

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR



FACULTAD DE INGENIERÍA

MAESTRÍA EN REDES DE COMUNICACIONES

INVESTIGACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
MAESTRÍA

TEMA:

“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y DISEÑO DE UNA RED
INALÁMBRICA ISP, PARA PROVEER SERVICIO DE INTERNET EN
LAS COMUNIDADES DE LA CUENCA DEL LAGO SAN PABLO”

JAIME GEOVANNY YACELGA CUSÍN

QUITO – ECUADOR

2017

AUTORÍA

Yo, **Jaime Geovanny Yacelga Cusín**, portador de la cédula de ciudadanía No. **100280107-2**, declaro bajo juramento que la presente investigación es de total responsabilidad del autor, y que se he respetado las diferentes fuentes de información realizando las citas correspondientes. Esta investigación no contiene plagio alguno y es resultado de un trabajo serio desarrollado en su totalidad por mi persona.

Jaime Geovanny Yacelga Cusín

C.I. 100280107-2

DEDICATORIA

A Dios por haberme dado la oportunidad y sabiduría de superarme como profesional porque sin el consentimiento de Él no lo hubiera logrado mi meta.

A mi madre **Carmelina Cusín** por ser mi mejor guía y en especial a mi hija **Camilita Yacelga** por ser mi inspiración y motor que impulsó para terminar mis estudios profesionales de cuarto nivel.

A mis hermanos y familiares por su comprensión y apoyo en los momentos más difíciles durante mi vida estudiantil y laboral.

Jaime Geovanny Yacelga

AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios y la Santísima Virgen María por darme la oportunidad de concluir mi meta esperada, a mi madre **Carmelina Cusín**, familiares y amigos que me han apoyado incondicionalmente para alcanzar este objetivo a lo largo de mi vida profesional.

Un reconocimiento sincero a los mis profesores de la Maestría de la Facultad de Ingeniería, por haber compartido sus conocimientos que conllevan a formar profesionales de excelencia con visión de futuro.

Al Ing. **Juan Francisco Chafra** por haber formado parte de este trabajo y ayudarme en la orientación y dirección del presente proyecto, y a todas las personas que de una y otra manera contribuyeron en la culminación de esta investigación.

Índice de contenido

AUTORÍA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
Índice de contenido.....	iv
Índice de figuras.....	vii
Índice de tablas	x
1. Introducción.....	1
2. Justificación e importancia	3
3. Antecedentes	4
4. Objetivos.....	6
CAPÍTULO I	7
TECNOLOGÍAS DE COMUNICACIÓN INALÁMBRICA	7
1.1 Comunicaciones Inalámbricas	7
1.1.1 Ventajas	9
1.2 Espectro de Radio Frecuencias o Electromagnético (RF)	9
1.2.1 Bandas de frecuencia no licenciada.....	11
1.3 Estándares inalámbricos.	12
1.3.1 Protocolo IEEE 802.11 (WIFI).....	12
1.3.2 Protocolo IEEE 802.16 (WIMAX)	23
1.4 Componentes de un sistema de comunicación inalámbrica (WISP).....	27
1.4.1 Estación Base o Estación de Radio Enlace (EB)	27
1.4.2 Estación Equipo Local del Cliente (CPE).....	40
1.4.3 Estación Troncal (BackHaul).....	40
1.5 Tipos de Sistemas de Enlaces Inalámbricos	41
1.5.1 Enlace Punto a Punto	41
1.5.2 Enlaces Punto a Multipunto	43
CAPÍTULO II	45
DISEÑO DE SOLUCIÓN DE LA RED INALÁMBRICA ISP	45
2.1 Proveedor de Servicios de Internet Inalámbrico (WISP).....	45
2.2 Servicios	46
2.2.1 Servicio DNS (Domain Name Server)	46
2.2.2 Servicio DHCP (Dynamic Host Control Protocol).....	47
2.2.3 Servicio e-mail (correo).....	47
2.3 Cálculos para los Radio Enlaces	48
2.3.1 Cálculo de distancia.....	48

2.3.2 Cálculo del presupuesto de enlace	50
2.3.3 Selección de antena.....	52
2.4 Situación geográfica actual de la red	53
2.5 Ubicación de los puntos de cobertura para el servicio de Internet	54
2.6 Evolución de los sistemas de Internet en Ecuador.....	57
2.7 Conexión al Backbone de Internet.....	60
2.8 Diseño de la infraestructura de la red inalámbrica (WISP).....	63
2.8.1 Red de Concentración.....	63
2.8.2 Red de gestión	64
2.8.3 Red de conexión del Backbone.....	66
2.9 Tecnología del diseño.	69
CAPÍTULO III	73
TECNOLOGÍA DE EQUIPAMIENTO PARA EL DISEÑO DE LA RED	73
3.1 Especificaciones técnicas.....	73
3.1.1 Redes airMAX “AC” Punto a Punto y Punto Multipunto.....	73
3.1.2 Equipos para la Estación Base Principal (Loma de Calpaqui).....	74
3.1.3 Equipos para la Estación Base Secundaria (Loma 4 Esquinas)	75
3.1.4 Equipos para la Estación Base Principal y Secundario de la Red WISP	76
3.2 Equipos Ubiquiti Networks.	77
3.2.1 Radio Rocket 5AC – PTP	77
3.2.2 Antena Rocket Dish Model: RD-5G30.....	78
3.2.3 Antena AirMax ^{ac} Sector Model: AM-5AC21-60.....	79
3.2.4 Antena airGrid M5-HP – 27dBi para clientes CPE	81
3.3 Equipo Mikrotik	82
3.3.1 Router Mikrotik RB1100AHx2	82
3.4 Equipos independientes	83
3.4.1 Router Cisco Modelo 1941	83
3.4.2 Router Inalámbrico Cisco Linksys E120G (CPE)	84
3.4.3 Switch Catalyst 2960S-24PS-L.....	85
3.4.4 Servidor Video-Cache (Dell PowerEdge TM R515).....	86
3.4.5 DELL Inspiron 15-7000	88
3.5 Sistemas de protección y energía	89
3.5.1 Características Eléctricas.....	89
3.5.2 Suministro Primario en CA	89
3.5.3 Toma de Tierra	90
3.6 Medios de soporte.....	91
3.6.1 Inspección del lugar.....	91
3.6.2 Especificaciones Ambientales	92
3.6.3 Instalación de los clientes	93

CAPÍTULO IV	94
ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA Y SISTEMA DE SIMULACIÓN	94
4.1 Propuesta Económica.....	94
4.2 Análisis de costos para el equipamiento de la WISP.	94
4.2.1 Costo Total de Inversión Inicial.....	96
4.3 Planes y Tarifación para tráfico de red	96
4.4 Sistemas de simulación del WISP.	98
4.4.1 AirLink	98
4.4.2 AirOS.....	100
4.4.3 RouterOs.....	102
CAPÍTULO V	104
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	104
5.1 Conclusiones.....	104
5.2 Recomendaciones	105
Referencias bibliográficas.....	107
Anexos.....	109

Índice de anexos

ANEXO 1. FOTOGRAFÍA DE LA TORRE PRINCIPAL (LOMA DE CALPAQUI).....	109
ANEXO 2. FOTOGRAFÍA PANORAMICA DEL IMBABURA Y SUS ALREDEDORES...	110
ANEXO 3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE ROCKE5AC – PTP.....	111
ANEXO 4. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL ROCKETDISH MODEL: RD-5G30....	116
ANEXO 5. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL AIRMAXAC SECTOR MODEL.....	119

Índice de figuras

Figura 1. Ondas de radio del espectro electromagnético	11
Figura 2. Estándares inalámbricos en sistema de redes.	13
Figura 3. Relación alcance-velocidad de las normas ieee 802.11	15
Figura 4. Transmit beamforming (interferencia constructiva).....	19
Figura 5. Canales de 20mhz y 40mhz de ancho de banda.....	20
Figura 6. Cabecera de la trama 802.11.....	21
Figura 7. Cabecera de la trama 802.11n.....	22
Figura 8. Zonas de cobertura de wimax con sistemas de modulación	25
Figura 9. Base estación receptor-emisor de un radio enlace	27
Figura 10. Unidad de procesamiento de señal (spu)	28
Figura 11. Cable coaxial con recubrimiento, dieléctrico, y conductor central.....	29
Figura 12. Tipos de conectores (no están en la misma escala).	30
Figura 13. Unidad de acoplamiento de antena.	31
Figura 14. Dimensiones x, y, y z de una guía de onda rectangular.....	32
Figura 15. Marcas y modelos de poe.....	34
Figura 16. Tipos de antenas más comunes.....	35
Figura 17. Lóbulo principal de propagación de la señal en distintas antenas.	35

Figura 18. Antena sectorial en forma física y su patrón de radiación.	36
Figura 19. Vista de las aperturas de radiación de una antena sectorial.	37
Figura 20. Antena omnidireccional en forma física y su patrón de radiación.	37
Figura 21. Vista de las aperturas de radiación de una antena omnidireccional.	38
Figura 22. Antena de panel en forma física y su patrón de radiación.	38
Figura 23. Antena tipo plato en forma física y su patrón de radiación.	39
Figura 24. Modelos de equipos cpe para enlace del cliente o abonados.	40
Figura 25. Estacion troncal (backhaul)	41
Figura 26. Vista de la conexión punto a punto utilizando repetidores activos.....	43
Figura 27. Enlace punto a multipunto.	44
Figura 28. Arquitectura de un proveedor de servicio de Internet.....	46
Figura 29. Ubicacion de la cuenca del lago san pablo en la provincia de Imbabura.	54
Figura 30. Ubicación de los puntos de cobertura para el servicio de Internet	55
Figura 31. Ubicación de los nodos de enlace principal y secundario.	57
Figura 32. Evolución del acceso a Internet en Ecuador por áreas.....	58
Figura 33. Cuentas de usuarios de Internet en la provincia de Imbabura	59
Figura 34. Mapa de cobertura para transmisión de datos de Telconet S.A.....	62
Figura 35. Diseño de la infraestructura de la red concentración	63
Figura 36. Diseño de la arquitectura de la red de gestión.	66
Figura 37. Diseño de la arquitectura de la red de backbone.	67
Figura 38. Diseño general de la solución de la red inalámbrica WISP 2017	68
Figura 39. Logotipo de Ubiquiti Networks.	73
Figura 40. Diagrama estructural de la estación base principal.....	75
Figura 41. Diagrama estructural de la estación radio base secundaria.....	76
Figura 42. Radio rocket 5ac – ptp (ref. pag. ubiquiti networks 2017)	77
Figura 43. Rocketdisdh – model rd5g30 (ref. pag. ubiquiti networks 2017).	79
Figura 44. Airmaxac sector – model am-5ac31-60 (ref. pag. ubiquiti networks 2017).	80
Figura 45. Antena airgrid m5-hp (ref. pag. ubiquiti networks 2017).	72
Figura 46. Router mikrotik (ref. https://routerboard.com/rb1100ahx2).....	82
Figura 47. Router cisco modelo 1941(ref. http://cisco.com/products).....	83
Figura 48. Router inalámbrico cisco linksys E120G (CPE).....	85

Figura 49. Switch catalyst 2960s-24ps-1 (ref. http://cisco.com/products)	86
Figura 50. Servidor video-cache (DELL poweredgetm R515).....	87
Figura 51. Portatil dell inspirion I5-7000.....	88
Figura 52. Simulación del radio enlace punto a punto con airlink de ubiquiti 2017.	99
Figura 53. Simulación del radio enlace entre nodo punto a punto	100
Figura 54. Pantalla de acceso a la plataforma de configuración del sistema airos	101
Figura 55. Pantalla de interfaz de configuración del sistema airos.....	101
Figura 56. Pantalla de inicio al acceso a la plataforma de config. del sistema.	102
Figura 57. Pantalla de configuración del sistema routers.....	103

Índice de tablas

Tabla 1. Especificaciones técnicas de estándares 802.11.....	16
Tabla 2. Comparación de estándares 802.11n vs 802.11ac.....	18
Tabla 3. Estándares ieee-802.11.....	23
Tabla 4. Comparativa de velocidades	26
Tabla 5. Dimensión de la longitud de onda en guías de onda.....	33
Tabla 6. Areas de cobertura por parroquias.	56
Tabla 7. Análisis de concesionarias de Internet nacional y provincial.	60
Tabla 8. Características del router Cisco 1941.....	84
Tabla 9. Costos de equipos de la red inalámbrica e instalación.	95
Tabla 10. Costos de instalación e implementación secundarios.	95
Tabla 11. Costo de inversión inicial.....	96
Tabla 12. Proyección de demanda de clientes primer año.	96
Tabla 13. Proyección de demanda de clientes segundo año.	97
Tabla 14. Comparación de tarifas del servicio con otras empresas.	98

1. Introducción

Las telecomunicaciones juegan un rol importante en la sociedad actual, como importante medio de comunicación han ofrecido a través del tiempo, una forma más fácil de llevar a cabo las acciones cotidianas y de apropiarse de todo tipo de informaciones. Su desarrollo y crecimiento contribuyen al proceso de la globalización, e impulsan a su vez la innovación.

El presente trabajo se enfoca al desarrollo del estudio de factibilidad técnica, económica, legal y diseño de una red inalámbrica que sirve como una propuesta de implementar un ISP que permita brindar el servicio a las parroquias de San Pablo del Lago, Gonzales Suárez, San Rafael, La Compañía y sus comunidades rurales pertenecientes al cantón Otavalo de la provincia de Imbabura, con una población aproximada de 32.056 habitantes (según el último censo del 2010) bañados por la Cuenca del Lago San Pablo.

Mediante un análisis personal del servicio al que se tiene acceso en la actualidad en este sector se ha consultado a muchas personas sobre la posibilidad de tener una empresa proveedora de Internet, que brinde un servicio eficiente y de calidad. La propuesta es interesante para las comunidades de la Cuenca del Lago, tener acceso a Internet con calidad y suficiente velocidad de transferencia, que les permita acceso a la información actualizada, educación virtual, redes sociales, entre otras opciones.

A través del estudio se propone que de una manera inalámbrica se pueda llegar con el servicio hasta sus domicilios de una mejor manera, puesto que la propuesta es de realizar un análisis técnico a la tecnología a utilizar.

En el estudio técnico se desea plantear una infraestructura con equipos y dispositivos que se utilizan en un ISP. Con un nodo central como estación base ubicados estratégicamente en los alrededores de la cuenca del Lago, y así cubrir con Internet inalámbrico las zonas rurales de las parroquias; que cuentan con una superficie aproximada de alrededor de 150 km² de la cuenca del Lago.

Existe demanda evidente de acceso a Internet con ancho de banda pues la población cuenta con algunos dispositivos móviles utilizados para acceder a descargas de voz, video y datos en tiempo real, y estos se logran con velocidades mínimas de 512 Kbps.

Con respecto a lo económico se sugiere realizar una propuesta a futuro que involucren recursos necesarios, plan de inversiones del proyecto y un posible financiamiento al sistema de dispositivos y equipamiento, infraestructura, entre otros.

2. Justificación e importancia

Las personas cada vez demandan el uso de la tecnología y uso a recursos de la información y más aún si es beneficioso en el área social y educativo. El presente estudio técnico tiene impacto dentro del ámbito Social, ya que permitirá a los ciudadanos de las comunidades rurales de las parroquias bañadas por la cuenca del Lago San Pablo, acceder a los servicios de red e infraestructura local (WISP).

Por lo cual presentará una variedad de beneficios que brindará un servicio eficiente y de calidad a sitios alejadas de la parte urbana tales como actividades de autoconocimiento mediante programas educativos, accesos a redes sociales, pago de servicios en línea, accesos a publicaciones de información en la web, intercambio de información a través de video conferencias, educación a distancia, investigaciones sobre nuevos temas de discusión culturales, geográficos y de historia, además del intercambio de información y contenido de interés social y educativo. Así como se hace referencia a lo siguiente apartado:

Desde el punto de vista de la globalización, la revista electrónica *Económicas Online* publicada en 2008, plantea que cada vez más universidades sitúan información en Internet para que esté a disposición para todos y que más usuarios accedan a sus plataformas con la finalidad de realizar investigación referente a temas de interés social, investigativo y educativo. (Taveras, 2013)

3. Antecedentes

En la actualidad las empresas o personas que distribuyen el servicio de Internet no lo han hecho de una forma responsable, ya que los usuarios de la Cuenca del Lago San Pablo en su mayoría no cuentan con la accesibilidad ofrecida de este servicio e información que provee.

Con el paso del tiempo y la innovación de las tecnologías los usuarios que acceden a Internet, necesitan una forma más fácil de poder realizar todas las actividades propias del servicio, usando diferentes medios de comunicación y aplicaciones, debido a la rapidez con la que las tecnologías avanzan, uno de los medios más utilizados en la actualidad son las computadoras o dispositivos móviles, que tienen la capacidad de interconectarse con otros por diversos medios como lo son cables, o bien microondas en forma inalámbrica (WI-FI, GSM, BLUETOOTH, 3G Y LTE 4G).

Las tecnologías inalámbricas son una forma de poder realizar la comunicación, pero son poco accesibles para el público en general. Aunque el surgimiento tiene varios años, hasta hace poco tiempo despuntaron como una tecnología que se está volviendo esencial para todas las personas por su practicidad y facilidad de uso. En pleno siglo XXI los lugares que cuentan con estas tecnologías son cada vez más entre los que se encuentran hoteles, restaurantes, parques, oficinas gubernamentales, instituciones educativas, centros comerciales, hogares, entre otros.

Las ondas de radio tienen algunas propiedades inesperadas en comparación con una red cableada Ethernet. El presente trabajo trata de generar un método que permita distribuir Internet a un costo asequible.

La comodidad que este servicio ofrece es superior a las redes cableadas, ya que cualquier usuario puede conectarse desde un punto distinto dentro de un rango suficientemente amplio de cobertura; gracias a que en la actualidad existen distintos estándares como 802.11 y el suficiente equipamiento necesario que lo soportan como son: computadoras, celulares, impresoras, cámaras web, entre otros periféricos.

Las instituciones educativas son una de las organizaciones que ha apostado sobre las tecnologías inalámbricas como la WI-FI por la practicidad y la versatilidad que ofrece a los estudiantes y personas conectadas en el mundo digital.

El propósito del estudio es el diseño de la infraestructura tecnológica que brinde una posible implementación futura, sobre todo contribuir con un servicio a la población rural. Además, el proyecto busca identificar las tecnologías de comunicación inalámbricas más eficientes, analizando sus características, ventajas, estándares de uso, enlaces de cobertura y los principales puntos donde éstas se localizan para determinar problemas y posibles mejoras.

4. Objetivos

General

Realizar el estudio de un diseño técnico de una red inalámbrica ISP, para proveer servicio de Internet en las comunidades de la Cuenca del Lago San Pablo, mediante un enlace punto multipunto.

Específicos

1. Analizar el estado de arte de las tecnologías de comunicación inalámbrica para enlazar nodos punto a punto y multipunto.
2. Diseñar una red con nodos y repetidores de banda ancha de internet para el enlace entre los usuarios finales.
3. Describir los componentes y selección de equipos para la red de internet de un ISP inalámbrico para la Cuenca del Lago San Pablo.
4. Realizar una propuesta económica para la implementación de la red a corto plazo, misma que brinde servicios de transmisión de Internet para el usuario.

CAPÍTULO I

TECNOLOGÍAS DE COMUNICACIÓN INALÁMBRICA

1.1 Comunicaciones Inalámbricas

Las comunicaciones inalámbricas son una forma de poder realizar una transmisión de señal, pero son poco accesibles para el público en general. Aunque el surgimiento tiene varios años, hasta hace poco tiempo despuntaron como una tecnología que se está volviendo esencial para todas las personas por su practicidad y facilidad de uso, llamadas también Wireless (Conexión sin cable) son el medio de comunicación que utiliza ondas de radio, las mismas que se desplazan por el aire (espacio libre de obstáculos)

Las distintas tecnologías inalámbricas se agrupan según el radio de acción de cada una de ellas:

Comunicaciones de banda ancha celular: Está constituida por algunas organizaciones empresariales, nacionales e internacionales que emplean el acceso de datos móviles de un proveedor de servicios para suministrar conectividad de red de banda ancha celular. A disposición primeramente en 1991 con los teléfonos celulares de segunda generación (2G), con velocidades superiores estaban disponibles en 2001 y 2006 formando parte de la tercera (3G) y la cuarta (4G) generación de la llamada tecnología de comunicaciones móviles.

Comunicaciones de banda ancha satelital: Facilita el acceso de red a sitios remotos a través de la utilización de una antena parabólica direccional alineada con un satélite concreto en la órbita geoestacionaria (GEO) de la Tierra. Es usual que esta sea más costosa y necesite de una línea de vista despejada.

Comunicaciones inalámbricas de área extensa (WWAN, *Wireless Wide Area Network*): Este tipo de redes poseen una cobertura con más amplitud. La familia de estándares IEEE 802.20 o UMTS resultan ser los más significativos de este tipo de redes.

Comunicaciones inalámbricas de área metropolitana (WMAN, *Wireless Metropolitan Area Network*): El rango de acción promedio en el que se mueven es de 50 Km aproximadamente, y el estándar más relevante en este campo es el 802.16 (WiMAX). A esto se le agrega la movilidad a WiMAX en 2005, y los proveedores de servicios la tienen a su disposición para suministrar banda ancha de datos móviles.

Comunicaciones inalámbricas de área local (WLAN, *Wireless Local Area Network*): En este caso son las que se han beneficiado con un mayor estímulo gracias al estándar IEEE 802.11 (WiFi) y sus innumerables variantes, utilizadas generalmente para dar acceso a la red a los usuarios domésticos y empresariales, esto puede incluir tráfico de datos, voz y video a distancias que van hasta 300 m.

Comunicaciones inalámbricas de área personal (WPAN, *Wireless Personal Area Network*): Su rango de acción es limitado, esta reducido a unas pocas decenas de metros. El más representativo es el IEEE 802.15.1 (Bluetooth).

Comunicaciones inalámbricas de área corporal (WBAN, *Wireless Body Area Network*): El rango de acción está muy restringido, y lo constituyen sensores implantados o acoplados, de algún modo, al cuerpo humano, y que su función es monitorizar parámetros vitales, los cuales se envían de forma inalámbrica a una estación base, en la cual se reciben estos datos y se analizan. Entre los estándares usados está IEEE 802.15

1.1.1 Ventajas

Flexibilidad: Su flexibilidad está dada por permitir la interconexión de ubicaciones complejas, que se pueden ajustar de forma sencilla a las exigencias impuestas.

Escalabilidad: A través de esta característica aparece la posibilidad de adaptar y ampliar velozmente las cualidades de la red en cuanto a cobertura y ancho de banda.

Rapidez de despliegue: De forma general, el despliegue de una red inalámbrica es bastante rápido, si se toma en cuenta debe existir un equipamiento o una infraestructura previamente preparada (torres de comunicación, farolas, almacenamientos de agua a grandes alturas) para ser aprovechada y poder realizar la instalación.

Reducción de costos: De forma general es menos costoso desplegar una red inalámbrica que un cableado, sobre todo si están creadas las infraestructuras previas que puedan aprovecharse, como se ha mencionado anteriormente.

1.2 Espectro de Radio Frecuencias o Electromagnético (RF)

Todos los dispositivos inalámbricos funcionan en la banda de las ondas de radio del espectro electromagnético. Es responsabilidad del Sector de Radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU-R) regular la asignación del espectro de radiofrecuencia (RF). Los rangos de frecuencia, denominados “bandas”, se asignan con distintos propósitos. Algunas bandas en el espectro electromagnético están reguladas en gran medida y se usan para aplicaciones como las redes de control del tráfico aéreo y de comunicaciones de

respuesta de emergencias. Otras bandas no tienen licencia, como la banda industrial, científica y médica (ISM) y la banda de infraestructura de la información nacional (UNII).

La comunicación inalámbrica ocurre en la banda de las ondas de radio (es decir, de 3 Hz a 300 GHz) del espectro electromagnético, como se muestra en la ilustración en la figura. La banda de las ondas de radio se subdivide en una sección de radiofrecuencias y una sección de frecuencias de microondas. Las comunicaciones de WLAN, Bluetooth, datos móviles y satelitales operan en las bandas de microondas UHF, SHF y EHF.

Los dispositivos LAN inalámbricos tienen transmisores y receptores sintonizados en frecuencias específicas de la banda de ondas de radio. Específicamente, se asignan las siguientes bandas de frecuencia a las LAN inalámbricas 802.11:

- **2,4 GHz (UHF):** 802.11b/g/n/ad
- **5 GHz (SHF):** 802.11a/n/ac/ad
- **Banda de 60 GHz (EHF):** 802.11ad

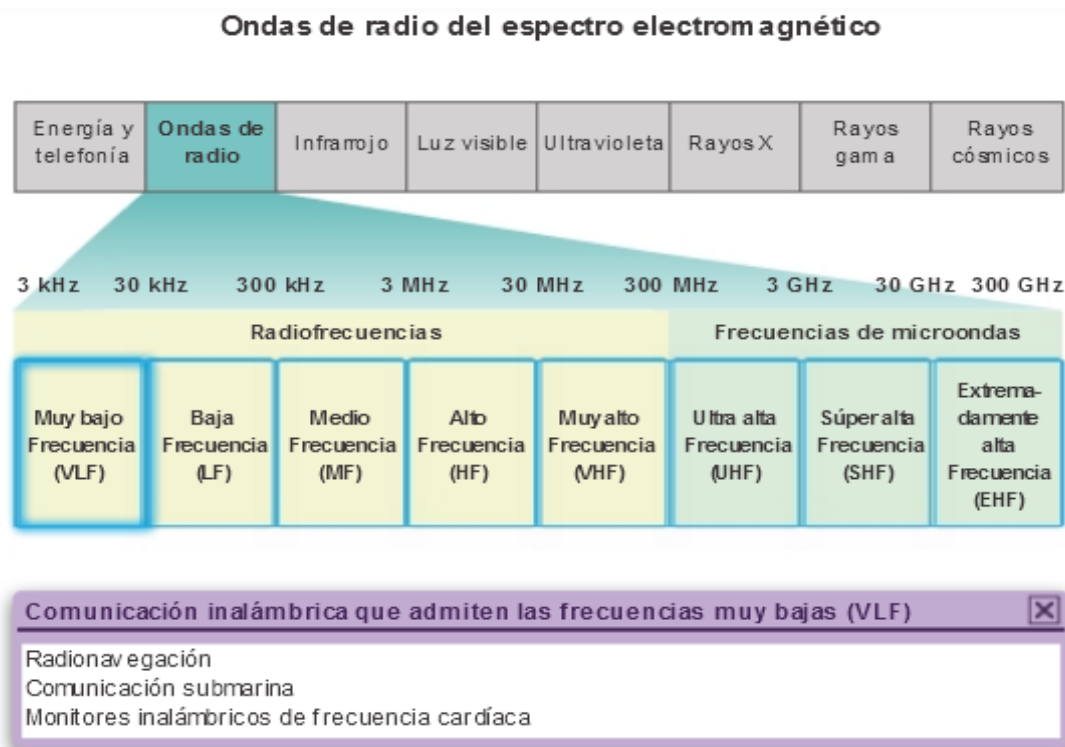


Figura 1. Ondas de radio del espectro electromagnético

Fuente: (Redes inalámbricas, 2016)

Para poder hacer transmisiones sobre el aire, que es el medio utilizado por los dispositivos inalámbricos, la IEEE desarrolló un estándar que define el uso de frecuencias no licenciadas (públicas) para la comunicación en Redes de Área Local Inalámbricas (WLANs). Esta especificación 802.11 define las operaciones de envío y recepción usando la misma frecuencia en modo Half-Duplex, es decir, no permitiendo el proceso de envío-recepción al mismo tiempo sino, uno a la vez.

1.2.1 Bandas de frecuencia no licenciada

Para el control de las transmisiones hechas sobre el espectro de Radio Frecuencias, existen autoridades encargadas de administrar el uso de las frecuencias y asignarlas a distintos medios

como radio, televisión o redes inalámbricas. Dichas autoridades son definidas por regiones o países como, por ejemplo: Federal Communications Commission para los Estados Unidos, Conference of European Post and Telecommunications para Europa, Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL) para Ecuador, entre otras. Las bandas de frecuencias no licenciadas, están disponibles para el uso en Redes de Área Local (WLAN) aunque varían de región en región.

1.3 Estándares inalámbricos.

1.3.1 Protocolo IEEE 802.11 (WIFI)

El protocolo 802.11 fue creado en 1997 por el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE), y determina la utilización de dos de los niveles más bajos de la arquitectura OSI (capa física y enlace de datos), especifica, además, las normas de funcionamiento que deberán seguirse en un local de ambiente inalámbrico (WLAN).

El dispositivo de acceso al medio que define el estándar 802.11 original es el CSMA/CA (Acceso Múltiple por Detección de Portadora/Limitación de Colisiones), y la modulación se elige entre DSSS (Direct Sequence Spread Spetrum, espectro ensanchado por secuencia directa) y FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum, espectro ensanchado por saltos de frecuencia).

Se permiten velocidades de 1 Mbps hasta 2 Mbps, y se mueve en la banda de frecuencias de 2,4 GHz (2,412 GHz – 2,484 GHz). Debido a que esta banda es de acceso público tiene muchas interferencias, y es la usada por los teléfonos inalámbricos y los hornos microondas, entre otros dispositivos.

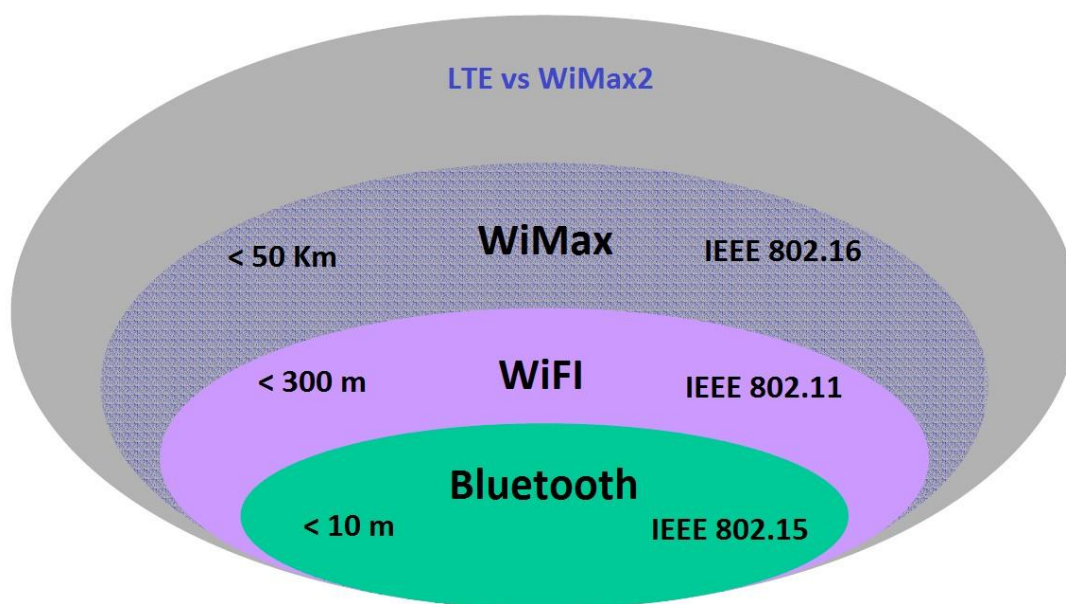


Figura 2. Estándares Inalámbricos en sistema de redes

Fuente: (Mohammed , 2012).

