

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN

DISEÑO DE LA RED INALÁMBRICA DE ÁREA METROPOLITANA,
PARA PROVEER SERVICIOS DE INTERNET, APLICANDO EL ESTÁNDAR
IEEE 802.11ac, EN LA ZONA URBANA DEL CANTÓN CAYAMBE PARA LA
EMPRESA CAYAMBE VISIÓN.

AUTOR: KLEVER WILSON PÉREZ ALBUJA

DIRECTOR: MSc. Sandra Narváez

Ibarra, 2017

CERTIFICACIÓN

Certifico que la Tesis “Diseño de la red inalámbrica de área metropolitana, para proveer servicios de INTERNET, aplicando el estándar IEEE 802.11ac, en la zona urbana del cantón Cayambe para la empresa Cayambe Visión.” ha sido desarrollado en su totalidad por el señor: **Klever Wilson Pérez Albuja** portador de la cedula de identidad 1721293015 bajo mi supervisión.

A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and a final flourish, positioned above a horizontal dotted line.

MSc. Sandra Narváez.

Director de la tesis



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

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

Yo, **KLEVER WILSON PÉREZ ALBUJA**, con cedula de identidad Nro. 1721293015, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la ley de propiedad intelectual del Ecuador artículo 4, 5 y 6, en calidad de autor del trabajo de grado denominado: **“Diseño de la red inalámbrica de área metropolitana, para proveer servicios de INTERNET, aplicando el estándar IEEE 802.11ac, en la zona urbana del cantón Cayambe para la empresa Cayambe Visión.”** Que ha sido desarrollado para optar por el título de **Ingeniería Electrónica y Redes de Comunicación**, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes mencionada, aclarando que el trabajo aquí descrito es de mi autoría y que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional.

En concordancia suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Klever Wilson Pérez Albuja', is written over a horizontal dotted line.

Firma

Nombre: **KLEVER WILSON PÉREZ ALBUJA**

Cedula: 1721293015

Ibarra a los 15 días del mes de julio del 2017



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

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

1. IDENTIFICACION DE LA OBRA.

La UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional determina la necesidad de disponer los textos completos de la forma digital con la finalidad de apoyar a los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad. Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual ponemos a disposición la siguiente investigación:

DATOS DE CONTACTO

CEDULA DE IDENTIDAD	1721293015
APELLIDOS Y NOMBRES	PÉREZ ALBUJA KLEVER WILSON
DIRECCIÓN	Cayambe - Pichincha
EMAIL	kwpereza@utn.edu.ec
TELÉFONO FIJO	(02) 2 363297
TELÉFONO MÓVIL	0997505890

DATOS DE LA OBRA

TÍTULO “Diseño de la red inalámbrica de área metropolitana, para proveer servicios de INTERNET, aplicando el estándar IEEE 802.11ac, en la zona urbana del cantón Cayambe para la empresa Cayambe Visión.”

AUTOR KLEVER WILSON PÉREZ ALBUJA

FECHA

PROGRAMA

PREGRADO

TÍTULO POR EL QUE OPTA

**INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES
DE COMUNICACIÓN**

DIRECTOR

MSc. Sandra Narváez.

2. AUTORIZACION DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, KLEVER WILSON PÉREZ ALBUJA, con cedula de identidad Nro. 1721293015, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago la entrega del ejemplar respectivo en forma digital y autorizo a la UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y el uso del archivo digital en la biblioteca de la universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión, en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

3. CONSTANCIA

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

En la ciudad de Ibarra, julio de 2017

EL AUTOR:



KLEVER WILSON PÉREZ ALBUJA

C.I.: 1721293015

AUTORÍA

Yo, **KLEVER WILSON PÉREZ ALBUJA**, portadora de la cédula de ciudadanía número 172129301-5, declaro bajo juramento que el trabajo **“DISEÑO DE LA RED INALÁMBRICA DE ÁREA METROPOLITANA, PARA PROVEER SERVICIOS DE INTERNET, APLICANDO EL ESTÁNDAR IEEE 802.11ac, EN LA ZONA URBANA DEL CANTÓN CAYAMBE PARA LA EMPRESA CAYAMBE VISIÓN”** es de mi autoría, y que no ha sido previamente presentado para ningún otro fin de orden académico o profesional y que los resultados de la investigación que se incluyen en este documento son de mi responsabilidad.



KLEVER WILSON PÉREZ ALBUJA

CI.172129301-5

DEDICATORIA

El presente proyecto de tesis va dedicado de manera especial a mis padres Cristóbal Pérez e Irma Albuja porque han sido sin duda los precursores fundamentales de este logro, a Gabriela y Camila porque han sido mi motivación y se han convertido en la razón de mi vida y es por ustedes que he luchado día a día, también va dedicado a mis hermanos Wilmer, Laura, Yolanda, que han sido mis amigos fieles y sinceros en los que he podido confiar y apoyarme para salir adelante, de la misma manera a mi tía Cristina que ha sido mi segunda madre, enseñándome a nunca darme por vencido y salir adelante para la consecución de esta meta.

“Ahora puedo decir que todo lo que soy es gracias a todos ustedes”

Kleuer

AGRADECIMIENTOS

Mi reconocimiento y agradecimiento especial a la MSc. Sandra Narváez, directora del proyecto, por su ayuda, paciencia y dedicación en el desarrollo del presente proyecto, también de manera especial a la empresa Cayambe Visión, en la persona de su Gerente General y el Supervisor de la misma, por su apoyo incondicional y por las facilidades prestadas durante la elaboración del proyecto.

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICACIÓN.....	ii
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE	iii
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.....	iv
1. IDENTIFICACION DE LA OBRA.	iv
2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVESIDAD.....	v
3. CONSTANCIA	v
AUTORÍA	vi
DEDICATORIA.....	vii
AGRADECIMIENTOS.....	viii
ÍNDICE GENERAL	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
ÍNDICE DE TABLAS.....	xviii
ÍNDICE DE ECUACIONES	xix
RESUMEN.....	xx
ABSTRACT	xxi
CAPÍTULO I.....	1
1. ANTECEDENTES	1
1.1. TEMA.....	1
1.2. PROBLEMA	1
1.3. OBJETIVOS.....	2
1.3.1. Objetivo general	2
1.3.2. Objetivos específicos.....	2
1.4. ALCANCE	3
1.5. JUSTIFICACIÓN.....	4

CAPÍTULO II.....	6
2. MARCO TEÓRICO	6
2.1. REDES INALÁMBRICAS Y ESTÁNDAR IEEE 802.11	6
2.2. INTRODUCCIÓN A LAS REDES INALÁMBRICAS	6
2.3. TIPOS DE REDES INALÁMBRICAS.....	7
2.3.1. Redes inalámbricas de área personal (WPAN).....	7
2.3.2. Redes inalámbricas de área LOCAL (WLAN).....	7
2.3.3. Redes inalámbricas de área metropolitana (WMAN).....	8
2.3.4. Redes inalámbricas de área amplia (WWAN).....	9
2.3.5. Comparación de los tipos de redes inalámbricas.....	10
2.4. ESTÁNDAR IEEE 802.11	10
2.4.1. Estándares 802.11 en la capa física	11
2.4.2. Estándares IEEE 802.11 en la capa enlace de datos.....	13
2.5. COMPONENTES DE RED	14
2.5.1. Access Point (AP).....	14
2.5.2. Antenas	15
2.5.2.1. Antenas Direccionales	16
2.5.2.2. Antenas Omnidireccionales.....	17
2.5.2.3. Antenas Sectoriales.....	18
2.5.3. Equipos clientes.....	19
2.6. ARQUITECTURA DE UNA RED 802.11	20
2.6.1. Definiciones del estándar 802.11.....	20
2.6.2. IEEE 802.11	20
2.6.3. Capa física	21
2.6.3.1. Modulación.....	21
2.6.3.2. Frecuencia.....	25
2.6.4. Capa enlace de datos.....	25

2.6.4.1. Control de enlace lógico (LLC).....	27
2.6.4.2. Control de acceso al medio (MAC).....	27
2.7. ESTÁNDAR IEEE 802.11AC.....	34
2.8. SEGURIDAD EN LA WLAN	37
2.8.1. Mecanismos de seguridad en redes WLAN	37
2.8.2. Seguridad a nivel de WISP	38
2.8.2.1 Tipos de Firewalls	39
2.8.2.1.1. Firewall a nivel de Software.....	40
2.8.2.1.2. Firewall a nivel de Hardware.....	40
2.8.2.2 VLAN.....	41
2.8.2.3. Lista de Control de Acceso ACL.....	42
2.9. CALIDAD DE SERVICIO EN REDES WLAN	42
2.9.1. QoS en redes WI-FI.....	43
2.9.1.1. Lo básico de QoS.....	43
2.9.1.2. QoS en redes IEEE 802.11	44
2.9.1.3. HCF Controlled Channel Access (HCCA).....	45
2.9.1.4. EDCA (Enhanced Distributed Channel Access)	45
2.9.1.5. WMM	47
2.9.1.6. Diffserv	48
2.10. ENLACES INALÁMBRICOS.....	50
2.10.1. Tipos de enlaces inalámbricos	51
2.10.1.1. Distribución de Acceso Inalámbricos (HOT SPOT)	51
2.10.1.2. Enlace Punto a Punto.....	51
2.10.1.3. Enlace Punto Multipunto.....	51
2.11. ZONA DE FRESNEL	51
CAPÍTULO III	54

3. DISEÑO DE LA RED DEL PROVEEDOR DE SERVICIOS DE INTERNET INALÁMBRICO	54
3.1. INFORMACIÓN GENERAL DE CAYAMBE	54
3.1.1. Ubicación geográfica y superficie.	54
3.1.2. Población del cantón Cayambe.	55
3.2. SITUACIÓN ACTUAL DE CAYAMBE VISIÓN	57
3.2.1. Área de cobertura.....	58
3.3. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE RED INALÁMBRICA	58
3.3.1. Estándar IEEE 802.11ac necesidad de redes más rápidas	59
3.3.2. Servicios del WISP	62
3.3.3. Diseño de la red del WISP.....	63
3.3.3.1. Módulo de Acceso	64
3.3.3.2. Módulo de Distribución.....	65
3.3.3.3. Módulo Núcleo o Core	67
3.4. CÁLCULO DEL ANCHO DE BANDA.....	68
3.5. COMPARATIVA DE EQUIPOS PARA LOS MÓDULOS DE ACCESO, DISTRIBUCIÓN Y CORE	70
3.5.1. Selección de equipos	70
RB921GS-5HPACD-15S	72
3.5.2. Backbone inalámbrico	79
3.5.2.1. Módulos adicionales de la red del WISP.....	83
3.6. DETERMINACIÓN Y UBICACIÓN DE LOS NODOS	85
3.6.1. Nodo de largo alcance	87
3.6.2. Nodo urbano	89
3.6.3. Ubicación de los nodos.....	92
3.6.3.1. Oficina (Terán y 24 de Mayo)	93
3.6.3.2. Comunidad de Porotog.....	94
3.6.3.3. Cruz Loma	95

3.7. SIMULACIÓN DE LA RED CON LA ESTACIÓN BASE.....	96
3.8. ESTRUCTURA DE LA RED	103
3.9. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.....	105
3.9.1. Pérdida en el espacio libre	110
3.9.2. Azimut	111
3.9.3. Ángulo de elevación de las antenas	111
3.9.4. Nivel de recepción	112
3.9.5. Zona de Fresnel	113
3.9.6. Balance del sistema	113
3.10. ANÁLISIS DE LA NORMATIVA LEGAL.....	116
3.10.1. Títulos habilitantes para prestar servicios de valor agregado de internet. 116	
3.10.2. Requisitos para la obtención de títulos habilitantes.	117
3.10.3. Frecuencias de operación.....	117
3.10.4. Resultado de la factibilidad legal.....	117
CAPÍTULO IV	119
4. ANÁLISIS ECONÓMICO	119
4.1. ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PROYECTO	119
4.2. COSTO DE LOS EQUIPOS	119
4.3. COSTO DE INGENIERIA.....	120
4.4. COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN	121
4.5. VALORACION DEL PROYECTO.....	122
4.5.1. Costo del plan a ofertar.....	122
4.5.2. Ingresos generados por el servicio de internet.....	122
4.6. ESTUDIO FINANCIERO	123
4.6.1. Flujo de caja	123
4.6.2. Valor actual neto (VAN)	125
4.6.3. Tasa interna de retorno (TIR)	126

4.6.4. Periodo de recuperación de la inversión (PRI).....	126
4.6.5. Relación costo – beneficio (B/C)	128
CAPÍTULO V	129
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	129
5.1. CONCLUSIONES.....	129
5.2. RECOMENDACIONES	131
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	133
LIBROS, RECURSOS BIBLIOGRÁFICOS EN LÍNEA Y TESIS	133
GLOSARIO DE TÉRMINOS	140
ANEXOS.....	147
ANEXO A	148
ANEXO B	178
ANEXO C	179
ANEXO D.....	180
ANEXO E.....	181
ANEXO F.....	183
ANEXO G.....	185

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Redes Inalámbricas de Área Personal (WPAN).....	7
Figura 2 Redes Inalámbricas de Área Local (WLAN)	8
Figura 3 Redes Inalámbricas de Área Metropolitana (WMAN)	9
Figura 4 Redes Inalámbricas de Área Amplia (WWAN).....	10
Figura 5 Estándares IEEE 802.11	11
Figura 6 Access Point	15
Figura 7 Antenas.....	16
Figura 8 Tipos de Antenas Direccionales.....	17
Figura 9 Antenas Omnidireccionales	18
Figura 10 Antenas Sectoriales	19
Figura 11 Modelos de Tarjetas Inalámbricas	19
Figura 12 Redes inalámbricas dentro del modelo OSI.....	20
Figura 13 Redes Inalámbricas en el modelo OSI	21
Figura 14 Técnicas de Modulación	23
Figura 15 Modulaciones Digitales.....	25
Figura 16 Subcapas de la Capa Enlace de Datos.....	26
Figura 17 Formato de la Trama Ethernet	29
Figura 18 Formato de la Trama PPP	29
Figura 19 Formato de la Trama IEEE 802.11	30
Figura 20 Protocolo de Acceso al Medio CSMA/CA	32
Figura 21 Inter Frame Spacing	33
Figura 22 Mecanismo PCF.....	34
Figura 23 Estructura de la trama IEEE 802.11n y 802.11ac	36
Figura 24 Red VLAN	41
Figura 25 EDCA. (a) ACs en EDCA. (b) AIFS EDCA	46
Figura 26 Formato Trama IEEE 802.11e	48
Figura 27 Cabecera IPv4 e IPv6 con Diffserv	49
Figura 28 Byte TOS original en IPv4.....	49
Figura 29 Campo DiffServ Codepoint	50
Figura 30 Zona de Fresnel	52
Figura 31 Mapa Político del cantón Cayambe.....	55

Figura 32 Red de Tv por Cable	57
Figura 33 Área de Cobertura del Sistema de Tv por Cable.....	58
Figura 34 Módulos que conforman el WISP.....	64
Figura 35 Módulo de Acceso	65
Figura 36 Módulo de Distribución	66
Figura 37 Módulo de Core o Núcleo	68
Figura 38 Diagrama del Backbone	80
Figura 39 VLAN´s en los Módulos de Acceso, Distribución y Núcleo.....	83
Figura 40 Zona Comercial del cantón Cayambe	86
Figura 41 Vista desde Cananvalle y Porotog hacia Cayambe	87
Figura 42 Línea de Vista de Cayambe a Porotog y Cananvalle	88
Figura 43 Vista desde Cruz Loma a Cayambe	90
Figura 44 Vista desde Cruz Loma a Cayambe	90
Figura 45 Línea de Vista de Cayambe Cruz Loma y Santa Isabel.....	91
Figura 46 Ubicación de los Nodos	93
Figura 47 Antena en la Oficina	94
Figura 48 Antenas en Porotog	95
Figura 49 Antena en Cruz Loma	96
Figura 50 Ubicación del Mapa	97
Figura 51 Mapa Zona Urbana Cayambe.....	97
Figura 52 Ubicación de los Nodos	98
Figura 53 Ubicación de los Nodos	99
Figura 54 Radio Enlace Oficina-Cruz Loma.....	99
Figura 55 Datos Radio Enlace Oficina-Cruz Loma.....	100
Figura 56 Radio Enlace Oficina-Porotog	101
Figura 57 Datos Radio Enlace Oficina-Porotog.....	102
Figura 58 Radio Enlace Porotog-Home.....	102
Figura 59 Datos Radio Enlace Porotog-Home	103
Figura 60 Diseño de la Red Física del WISP	104
Figura 61 Distribución de frecuencias por Antena.....	106
Figura 62 Equipo QRT 5ac.....	106
Figura 63 Ping entre la Oficina y Porotog.....	107
Figura 64 Datos Antena Porotog	108

Figura 65 Configuraciones Iniciales de la Antena de Porotog	108
Figura 66 Test de Velocidad enlace PTP Oficina-Porotog.....	109
Figura 67 Equipo de distribución	109
Figura 68 SXT lite 5 ac	110
Figura 69 Comprobación del enlace.....	110
Figura 70 Calculo del ángulo de elevación de las antenas	112
Figura 71 Balance de un Sistema de Radiocomunicaciones	114

ÍNDICE DE TABLAS

1. Comparativa de las Redes Inalámbricas	10
2. Estándares definidos dentro del 802.11	11
3. Tipos de Antenas Direccionales	17
4. Contenido del Formato de la Trama 802.11	31
5. Tipos de Tiempo de Espera	33
6. Ventajas y Desventajas de un Firewall	40
7. Tipos de VLAN	41
8. Listas de Control de Acceso ACL	42
9. Categoría de Acceso WMM	47
10. Byte TOS IPv4.....	50
11. Distribución de la Población Año 2010 Cantón Cayambe por Parroquias.....	55
12. Distribución de la Población Año 2010 Cantones de la Provincia de Pichincha	56
13. Comparativa IEEE 802.11n vs IEEE 802.11ac	60
14. Características y Beneficios de IEEE 802.11ac.....	61
15. Distribución de canales de frecuencia	69
16. Características Técnicas de los Equipos con Tecnología IEEE 802.11ac	71
17. Características Técnicas de los Equipos con Tecnología IEEE 802.11ac	72
18. Características Técnicas de los Equipos con Tecnología IEEE 802.11ac	73
19. Algunas características que nos ofrece Routers de Mikrotik.	75
20. Componentes de una Red de Backbone	81
21. Ventajas de una VLANs	82
22. Protocolo vs Canales	89
23. Cruz Loma vs Santa Isabel	92
24. Distribución de canales de frecuencia	105
25. Cálculo de los Enlaces	115
26. Costos referenciales de los equipos para la implementación del WISP	120
27. Costos de Ingeniería	121
28. Costos de Implementación.....	121
29. Planes Tarifarios	122
30. Detalle del Flujo de caja	124
31. Costo Acumulado y Recuperado	127

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación (1): Cálculo zona de fresnel.....	52
Ecuación (2): Cálculo del Ancho de Banda.....	68
Ecuación (3): Pérdida en el Espacio Libre	110
Ecuación (4): Azimut.....	111
Ecuación (5): Cálculo diferencia de Alturas.....	112
Ecuación (6): Cálculo Ángulo de Elevación	112
Ecuación (7): Nivel de Recepción	112
Ecuación (8): Zona de Fresnel.....	113
Ecuación (9): Ingresos Generados por el Servicio de Internet	122
Ecuación (10): Valor Actual Neto (VAN).....	125
Ecuación (11): Tasa Interna de Retorno (TIR).....	126
Ecuación (12): Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI).....	127
Ecuación (13): Relación Costo - Beneficio	128

RESUMEN

La presente investigación es el diseño de una red WISP (Proveedor de servicios de INTERNET Inalámbrico), para brindar el servicio de valor agregado a la zona urbana de la ciudad de Cayambe en la provincia de Pichincha, empleando en estándar IEEE 802.11ac.

