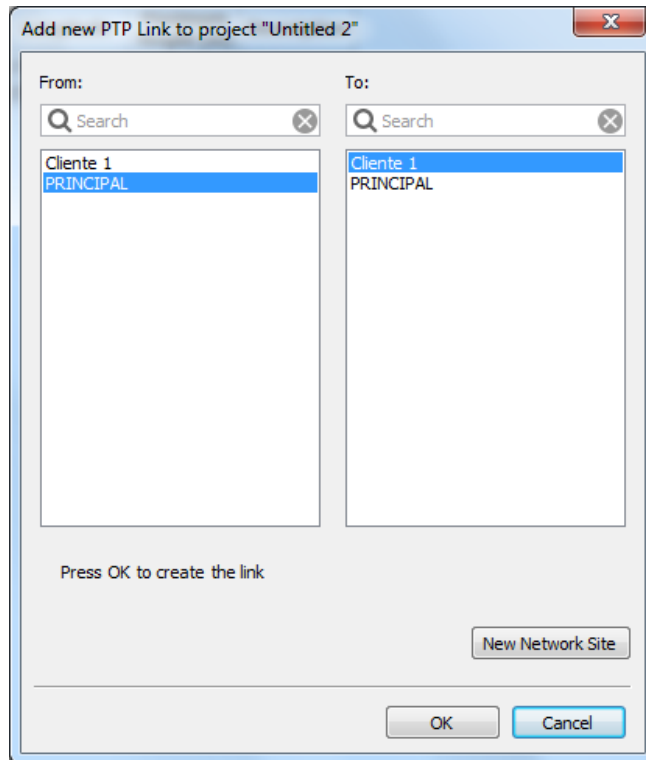
Procedemos a ingresar las coordenadas y la altura de los puntos de deseamos enlazar.



**Figura 40. Ingreso de coordenadas Nodo principal**

*Fuente. Propia*

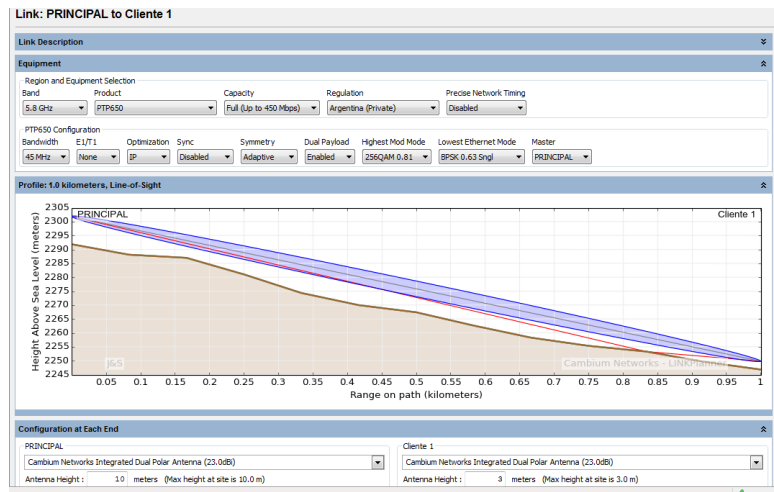
Luego creamos un nuevo enlace.



**Figura 41. Nuevo Enlace.**

*Fuente. Propia*

En la imagen que nos presenta podemos ver si el enlace tendrá interferencias, la distancia del enlace, también se puede la topografía del suelo, la zona de Fresnel.



**Figura 42. Reporte de enlace Nodo principal – Cliente**

*Fuente. Propia*

El software LinkPlanner nos da la posibilidad de revisar los detalles del enlace, para esto nos genera un reporte en formato PDF, que podemos ver el anexo de este documento.

# CAPÍTULO V: Conclusiones y Recomendaciones

## 5.1 Conclusiones

En base al estudio, diseño y datos obtenidos en el desarrollo de los diferentes capítulos del presente proyecto se puede concluir lo siguiente:

- WiMAX es una tecnología diseñada para entornos exteriores con áreas de cobertura de varios km<sup>2</sup>, con lo que existe una zona relativamente grande que está potencialmente expuesta a un acceso no autorizado.
- WiMAX no se diseñó como tecnología de redes local (LAN) sino que se orientó más hacia las redes MAN/WAN. Es una tecnología de operador pensada en dar servicio a múltiples usuarios simultáneamente, y tiene por tanto que garantizar que unos usuarios no sean capaces de acceder a la información destinada a otros.
- La tecnología de comunicación inalámbrica de banda ancha WiMAX permite el despliegue de enlaces de acceso de largo alcance por lo que sería ideal para ampliar la cobertura de la red en el futuro.
- La implementación de un Proveedor de Servicio de Internet cableado tardan más tiempo en promedio para el despliegue de sus diferentes servicios, principalmente por el tiempo de instalación de la infraestructura física. Este repercute directamente en los tiempos de recuperación de la inversión inicial. Por otro lado mayoría de sistemas de comunicación inalámbricos pueden ser instalados y puestos en marcha en tiempos considerablemente menores.
- La tecnología MESH presenta buenas ventajas respecto a WIFI y WIMAX, pero en este caso el costo de implementar más de un nodo para el área deseado implicaría un costo muy alto.