Las mejoras se han ido implementado a partir de este estándar, de este modo van surgiendo nuevos sub- estándares. Las especificaciones más usadas hasta la actualidad se analizarán a continuación con más detalles.

1.3.1.1 IEEE - 802.11^a.

Aunque fue estandarizado por el IEEE en julio de 1999, no es hasta mediados de 2002 que llega a comercializarse, su alcance llega a 54Mbps en la banda de 5 GHz llamada UNII (Infraestructura de Información Nacional sin Licencia) con modulación OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing), la cual contribuye a disminuir al máximo las interferencias y aumenta considerablemente la cantidad de canales sin solapamiento. Una

desventaja es que su radio de alcance está restringido a 50 m producto de un mayor índice de absorción, lo que lleva a la necesidad de instalar más puntos de acceso para cubrir la misma superficie que si se utilizase 802.11b. Esta norma no es semejante a los productos de 802.11b, puesto que no siguen el uso del mismo rango de frecuencias.

1.3.1.2 IEEE - 802.11b.

El estándar primordial de redes inalámbricas, conocido comúnmente como Wifi, es aprobado por IEEE en septiembre 1999. Esta emplea una modulación DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum), y llega a alcanzar una velocidad de 11 Mbps trabajando dentro de la banda ISM (Industrial, Scientific and Medical) 2,4 GHz que tampoco requiere licencia. Puede llegar a soportar hasta 32 usuarios por AP (Punto de Acceso) con una potencia máxima de 100 mW.

Presentar también los inconvenientes de 802.11a, es decir, la falta de QoS, pero además se plantean otras desventajas a la hora de operar en la banda 2,4 GHz, pues existen varias fuentes de interferencias debido a la utilización de esta misma banda por diversos equipos electrónicos (teclados y ratones inalámbricos, teléfonos, etc).

Por el contrario que la descripción anterior, 802.11b ha tenido amplia aceptación en el mercado a pesar de sus inconvenientes. Algunas de estas aceptaciones están dadas debido a su bajo costo, la velocidad admisible y la compatibilidad conquistada al ser certificado por la WiFi Alliance.

1.3.1.3 IEEE - 802.11g.

Siempre que sea compatible con los productos 802.11b y que se sirvan de la misma frecuencia de trabajo, logra conseguir velocidades de hasta 54 Mbps y soporta modulaciones DSSS y OFDM, por tanto, consigue las mismas particularidades de transmisión que el estándar 802.11b y sostiene la fiabilidad de transmisión con la disminución de la tasa de transmisión.

Los dispositivos que admiten la especificación 802.11g salieron al mercado antes de la publicación oficial del estándar. Esto se debió, en alguna medida, a que los aparatos ya fabricados para el estándar 802.11b podrían ser adaptados para trabajar sobre el novedoso 802.11g.

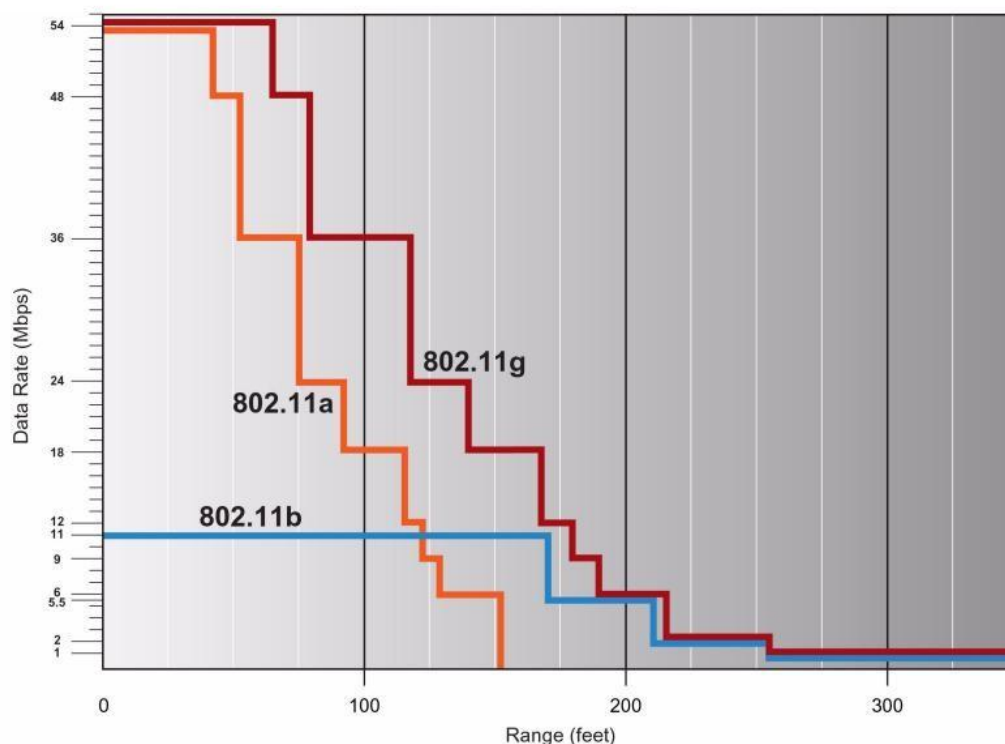


Figura 3. Relación alcance-velocidad de las normas IEEE 802.11

Fuente: (The new Mainstream Wireless LAN Standard, s.f.)

Como se puede observar, las señales que se propagan en la banda de 5GHz (802.11a) tienen deficientes particularidades con respecto al rango de cobertura, es más restringido que en las descripciones b y g del estándar 802.11.

ESTANDAR	BANDA DE USO (GHZ)	MODULACION	ALCANCE (MTS)	VELOCIDAD (MBPS)	CANALES SIN SOLAPAMIENTO
802,11a	5	OFDM	50	54	12
802,11b	2,4	DSSS	100	11	3
802,11g	2,4	OFDM	100	54	3

Tabla 1. Especificaciones técnicas de estándares 802.11

Fuente: (Mohammed , 2012, pág. 34)

1.3.1.4 IEEE - 802.11s.

Estas redes también son conocidas como Mesh, 802.11s, y es la descripción perfeccionada por el IEEE para las redes WiFi malladas, este estándar define cómo los dispositivos inalámbricos pueden interconectar y crear una red de malla de WLAN, y se puede usar para topologías estáticas y redes ad hoc . Es un tipo de red donde cada nodo está acoplado a uno o varios nodos lo que propicia que esta información se transmita de un nodo a otro por diferentes caminos.

La idea de implantar estos sistemas económicos de redes WiFi Mesh surgió como un modo de satisfacer las necesidades de comunicación de los ayuntamientos y los servicios de emergencia, lo que ha tenido mucha aceptación en los últimos años.

1.3.1.5 IEEE - 802.11n.

Los cambios en el formato de trama, MIMO (Multiple Input – Multiple Output) son los más notables de este nuevo estándar establecido por el grupo TGn, pues ellos incrementan la velocidad de transmisión entre dispositivos WiFi hasta 600 Mbps.

1.3.1.6 IEEE - 802.11ac (WiFi 5G o WiFi Gigabit).

Es una mejora a la norma IEEE 802.11n, se ha desarrollado entre el año 2011 y el 2013, y finalmente aprobada en enero de 2014. Esta actualización se centra en mejoras pequeñas pero muy significativas, ya que prácticamente **se está doblando la velocidad** llegando a un promedio de entre 2,34 y 3,47 Gbps; se mantiene el uso de la banda de los 5 GHz pero el ancho de banda se incrementa gracias a una ampliación en la frecuencia de los 80 MHz hasta los hasta 160 MHz. (Wni Wireless Solutions, s.f.)

La velocidad es proporcional al aumento en el número de canales de flujo inalámbricos para transmisión, una mayor cantidad de canales de flujo requerirá una mayor cantidad de antenas, conectores RF y cadenas en el transmisor y receptor para alcanzar las velocidades Gigabit prometidas.

Además, la forma en la que se transmiten las señales de radio también cambia, haciendo uso del beamforming (modelado de haz), donde la señal es concentrada y dirigida hacia el dispositivo que se desea conectar, eliminando las zonas de sombra y, al mismo tiempo mejorar la potencia y la fiabilidad de la señal en todas las distancias.

Cabe mencionar que preocuparse por la compatibilidad del estándar 802.11ac es innecesario, ya que está diseñado de una manera profunda para convivir de manera eficiente con dispositivos 802.11a/n existentes, al mismo tiempo al transmitir más datos en menos tiempo, el estándar 802.11ac ayudará a aumentar el rendimiento de la batería de los dispositivos móviles.

En la siguiente tabla se muestran una comparación de las características del estándar 802.11n vs 802.11ac:

	IEEE 802.11n	IEEE 802.11ac
Frecuencia de Operación	2.4GHz y 5GHz	5GHz
Canales	20, 40MHz	20, 40, 80 y hasta 160 MHz
Streams	1 a 4	1 a 8
MU-MIMO	No	Si
Máxima tasa de transferencia por radio (1x1)	150 Mbps	450 Mbps
Máxima tasa de transferencia por radio (3x3)	450 Mbps	1.3 Gbps

Tabla 2. Comparación de Estándares 802.11n Vs 802.11ac

Fuente: (Ranklin , 2012, pág. 128)

Otra de las ventajas es que ahora se da el salto a un uso de hasta cuatro antenas transmisoras, además de que se **incrementa el número de canales hasta 37**, por lo que tiene menor interferencia para aprovechar todo el ancho de banda disponible. (WNI Wireless Solutions, s.f.)

1.3.1.7 MIMO

Con la intención de aumentar la correlación señal-ruido (SNR), MIMO (Multiple-input múltiple-output), el estándar 802.11n aplica una técnica nombrada transmit beamforming, que coordina la señal enviada por el transmisor, el cual c o n s t a de más de una antena de transmisión, el objetivo de esta técnica es optimar de forma considerable la señal recibida por el receptor, tal y como se muestra en la Figura 4:

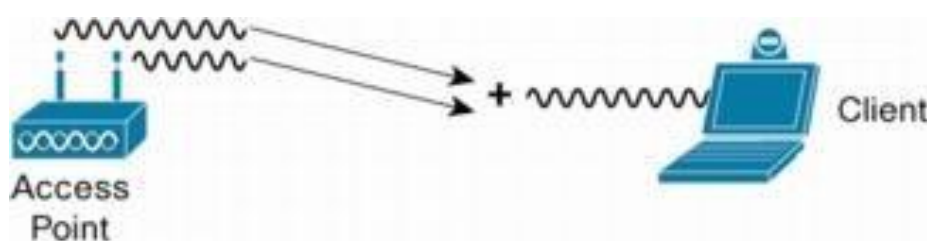


Figura 4. Transmit beamforming (Interferencia constructiva)

El transmit beamforming es muy práctico cuando la transmisión se hace a un sólo receptor, pero no se utiliza para transmisiones multicast o de difusión porque en este caso, no es posible perfeccionar la fase de la señal transmitida.

1.3.1.8 Mejoras de radio.

El 802.11n trae algunas mejoras a la hora de usar el entorno radio con la intención de mejorar el caudal neto de la WLAN. Las mejoras más notables son: el aumento del ancho del canal, la ampliación en la velocidad de la modulación y la disminución de las cabeceras.

A continuación, se detallan estas mejoras.

▪ **Aumento del canal de transmisión:** El 802.11n usa canales con un ancho de banda de 20MHz y 40MHz y los estándares 802.11a/g de 20MHz, en contraposición del estándar 802.11b que se vale de un canal con un ancho de banda de 22MHz. Un canal de 40MHz contiene dos canales de 20MHz contiguos. Esta idea del solapamiento está pensada para utilizar el ancho de banda de las cabeceras de inicio del canal y las cabeceras de la cola del canal a fin de enviar datos. Al juntar estos dos canales adyacentes la cola del primer canal (usada para disminuir la interferencia entre canales adyacentes) y la cabecera del segundo canal ya no tienen provecho y el ancho de banda que tienen pasa a ser utilizado para la transmisión de datos. De esta suma se consigue un canal de 40MHz., como se muestra en la Figura 5:

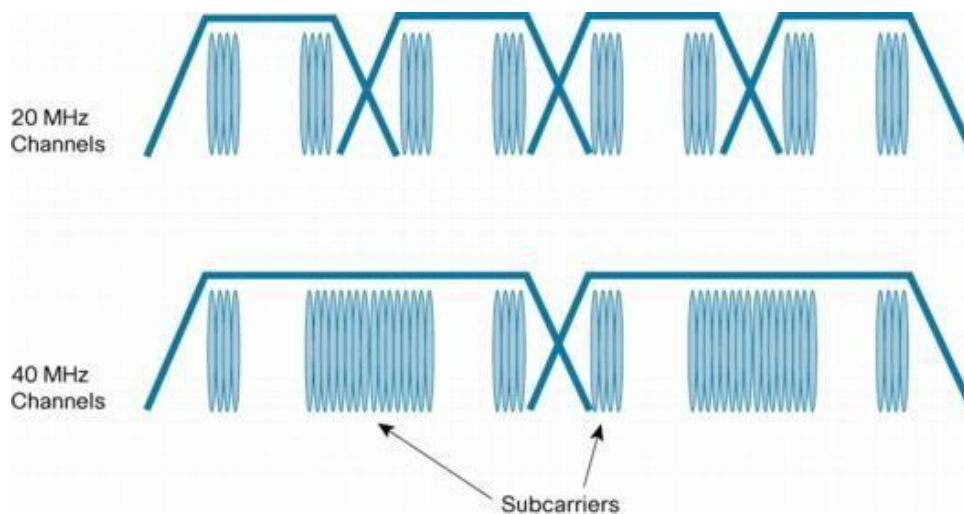


Figura 5. Canales de 20MHz y 40MHz de ancho de banda

Fuente: (Fachini, 2010)

▪ **Alta tasa de modulación:** El estándar 802.11n emplea la modulación OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing), del mismo modo que 802.11a/g de 4 símbolos por microsegundo. OFDM fragmenta un canal de transmisión en varios subcanales, cada uno de

ellos tiene su propia subportadora y cada subportadora transporta información indistintamente de las otras portadoras. El incremento del ancho de banda de los canales de 802.11n a 40MHZ ofrece más portadoras y esto a su vez se convierte en un aumento de la velocidad de transmisión, la cual puede llegar a conseguir hasta los 600Mbps.

- **Reducción de cabeceras (intervalo de guarda):** El intervalo de guarda no es más que un periodo de tiempo que se usa para disminuir al máximo la interferencia entre símbolos. Esta interferencia obedece a las señales con multitrayectoria, cuando el nuevo símbolo llega antes de que finalice la recepción del símbolo que le precede. El 802.11a/g tiene un intervalo de guarda de 800 nanosegundos, por eso permite esta diferencia de trayectorias de 245 metros. El 802.11n en su modo por defecto, también aplica un intervalo de guarda de 800 nanosegundos, y además puede utilizar un intervalo de guarda de 400 nanosegundos, esto quiere decir que si se reduce el tiempo de transmisión de un símbolo que pasa de ser de 4 a 3.6 microsegundos, se produce un aumento de la tasa de transferencia.

1.3.1.9 Mejoras en la MAC.

Cada fragmento transmitido en un dispositivo 802.11 tiene un campo de cabecera fijo que le vincula el preámbulo radio y el campo de MAC, esto hace que se reduzca el caudal efectivo. Dicha cabecera se muestra en la Figura 6:

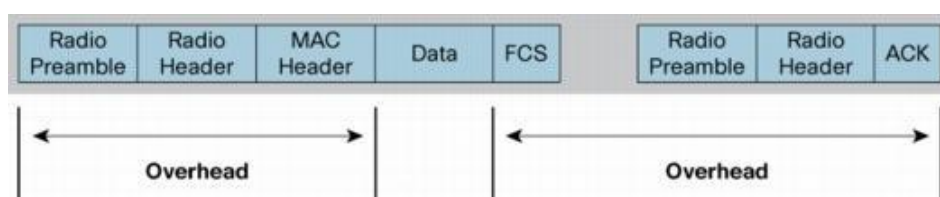


Figura 6. Cabecera de la trama 802.11

Fuente: (Estado del arte 802.11. , s.f.)

Para disminuir esta cabecera, 802.11n introduce lo que se conoce como Frame Aggregation, y que consiste en el envío de dos o más fragmentos en una sola transmisión tal y como se muestra en la Figura 7:

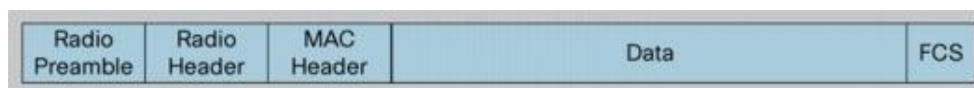


Figura 7. Cabecera de la trama 802.11n

El estándar 802.11n establece dos métodos de frame aggregation: Mac Service Data Unit (MSDU) aggregation y Message Protocol Data Unit (MPDU) aggregation. Con este procedimiento, el tamaño de la trama aumenta de 4KB a 64KB y el número de colisiones se ve disminuido de forma drástica. La limitación de este procedimiento es que las tramas agregadas en la transmisión necesitan tener el mismo destino. En la tabla que se muestra a continuación se incluye un resumen de todas las descripciones de todos estándares de grupos 802.11:

ESTANDARES	DESCRIPCION
802.11a	Operando en 5 GHz ISM band con data rate de más de 54 Mbps
802.11b	Operando en 2.4 GHz ISM band con data rate de más de 11 Mbps
802.11e	QoS y Prioridades
802.11f	Handover
802.11g	Operando en 2.4 GHz ISM band con data rate de más de 54 Mbps
802.11h	Control de potencia
802.11i	Autenticación y encriptación
802.11j	Interworking
802.11k	Informe de medidas
802.11n	Operando en 2.4 and 5 GHz ISM bands con data rate de más de 600 Mbps
802.11s	Redes Mesh
802.11ac	Operando en 5 GHz con un máximo data rate de 1 Gbps Para operaciones multi-estación y 500 Mbps para un único enlace
802.11ad	Muy alto throughput a frecuencias mayores de 60GHz
802.11af	Wi-Fi en el espectro TV, white spaces (se suele llamar White-Fi)

Tabla 3. Estándares IEEE-802.11

Fuente: (Estado del arte 802.11. , s.f.)

1.3.2 Protocolo IEEE 802.16 (WIMAX)

Son el resultado de emplear las tecnologías inalámbricas a las redes fijas de telecomunicaciones. Su diseño está en función de los clientes que no tienen movilidad, su evolución comenzó con el llamado LMDS (*Local Multipoint Distribution System, Servicio de Distribución Local Multipunto*) Suministra velocidades de acceso simétricas y usa bandas licenciadas del espectro radioeléctrico. La transformación a los sistemas digitales ha conseguido la que se integren totalmente los servicios en el estándar de acceso fijo inalámbrico LMDS.

La evolución de esta tecnología, llamada también WIMAX, se ha favorecido por la aparición del estándar 802.16 lanzado en 2004.

1.3.2.1 Características principales.

WiMax se basa en la modulación OFDM (Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales), muy eficaz en el momento de transmitir datos sobre canales con ancho de banda superior a 5MHz. Por debajo de ese ancho de banda, los actuales sistemas 3G que se basan en CDMA (Code division multiple access) pueden compararse en cuanto a rendimiento, pero mientras más se incrementa el ancho de banda, estos sufren un sinnúmero de pérdidas debido a la interferencia entre los símbolos, es en este punto donde OFDM marca la diferencia.

OFDM está basado en la transformada de Fourier, a través de la que se habilitan 52 canales que solapan sin perder sus peculiaridades particulares (Ortogonalidad). Este es un modo perfecto de utilizar el espectro y, a su vez, hace que los canales se procesen y reciban más eficientemente. OFDM es una modulación que envía la información modulando en QAM (Quadrature Amplitude Modulation) o PSK (Phase Shift Keying) un grupo de portadoras de distintas frecuencias.

OFDM se ha extendido muchísimo en las comunicaciones inalámbricas debido a su resistencia a las interferencias y a las degradaciones de señal. Esto se da porque las frecuencias, al ser ortogonales entre ellas, eliminan (solo de modo teórico) las interferencias entre canales. Por ello, usando OFDM se alcanza una distancia mayor con menos interferencias.

1.3.2.1.1 Alta tasa de transferencia.

El estándar 802.16 contiene técnicas MIMO (Multiple Input Multiple Output) con esquemas flexibles de sub-portadoras, codificación avanzada y modulación de hasta 64 QAM (Quadrature Amplitude Modulation). De esta manera, la celda se divide en tres áreas concéntricas con distinta modulación en dependencia de la distancia a la estación base, facilitando modulaciones más provocadoras a los clientes más cercanos, que mejorarán la relación señal ruido, y modulaciones más fuertes para los más alejados. Como se muestra en el gráfico de la Figura 8, los clientes más cercanos utilizarán la modulación 64QAM, los siguientes con 16QAM, y los que se encuentren más alejados QPSK.

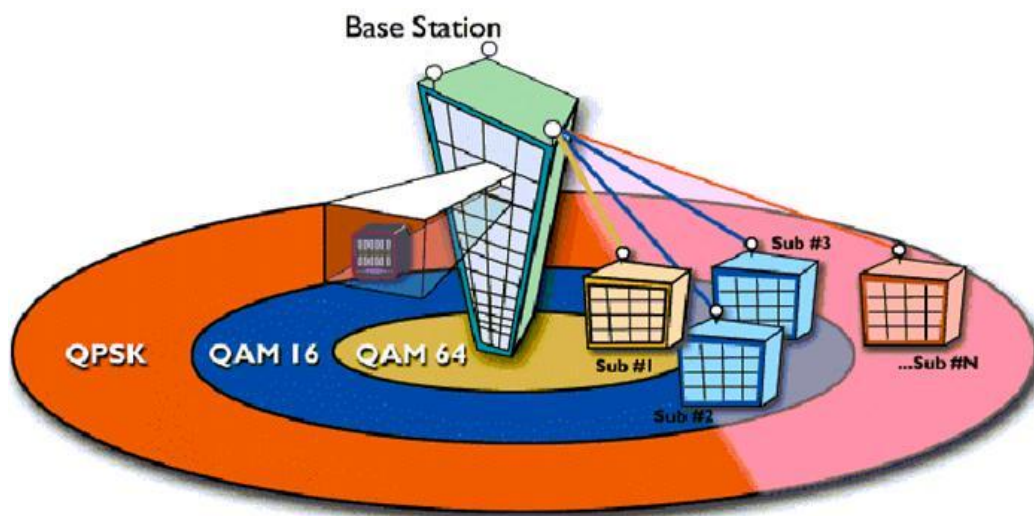


Figura 8. Zonas de cobertura de Wimax con sistemas de modulación

1.3.2.1.2 Radio de la celda

Esta individualización del estándar hará que se trabaje sin línea de visión con radios de celda de 5 hasta 10 km, y con línea de visión que alcance los 50 Kilómetros.

1.3.2.1.3 Escalabilidad

La tecnología WiMax, está diseñada para poder trabajar con diferentes anchos de banda, desde 1.25 hasta 20 MHz, por eso puede cumplir con la gran variedad de requerimientos espectrales existentes. Esto permite ofrecer un servicio más adecuado a la economía y a la necesidad de cada lugar, ya sea para ofertar Internet en zonas rurales o establecer un servicio de banda ancha móvil en zonas urbanas.

1.3.2.1.4 Seguridad

El estándar 802.16d resiste una gran cantidad de sistemas de seguridad, por ejemplo: tarjetas SIM (Subscriber Identity Module)/USIM (Universal Subscriber Identity Module), tarjetas inteligentes, certificados digitales o esquemas de tipo usuario/contraseña. Y pese a ser una tecnología bastante segura, tiene un problema significativo, carece de autenticación mutua entre la estación base y el usuario. (Aire.ec Wireless and Security Solutions, s.f.)

1.3.2.1.5 Calidad de servicio (QoS).

Entre las premisas principales de la arquitectura MAC de la familia de estándares 802.16 es la QoS. En la que se concretan varios flujos de servicio, que permiten variar esta calidad de extremo a extremo. Los esquemas de sub-canales admiten un mecanismo flexible para un reparto óptimo de los recursos de frecuencia, espacio y tiempo, tal como se ilustra en la tabla siguiente:

Tecnología	Velocidad máxima Interfaz aire	Velocidad máxima real
WiFi 802.11b	11 Mbps	~5,5 Mbps
WiFi 802.11g	54 Mbps	~24 Mbps
Pre-WiMAX	54 Mbps	~30 Mbps
WiMAX	75 Mbps	~40 Mbps

Tabla 4. Comparativa de velocidades

1.4 Componentes de un sistema de comunicación inalámbrica (WISP)

1.4.1 Estación Base o Estación de Radio Enlace (EB)

La Estación Base en una comunicación inalámbrica por microondas que puede cumplir la función de Emisor como Receptor; como tal se encarga de transmitir, procesar, recibir señales, ya sean voz, datos o video según el tráfico que maneje el usuario, Se muestra en la Figura 9 como está conformado una Base Estación y los elementos que intervienen en su construcción.

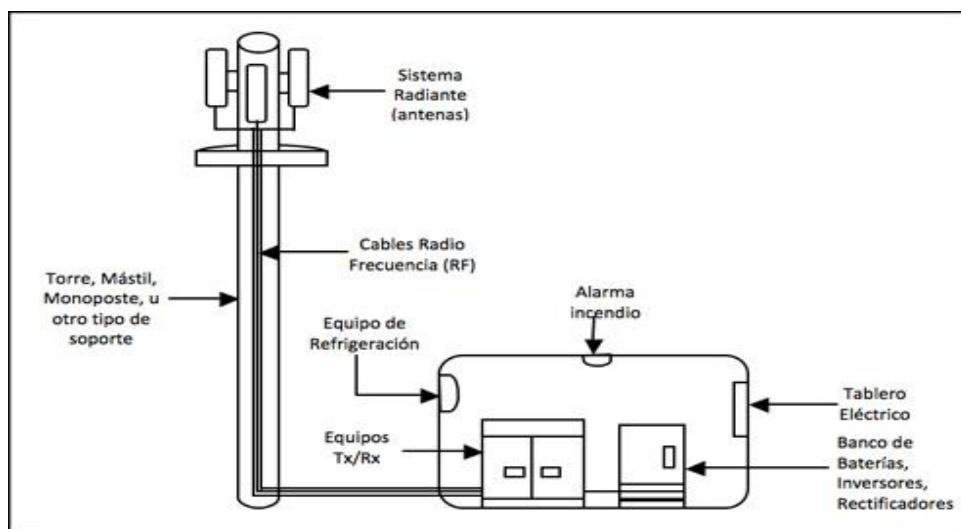


Figura 9. Base Estación Receptor-Emisor de un Radio Enlace

Fuente: (Brenda , 2013)

Una Estación Base consta de estos principales elementos:

1.4.1.1 Unidad de Procesamiento de Señal (SPU).

Son equipos que procesan las señales a enviar y recibir según el tráfico de los usuarios, como se muestra en la Figura 2.11, tiene módulos internos o conectables los que son: Modem, Multiplexor, un Controlador, y submódulos opcionales como son Relés y Alarmas. La SPU

contiene los puertos y conectores del cliente, realiza también la gestión de la red interna, conexión a las baterías, etc.



Figura 10. Unidad de Procesamiento de Señal (SPU)

1.4.1.2 Cables y Conectores

Las frecuencias mayores que HF (alta frecuencia, por su sigla en inglés High Frequency) los cables que se utilizaron son casi exclusivamente los coaxiales. Los cables coaxiales tienen un conductor central recubierto por un material no conductor denominado dieléctrico, o aislante. El dieléctrico se reviste con una pantalla conductora envolvente a menudo, que tiene forma de malla. El mismo evita una conexión eléctrica entre el conductor central y la pantalla. El mismo evita una conexión eléctrica entre el conductor central y la pantalla.

Finalmente, el coaxial se protege con recubrimiento generalmente de PVC. El conductor interior transporta la señal, y la pantalla no deja que algunas señales externas intervengan con la que está siendo transmitida por el cable. Es interesante también el hecho de que las señales eléctricas de alta frecuencia siempre se encuentran viajando a lo largo de la capa exterior del conductor central: mientras más grande el conductor central, mejor será el flujo de la señal. A esto se le llama “efecto pelicular”

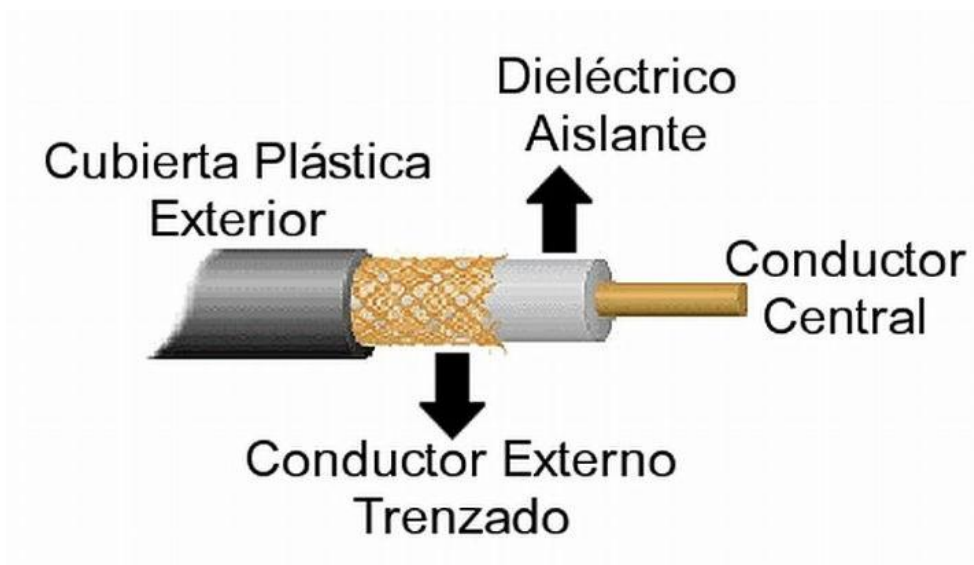


Figura 11. Cable Coaxial con recubrimiento (Outer jacket), pantalla (shield), dieléctrico, y conductor central.