La demanda de nuevos y mejores servicios de telecomunicaciones en especial el INTERNET, genera un problema para los habitantes de la ciudad de Cayambe que no pueden obtener el servicio por la falta de puertos en las empresas que brindan este tipo de servicio mediante infraestructura cableada, lo mismo sucede con los proveedores inalámbricos debido a que en la zona existe un número reducido de los mismos, para suplir la demanda del acceso a INTERNET, se ha visto la necesidad de implementar un WISP (Proveedor de Servicio de Internet Inalámbrico), para la zona urbana del cantón Cayambe, ya que el servicio de internet se ha vuelto en una necesidad más que un lujo porque es utilizado para la comunicación, educación y entretenimiento.

Para el diseño de WISP se estudió las tecnologías inalámbricas Wi-Fi (estándares IEEE 802.11), altamente difundidas en nuestro entorno, de la misma manera se realiza un análisis profundo de la tecnología IEEE 802.11ac, sus parámetros de calidad, seguridades de red y los aspectos regulatorios para su implementación.

El diseño de la red del WISP empezó con el levantamiento de información topográfica de la ciudad de Cayambe, para así determinar la ubicación de los nodos que consta de una red troncal con sus respectivos enlaces, ubicando las antenas en una configuración que cubran la mayor parte del sector urbano de la ciudad, en esta sección se realiza una comparativa de los equipos más comunes en el mercado y determinar cuáles son los más óptimos para la implementación del WISP, para determinar que es una red óptima se realiza pruebas físicas y técnicas del diseño, midiendo del ancho de banda, potencia y atenuación de los enlaces, para demostrar que el diseño está apto para la implementación.

Adicionalmente se desarrolló el estudio de factibilidad económico, para conocer la rentabilidad y viabilidad del proyecto, el cual determina si el diseño es rentable para la empresa Cayambe Visión.

ABSTRACT

The present investigation it is the design of a network WISP (Service provider of Wireless INTERNET), to offer the service of value added to the urban zone of Cayambe's city in the province of Bargain, using in standard IEEE 802.11ac.

The demand of new and better services of telecommunications especially the INTERNET, it generates a problem for the inhabitants of Cayambe's city who cannot obtain the service for the lack of ports in the companies that offer this type of service by means of wired up infrastructure, the same thing happens with the wireless suppliers due to the fact that in the zone a limited number of the same ones exists, to replace the demand of the access to INTERNET, one has seen the need to implement a WISP (Supplier of Service of Wireless Internet), for the urban zone of the canton

Cayambe, since he service Internet has turned in a need more than a luxury because it is used for the communication, education and entertainment.

For WISP's design there were studied the wireless technologies Wi-Fi (standards IEEE 802.11), highly spread in our environment, of the same way there is realized a deep analysis of the technology IEEE 802.11ac, his parameters of quality, safeties of network and the regulative aspects for his implementation

The design of the network of the WISP began with the raising of topographic information of Cayambe's city, this way to determine the location of the nodes that consists of a main network with his respective links, locating the antennas in a configuration that they cover most of the urban sector of the city, in this section the comparative one is realized of the most common equipments on the market and determine which are the most ideal for the implementation of the WISP, to determine that it is an ideal network there are realized physical and technical tests of the design, measuring of the bandwidth, power and attenuation of the links, to demonstrate that the design is suitable for the implementation

Additional the economic study of feasibility developed, to know the profitability and viability of the project, which determines if the design is profitable for the company Cayambe Visión.

CAPÍTULO I

En el primer capítulo se presentará la explicación del por qué la necesidad de realizar y las razones que impulsaron al desarrollo de este proyecto. A continuación, se presenta la problemática, objetivos tanto general como específicos, el alcance y la justificación que fundamenta este proyecto.

1. ANTECEDENTES

1.1. TEMA

Diseño de la red inalámbrica de área metropolitana, para proveer servicios de INTERNET, aplicando el estándar IEEE 802.11ac, en la zona urbana del cantón Cayambe para la empresa Cayambe Visión.

1.2. PROBLEMA

Cayambe Visión es una empresa que ofrece televisión por cable y ha visto la necesidad de ofertar un nuevo servicio, el INTERNET, esto en la zona urbana del cantón Cayambe provincia de Pichincha, para suplir la demanda de la población del acceso a INTERNET, ya que él mismo se ha vuelto en una necesidad más que un lujo porque es utilizado para la comunicación, educación, entretenimiento entre otras utilidades que dé el usuario a este recurso.

La demanda de nuevos y mejores servicios de telecomunicaciones en especial el INTERNET, genera un problema para los habitantes de la zona urbana de la ciudad de Cayambe, según la última estadística del INEC en el año 2010 muestra que este medio es utilizado en un 26.7% de la población, esto genera la falta de puertos en las empresas que brindan este tipo de servicio mediante infraestructura cableada, lo mismo sucede con los proveedores inalámbricos debido a que en la zona existe un número reducido de los mismos, esto se puede evidenciar en el registro de la SUPERTEL y los mismos cuentan con una baja oferta.

Para ello se diseñara la red para Proveer Servicio de INTERNET Inalámbrico y brindar a los usuarios del cantón Cayambe el servicio de INTERNET a altas velocidades como lo proporciona la quinta generación de estándares inalámbricos, con un mayor ancho de

banda disponible, con esto los usuarios gozarán de acceso a servicios, información actualizada y las comunicaciones se realizarán en tiempo real.

Con el diseño de la red para el WISP y la aplicación del estándar IEEE802.11ac se pretende brindar un servicio de calidad a los habitantes del cantón Cayambe, debido a la alta demanda de las redes inalámbricas, esto se ha vuelto cada vez más desplegado y los usuarios son capaces de hacer la transición de aplicaciones de enlaces fijos a la comodidad, la libertad, la versatilidad, la confiabilidad y robustez de este tipo de sistemas inalámbrico porque son de mayor exigencia en el consumo de ancho de banda.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Realizar el diseño de la red inalámbrica de área metropolitana, para proveer servicios de INTERNET, aplicando el estándar IEEE 802.11ac, en la zona urbana de la ciudad de Cayambe para la empresa Cayambe Visión.

1.3.2. Objetivos específicos

- Realizar un estudio teórico sobre el estándar IEEE 802.11ac, principios de funcionamiento, equipos que se utilizan, arquitectura de red y antenas para fundamentar y orientar el desarrollo del proyecto.
- Levantar información sobre la situación geográfica actual del cantón para determinar los sitios donde se ubicarán los nodos de acuerdo a las necesidades de las posibles zonas de clientes.
- Diseñar la red para brindar el servicio de INTERNET acorde a las normativas legales de la SUPERTEL y los requerimientos de equipos necesarios para la futura implementación del proveedor de servicios de INTERNET inalámbrico para la empresa.
- Realizar las pruebas físicas y técnicas para justificar el diseño de la red inalámbrica y así determinar los siguientes parámetros como son: ancho de banda, potencia, atenuación y distancia de los enlaces.
- Desarrollar un análisis de viabilidad económica del proyecto para establecer la rentabilidad del diseño.

1.4. ALCANCE

El presente proyecto tiene como finalidad el diseño de la red inalámbrica de área metropolitana, para proveer servicios de INTERNET inalámbrico en el cantón Cayambe, provincia de Pichincha, con el propósito de brindar el servicio de INTERNET de banda ancha y buena calidad de acuerdo a la demanda de los usuarios.

En primer lugar se realizará el estudio teórico detallado con sus respectivas características de la quinta generación del estándar para redes inalámbricas, como sus principios de funcionamiento, arquitectura de red, equipos y antenas que se utilizarán, esto servirá para determinar las ventajas, desventajas y aplicaciones del estándar IEEE 802.11ac.

Se hará el levantamiento de información sobre la situación geográfica del cantón, de acuerdo a la topología del mismo, para determinar zonas de fresnel, cobertura, densidad de tráfico que va a cruzar por la red, requerimientos de ancho de banda, número de posibles usuarios y así determinar la ubicación de los nodos los cuales suplirán la demanda de la población del sector, de la misma manera se aplicará las Leyes y normativas vigentes en el Ecuador.

Diseñar la red inalámbrica de área metropolitana, para proveer servicios de INTERNET inalámbrico, que contemplará el análisis de los permisos necesarios para la implementación del servicio de INTERNET que sean avalados por los organismos reguladores de telecomunicaciones en el Ecuador.

Se hará un estudio de los equipos necesarios para la transmisión y recepción tales como torres, antenas, radios y puntos de acceso además se realizará la distribución lógica de la red y se segmentará la misma a través de VLANs, lo cual brindará seguridad, mejor rendimiento, mayor eficiencia, y reducción de costos dentro de la red. Las pruebas de diseño se justificarán en base a simulaciones en el software Radio Mobile, que permitirá evaluar diferentes variables del espectro radioeléctrico para conocer la viabilidad entre enlaces inalámbricos.

De la misma manera el diseño constará de mecanismos de QoS y garantizar un ancho de banda determinado, tanto en el canal de subida como en el canal de bajada, elemento muy necesario para implementar una red troncal de comunicaciones inalámbricas como

la que se va a desplegar, haciendo posible fijar valores para CIR y MIR para cada estación suscriptora, implementando de esa manera una gestión eficiente del ancho de banda para cada usuario.

Se procederá a llenar los formularios para este tipo de servicio que se va a ofrecer, según los requerimientos del CONATEL, los cuales permitirá obtener la concesión del uso de la frecuencia asignada para este fin, luego se procederá a realizar las pruebas físicas y técnicas del diseño, para lo cual se implementará un enlace inalámbrico para demostrar el funcionamiento de la red, mediante la medición del ancho de banda, potencia, atenuación y distancia entre enlaces, para demostrar que el diseño está apto para la implementación.

Finalmente se desarrollará el estudio de factibilidad económico, para conocer la rentabilidad y viabilidad del proveedor de servicio de INTERNET y se entregará la documentación técnica y legal necesaria que tendrá como referencia para una futura implementación al propietario de CAYAMBE VISIÓN.

1.5. JUSTIFICACIÓN

La contribución de este proyecto para la sociedad es acorde al Art. 11 del Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada, el Art. 4 del Reglamento para la prestación de servicios de valor agregado, el cual facilita el proceso de socialización a través del acceso a redes sociales, ciencia, cultura, realización de tareas escolares y trabajos personales, esto a través de conexiones prolongadas con un costo muy reducido aprovechando la fácil y rápida transmisión de la información con la infraestructura de comunicaciones proporcionada.

Para el desarrollo de este proyecto se usará la quinta generación del estándar para las redes inalámbricas, IEEE 802.11ac en el que se aplicará los conocimientos adquiridos en el transcurso de la formación académica mediante técnicas de auto-aprendizaje, ya que son parte de los objetivos estratégicos de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación y lineamientos estratégicos de la institución en elaboración de proyectos de investigación.

El campo de las telecomunicaciones avanza diariamente, de la misma manera la necesidad de las empresas de comunicaciones por brindar más de un servicio, a un costo accesible para el usuario.

CAYAMBE VISIÓN es una empresa prestigiosa y reconocida en el cantón, fue creada hace 15 años y ofrece el servicio de TV por cable, la misma ha visto la necesidad de implementar un nuevo servicio como lo es el INTERNET a través del proveedor de servicios de INTERNET inalámbrico y a petición de los usuarios ha decidido complementar la voz y video con datos para una mayor y mejor comodidad para los clientes de la empresa.

De manera personal y como estudiante en el trabajo de grado se pretende, investigar y poner en práctica lo que día a día se adquirió en el aula de clase, debido que en el diseño de la red del WISP se aplicará la teoría de determinadas materias que son parte de la malla curricular de la carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación, como son: WLAN, Comunicación Inalámbrica, Diseño de Sistemas de Comunicación, Redes de Nueva Generación, Derecho Aplicado a las Telecomunicaciones y Networking I y II.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se describe un breve estudio de las redes inalámbricas del estándar IEEE 802.11, para luego realizar un análisis más detallado del estándar IEEE 802.11ac. Se define los dispositivos para los enlaces inalámbricos como son Access Point y antenas, además se habla de la seguridad en una red inalámbrica sus mecanismos de seguridad y las políticas, mismas que fundamenta el desarrollo del presente proyecto

2.1. REDES INALÁMBRICAS Y ESTÁNDAR IEEE 802.11

El estándar IEEE 802.11 define el uso de los dos niveles inferiores de la arquitectura o modelo Sistema de Interconexión Abierto (OSI por sus siglas en ingles Open system Interconnection) (capa física y capa de enlace de datos), especificando sus normas de funcionamiento en una Red de Área Local Inalámbrica. (WLAN por sus siglas en ingles Wireless Local Area Network).

2.2. INTRODUCCIÓN A LAS REDES INALÁMBRICAS

El concepto de redes inalámbricas hace referencia a un conjunto de tecnologías que permiten una comunicación entre dos o más dispositivos sin la utilización de un medio físico, mediante la transmisión de ondas electromagnéticas en el espectro radioeléctrico.

Las redes de comunicación han evolucionado de manera presurosa, como son la Red de Área Local (LAN por sus siglas en inglés Local Area Network), Red de Area Metropolitana (MAN por sus siglas en inglés Metropolitan Area Network), Red de Area Amplia (WAN por sus siglas en inglés Wide Area Network) cableadas e inalámbricas, de la misma forma los medios de transmisión de los datos; de aquí la importancia de realizar estudios que acerca de estas tecnologías.

Debido al desarrollo de nuevas redes de telecomunicaciones, promovió la estandarización internacional de redes cableadas e inalámbricas favoreciendo la oferta de servicios de banda ancha y la reducción significativa de los costos del servicio y de los equipos, en especial en zonas suburbanas que carecían de este tipo de infraestructuras.

2.3. TIPOS DE REDES INALÁMBRICAS

En la actualidad existen diferentes sistemas de comunicación inalámbrica los cuales se clasifican por el área física que estos cubren, dependiendo mucho de los tipos de aplicaciones y la necesidad de satisfacer a los usuarios.

2.3.1. Redes inalámbricas de área personal (WPAN)

En este tipo de redes el limitante es el rango de cobertura, hasta 15 metros y su rendimiento no sobrepasa velocidades de 1 Mbps.

Un ejemplo de una red WPAN, se puede observar en el enlace entre un teclado o ratón con el computador, o la conexión con sus diferentes periféricos de manera inalámbrica, esto facilita la movilidad de los elementos y elimina el exceso de cables. (Carballar, 2008)

Bluetooth es el ejemplo más común de este tipo de sistemas, y sus especificaciones definidas por el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) en el estándar 802.15, opera en la banda de frecuencia de 2.4Ghz, a una distancia máxima de 15 metros, con una velocidad máxima de 2Mbps, como se muestra e la figura 1, la topología de una Red Inalámbrica de Área Personal WPAN.



Figura 1 Redes Inalámbricas de Área Personal (WPAN)

Fuente: Redes Inalámbricas. (2010) Recuperado de <https://nmatheus.wordpress.com/category/intranet/>

2.3.2. Redes inalámbricas de área LOCAL (WLAN)

Las redes inalámbricas de área local (WLAN), actualmente son las más utilizadas, por su alto desempeño, se las puede encontrar en lugares como: hospitales, aeropuertos,

universidades, hoteles, empresas y hogares, para brindar servicios de conectividad a los usuarios que generalmente utilizan dispositivos móviles. (Serrano & Alberto, 2008)

Las WLAN han alcanzado velocidades aceptables, como lo era 54 Mbps, en la aparición del estándar y actualmente se tiene tasas de transferencia de 1Gbps, logrando que las aplicaciones de red funcionen sin ningún problema.

La IEEE ha creado un estándar para las WLAN, al se le denomina 802.11 con sus versiones 802.11a, 802.11b, 802.11g, 802.11n y actualmente el 802.11ac que operan en las bandas de frecuencia de 2.4Ghz y 5Ghz respectivamente.

Las principales empresas que fabrican equipos de tecnología han creado una alianza denominada Wireless Fidelity (Wi-Fi), la misma se encarga de probar y certificar los equipos inalámbricos.

En la figura 2 se muestra la topología de una Red Inalámbrica de Área Local WLAN, con un equipo centralizado que brinda el acceso a internet a diferentes dispositivos.