- El sector que se desea cubrir es un área urbana esto favorece que los enlaces no tengan interferencia natural ya sea árboles o montañas, pero hay interferencia de otros equipos que utilizan el espectro radioeléctrico en la misma frecuencia.
- Con miras hacia una futura expansión de la Red ISP; el diseño que se ha propuesto en esta implementación ha sido estructurado para que sea de fácil entendimiento. Logrando así la posibilidad de una futura expansión mediante la adición de nuevos nodos repetidores en lugares estratégicos de la ciudad ampliando de esta manera el área de cobertura.
- Para empezar a operar como proveedor de servicios de Internet se requiere la aprobación de la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones, ya que se debe cumplir con todos los requisitos y normas para el uso de frecuencias.

## 5.2 Análisis de impacto

**IMPACTO SOCIAL.** Este proyecto al ser un emprendimiento tendrá un impacto sobre el sector en el cual se va a brindar el servicio de internet, la microempresa que se está formando podría dar empleo a varias personas que se encargarán del área técnica y administrativa. Tendrá un efecto positivo ya que se está cubriendo una necesidad al dar un servicio que los usuarios requieren, y también al ser una fuente de empleo.

**IMPACTO AMBIENTAL O ECOLÓGICO.** Al implementar este proyecto vamos a explotar un recurso natural como es el uso del espectro radioeléctrico, a través del espectro radioeléctrico es posible brindar una variedad de servicios de telecomunicaciones que tienen una importancia creciente para el desarrollo y económico de un país.



El espectro radioeléctrico es considerado por la Constitución de la República como un sector estratégico, por tanto, el Estado se reserva el derecho de su administración, regulación, control y gestión. Dentro de este contexto, La legislación de telecomunicaciones ecuatoriana lo define como un recurso natural limitado, perteneciente al dominio público del Estado, inalienable e imprescriptible.

Las últimas décadas se han realizado múltiples estudios desde diferentes disciplinas para determinar si existe un riesgo real a la salud por exposición a campos electromagnéticos, pero aún no se ha encontrado evidencia suficiente para determinar efectos negativos directamente relacionados con los campos electromagnéticos, al menos a los niveles de radiación permitidos por los organismos internacionales, según la potencia a la que se emiten.

### **5.3 Recomendaciones**

Una vez desarrollado el presente proyecto de diseño e implementación de la red ISP con la tecnología inalámbrica WIFI; y con el objetivo de un mejor entendimiento y aplicación del mismo, se recomienda.

- La gestión del espacio radioeléctrico es distinta en cada país. En Ecuador se presentan dificultades en la estandarización del uso de frecuencias al utilizar una determinada tecnología inalámbrica. Se recomienda gestionar el espectro radioeléctrico para que se defina claramente las frecuencias que se puedan utilizar para tecnologías inalámbricas.
- Los costos de los equipos e infraestructura tomados en cuenta son referenciales y tienen su tiempo de validez, por lo que en una futura implementación se debe

considerar el realizar nuevas cotizaciones para reajustar los diferentes cálculos financieros.

- Para la administración de la red se debe considerar monitoreo a puntos de presencia del proveedor, clientes, atención a fallas, y seguridad por lo que se deberá contar con profesionales capacitados para el soporte a usuarios y administración de la red

## 5.3 Bibliografía

- [1] AGREDO MÉNDEZ, G. L., SOLARTE MUÑOZ, V., & SOLARTE VARNEY, P. (2009). MODELO DE TRABAJO PARA EL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE REDES EN MALLA WIFI COMO UNA SOLUCIÓN PARA EL ACCESO A BANDA ANCHA EN ÁREAS RURALES. *Gerencia, Tecnología, Informática*, 59-73.
- [2] Arce Martínez, A. (2008). Control de acceso en redes inalámbricas. *Revista Técnica de la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba S.A*, 7.
- [3] Barbecho Barbecho, R. (2011). *Tesis: ESTUDIO, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ENLACE INALÁMBRICO DE LARGO ALCANCE CON ANTENAS DIRECCIONALES DE LA EMPRESA COMPUFÁCIL*. Cuenca: Universidad Tecnológica Israel.
- [4] Cruz Felipe, M. d., Martínez Gómez, R., & Crespo García, Y. (2013). Análisis de la QoS en redes inalámbricas. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 86-96.
- [5] Delgado Corozo, M., & Jaramillo Garófalo, A. (2014). *Tesis: Estudio coparativo de dos plataformas de radioenlace*. Guayaquil: Universidad Politécnica del Litoral.
- [6] García Fernández, A., Pina Amargós, J., & Leyva Pérez, E. (2007). Estado del arte de las redes inalámbricas. *Ingeniería Industrial*, 51-56.
- [7] Grote, W., Avila, C., & Molina, A. (2007). Análisis de máximo desempeño par wlan oerando a tasas fijas adaptativas usando el estándar IEEE 802.11 a/b/g. *Revista Chilena de Ingeniería*, 9.