Fuente: (Cables coaxiales, s.f.)

Mientras que por medio de los conectores el cable puede ser conectado a otro cable o a un componente de la cadena de RF. Hay una gran cantidad de adaptadores y conectores diseñados para concordar con diferentes tamaños y tipos de líneas coaxiales.

A continuación, se describirán algunos de los más resaltantes y usados:

Los conectores BNC: El BNC es un conector miniatura de conexión y desconexión rápida. Consta de dos postes de bayoneta en el conector hembra, y el apareamiento se obtiene con un cuarto de vuelta de la tuerca de acoplamiento. Los conectores BNC son ideales para la terminación de cables coaxiales miniatura o subminiatura (RG-58 a RG-179, RG-316, etc.). Su desempeño es razonable hasta unos pocos cientos de MHz Son los que se pueden encontrar comúnmente en los equipos de prueba y en los cables coaxiales Ethernet 10base2. (Antenas y líneas de transmisión, 2015)

Conectores Tipo N: Las uniones del cable al conector macho o hembra son aparentemente impermeables, lo que da un agarre efectivo. Sin embargo, para uso en exteriores deberían envolverse en cinta auto aglomerante para evitar que el agua penetre.

Conectores SMA: Los conectores SMA son unidades subminiatura muy precisos que suministran muy buenas prestaciones eléctricas hasta más de 18 GHz. Estos conectores de alto desempeño compacto y su durabilidad son buenas.

Conectores SMB: Son una versión más pequeña de los SMA con un acoplamiento a presión. Son apropiados hasta 4 GHz con un diseño de conector de presión. (Becerra, 2014)

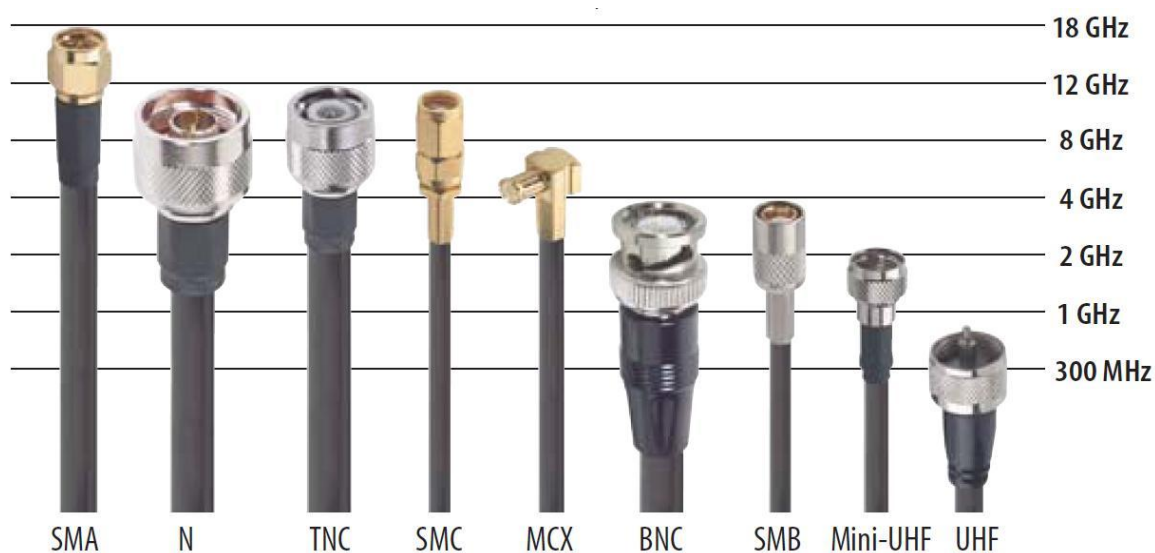


Figura 12. Tipos de conectores (no están en la misma escala).

Fuente: (Cable coaxial conectores, s.f.)

1.4.1.3 Unidad de Radio-Frecuencia (RFU).

Este módulo transceptor tiene distintas funciones a la RFU, e estas funciones son las de Alimentación, Proceso del Radio, Interfaz del cable, Convertidor Ascendente, Amplificador de Potencia, Amplificador de Bajo Ruido, Convertidor Descendente. Amplificador de Control

Automático de Ganancia (AGC) de la Frecuencia Intermedia de recepción. La fundamental de las funciones de este módulo es la de trabajar como transmisor y receptor en los enlaces bidireccionales.

A la unidad de Radio-Frecuencia de la antena, se le pone un filtro RF de transmisión y un filtro RF de recepción, y una salida para la guía de onda que se conectara a la antena.

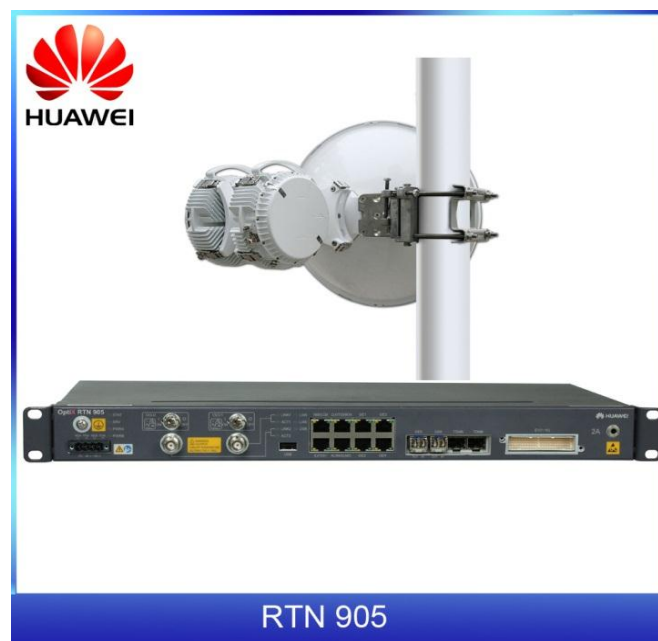


Figura 13. Unidad de Acoplamiento de Antena.

1.4.1.4 Guías de Onda.

La guía de onda es un tubo conductor a partir del cual se transmite la energía en forma de ondas electromagnéticas, el tubo acciona como un contenedor que encierra las ondas en un espacio cerrado. El efecto de Faraday retiene cualquier campo electromagnético fuera de

la guía, estos son propagados a través de la guía de onda por medio de reflexiones en sus paredes internas, consideradas perfectamente conductoras.

La intensidad de los campos es total en el centro y a lo largo de la dimensión X , y comienza a disminuir a cero cuando llega a las paredes, porque al existir cualquier campo paralelo a las mismas en su superficie provocaría una corriente infinita en un conductor perfecto. En la siguiente Figura 14 pueden verse las dimensiones X , Y , y Z de una guía de onda rectangular.

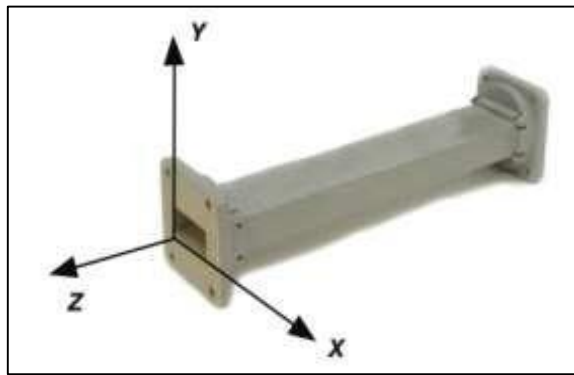


Figura 14. Las dimensiones X , Y , y Z de una Guía de Onda Rectangular

Fuente: (López, 2008)

Existen otras formas que se pueden usar además de la rectangular, la más importante es la de tubo circular. Estas mismas consideraciones se aplican también para el rectangular. La dimensión de la longitud de onda para las guías rectangulares y circulares está en la siguiente Tabla 5 en la que “ X ” es el ancho de la guía rectangular y “ r ” es el radio de la guía circular.

TIPO DE GUIA DE ONDA	RECTANGULAR	CIRCULAR
	Longitud de Onda de Corte	2X
Longitud de Onda Máxima transmitida con poca	1.6X	3.2r
Longitud de onda mínima antes de que se	1.1X	2.8r

Tabla 5. Dimensión de la Longitud de Onda en Guías de Onda.

Fuente: (López, 2008)

1.4.1.5 PoE (Power Over Ethernet)

Es una tecnología que incorpora alimentación eléctrica a una infraestructura de red. Equipos inalámbricos (Access Point) pueden recibir energía eléctrica a través del cable UTP - Ethernet, además de los datos mediante el sistema PoE. Se debe tener mucho cuidado a la hora de implementar este sistema de configuración en una red inalámbrica, ya que no todos los equipos soportan PoE.

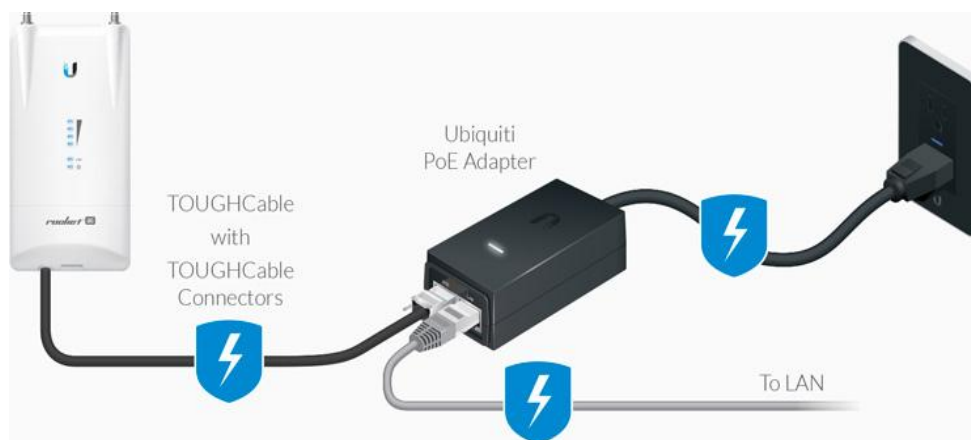


Figura 15. Marcas y Modelos de PoE.

Fuente: (Poe Adapter. Power over Ethernet Adapters, s.f.)

1.4.1.6 Sistema de Antenas.

Las antenas son dispositivos inalámbricos, tanto los puntos de acceso como los adaptadores de red, ya incorporan su antena propia, en muchas ocasiones es necesario ampliar el tamaño de la red para ofrecer una mayor cobertura.

Como se muestra en la Figura 16, las antenas son distintas dependiendo la frecuencia en la cual se transita, la longitud de onda es distinta a diferentes frecuencias, por lo que las antenas no pueden ser iguales en tamaño para radiar señales a la correcta longitud de onda. En este caso el enfoque se lo hará a las antenas que trabajan en el rango de microondas, principalmente en las frecuencias de los 2.4GHz y 5GHz. A los 2.4GHz la longitud de onda es 12,5 cm, mientras que a los 5GHz es de 6 cm.

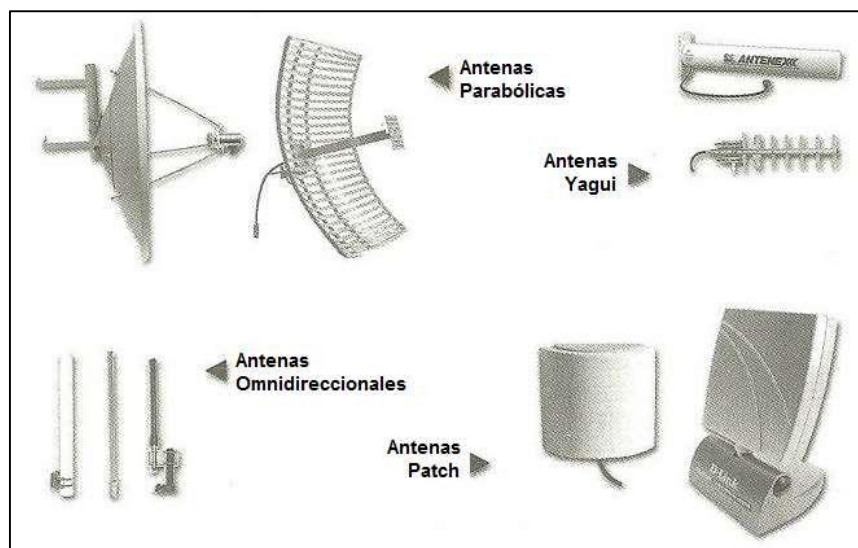


Figura 16. Tipos de Antenas más comunes.

Fuente: (José A., 2007)

Para obtener un buen resultado en la colocación de antenas exteriores, depende no sólo del conocimiento técnico que se tenga de los distintos tipos de antenas, sino que además hará falta un cierto componente de experiencia, para determinar la posición y ubicación de la antena donde irradie su propagación” tal como se muestra en la Figura 17.

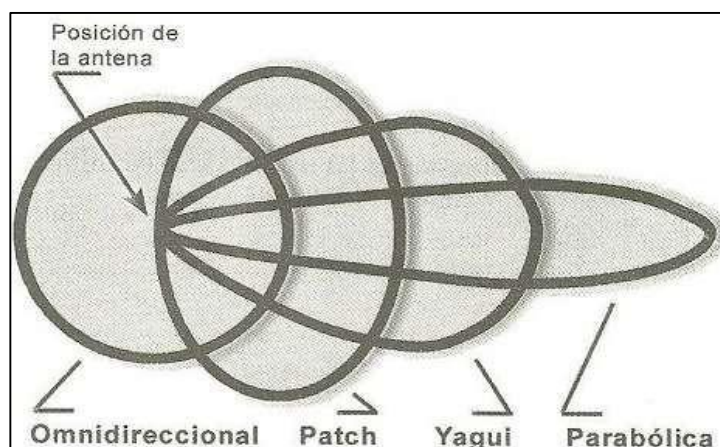


Figura 17. Lóbulo Principal de Propagación de la señal en distintas antenas.

Las Antenas se pueden clasificar de la siguiente manera, teniendo en cuenta los tipos de antenas más usados:

1.4.1.6.1 Antenas Sectoriales

Son antenas sectoriales que se utilizan para conexiones punto a multipunto, con este tipo de antenas se consigue mejorar la ganancia de las antenas omnidireccionales.

Las antenas sectoriales emiten un haz más amplio que una direccional pero no tan amplio como una omnidireccional, la intensidad (alcance) de la antena sectorial es mayor que la omnidireccional. Para tener una cobertura de 360° (como una antena omnidireccional) y un largo alcance (como una antena direccional) se deberán instalar tres antenas sectoriales de 120° o 4 antenas sectoriales de 80° . (Amaro, 2014)

Son muy utilizadas para enlaces multipunto del lado del transmisor por su amplio sector de radiación, como se ve en la Figura 18.

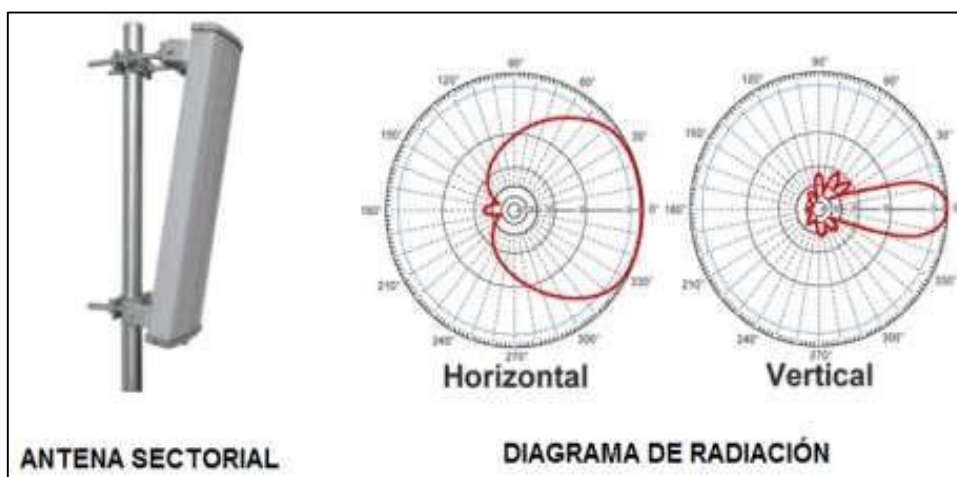


Figura 18. Antena Sectorial en forma física y su Patrón de Radiación.

Fuente: (José A., 2007)

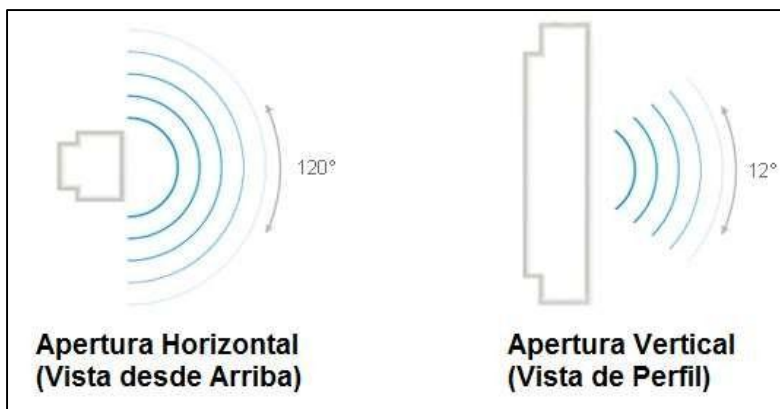


Figura 19. Vista de las Aperturas de Radiación de una Antena Sectorial.

1.4.1.6.2 Antenas Omnidireccionales

Las antenas omnidireccionales son aquellas que irradian en todas direcciones y también pueden captar la señal procedente de todas direcciones.

Tienen un ángulo de 360° en el plano horizontal, tienen menor alcance y también son utilizados para enlaces multipunto del lado del transmisor, y estas se requieran enlaces cortos.

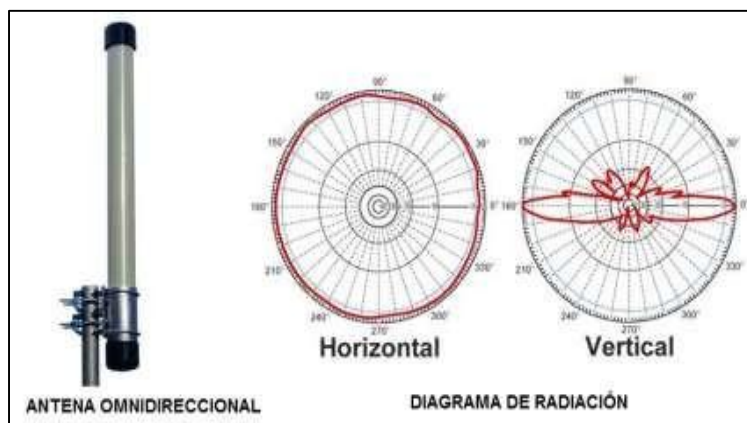


Figura 20. Antena Omnidireccional en forma física y su Patrón de Radiación.

Fuente: (José A., 2007)

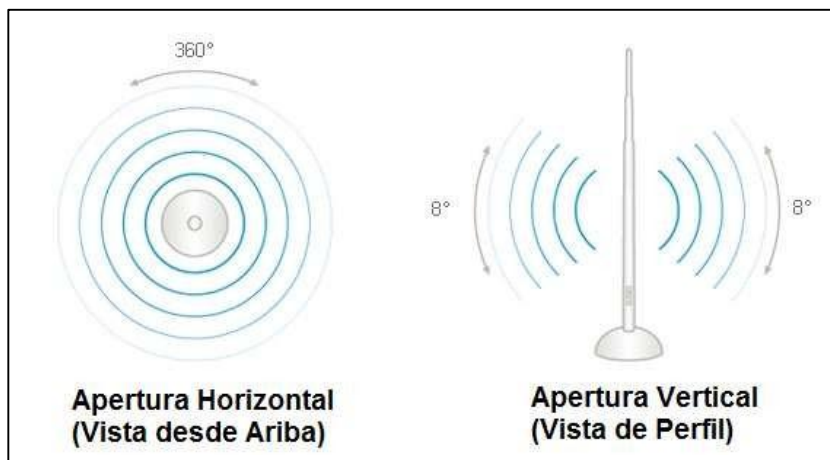


Figura 21. Vista de las Aperturas de Radiación de una Antena Omnidireccional.

1.4.1.6.3 Antenas Panel

Son aquellas antenas que internamente poseen una placa de circuito impresa de cobre u otro material conductor, con un diseño que hace las funciones de elemento activo de la antena.

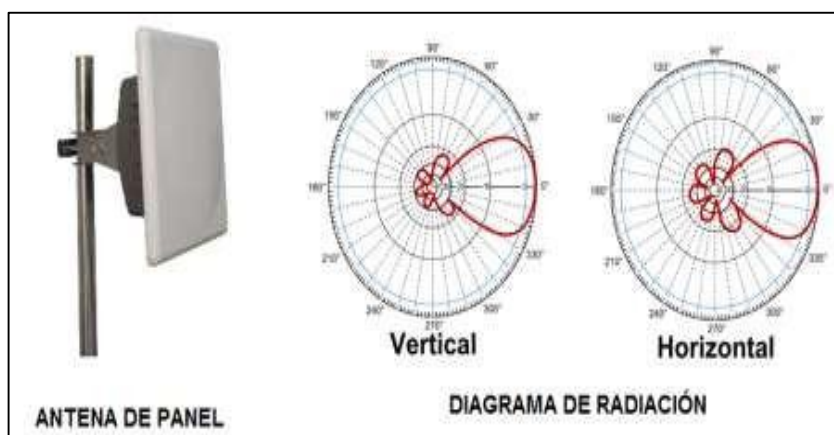


Figura 22. Antena de Panel en forma física y su Patrón de Radiación.

Fuente: (Jane, 2013)

1.4.1.6.4 Antenas Parabólicas

La forma más común de antenas directivas en las que se necesita una gran ganancia son las antenas basadas en reflectores parabólicos. La ventaja principal es que pueden construir para

tener una ganancia y una directividad tan grande como sea necesario, por lo que son los más usados en Radio Enlaces Punto a Punto. Como se muestra en la Figura 23, por su haz direccional le permite llegar a grandes distancias.

La desventaja es que los platos grandes son muy difíciles de montar y tendrían como dificultad los efectos del viento. Las antenas de plato tipo “radomes” (Las cuales tienen una cubierta de material dieléctrico para proteger la antena) pueden usarse para reducir los efectos del viento y para protección de la intemperie.

El efecto del viento crece con rapidez con el tamaño del plato y se vuelve en un problema grave. Muchas veces se utilizan platos con una superficie reflectora que está compuesta por una malla abierta. Estos tienen una relación de ganancia adelante/atrás más pobre, pero son muy seguros a la hora de utilizarlos y muy simples de construir pues los materiales son el cobre, aluminio, bronce (latón), acero galvanizado y hierro.

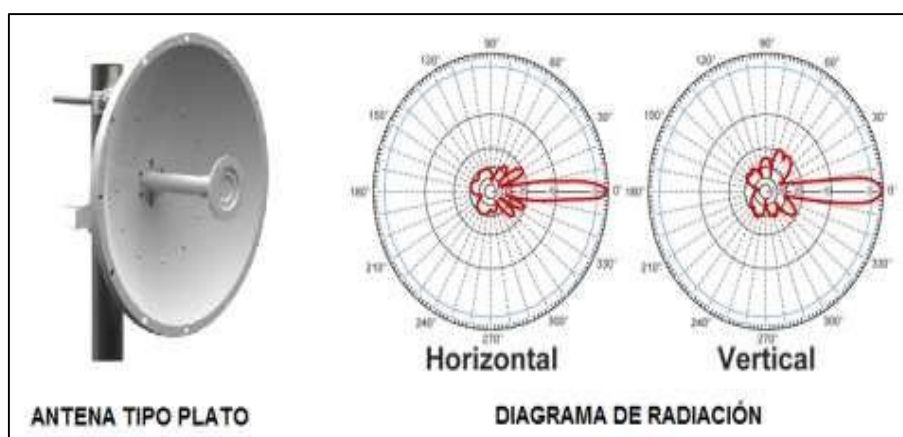


Figura 23. Antena Tipo Plato en forma física y su Patrón de Radiación.

Fuente: (Jane, 2013)

1.4.2 Estación Equipo Local del Cliente (CPE)

Es el radio principal del cliente o la “Última Milla”, el cual se conecta de forma inalámbrica a una Estación Base (EB).

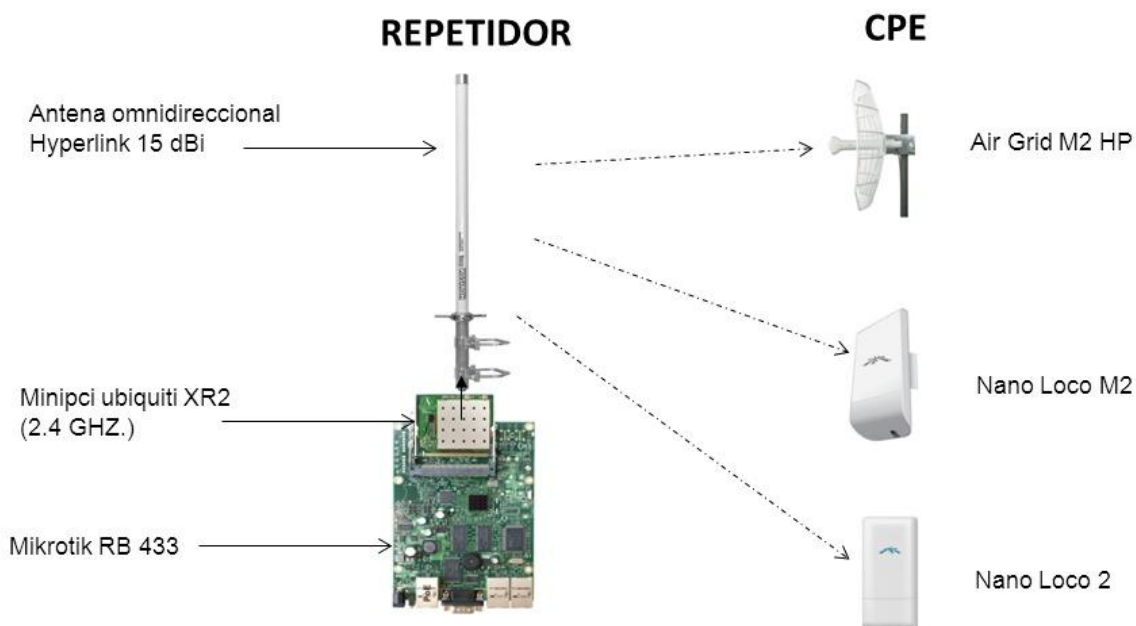


Figura 24. Modelos de equipos CPE para enlace del cliente o Abonados.

Fuente: (Mikrotikuser, 2015)

1.4.3 Estación Troncal (BackHaul)

Es la estación radio enlace punto a punto crítico del cual dependen otras redes o servicios, es decir esta representa los operadores principales de enlaces cooperativos Master, como por ejemplo: CNT EP, Claro, Movistar, Telconet entre otras operadoras locales. Así se ilustra en la figura 25.

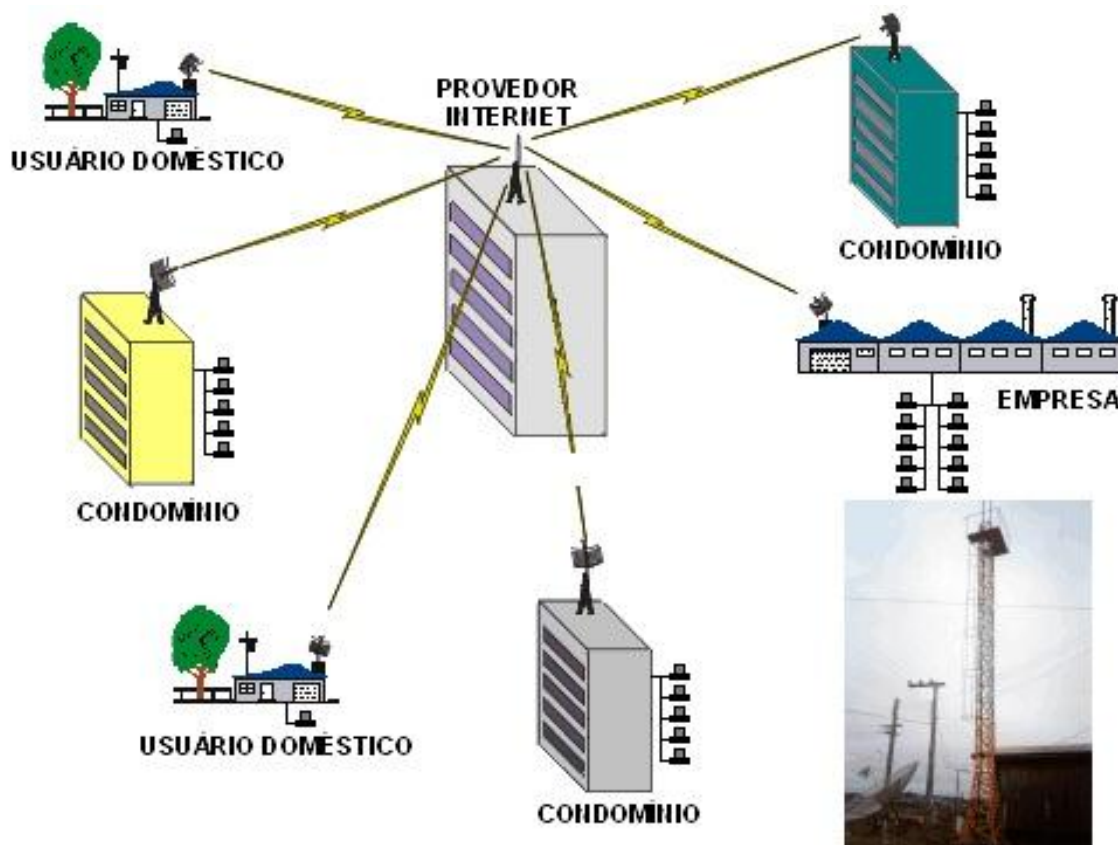


Figura 25. Estación troncal (BackHaul)

Fuente: (Ruckus Solutions - Backhaul, 2015)

1.5 Tipos de Sistemas de Enlaces Inalámbricos

1.5.1 Enlace Punto a Punto

El enlace punto a punto consiste en tres componentes fundamentales: Transmisor, Receptor y Canal Aéreo. El transmisor tiene la obligación de modular una señal digital a la frecuencia utilizada para transmitir, el canal aéreo representa un camino abierto entre el transmisor y el receptor, y como es de esperarse el receptor es el encargado de capturar la señal que se transmitió y llevarla de nuevo a señal digital. El factor limitante de la propagación de la señal en enlaces microondas es la distancia que se debe cubrir entre el transmisor y el receptor, además esta distancia debe estar libre de obstáculos.