Figura 2 Redes Inalámbricas de Área Local (WLAN)

Fuente: Redes Inalámbricas. (2011) recuperado de <http://www.devicehardreset.com/wireless-local-area-network/>

2.3.3. Redes inalámbricas de área metropolitana (WMAN)

Este tipo de redes cubren un área del tamaño de una ciudad, una de las aplicaciones más comunes de una WMAN, es la conectividad de empresas con sus agencias que se encuentran geográficamente alejadas. Otra aplicación la podemos localizar en la

implementación de Proveedores de Servicio de INTERNET Inalámbrico (WISP). En la figura 3 se muestra la topología de una Red Inalámbrica de Área Metropolitana WMAN.

Para obtener un mayor desempeño de una WMAN depende principalmente de la distancia y los componentes que se utilicen. La industria está tratando de normar la utilización del estándar 802.11 ya que es un complemento de las WMAN. (Serrano & Alberto, 2008)



Figura 3 Redes Inalámbricas de Área Metropolitana (WMAN)

Fuente: Redes Inalámbricas. (2011) Recuperado de https://tunetwork.files.wordpress.com/2011/03/redes_inalambricas2.jpg

2.3.4. Redes inalámbricas de área amplia (WWAN)

Las redes inalámbricas de área amplia generalmente cubren países o continentes, este tipo de aplicaciones son costosas debido a la infraestructura que se utiliza, por lo que comúnmente los gastos son compartidos por muchas empresas.

Las redes WWAN permiten la movilidad de sus usuarios dentro del área de cobertura sin que los mismos pierdan conectividad de sus aplicaciones. Uno de los ejemplos más comunes son los servicios de telefonía celular o los enlaces satelitales, los cuales están interconectados con redes de diferentes empresas proveedoras del servicio, para lo cual utilizan Itinerancia o Roaming. En la figura 4 se muestra la topología de una Red Inalámbrica de Área Amplia WWAN.

Existen diferentes estándares que guían el desarrollo de este tipo de redes denominado CDMA2000 que es una norma para telecomunicaciones móviles que se utiliza para enviar voz y datos entre teléfonos celulares de tercera generación.

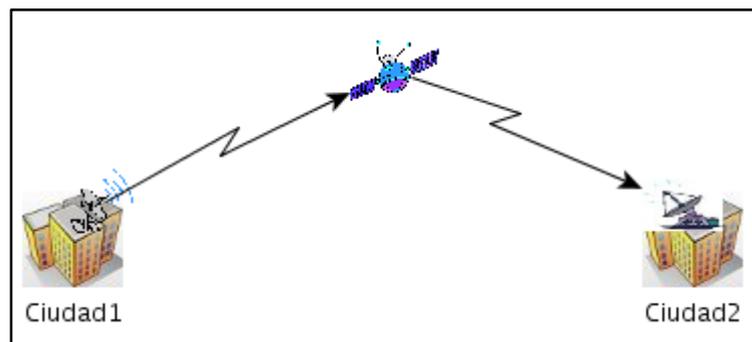


Figura 4 Redes Inalámbricas de Área Amplia (WWAN)

Fuente: Redes Inalámbricas. (2011) Recuperado de <http://ecovi.uagro.mx/tecnologiaswan.html>

2.3.5. Comparación de los tipos de redes inalámbricas

Se clasifican según, su cobertura, estándares y aplicaciones. En la tabla 1 se muestra un resumen comparativo de los tipos de Redes Inalámbricas en base a parámetros de cobertura, rendimiento o performance.

Tabla 1

Comparativa de las Redes Inalámbricas

Tipo	Cobertura	Performance	Estándar	Aplicaciones
WPAN	Alrededor de una persona	Moderado	Bluetooth, IEEE 802.15	Periféricos inalámbricos.
WLAN	En un Campus	Alto	IEEE 802.11	Campus Universitarios.
WMAN	Dentro de una Ciudad	Alto	IEEE 802.16	Enlaces entre oficinas
WWAN	Entre países o continentes	Bajo	Celular 3G, 3,5G, 4G	Enlaces entre áreas lejanas.

Fuente: Elaborado por Autor

2.4. ESTÁNDAR IEEE 802.11

En la figura 5 se muestra las versiones del estándar IEEE 802.11 de acuerdo a su aparición y evolución de las redes inalámbricas.



Figura 5 Estándares IEEE 802.11

Fuente: Estándares IEEE 802.11. (2014) Recuperado de <http://www.ibersystems.es/blogredesinalambricas/802-11-Wi-Fi/>

El estándar IEEE 802.11 define el uso de los dos niveles inferiores de la arquitectura del modelo OSI (capa física y capa de enlace de datos), especificando sus normas de funcionamiento en una red inalámbrica. En la tabla 2 se muestra los estándares definidos dentro de IEEE 802.11, mismos que hacen referencia a la Capa Física y Capa Enlace de Datos, con sus diferentes estándares definidos dentro de cada capa.

Tabla 2

Estándares definidos dentro del 802.11

ESTÁNDARES DEFINIDOS DENTRO DEL 802.11

CAPA FÍSICA (a, b, g, j, n, p, y, ac, ad, af, ah)

- Cambios en las tasas de transferencia.
- Cambios en el espectro.

CAPA ENLACE DE DATOS

- Seguridad (i, w)
 - Mediciones y Administración (k, v)
 - Control de Flujo y Calidad de Servicio (e, aa, ae)
 - Tiempo requerido para establecer conexión (p, r, ai)
 - Eficiencia del espectro
 - Comportamiento regulatorio(d, h)
 - Topología de conexión de los nodos de radiación (s, z)
 - Conexiones hacia otras redes (u)
-

Fuente: Seguridad Inalámbrica. "DISEÑO DE LA RED INALÁMBRICA Y SISTEMA DE SEGURIDAD". Obtenido de <http://www.magazcitum.com.mx/?p=1710#.Vnp19LZ97Mw>

2.4.1. Estándares 802.11 en la capa física

A continuación se detalla de forma resumida los estándares que corresponden a la capa física perteneciente a IEEE 802.11

- IEEE 802.11 Legacy: La versión original del estándar 802.11, del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE), publicada en 1997, especifica dos velocidades de transmisión “teóricas” de 1 y 2 megabits por segundo (Mbps) a frecuencias de 2,4Ghz que se transmiten por señales infrarrojas (IR).

- IEEE 802.11a: Esta revisión fue publicada en el año de 1999, que suministra una velocidad de transmisión de 54 Mbps operando en la banda de 5 Gigahercio (GHz). Utiliza la tecnología de Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales OFDM (Orthogonal Frequency División Multiplexing). Es menos propensa a interferencias, ya que utiliza una banda no saturada pero a mayor frecuencia implica menor alcance sumada la incompatibilidad con IEEE 802.11b.

- IEEE 802.11b: Es una extensión del IEEE 802.11 Legacy que opera en la banda 2,4Ghz con velocidades de transmisión de 5,5 a 11Mbps, utiliza también el método CSMA/CA y modulación DSSS.

- IEEE 802.11g: Publicada en el año 2003, es una evolución del estándar IEEE 802.11b que utiliza la misma banda de frecuencia 2,4Ghz pero con la diferencia de operar con velocidades de transmisión mayores de 20 a 54 Mbps con técnicas de modulación DSSS y OFDM.

- IEEE 802.11n: Publicada en el año 2009, permite alcanzar velocidades superiores a las de 802.11g al hacer uso de varias antenas de transmisión y recepción para el envío de flujos de datos (data streams) simultáneamente, tecnología conocida como MIMO (Multiple-Input Multiple-Output). Dependiendo del número de flujos de datos transmitidos se puede alcanzar velocidades de 300, 450 o 600Mbps. Esta especificación es compatible con IEEE 802.11a/b/g por lo que opera en las bandas de 2,4 y 5Ghz con anchos de banda de canal de 20 y 40Mhz.

- IEEE 802.11ac: Publicada en diciembre de 2012 es una propuesta mejorada de 802.11n, con tasas de transmisión teóricas de 1,3 Gbps y radio de cobertura más amplio, utiliza la banda de 5Ghz ofreciendo más canales sin la molesta interferencia. Además se amplía el ancho de banda hasta de 160Mhz y 8 flujos MIMO con modulación de alta densidad 256 QAM (Quadrature Amplitude Modulation).

2.4.2. Estándares IEEE 802.11 en la capa enlace de datos

Los métodos de control de acceso al medio se describen en los protocolos de capa de enlace de datos definen los procesos por los cuales los dispositivos de red pueden acceder a los medios de red y transmitir tramas en diferentes entornos de red.

Seguridad (i,w)

- IEEE 802.11i: Estándar de seguridad para redes Wi-Fi aprobado a mediados de 2004. En él se define al protocolo de encriptación WPA2¹ basado en el algoritmo AES². Pretende mejorar la seguridad del cifrado Wi-Fi y añadir autenticación.

• IEEE 802.11w: Este estándar Wi-Fi, podrá proteger las redes contra la interrupción causada por los sutiles de WLAN que crean peticiones desasociadas que parecen ser enviadas por el equipo válido. Se intenta extender la protección que aporta el estándar 802.11i. (Salvetti, 2011)

Mediciones y Administración (k, v)

- IEEE 802.11k: Estándar Wi-Fi, ayuda a calcular y valorar los recursos de radiofrecuencia de una red inalámbrica, mejorando así su gestión.

- IEEE 802.11v: Estándar Wi-Fi en desarrollo, la nueva norma permitirá dotarse de un mayor control sobre los clientes wireless y equilibrar automáticamente las cargas de trabajo entre los distintos puntos inalámbricos.

Control de Flujo y Calidad de Servicio (e, aa, ae)

• IEEE 802.11e: Estándar Wi-Fi en elaboración desde Junio de 2003, destinado a mejorar la calidad de servicio en Wi-Fi (QoS – Quality of Service). Es de suma importancia para la transmisión de voz y video. Introduce un nuevo elemento llamado coordinación de funciones híbrido, Hybrid Coordination Function (HCF). (Gralla, 2009)

¹ WPA2 - Wi-Fi Protected Access 2 - Acceso Protegido Wi-Fi 2

² AES - Advanced Encryption Standard - Estándar de Encriptación Avanzado

Tiempo requerido para establecer conexión (p, r, ai)

- *IEEE 802.11r: Estándar Wi-Fi que permite las comunicaciones vía Voz IP móviles en redes privadas sin que haya cortes perceptibles al pasar de un punto a otro. Este sistema conocido también como (Fast Basic Service Set Transition), permite que la transición demore menos de 50 milisegundos, son cortes no perceptibles. (Serrano & Alberto, 2008)*

Comportamiento regulatorio (d, h)

- IEEE 802.11d: Es un complemento para la tecnología WI-FI. Permite que distintos dispositivos inalámbricos intercambien información en rangos de frecuencia según lo que se permite en el país de origen del dispositivo.
- IEEE 802.11h: regula la potencia de emisión de las redes Wi-Fi, el objetivo es cumplir los reglamentos europeos para redes inalámbricas a 5 GHz.

Topología de conexión de los nodos de radiación (s, z)

- IEEE 802.11s: Estándar Wi-Fi para operar en dos topologías: Ad-hoc e infraestructura (Mesh).

2.5. COMPONENTES DE RED

Los dispositivos básicos necesarios en una red inalámbrica son: Punto de acceso (AP, Access Point por sus siglas en inglés), Antenas y equipos clientes. Además existen otros equipos y accesorios que se utilizan para la implementación de una red inalámbrica los cuales se detallan a continuación.

2.5.1. Access Point (AP)

Se considera como el punto principal de emisión y recepción. Este punto concentra la señal de los nodos inalámbricos y centraliza el reparto de la información de la red local. Además realiza el vínculo entre los nodos inalámbricos y la red cableada, por esto se lo suele llamar puente, trabajan en velocidades de 54 Mbps a 600Mbps dependiendo de la versión del estándar IEEE 802.11 que utilice el equipo.

Existen dos características importantes en un AP: la potencia de transmisión y la sensibilidad del receptor. La primera se refiere a qué tan potente es la señal que irradia el

equipo y se mide en dBm (unidad de medida de potencia) o mw (miliwatts). En cuanto a la sensibilidad del receptor se refiere a qué tan débiles pueden llegar a ser las señales que detecta el AP, de igual manera se mide en dBm. (Garcia Serrano, 2008)

Se considera un equipo óptimo aquel que tiene buena potencia de salida y buena sensibilidad de recepción que permita detectar señales de poca potencia. Suelen ser equipos de mejor calidad y un tanto más caros.



Figura 6 Access Point

Fuente: Elementos de Red. (2013) Recuperado de <http://www.aerohive.com/products/access-points/ap350>

2.5.2. Antenas

Son elementos pasivos que emiten energía de radiofrecuencia (RF), ya que se encargan de transformar la energía de corriente alterna, generada en los equipos inalámbricos de la red, en un campo electromagnético o viceversa para que la comunicación pueda realizarse.

La antena es un dispositivo que nos permite convertir la señal eléctrica en ondas electromagnéticas, solamente la antena se considera más del 50% de la calidad de conexión para un dispositivo de la red.

Tabla 3**Tipos de Antenas Direccionales**

Parabólicas (disco o rejilla)	Con estas se consigue el mayor alcance, pueden llegar a los 5 Km. de distancia.
Yagis (pronúnciese “yaguis”)	Son similares a las antenas de televisión, también tienen gran alcance y no es tan complejo orientarlas.
Planares o Paneles	Estas aunque no tienen tanto alcance, pero es mucho más fácil orientarlas y además no son tan voluminosas como las anteriores, por lo que su instalación es muy sencilla.

Fuente: Antenas Wi-Fi “ANTENAS Wi-Fi DE LARGO ALCANCE” Obtenido de <http://es.data-alliance.net/antenas-direccionales/>

En la tabla 3 se muestra los tipos de antenas direccionales.

En la figura 8 se muestra los tipos de antenas direccionales.

**Figura 8 Tipos de Antenas Direccionales**

Fuente: Tipo de Antenas Wi-Fi. (2012) Recuperado de <http://cayro.webcindario.com/Wi-Fi/Antenas.htm>

2.5.2.2. Antenas Omnidireccionales

Este tipo de antenas orientan la señal en todas direcciones con un haz amplio pero de corto alcance.

Las antenas Omnidireccionales “envían” la información teóricamente a los 360 grados por lo que es posible establecer comunicación independientemente del punto en el que se esté, ya que no requieren orientarlas. En contrapartida, el alcance de estas antenas es menor que el de las antenas direccionales. (García Serrano, 2008)

En la figura 9 se muestra los tipos de antenas omnidireccionales.



Figura 9 Antenas Omnidireccionales

Fuente: Tipo de Antenas Wi-Fi. (2012) Recuperado de <http://cayro.webcindario.com/Wi-Fi/Antenas.htm>

2.5.2.3. Antenas Sectoriales

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

Este tipo de antenas de microondas generalmente vienen con un patrón de radiación determinado que puede ser de 60°, 90° o 120°

- Nos permite colocar múltiples puntos de acceso en una torre, y así ofrecer más ancho de banda.
- Permite aislar áreas con más alto niveles de ruido de RF³.
- Pueda separar enlaces de larga y corta distancia (estabilidad).

En la figura 10 se muestra los tipos de antenas sectoriales.

³ RF - Radio Frecuencia



Figura 10 Antenas Sectoriales

Fuente: Tipo de Antenas Wi-Fi. (2012) Recuperado de <http://cayro.webcindario.com/Wi-Fi/Antenas.htm>

2.5.3. Equipos clientes

En el mercado existen gran variedad de alternativas para utilizar en nuestras redes: PCI⁴, PCMA/PC CARD⁵.

Placa de red inalámbrica: recibe y envía información entre las computadoras de la red, es una parte imprescindible para conectarnos de forma inalámbrica. Existen placas de diferentes velocidades, entre 54 Mbps y 108 Mbps. Todas tienen una antena (que puede ser externa o interna) en general de baja ganancia, que puede ser reemplazada por otra de mayor ganancia para mejorar la conexión (cuando el dispositivo lo permita). Si poseemos una notebook o algún celular nuevo, la placa viene integrada. (López, 2008)

En la figura 11 se muestra los tipos de tarjetas inalámbricas.



Figura 11 Modelos de Tarjetas Inalámbricas

Fuente: Elementos de una Red Inalámbrica. (2010) Recuperado de http://datateca.unad.edu.co/contenidos/208017/ContLin2/leccin_8_elementos_de_una_red_inalmbtrica.html

⁴ PCI - Peripheral Component Interconnect - Periférico diseñado para ordenadores de escritorio

⁵ PCMA/PCCARD - Personal Computer Memory Card International Association - Periférico diseñado para ordenadores portátiles

2.6. ARQUITECTURA DE UNA RED 802.11

La arquitectura IEEE 802.11 está formada por una serie de elementos que interaccionan para proveer movilidad a las estaciones en una red local, que sea transparente a las capas superiores. El elemento básico de las redes de acceso definido en elementos que contenga una capa de Control de Acceso al Medio (MAC) y una capa Física (PHY) acorde con lo definido en el estándar. (Carballar, 2008)

2.6.1. Definiciones del estándar 802.11

El estándar IEEE 802.11 es un miembro de la familia IEEE 802, el cual define una serie de especificaciones para las redes LAN y MAN, este estándar se enfoca en la descripción de las dos capas inferiores del modelo OSI: Capa Física y Capa Enlace en particular sobre la Sub-capa MAC, además el estándar IEEE 802.11 describe las funciones, servicio y operación de sus dispositivos, en redes Ad-Hoc e Infraestructura y define varias técnicas de modulación cuyas funciones son controladas por la sub-capa MAC. (Ariganello & Barrientos, 2010)

En la figura 12 se muestra las redes inalámbricas dentro de las capas del modelo OSI

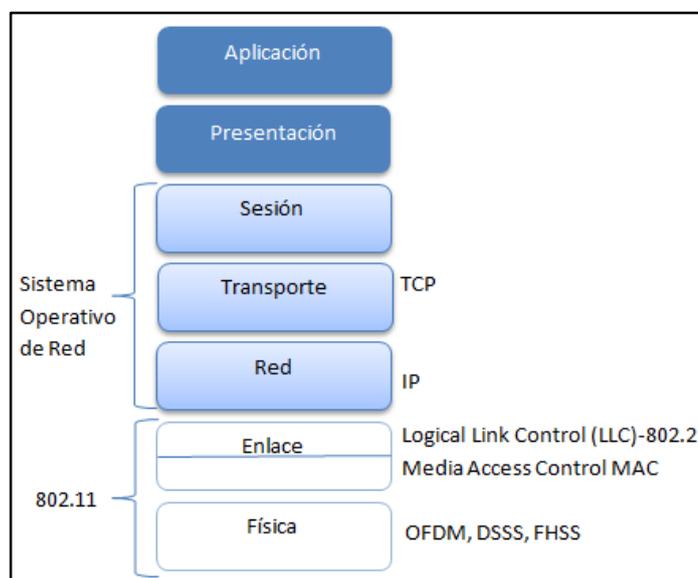


Figura 12 Redes inalámbricas dentro del modelo OSI

Fuente: Elaborado por el Autor

2.6.2. IEEE 802.11

En 1997 se creó el estándar original IEEE 802.11, que define el uso de la capa física y de la capa enlace de datos del modelo OSI, para especificar el funcionamiento de las LAN,

con velocidades de transmisión de hasta 2Mbps, en la frecuencia de 2,4Ghz. En la actualidad este estándar incluye algunas técnicas de modulación. (Tanenbaum, 2003)

En la figura 13 se muestra la Capa Física y Capa Enlace de Datos en el modelo OSI.