- [8] <http://docente.ucol.mx/>. (s.f.). *Computación e Informática*. Recuperado el 2014, de Computación e Informática:  
[http://docente.ucol.mx/al950303/public\\_html/inalambricas.htm](http://docente.ucol.mx/al950303/public_html/inalambricas.htm)
- [9] <http://innovatelco.net/>. (s.f.). *Innova telecomunicaciones*. Recuperado el 2014, de Innova telecomunicaciones: <http://innovatelco.net/wireless/>
- [10] <http://www.34t.com/Unique/>. (s.f.). *34 Telecom*. Recuperado el 2015, de 34 Telecom: <http://www.34t.com/Unique/wiFiAntenas.asp>
- [11] <http://www.airspan.com/>. (s.f.). *Airspan*. Recuperado el 2015, de Airspan: <http://www.airspan.com/solutions/by-industry/enterprise-and-campus-solutions/>
- [12] <http://www.arcotel.gob.ec/>. (s.f.). *ARCOTEL*. Recuperado el 2015, de ARCOTEL: <http://www.arcotel.gob.ec/estadisticas/>
- [13] <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/>. (s.f.). *INEC*. Recuperado el 2014, de INEC: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manualateral/Resultados-provinciales/imbabura.pdf>
- [14] <http://www.mikrotik.com/>. (s.f.). *Mikrotik*. Recuperado el 2015, de Mikrotik: <http://routerboard.com/CRS125-24G-1S-RM>
- [15] <http://www.wi-fi.org/>. (s.f.). *Wi-Fi Alliance*. Recuperado el 2014, de Wi-Fi Alliance: <http://www.wi-fi.org/discover-wi-fi>

- [16] <http://www.wimaxforum.org/>. (s.f.). *Wimax Forum*. Recuperado el 2014, de Wimax Forum: <http://www.wimaxforum.org/resources/technical-specifications>
- [17] <https://cursovirtualtelematica.files.wordpress.com/>. (s.f.). *Curso Virtual Telemática*. Recuperado el 2014, de Curso Virtual Telemática: <https://cursovirtualtelematica.files.wordpress.com/2012/10/unidad-3.pdf>
- [18] <https://docs.google.com/>. (s.f.). *Google Docs*. Recuperado el 2014, de Google Docs: <https://docs.google.com/presentation/d/1>
- [19] <https://es.wikipedia.org/>. (s.f.). *Wikipedia*. Recuperado el 2015, de [https://es.wikipedia.org/wiki/Red\\_inal%C3%A1mbrica](https://es.wikipedia.org/wiki/Red_inal%C3%A1mbrica)
- [20] Laura Paucar, M. J. (2011). *Tesis: RED WI-FI PARA PROVEER SERVICIOS DE INTERNET, VOZ SOBRE IP Y VIDEO VIGILANCIA EN LA CIUDADELA “EL EDUCADOR” DE LA CIUDAD DE AMBATO*. Ambato.
- [21] Leyva Machín, E. (2008). ¿Qué es WiFi? *Revista Técnica de la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba S.A.*, 5.
- [22] Llano Díaz, E. (1993). *Telecomunicaciones y Teleproceso*. México: Exa Ingeniería.
- [23] Loján Cajamarca, F. M., Ochoa Torres, B. F., & Pardo Pardo, D. I. (2009). *Tesis: Estudio de aplicabilidad de tecnología WIFI, WIMAX y MESH en enlaces de larga distancia en medios rurales*. Loja.