Otro aspecto que se debe señalar es que, en estos enlaces, la línea de vista entre el receptor y el transmisor debe tener una altura mínima sobre los obstáculos en la vía, para compensar este efecto se utilizan torres para ajustar dichas alturas.

La Figura 26 se muestra como es un enlace punto a punto entre dos estaciones donde se dispone en uno de estos la conexión a Internet, y se desea unir con otro punto remoto para poder compartir los recursos de acceso y poder navegar por el mundo de la Web. También se señala los factores externos e internos que intervienen dentro de este tipo de enlaces.

Los valores que intervienen dentro de estos enlaces como Potencia o Ganancia son dependientes según los tipos de equipos que se utilice en el enlace; interviene la variedad de marcas hasta los tipos de equipamiento lo que es primordial para obtener una buena comunicación entre las estaciones.

En la siguiente figura se muestra una topología distinta de enlaces con repetidoras; este tipo de enlace permite la comunicación entre estaciones, donde no se pueda tener una visibilidad directamente, por lo cual se ayuda de una repetidora donde ambas estaciones tengan un haz de visibilidad.

Enlace Punto a Punto

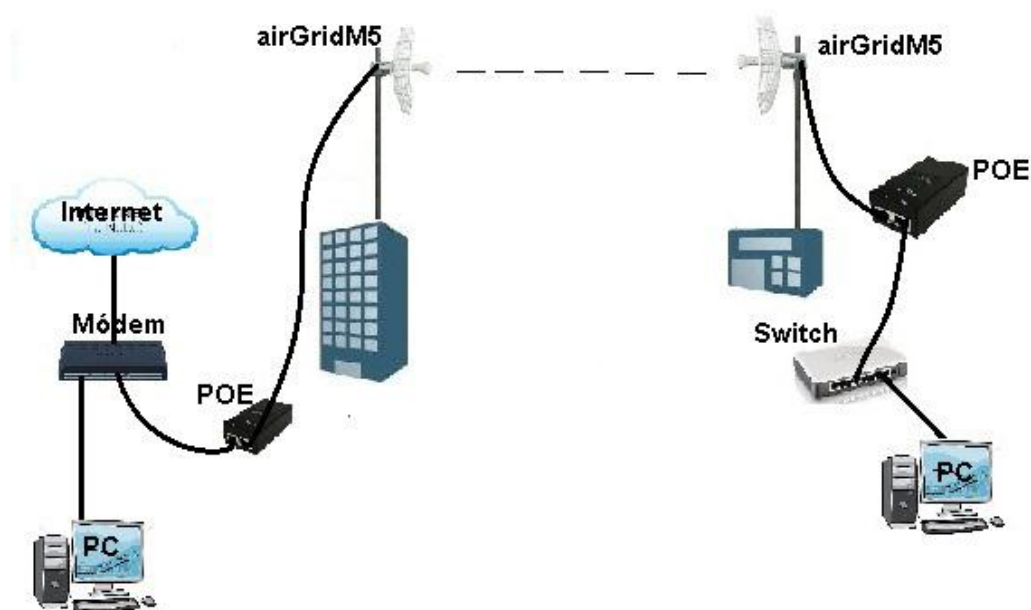


Figura 26. Vista de la Conexión de Enlaces Punto a Punto utilizando repetidores activos.

Fuente: (Bertha Gabriela, 2015)

1.5.2 Enlaces Punto a Multipunto

El diseño de red punto multipunto, se está usando con mayor continuidad, por la capacidad de Estaciones Receptoras que logran estar dentro de la red principal. Cada vez que se tiene varios nodos comunicados con un punto de acceso central se está en presencia de una aplicación punto a multipunto, por ejemplo, un trazado punto a multipunto es el uso de un punto de acceso inalámbrico que le da conexión a varios dispositivos móviles (portátiles y Smartphone). Los equipos portátiles no se comunican directamente unas con otras, pero deben estar dentro del alcance del punto de acceso para poder utilizar la red.

En la Figura 27, se muestra como está estructurado un enlace Punto Multipunto, de cómo se pueden captar varios usuarios a la vez, desde una base estación principal a distintos puntos de accesos.

El beneficio de este diseño de red es que cualquier acceso ya sea móvil o fijo podrían conectarse cuando estén dentro de la cobertura de la red de acceso. Pudiendo ampliarse ya que cada usuario podría funcionar a la vez como un distribuidor local de su área, dependiendo así de la capacidad de su equipamiento.

La red punto a multipunto puede ser aplicada en esta propuesta, ya que en lugar de tener varios enlaces punto a punto a una estación central se puede migrar a una estación punto a multipunto, logrando captar los mismos usuarios, pero con un recorte en equipamiento emisor, y a la vez brindar un área de cobertura para el acceso a los servicios de la operadora.

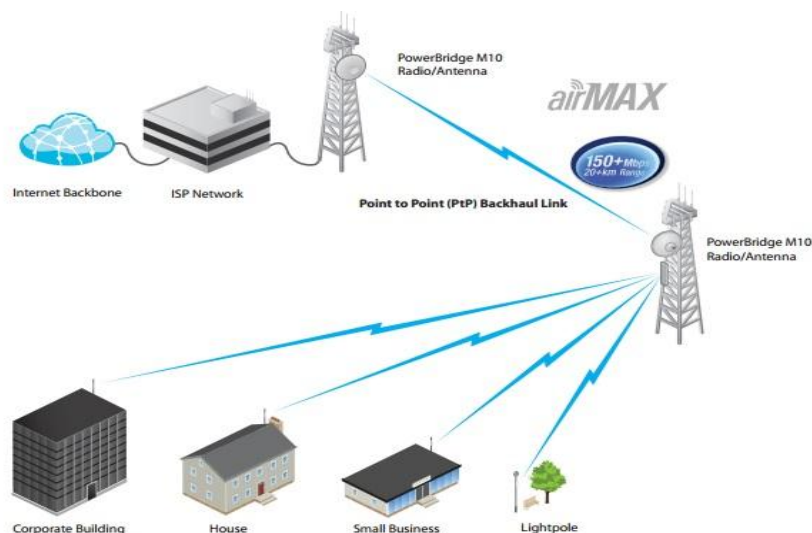


Figura 27. Un Enlace Punto a Multipunto

Fuente:. (Access point y estacion inalambrico rocketm5, s.f.)

CAPÍTULO II

DISEÑO DE SOLUCIÓN DE LA RED INALÁMBRICA ISP

2.1 Proveedor de Servicios de Internet Inalámbrico (WISP)

El sistema WISP es una red de área metropolitana (MAN) integrado para conectar clientes a la Internet. Se entiende como Internet a la red de telecomunicaciones a la cual están conectadas centenares de millones de personas, organismos y empresas en todo el mundo, y cuyo rápido desarrollo está teniendo importantes efectos sociales, económicos y culturales.

Las conexiones inalámbricas de alta velocidad se usan para proveer acceso a Internet punto a punto o punto multipunto en compañías, organizaciones gubernamentales, colegios, universidades, hogares, entre otros. Las conexiones inalámbricas toman el lugar de las líneas dedicadas o arrendadas donde las mismas no son posibles o son demasiado caras. (Proyecto: Internet inalámbrico, 2002)

Los requisitos básicos para usar enlaces de datos inalámbricos son:

- Que los clientes se localicen en un radio de hasta 20 km alrededor del sitio central.
- Una línea de Vista directa entre el sitio del cliente y la antena central.
- El uso de las frecuencias 2.4GHz o 5.7GHz según las regulaciones locales.

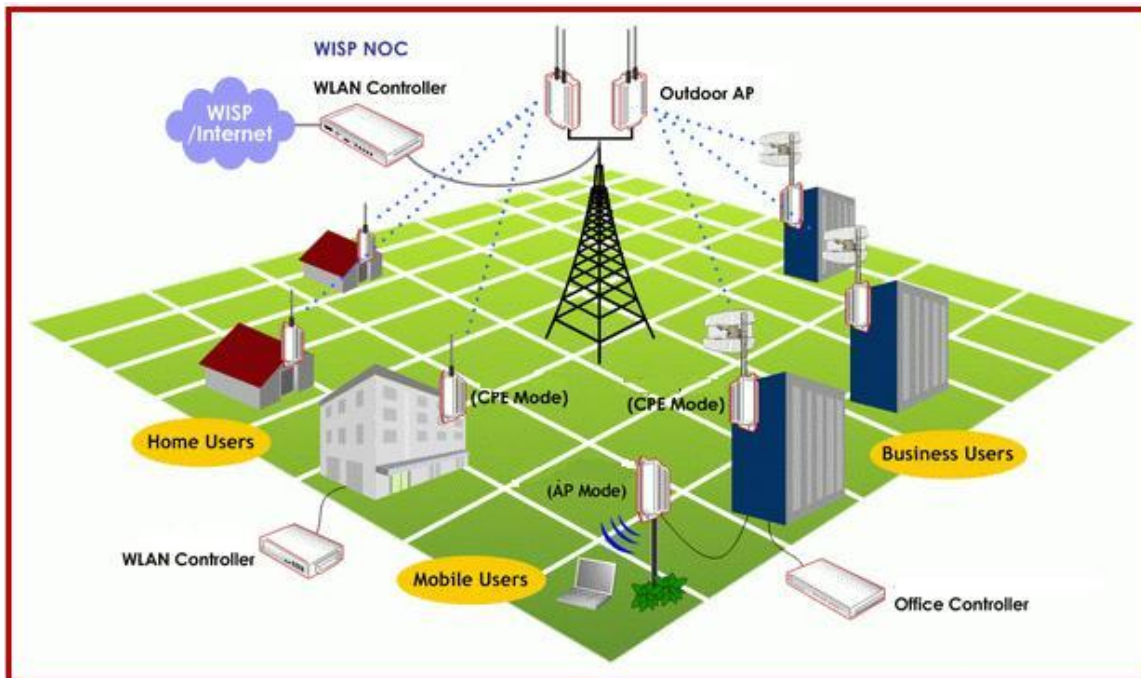


Figura 28. Arquitectura de un proveedor de servicio de Internet.

Fuente: (Jorge Andres , Freddy L., & Miller , s.f.)

Beneficios excepcionales de la conexión Inalámbrica

- Alta Velocidad en enlace de Datos (660-5,600 kbps),
- Instalación rápida de la Estación Base (uno a dos días),
- Instalación rápida para los clientes (2 a 6 horas por sitio).
- Accesos eficaces en costos para usos prolongados y usuarios múltiples.
- Acceso a Internet fiable e instantáneo las 24 horas.

2.2 Servicios

2.2.1 Servicio DNS (Domain Name Server)

Mientras que las aplicaciones TCP/IP refieren a los computadores por sus direcciones IP, los usuarios encuentran más fácil utilizar nombres de computadores.

Para permitir el uso de los nombres de computadores en una red, el Domain Name System (DNS) traduce nombres de computadores a las direcciones IP. El DNS también puede proporcionar otra información sobre nodos y redes, tales como los servicios de TCP/IP disponibles en un nodo, la localización de los servidores del Domain Name Server en una red, o la información sobre cambiadores de correo conocidos como Mail Exchanges.

2.2.2 Servicio DHCP (Dynamic Host Control Protocol)

Este protocolo permite a los clientes de la red una forma de alcanzar una configuración de red apropiada. De manera rápida, un cliente puede obtener fácilmente el IP ADDRESS para su computador y uso del servicio.

DHCP es un mecanismo para la configuración de red automática de computadores a través de IP, mientras que los direccionamientos del IP se convierten en propiedades inmobiliarias controladas por el servidor y se publican a cada cliente.

2.2.3 Servicio e-mail (correo)

El recurso de correo proporciona un método para intercambiar el correo electrónico por los usuarios en el sistema o en los muchos sistemas acoplados por una red.

El sistema de correo retransmite mensajes desde un usuario a otro en el mismo computador, entre computadores, y a través de límites de la red. También realiza una cantidad limitada de mensaje-cabecera, que corrige para poner el mensaje en un formato que sea apropiado para el computador principal de recepción. Los protocolos estándares de la industria son: SMTP, IMAP o POP3.

2.3 Cálculos para los Radio Enlaces

El proceso de cálculo en una transmisión de señal por el espacio aéreo es muy importante en el estudio del radioenlace, ya que gracias a esto permitirá establecer los equipos a utilizar en la transmisión la cual debe soportar todo el viaje entre transmisor y receptor sin perder la integridad de la información. Cabe recordar que la propagación se la hace a la velocidad de la luz (3×10^8 metros/segundo en vacío). (wirelessCalculator7c5e, s.f.)

¿Qué dudas pueden surgir al establecer una conexión inalámbrica? Por ejemplo:

¿Cuál es la potencia de transmisión utilizable en una determinada distancia? ¿Cuál es la separación más grande posible entre el transmisor y el receptor si conservan al mismo tiempo una determinada calidad de enlace? o ¿cómo elegir el modelo adecuado entre las diferentes antenas?

Para llevar a cabo un proceso de cálculo de los enlaces se tienen en cuenta 3 elementos principales:

- **Cálculo de distancia**
- **Cálculo del presupuesto de enlace**
- **Selección de antena**

2.3.1 Cálculo de distancia

La mayoría de la potencia de una señal de radio se diluye en el aire. Incluso en un lugar vacío, una onda de radio pierde parte de su energía ya que siempre hay una parte de ella radiada en otras direcciones a la del eje de enlace. La Pérdida en Trayectoria por el Espacio Libre (FSPL)

mide la pérdida de potencia en el espacio libre sin obstáculos. Por eso, es importante que los usuarios conozcan la distancia aproximada que debe haber entre el transmisor y el receptor para conservar una determinada calidad de enlace a distintas tasas de transferencia de datos.

Fórmula aplicada:

El FSPL necesita de dos parámetros: El primero es la frecuencia de las señales de radio; y en segundo lugar la distancia de transmisión inalámbrica. La fórmula a continuación refleja la relación entre ellos.

$$\text{FSPL (dB)} = 20\log_{10}(d) + 20\log_{10}(f) + K \quad \text{Donde:}$$

d = distancia

f = frecuencia

K= constante que depende de las unidades utilizadas para d y f

Si d se mide en kilómetros, f en MHz, la fórmula es:

$$\text{FSPL (dB)} = 20\log_{10}(d) + 20\log_{10}(f) + 32.44$$

A partir de la ecuación del Margen de desvanecimiento, se calcula la pérdida en trayectoria por el espacio libre, así lo demuestra la siguiente ecuación.

$$\text{Pérdida en Trayectoria por el Espacio Libre} = \text{Potencia Tx} - \text{Pérdida del Cable Tx} + \text{Ganancia de la antena Tx} + \text{Ganancia de la antena Rx} - \text{Pérdida del cable Rx} - \text{Sensibilidad Rx} - \text{Margen de desvanecimiento}$$

Con las dos ecuaciones de Pérdida de Trayectoria en el Espacio Libre anteriores, se puede calcular la Distancia en Km.

$$\text{Distance (km)} = 10^{(\text{Pérdida de Trayectoria en Espacio Libre} - 32.44 - 20\log_{10}(f))/20}$$

La Zona de Fresnel es el área que cubre la línea de visión por la que se difunden las ondas tras salir de la antena. Precisa de una línea de visión clara para sostener la potencia, sobre todo en sistemas inalámbricos de 2.4GHz. La razón es que las ondas de 2.4GHz se absorben por el agua, un ejemplo es el agua que contienen los árboles. La regla básica es que el 60% de la Zona de Fresnel esté libre de obstáculos. Por lo general, una obstrucción del 20% en la Zona de Fresnel genera poca pérdida de señal para el enlace. Una obstrucción superior al 40% hace que la pérdida de señal sea a tener en cuenta.

$$\text{FSPLr} = 17.32 * \sqrt{(d/4f)}$$

d = distancia [km]

f = frecuencia [GHz]

r = radio [m]

2.3.2 Cálculo del presupuesto de enlace

Un presupuesto de enlace inalámbrico para un enlace de radio punto a punto debe tener en cuenta las ganancias y pérdidas del transmisor de radio (fuente de la señal de radio) a través de cables, antenas y el espacio libre que lo lleva al receptor. Se hace imprescindible tener en cuenta el valor de la “potencia” en las distintas partes del enlace de radio para poder crear así el mejor diseño y la elección más concreta de equipo. (Bocanegra, 2016)

Al presupuesto de enlace se le llama a menudo Margen de Desvanecimiento o Margen Operativo del Sistema a la hora de realizar los cálculos. La cantidad de margen de desvanecimiento necesaria para un sistema WIFI debe estar en correspondencia con la fiabilidad que se desea del enlace, una regla básica a tener en cuenta es 20-30 dB.

Esta fórmula es apropiada para los usuarios que desean conocer la fiabilidad de su conexión inalámbrica cuando el transmisor y el receptor funcionan a una distancia específica entre los dos.

Nota:

Excelente: El nivel del Margen de Desvanecimiento es mayor que 22dB. El enlace debe trabajar con alta fiabilidad, ideal para aplicaciones que usan una alta calidad de enlace, como streaming de video, juegos online sin interrupciones, etc

Bueno: El nivel de Margen de Desvanecimiento es de 14~22dB. El enlace daría la posibilidad una máxima navegación, para satisfacción de la mayoría de necesidades online.

Normal: El nivel del Margen de Desvanecimiento es 14dB o menor. El enlace no tendrá una estabilidad constante, pero debería funcionar correctamente.

Fórmula aplicada:

Margen de Desvanecimiento = Señal Recibida – Sensibilidad del Receptor

Donde

Señal Recibida = Potencia Tx – Pérdida de cable Tx + Ganancia de antena Tx – Pérdida de Trayectoria por el Espacio Libre + Ganancia de antena Rx – Pérdida de cable Rx

2.3.3 Selección de antena

En las aplicaciones exteriores, la antena es un dispositivo imprescindible, una antena adecuada mantiene una calidad de enlace fiable al mismo tiempo que ahorra dinero. Se debe tener en cuenta al escoger el tipo de antena adecuada que cumpla las funciones técnicas y tecnológicas de calidad de enlace a la distancia necesaria (Esto se lo puede revisar en el capítulo I).

Fórmula aplicada

Puede encontrar la antena adecuada calculando la ganancia de la antena a partir de las dos ecuaciones de Pérdida de Trayectoria en el Espacio Libre.

Para calcular la Ganancia de la Antena Transmisora (suponiendo que tenga los datos de Ganancia de la Antena Receptora)

$$\text{Ganancia de la Antena Tx} = \text{Margen de Desvanecimiento} - \text{Potencia Tx} + \text{Pérdida del Cable Tx} + \text{Pérdida del Cable Rx} + \text{Sensibilidad Rx} + 32.44 + 20 \log_{10}(f) + 20 \log_{10}(d) - \text{Rx Antenna Gain}$$

d = distancia [km]

f = frecuencia [MHz]

Para usar esta función, necesita conocer la distancia y margen de desvanecimiento y escoger el punto de acceso de transmisor y receptor, cables opcionales y antena receptora.

Para calcular la Ganancia de la Antena Receptora (suponiendo que tenga los datos de Ganancia de la Antena Transmisora)

$$\text{Ganancia de la Antena Rx} = \text{Margen de Desvanecimiento} - \text{Potencia Tx} + \text{Pérdida del Cable Tx} \\ + \text{Pérdida del Cable Rx} + \text{Sensibilidad Rx} + 32.44 + 20 \log_{10}(f) + 20 \log_{10}(d) - \text{Ganancia de Antena Tx}$$

d = distancia [km]

f = frecuencia [MHz]

Para usar este cálculo, hay que conocer la distancia y margen de desvanecimiento y escoger el punto de acceso de transmisor y receptor, cables opcionales y antena receptora. Con el valor de ganancia de antena calculado, se una encontrará la antena adecuada.

2.4 Situación geográfica actual de la red

El presente estudio en el diseño técnico de una red inalámbrica que servirá como una propuesta de implementación de un ISP y a la vez permitirá brindar el servicio de Internet a las parroquias de San Pablo del Lago, Gonzales Suárez, San Rafael y sus comunidades rurales, que estas pertenecen al cantón Otavalo de la provincia de Imbabura, su población es de aproximadamente de 32.056 habitantes (según el último censo del 2010) bañados por la Cuenca del Lago San Pablo cuya superficie es de 147.9 km² y una altitud media es de 3.100 msnm.



Figura 29. Ubicación de la Cuenca del Lago San Pablo en la Provincia de Imbabura.

Los usuarios que potencialmente utilizarán el servicio de Internet en orden de importancia lo constituyen los estudiantes de colegio, estudiantes universitarios, maestros, empleados públicos, pequeña empresa, comerciantes, estudiantes de escuela, y el resto de la población utilizan de forma esporádica, por consiguiente, el sector de usuarios con mayor importancia lo representa el sector educativo.

2.5 Ubicación de los puntos de cobertura para el servicio de Internet.

El estudio de la ubicación de los nodos en la red es una parte importante ya que depende de la distancia que existe entre cada zona de cobertura dentro de la Cuenca del Lago. Según estas distancias y la capacidad de alcance de las antenas sectoriales se podrán ubicar en las torres de comunicación.

La herramienta que se utilizó fue Google Earth, se ubicó el sector en donde se quiere realizar el estudio de factibilidad para brindar el servicio de internet como es en las zonas de

la Cuenca del Lago San Pablo, y las comunidades rurales, a continuación se muestra en la siguiente imagen toda la zona a cubrir en el proyecto de investigación.

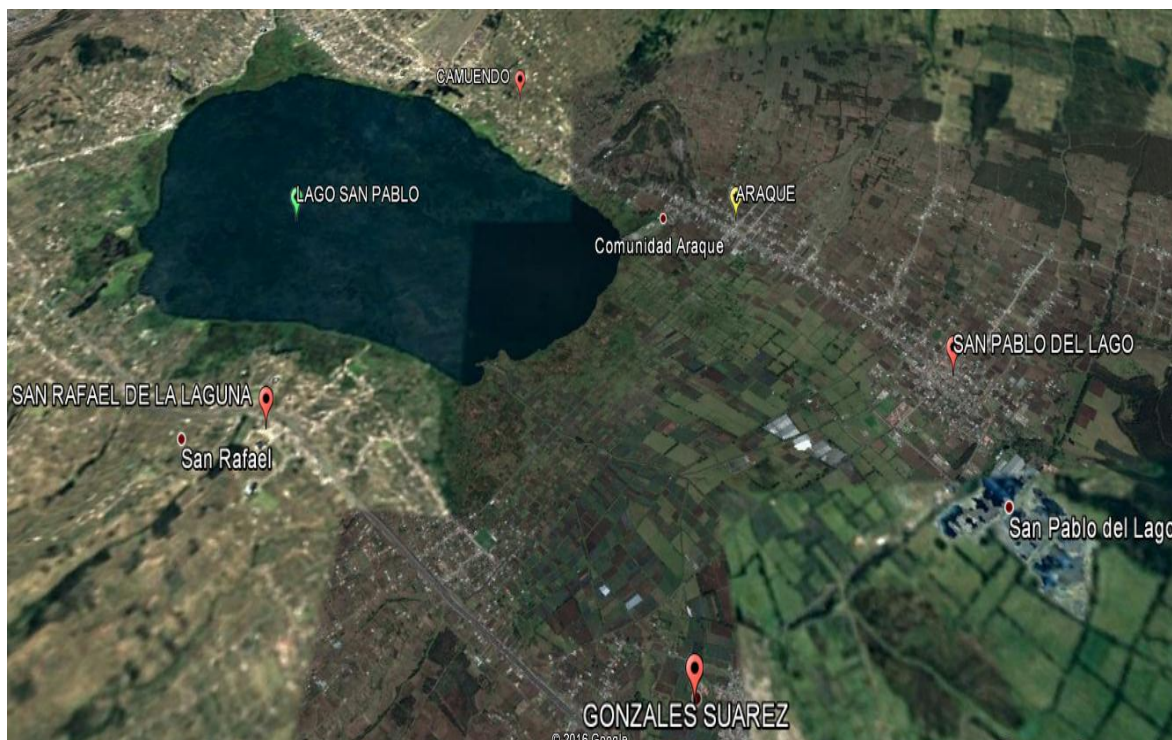


Figura 30. Ubicación de los puntos de cobertura para el servicio de Internet (Google Earth 2016)

Fuente propia: Diseño mediante el software Google Earth 2016.

La zona de cobertura en el inicio de la propuesta para el WISP comprende toda la Cuenca del Lago San Pablo, para realizar un buen diseño sería conveniente primero hacer un análisis de los sitios a donde llegará la señal en esta zona y con la ayuda de un GPS escoger el sitio más lejano que se pueda observar en cada uno de estos escogiendo su ubicación en coordenadas geográficas, de este modo aseguran que para el resto la cobertura sea garantizada, así como la distancia a la que se encuentra desde la base central, tal como se indica en la tabla 6.

Nº DE ZONAS	AREA DE COBERTURA POR PARROQUIA	LATITUD (N)	LONGITUD (W)	DISTANCIA (KM)	Nº DE USUARIOS
1	ENLACE PUNTO A PUNTO (GONZALES-ARAQUE)	0°10'16.81"N	78°12'31.01"O	4,39	1
2	SAN PABLO DEL LAGO	0°11'46.41"N	78°11'23.36"O	3,45	180
3	GONZALES SUAREZ	0°10'51.56"N	78°12'17.86"O	1,35	120
4	SAN RAFAEL DE LA LAGUNA	0°11'34.02"N	78°13'33.15"O	2,99	95
5	COMUNIDAD DE ARAQUE	0°12'23.73"N	78°11'58.80"O	4,04	84
6	COMUNIDAD LA COMPANIA	0°13'3.78"N	78°12'51.50"O	5,45	20
APROXIMIDAD TOTAL DE USUARIOS					500

Tabla 6. Áreas de cobertura por parroquias.

Fuente propia: Análisis de las zonas de cobertura.

Analizando los datos obtenidos respecto a la distancia de los sitios seleccionados para la cobertura de la señal desde la base central, se observa que la distancia de mayor medida es 5.45 km, pero el diseño planifica un sistema que además de asegurar cobertura para clientes potenciales también ofrezca cobertura a puntos más alejados, es decir se trata de tener una cobertura de aproximadamente 10 Km para alcanzar a clientes más alejados lo que se convierte en una ventaja del WISP para brindar servicio donde otras empresas no pueden acercarse con su infraestructura.

Para colocar las torres de comunicación se midió la distancia que existe entre la loma de Calpaqui (Parroquia Gonzales Suarez) y la loma de las 4 Esquinas (Comunidad de Araque) siendo la misma de 4.39 km con esto se determina cuantas torres son necesarias para cubrir las zonas deseadas, debido a que cada antena sectorial cubre alrededor de 3 km y en cada torre se ubicará 2 antenas sectoriales de 90° ya que solo se necesitará una torre la cual será ubicada en la loma de las 4 Esquinas en un punto medio dentro de las áreas rurales, como se muestra en la gráfica siguiente:

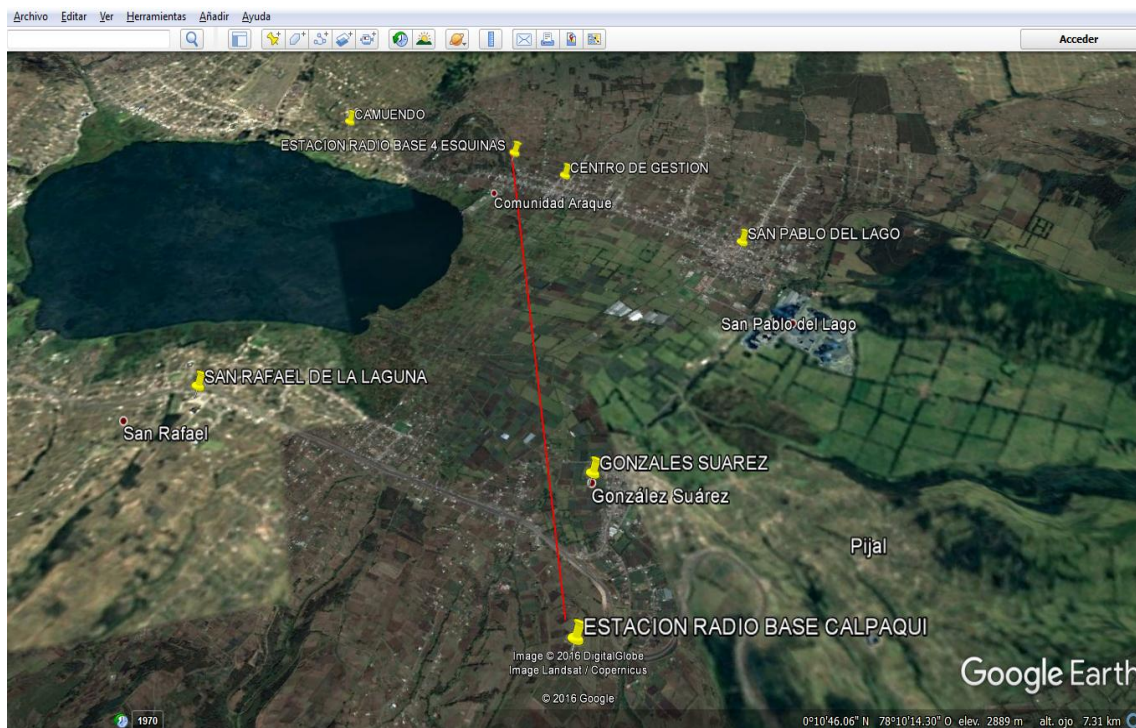


Figura 31. Ubicación de los nodos de enlace Principal y Secundario.

Fuente propia: Diseño mediante el software Google Earth 2016.

2.6 Evolución de los sistemas de Internet en Ecuador.

En este tema se hace un dimensionamiento aproximado o estimado del tráfico para el ISP, en referencia a la información obtenida en el mercado relacionado a la cantidad, tipo y perfil de los usuarios que solicitaran el servicio. En la actualidad varias empresas de telecomunicaciones en el país, ofrecen principalmente accesos de última milla alámbrica de banda ancha de alta velocidad mediante transmisión de Fibra óptica, Conexión XDSL, entre otras tecnologías de accesos.

Como se puede apreciar en la siguiente gráfica de ECUADOR EN CIFRAS, se refiere acerca de la población en Ecuador que utiliza internet. Según registros de la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL) el índice de penetración de

acceso a internet es bajo, por lo que esta puede ser una oportunidad para implantar esta tecnología y cubrir de forma inalámbrica y a bajo costo zonas geográficas rurales.