Figura 13 Redes Inalámbricas en el modelo OSI

Fuente: Elaborado por El Autor

2.6.3. Capa física

La capa física es la primera gran diferencia entre una LAN y una WLAN, los adaptadores o tarjetas de red funcionan de manera diferente, los unos transmiten los datos por señales eléctricas, en el caso de las LAN cableada, mientras que las WLAN por medio de ondas electromagnéticas que se irradian a través del aire.

La capa física se divide en dos subcapas, la primera llamada Procedimiento de Convergencia de Capa Física (PLCP) que es la encargada de la codificación y modulación, y la segunda conocida como Sistema Dependiente del Medio Físico (PMD) que es la responsable de transmitir la información que recibe de la capa PLCP hacia el medio a través de las antenas. (Cabezas & Gonzàles, Redes Inalámbricas, 2010)

2.6.3.1. Modulación

Se partió de la norma original IEEE 802.11 y se desarrollaron varias reformas donde se contemplaron las técnicas de modulación, las diferentes técnicas de modulación influyen en la transferencia de datos de un punto a otro.

La modulación de los datos es la forma en que estos se acomodan en un medio (en nuestro caso el aire o espectro radioeléctrico) para ser transmitidos. Si codificamos de forma eficiente los datos (es decir, usamos alguna técnica que represente nuestros datos y así nos

ocupe menos ancho de banda), lograremos mejores tasas de transferencia de información, pero también requeriremos hardware más sofisticado. (Stallings, 2004)

Podemos identificar tres técnicas principales de modulación:

- **FHSS. Espectro Ensanchado por Salto de Frecuencia**

En FHSS consiste en transmitir una parte de los datos en una determinada frecuencia durante un intervalo de tiempo, los datos se transmiten saltando de una frecuencia a otra, en un orden determinado según una secuencia pseudoaleatoria almacenada en unas tablas, que han de conocer la estación emisora y el receptor.

Los saltos están programados en determinado tiempo que conoce y sigue el receptor por lo que sólo “ve”, o entiende ese canal de transmisión, pasado este tiempo se cambia la frecuencia de emisión y se sigue transmitiendo a otra frecuencia. *(Garcia Serrano, 2008)*

La tecnología de espectro ensanchada ofrece tres ventajas fundamentales.

- Son altamente resistentes al ruido y a las interferencias.
 - Son difíciles de ser interceptadas una transmisión de este tipo suena como un ruido de corta duración.
 - Pueden compartir una banda de frecuencias con diferentes transmisores convencionales con casi nula interferencias.
- **DSSS. Espectro Esparcido por Secuencia Directa.**

El espectro ensanchado por secuencia directa (DSSS por sus siglas en inglés direct sequence spread spectrum), es uno de los métodos de codificación de canal (previa a la modulación) en espectro ensanchado para transmisión de señales digitales sobre ondas radiofónicas que más se utilizan. Tanto DSSS como FHSS están definidos por la IEEE en el estándar 802.11 para redes de área local inalámbricas WLAN, esta técnica se utilizó entre los años 1999 y 2005.

Los datos son mezclados ordenadamente con ruido, van transmitiéndose primero en una frecuencia A, luego en otra B y en una tercera C. La cantidad de frecuencias utilizadas

y el orden de la mezcla son determinadas por un algoritmo específico. (ComDatosGrupo4, 2014)

Solo los receptores que han recibido antes el código de mezcla con ruido o de expansión de datos pueden deshacer la mezcla y entender los datos. (Serrano & Alberto, 2008)

- **OFDM. Modulación por División de Frecuencias Ortogonales.**

OFDM, algunas veces llamada modulación multitono discreta (DMT) es una técnica de modulación basada en la idea de la multiplexación de división de frecuencia (FDM), se utiliza en radio y TV, se basa en el concepto de enviar múltiples señales simultáneamente pero en diversas frecuencias. (Paredes, 2000)

En OFDM, un sólo transmisor transmite en muchas (decenas a miles) frecuencias ortogonales.

Una señal OFDM es la suma de un número de subportadoras ortogonales, donde cada subportadora se modula independientemente usando QAM (modulación de fase y amplitud) o PSK (modulación de fase). Esta técnica de modulación es la más común a partir del 2005. (Cerbuna, Universidad Zaragoza, Servicio DNS, 2009).

En la figura 14 se muestra las técnicas de modulación FHSS; DSSS y OFDM.

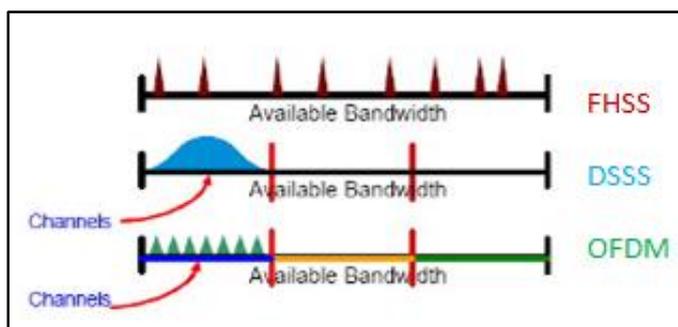


Figura 14 Técnicas de Modulación

Fuente: Tipos de Modulación Inalámbricas. (2009) Recuperado de <http://www.sps.ag/funkstandards-technische-unterschiede/>

- **Técnicas de Modulación Básicas**

Existen dos tipos de modulación: la modulación Análoga, que se realiza a partir de señales analógicas de información, por ejemplo la voz humana, audio y video en su forma eléctrica y la modulación Digital, que se lleva a cabo a partir de generadas por fuentes digitales, por ejemplo una computadora. (Paredes, 2000)

La modulación análoga tiene tres variantes según los parámetros de la portadora y estos son

- AM Amplitud Modulada
- FM Frecuencia Modulada
- PM Modulación de Fase

En la modulación digital también existen variantes según los parámetros de la portadora y estos son:

ASK. Esta modulación consiste en establecer una variación de la amplitud de la frecuencia portadora según los estados significativos de la señal de datos.

FSK. Este tipo de modulación consiste en asignar una frecuencia diferente a cada estado significativo de la señal de datos.

PSK. Consiste en asignar variaciones de fase de una portadora según los estados significativos de la señal de datos

QAM. Modulación de amplitud en cuadratura, es una forma de modulación digital en donde la información digital está contenida, tanto en la amplitud como en la fase de la portadora transmitida.

En la figura 15 se muestra las técnicas de modulación digital ASK, FSK y PSK.

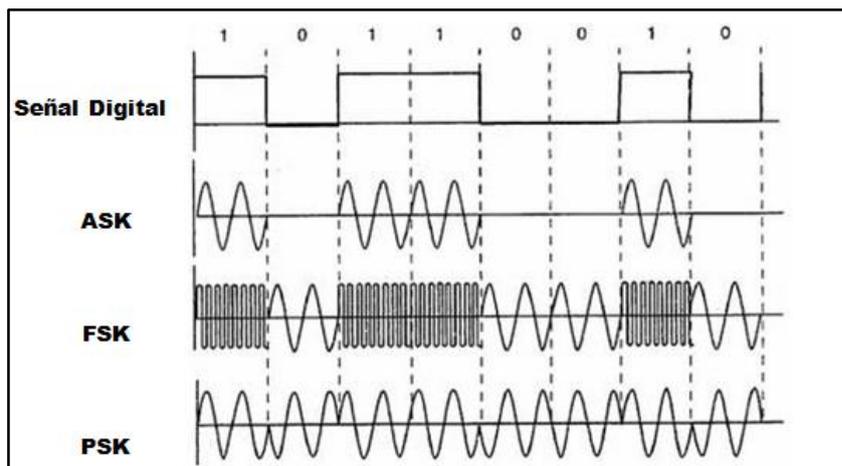


Figura 15 Modulaciones Digitales

Fuente: Tipos de Modulaciones. (2009) Recuperado de http://yshpks-phkaos.mex.tl/1846385_Modulacion-digital.html

2.6.3.2. Frecuencia

Los estándares 802.11b y la 802.11g usan la banda de los 2,4 GHz definida por la UIT⁶. Los límites exactos de esta banda dependen de las regulaciones de cada país, pero el intervalo más comúnmente aceptado es de 2.400 a 2.483,5 MHz. (Serrano & Alberto, 2008)

El estándar 802.11a usa la banda de los 5 GHz UNII⁷ (Unlicensed-National Information Infrastructure) cubriendo 5.15 a 5.35 GHz y 5.725 a 5.825 GHz en EEUU. En otros países la banda permitida varía, aunque la UIT ha instado a todos los países para que vayan autorizando la utilización de todas estas gamas de frecuencias para redes inalámbricas. (Carballar, 2008)

2.6.4. Capa enlace de datos

La capa de enlace de datos es la responsable de intercambio de datos entre un host cualquiera, y la red a la que está conectado. Permitiendo una correcta comunicación entre las capas superiores y el medio físico de transporte de datos.

Estándares de capa de enlace de datos:

- ISO: HDLC

⁶ Unión Internacional de Telecomunicaciones

⁷ Infraestructura de Información sin licencia-Nacional

- IEEE: 802.2 (LLC), 802.3 (Ethernet), 802.5 (Token Ring), 802.11 (Wireless LAN).
- ITU: Q.922 (Frame Relay), Q.921 (ISDN) y HDLC
- ANSI: 3T9.5 y ADCCP

Su principal objetivo es la de proveer una comunicación segura entre dos nodos pertenecientes a una misma red o subred, para ello se encarga de la notificación de errores, de la topología de la red y el control del flujo en la transmisión de las tramas. (ComDatosGrupo4, 2014)

Si ambos nodos pertenecen a la misma red/subred (comunicación punto a punto) esta capa se encarga de que los datos se envíen con seguridad a través del medio físico y sin errores en la transmisión. Por este motivo podemos afirmar que la Capa de Enlace de Datos es la encargada de la transmisión y direccionamiento de datos entre host situados en la misma red/subred, mientras que la capa de Red (INTERNET) es la encargada de la transmisión y direccionamiento de datos entre host situados en redes diferentes. (Garcia Serrano, 2008)

La Capa de Enlace de Datos proporciona sus servicios a la Capa de Red, suministrando un tránsito de datos confiable a través de un enlace físico.

La capa de enlace de datos se ocupa del direccionamiento físico (comparado con el lógico), la topología de red, el acceso a la red, la notificación de errores, formación y entrega ordenada de tramas y control de flujo. Por lo tanto, su principal misión es convertir el medio de transmisión en un medio libre de errores de cualquier tipo. (Stallings, 2004).

En la figura 16 se muestra las Subcapas LLC y MAC de la Capa Enlace de Datos.



Figura 16 Subcapas de la Capa Enlace de Datos

La capa de enlace de datos se divide en dos subcapas:

2.6.4.1. Control de enlace lógico (LLC)

Se trata de la subcapa superior, que define los procesos de software que proporcionan servicios a los protocolos de capa de red.

El LLC coloca en la trama información que identifica qué protocolo de capa de red se utiliza para la trama. Esta información permite que varios protocolos de la capa 3, tales como IPv4 e IPv6, utilicen la misma interfaz y los mismos medios de red. (ComDatosGrupo4, 2014)

2.6.4.2. Control de acceso al medio (MAC)

Se trata de la subcapa inferior, que define los procesos de acceso al medio que realiza el hardware.

Proporciona el direccionamiento de la Capa de Enlace de Datos y la delimitación de los datos de acuerdo con los requisitos de señalización física del medio y con el tipo de protocolo de capa de enlace de datos en uso.

La subcapa MAC presenta cambios sustanciales para adecuarla al medio inalámbrico.

Se añaden funcionalidades específicas para radio como fragmentación, control de error mediante CRC, retransmisiones de tramas y acuse de recibo, que en las redes cableadas son responsabilidad de las capas superiores (CSMA/CA y MACA).

La colocación de tramas de datos en los medios es conocida como control de acceso al medio. Las técnicas de control de acceso al medio definen si los nodos comparten los medios y de qué manera lo hacen.

Hay dos métodos básicos de control de acceso al medio para medios compartidos:

- Controlado (Cada nodo tiene su propio tiempo para utilizar el medio). Ejemplo: Token Ring⁸, FDDI⁹ (Determinista)
- Basado en la contención (Todos los nodos compiten por el uso del medio). Ejemplo: Ethernet e Inalámbricas (No determinista).

El método basado en la contención usa un proceso de acceso múltiple por detección de portadora (CSMA). Ethernet utiliza CSMA/CD (CSMA/Detección de Colisión) que envía los datos y en caso de colisión paran y lo intentan después. Las redes inalámbricas 802.11 utilizan CSMA/CA (CSMA/Prevención de Colisiones) que envían previo a los datos un mensaje sobre su intención de utilizarlo. (Sebastian, Redes Inalambricas En Los Paises En Desarrollo, 2013)

Los campos típicos de encabezado de trama incluyen:

- Campo inicio de trama
- Campos de dirección origen y destino
- Prioridad/calidad del campo de servicio
- Campo tipo (servicio capa superior)
- Campo de control de conexión lógica (para establecer la conexión lógica entre nodos)
- Campo de control de enlace físico (para establecer enlace a los medios)
- Campo de control de flujo
- Campo de control de congestión

En el tráiler de la trama va el FCS¹⁰ que sirve para DETECTAR (no corregir) errores y el campo final de trama. (Serrano & Alberto, 2008)

Los estándares Ethernet (802.2 y 802.3) definen los protocolos de la capa 2 y las tecnologías de la capa 1. MAC - 48 bits (Pellejero, Andreu, & Lesta, 2014), como se muestra en la figura 17

⁸ Token Ring - Arquitectura de red desarrollada por IBM

⁹ FDDI - Fiber Distributed Data Interface - Interfaz de Datos Distribuida por Fibra

¹⁰ FCS - Frame Check Sequence - Secuencia de Verificación de Trama

Preámbulo	Destino	Origen	Tipo	Datos	Secuencia de verificación de trama
8 bytes	6 bytes	6 bytes	2 bytes	46 - 1.500 bytes	4 bytes

Figura 17 Formato de la Trama Ethernet

Fuente: Formato de la Trama Ethernet. (2011) Recuperado de http://redesdecomputadores.umh.es/enlace/ethernet/Formato_Trama_ethernet.html

El protocolo punto a punto (PPP) es utilizado para entregar tramas entre dos nodos. Se utiliza en enlaces WAN sobre diversos medios físicos (Cable par trenzado, líneas de fibra óptica o transmisión satélite). PPP permite que dos nodos negocien opciones como autenticación, compresión y multienlace (Uso de varias conexiones físicas). (ComDatosGrupo4, 2014),

En la figura 18 se muestra los campos de la trama PPP.

Señalizador	Destino	Control	Protocolo	Datos	FCS
1 byte	1 byte	1 byte	2 bytes	variable	2 o 4 bytes

Figura 18 Formato de la Trama PPP

Fuente: Capa Enlace. (2012) Recuperado de <http://es.slideshare.net/BrujaLoca/cap-3-capaenlace>

- Señalizador: Indica comienzo y finalización de una trama
- Destino: Dirección de broadcast PPP. PPP no asigna direcciones individuales.
- Control: 0000 0011.
- Protocolo: Identifica el protocolo encapsulado en el campo de datos de la trama.
- FCS: Detección de errores. Pueden utilizarse 2 o 4 bytes.

En la figura 19 se muestra el formato de la trama IEEE 802.11, con sus diferentes campos y bits de la trama adicionalmente se muestra los campos de la cabecera de la trama, con los bits de la trama de control.