- [24] Milagreo Lardies, F., & Los Santos Aransay, A. (2009). *Comparativa de IEEE 802.11 e IEEE 802.16: capas física y de enlace*. Universidad de Vigo.
- [25] Noguera Paz, R., Solarte Varney, P., & Agredo Méndez, G. (2009). Criterios técnicos para el diseño e implementación de redes wi-fi en malla como solución de acceso banda ancha en zonas rurales. *Ingenium*, 15-34.
- [26] Pascual, A. E. (2007). Estándares en Tecnologías Inalámbricas. En B. Roger, *Poyecto TRICALCAR*. (pág. 22). Tshwane.
- [27] Pérez González, T., & Granados Bayona, G. (2010). *Redes MESH*. Almería.
- [28] Serrano Santoyo, A., & Martínez, E. (2003). *La brecha digital*. Baja California: Departamento Editorial Universitaria de la Universidad de Baja California.
- [29] TANENBAUM, A. (2003). *Redes de Computadoras*. México: PEARSON EDUCACIÓN.
- [30] Valencia, U. P. (2 de Diciembre de 2010). *Blog Museo de Informática*. Obtenido de Blog Museo de Informática: <http://histinf.blogs.upv.es/>
- [31] Villanueva Llerena, J. (2008). Seguridad avanzada en redes Wireless 802.11x. *JaCkSecurity.com*, 1-57.
- [32] Viloría Núñez, C., Cardona Peña, J., & Lozano Garzón, C. (2009). Análisis comparativo de tecnologías para una solución de servicios de Telemedicina. *Ingeniería y desarrollo*, 18.

- [33] Zamora Márquez, M. (2007). Seguridad en redes inalámbricas. *Revista Técnica de la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba S.A.*, 8.

## 5.4 Glosario

---

### *A*

**ancho de banda:** el ancho de banda es la longitud, medida en Hz, del rango de frecuencias en el que se concentra la mayor parte de la potencia de la señal. · 8, 22, 29, 30, 34, 43, 45, 46, 59, 60, 61, 80, 84

---

### *B*

**Backhaul:** Una red de retorno, en telecomunicaciones, es la porción de una red jerárquica, que comprende los enlaces intermedios entre el núcleo o backbone, y las subredes en sus bordes. · 48

---

### *E*

**electromagnética:** La interacción electromagnética es la interacción que ocurre entre las partículas con carga eléctrica. · 17

**emisor:** Persona que emite o produce el mensaje en el acto de la comunicación · 8, 18

**espectro de frecuencia:** El espectro de frecuencia se caracteriza por la distribución de amplitudes para cada frecuencia de un fenómeno ondulatorio que sea superposición de ondas de varias frecuencias. · 17

---

### *F*

**frecuencia:** Frecuencia es una magnitud que mide el número de repeticiones por unidad de tiempo de cualquier fenómeno o suceso periódico. · 18, 19, 21, 22, 30, 31, 32, 37, 39, 45, 62, 69, 81



---

## *I*

**Impedancia:** es la medida de oposición que presenta un circuito a una corriente cuando se aplica una tensión. · 71

**Itinerancia:** es un concepto utilizado en comunicaciones inalámbricas que está relacionado con la capacidad de un dispositivo para moverse de una zona de cobertura a otra. · 38

---

## *J*

**Jitter:** Se denomina jitter a un cambio indeseado y abrupto de la propiedad de una señal · 30

---

## *M*

**modulación:** Engloba el conjunto de técnicas que se usan para transportar información sobre una onda portadora · 8, 14, 22, 28, 29, 30, 38, 43, 59, 60, 62, 68

---

## *O*

**omnidireccional:** Que se puede utilizar en todas las direcciones o sentidos. · 17, 24, 25, 67, 85, 86

**ondas portadoras:** Una onda portadora es una onda, generalmente senoidal, modificada en alguno de sus parámetros (amplitud, frecuencia o fase) por una señal de entrada denominada moduladora con el fin de transmitir una información · 22, 29

---

## *P*

**protocolos de comunicación:** un protocolo de comunicaciones es un conjunto de reglas y normas que permiten que dos o más entidades de un sistema de comunicación se comuniquen entre ellos para transmitir información por medio de cualquier tipo de variación de una magnitud física. · 26

---

## *R*

**radioeléctricos:** Técnica de producción, transmisión y recepción de sonidos e imágenes por medio de ondas electromagnéticas o hercianas · 13, 46

**radiofrecuencia:** También denominado espectro de radiofrecuencia, se aplica a la porción menos energética del espectro electromagnético, situada entre 3 hercios (Hz) y 300 gigahercios (GHz) · 9, 17, 20, 30, 40

**radiotransmisores:** Un radiotransmisor es un dispositivo electrónico que, mediante una antena, irradia ondas electromagnéticas que contienen (o pueden contener) información, como ocurre en el caso de las señales de radio, televisión, telefonía móvil o cualquier otro tipo de radiocomunicación. · 21

**receptor:** Es el agente que recibe el mensaje, señal o código emitido por un emisor · 8, 18, 22, 36, 50

---

## *S*

**sistemas abiertos:** El sistema abierto es aquel que proporciona alguna combinación de interoperabilidad, portabilidad y uso de estándares abiertos · 26