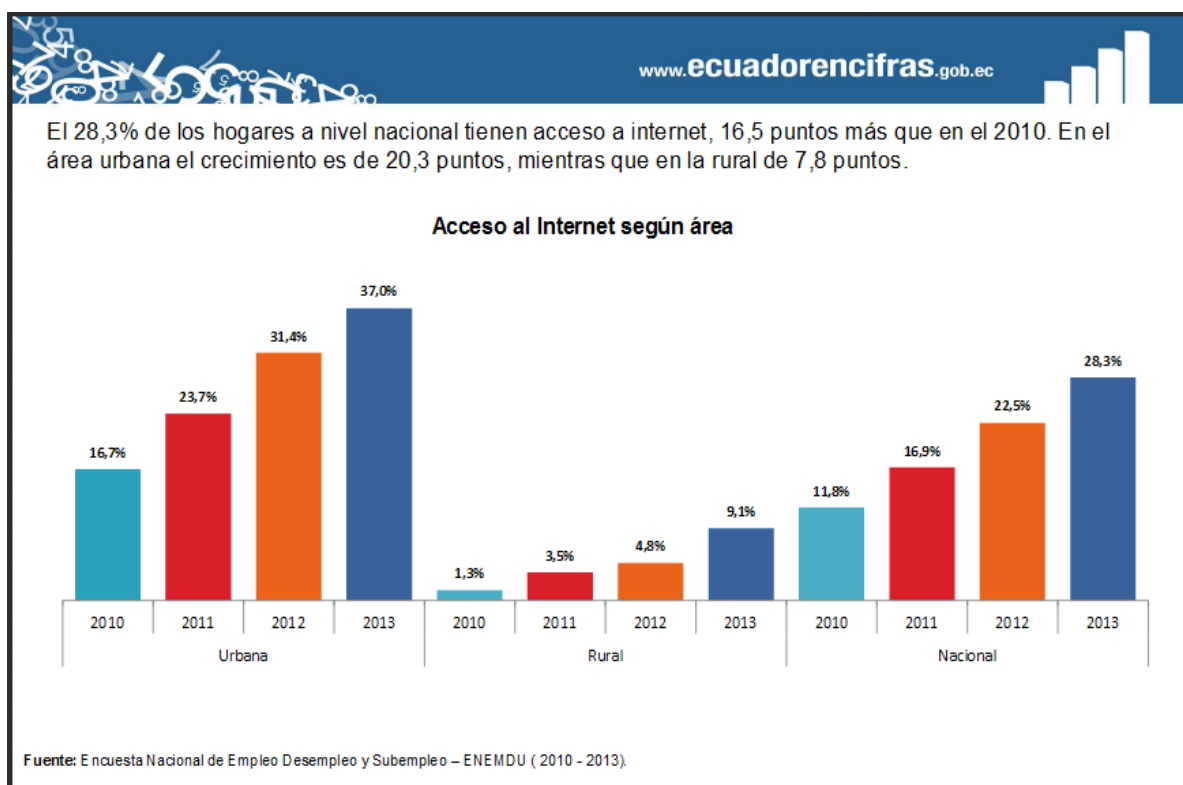


Figura 32. Evolución del acceso a Internet en Ecuador por áreas.

Fuente: (Tecnologías de la Información y Comunicaciones TIC'S, 2013)

En el mercado nacional existen varias empresas que ya poseen o que tienen implementado en su infraestructura conexiones de Fibra Óptica con tecnologías de alta velocidad de tráfico, ya sea para su versión de internet fijo o su versión móvil. Entre las principales empresas que brindan servicios de proveedores de internet en la provincia de Imbabura se puede citar las siguientes: Corporación Nacional de Telecomunicaciones, Telconet, TV Cable, PuntoNet, entre otros.


Cuentas y Usuarios del Servicio de Acceso a Internet							
Datos de Cuentas y de Usuarios estimados de Internet por Provincia					 Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones		
Fuente: SIETEL- ARCOTEL							
Fecha de publicación: Noviembre de 2016					Regresar al Índice		
Fecha de corte: Septiembre de 2016 (III Trimestre)							
No.	PROVINCIA	Cuentas Conmutadas	Cuentas Dedicadas	Cuentas Totales	Estimado de Usuarios Conmutados	Estimado de Usuarios Dedicados	Estimado de Usuarios Totales
1	AZUAY	341	102.615	102.956	1.364	387.781	389.145
2	BOLIVAR	8	8.929	8.937	32	87.648	87.680
3	CAÑAR	0	17.959	17.959	0	119.794	119.794
4	CARCHI	13	12.005	12.018	52	95.512	95.564
5	IMBABURA	132	43.030	43.162	528	335.025	335.553
6	COTOPAXI	69	26.857	26.926	276	245.759	246.035
7	EL ORO	195	52.173	52.368	780	432.905	433.685

Figura 33. Cuentas de usuarios de Internet en la Provincia de Imbabura

Fuente: (Arcotel, 2013)

Para el caso de la provincia de Imbabura, sobre todo en el Catón Otavalo las compañías de más representación como proveedoras de Servicios de Internet por la cantidad de suscriptores que poseen, son: CNT EP, Fix Group S.A. Puntonet S.A., Telconet S.A. y Consorcio TV Cable. Sin embargo, cabe señalar que a partir del año 2010 hasta la actualidad han surgido otras nuevas en la ciudad de Otavalo que utilizan como red de acceso enlaces de última milla de accesos inalámbricos que operan en las bandas de 2.4 GHz y 5.8 GHz como es el caso de Telconet S.A. Saitel S.A. y Netservice S.A.

En la tabla 7, se presenta un cuadro comparativo del número de empresas y el tipo de operación en la provincia de Imbabura:

Nº	CONSESIONARIOS	SERVICIOS	AREA DE CONCESIÓN
1	CNTEP.	Concesión de Servicios Finales y Portadores.	Nacional
2	PUNTO NET S.A.	Concesión de servicios portadores y de valor agregado.	Nacional
3	TV CABLE S.A.	Concesión de servicios portadores y de valor agregado.	Nacional
4	FIX GROUP S.A.	Permiso de Explotación de Servicios de Valor Agregado.	Nacional
5	SAITEL S.A.	Permiso de Explotación de Servicios de Valor Agregado.	Provincia de Imbabura
6	TECNET S.A.	Concesión de servicios portadores y de valor agregado.	Nacional

Tabla 7. Análisis de Concesionarias de internet Nacional y Provincial.

Fuente propia: Análisis de las concesionarias de internet en Ecuador.

2.7 Conexión al Backbone de Internet

Telconet es una empresa que brinda servicios de Internet dedicado a través de las redes más avanzadas de América Latina, tiene todos los servicios de un Centro de Operaciones de Red (NOC), alta velocidad de interconexión al NAP local en Ecuador y al NAP internacional de Miami, tiene redundancia de plataforma y de interconexión internacional a los principales proveedores TIER1 en Estados Unidos. Otros servicios que aseguran un alto desarrollo con estándares internacionales tecnológicos como de servicio al cliente. Los usuarios tendrán acceso a los enlaces en un promedio de contratación de 2 a 4 megas por cada uno con un costo aproximado entre 25 dólares mensuales más costo de instalación de 50 dólares. (Stefania & Blacio, 2014)

En consecuencia, se elegirá a dicha empresa para la conexión a la extranet mundial y brindar el mejor servicio de Internet a los usuarios de la Cuenca del Lago San Pablo.

SLA ofrecido en Internet

- Disponibilidad desde: 99.6%
- Packet loss: cerca al 0.2%
- Latencias al backbone en USA desde: 80 ms
- MTTR desde: 2 horas

El servicio de Internet dedicado que brinda Telconet está dividido por dos zonas, atendidas por backbone de fibra óptica o backbone radial, la elección para este caso de estudio es el backbone de fibra óptica, que se utilizará con una compartición 1:5 y se fijará en la demanda de clientes que se tendrá el primer año y que brindará el servicio de Internet a todas las zonas de cobertura. La demanda será de 150 clientes residenciales es decir cómo se utilizará una compartición de 1:5 se tendrá por cada mega 5 clientes, realizando los cálculos sería: $150/5 = 30$, por lo tanto se necesitará aproximadamente 30 megas para brindar un servicio de calidad

El costo por cada mega con servicio dedicado 1:1 es de \$80,00 (Según referencia del área de ventas) el valor que se debe cancelar a la empresa Telconet será $\$80 \times 30 \text{ Megas} = 2400$ dólares, el cual estará incluido dentro del flujo de un presupuesto proyectado. Aquí se debe considerar que el tráfico de bajada es siempre mayor que un tráfico de subida, estos planes son residenciales.

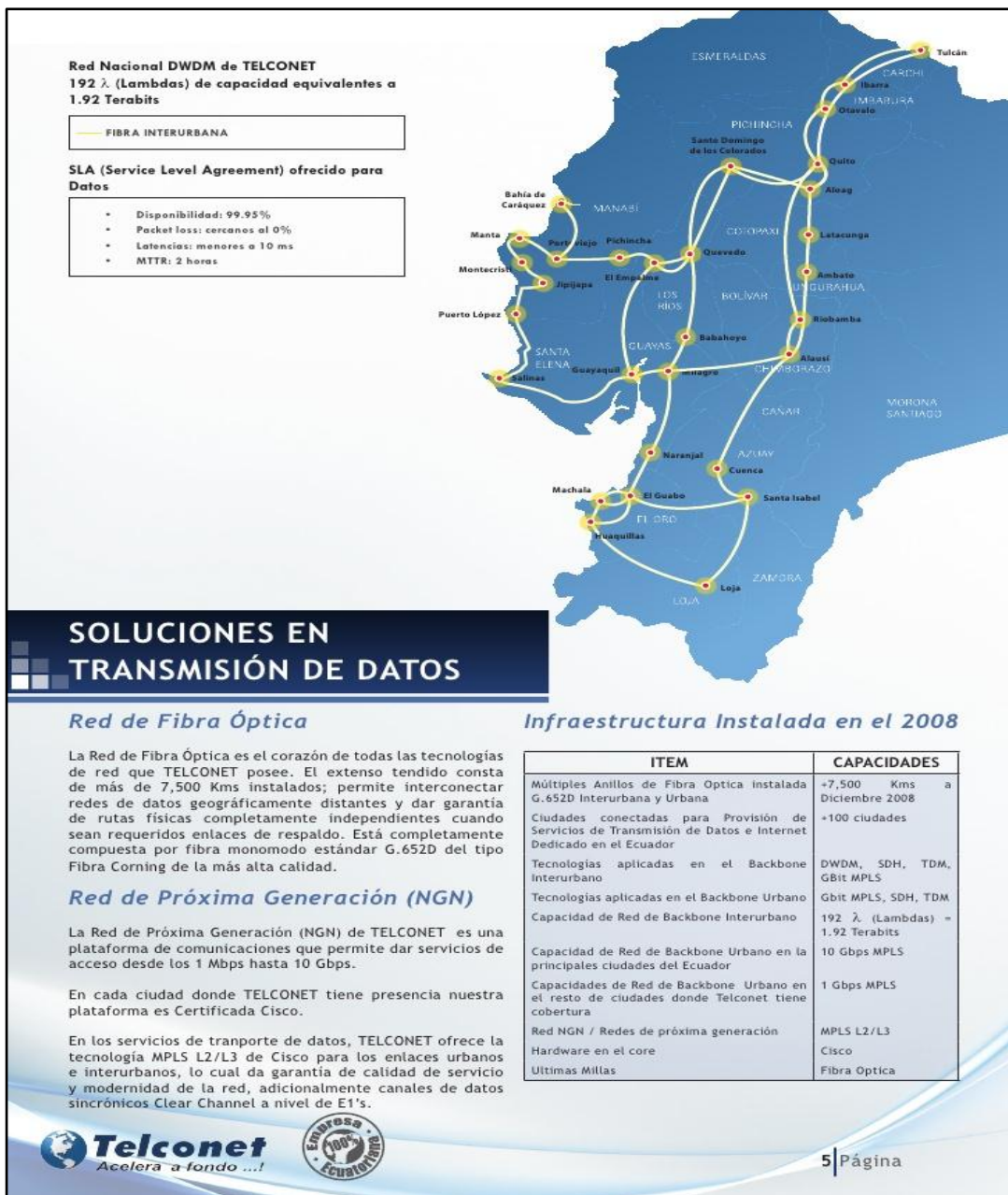


Figura 34. Mapa de cobertura para transmisión de datos de TELCONET S.A

Fuente: (Telconet. La fibra del Ecuador, 2017)

2.8 Diseño de la infraestructura de la red inalámbrica (WISP)

2.8.1 Red de Concentración

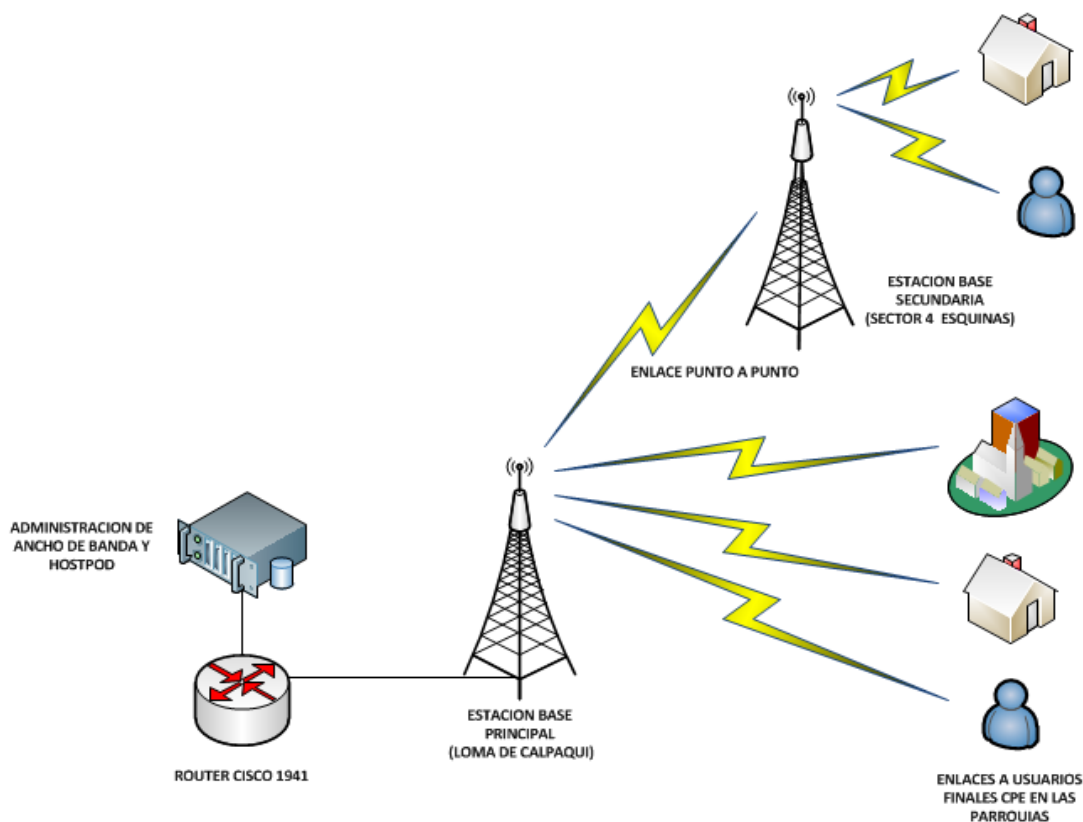


Figura 35. Diseño de la infraestructura de la red concentración

Fuente Propia: Diseño de la infraestructura de la red mediante Microsoft Visio 2010

Para la conexión de la red central hacia la estación base principal se conectará un router o equipo de rutas, posibilitando así la incorporación futura de nuevas estaciones. Se usará para este propósito routers Cisco Modelo 1941, con puertos gigabyte y un administrador de ancho de banda.

El administrador de ancho de banda, interconecta la red de internet que va hacia el usuario y viceversa. Actúa como si fuera un puente transparente, que canaliza y deja pasar la información acorde al ancho de banda que éste previamente le asigne a cada nodo. De esta manera puede administrar varios de usuarios y a cada uno le asigna un ancho de banda garantizado para el flujo de información eficiente.

2.8.2 Red de gestión

▪ Servidor o Computadora Personal

Las diferencias se resumen en dos grandes funciones: Alto desempeño y la Alta disponibilidad.

Alto desempeño

En los sistemas actuales el principal problema es la entrada/salida, por esto los servidores comúnmente vienen con discos duros internos de mayor velocidad (10k/15k rpm) a diferencia de los dispositivos de escritorio (5k-10k rpm) o bien con conexiones a Storage Área Networks (SAN) que pueden tener varios discos de alta velocidad trabajando de manera simultánea y transmitiendo información a través de fibra óptica, lo que reduce drásticamente los tiempos de respuesta.

Alta disponibilidad

Quizá la más importante, es que los servidores cuentan con capacidades de alta disponibilidad, esto quiere decir que pueden estar en línea mucho más tiempo que los equipos normales.

Una de estas características es la redundancia de hardware, es decir, este equipo suele contar con discos duros redundantes (usualmente ligados a tarjetas RAID), fuentes de poder redundantes, canales de comunicación duales (en tarjetas de red o fibras ópticas) lo cual hace menos posible que se tenga un downtime producto de fallas de hardware. Por otro lado el acceso a discos externos vía SAN suele tener redundancia por sí mismo, por si algún disco falla, otro suele entrar como backup lo que minimiza la posibilidad de pérdida de información, además generalmente vienen equipados con memoria ECC (Error Correcting Code) que previene en algunos casos la corrupción de datos en memoria. (MasioLT. Tecnología e información, s.f.)

Un punto referente a los servidores es que usualmente demoran un gran tiempo en encender o reiniciar (5 a 10 minutos), ya que hacen chequeos de hardware, software y firmware y así previenen o detectan futuras fallas. Esto no es un gran inconveniente ya que por sus peculiaridades, no se apagan o reinician continuamente.

Por norma general si se requiere administrar todos los días de la semana, y por consiguiente las 24 horas al día en línea, lo más seguro es que necesite de todas las especificaciones de alta disponibilidad o de alto desempeño.

▪ **Granja de servidores para la red de gestión**

Esta formaría parte de la red encargada de dar los servicios a una granja de servidores como: DNS, DHCP, y CORREOS, entre otros y cada uno implantado en un servidor mediante la interconexión de un concentrador o Switch Modelo Cisco 2960.

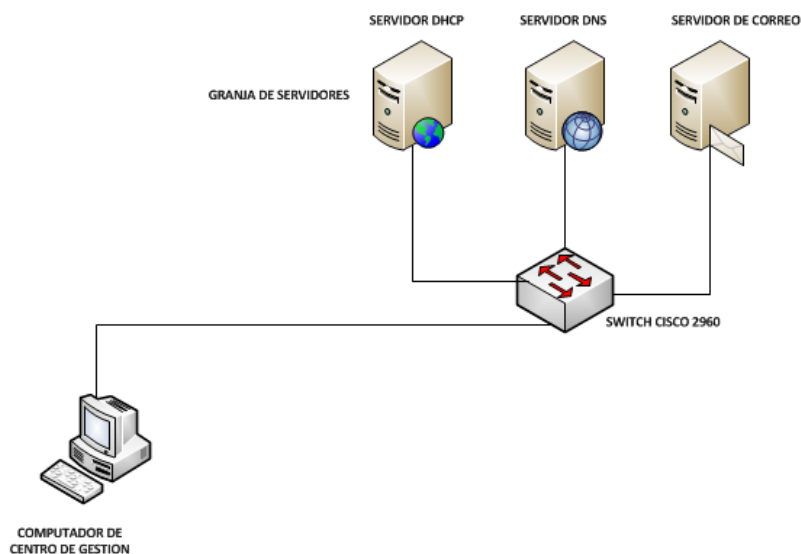


Figura 36. Diseño de la arquitectura de la red de gestión.

Fuente Propia: Diseño de la infraestructura de la red mediante Microsoft Visio 2010

2.8.3 Red de conexión del Backbone.

El backbone es la interconexión internacional que se elige mediante una empresa Concesionaria Nacional o Local, en el caso de este estudio se elegirá TELCONET por poseer fibra tendida por varias zonas del Ecuador, entre ellas posee un tendido de fibra óptica que fluye a través de la panamericana Norte (Circunvalación al Lago San Pablo).

La conexión obtenida desde el nodo de distribución, se enlazará al centro de gestión a través de un enrutador Cisco Modelo 1941 y un Firewall (contrafuego) para evitar intrusiones indeseadas hacia el centro de la infraestructura de la red o los usuarios finales.

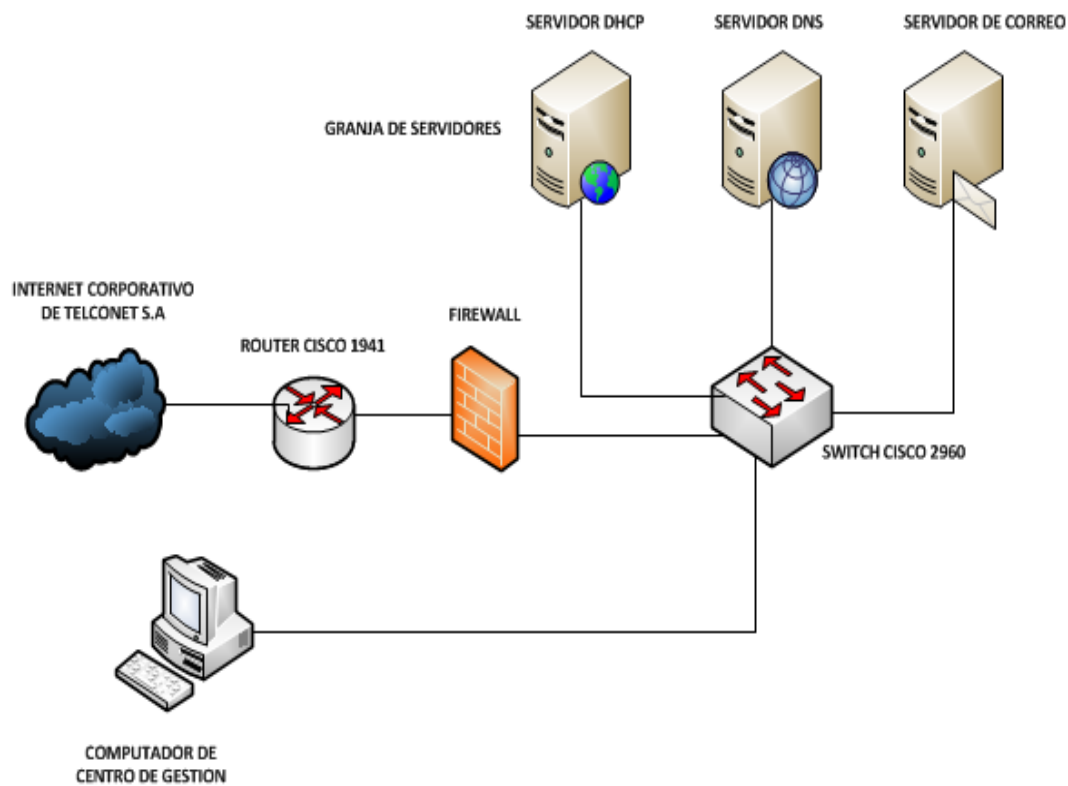


Figura 37. Diseño de la arquitectura de la red de Backbone.

Fuente Propia: Diseño de la infraestructura de la red mediante Microsoft Visio 2010

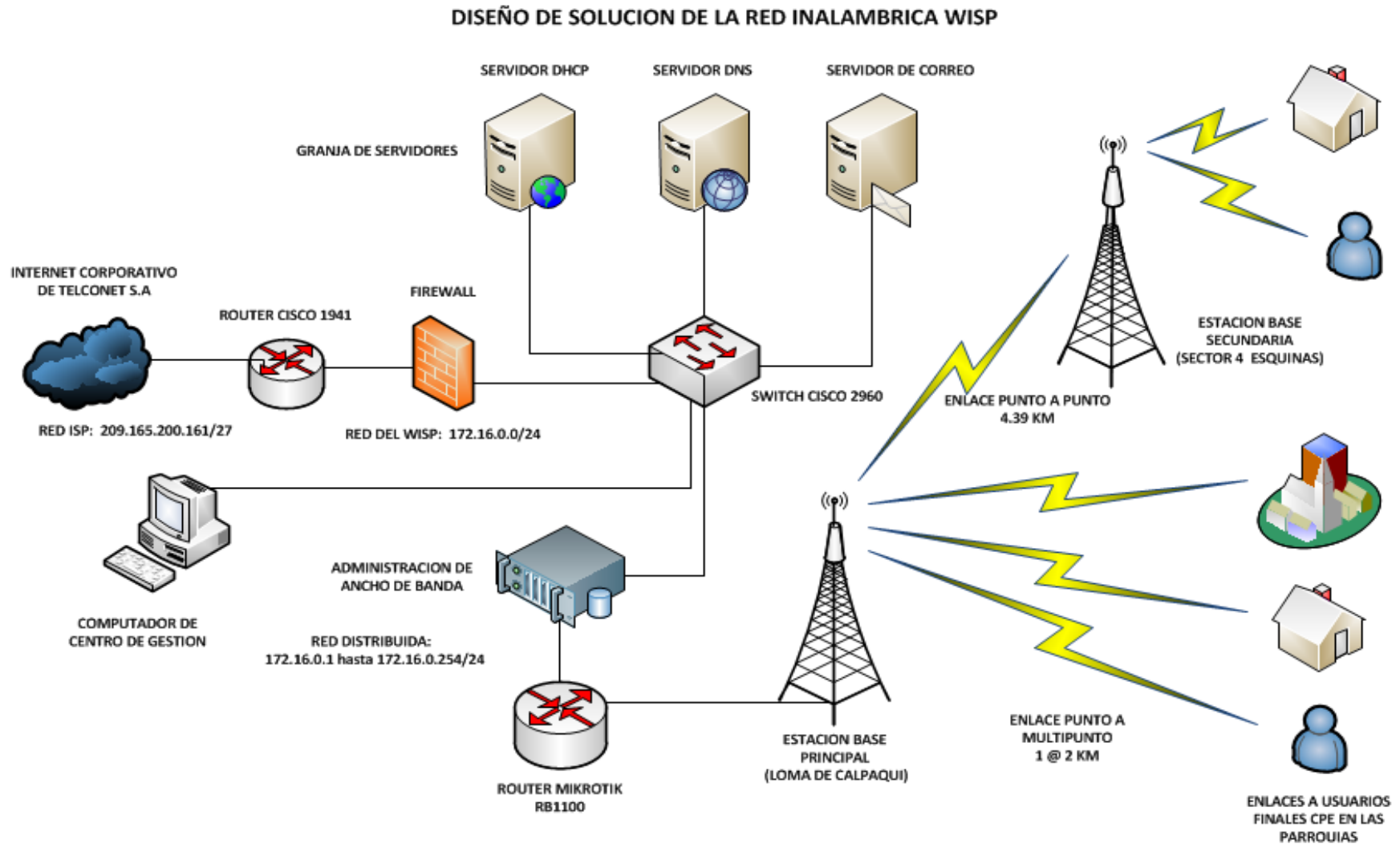


Figura 38. Diseño general de la solución de la red Inalámbrica WISP 2017.

Fuente Propia: Propuesta técnica del diseño de la infraestructura de la red WISP, diseñado con Microsoft Visio 2010

2.9 Tecnología del diseño.

Según las tecnologías estudiadas el proyecto quiere presentar un diseño completo de un Proveedor de Servicio de Internet Inalámbrico que pueda ser utilizado ante la implementación del proyecto en un futuro. Para lo cual se planteará una propuesta técnica de los equipos que serían los más recomendables.

Los equipos que se utilizarán cumplirán con las características especificadas en el análisis de las tecnologías y además se debe considerar que el equipo del nodo principal el cual va a irradiar la señal, pueda asumir la cobertura con buena calidad y que los equipos receptores utilizados, sean de un precio cómodo para que los usuarios lo puedan adquirir, realizando un equilibrio entre la parte técnica y económica del producto. Para la selección de los equipos del nodo principal, lo primero a tener en cuenta es la ganancia de la antena o las antenas que se van a utilizar, donde una antena de:

- 17 dbi irradia en un radio de 1.5km – 2 km aproximadamente.
- 19 dbi irradia en un radio de 2.5 – 3 km aproximadamente.
- 21 o 22 dbi llega a un aproximado de 3.5 o 4 km o más.

Los equipos más relevantes de la red de un W IPS constituyen sus equipos de red inalámbricos que son los que finalmente darán el acceso a los clientes. Existe una inmensa gama de productos para redes wireless en el mercado, entre los cuales están: Cisco Systems, Alvarion, LigoWave, Cambium Networks, Ubnt (Ubiquiti), Mikrotik, entre otros por lo que se torna sumamente difícil la selección, en este punto se puede utilizar tecnologías propietarias y estándares, para el diseño propuesto se utiliza equipos con tecnología WIFI (IEEE 802.11n) que

tienen un límite teórico hasta los 600 Mbps, y pueden cubrir varios kilómetros de distancia con muy buenas prestaciones y a bajo costo, equipos que además de cumplir con estos requisitos, ofrecen la oportunidad de poder actualizarlos y aprovechar las ventajas que ofrecerán futuros estándares (802.11ac etc.).

Cabe señalar que el diseño del WIPS bien podría implementarse con tecnología Wimax (IEEE 802.16), pero el inconveniente son los costos tanto de equipos como de licenciamiento de frecuencia. Se sabe a través de la investigación que estas cualidades están en la marca Ubnt (Ubiquiti) y Mikrotik que manufacturan sistemas profesionales de transmisión inalámbrica que llevan las comunicaciones más avanzadas a cualquier lugar alejado, y conectar usuarios de una red a distancias de varios kilómetros además entregan en sus sistemas rendimiento, seguridad, interoperabilidad con otros dispositivos compatibles 802.11b/g/n/a/ac/af y fiabilidad para la creación de redes externas.

UBNT (Ubiquiti) es una compañía fundada en el 2005 con la misión de crear redes inalámbricas de banda ancha que ofrece varias características, como por ejemplo los enlaces inalámbricos, interfaz de diseño de la red de conexión inalámbrica mediante herramientas de software como airlink, sistema de monitoreo mediante airOS, y distintos dispositivos para propagar señal a través del espacio aéreo y enrutamiento de equipos Ubnt (EdgeRouter) entre enlaces punto a punto como multipunto. (Unif. Enterprise Wifi, 2016)

En la línea de hardware de MIKROTIK se incluye la línea routerboard y sus accesorios, tarjetas miniPCI para proveer la interface inalámbrica al RouterBoard y también sistemas integrados listas para instalar un enlace punto a punto, WISP y WDS (Wireless Distribution System). (Mikrotik, s.f.)