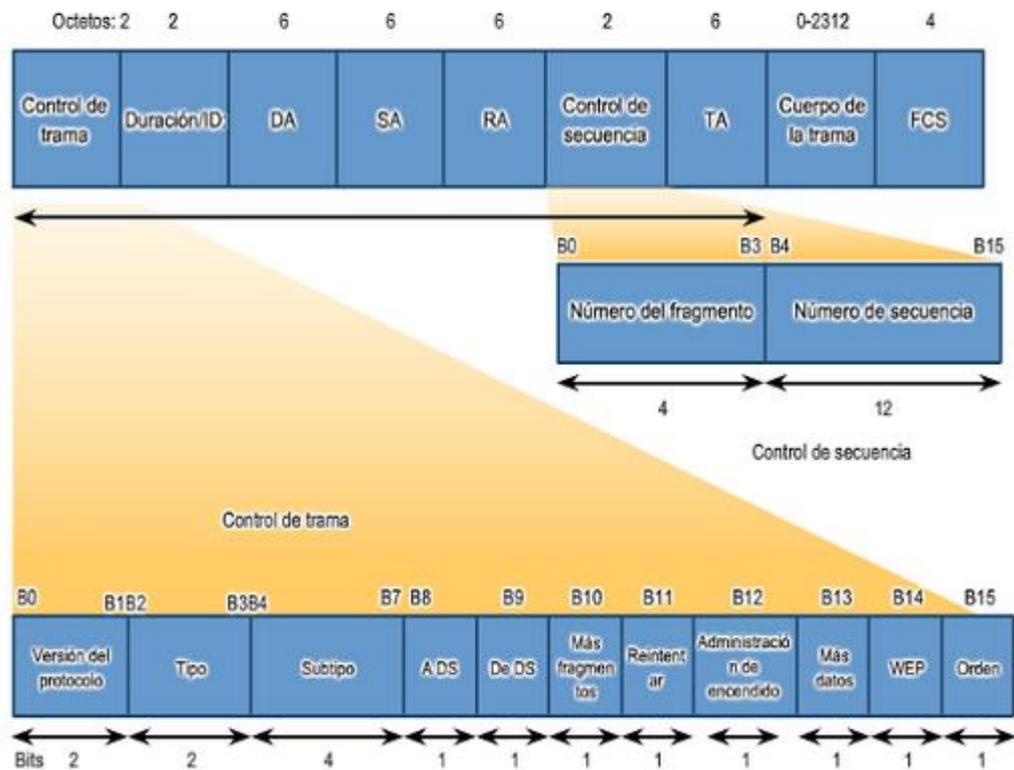


Figura 19 Formato de la Trama IEEE 802.11

Fuente: Capa Enlace. (2013) Recuperado de <http://pantheonet.blogspot.com/2012/01/tema-7-capa-enlace-de-datos.html>

Protocolo Inalámbrico LAN: 802.11 es una extensión del 802. Utiliza el mismo 802.2 LLC pero diferente subcapa MAC y capa física. Las redes 802.11 usan acuse de recibo de enlace de datos para confirmar que una trama se recibió con éxito, sino se recibe se retransmite de nuevo la trama. Servicios admitidos por la 802.11 son autenticación, asociación (conectividad a un dispositivo inalámbrico) y privacidad (encriptación). (Cerbuna, Universidad Zaragoza, Servicio DNS, 2007)

En la tabla 4 se muestra los campos del formato de la Trama IEEE 802.11.

Tabla 4

Contenido del Formato de la Trama 802.11

Control de Trama	Campo de versión del protocolo	versión 802,11
Campos y Subtipo	Tipo	identifica una de las tres funciones y subfunciones de la trama: Control, Datos y Administración
Campo ADS		Establecido en 1 en las tramas de datos destinadas al sistema de distribución
Campo desde DS		Establecido en 1 en las tramas de datos que salen del sistema de distribución
Campo fragmentos	más	1 en tramas con más fragmentos
Campo reintentar		1 si es una trama retransmitida anteriormente
Campo administración de energía		1 nodo en modo ahorro de energía
Campo Mas datos		establecido en 1 para indicar a un nodo en el modo ahorro de energía que más tramas se guardan en la memoria del búfer de ese nodo
Campo equivalente cable(WEP)	Privacidad por	establecido en 1 si la trama contiene información encriptada WEP por seguridad
Campo Orden		establecido en 1 en una trama de tipo datos que utiliza la clase de servicio, estrictamente ordenada, no requiere reordenamiento
Campo Duración/ID		tiempo, en microsegundos, requerido para transmitir la trama o una identidad de asociación (AID) para la estación que transmitió la trama
Campo Dirección de Destino(DA)		la dirección MAC del nodo de destino final de la red
Campo Dirección de Origen (SA)		la dirección MAC del nodo que inicio la trama
Campo Dirección de Receptor (RA)		MAC del dispositivo inalámbrico que es el receptor inmediato de la trama
Control de Secuencia		Campo Numero de Fragmentos Campo Numero de secuencia (número de secuencia asignado a la trama)
Campo Dirección del Transmisor(TA)		MAC del dispositivo inalámbrico que transmitió la trama
Campo Cuerpo de Trama		Datos
Campo FCS		

Fuente: Trama 802.11. "ESTRUCTURA DE LA TRAMA 802.11 INALÁMBRICA" Obtenido de: <https://redesysd.wordpress.com/2014/03/20/formato-trama-estandar-ieee-802-11/>

- **Protocolo De Acceso Al Medio CSMA/CA**

Gralla (2009) explica lo que viene a ser el protocolo CSMA/CA, permitiendo que las estaciones escuchen al medio antes de transmitir, si el medio está ocupado, esperan un tiempo randómico y lo intentan de nuevo. Si nadie está transmitiendo envían un mensaje corto llamado RTS (Request to Send). Este mensaje contiene la dirección de destino y la duración de la transmisión. El RTS realiza una petición al destino para que reserve por el

tiempo que requiera para enviar los datos. El destino, usualmente un equipo denominado Access Point, el cual responde con un CTS (Clear to Send) que es la confirmación de la reserva, este CTS es escuchado por todas las estaciones. (p. 236)

Con el uso de los mensajes CTS y RTS se resuelven algunos problemas de nodo oculto y nodo expuesto como se muestra en la figura 20.

Nodos ocultos. Se dice cuando una estación cree que el canal está libre, pero en realidad está ocupado por otro nodo que no escucha.

Nodos expuestos. Se denomina cuando una estación cree que el canal está ocupado, pero en realidad está libre pues el nodo al que escucha no le interferiría para transmitir a otro destino.

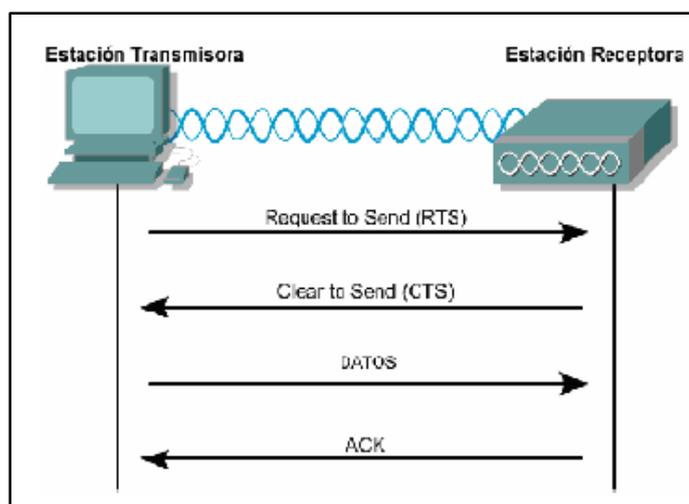


Figura 20 Protocolo de Acceso al Medio CSMA/CA

Fuente: Protocolo de Acceso al Medio. (2012) Recuperado de <https://www.emaze.com/@ALIZCTZO/AS-Media-Q1-copy1>

- **DCF CSMA/CA (Función de Coordinación Distribuida CSMA/CA)**

Es un protocolo de acceso múltiple basado en CSMA/CA (Acceso Múltiple por Detección de Portadora / Prevención de Colisiones). Se basa en los mismos principios que IEEE802.3 CSMA/CD pero adaptados al medio inalámbrico. Intenta resolver problemas como la movilidad de las estaciones, la variación de la calidad del enlace inalámbrico y la aparición de nodos ocultos. (Carballar, 2008)

Para el control de acceso al medio, emplea un mecanismo basado en prioridades llamado IFS¹¹ (Inter Frame Spacing). Consiste en una serie de pausas en las que las estaciones no envían y sólo escuchan el medio. Después de que termine una transmisión, una estación puede acceder al medio tras esperar un periodo de tiempo que depende del tipo de trama esperando a ser enviado. (Salvetti, 2011), como se muestra en la figura 21.

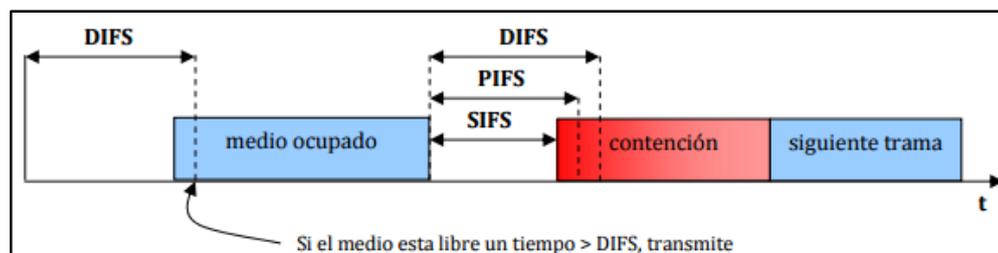


Figura 21 Inter Frame Spacing

Fuente: IEEE 802.11e. (2014) Recuperado de https://investigacion.uclm.es/documentos/it_1135769841-Articulo_jose_villalon.pdf

En la tabla 5 se muestra cuatro tipos distintos de tiempo de espera, con cuatro niveles de prioridad, dentro de la Función de Coordinación Distribuida DCF.

Tabla 5

Tipos de Tiempo de Espera

SIFS (Short IFS)	Máxima prioridad reservado para ACKs.
PIFS (PCF IFS)	Prioridad media, reservado para servicios que emplean el modo consulta de PCF.
DIFS (Function de Coordination Distribuida IFS)	Prioridad baja, para servicios de datos asíncronos.
EIFS (Extended IFS)	IFS de duración larga, empleada cuando una estación no ha sido capaz de entender el campo de duración de la trama. Esto evita que la estación no detecte la siguiente trama.

Fuente: Medina Quishpe. "ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD Y SERVICIO (QoS) DE LAS TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS Wi-Fi Y WIMAX SU OPERACIÓN Y SU CONSIDERACIÓN EN EL DISEÑO DE LA RED DE VOZ Y DATOS PARA EL TELEFÉRICO CRUZ LOMA, Quito - Ecuador". Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/56/1/CD-0025.pdf>

¹¹ IFS - Inter Frame Spacing - Espacios Inter Trama

- **PCF (Función de Coordinación Puntual)**

Protocolo de acceso para redes 802.11 operando en modo infraestructura. Permite garantizar la provisión de servicios sin contención, mediante un control de acceso centralizado, en el que se definen dos periodos, uno libre de contenciones (CFP) y uno sujeto a contención (CP) que se alternan con el tiempo. (Cabezas & Gonzales, Redes Inalambricas, 2010)

En el modo PCF las estaciones accesan el medio inalámbrico coordinadas por un Punto de Coordinación (Point Coordinator: PC) que encuesta a los nodos si desean o no transmitir. El modo PCF tiene prioridad más alta que DCF, ya que puede comenzar a transmitir después de un tiempo más corto que DIFS; este tiempo es llamado Espacio Inter-Tramas de la Función de Coordinación Puntual (PCF Inter-Frame Space: PIFS).

En la figura 22 se muestra los mecanismos de transmisión basado en PCF.

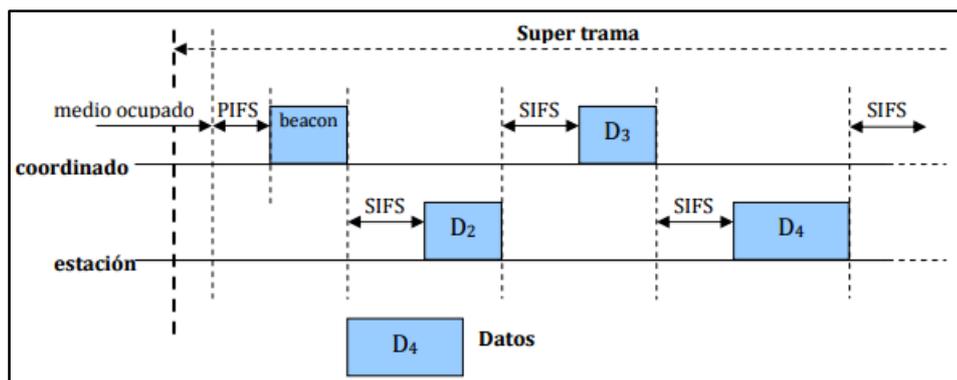


Figura 22 Mecanismo PCF

Fuente: IEEE 802.11e. (2014) Recuperado de https://investigacion.uclm.es/documentos/it_1135769841-Articulo_jose_villalon.pdf

2.7. ESTÁNDAR IEEE 802.11AC

El estándar 802.11ac representa la quinta generación de estándares IEEE 802.11 para redes LAN inalámbricas, y ofrece una conexión con velocidad de transferencia de datos de al menos tres veces la velocidad del estándar 802.11n. (Cisco Solutions, 2014)

La quinta generación de redes inalámbricas ya ha sido estandarizada, este es el primer estándar que proporciona velocidades gigabit permitiendo alcanzar un mayor rendimiento y capacidad, es decir que los usuarios disfrutarán de una conexión más rápida con sus dispositivos móviles 802.11ac.

MU-MIMO

Con 802.11n, un dispositivo puede transmitir múltiples flujos espaciales a la vez, pero sólo dirigida a una sola dirección. Para dirigida individualmente marcos, esto significa que sólo un único dispositivo (o usuario) obtiene los datos a la vez. Llamamos a este solo usuario MIMO (SU-MIMO). Con el advenimiento de 802.11ac, una nueva tecnología se define, denominado MIMO multiusuario (MU-MIMO). Aquí un AP es capaz de utilizar sus recursos de antena para transmitir múltiples tramas para diferentes clientes, todo al mismo tiempo y en el mismo espectro de frecuencia. Si 802.11n es como un cubo, 802.11ac puede ser pensado como un conmutador inalámbrico (en el enlace descendente).

DIFERENCIAS TÉCNICAS RESPECTO A IEEE 802.11n

La capa física 802.11ac es una extensión del estándar 802.11n existente y mantiene la compatibilidad con él. La velocidad máxima teórica de transferencia de datos de 802.11n es de 600 Mb/s utilizando un ancho de banda de 40 MHz con 4 flujos espaciales, aunque la mayoría de los dispositivos comerciales sólo admite 2 flujos. Por lo que respecta a 802.11ac, la velocidad máxima teórica de transferencia de datos es de 1,56 Gb/s empleando un ancho de banda de 160 MHz, 8 flujos espaciales, con modulación 256QAM y un intervalo de guarda corto. En el caso de los dispositivos comerciales, resultaría más práctico que la velocidad máxima de transferencia de datos fuera de 1,56 Gb/s, lo cual requeriría un canal de 80 MHz con 4 flujos espaciales. Si bien los modos de 160 MHz y 80+80 MHz se incluyen como características opcionales en el estándar 802.11ac, es probable que los primeros dispositivos tengan un ancho de banda máximo de 80 MHz y no más de los 4 flujos espaciales máximos especificados en 802.11n.

Para los canales de 20 y 40 MHz, tanto el número de subportadoras y pilotos como sus posiciones son iguales que en 802.11n. En 802.11ac se definen nuevos valores para canales de 80 MHz, y un canal de 160 u 80+80 MHz se define de la misma forma que dos canales de 80 MHz.

ESTRUCTURA DE TRAMAS

En la estructura de tramas, los campos de preámbulo y aprendizaje permiten al receptor detectar automáticamente el estándar de la capa física que se está utilizando. En la Figura 23 se muestran las tramas de preámbulo de 802.11n y 802.11ac. Los 4 primeros campos

de ambos preámbulos están concebidos para su recepción en estaciones no HT y no VHT con el fin de que admitan estándares anteriores. Los campos de aprendizaje corto y largo (L-STF y L-LTF) iniciales y el campo de señal (L-SIG), todos ellos legados, son similares a esos mismos campos de 802.11a/b/g, mientras que la diferencia en el 4º campo (símbolos 6 y 7) identifica la trama como 802.11n u 802.11ac.

Examinando el preámbulo VHT con más detalle, para los canales con un ancho superior a 20 MHz, los campos legados se duplican en cada subbanda de 20 MHz con la correspondiente rotación de fase. Las subportadoras rotan 90 o 180 grados en determinadas subbandas a fin de reducir la relación de potencia media a pico (PAPR). Para señalar una transmisión VHT y habilitar la autodetección, el primer símbolo de VHT-SIG-A es BPSK, mientras que el segundo símbolo es BPSK con rotación de 90 grados (QBPSK). En esto se diferencia de HT-SIG para 802.11n, donde ambos símbolos utilizan modulación QBPSK. El campo VHT-SIG-A contiene la información necesaria para interpretar paquetes VHT: ancho de banda, número de flujos, intervalo de guarda, codificación, MCS y modelado de canales.

Los restantes campos del preámbulo están destinados únicamente a dispositivos VHT. El VHT-STF se utiliza para mejorar la estimación automática de control de ganancia en transmisión de múltiples entradas y salidas (MIMO). A continuación se encuentran las largas secuencias de aprendizaje que permiten al receptor calcular el canal MIMO entre las antenas de transmisión y recepción. Puede haber 1, 2, 4, 6 u 8 VHT-LTF, según el número total de flujos espacio-temporales. La matriz de mapeo para 1, 2 o 4 VHT-LTF es igual que en 802.11n, a lo que se han añadido otras nuevas para 6 u 8 VHT-LTF. El campo VHT-SIG-B describe la longitud de los datos y el sistema de modulación y codificación (MCS) para los modos de uno o de múltiples usuarios.