**suscriptores:** Persona que está suscrita a un servicio periódico · 7, 59

---

## **T**

**teledifusión:** Transmisión de imágenes de televisión a través de ondas electromagnéticas

· 22

**topología:** La topología de red se define como el mapa físico o lógico de una red para

intercambiar datos · 9, 16, 27, 47

---

## **W**

**web hosting:** Alojamiento Web. El alojamiento web (en inglés; web hosting) es el

servicio que provee a los usuarios de Internet un sistema para poder almacenar

información, imágenes, vídeo, o cualquier contenido accesible vía web · 7

## ANEXO A

### HOJAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS EN LA IMPLEMENTACIÓN

#### SWITCH CRS 125-24G-1S-RM

CPU	Qualcomm Atheros AR9344 600 MHz
Memory	128MB
Ethernet	24x 10/100/1000 Mbit/s Gigabit Ethernet with Auto-MDI/X
Expansion	microUSB port
Storage	128MB Onboard NAND with multiple OS partition support
Serial port	One RJ45 serial port
Extras	Reset switch; beeper; voltage and temperature monitoring, touchscreen LCD
Power options	8-28V, 24V 0.8A PSU included
Case dimensions	285x145x45mm
Temperature	-35C to +65C tested
OS	MikroTik RouterOS v6, Level 5 license
Included	CRS switch, power adapter, and USB OTG cable (for 4G dongle or USB drive)



CRS125-24G-1S-RM



CRS125-24G-1S-IN

#### OmniTIK UPA-5HnD

CPU	Atheros AR7241 400MHz network processor
Memory	32MB DDR SDRAM onboard memory
Boot loader	RouterBOOT
Data storage	64MB onboard NAND memory chip
Ethernet	Five 10/100 Mbit/s Fast Ethernet port with Auto-MDI/X, L2MTU frame size up to 2030
Wireless	Wireless Built-in 5GHz 802.11a/n 2x2 MIMO
Antenna	Two 7.5dBi (+/-1dBi) omni with different polarities (ch0 horizontal, ch1 vertical)
Extras	Reset switch, Beeper, USB 2.0 port, Voltage monitor, Temperature monitor
LEDs	5 programmable LEDs (Ethernetactivity by default), one power LED
Power options	Passive 9-30V PoE only. 16KV ESD protection on RF port
Power output	Supports PoE output on ports 2-5. Max current 500mA per port
Dimensions	368x125x55mm, 520g
Operating temp.	-30C to +70C
Operating system	MikroTik RouterOS v5, Level4 license
Package contains	OmniTik unit, mounting bracket, hose clamp, PoE injector, 24V 2.5A power adapter
RX sensitivity	<b>802.11a:</b> -96 dBm @ 6Mbps to -80 dBm @ 54 Mbps <b>802.11n:</b> -96 dBm @ MCS0 to -77 dBm @ MCS7
TX power	<b>802.11a:</b> 26dBm @ 6Mbps to 22dBm @ 54 Mbps <b>802.11n:</b> 25dBm @ MCS0 to 19dBm @ MCS7
Modulations	OFDM: BPSK, QPSK, 16 QAM, 64QAM DSSS: DBPSK, DQPSK, CCK



ACCESS POINT QRT 5

**Details**

Product code	RB911G-5HPnD-QRT
CPU nominal frequency	600 MHz
CPU core count	1
Size of RAM	64 MB
10/100 Ethernet ports	None
10/100/1000 Ethernet ports	1
MiniPCI slots	0
MiniPCI-e slots	0
Wireless chip model	AR9342-BL1A
Wireless standards	802.11a/n
Number of USB ports	0
Power Jack	0
PoE in	Yes
PoE out	No
Supported input voltage	8 V - 30 V
Voltage Monitor	Yes
CPU temperature monitor	No
PCB temperature monitor	Yes
Dimensions	309x320x50mm
Operating System	RouterOS
License level	4
Antenna gain DBI	24
Current Monitor	No
CPU	AR9342-BL1A
Max Power consumption	11W at 24V
SFP ports	0
SFP+ ports	0
Number of chains	2
Serial port	None
Suggested price	\$169.00



**Details**

Product code	RBSXT5HPnDr2
CPU nominal frequency	600 MHz
CPU core count	1
Size of RAM	64 MB
Architecture	MIPS-BE
10/100 Ethernet ports	1
10/100/1000 Ethernet ports	0
MiniPCI slots	0
MiniPCI-e slots	0
Wireless chip model	AR9344-DC3A-R
Wireless standards	802.11a/n
Number of USB ports	1
Memory Cards	0
Power Jack	0
802.3af support	0
PoE out	No
Supported input voltage	5 V - 30 V
PoE in	Yes
Voltage Monitor	Yes
CPU temperature monitor	No
PCB temperature monitor	Yes
Dimensions	140x140x56mm, 265g
Operating System	RouterOS
Operating temperature range	-30 .. +70C
License level	3
Antenna gain DBI	16
Current Monitor	No
CPU	AR9344-DC3A-R
Max Power consumption	11W
SFP ports	0
SFP+ ports	0