Algunas de las características y ventajas que ofrecen los equipos UBNT Y MIKROTIK son:

- Una solución económica.
- Operan en bandas 2. XGHz, 5. XGhz o en ambas simultáneamente, en bandas con licencia y sin licencia.
- Trasmisión inalámbrica de datos de alta velocidad (hasta 150 Mbps)
- Distancia de conexión hasta 25 kilómetros para enlaces punto-a-múltiples puntos y hasta 70 kilómetros para enlaces punto-a-punto sin repetidoras.
- Soporte para IP - NAT, Routing y DHCP.
- Seguridad - firewall y VPN
- Control de ancho de banda, Proxy, contabilidad, HotSpot
- Instalación rápida y simple para la estación base y clientes
- Acceso a Internet confiable y constante durante las 24 horas.

Mikrotik, dispone de puertos MNI PCI que posibilitan la realización de un “Upgrade” al equipo con solo cambiar la tarjeta, y elegir el rango de frecuencia y estándar de transmisión o agregar hardware con más potencia de RF. (Equipos de radio Mikrotik no vienen con Antena). Mikrotik, está en constante evolución de su firmware RouterOS, produce grandes cambios de una versión a otra y corrige constantes Bugs o incompatibilidades con nuevos protocolos. Mikrotik RouterOS, incluye un control experto de Firewall y Manejo de Paquetes Bloqueo P2P, Ráfagas, Hostpot, integrado con el protocolo de capa 7 que permite bloquear y controlar todos los puertos, protocolos y paquetes que se desee, a lo que se suma la posibilidad de realizar cache de páginas WEB (HTTP proxy), soporte del nuevo protocolo IPV6, Balanceo de Carga, VPN.

Mikrotik Router OS, es un sistema basado en el kernel de Linux o lo que es lo mismo, que puede ser modificado por cualquier persona, los productos MIKROTIK son modificables o re potenciables. Entonces sería prudente decir que los equipos Mikrotik son profesionales para personas con miradas más allá de sus horizontes, porque para realizar tareas con mikrotik el límite lo pone la imaginación, si una empresa piensa en crecer, la mejor solución es Mikrotik por su fácil actualización y adaptación con la tecnología actual.

CAPÍTULO III

TECNOLOGÍA DE EQUIPAMIENTO PARA EL DISEÑO DE LA RED

3.1 Especificaciones técnicas.

3.1.1 Redes airMAX “AC” Punto a Punto y Punto Multipunto

Las redes inalámbricas airMAX AC fueron diseñadas bajo una arquitectura PtP (Punto a Punto), sin embargo, construir una red PtMP (Punto a MultiPunto) puede resultar sencillo en función del diseño y la arquitectura empleada, para lo cual estas líneas de productos presentan diversas alternativas en el mercado de las telecomunicaciones y los enlaces entre equipos con un elemento común: el radio Estación Base (EB). Ambos diseños pueden ser construidos usando radios airMAX AC, de una forma simple y rápida, con alto rendimiento y un costo competitivo.



Figura 39. Logotipo de Ubiquiti Networks.

Fuente: (Howto: Unbrick your UniFi AP, s.f.)

A continuación, se presentarán los equipos que se utilizarán para los enlaces de la estación base principal y la estación secundaria en los clientes de la red inalámbrica ISP.

3.1.2 Equipos para la Estación Base Principal (Loma de Calpaqui)

La Estación Base principal es donde se encuentra el Servidore HP, los que a su vez están conectados a un router Mikrotik, un switch y router Cisco, que atreves de cables coaxial y cables UTP Cat 6A se conectan a un radio Ubiquiti Rocket 5AC-PTP y sus respectivas Antenas Ubiquiti Rocket Dish 30 DBI-RD 5G30 en una torre de longitud aproximada de 30 a 40 metros.

Esta distribución la tendrá en las otras 2 estaciones base: Loma de Calpaqui (Gonzales Suarez) y la estación Loma 4 Esquinas (Comunidad de Araque) separadas por una distancia aproximada de 4.39 km, y esta se enlazará con una conexión PUNTO A PUNTO

DIAGRAMA ESTRUCTURAL DE LA ESTACION BASE PRINCIPAL

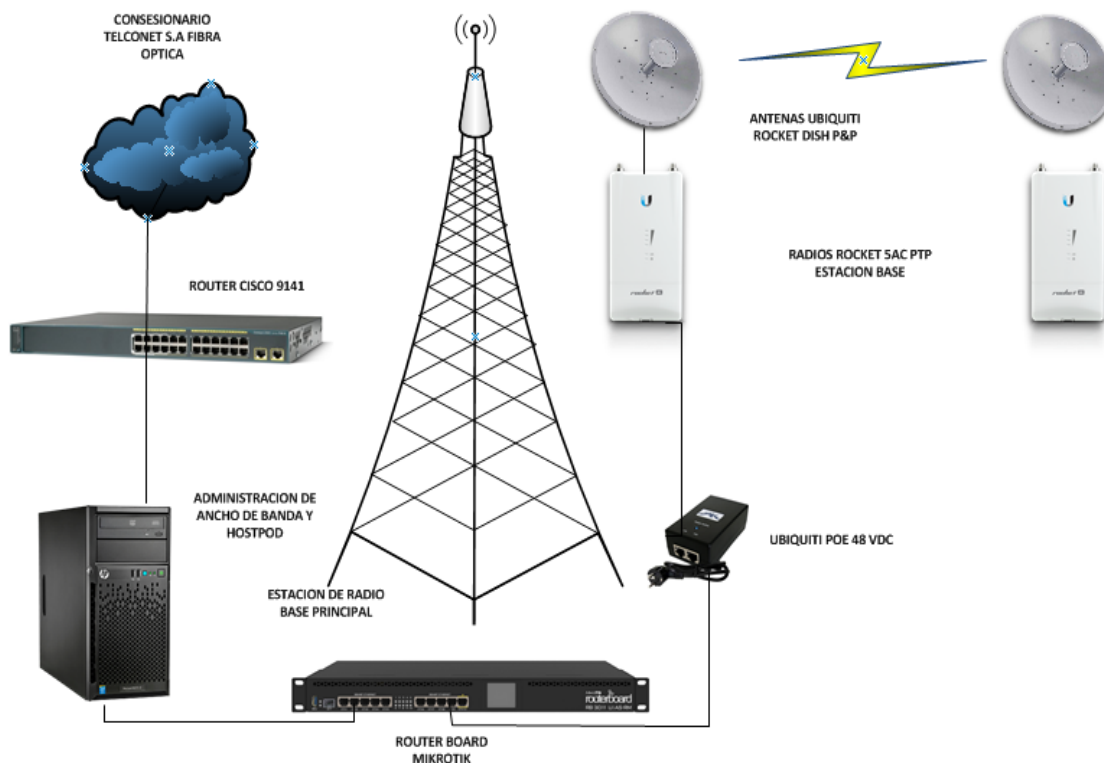


Figura 40. Diagrama estructural de la Estación Base Principal.

Fuente Propia: Diseño de la infraestructura de la red mediante Microsoft Visio 2010

3.1.3 Equipos para la Estación Base Secundaria (Loma 4 Esquinas)

Para las estaciones secundarias se usan el mismo tipo de equipos. El diagrama se puede especificar mejor en la Figura 40. Donde se puede apreciar la distribución de los equipos y se detalla cada uno de ellos. La distribución de los equipos para la estación Radio Base Secundaria, son las que se encargan de interconectarse PUNTO A MULTIPUNTO con los clientes, permitiendo el acceso a la red inalámbrica ISP.

Para los clientes se usarán los equipos según la necesidad interna de los mismos o de acuerdo a los dispuestos por cada uno según su contrato de servicio en velocidad y transferencia. Así como se muestra en la Figura 41.

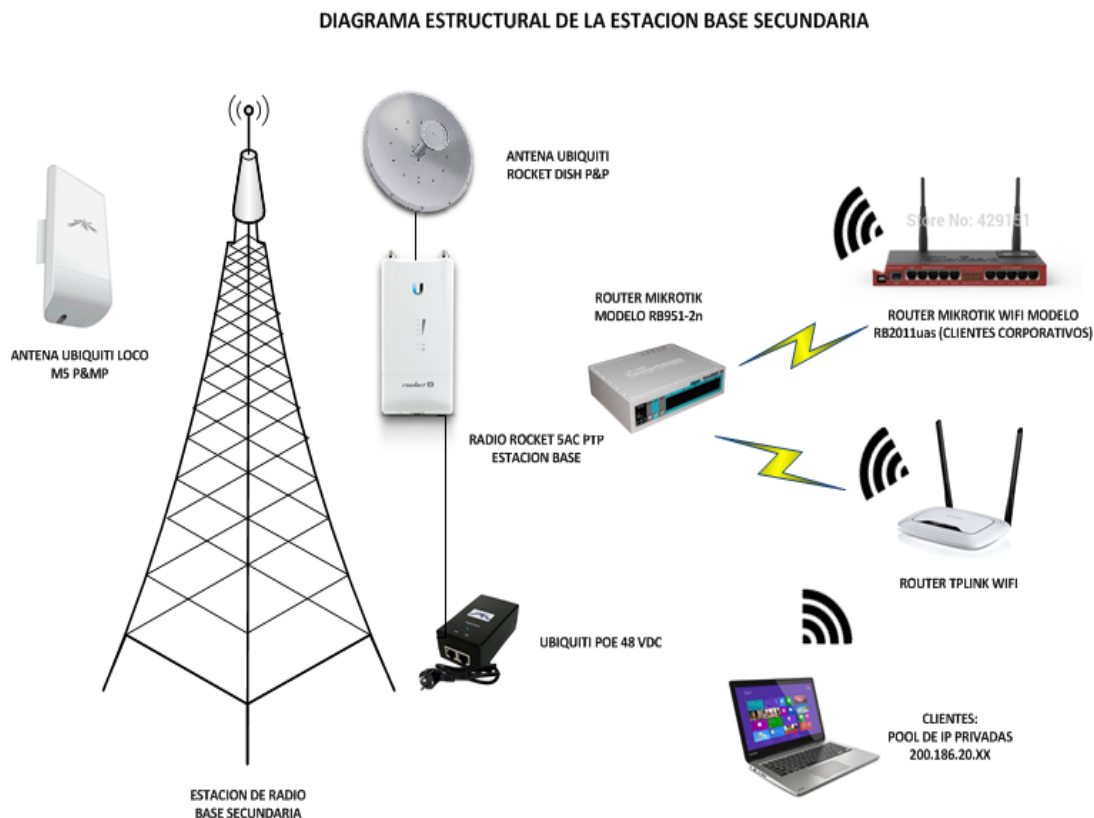


Figura 41. Diagrama estructural de la Estación Radio Base Secundaria

Fuente Propia: Diseño de la infraestructura de la red, mediante Microsoft Visio 2010.

3.1.4 Equipos para la Estación Base Principal y Secundario de la Red WISP

Los equipos para la comunicación entre las Bases Estaciones y los Clientes, se los solicitara a los proveedores nacionales las cuales se manejaran en las siguientes marcas y modelos:

3.2 Equipos Ubiquiti Networks.

3.2.1 Radio Rocket 5AC – PTP

El Rocket5AC – PTP es una plataforma de estación encargada de realizar radio-enlaces, tiene características mejoradas en performance de radio y durabilidad superior. Su capacidad de enlazar distancias de hasta 50 km y proporcionar velocidades de hasta más de 150 Mbps. Se aprovecha su conexión Gigabit Ethernet para ofrecer un alto rendimiento y una confiable transferencia de datos. Fue diseñado específicamente para mejorar el rendimiento en duros ambientes RF y en condiciones climáticas extremas. Cubierto por una carcasa de aluminio es resistente para la propia radiación Front to Back, cuenta con tecnología MIMO 2x2 de radio lineal.

Los Dispositivos Rocket pueden desplegarse por enlaces PtP o PtMP AIRMAX BaseStation con sus distintas aplicaciones. Ellos pueden ser emparejados a elección de antenas Airmax BaseStation Sector o RocketDish; es por eso que cuenta con flexibilidad y comodidad.



Figura 42. Radio Rocket 5AC – PTP (Ref. Pag. Ubiquiti Networks 2017)

Fuente: (IrisWireless.net, s.f.)

3.2.2 Antena Rocket Dish Model: RD-5G30

RocketDish™ Es una antena con acoplamiento a una BaseStaciónRocket® para crear un Terminal de alto rendimiento, de enlaces Punto-a-Punto (PTP) o de red backhaul (Rocket se adquieren por separado). El RocketDish está disponible en los siguientes modelos de frecuencia: 2.4, 3 y 5 GHz

La antena RocketDish tiene un potente rendimiento de entrega 2x2, rendimiento de doble polaridad. La incorporación de un diseño plato reflector RocketDish es una excelente alternativa para la directividad fija. El diseño físico es robusto y mecánico, para la implementación y uso de aplicaciones al aire libre.

Las antenas RocketDish y las Base estaciones Rocket, se han diseñado para trabajar juntos sin problemas, cada RocketDish tiene un espacio dedicado y especial para los Rocket, asegurando la posición y la fijación así que la instalación no requiere herramientas especiales; como se muestra en la Figura 43.

Por lo que, es una combinación óptima los RocketDish y Rocket para los enlaces PtP.



Figura 43. RocketDish – Model RD5G30 (Ref. Pag. Ubiquiti Networks 2017).

Fuente: (Global Computer Sistem, 2016)

3.2.3 Antena AirMax^{ac} Sector Model: AM-5AC21-60

Este módulo representa la próxima generación de MIMO 2x2 en antenas sectoriales de Ubiquiti Networks. Estas antenas cuentan con avances significativos en escalabilidad, el aislamiento de ruido, y rendimiento de enlaces para complementar al RocketTM5ac, estas antenas también son compatibles con Modelos RocketM5; sin embargo, óptimo rendimiento requiere la Rocket5ac.

Las antenas sectoriales AirMax ac son altamente resistente a la interferencia de ruido en las implementaciones de colocación. El diseño innovador deflector, junto con los lóbulos laterales reducidos y backlobes, rechazar la interferencia de otros transmisores de la área - potencialmente en la misma torre.

Mejora de la relación señal-ruido (S/N o SNR) permite a un orden superior modulación para ser utilizado, por ejemplo, 256QAM en lugar de 16QAM. Esto aumenta el número de bits por segundo para un ancho de banda fijo (o tasa de datos).

Debido al diseño innovador, la Antena Sectorial Airmax ac tiene mayor ganancia y un enlace estable con rendimiento de alta capacidad y redes multipunto. Se Detalla las principales partes en la Figura 44.

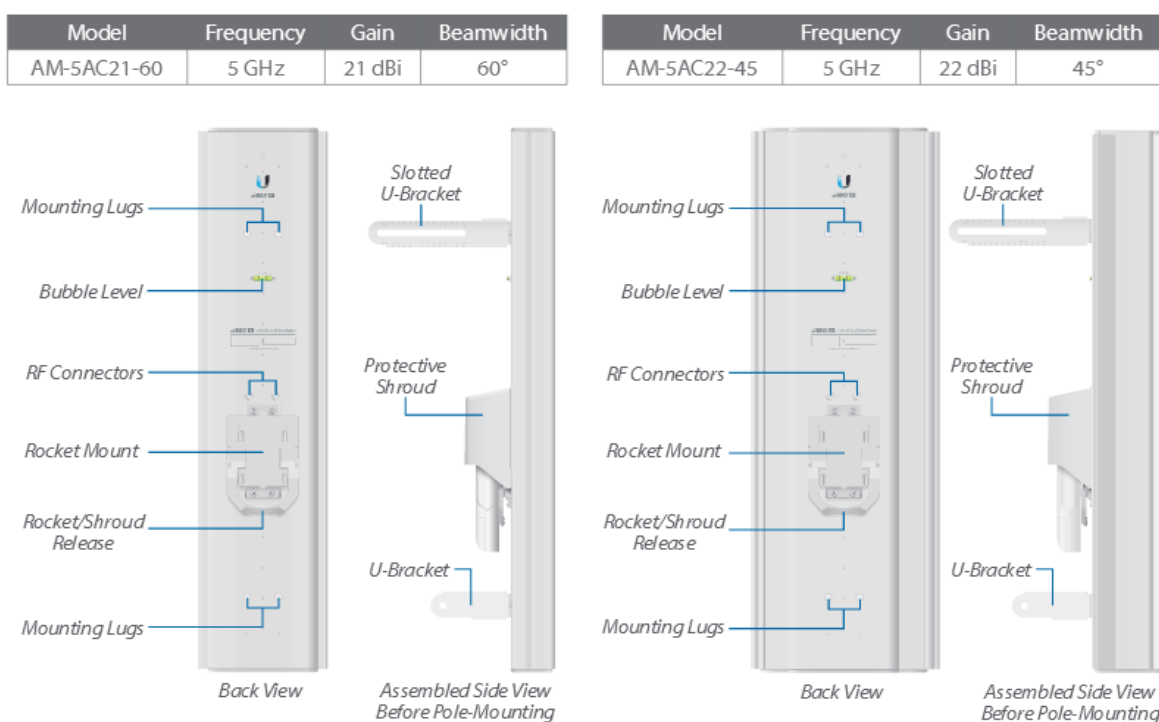


Figura 44. AirMaxac Sector – Model AM-5AC31-60

Fuente: (Ubiquiti Networks , 2017).

3.2.4 Antena airGrid M5-HP – 27dBi para clientes CPE

El AirGrid M5 es un Punto de Acceso para exteriores de 5GHz, con nuevo concepto de CPE “Único en el Mercado” que engloba una antena de gran Capacidad y el radio emisor en un solo dispositivo, evitando usar cable de comunicación RF, que afectan el desempeño por pérdida de señal, permitiendo poder desarrollar un gran alcance y rendimiento, como CPE “Cliente” de una estación Base AirMax de 5Ghz. También puede desarrollar enlaces Punto a Punto (PtP) hasta una distancia de 10km. **(Red Cetus. Integradores de tecnología, s.f.)**

Este modelo innovador de Ubiquiti, posee una antena tipo grilla, la cual solo puede desarrollar una polaridad (vertical u horizontal dependiendo de su instalación) esto permite desarrollar hasta 150Mbps en un ancho de canal de 40Mhz, como se indica en la figura 45.



Figura 45. Antena AirGrid M5-HP

Fuente: (Ubiquiti Networks , 2017)

3.3 Equipo Mikrotik

3.3.1 Router Mikrotik RB1100AHx2

Es un enrutador Gigabit Ethernet de rack 1U - con una CPU de doble núcleo, puede alcanzar hasta un millón de paquetes por segundo y soporta cifrado de hardware.

Cuenta con trece puertos Gigabit Ethernet individuales, dos grupos de conmutadores de 5 puertos e incluye capacidad de bypass Ethernet. 2 GB de SODIMM RAM están incluidos, hay una ranura para tarjeta microSD, un beeper y un puerto serie.

El RB1100AHx2 viene preinstalado en un estuche de aluminio de 1U, fuente de alimentación y enchufe, montado y listo para desplegar.



Figura 46. Router Mikrotik

Fuente: (RouterBoard, s.f.).

3.4 Equipos independientes

3.4.1 Router Cisco Modelo 1941

Los routers Cisco ISR 1941 Series aprovechan las características inigualables de los routers Cisco 1841 existentes para dar origen a dos modelos: Cisco 1941 y Cisco 1941W. Además de las numerosas opciones de conectividad cableada e inalámbrica que admite el router Cisco 1941 Series, el router Cisco 1941W ofrece la integración del punto de acceso IEEE 802.11n, que tiene compatibilidad retrospectiva con los puntos de acceso IEEE 802.11a/b/g

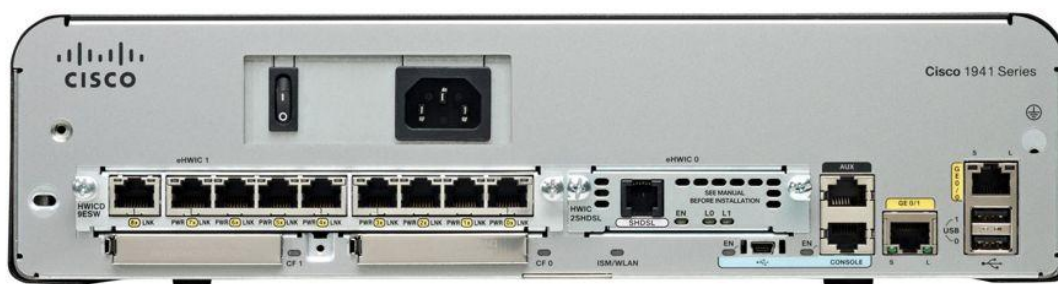


Figura 47. Router Cisco Modelo 1941

Fuente: (Cisco, s.f.)

Características

Tipo de dispositivo	Router
Tipo incluido	Sobremesa, montaje en rack - modular - 2U
Tecnología de conectividad	Cableado
Protocolo de interconexión de datos	Ethernet, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet
Red / Protocolo de	IPSec, PPPoE, L2TPv3

transporte	
Protocolo de direccionamiento	OSPF, IS-IS, BGP, EIGRP, DVMRP, PIM-SM, IGMPv3, GRE, PIM-SSM, enrutamiento IPv4 estático, enrutamiento IPv6 estático, enrutamiento basado en reglas (PBR), MPLS, Bidirectional Forwarding Detection (BFD), IPv4-to-IPv6 Multicast
Protocolo de gestión remota	SNMP, RMON
Algoritmo de cifrado	SSL
Características	Protección firewall, asistencia técnica VPN, soporte de MPLS, soporte para Syslog, filtrado de contenido, soporte IPv6, Class-Based Weighted Fair Queuing (CBWFQ), Weighted Random Early Detection (WRED), Dynamic Multipoint VPN (DMVPN), Web Services Management Agent (WSMA), NetFlow
Cumplimiento de normas	IEEE 802.3, IEEE 802.1Q, IEEE 802.3af, IEEE 802.3ah, IEEE 802.1ah, IEEE 802.1ag, ANSI T1.101, ITU-T G.823, ITU-T G.824, CISPR 22 clase A, CISPR 24, EN55024, EN55022 clase A, EN50082-1, AS/NZS 60950-1, ICES-003 clase A, CS-03, R&TTE, FCC CFR47 Part 15, EN300-386, UL 60950-1, IEC 60950-1, EN 60950-1, BSMI CNS 13438, AS/NZS 3548 clase A, CAN/CSA C22.2 No. 60950-1, VCCI V-3, EN 61000, TIA/EIA/IS-968
Memoria RAM	512 MB (instalados) / 2 GB (máx.)
Memoria Flash	256 MB (instalados) / 8 GB (máx.)
Indicadores de estado	Actividad de enlace, alimentación

Tabla 8. Características del router Cisco 1941.

3.4.2 Router Inalámbrico Cisco Linksys E120G (CPE)

Es un router de alto rendimiento, un dispositivo 3 en 1 que cumple la función de un DSL de alta velocidad, un router de 4 puertos 10/100 Mbps y a su vez un NAT inalámbrico punto G de acceso. Se crea sin muchas dificultades un entorno seguro y de alta velocidad de la red con alambre / inalámbrica con el fin de compartir archivos, música, videos e impresoras a otras máquinas.



Figura 48. Router Inalámbrico Cisco Linksys E120G (CPE)

Fuente: (Cisco, s.f.)

CARACTERÍSTICAS DE ROUTER INALÁMBRICO

Interface	4 puertos 10/100 Mbps RJ45 1puerto RJ11
Suministro de Energía	9VDC/0.85^a
Estándares	IEEE 802.3, 802.3u
Dimensiones	6.4x4.2x1.1
Tipo de Antena	Omnidireccional, SMA desmontable, Reversa
Estándares inalámbricos	IEEE 802.11g, 802.11b
Frecuencia	2.400-2.4835GHz
Seguridad Inalámbrica	Es compatible con 64/128 bit WEP, WPA-PSK/WPA2-PSK. Filtrado de direcciones MAC
Certificación	CE, FCC, RoHS
Contenido del paquete	TD-W8901G Splitter externo
Requisitos del Sistema	Microsoft Windows 98SE, NT, 2000, XP, Vista™ or Windows 7, MAC OS, NetWare,

3.4.3 Switch Catalyst 2960S-24PS-L

Cisco Catalyst 2960 soportan voz, video, datos y acceso seguro. Para empresas da una administración con escalas a medida que cambian las necesidades de la dependencia.



Figura 49. Switch Catalyst 2960S-24PS-L

Fuente: (Cisco, s.f.)

CARACTERÍSTICAS DE SWITCH CATALYST 2960S-24PS-L

Voltaje de entrada	100 – 240 V
Frecuencia de entrada	50/60 Hz
Memoria Flash	64 MB
Memoria interna	128 MB
Conectividad	Ethernet LAN (RJ-45) cantidad de puertos 24
Temperatura	-25 - 70 °C
Protocolo de transmisión de datos	Ethernet, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet
Protocolos de gestión	SNMP 1, RMON 1, RMON 2, RMON 3, RMON 9, Telnet, SNMP 3, SNMP 2c, HTTP
Seguridad	SSH/SSL support, MAC, filtro de direcciones
Transmisión de datos	Full dúplex
Dimensiones (Ancho x Profundidad x Altura)	445 x 386 x 45 mm

3.4.4 Servidor Video-Cache (Dell PowerEdge™ R515)

Ofrece características de carácter empresarial, adecuado para tareas de bases de datos, correo electrónico, virtualización, consolidación de carga de trabajo y otras aplicaciones centrales de la empresa que requieren una inmensa cantidad de almacenamiento local.



Figura 50. Servidor Video-Cache

Fuente: (Dell PowerEdge™ R515, s.f.).

CARACTERÍSTICAS DEL SERVIDOR DELL POWEREDGE-CACHE

Procesador	Procesadores AMD Opteron™ series 4100, 4200 y 4300
Sistema Operativo	Windows Server 2012 Standard
Memoria	Hasta 256 GB (8 ranuras DIMM): 1 GB/2 GB/4 GB/8 GB/16 GB/32 GB de memoria DDR3 hasta 1.600 MT/s
Almacenamiento	Capacidad máxima de almacenamiento interno: De 8 TB a 24,6 TB (según el chasis)
Tarjeta de Video	Matrox G200eW con 8 MB
Comunicaciones	NIC 10/100/1000BASET Broadcom™ BCM5709C de cuatro puertos
Compartimiento de Unidades	Chasis para 8 ó 12 discos duros: unidades SAS,SATA o SSD de 3,5" o 2,5" (el chasis para 12 discos duros ofrece dos unidades internas cableadas de 2,5" adicionales)
Ranuras	3 ranuras PCIe G2: Tarjeta vertical 1: 3 PCIe (una x8, dos x4) + 1 ranura de lmacenamiento (x4) Tarjeta vertical 2: 1 PCIe (x16) + 1 ranura de almacenamiento (para GPGPU) (x4)

3.4.5 DELL Inspiron 15-7000

Un diseño con uno de los procesadores más potentes de cuarta generación y con las características necesarias de memoria y disco duro para el desarrollo de las actividades dentro y fuera de una empresa.



Figura 51. Portatil DELL Inspiron 15-7000

Fuente: (Price Pony, s.f.)

CARACTERÍSTICAS DELL INSPIRION 15-7000

Procesador	Cuarta generación del procesador Intel® Core™ i7- 4500U (4MB Caché, hasta 3.00 GHz)
Sistema Operativo	Windows 8.1 Edición de un Solo Idioma (64-bit), Español
Pantalla	Pantalla LED iluminada Táctil con TrueLife™ de 15.6" de alta definición completa (FHD) (1920 x 1080)
Memoria	8 GB Dos canales DDR3L a 1600 MHz
Disco Duro	1TB 5400 rpm SATA Hybrid Hard Drive with 8GB Cache
Tarjeta de video	NVIDIA® GeForce® GT 750M 2GB GDDR5
Garantía	1 año de garantía Estándar con Servicio en el sitio.

3.5 Sistemas de protección y energía.

3.5.1 Características Eléctricas.

La instalación eléctrica es primordial en la preparación de la sala donde se ubiquen los equipos. El buen funcionamiento del Sistema depende de que la alimentación eléctrica sea estable y libre de perturbaciones. Si ésta es deficiente pueden producirse errores intermitentes, paros del sistema y averías. Se requiere una línea dedicada, directa y exclusiva desde el distribuidor o cuadro primario de CA, y una toma de tierra exclusiva y aislada, de muy buena calidad. A continuación, se analizará las características de alimentación CA, CC y la toma a tierra.

3.5.2 Suministro Primario en CA

Una vez conocido el consumo del equipo, se debe disponer de una línea directa desde el distribuidor o cuadro primario de CA al cuadro de distribución de la sala totalmente independiente a la del sistema de aire acondicionado y demás elementos, pertenecientes o no a la sala, cuyos consumos se calculan aparte. Las razones para una línea exclusiva son:

- Asegurar la potencia suficiente.
- Evitar las interferencias de máquinas que producen transitorios.
- Evitar que las protecciones generales corten la alimentación del sistema.

Las características requeridas de alimentación para esta línea son:

Tensión de Red 115 Vac \pm 10% Frecuencia de Red 60 Hz \pm 5%, estas características se deben cumplir incluso en el caso de fallo de red, por lo que es imprescindible que la central disponga de grupo de generadores automático con suficiente potencia para asumir este servicio.

El tendido de la línea, desde el contador o cuadro primario de CA a la sala del sistema será monofásico o trifásico dependiendo de la potencia requerida del sistema, y de la distancia.

Para que éste sistema de alimentación cumpla con la fiabilidad requerida debe disponer de un elemento que garantice la continuidad y estabilidad de la tensión de alimentación. Este elemento consiste en un Sistema de Alimentación Ininterrumpida (UPS).

3.5.3 Toma de Tierra

Para la correcta instalación de los equipos es preciso disponer de una excelente toma de tierra, la cual debe cumplir las siguientes especificaciones:

- La resistencia debe ser inferior a 6 ohmios.
- El conductor debe estar aislado en todo su recorrido.
- La sección del conductor no será inferior a 16 mm² y su resistencia no superará 2 ohmios.
- El lugar de conexión debe ser lo más cercano a la barra general de tierra y su recorrido se efectuará de ser posible sin empalmes.
- No debe transmitir ruido eléctrico.
- La diferencia de potencial entre la tierra y el neutro en ningún caso superará 1V RMS en circuito abierto, o 4 Vpp con los equipos en funcionamiento.

- Ningún otro aparato auxiliar, como fotocopiadoras, aire acondicionado, ni ningún tipo de máquina, pueden conectarse a la tierra del sistema, dado que se pueden producir fallos y errores intermitentes en el sistema.

- La distribución de la tierra del sistema a cada uno de los elementos debe hacerse en paralelo desde el borne o barra de tierra del cuadro secundario de CA, a cada base de enchufe.