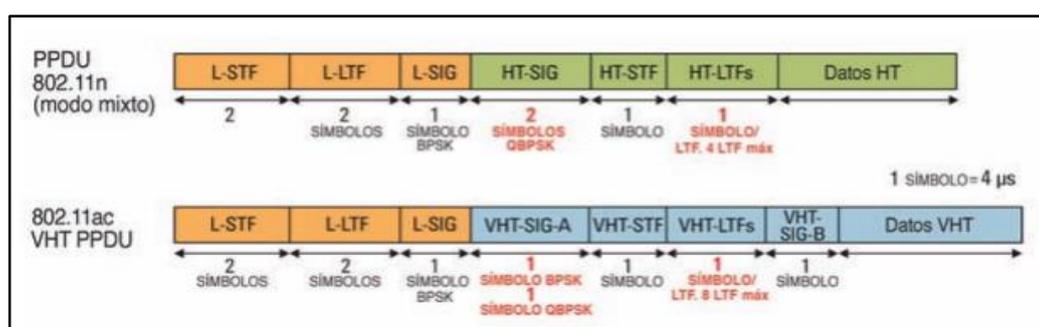


Figura 23 Estructura de la trama IEEE 802.11n y 802.11ac

2.8. SEGURIDAD EN LA WLAN

La seguridad en este tipo de redes se va a dividir en dos, lo que se refiere a la red de los usuarios y la segunda se refiere a la seguridad del WISP.

2.8.1. Mecanismos de seguridad en redes WLAN

El primer paso para asegurar una red WLAN, es conocer cuáles son los ataques que este tipo de redes pueden sufrir. Éstos pueden ser divididos en dos grandes grupos:

- *Ataques Pasivos. El principal objetivo del atacante es obtener información. Estos ataques suponen un primer paso para ataques posteriores. Algunos ejemplos de este tipo de ataques serían el espionaje, escuchas y los ataques para el descubrimiento de contraseñas. (Sebastian, Redes Inalámbricas en los Países en Desarrollo, 2013)*
- *Ataques Activos. Estos ataques implican la modificación en el flujo de datos o la creación de falsos flujos en la transmisión de datos. Pueden tener dos objetivos diferentes: pretender ser alguien que en realidad no se es o colapsar los servicios que puede prestar la red. (blog especializado en wifi – wifi mesh, 2012)*

No obstante, al igual que son numerosos los ataques a redes WLAN existentes, también lo son los mecanismos de seguridad que se pueden aplicar para proteger los mismos.

Se debe optar por aquel que presente el nivel de seguridad requerida, el tipo de servicio deseado y el coste de gestión y mantenimiento.

El segundo paso es el conocimiento de los mecanismos de seguridad aplicables en redes WLAN:

- WEP (Wired Equivalent Privacy)

Fue el primer mecanismo de seguridad que se implementó bajo el estándar de redes inalámbricas IEEE 802.11 para cifrar los datos que se transfieren a través de una red inalámbrica. Es un mecanismo de seguridad básico del que han sido demostradas numerosas vulnerabilidades. (Stallings, 2004)

- WPA (Wi-Fi Protected Access)

Estándar desarrollado por la Wi-Fi Alliance, basado en un borrador del estándar IEEE 802.11i, para mejorar el nivel de cifrado existente en WEP e incorporar además un método de autenticación. (*García Serrano, 2008*)

- IEEE 802.11i

Estándar que define el cifrado y la autenticación para complementar, completar y mejorar la seguridad en redes WLAN proporcionada por WEP.

- WPA2 (Wi-Fi Protected Access v2)

García Serrano (2008), explica el funcionamiento de mecanismos de seguridad básicos que se basa en el cifrado de la información de usuario en el interfaz aire (entre el terminal de usuario y el punto de acceso WLAN). Además, todos excepto WEP, implican autenticación de usuario. En el caso del mecanismo WEP la única autenticación que se realiza es la autenticación de terminal, pero no contempla ningún otro modo de autenticación de usuarios ni de punto de acceso. Adicionalmente, es posible emplear en redes WLAN soluciones de seguridad ya empleadas en otros tipos de redes (cableada o inalámbrica). (p. 342)

Los protocolos SSL, HTTPS y SSH, no obstante, sólo permiten asegurar el tráfico generado por cierto tipo de aplicaciones.

En el caso de SSH, este protocolo del nivel de aplicación emplea técnicas de cifrado para permitir el acceso a máquinas remotas, la copia y el paso de datos de forma segura a través de un canal SSH, así como la gestión de claves RSA (Rivest, Shamir y Adelman). (Cabezas & Gonzales, Redes Inalambricas, 2010)

2.8.2. Seguridad a nivel de WISP

Los administradores de red tienen que incrementar todo lo concerniente a la seguridad de sus sistemas, debido a que se expone la organización privada de sus datos así como la infraestructura de su red a los Expertos de INTERNET (INTERNET Crakers). (García Serrano, 2008)

Para superar estos temores y proveer el nivel de protección requerida, la organización necesita seguir una política de seguridad para prevenir el acceso no-autorizado de

usuarios a los recursos propios de la red privada, y protegerse contra la exportación privada de información. (Pellejero, Andreu, & Lesta, 2014)

Aun si una empresa no está conectada a INTERNET, esta deberá establecer políticas de seguridad interna para administrar el acceso de usuarios a segmentos de red y proteger sensitivamente la información secreta.

El firewall determina cuál de los servicios de red pueden ser accesados dentro de esta por los que están fuera, es decir quién puede entrar para utilizar los recursos de red pertenecientes a la organización.

Para que un firewall sea efectivo, todo tráfico proveniente del INTERNET deberá pasar a través del mismo donde podrá ser inspeccionada la información, el firewall podrá únicamente autorizar el paso del tráfico, o denegar el mismo.

Un Firewall en INTERNET es un sistema o grupo de sistemas que impone una política de seguridad entre la organización de red privada y el INTERNET.

Adicionalmente a este tipo de seguridad podemos mencionar las VLAN (Lan Virtual) y ACL (Lista de Control de Acceso).

2.8.2.1 Tipos de Firewalls

Firewall de capa de red. Permite un control de acceso básico y poco flexible.

Firewall de capa de aplicación. Trabaja en el nivel de aplicación. Analizando todo el tráfico de HTTP, (u otro protocolo), En la tabla 6 se presenta las ventajas y desventajas de un firewall

Tabla 6

Ventajas y Desventajas de un Firewall

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Protección de información privada: Define que usuarios de la red y que información va a obtener cada uno de ellos.	No protege de ataques que no pasen a través del firewall.
Protección de intrusos: Protege de intrusos externos restringiendo los accesos a la red.	No protege amenazas y ataques de usuarios negligentes.
	No protege de la copia de datos importantes si se ha obtenido acceso a ellos.
	No protege de ataques de ingeniería social ataques mediante medios legítimos.

Fuente: Redes Inalámbricas. "SEGURIDAD EN REDES INALÁMBRICAS" Obtenido de <http://es.ccm.net/contents/590-firewall>

2.8.2.1.1. Firewall a nivel de Software

Estos programas son los más comunes en los hogares, ya que resultan más económicos que el hardware, su instalación y actualización es más sencilla.

Presentan algunos problemas inherentes a su condición: consumen recursos del ordenador, algunas veces no se ejecutan correctamente o pueden ocasionar errores de compatibilidad con otro software instalado.

2.8.2.1.2. Firewall a nivel de Hardware

Los firewall de hardware se utilizan más en empresas y grandes corporaciones. Normalmente son dispositivos que se colocan entre el router y la conexión telefónica.

Como ventajas, podemos destacar, que al ser independientes del PC, no es necesario configurarlos cada vez que reinstalamos el sistema operativo, y no consumen recursos del sistema.

2.8.2.2 VLAN

Una VLAN, es un método para crear redes lógicas independientes dentro de una misma red física, como se muestra en la figura 24. Varias VLAN pueden coexistir en un único conmutador físico o en una única red física.

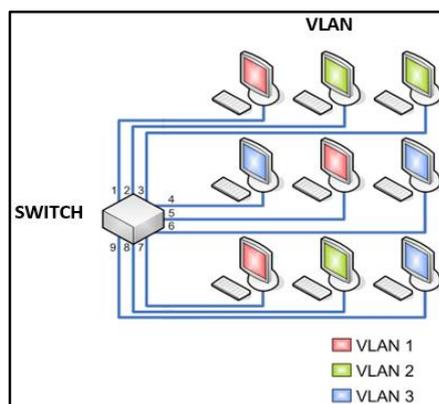


Figura 24 Red VLAN

Fuente: Que es una VLAN. (2013) Recuperado de <http://redesconfiguracion.blogspot.com/2015/07/que-es-una-vlan-y-su-funcion.html>

En la tabla 7 se presenta los tipos de VLAN, con una breve explicación de lo que es VLAN estática y VLAN dinámica.

Tabla 7

Tipos de VLAN

TIPOS DE VLAN	
VLAN Estática	Las VLAN estáticas son el modo más usual para crear redes de área local virtuales, y estas son también las más seguras. Los puertos del switch que son asignados a cierta VLAN, mantienen su configuración hasta que el administrador modifica manualmente la asignación.
VLAN Dinámica	En una VLAN dinámica la asignación de puertos o membresías VLAN se realiza de manera automática. Con el uso de software inteligente de administración de redes puede condicionar la asignación VLAN en base a direcciones de hardware, protocolo (IP, IPX), o aplicación.

Fuente: VLAN. "SEGURIDAD EN REDES INALÁMBRICAS". Obtenido de http://www.cisco.com/cisco/web/support/LA/7/75/75923_lan_virtuales.pdf

2.82.3. Lista de Control de Acceso ACL

Una ACL es una lista secuencial de sentencias que permite o deniega el tráfico entrante o saliente de una red para determinadas redes o protocolos. Estas filtran el tráfico comparando estas sentencias con los encabezados de los paquetes IP de origen y destino. (Cabezas & Gonzàles, Redes Inalámbricas, 2010).

En la tabla 8 se presenta los beneficios de las Listas de Control de Acceso ACL.

Tabla 8

Listas de Control de Acceso ACL

Beneficios de una ACL	
Incrementa el rendimiento de red	Al bloquear la entrada de cierto tráfico hacia un router, evitamos que estos paquetes deban ser procesados por él.
Controla el flujo de tráfico	Se ahorra ancho de banda bloqueando, por ejemplo, actualizaciones que no se necesiten.
Cierta seguridad en la red	Podemos restringir el acceso a alguna parte de la red solo a ciertos usuarios.
Filtrado del tráfico	Podemos filtrar el tráfico en función de qué tipo sea.
Filtrado de servicios	Igualmente, podemos filtrar el acceso a ciertos servicios para determinados usuarios.

Fuente: ACL. "SEGURIDAD EN REDES INALÁMBRICAS" Recuperado de <http://www.dituyi.net/listas-de-control-de-acceso-acls/>

2.9. CALIDAD DE SERVICIO EN REDES WLAN

Las redes inalámbricas en sus diferentes variantes están tomando más auge en la vida de los usuarios, a medida que aumenta el interés por la conectividad inalámbrica, crece la necesidad de soportar en entornos inalámbricos las mismas aplicaciones que corren en medios cableados.

El entorno inalámbrico es muy hostil para medidas de Calidad de Servicio debido a su variabilidad con el tiempo, ya que puede mostrar una calidad nula en un cierto instante

de tiempo. Esto implica que satisfacer la QoS resulta imposible para el 100% de los casos, lo que representa un serio desafío para la implementación de restricciones de máximo retardo y máxima varianza en el retardo (jitter) en sistemas inalámbricos.

2.9.1. QoS en redes WI-FI

Las redes Wi-Fi, al ser redes inalámbricas de canal compartido entre todos los clientes de una celda, implementan controles de acceso al medio, necesarios para evitar colisiones e interferencias en caso de que más de un usuario emita al mismo tiempo. Estos mecanismos son el CSMA/CA y el RTS/CTS que se engloban dentro de lo que se denomina Función de Coordinación Distribuida (DCF por sus siglas en inglés Distributed Coordination Function). (Pellejero, Andreu, & Lesta, 2014)

Sin embargo este sistema de control de acceso al medio no previene que un cliente pueda monopolizar el medio en mayor medida que el resto, afectando al servicio en la celda e imposibilitando su utilización con algunas aplicaciones sensibles al retardo y el jitter.

2.9.1.1. Lo básico de QoS

La implementación de calidad de servicio se basa en una serie de operaciones: clasificación del tráfico, marcación del tráfico y aplicación de políticas.

El marcado del tráfico es una fase clave de la implementación de QoS ya que es la que permite a los dispositivos reconocer los diferentes tipos de tráfico para luego aplicarle políticas y la marcación se realiza aprovechando algún campo destinado a este propósito en los encabezados de capa 2 o capa 3 de la trama. (Carballar, 2008)

El principio es fundamental la marcación en capa 3 ya que en una comunicación es el único encabezado que permanece constante de extremo a extremo. Con este propósito se utiliza el campo ToS¹² (Type of Service) del encabezado IP dando lugar a 2 modelos de marcación conocidos como IP precedence¹³ y DSCP¹⁴. (Pellejero, Andreu, & Lesta, 2014)

¹² ToS – Type of Service - Tipo de Servicio

¹³ Ip Precedence - Precedencia Ip

¹⁴ DSCP - Differentiated Services Code Point - Punto de Código de Servicios Diferenciados

Sin embargo, para poder implementar calidad de servicio en dispositivos de capa 2 (propriadamente denominada clase de servicio (CoS)), se requiere algún procedimiento que permita marcar tráfico utilizando el encabezado de la trama.

El tráfico Ethernet no puede ser clasificado, ya que el encabezado Ethernet carece de un campo que pueda destinarse a este propósito. Pero en redes switcheadas, puede apelarse a la utilización de 3 bits en encabezado IEEE 802.1Q utilizado para la identificación de VLANs en los enlaces troncales para la marcación de tráfico. Este procedimiento también suele ser denominado IEEE 802.1p en referencia al estándar desarrollado con este propósito. (Serrano & Alberto, 2008)

Las redes Wi-Fi son redes capa 2. En su definición original (IEEE 802.11) son redes tipo best-effort¹⁵, es decir no ofrecen servicios diferenciales para distinto tipo de tráfico.

2.9.1.2. QoS en redes IEEE 802.11

Las redes Wi-Fi implementan CSMA/CA como protocolo de acceso al medio que permite a los dispositivos competir por un acceso al medio de manera libre de colisiones, pero sin prioridades.

Los dispositivos wireless "escuchan antes de enviar", y si el medio está libre transmiten. Este mecanismo da a todos los dispositivos la misma posibilidad de transmitir, pero cuando la red está congestionada, la performance de todos los dispositivos y todas las aplicaciones se ve afectada.

Para poder establecer diferentes tipos de tráfico en el medio inalámbrico la IEEE desarrolló el estándar IEEE 802.11e que define la posibilidad de trabajar con hasta 8 clases de servicio diferentes (igual que IEEE 802.1p).

Para acelerar la adopción de tecnologías de calidad de servicio en redes Wi-Fi y mientras se aprobaba el estándar, la Alianza Wi-Fi desarrolló Wi-Fi MultiMedia (WMM).

¹⁵ Best Effort - Mecanismo de mejor esfuerzo o entrega de mejor esfuerzo, ejemplo el INTERNET

2.9.1.3. HCF Controlled Channel Access (HCCA)

Se puede entender el HCCA como una variación más elaborada del PCF¹⁶. Un punto de acceso que cumpla con HCCA, enviará una trama a cada uno de los clientes de forma secuencial, interrogándolos con el objeto de saber si disponen de tráfico para enviar, al igual que en el protocolo PCF. (Ariganello & Barrientos, 2010)

La diferencia consiste en que ante esta trama los clientes no responderán con un mensaje indicando que no disponen de tráfico para transmitir, o transmitiéndolo en caso contrario, si no que informarán al punto de acceso de si disponen de tráfico, y que tipo de tráfico, es decir, cuanto tráfico en cada una de las categorías previstas por la norma 802.11e tienen esperando para ser enviado. (Carballar, 2008)

Con la aplicación de QoS a nivel de capa 2 por medio de 802.11e es posible que los Puntos de Acceso tengan la capacidad de tratar con prioridad a cierto tipo de tráfico de manera que los recursos compartidos de la WLAN se distribuyan entre diferentes aplicaciones lo que no ocurre normalmente con la operación de DCF y PCF ya que todos los dispositivos tienen igual oportunidad de transmitir resultando inadecuado para la VoIP, video streaming y otras aplicaciones sensibles.

2.9.1.4. EDCA (Enhanced Distributed Channel Access)

El método de acceso al medio EDCA, pretende mejorar el funcionamiento de DCF, tratando de forma preferencial a las aplicaciones con restricciones en el tiempo. Para realizar esta diferenciación, EDCA introduce dos métodos:

El primero de ellos es asignar distintos IFS a cada categoría de acceso. Para ello, el estándar introduce un nuevo tiempo de espera llamado AIFS (Arbitration InterFrame Space). El valor de AIFS es $AIFS[AC] = AIFSN[AC] \times aSlotTime + SIFS$, donde AIFSN (Arbitration InterFrame Space Number), es utilizado para la diferenciación entre las distintas AC.

El segundo método utilizado es asignar distintos tamaños de ventana CW para cada AC. Con este segundo método, el estándar pretende asignar menores tiempos de espera a

¹⁶ PCF - Point Coordination Function - Función de Coordinación Puntual

las estaciones más prioritarias cuando estas tengan que efectuar el mecanismo de Backoff. Estos tamaños se obtendrán mediante la asignación de distintos tamaños límite de ventana CWmin y CWmax. Otro factor utilizado para la distinción en EDCA, es la duración del TXOP (TXOPLimit). Este parámetro limita el tiempo en el que una estación tiene los derechos para transmitir, sin que el resto de estaciones le disputen el canal.

La figura 25 muestra el funcionamiento de este mecanismo distribuido. Si nos fijamos en ella, podemos observar como dos o más AC dentro de una misma QSTA pueden poner a 0 su contador de Backoff en el mismo instante. Si esto ocurre, ambos flujos intentarán mandar los datos produciéndose una colisión, que en el estándar han denominado colisión interna. Siempre que esto se produzca, la capa MAC ofrecerá la oportunidad de transmisión al flujo más prioritario, tratando el de menor prioridad igual que si se hubiera producido una colisión real.