USB slot type	USB type A
Number of chains	2
Serial port	None
Suggested price	\$89.00

**Wireless specifications****5 GHz**

	<b>TX</b>	<b>RX</b>
6MBit/s	30	-96
54MBit/s	27	-81
MCS0	30	-96
MCS7	26	-77

*wireless parameters may be limited in software, depending on your local regulatory limitations*





**ANEXO B**

**FORMULARIOS DE SOLICITUD DE PERMISOS DE SERVICIOS DE VALOR  
AGREGADO ARCOTEL**

**FORMULARIO SP-001**

**SOLICITUD DE OTORGAMIENTO DE UN PERMISO PARA LA PRESTACIÓN DE  
SERVICIOS DE VALOR AGREGADO**

Quito, 28 de Febrero de 2014

**Sr. Ing. Javier Véliz Madinyá, MBA.**

**Secretario Nacional de Telecomunicaciones**

**Secretaría Nacional de Telecomunicaciones de la República del Ecuador**

**Ciudad**

**De mi consideración:**


Yo **NUBIA SUSANA MORÁN VILLARREAL** portadora de la cédula de identidad Nro. 100257561-9, domiciliada en la ciudad de Ibarra, Calle Panamá 2-62 y Brasil, solicito el permiso para la **EXPLOTACIÓN DE SERVICIO DE VALOR AGREGADO** (Acceso a Internet)

El permiso solicitado tiene como finalidad brindar el servicio de conexión a internet, en la provincia de Imbabura, para lo cual adjunto los debidos formularios Técnicos y documentos legales que son requisitos para dicho permiso.

Nubia S. Morán Villarreal

Ibarra - Sector El Retorno, Calle Quilago, 1-71 y Rio Chimbo

Telf.0998461404 e-mail: [j\\_technology@hotmail.com](mailto:j_technology@hotmail.com)

	Secretaría Nacional de Telecomunicaciones Solicitud de permiso por adjudicación directa Información e Identificación del Solicitante	IL-001 FECHA:
---	--	------------------

**I. Datos del Solicitante**

Razón Social / Apellidos y Nombres MORÁN VILLARREAL NUBIA SUSANA	Persona Jurídica <input type="checkbox"/>	Numero de Trámite
	Persona Natural <input checked="" type="checkbox"/>	Fecha : 28 / 02 / 2014

Cédula de Identidad	Pasaporte	R.U.C.
1 0 0 2 5 7 5 6 1 9		1 0 0 2 5 7 5 6 1 9 0 0 1

Domicilio Legal (Urbanización, Calle principal, Número, Intercepción 1, Intercepción 2, Piso, Oficina,) El Retorno, Calle Quilago 1-71 y Río Chimbo
--

Ciudad	Cantón	Parroquia (urbana / Rural)	Provincia
Ibarra	Ibarra	San Francisco	Imbabura

Teléfono (s)	Móvil (s)	Fax	E-mail	URL del sitio WEB
	0998461404		j_technology@hotmail.com	

Domicilio Actual (Urbanización, Calle principal, Número, Intercepción 1, Intercepción 2, Piso, Oficina,) Ciudadela Ciudad de Ibarra, Calle Panamá 2-62 y Brasil
--

Ciudad	Cantón	Parroquia (urbana / Rural)	Provincia
Ibarra	Ibarra	El Sagrario	Imbabura

Teléfono (s)	Móvil (s)	Fax	E-mail	URL del sitio WEB
062602071	0998461404		nubys83@hotmail.com	

**II. Datos del Representante Legal (si es persona jurídica)**

Apellidos y nombres	Cédula de Identidad	Pasaporte
Número de Inscripción : _____		Registrador Mercantil de: _____

Domicilio Actual (Urbanización, Calle principal, Número, Intercepción 1, Intercepción 2, Piso, Dpto, Suite)

Ciudad	Cantón	Parroquia (urbana / Rural)	Provincia

Teléfono (s)	Móvil (s)	Fax	E-mail	Página WEB

**III. Datos de la persona jurídica**

Nombre Comercial	Fecha de Constitución	Resolución de Constitución #

Capital Autorizado (USD)	Capital Suscrito (USD)	Capital Pagado (USD)
Vida jurídica remanente (años)	Recursos Estables (USD) (Capital pagado + reservas + Deuda de Largo Plazo + Aporte para Futura Capitalización + provisiones)	Recursos Inmovilizados (USD) (Activos fijos netos, + cuentas por cobrar a largo plazo + participaciones en otras sociedades)