3.6 Medios de soporte.

3.6.1 Inspección del lugar

Como normas generales se tendrán en cuenta los siguientes requerimientos para el centro de operaciones:

- El lugar donde se instalen los equipos del sistema debe ser una sala lo suficientemente amplia y accesible. En ningún caso conviene que la superficie sea menor de 20 m².
- El acceso a éste debe ser restringido, sólo personas autorizadas y capacitadas pueden ingresar y salir de éste.
- La altura del suelo a techo será como mínimo de 3m.
- En este valor está incluido el espacio que hace falta para el falso suelo.
- Los Bastidores y el Centro de cableado están preparados para recibir el cableado por la parte inferior, por lo que es necesaria la utilización de suelo falso.
- La iluminación debe ser incandescente, puesto que las luces fluorescentes provocan interferencia electromagnética con las señales a transmitir, por lo que no es recomendable usar este tipo de iluminación.

- Para protección de incendios, se contará con un sistema detector de humo o temperatura.
- En cualquier caso, se colocarán extintores de dióxido de carbono (CO₂) a lo largo de la sala de forma que sean fácilmente accesibles y visibles.

3.6.2 Especificaciones Ambientales

Por tratarse de equipos contruidos fundamentalmente con semiconductores en alta integración y la utilización continua de soportes magnéticos, es necesario dotar a las salas destinadas a albergar a dichos equipos, de los medios necesarios que garanticen los requisitos climáticos y ambientales que se exponen en los siguientes apartados.

Las características más relevantes en cuanto a clima, temperatura y humedad se destacan a continuación:

- Debe haber acondicionadores de aire capaces de regular simultáneamente temperatura y humedad.
- La salida de aire frío nunca se efectuará por el techo de la sala puesto que se producirían turbulencias con el aire caliente desprendido por los equipos, con lo cual, se remueven las partículas de polvo existentes, siendo esto perjudicial para los equipos.
- No se utilizarán acondicionadores de ventana, por tomar éstos el aire del exterior introduciendo polvo y gases perjudiciales para los discos y cintas magnéticas.
- El sistema de refrigeración debe ser independiente del que exista en el edificio.
- Se dotará a la sala de un termómetro de máxima-mínima y termostato de regulación.

- La temperatura de funcionamiento del sistema se mantendrá en un margen entre 20°C y 25°C. La temperatura máxima no debe ser más 30°C, por un lapso de 48 horas.
- La variación instantánea de temperatura no debe ser brusca, porque también afecta a los sistemas de refrigeración de los equipos. Esta no debe ser superior a los 0.9°C/min.
- Otros elementos ambientales perjudiciales son: el polvo y la contaminación atmosférica, que deberán ser eliminados con aspiradores, evitando utilizar instrumentos que lo dispersen como escobas, cepillos, etc.
- Por último, Se debe limpiar las salas al término de los trabajos de acondicionamiento de éstas y antes de la instalación de los equipos. Además, de realizar una limpieza periódica cada mes, con los instrumentos adecuados.

3.6.3 Instalación de los clientes

Lugares apropiados para instalar la antena del cliente son:

- Techo de una edificación, con la antena sujeta a la antena de televisión, o a un poste o mástil especial para su antena.
- Muro de una edificación, donde se lleve con cable coaxial o UTP por medio de una canaleta decorativa y amarras de seguridad
- Ambientación y organización ideal para la conexión de los equipos del cliente.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA Y SISTEMA DE SIMULACIÓN

4.1 Propuesta Económica.

El estudio financiero que se realiza en la propuesta tiene el objetivo de dar a conocer la inversión y gastos necesarios de acuerdo a la demanda de clientes que tendrá proyecto de la red inalámbrica WISP y finalmente se muestra el presupuesto que se necesitará para la implementación proyectada. El proyecto del WISP brindará un servicio de valor agregado (Internet) con el fin de mejorar la situación actual de los usuarios de la Cuenca del Lago San Pablo y satisfacer las necesidades de transmisión y uso de aplicaciones de navegación.

4.2 Análisis de costos para el equipamiento de la WISP.

La inversión inicial para la puesta en marcha del WISP fue principalmente para los equipos de computación y telecomunicaciones, equipos de oficina, equipos de seguridad, equipos eléctricos, muebles y enseres que son primordiales para brindar el servicio de internet; los mismos que mediante un préstamo externo se realizará las operaciones.

Toda la inversión inicial fue analizada según la demanda de clientes para los próximos dos años. El valor considerado como inversión inicial es referente a todos los equipos, muebles y enseres al momento de ser puesta en marcha. La inversión inicial para el primer año fue de un total de \$ **29.922,50** el mismo que se distribuye como lo detalla a continuación

- Costos de equipos de la red inalámbrica e instalación.
- Costos de instalación e implementación secundarios.

ARTICULO	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (USD)	PRECIO TOTAL (USD)
ANTENAS SECTORIALES	Antena AirMaxac Sector Model: AM-5AC21-60	4	500,00	2000,00
ANTENA DISH	Rocket Dish Model: RD-5G30	2	280,50	561,00
RADIO BASE	Rocket 5AC – PTP	6	540,00	3240,00
CPE DEL CLIENTE	LOCO M5 AIR GRID	150	80,00	12000,00
SERVIDOR	SERVER HP PROLIANT ML350	1	1200,00	1200,00
SWITCH ADMINISTRABLE	CISCO CATALYST 2960	1	720,90	720,90
ROUTER MIKROTIK	MIKROTIK ROUTERBOARD RB1100AHx2	1	450,00	450,00
ROUTER DE CORE	CISCO 1941	1	875,60	875,60
FAREWALL	NETGEAR SECURE UMT50	1	460,00	460,00
COMPUTADOR PERSONAL	PORTATIL DELL CORE I5 SEXTA GENERACION	1	640,00	640,00
CONTRATO DE ALQUILER DE LA TORRE DE TRANSMISION	SERVICIO DE LA TORRE DE COMUNICACIONES TX/RX CLARO	1	200,00	200,00
CONTRATO DE LINEA CORPORATIVO PYMES	PLAN DE INTERNET PYMES SIMÉTRICO 30 MEGAS X 30 M.	1	2400,00	2400,00
INSTALACION Y CONFIGURACION	INSTALACION Y CONFIGURACION DEL WISP	1	2500,00	2500,00
			TOTAL	27247,50

Tabla 9. Costos de equipos de la red inalámbrica e instalación.¹

ARTICULO	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (USD)	PRECIO TOTAL (USD)
UPS DE PROTECCION EN CALIENTE	UPS TRIPPLITE DE 2 KVA @ 1,2 KW	1	710,00	710,00
RACK Y SOPORTE	RACK DE PISO ABIERTO QUEST	1	180,00	180,00
SISTEMA DE TIERRA	ELEMENTOS DE CONFIGURACION	1	70,00	70,00
IMPRESORA OFFICE	EPSON L555 MULTIFUNCIONAL	1	380,00	380,00
EQUIPOS DE OFICINA	MUEBLES Y ARCHIVADORES	1	500,00	500,00
LINEA TELEFONICA	LINEA COMERCIAL PARA USO DEL ISP LOCAL	1	85,00	85,00
CABLEADO ESTRUCTURADO Y SISTEMAS DE RED	INSTALACION Y PUESTA A PUNTO	1	450,00	450,00
VARIOS	ELEMENTOS ADICIONALES	1	300,00	300,00
			SUBTOTAL	2675,00

Tabla 10. Costos de instalación e implementación secundarios

Fuente: El autor

4.2.1 Costo Total de Inversión Inicial

Sumando los correspondientes parciales totales incluido impuestos:

Costos de equipos de la red inalámbrica e instalación	27.247,50
Costos de instalación e implementación secundarios	2675,00
Total de costo de Inversión	29.922,50

Tabla 11. Costo de inversión inicial.

4.3 Planes y Tarifación para tráfico de red

El tráfico de la red de un WISP está en su mayor parte establecido por el plan de negocios, es decir todo depende de los tipos de planes que se les ofrezca a los usuarios, el ancho de banda para cada usuario y el grado de compartición del servicio, para el caso de estudio se estiman valores estándares ofertados por los ISP locales así:

Para usuarios residenciales:

Plan normal 1024 Kbps Bajada 512 kbps subida contención 1:5

Plan Premium 2024 Kbps Bajada 1024 kbps subida contención 1:5

Proyección demanda de clientes primer año

PRIMER AÑO			
Planes		# Clientes	Total
Plan (2 Mbps)	2	120	\$ 3.000
Plan (4 Mbps)	3	30	\$ 1.050
		150	\$ 4.050

Tabla 12. Proyección de demanda de clientes primer año

Fuente: El autor

Con proyección a un segundo año de tal como lo indica la tabla siguiente:

Proyección demanda de clientes segundo año

SEGUNDO AÑO			
Planes		# Clientes	Total
Plan (2 Mbps)	2	401	\$ 10.025
Plan (4 Mbps)	3	99	\$ 3.465
		500	\$ 13.490

Tabla 13. Proyección de demanda de clientes segundo año.

Fuente: El autor

Cabe mencionar que los enlaces contratados por el cliente son asimétricos, por lo que los requerimientos del canal de subida (Uplink) son bajos ya que transportan información de señalización de retorno en orden de los Mbps, mientras que el canal de bajada (Downlink) es relativamente alto pues el usuario ya se encuentra conectado al servicio de datos por acceso WIFI.

La tarifación será con un esquema de tarifación de acuerdo a planes y promociones del mercado local, es decir por ancho de banda contratado, para planes de 2 megas en adelante se realizará un aumento del 40%, dado la menor compresión existente.

El resumen de tarifación se detalla en comparación con las tarifas que definen los proveedores de internet fijo e inalámbrico vigentes dentro de la provincia de Imbabura:

Nº	EMPRESA ISP	ENLACE DE INTERNET	TARIFA	PLAN (MBPS)	COMPARTICION
1	CNT EP	FIJO	25 USD	4 Mbps	8 a 1
2	PUNTONET S.A.	INALAMBRICO	25 USD	3 Mbps	6 a 1
3	CONSORCIO TV CABLE	FIJO	35 USD	4 Mbps	4 a 1
4	PANCHONET S.A.	INALAMBRICO	30 USD	3,5 Mbps	4 a 1
5	SAITEL S.A.	INALAMBRICO	25 USD	3,5 Mbps	6 a 1
6	TELECOM S.A.	FIJO	30 USD	4 Mbps	3 a 1
7	NETSERVICE S.A.	INALAMBRICO	35 USD	4 Mbps	4 a 1

Tabla 14. Comparación de Tarifas del servicio con otras empresas.

Fuente Propia: Comparación de Tarifas del servicio con otras empresas

4.4 Sistemas de simulación del WISP.

R.E. Shannon conceptualiza la simulación como: "El proceso de diseñar un modelo de un sistema real y llevar a término experiencias con él, con la finalidad de comprender el comportamiento del sistema o valorar otras nuevas estrategias -dentro de los límites impuestos por un cierto criterio o un conjunto de ellos". La simulación en redes inalámbricas es muy importante porque permite ver el comportamiento de la red antes de instalar las nuevas infraestructuras o la adquisición de equipos, hoy en día existen varias herramientas para realizar simulación, tales como: Linkplanner, Radio Mobile, y hasta el propio simulador de Ubiquiti <https://airlink.ubnt.com> entre otros. Para este caso de estudio caso se escogió: **Airlink Online de Ubiquiti.**

4.4.1 AirLink

Es una herramienta de software que permite simular radioenlaces. Provee de un gran rango de frecuencias (900MHz a 11GHz). Usa un modelo topográfico digital que entrega la elevación del terreno y en base a ello puede calcular enlaces virtuales, considerando

parámetros como la ganancia, pérdidas en el espacio, zonas de Fresnel, altura de las antenas, etc.

A continuación, se muestra la simulación de los enlaces punto a punto, se puede ver los valores calculados en la parte superior derecha se muestra lo datos más relevantes, la distancia, la ganancia de la señal, la modulación y la capacidad de transmisión en Mbps. además, en la parte inferior derecha del gráfico, se puede ver la tecnología que se puede utilizar para los radios enlaces ya sea desde el punto base hasta el AP (Access Point).

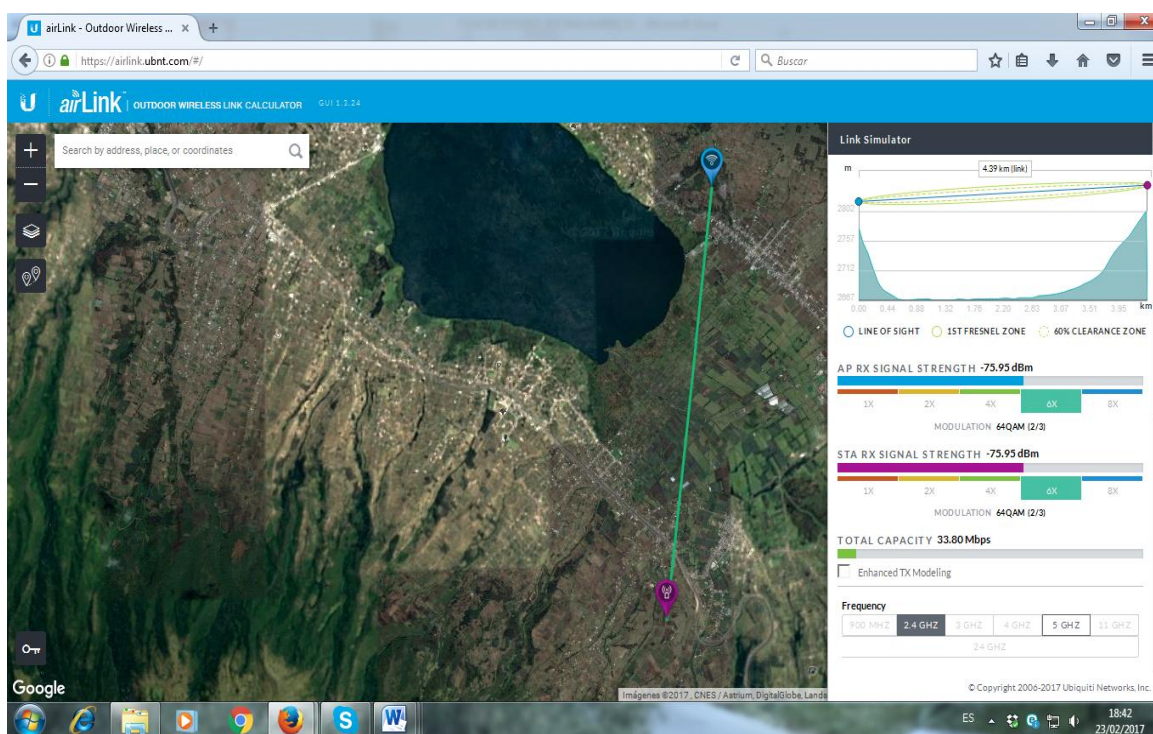


Figura 52. Simulación del Radio Enlace entre nodo Punto a Punto con Airlink de Ubiquiti 2017

Fuente Propia: Simulación del radio enlace aplicado mediante Airlink de Ubiquiti.

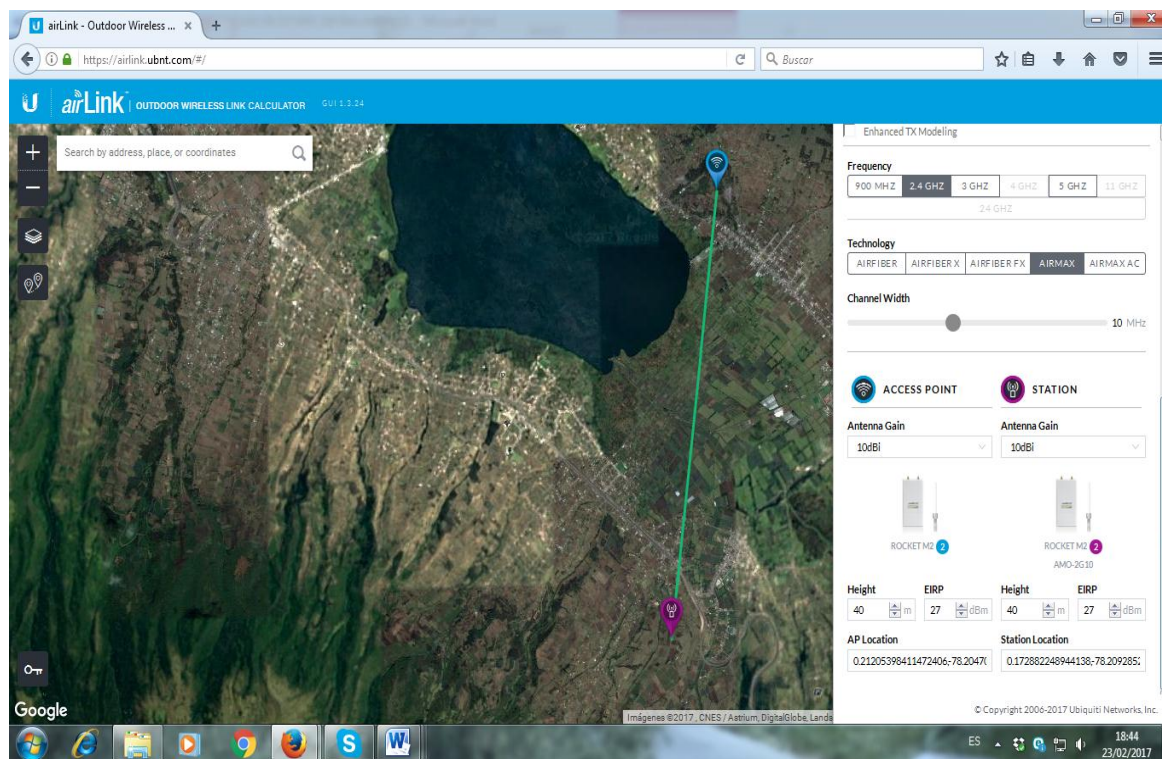


Figura 53. Simulación del Radio Enlace entre nodo Punto a Punto (Elementos Estación y Access Point).

Fuente Propia: Simulación del radio enlace aplicado mediante Airlink de Ubiquiti

4.4.2 AirOS

Fue diseñado con el objetivo de ser simple y poderoso, a diferencia de otros sistemas inalámbricos Ubiquiti se basa en un sistema operativo avanzado capaz de manejar un poderoso sistema inalámbrico y funciones de enrutamiento. AirOS es una herramienta tecnológica intuitiva y simple, con el objetivo de hacerlo sencillo al operador, cliente o nuevo técnico para que lo pueda entender, configurar e implementar fácilmente sin olvidar que está aún sigue evolucionando rápidamente para incluir nuevas funcionalidades de red alámbrica e inalámbrica.

Licencia gratuita.



Figura 54. Pantalla de acceso a la plataforma de configuración del sistema airOS

Fuente: (Ubiquiti Networks, s.f.).



Figura 55. Pantalla de interfaz de configuración del sistema airOS

Fuente: (Ubiquiti Networks, s.f.)

4.4.3 RouterOs

MikroTik RouterOS es el sistema operativo del hardware Mikrotik RouterBOARD basado en GNU/Linux. Se puede instalar en una PC permitiéndole así convertir en un router con todas las características necesarias - de enrutamiento, firewall, administración de ancho de banda, punto de acceso inalámbrico, enlace de *backhaul*, *gateway hotspot*, servidor VPN entre otros. RouterOS es un sistema operativo independiente basado en el kernel de Linux v2.6, y su objetivo es ofrecer todas estas características con una instalación rápida y sencilla y una interfaz fácil de usar. Ingresando a la página www.mikrotik.com se puede descargar la versión prueba gratuita en donde permite todas las funciones sin limitaciones.

```

MMM      MMM      KKK      TTTTTTTTTT      KKK
MMMM     MMMM     KKK      TTTTTTTTTT      KKK
MMM MMMM MMM III  KKK  KKK  RRRRRR      000000      TTT      III  KKK  KKK
MMM MM  MMM III  KKKKK  RRR  RRR  000 000      TTT      III  KKKKK
MMM      MMM III  KKK  KKK  RRRRRR      000 000      TTT      III  KKK  KKK
MMM      MMM III  KKK  KKK  RRR  RRR  000000      TTT      III  KKK  KKK

MikroTik RouterOS 3.10 (c) 1999-2008      http://www.mikrotik.com/

[admin@Petr] > user edit admin password
[admin@Petr] > ip address
[admin@Petr] /ip address> /
[admin@Petr] > ip address
[admin@Petr] /ip address> add
broadcast comment copy-from disabled netmask network address interface
[admin@Petr] /ip address> add address=10.0.0.1/24 interface=ether
ether2 ether3 ether1
[admin@Petr] /ip address> / ip address add address=10.0.0.1/24 interface=ether1

```

Figura 56. Pantalla de inicio al acceso a la plataforma de configuración del sistema RouterOS

Fuente: (Capacity. Information Technology Academy, s.f.)

The screenshot displays the WinBox interface for RouterOS. The main window is titled "admin@00:0C:29:D4:44:F1 (ALSYUNDAWY) - WinBox v5.18 on x86 (x86)". The interface is divided into several sections:

- Left Sidebar:** Contains navigation menus for various system components: Interfaces, Wireless, Bridge, PPP, Mesh, IP, IPv6, MPLS, Routing, System, Queues, Files, Log, Radius, Tools, New Terminal, ISDN Channels, KVM, Make Soutput.rif, Manual, and Ext.
- Interface List:** A table showing the configuration of network interfaces.

Interface	Ethernet	EoIP Tunnel	IP Tunnel	GRE Tunnel	VLAN	VRPP	Bonding	LTE
R	ether1							
R	ether2							
R	ether3							
R	ether4							
R	ether5							
R	ether6							
R	ether7							
R	ether8							
- Resources:** A panel showing system performance metrics:
 - Uptime: 00:05:39
 - Free Memory: 1879.3 MB
 - Total Memory: 1897.8 MB
 - CPU: AMD
 - CPU Count: 2
 - CPU Frequency: 2200 MHz
 - CPU Load: 4%
 - Free HDD Space: 961.7 MB
 - Total HDD Size: 1021.4 MB
 - Sector Writes Since Reboot: 1385
 - Total Sector Writes: 1385
 - Architecture Name: x86
 - Board Name: x86
 - Version: 5.18
- CPU:** A small table showing CPU load:

CPU	Load (%)	IRQ (%)	Disk (%)
cpu0	2	1	0
cpu1	6	4	0
- License:** A dialog box for license management with the following details:
 - Software ID: WSEY-LHT9
 - Upgradable To: v6.x
 - Level: 6
 - Expires In: (empty)
 - Hardware: Multi CPU
- Terminal:** A window showing the command-line interface with the following output:


```
MikroTik RouterOS 5.18 (c) 1999-2012
[admin@ALSYUNDAWY] > system 1
led leds license logging
[admin@ALSYUNDAWY] > system license prin
software-id: WSEY-LHT9
upgradable-to: v6.x
nlevel: 6
features: d App
[admin@ALSYUNDAWY] >
```

Figura 57. Pantalla de configuración del sistema RouterOS.

Fuente: (Capacity. Information Technology Academy, s.f.)

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Las redes con tecnología 802.11n y las 802.11ac, se han establecido como una de las tecnologías de banda ancha que permiten propagar señales ampliamente a zonas y comunidades rurales en diferentes ciudades del país y de esta forma se cubre una demanda insatisfecha de usuarios donde el acceso de internet es escaso. Las prestaciones que permiten estos estándares, incluyendo capacidad, velocidad, escalabilidad, calidad de servicio y gran alcance, lo que ha permitido que muchos usuarios accedan sin problemas al uso del Internet en sus hogares. Estas tecnologías modernas permitirán han facilitado la provisión de servicios concurrentes para que se potencialice otras aplicaciones futuras como la voz sobre IP, televisión digital en toda la Cuenca del lago San Pablo.
- Este estudio detalla el diseño de la red inalámbrica que brindará servicio de Internet a las comunidades alejadas donde las señales de los proveedores locales no llegan, por lo cual se accederá mediante una infraestructura tecnológica de equipos de bajo costo y alto performance como es UBNT y MIKROTIK, ya que estos equipos constituyen una infraestructura robusta que brindan todos los beneficios y ventajas que las redes inalámbricas de área local (WLAN) ofrecen a usuarios móviles e inalámbricos.
- La tecnología Ubiquiti y Mikrotik por su desempeño, permite la facilidad de configuración y administración con una alta gama de equipos que ofrecen, y son adaptables a diversos entornos de trabajo que hacen la combinación perfecta para el entorno de trabajo de implementación y ejecución, a la vez combinando tecnología de otras marcas como Cisco

Systems (Análisis de equipamiento en el apartado 3) entre otros. El diseño de la red permitió también manejar un alcance adecuado para el número de usuarios que se conectaran a la nueva infraestructura desde el punto principal (Loma de Calpaqui) y el punto secundario (Loma 4 Esquinas) que en este caso serán los que propague una buena señal de transmisión hasta los clientes con una buena línea de vista.

- El estudio planteado es carácter técnico, y económicamente factible, una vez cumplidos todos los requerimientos necesarios que se mencionaron en los apartados correspondientes por cuanto su ejecución es totalmente viable y accesible, con la desventaja que no puede brindar un servicio de última milla, este servicio lo brinda un portador backhaul, dado que para legalizar el nodo principal como secundario de un WISP se lo debe hacer a través de un proveedor de servicios portadores porque estos son los únicos que tienen el permiso para el levantamiento de infraestructura de transmisión de datos y son concesionarios de las frecuencias utilizadas para la transmisión de datos inalámbricos (De acuerdo a reglamentos legales de la ARCOTEL).

5.2 Recomendaciones

- Si se desea llevar a cabo el proyecto es necesario tener conocimientos sobre la normativa jurídica de telecomunicaciones del País, diseño y seguridad de redes inalámbricas, servidores, equipos de comunicaciones, algo de ventas, atención al cliente, publicidad. Debe liderar en un grupo de personal con las distintas profesiones para atender los requerimientos que se vayan presentando.
- Para captar la mayor de cantidad de usuarios en el año se debe tener en cuenta una política de innovación que vaya de la mano con el servicio de calidad que se brinde y la publicidad

que se realice para dar a conocer el servicio a la población del sector de la Cuenca del Lago San Pablo y sus comunidades.

- Es importante la ubicación de la estación principal (Loma de Calpaqui) este es la parte más alta y con todo el equipamiento tecnológico, ya que este permitirá propagar las ondas electromagnéticas dentro de la zona cobertura del Lago San Pablo y así poder brindar una mejor cobertura y una ventaja competitiva frente a otros proveedores.
- Realizar visitas de campo a la estación base principal como la secundaria para conocer mejor las posibles interferencias, inconvenientes técnicos, distribución eléctrica en la zona y condiciones climáticas, tener estos puntos en consideración para tener un mejor análisis.
- Obtener información sobre el tipo de servicios a requerir por los clientes por el tema de velocidad en el sistema de transmisión, ya que una saturación provocaría una baja de velocidad.
- Para la implementación de futuras estaciones, se debe tener un estudio en la zona, principalmente sobre el posible número de clientes interesados en acceder a los servicios, para tener en consideración si es conveniente un tipo de transmisión punto multipunto o punto a punto.