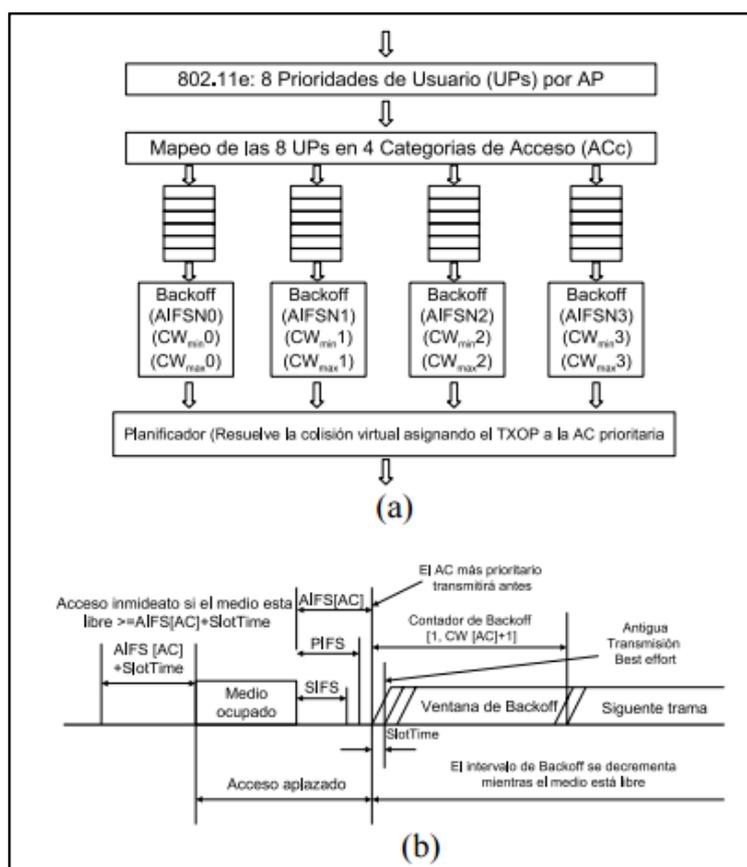


Figura 25 EDCA. (a) ACs en EDCA. (b) AIFS EDCA

2.9.1.5. WMM

Es una extensión de los mecanismos originales de Wi-Fi basados en CSMA-CA.

Introduce la priorización de tráfico basándose en la definición de 4 categorías de acceso: platino, oro, plata y bronce. Cuanta más alta es la prioridad, mayor es la probabilidad de que el tráfico sea transmitido en primer lugar. De esta manera el tráfico de clase platino será enviado antes que el oro, el plata o el bronce. (Gralla, 2009)

Estas cuatro categorías pueden mapearse a la marcación que se realiza utilizando DSCP u 802.1p para facilitar la interoperabilidad de los mecanismos de calidad de servicio implementados en la red.

Tabla 9

Categoría de Acceso WMM

Tipo de Tráfico	Categoría	Nivel de Prioridad 802.11e
Voz	Platino	6 o 7
Video	Oro	4 o 5
Background¹⁷	Plata	1 o 2
Best Effort	Bronce	0 o 3

Fuente: WMM. "REDES INALÁMBRICAS" Obtenido de [https://technet.microsoft.com/es-es/library/jj159288\(v=ws.11\).aspx](https://technet.microsoft.com/es-es/library/jj159288(v=ws.11).aspx)

En la tabla 9 se observa las prioridades de las 4 colas de transmisión independientes que genera WMM, con los ocho valores de niveles de prioridad que define IEEE 802.11e.

Es el valor de prioridad que recibe todo el tráfico en sistemas que no aplican QoS.

La mayor parte de los dispositivos wireless de primera marca disponibles en el mercado actualmente implementan WMM, y por lo tanto permiten implementar calidad de servicio en la red inalámbrica. (Pellejero, Andreu, & Lesta, 2014).

¹⁷ Background - Ejecutar comandos en segundo plano

En la figura 26 se muestra el formato de la trama IEEE 802.11e

Octetos									
2	2	6	6	6	2	6	2	0-2312	4
Frame Control	Duration/ID	Address1	Address2	Address3	Sequence Control	Address4	QoS Control	Frame Body	FCS

Figura 26 Formato Trama IEEE 802.11e

Fuente: Formato Trama IEEE 802.11e. (2011) Recuperado de http://www.cisco.com/cisco/web/support/LA/7/73/73469_dscpvalues.html

2.9.1.6. Diffserv

Los Servicios Diferenciados (DiffServ o DS) especificado en el RFC 2475 proporcionan un método que intenta garantizar la calidad de servicio en redes de gran tamaño, como puede ser INTERNET.

Para proporcionar esta calidad de servicio, se clasifican los paquetes IP en diferentes clases en función de diferentes términos de QoS que tendrán especial relevancia para la conexión.

DiffServ, se dirige a la clara necesidad de métodos relativamente simples de la categorización de tráfico en diferentes clases, también llamados Clase de servicio (CoS¹⁸), y aplica los parámetros de QoS a esas clases.

Para lograr esto, los paquetes se dividen primero en clases marcando el Tipo de Servicio (ToS¹⁹) en la cabecera IP. Un patrón de bits de 6 bits (llamado punto de código de servicios diferenciados [DSCP]) en IPv4 en el byte ToS o en IPv6 en el byte Traffic Class, Como se muestra en la figura 27.

¹⁸ CoS - Class of Service - Clase de Servicio

¹⁹ ToS - Type of Service - Tipo de Servicio



Figura 27 Cabecera IPv4 e IPv6 con Diffserv

Fuente: Arquitectura Diffserv (2015) Recuperado de http://www.adminso.es/wiki/index.php/3.2_Arquitectura_DiffServ

En la figura 28 se presenta el byte TOS se encuentra en el RFC 791 original en IPv4, con sus diferentes campos, como lo son Precedence, Type of Service y MBZ.

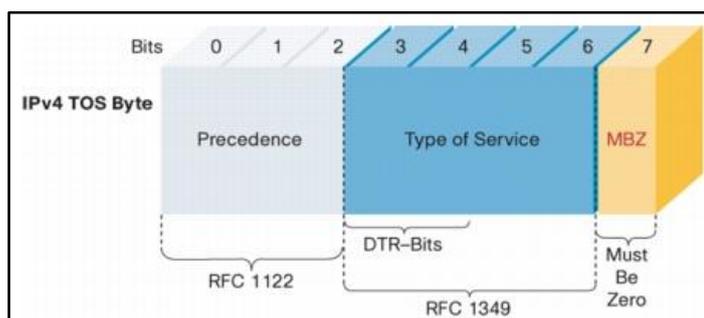


Figura 28 Byte TOS original en IPv4

Fuente: Diffserv (2015) Recuperado de http://www.cisco.com/en/US/technologies/tk543/tk766/technologies_white_paper09186a00800a3e2f.html

En la tabla 10 se muestra los byte TOS de IPv4, con su diferente combinación de bits dentro de la trama.

Tabla 10

Byte TOS IPv4

Bits (0-2): IP Precedence Defined		Bits (3-6): The Type of Service Defined	
111	Networ Control	0000	all normal
110	INTERNETwork Control	1000	minimize delay
101	CRITIC/ECP	0100	maximize throughput
100	Flash Override	0010	maximize reliability
11	Flash	0001	minimize monetary coste
101	Immediate		
001	Priority		
000	Routine		

Fuente: Diffserv. "SEGURIDAD EN REDES INALÁMBRICAS" Obtenido de http://www.cisco.com/en/US/technologies/tk543/tk766/technologies_white_paper09186a00800a3e2f.html

En la figura 29 se muestra los campos de DiffServ, los cuales son DSCP con 5 bits y CU con 2 bits.

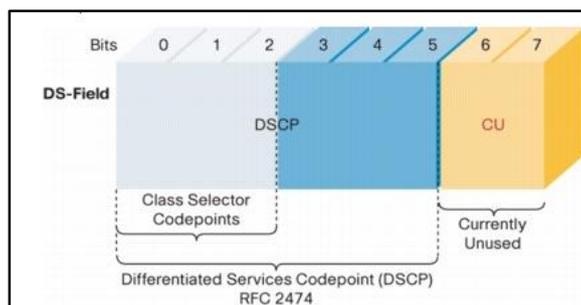


Figura 29 Campo DiffServ Codepoint

Fuente: Arquitectura Diffserv (2015) Recuperado de http://www.adminso.es/wiki/index.php/3.2_Arquitectura_DiffServ

2.10. ENLACES INALÁMBRICOS

Los enlaces inalámbricos ofrecen la posibilidad de conectar a Internet lugares de difícil acceso donde no existen otras posibilidades del servicio. A través de los enlaces inalámbricos se puede transportar datos, voz y video.

Estos enlaces se realizan desde un punto donde exista la posibilidad de contratar un acceso a Internet hasta el punto donde sea necesaria dicha conexión.

2.10.1. Tipos de enlaces inalámbricos

Los enlaces inalámbricos ofrecen la posibilidad de conectar a Internet lugares de difícil acceso donde no existen otras posibilidades de servicios de telecomunicaciones. A través de los enlaces inalámbricos se puede transportar datos y voz (Voz IP - VoIP) con una calidad y velocidad muy superior a las conexiones Internet vía satélite.

2.10.1.1. Distribución de Acceso Inalámbricos (HOT SPOT)

Consiste en colocación de puntos de conexión en zonas públicas o privadas como aeropuertos, hoteles, cafés, restaurantes, dando la posibilidad al usuario que disponga de un dispositivo con conexión Wi-Fi a tener acceso a Internet Banda Ancha.

2.10.1.2. Enlace Punto a Punto

Un Enlace Punto a Punto, alcanzará distancias mayores (10km) y podrá disfrutar de una conexión segura y eficiente.

2.10.1.3. Enlace Punto Multipunto

Los enlaces Multipunto Punto permiten establecer áreas de cobertura de gran capacidad para enlazar diferentes puntos remotos hacia una central para implementar redes de datos voz y video.

Algunas de las aplicaciones de este tipo de redes son:

- Enlace de sucursales para compartir bases de datos, acceso a Internet, etc.
- Implementar redes de voz sobre IP para abatir costos de llamadas entre sucursales.
- Venta de acceso a Internet (ISP).

Redes de monitoreo mediante video vigilancia en campus universitarios, industrias, zonas residenciales y hasta ciudades completas con unidades móviles.

2.11. ZONA DE FRESNEL

Cuando una señal inalámbrica encuentra una obstrucción, la señal es siempre atenuada y usualmente reflejada o difractada.

Normalmente cuando una señal inalámbrica en exteriores encuentra un obstáculo la atenuación provocada por éste es tan alta que no queda suficiente señal para realizar el enlace.

Cuando se diseña un enlace inalámbrico de área metropolitana es prioritario alcanzar enlaces con línea de visión (LOS²⁰).

Un enlace con línea de vista típicamente requiere que exista visibilidad entre los equipos más una zona despejada adicional para esparcir la señal inalámbrica. Ésta zona adicional se le conoce como Zona de Fresnel.

La zona de Fresnel es un elipsoide con sus extremos en las antenas de los equipos de transmisión. La figura 30 muestra como calcular el diámetro mayor de la zona de Fresnel.

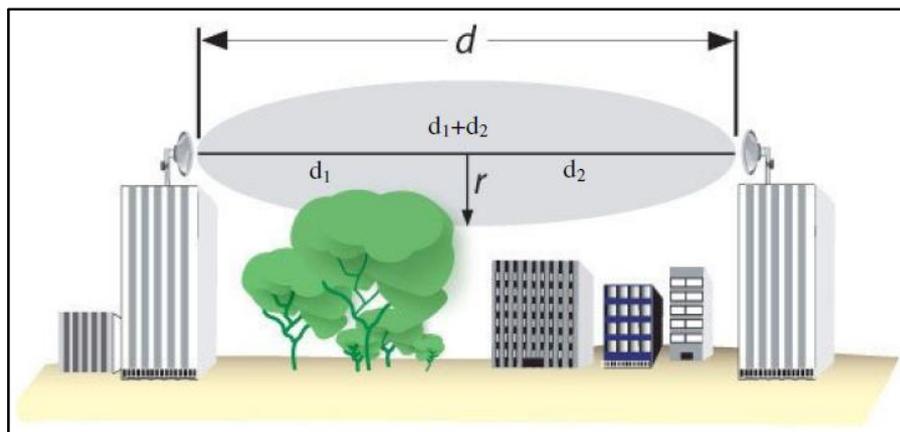


Figura 30 Zona de Fresnel

Fuente: Zona de Fresnel (2013) Recuperado de <http://mundotelecomunicaciones1.blogspot.com/2014/10/zona-de-fresnel.html>

Para el cálculo de la zona fresnel se hará referencia con la ecuación 1

$$D = 2r = \sqrt{\frac{n\lambda(d_1)(d_2)}{(d_1 + d_2)}} \quad (1)$$

Donde

- λ = longitud de onda (metros) = (velocidad de la luz)/(frecuencia)

²⁰ LOS - Línea de Vista

- D = máximo diámetro de la primera zona de Fresnel (metros).
- r = radio de la primera zona de Fresnel (metros).
- n = número de la zona de Fresnel.

La fórmula mostrada en la figura 30 nos permite calcular la n -ésima zona de Fresnel, dentro de la primera zona puede conservarse el 80% de la energía que llega al receptor, el resto de la energía se encuentra contenida en las siguientes zonas hasta el infinito, cada una conteniendo una energía cada vez menor.

CAPÍTULO III

3. DISEÑO DE LA RED DEL PROVEEDOR DE SERVICIOS DE INTERNET INALÁMBRICO

En este capítulo se plantea el diseño de la red inalámbrica del WISP para la zona de urbana del cantón Cayambe y así determinar la ubicación de los nodos y sus respectivos enlaces punto a punto para brindar acceso a internet a los usuarios, la velocidad de transmisión, comparación de los equipos y las pruebas de funcionamiento respectivas, los formularios que se deben llenar para poder implementar los enlaces de una manera legal, la seguridad y administración de la red.

3.1. INFORMACIÓN GENERAL DE CAYAMBE

Cayambe es un cantón que se encuentra ubicado al noreste de la provincia de Pichincha. La mayor parte de atractivos turísticos con los que cuenta Cayambe son naturales, siendo el más destacado el nevado el cual lleva el mismo nombre del cantón. En la actualidad se han implementado diferentes servicios para los habitantes de la ciudad como son: hoteles, clínicas, bancos, restaurantes, café-nets, entre otros.

La creación de empresas especialmente florícolas ha hecho de Cayambe una ciudad que ofrece fuentes de empleo mismo que ha incrementado la población del cantón debido a la migración interna y la posibilidad de ser más competitivo.

3.1.1. Ubicación geográfica y superficie.

El cantón Cayambe es uno de los ocho cantones de la Provincia de Pichincha, está conformado por ocho parroquias, dos urbanas y seis rurales. Las Parroquias Urbanas son: Cayambe, Juan Montalvo; mientras que Parroquias Rurales corresponden a: Ayora, Ascázubi, Cangahua, Otón, Sta. Rosa de Cusubamba y Olmedo. En la figura 31 se muestra el mapa político de la ciudad de Cayambe que a su vez es la cabecera cantonal, lugar donde se agrupa gran parte de su población total.

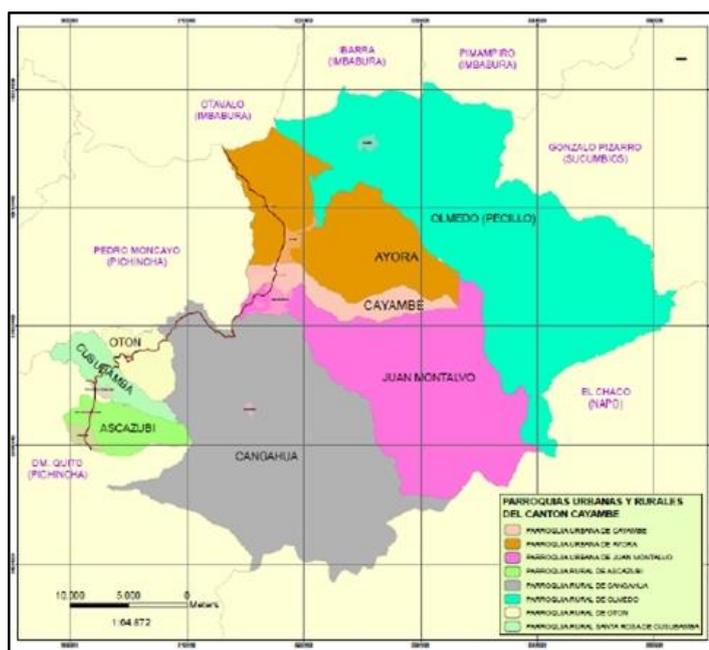


Figura 31 Mapa Político del cantón Cayambe

Fuente: GADIP Cayambe. (2014) Recuperado de www.municipiocayambe.gob.ec

3.1.2. Población del cantón Cayambe.

Según los datos del último censo realizado por INEC (2010), es de 85.795 habitantes; de los cuales el 49% son hombres y el 51% son mujeres. En la tabla 11 se muestra la distribución de la población por parroquias del cantón Cayambe aproximadamente un 43.84 % de la población es urbana y el 56.16 % rural.

Tabla 11

Distribución de la Población Año 2010 Cantón Cayambe por Parroquias

PARROQUIAS DE CAYAMBE	Hombre	Mujer	Total
ASCAZUBI	2.499	2.551	5.050
CANGAHUA	7.920	8.311	16.231
CAYAMBE	24.989	25.840	50.829
OLMEDO (PESILLO)	3.162	3.610	6.772
OTON	1.357	1.409	2.766
SANTA ROSA DE CUZUBAMBA	2.040	2.107	4.147
Total	41.967	43.828	85.795

Fuente: INEC (2010).

En la tabla 12 se muestra la proyección de la población de la provincia de Pichincha entre los años 2010 – 2020 según el INEC (2010) con un crecimiento del anual del 1.37%.