## V. Lista de entregables que se adjuntan

### Persona Natural:

- Copia de la cédula de identidad, de ciudadanía o pasaporte de la persona natural;

### Persona Jurídica:

- Copia del Registro Único de Contribuyentes (RUC);
- Copia certificada o protocolizada, del nombramiento del representante legal, que se halle vigente, debidamente inscrito en el Registro. Mercantil;
- Copia de la cédula de identidad, de ciudadanía o pasaporte del Representante Legal.
- Certificado de existencia legal de la compañía, capital social, objeto social, plazo de duración y cumplimiento de obligaciones extendido por la Superintendencia de Compañías;
- Copia del estatuto social de la compañía;
- Certificado, emitido por el Institutos de Compras Públicas de no hallarse impedido de contratar con el Estado; e,
- Informe de la Superintendencia de Telecomunicaciones respecto de la prestación de servicios de telecomunicaciones del solicitante y sus accionistas, incluida la información de imposición de sanciones en caso de haberlas

## VI. Declaración

Declaro que los datos y documentos proporcionados a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones dentro del proceso de concesión para prestar los servicios de telecomunicaciones son verdaderos y auténticos, ateniéndome a lo que dispone la Ley en el caso de no ser verdadera la información proporcionada.

Se autoriza a ser notificado en el domicilio legal de la empresa, en caso de encontrarse no habido en el domicilio real.

Los datos son reales y verificables, por consiguiente tiene valor de declaración jurada.

Nubia Susana Morán Villarreal  
NOMBRES Y APELLIDOS

C.I.: 1002575619

\_\_\_\_\_  
Firma del solicitante o Representante Legal

Lugar:

Fecha:     /     /       
          Día    Mes    Año

Hora:



**SECRETARÍA NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES  
AL PÚBLICO EN GENERAL**

Pongo en conocimiento que la PERSONA NATURAL NUBIA SUSANA MORÁN VILLARREAL, ha presentado la solicitud para la obtención del Permiso de Servicios de Valor Agregado de Internet.

**INFRAESTRUCTURA DE TRANSMISIÓN:**

**Nacional:**

**Internacional:**

- Enlace físico, entre el Nodo Principal J&Stechnology (IMBABURA, IBARRA) – USA a una velocidad mínima de 12Mbps con un nivel de compartición de 1:1, provisto por el servicio portador de telecomunicaciones de una empresa debidamente autorizada.

**Acceso de abonados:**

- A través de enlaces dedicados físicos e inalámbricos con infraestructura propia y/o provistos por empresas portadoras legalmente autorizadas.

**DESCRIPCIÓN DE LOS SERVICIOS:**

1. Acceso a Internet (Incluye: Correo Electrónico, Búsqueda y Transferencia de Archivos, Alojamiento y Actualización de Sitios y Páginas Web, Acceso a Servidores de: Correo, D.N.S., World Wide Web, News, Bases de Datos, Telnet, Intranet y Extranet).
2. Fax Store & Forward.

**ÁREA DE COBERTURA INICIAL:**

- La Provincia de Imbabura

De acuerdo al artículo 61 del Reglamento General a la Ley, las personas que se consideren afectadas por el contenido de esta publicación, podrán presentar sus oposiciones por escrito en la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones en la siguiente dirección: Av. Diego de Almagro N31-95 y Alpallana, teléfono 2947800, casilla 17-07-9777.

Atentamente,

**SECRETARÍA NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES**

---

Av. Diego de Almagro N31-95 y Alpallana, Edif. Senatel. Telfs: 2947800 Fax: 2901010  
Call Center 1-800SENATEL, Casilla 17-07-9777. [www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec](http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec) Quito-Ecuador