Referencias bibliográficas

- Access point y estacion inalambrico rocketm5*. (s.f.). Obtenido de <http://www.empretel.com.mx/redes-puntopunto/592-access-point-y-estacion-inalambrico-rocketm5-5ghz-hasta-150-mbps>
- Aire.ec Wireless and Security Solutions*. (s.f.). Obtenido de Aire.ec Wireless and Security Solutions: <https://aire.ec/tienda/ubiquiti/airgrid-m5-hp-con-antena-rejilla-23dbi/>
- Amaro, R. (18 de 6 de 2014). *Copy of Antenas y Clasificación*. Obtenido de Copy of Antenas y Clasificación: <https://prezi.com/iivtleg9oz2p/copy-of-antenas-y-clasificacion/>
- Antenas y líneas de transmisión*. (2015). Obtenido de Antenas y líneas de transmisión: <http://documents.mx/documents/antenas-y-lineas-de-transmision-5597952f31be7.html>
- Arcotel. (enero de 2013). *Cuentas internet fijos y móviles*. Obtenido de http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2015/09/3.1.1-Cuentas-internet-fijos-y-moviles_ene2016.xls
- B. T. (2013). Obtenido de Propuesta de diseño e implementación de la red wifi del Campus Universitario: <http://www.grin.com/es/e-book/214012propuesta-de-diseño-e-implementacion-de-la-red-wifi-del-campus-universitario>
- B. T. (2013). Propuesta de Diseño E Implementación de la Red Wi-Fi del Campus Universitario UE.
- Becerra, A. H. (2 de 11 de 2014). *Cumbe*. Obtenido de Cumbe: <http://jhorshebe.blogspot.com/>
- Bertha Gabriela. (2015). *Enlace a punto con airgrid*. Obtenido de : <http://red-wisp.com/index.php/enlace-punto-a-punto-con-airgrid-m5-hp>
- Bocanegra, L. (23 de junio de 2016). *SlideShare*. Obtenido de SlideShare: <https://www.slideshare.net/leonbocane/sistemas-de-transmision-de-datos>
- Cable coaxial conectores*. (s.f.). Obtenido de <http://sincables.com.ve/v3/content/50-cable-coaxial-conectores>
- Cables coaxiales*. (s.f.). Obtenido de <https://sites.google.com/site/ea7ahg/antena/cables-coaxiales>
- Capacity. Information Technology Academy*. (s.f.). Obtenido de Capacity. Information Technology Academy: <http://blog.capacityacademy.com/2014/04/09/que-es-mikrotik-routeros/>
- Cisco*. (s.f.). Obtenido de Cisco: <http://www.cisco.com/c/en/us/products/>
- Dell PowerEdgeTM R515*. (s.f.). Obtenido de Dell PowerEdgeTM R515: <http://www.dell.com/ed/business/p/poweredge-r515/pdf>
- Estado del arte 802.11*. . (s.f.). Obtenido de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11592/fichero/Memoria%252FANEXO+B.pdf>
- Fachini. (2010).
- Global Computer Sistem*. (2016). Obtenido de <http://www.globalcomputer.com.kh/ubiquiti-networks/airmax/rd-5g-30-detail>
- Howto: Unbrick your UniFi AP*. (s.f.). Obtenido de Howto: Unbrick your UniFi AP: <https://community.ubnt.com/t5/UniFi-Wireless/HOWTO-Unbrick-your-UniFi-AP/td-p/338684>
- IrisWireless.net*. (s.f.). Obtenido de IrisWireless.net: <https://www.irishwireless.net/r5ac-tp/>
- J. B. (2013). *Redes Inalámbricas en los Países en Desarrollo*.
- J. C. (2007). *Instalación, Seguridad y Aplicaciones*. .
- J. O., F. M., & M. M. (s.f.). *Wimax*. Obtenido de Wimax: <https://sx-de-tx.wikispaces.com/WIMAX>
- López, J. G. (2008). *Guía de Campo de WIFI*. México.
- M. E. (2012). *Acceso a Internet vía WiFi- WiMax*. Obtenido de Acceso a Internet vía WiFi- WiMax: <http://docplayer.es/2879252-Acceso-a-internet-via-wifi-wimax.html>
- M. E. (s.f.). *Acceso a internet vía WIFI*.
- MasioLT. Tecnología e información*. (s.f.). Obtenido de MasioLT. Tecnología e información: <http://www.masio.com.mx/desktop-vs-servidor-cual-es-la-diferencia>
- Mikrotik. (s.f.). *Routerboard*. Obtenido de Routerboard: <https://routerboard.com/>
- Mikrotikuser. (2015). *Ryohnosuke.com*. Obtenido de <http://www.ryohnosuke.com/foros/index.php?threads/11658/Poe-Adapter.-Power-over-Ethernet-Adapters>
- Price Pony*. (s.f.). Obtenido de Price Pony: <http://www.pricepony.com.my/dell-inspiron-15-7000-series-laptop-core-i5-4th-gen-6-gb-500-gb-windows-8-2-gb-price-in-malaysia>
- Proyecto: Internet inalámbrico*. (2002). Obtenido de Proyecto: Internet inalámbrico: <http://www.monografias.com/trabajos11/intinal/intinal.shtml>

- R. P. (2012). *Diseño de la red Wireless*.
Red Cetus. Integradores de tecnología. (s.f.). Obtenido de Red Cetus. Integradores de tecnología:
<http://www.redcetus.cl/airgrid-ag-hp-5g23/>
- Redes inalámbricas*. (2016). Obtenido de Redes inalámbricas: [http://cisco.netacad.net/acedemia/CCNA4/Redes Inalámbricas 2016](http://cisco.netacad.net/acedemia/CCNA4/Redes%20Inal%C3%A1mbricas%202016)
- Redes inalámbricas*. (2016). Obtenido de Redes inalámbricas: [http://cisco.netacad.net/acedemia/CCNA4/Redes Inalámbricas 2016](http://cisco.netacad.net/acedemia/CCNA4/Redes%20Inal%C3%A1mbricas%202016)
- RouterBoard*. (s.f.). Obtenido de RouterBoard: <https://routerboard.com/RB1100AHx2>
- Ruckus Solutions - Backhaul*. (2015). Obtenido de <http://www.ruckussecurity.com/Solutions-Backhaul.asp>
- Stefania, X., & Blacio, C. (2014). *Estudio de factibilidad de un proveedor de servicio de valor agregado inalámbrico en el cantón Pedro Carbo*. Obtenido de <http://studylib.es/doc/3594747/trabajo-titulaci%C3%B3n-chica.pdf>
- Tecnologías de la Información y Comunicaciones TIC'S*. (2013). Obtenido de Tecnologías de la Información y Comunicaciones TIC'S: http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Sociales/TIC/Resultados_principales_140515.Tic.pdf
- Telconet. La fibra del Ecuador*. (2017). Obtenido de Telconet. La fibra del Ecuador: :
<http://www.telconet.net/images/archivos/portafoliodeservicios.pdf>
- The new Mainstream Wireless LAN Standard*. (s.f.). Obtenido de Broadcom-White Paper iEEE802.11g-The new Mainstream Wireless LAN Standard
- Ubiquiti Networks*. (s.f.). Obtenido de Ubiquiti Networks: <https://www.ubnt.com/>
- Ubiquiti Networks*. (2017). Obtenido de Ubiquiti Networks : <https://www.ubnt.com/airmax/airmax-ac-sector-antenna/>
- Unif. Enterprise Wifi*. (2016). Obtenido de <https://www.ubnt.com/products/wirelessCalculator7c5e>. (s.f.). Obtenido de <http://www.tplink.cl/support/wirelessCalculator7c5e.html?tab=ant>
- Wni Wireless Solutions*. (s.f.). Obtenido de Wni Wireless Solutions: <http://www.wni.mx/>
- WNI Wireless Solutions*. (s.f.). Obtenido de El nuevo estándar inalámbrico 802.11ac:
http://wni.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=75:80211ac&catid=31:general&Itemid=79#ja-content

Anexos**ANEXO 1. FOTOGRAFÍA DE LA TORRE PRINCIPAL (LOMA DE CALPAQUI)**

**ANEXO 2. FOTOGRAFÍA PANORAMICA DEL IMBABURA Y SUS
ALREDEDORES (CUENCA DEL LAGO SAN PABLO)**



ANEXO 3. Especificaciones Técnicas de Rocke5AC – PTP

DATASHEET

rocket ac

Overview

Ubiquiti Networks has designed the first airMAX[®] ac radios with high performance and ease of installation in mind. You have the freedom to deploy the Rocket[™] ac anywhere in the world, and it allows for a high degree of flexibility in configuring channel bandwidth (subject to local country regulations).

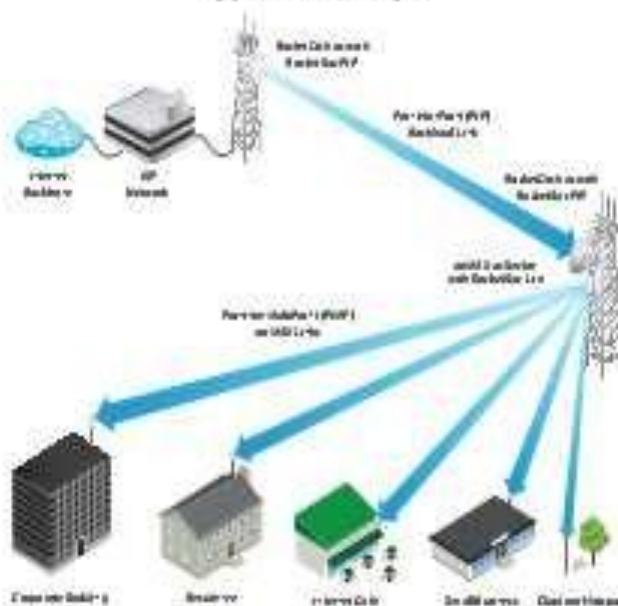
The Rocket ac is available in three models: the RocketSac Lite, RocketSac PTP, and RocketSac PMP. All three include airMAX ac technology. The RocketSac PTP and RocketSac PMP also feature airFirm[™] technology to further enhance performance.

Pair the Rocket ac with airMAX ac antennas for optimal performance:

- 1. PTP backhaul: RocketSac Lite or RocketSac PTP with the RocketDish[™] ac
- 1. PMP links: RocketSac PTP/P or RocketSac Lite[®] with the airMAX ac Sector

1. PMP 1 uses coverage in an outdoor setting with a maximum depth rate of 2000 m/s² or less.

Application Example:



Software

airOS 7

Sparking an all-new design for improved usability, airOS v7 is the revolutionary operating system for Ubiquiti[®] airMAX ac products.

Powerful Wireless Features

- 1. airMAX ac Protocol Support
- 1. Long-Range PTP Link Mode
- 1. Selectable Channel Width
 - PTP: 10/20/30/40/50/60/80 MHz
 - PMP: 10/20/30/40 MHz
- 1. Automatic Channel Selection
- 1. TX Power Control: Auto/Manual
- 1. Automatic Distance Selection (ACK Timing)
- 1. Strongest WPA2 Security

Usability Enhancements

- 1. Dynamic Configuration Changes
- 1. Instant Input Validation
- 1. HTML5 Technology
- 1. Optimization for Mobile Devices
- 1. Detailed Device Statistics
- 1. Diagnostic Tools, including Ethernet Cabling Test, RF Diagnostics, and airView[®] Spectrum Analyzer



Advanced RF Analytics

airMAX ac devices feature a multi-radio architecture to power a revolutionary RF analytics engine.

An independent processor on the PCB powers a second, dedicated radio, which persistently analyzes the full 5 GHz spectrum and every received symbol to provide you with the most advanced RF analytics in the industry.

Data from the spectrum analysis and RF performance monitoring is displayed on the Main tab and airView Spectrum Analyzer.

Real-Time Reporting

The Main tab displays the following RF information:

- Persistent RF Error Vector Magnitude (EVM) constellation diagrams
- Carrier-to-Interference-plus-Noise Ratio (CINR) histograms
- Signal-to-Noise Ratio (SNR) time series plots

Spectral Analysis

airView allows you to identify noise signatures and plan your networks to minimize noise interference. airView performs the following functions:

- Constantly monitors environmental noise
- Collects energy data points in real-time spectral views
- Helps optimize channel selection, network design, and wireless performance

airView runs in the background without disabling the wireless link, so there is no disruption to the network.

In airView, there are three spectral views, each of which represents different data:

- **Waterfall**: Aggregate energy collected for each frequency
- **Waveform**: Aggregate energy collected
- **Ambient Noise Level**: Background noise energy shown as a function of frequency

Available with a firmware upgrade to airOS v7.1, airView provides powerful spectrum analyzer functionality, eliminating the need to rent or purchase additional equipment for conducting site surveys.

Multi-Radio Architecture



Constellation Diagrams and CINR Histograms



SNR Time Series Plots



Dedicated Spectral Analysis



Models

rocket ac

Features

5 GHz Frequency Band: This unlicensed band of plentiful spectrum works well for long distance links.

Gigabit Ethernet: Deliver high throughput over its wired connection.

RocketSac Lite

Launched with PnP functionality, the RocketSac Lite adds PtMP functionality with a firmware upgrade to airOS v7.1 or higher.

The RocketSac Lite is a cost-effective base station for links experiencing low or moderate levels of interference.

Passive Power over Ethernet (PoE): 24V Passive PoE functionality is included. Both power and data are carried over a single Ethernet cable to the Rocket ac. Use the included PoE Adaptor or an optional PoE switch.

RocketSac PtP

Featuring Ubiquiti's airPtem technology, the RocketSac PtP is designed for optimal PtP performance, although it can operate in PtMP mode. To take full advantage of its design and capabilities, deploy the RocketSac PtP for PtP links in noisy, high-density areas.

Plug and Play Integration: Every airMAX antenna has a built-in Rocket mount, so no tools are needed to install the Rocket ac. (airMAX ac antennas are recommended for optimal performance.)

RocketSac PtMP

Also featuring Ubiquiti's airPtem technology, the RocketSac PtMP is designed for optimal PtMP performance, although it can operate in PtP mode. To take full advantage of its capabilities, deploy the RocketSac PtMP for PtMP links to airMAX ac CPEs located in crowded RF environments.

Model Comparison Chart

			
	RocketSac Lite	RocketSac PtP	RocketSac PtMP
Model Number	RSAC-Lite	RSAC-PTP	RSAC-PTMP
Frequency	Full-Band 5 GHz	Mid-Band 5 GHz	Mid-Band 5 GHz
airMAX ac Technology	✓	✓	✓
airPtem Technology		✓	✓
PtP Functionality	✓	✓	✓
PtMP Functionality	✓	✓	✓
Gigabit Ethernet	✓	✓	✓
Ubiquiti PoE	✓	✓	✓
Output Power	27 dBm	27 dBm	27 dBm

Specifications

R5AC1P Physical / Electrical / Environmental Information	
Dimensions	198.5 x 86.4 x 44.1 mm (7.82 x 3.40 x 1.74")
Weight	295 g (10.41 oz)
Enclosure Characteristics	Outdoor UV Stable and Plastic
Processor	ARM920T 74Kc, 720 MHz
Memory	128 MB DDR2 SDRAM, 16 MB NOR FLASH
Networking Interface	(1) 10/100/1000 Mbps
RF Connections	(2) RP SMA (Waterproof)
LEDs	Power, LAN, (-) Signal Strength
Max. Power Consumption	0.5 W
Power Supply	24V, 0.5A Gigaset PoE Adaptor
Power Method	Passive PoE (PoE+), 5+, 7, 8 Return
Supported Voltage Range	20-26 VDC
ESD/EMP Protection	± 2kV Air / Contact
Operating Temperature	-40 to 80°C (-40 to 176°F)
Operating Humidity	5 to 95% Noncondensing
Shock and Vibration	ETSI 00-019-1, 4

R5AC1P Software Information	
Mode	Access Point, Station
Services	Web Server, SSH, SSH Server, Telnet, Ping, Watchdog, DHCP, NAT, Bridging, Routing
Utilities	Antenna Alignment Tool, Discovery Utility, Site Survey, Ping, Traceroute, Speed Test
Distance Adjustment	Dynamic Ack and Acknack Mode
Power Adjustment	Software Adjustable UI or CLI
Security	WPA2 AES Only
QoS	Supports Packet Level Classification WMM and User/Client Level High/Medium/Low
Statistical Reporting	Up Time, Packet Errors, Data Rates, Wireless Distance, Ethernet Link Rate
Channel Scan	
P/P Mode	10/20/30/40/50/60/80 MHz
P/P Mode	10/20/30/40 MHz
Other	Remote Reset Support, Software Enabled/Disabled, VLAN Support, 256QAM
Ubiquiti Specific Features	30/50/60 MHz Channels, airMAX ac Mode, Traffic Shaping with Burst Support, Discovery Protocol, Frequency Based Offset, Acknack Mode

ISAC PTP Compliance	
Wireless Approvals	FCC, IC, CE
RoHS Compliance	Yes

ISAC PTP Operating Frequency	
Operating Frequency	Worldwide: 5470 - 5875 MHz USA: 5725 - 5850 MHz
Output Power	27 dBm

Tx Power Specifications				Rx Power Specifications			
Modulation	Data Rate	Avg. TX	Tolerance	Modulation	Data Rate	Sensitivity	Tolerance
802.11ac	1x BPSK (b)	27 dBm	±2 dB	802.11ac	1x BPSK (b)	-96 dBm	±2 dB
	2x QPSK (b)	27 dBm	±2 dB		2x QPSK (b)	-95 dBm	±2 dB
	2x QPSK (M)	27 dBm	±2 dB		2x QPSK (M)	-92 dBm	±2 dB
	4x 16QAM (b)	27 dBm	±2 dB		4x 16QAM (b)	-90 dBm	±2 dB
	4x 16QAM (M)	27 dBm	±2 dB		4x 16QAM (M)	-86 dBm	±2 dB
	6x 64QAM (M)	27 dBm	±2 dB		6x 64QAM (M)	-83 dBm	±2 dB
	6x 64QAM (N)	30 dBm	±2 dB		6x 64QAM (N)	-77 dBm	±2 dB
	6x 64QAM (S)	25 dBm	±2 dB		6x 64QAM (S)	-74 dBm	±2 dB
	8x 256QAM (N)	23 dBm	±2 dB		8x 256QAM (N)	-69 dBm	±2 dB
	8x 256QAM (S)	22 dBm	±2 dB		8x 256QAM (S)	-65 dBm	±2 dB



ANEXO 4. Especificaciones Técnicas del RocketDish Model: RD-5G30

Overview

Pair a RocketDish™ antenna with a Rocket® base station to create the endpoint of a high-performance, Point-to-Point (PtP) bridge or network backhaul (Rocket sold separately).

The RocketDish is available in the following frequency models:

- 2.4 GHz
- 3 GHz
- 5 GHz

Powerful Performance

The RocketDish antenna delivers 2x2, dual-polarity performance. On the right is one example of how the RocketDish with Rocket can be deployed in a backhaul link to deliver bandwidth from an ISP network out to a neighborhood tower. From there, an airMAX® Sector with Rocket delivers bandwidth to the ISP's customers.

Carrier-Class Construction

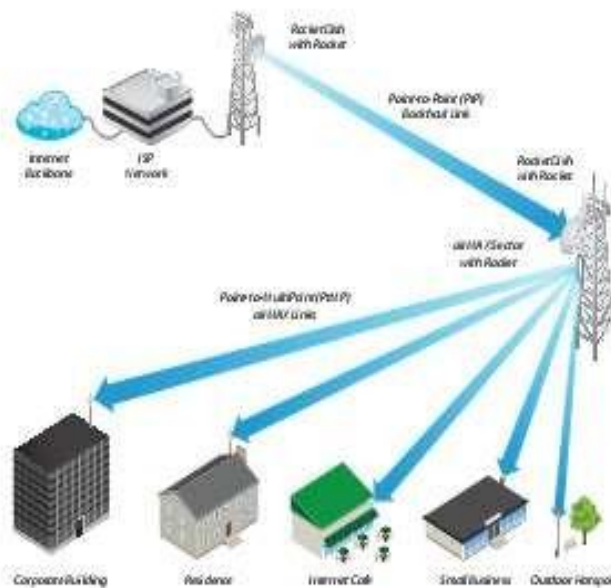
Incorporating a dish reflector design for excellent beam directivity, the RocketDish antennas feature robust mechanical design using industrial-strength hardware for outdoor application use.

Plug and Play Integration

RocketDish antennas and Rocket base stations have been designed to seamlessly work together. Every RocketDish has a built-in Rocket mount, so installation requires no special tools.

Snap the Rocket securely into place and mount the antenna; you then have the optimal combination of RocketDish and Rocket for your PtP application.

Application Example



Mounting a Rocket on the RD-5G30-LW

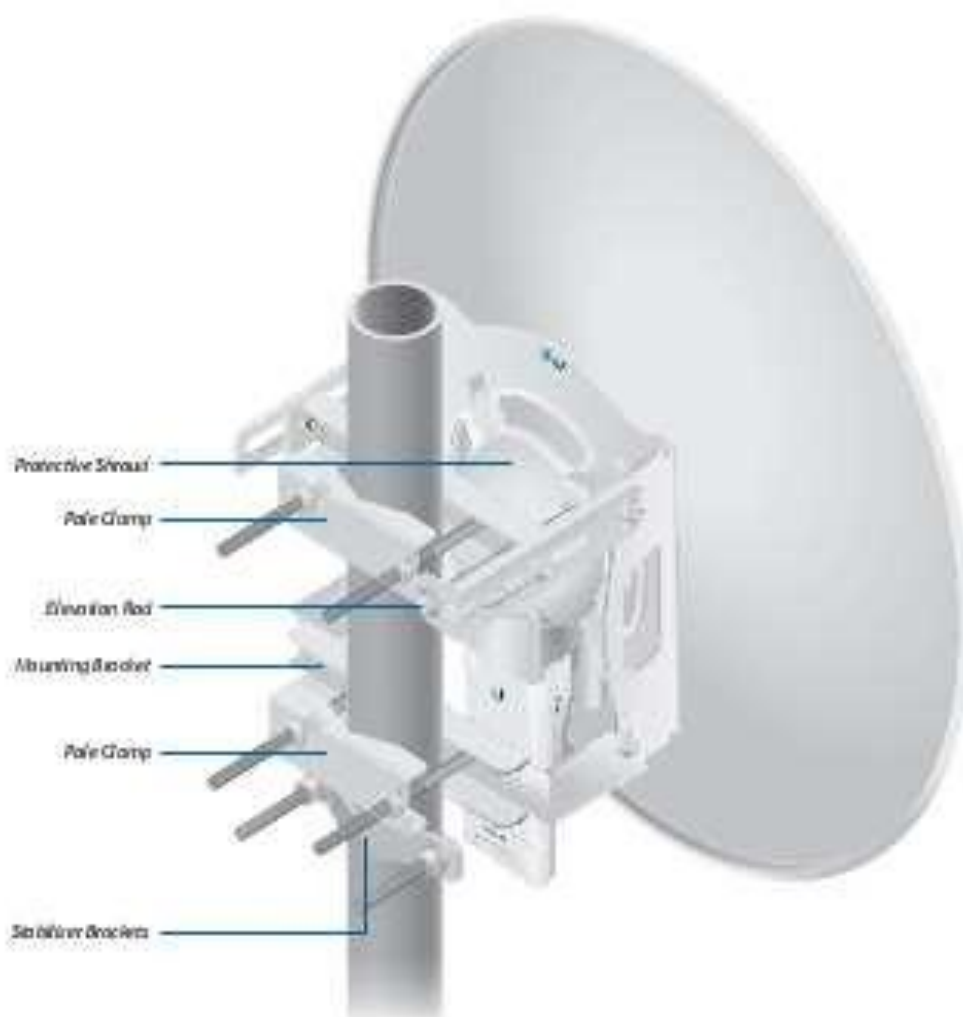
Hardware Overview

Innovative Mechanical Design

- Secure pole mounting: The hardware is designed to securely mount and maintain the position of the dish during harsh outdoor conditions.
- Convenient installation: The bubble level allows for easy alignment.
- Precision elevation adjustment of the RD-5G30-LW: Use this new feature to quickly fine-tune and adjust the elevation.

Weatherproof Design

- Protective shroud: The shroud[®] protects the cables and connections from nature's elements.
- Mounting hardware of the RD-5G30-LW: Made of galvanized steel that is powder-coated for superior corrosion resistance.
- Fasteners of the RD-5G30-LW: GEOMET-coated for improved corrosion resistance when compared with zinc-plated fasteners.



Back View of the Fully Assembled RD-5G30-LW

5 GHz Models



Model	Frequency	Gain	Reflector*
RD-5G30	5 GHz	30 dBi	RD-103

The 5 GHz frequency band is free to use, worldwide, offers plentiful spectrum, and works well for long distance links. However, 5 GHz signals have more difficulty passing through obstacles than lower frequency signals.



Model	Frequency	Gain	Reflector*
RD-5G30-LW	5 GHz	30 dBi	ISO-BEAM620

The RD-5G30-LW features the same gain as the RD-5G30 and adds the following advantages:

- Lightweight yet robust components lower the cost.
- The extended depth of the dish reflector rejects radar interference in co-location deployments.
- The design of the mounting bracket allows for ease of installation on a pole or tower.



Model	Frequency	Gain	Reflector*
RD-5G34	5 GHz	34 dBi	RD-103

The RD-5G34 offers 34 dBi of gain in a 1050-mm diameter size.

ANEXO 5. Especificaciones Técnicas del AirMaxac Sector Model: AM-5AC21-60

Overview

As the next generation of 2x2 MIMO sector antennas from Ubiquiti Networks, the airMAX^{ac} Sector Antennas feature significant advances in scalability, noise isolation, and beam performance to complement the RocketSM5ac radios.

They are also compatible with RocketM5 models; however, optimal performance requires the Rocket5ac.

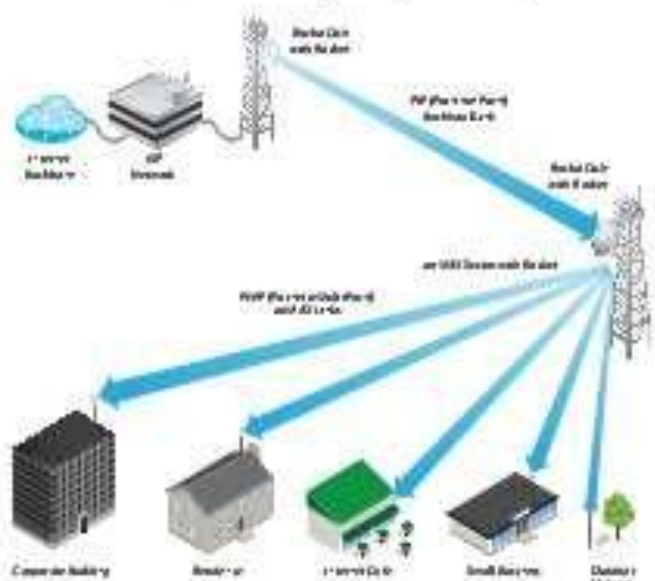
Breakthrough Performance

The airMAX ac Sector Antennas are highly resistant to co-channel interference in co-location deployments. The innovative deflector design, together with the reduced side lobes and back lobes, reject interference from other transmitters in the area - potentially on the same tower.

Improved Signal-to-Noise Ratio (SNR or SNR) allows a higher-order modulation to be used, for example, 256QAM rather than 16QAM. This increases the number of bits per second for a fixed bandwidth (or data rate).

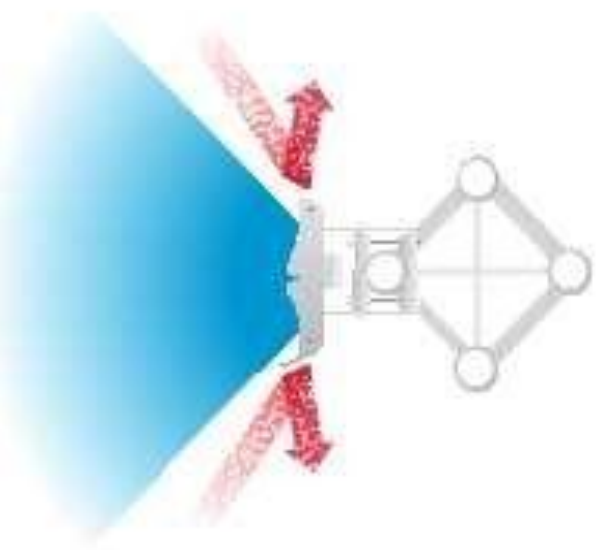
Due to innovative design, the airMAX ac Sector Antennas provide higher gain and superior beam performance for high-capacity, multipoint networks.

Point to Multi-Point (PtMP) Link Example



The airMAX ac Sector Antennas provide sector-wide coverage and advanced MIMO technology to provide carrier-class performance and power.

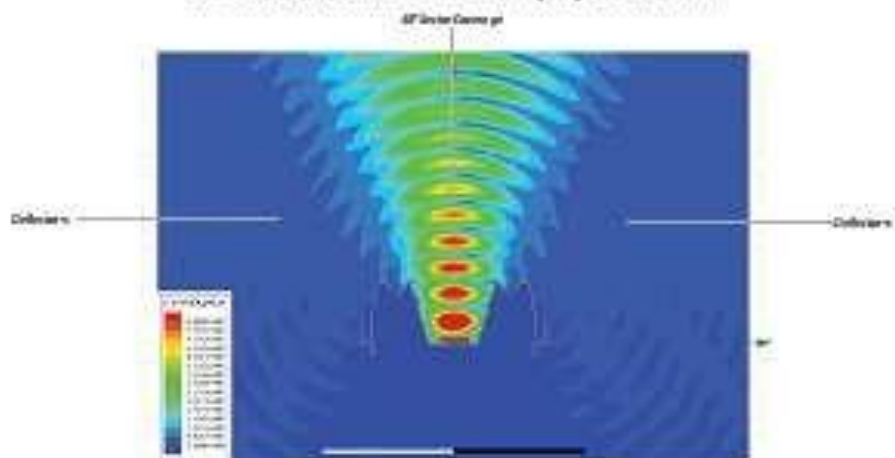
Innovative Deflector Design



Market-Leading Isolation Performance

The airMAX ac Sector Antennas are designed to provide advanced noise isolation performance. Compare the diagram of the AM-SAC22-45 to the diagram of a standard sector antenna, and note the superior noise immunity and beam performance of the AM-SAC22-45. (Both diagrams use a linear scale.)

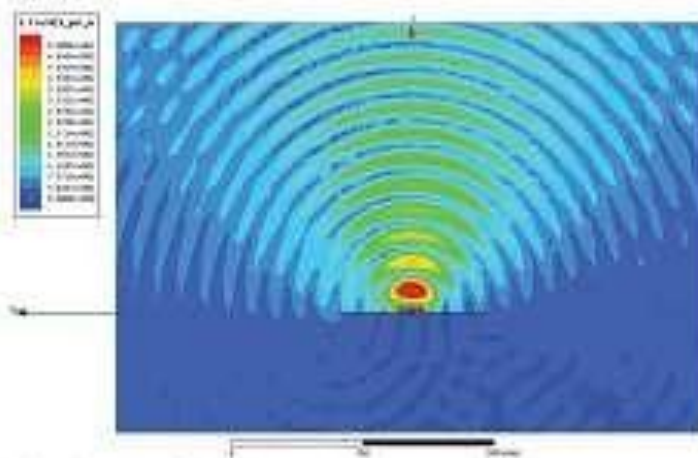
Near Field of AM-SAC22-45 (displayed in watts)



The strength of the electromagnetic field is color-coded.

- Red: Highest strength
- Green: Medium strength
- Indigo: Weakest strength

Near Field of Standard Sector Antenna (displayed in watts)



The strength of the electromagnetic field is color-coded.

- Red: Highest strength
- Green: Medium strength
- Indigo: Weakest strength

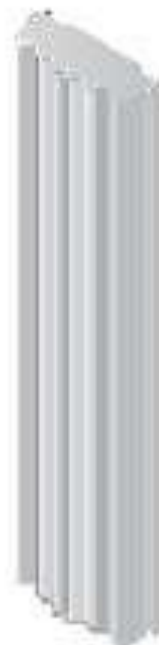
Hardware Overview

The airMAX ac Sector Antenna features robust construction for industrial-strength durability during outdoor use.



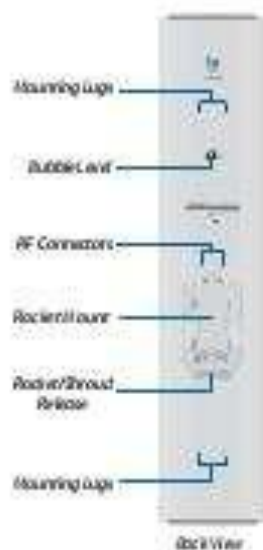
airMAX  Sector

Model	Frequency	Gain	Beamwidth
AM-SAC21-60	5 GHz	21 dBi	60°



airMAX  Sector

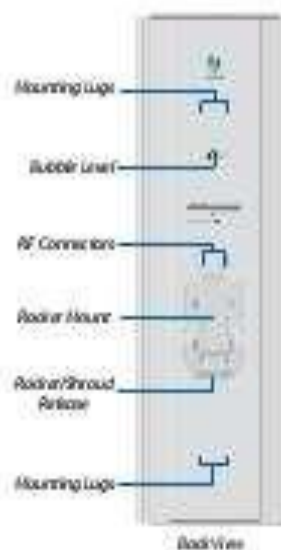
Model	Frequency	Gain	Beamwidth
AM-SAC23-45	5 GHz	22 dBi	45°



Back View



Assembled Side View
Before Pole Mounting



Back View



Assembled Side View
Before Pole Mounting

Specifications

AM5421-02 Antenna Characteristics	
Dimension*	750 x 173 x 78 mm (29.53 x 6.81 x 3.07")
Weight†	4.8 kg (10.58 lbs)
Frequency Range	5.10 - 5.85 GHz
Gain	21 dBi
HPCL Beamwidth	60° (6 dB)
VPCL Beamwidth	60° (6 dB)
Electrical Beamwidth	φ
Electrical Downlink	2"
Max. VSWR	1.5:1
Wind Survivability	200 km/h (125 mph)
Wind Loading	301 N @ 200 km/h 68 lbf @ 125 mph
Polarization	Dual-Linear
Cross-Polarization Isolation	25 dB Min.
ETSI Specification	EN 302 520/EN 2
Mounting	Universal Pole Mount, Rocket Bracket, and Weatherproof RF Jumper Included

* Dimensions include pole mount attachment and protective cap only.
† Weight includes cable and protective cap only.