## ANEXO C

### REPORTE DE ENLACE DE LINKPLANNER

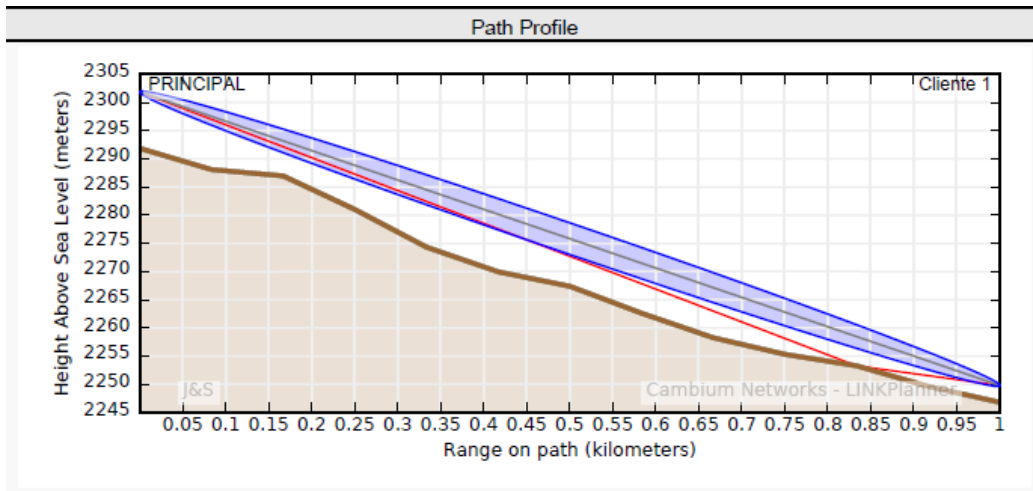
# Project Untitled 2, Link PRINCIPAL to Cliente 1 LINKPlanner Installation Report

19 July 2015

Nubia Moran  
Organization: J&STechnology  
Phone: 0998461404  
Email: nubys83@hotmail.com



Summary	
Link Name	PRINCIPAL to Cliente 1
Customer Company Name	J&STechnology
Link Type	Line-of-Sight
Equipment Type	PTP650
Maximum Obstruction	0 meters
Link Distance	1.000 kilometers
Free Space Path Loss	107.70 dB
Excess Path Loss	0.00 dB
User IP Throughput Expectation Aggregate	Aggregate 453.19 Mbps assuming PTP-650 Series running the 650-01-40 software
RF Frequency Band	5.8 GHz (5725 to 5850 MHz)
RF Channel Bandwidth	45 MHz



Link Configuration	
Capacity	Full (Up to 450 Mbps)
Precise Network Timing	Disabled
Bandwidth	45 MHz
E1/T1	None
Optimization	IP
Sync	Disabled
Symmetry	Adaptive
Dual Payload	Enabled
Highest Mod Mode	256QAM 0.81
Lowest Ethernet Mode	BPSK 0.63 Sngl
Master	PRINCIPAL
Slave	Cliente 1

Installation Notes for PRINCIPAL	
Platform Variant	Integrated Antenna
Antenna Height	10.0 meters AGL
Antenna Type	Cambium Networks Integrated Dual Polar Antenna
Bearing to Cliente 1	14.28° from True North 17.75° from Magnetic North
Magnetic Declination	3.47° W ±0.31° changing by 0.15° W per year
Antenna Tilt angle	-3.0° (downtilt)
Link Name	PRINCIPAL to Cliente 1
Site Name	PRINCIPAL
Latitude	00:19:24.0N
Longitude	078:07:03.3W
Altitude	2302 meters
TDM Interface	None
Master Slave Mode	Master

Installation Notes for PRINCIPAL (continued)	
Dual Payload	Enabled
Max Receive Modulation Mode	256QAM 0.81 Dual
Lowest Data Modulation Mode	BPSK 0.63 Sngl
Link Mode Optimization	IP Traffic
TDD Synchronization Mode	Disabled
Regulatory Band	44 - 5.8 GHz
Channel Bandwidth	45 MHz
Link Symmetry	Adaptive
Maximum Transmit Power	26 dBm
Ranging Mode	Auto 0 to 40 kilometers
Predicted Receive Power	-36 dBm $\pm$ 5 dB
Predicted Link Loss	107.71 dB $\pm$ 5.00 dB
City	
County/Borough/Parish	
FCC ASR Number	
Height AGL with Appurtenances (m)	
State	
Support Structure Type	

Installation Notes for Cliente 1	
Platform Variant	Integrated Antenna
Antenna Height	3.0 meters AGL
Antenna Type	Cambium Networks Integrated Dual Polar Antenna
Bearing to PRINCIPAL	194.28° from True North 197.75° from Magnetic North
Magnetic Declination	3.47° W $\pm$ 0.31° changing by 0.15° W per year
Antenna Tilt angle	3.0° (uptilt)
Link Name	PRINCIPAL to Cliente 1
Site Name	Cliente 1
Latitude	00:19:55.6N
Longitude	078:06:55.3W
Altitude	2250 meters
TDM Interface	None
Master Slave Mode	Slave
Dual Payload	Enabled
Max Receive Modulation Mode	256QAM 0.81 Dual
Lowest Data Modulation Mode	BPSK 0.63 Sngl
Link Mode Optimization	IP Traffic
TDD Synchronization Mode	Disabled
Regulatory Band	44 - 5.8 GHz
Channel Bandwidth	45 MHz
Link Symmetry	Adaptive
Maximum Transmit Power	26 dBm
Ranging Mode	Auto 0 to 40 kilometers
Predicted Receive Power	-36 dBm $\pm$ 5 dB