Tabla 12

Distribución de la Población Año 2010 Cantones de la Provincia de Pichincha

PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN ECUATORIANA, POR AÑOS CALENDARIO, SEGÚN CANTONES											
2010-2020											
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1701 QUITO	2.319.671	2.365.973	2.412.427	2.458.900	2.505.344	2.551.721	2.597.989	2.644.145	2.690.150	2.735.987	2.781.641
1702 CAYAMBE	85.795	90.709	92.587	94.470	96.356	98.242	100.129	102.015	103.899	105.781	107.660
1703 MEJIA	84.011	86.299	88.623	90.974	93.353	95.759	98.193	100.650	103.132	105.637	108.167
1704 PEDRO MONCAYO	34.292	35.155	36.030	36.912	37.802	38.700	39.604	40.514	41.431	42.353	43.281
1705 RUMIÑAHUI	88.635	91.153	93.714	96.311	98.943	101.609	104.311	107.043	109.807	112.603	115.433
1707 SAN MIGUEL DE LOS BANCOS	17.957	18.931	19.953	21.020	22.136	23.303	24.524	25.798	27.128	28.517	29.969

Fuente: INEC (2010)

3.2. SITUACIÓN ACTUAL DE CAYAMBE VISIÓN

CAYAMBEVISIÓN es una empresa que ofrece el servicio de audio y video por suscripción modalidad de cable físico con Resolución 0027-ARCOTEL-2016: CAYAMBEVISION S.A, que consta de 61 canales de televisión: 12 canales nacionales y 49 canales internacionales; en los últimos 10 años se ha destacado como el Operador de Televisión por Cable con un número considerable de suscriptores, los cuales 1800 clientes según la base de datos de la empresa.

CAYAMBEVISIÓN dentro de los parámetros técnicos de las redes se describen a continuación y se muestra en la figura 32:

- Red Troncal: Fibra Óptica Monomodo y Cable Coaxial RG-500 constituyéndose en una red HFC
- Red de Distribución: Cable Coaxial RG-11.
- Red de Suscriptor: Cable Coaxial RG-6.

Todo el tendido del cable se lo hace a través de vía aérea, mediante los postes pertenecientes a la Empresa Eléctrica EMELNORTE.

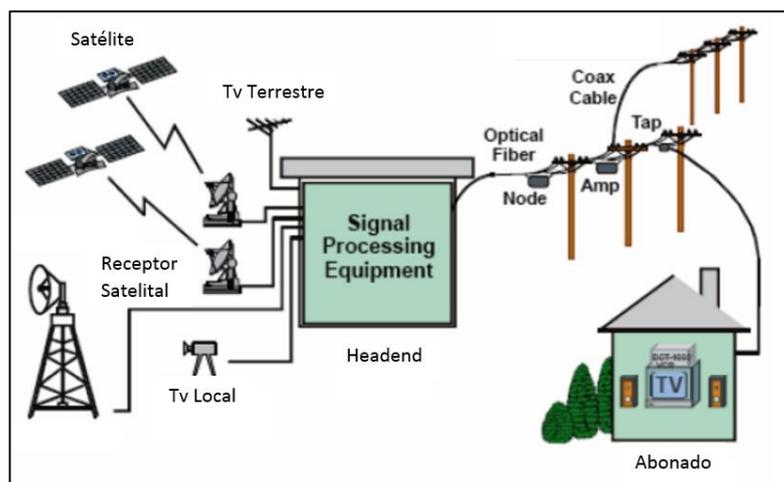


Figura 32 Red de Tv por Cable

Fuente: Cayambe Visión

3.2.1. Área de cobertura

En la figura 33 se muestra el área de cobertura del servicio de Tv por Cable que brinda la empresa CAYAMBEVISIÓN, mismo que está conformado por la zona urbana, delimitado por la línea roja y parte de la zona rural del cantón, mismo que se puede identificar con la línea de color azul, de la misma manera se muestra el área de cobertura donde se pretende implementar el servicio del WISP, en este caso la zona urbana del cantón Cayambe.



Figura 33 Área de Cobertura del Sistema de Tv por Cable

Fuente: Cayambe Visión

3.3. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE RED INALÁMBRICA

Para el diseño de una red inalámbrica en el espacio libre, existen ciertos criterios referentes a las distancias que es posible cubrir, el modelo de arquitectura que se utilizará, el tráfico al que el equipo va ser expuesto, la administración de los equipos inalámbricos, el control de calidad de los enlaces y la capacidad de la red para seguir creciendo y soportar nuevos usuarios.

Tomando en cuenta las características del estándar IEEE 802.11ac se utilizarán equipos que trabajan a una frecuencia de radio de 5Ghz para el backbone²¹ entre los nodos y la distribución del servicio a los clientes.

Para el acceso a los abonados se utiliza la frecuencia de 5Ghz, para superar problemas de interferencia y ruido, ya que la banda de 2,4Ghz se encuentra saturada.

En la frecuencia de 5Ghz no hay interferencias con otras redes Wi-Fi porque aún está muy poco extendida, de esta forma podemos conseguir siempre el máximo rendimiento y cobertura posible.

Gracias al estándar 802.11ac podremos conseguir velocidades de hasta 1300Mbps, usando un ancho de canal de 80MHz (802.11ac) de tal forma que consigamos el máximo rendimiento de la conexión.

3.3.1. Estándar IEEE 802.11ac necesidad de redes más rápidas

El estándar IEEE 802.11ac también conocido como WiFi-Gigabit, En su primer versión es capaz de triplicar la velocidad de transferencia de datos del conocido estándar IEEE 802.11n. En la tabla 13 se observa una comparativa entre el estándar predecesor IEEE 802.11n y el estándar IEEE 802.11ac, donde se muestra la frecuencia en que trabajan cada uno de los estándares, el ancho de banda que utilizan los canales, modulación de los estándares, velocidad de transmisión.

²¹ Backbone - Cableado Troncal o Subsistema Vertical en una Instalación de Red de Área Local

Tabla 13**Comparativa IEEE 802.11n vs IEEE 802.11ac**

Comparación entre IEEE 802.11n y IEEE 802.11ac		
	IEEE 802.11 n	IEEE 802.11 ac
Frecuencia	2,4 - 5GHz	5GHz
Ancho de banda de los canales	20 - 40 MHz	20, 40, 80, 160 MHz
Modulación	64 QAM	256 QAM
Velocidad Transmisión	450 Mbps	1300 Mbps
Asignación dinámica de ancho de banda	No	Soporta
Beamforming	No	Si
Funciona con infraestructura existente	Sí	Sí
Caso de Uso	Datos, Video Comprimido	Video, Sincronización rápida

Fuente: Estándar IEEE 802.11. "REDES INALÁMBRICAS" Obtenido de <http://ieeestandards.galeon.com/aficiones1573579.html>

Actualmente, el estándar IEEE 802.11ac permite alcanzar una tasa máxima de transferencia de hasta 1.3Gbps, y promete en un futuro no muy lejano alcanzar velocidades que irán desde 2,3Gbps hasta 3,5Gbps, con una proyección futura de 6,9Gbps.

Tabla 14**Características y Beneficios de IEEE 802.11ac**

Características	Beneficios
Mayor densidad de codificación	Modulaciones más altas. Mayor densidad de bits por paquete.
Mayor número de flujos de datos	Permite transmitir más flujos en un único canal.
“Beamforming”	Transmisión enfocada a cada cliente
Canales más anchos	Permite mayor ancho de banda
MIMO Multiusuario	Permite transmitir simultáneamente a varios usuarios, mejorando la eficiencia.
Rendimiento Superior	El throughput otorgado, para esta primera fase, es promedio 2 o 3 veces superior con respecto a 802.11n
Mayor cantidad de clientes	pueden utilizar los recursos otorgados por un Access Point, debido a que es posible transmitir datos idénticos a usuarios diferentes
Uso más eficiente del medio	los datos se transfieren a una velocidad superior, permitiendo que los dispositivos liberen más rápidamente el medio, brindando una conectividad más robusta y con menos puntos muertos
Menor consumo energético	Para los dispositivos que lo empleen lo cual se traduce en mayor duración de la batería, y consiguientemente prolongación de su vida útil.

Fuente: Estándar Wi-Fi IEEE 802.11ac (2015) Recuperado de <http://www.redeszone.net/2012/03/29/802-11ac-todo-lo-que-debes-saber-sobre-el-nuevo-estandar-wi-fi/>

En la tabla 14 se detallan las principales mejoras del estándar IEEE 802.11ac, tales como mayor densidad de codificación, mayor número de flujo de datos, beamforming, canales más anchos, MU-MIMO, rendimiento superior, mayor cantidad de clientes, uso más eficiente del medio y menor consumo energético.

3.3.2. Servicios del WISP

Los servicios que podemos utilizar desde una computadora conectada a internet son muy diversos. Podemos definir servicio como un conjunto de programas y utilidades que nos permite realizar una determinada tarea, entre los principales tenemos: www (World Wide Web), HTML (Lenguaje para escritura en hipertexto), e-mail (correo electrónico), son servicios que maneja el internet para su óptimo funcionamiento y en lo que se refiere al Wireless INTERNET Service Provider / Proveedor de Servicios de INTERNET Inalámbrico, ofrecerá los siguientes servicios a los usuarios.

- Web
- E-mail
- DNS
- Proxy cache
- Base de datos

WEB: o World Wide Web consiste en ofrecer una interface simple que consistente en acceder a los recursos de Internet. Es la forma más moderna y eficiente de ofrecer información, la misma se ofrece en forma de páginas electrónicas.

E-mail: por sus siglas en inglés Electronic Mail, (Correo Electrónico) es un servicio de red que permite a los usuarios enviar y recibir mensajes (denominados mensajes electrónicos o cartas digitales), para lo cual se utilizan buzones intermedios (servidores de correo), el cual se basan en un modelo de almacenamiento y reenvío, de modo que no es necesario que ambos extremos se encuentren conectados simultáneamente, guardando temporalmente los mensajes antes de enviarse a sus destinatarios.

DNS: por sus siglas en inglés Domain Name System (sistema de nombres de dominio) y es una tecnología basada en una base de datos que sirve para resolver nombres en las redes, es decir, para conocer la dirección IP de la máquina donde está alojado el dominio al que queremos acceder.

Cuando un ordenador está conectado a una red (ya sea Internet o una red casera) tiene asignada una dirección IP, por lo tanto, el DNS es un sistema que sirve para traducir los nombres en la red.

Proxy Cache: es un servidor que permiten optimizar el uso de ancho de banda, reducir latencias y por lo general hacer un uso más racional de los recursos disponibles de la red, es un servidor que hace de intermediario en la conexión entre un cliente e Internet.

El servidor Proxy Cache consiste en almacenar los objetos que han sido solicitados por el cliente recientemente. Cualquier navegador que usemos, podemos configurarlo de modo que todas las solicitudes HTTP se dirijan primero al caché para obtener más rápidamente los objetos, sin necesidad de salir a internet.

Base de Datos: están situadas en un servidor y se puede acceder a ellas desde terminales o equipos con un programa llamado cliente que permita el acceso a la base de datos.

3.3.3. Diseño de la red del WISP

De acuerdo al modelo seleccionado, enlaces punto a punto para el backbone inalámbrico y punto multipunto para la conexión de los suscriptores usados para la implementación de WISP, a la red física se dividirá en los siguientes módulos: acceso, distribución, core o núcleo.

En la figura 34 se observa los módulos del WISP, los cuales se compone de tres sistemas que son: Módulo de Core o Núcleo, Módulo de Distribución y el Módulo de Acceso. .

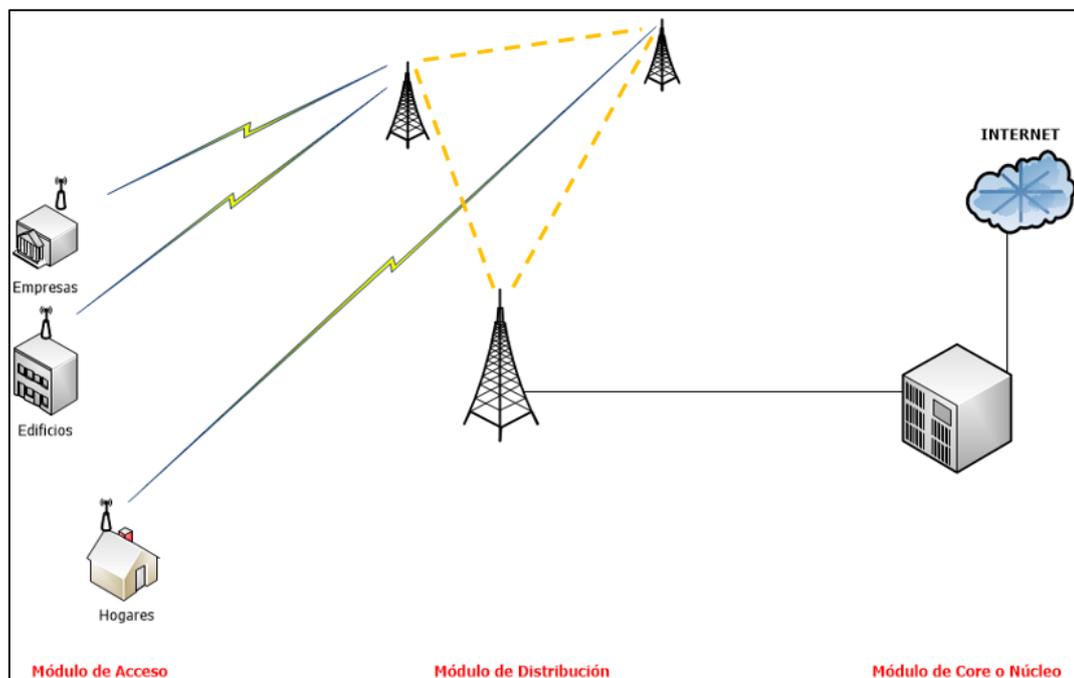


Figura 34 Módulos que conforman el WISP

Fuente: Elaborado el Autor

3.3.3.1. Módulo de Acceso

La red de acceso es la que conecta al usuario final directamente con la red de distribución, donde los únicos dispositivos que intervienen son las antenas sectoriales y la antena del cliente.

El receptor se enlaza a una única antena sectorial denominada emisor, el usuario se conecta a la misma siempre que exista línea de vista en la zona a cubrir, para la conexión de la antena del cliente hacia su equipo de comunicación se utiliza cable UTP categoría 6, esto permite tener tiempos de respuesta muy bajos, un mejor rendimiento, menos interferencia electromagnética y el costo de implementación e instalación es bajo, además se utiliza enlaces de radio punto multipunto para enlazar el nodo de distribución y los clientes.

En la figura 35 se muestra la antena sectorial, misma que es la encargada de distribuir el INTERNET a los usuarios del WISP cumpliendo con las normas establecidas en el estándar IEEE 802.11ac.

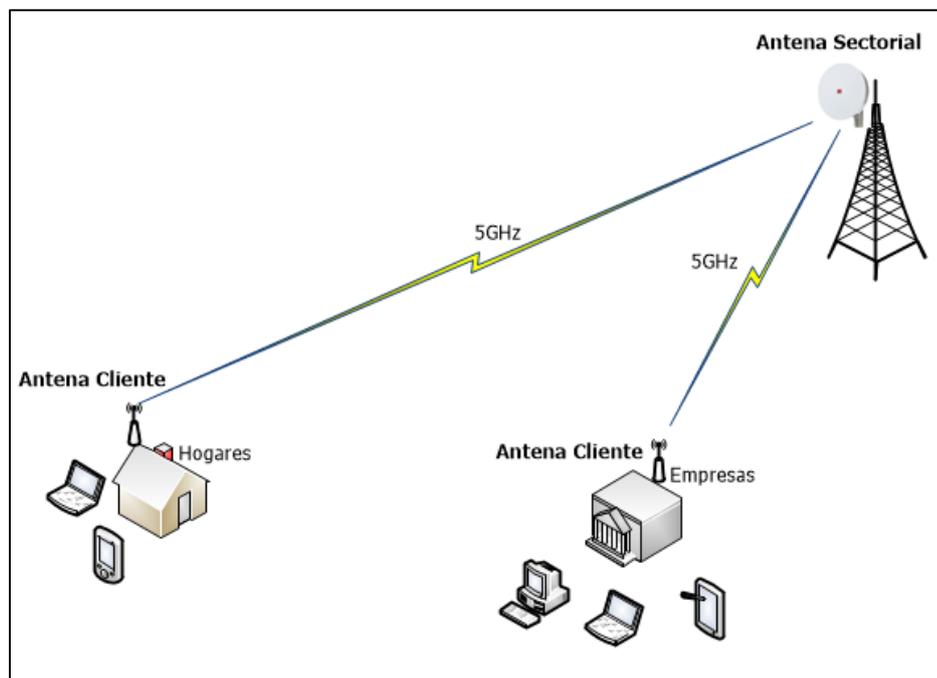


Figura 35 Módulo de Acceso

Fuente: Elaborado el Autor

3.3.3.2. Módulo de Distribución

El módulo de distribución está formado por enlaces de radio tipo punto a punto y establece la delimitación entre el módulo de acceso y módulo de core. Además puede ser el punto en el cual los sitios remotos pueden acceder a la red corporativa del WISP. La función del módulo de distribución se puede resumir como la capa que provee las bases de las políticas de conectividad.

El módulo de distribución debe satisfacer la demanda de los usuarios, la cual se establece de 3 Mbps para un cliente home, este módulo consta de antenas de alta capacidad para transportar las múltiples peticiones de los suscriptores, además debe poseer las siguientes características:

- Escalabilidad y control del ancho de banda para satisfacer la demanda creciente de transmisión de voz, video y datos.
- Permite manejar tablas de enrutamiento.

- Prestaciones de valor agregado adicionales al enrutamiento de paquetes de alta velocidad: redes privadas virtuales, seguridad con listas de acceso extendidas, diferenciación de calidad de servicio, soporte multicast²².

En lo que respecta a los medios de transmisión para interconectar las antenas de alto tráfico de los enlaces punto a punto con los demás equipos de comunicación, se utilizará cable UTP categoría 6, de igual manera para la alimentación de las antenas se lo realizara con el mismo tipo de cable.

En la figura 36 se muestra cómo van a estar conectadas las antenas de alto de tráfico del WISP, utilizando enlaces punto a punto, adicionalmente se debe implementar un enlace redundante para satisfacer la demanda de los usuarios.

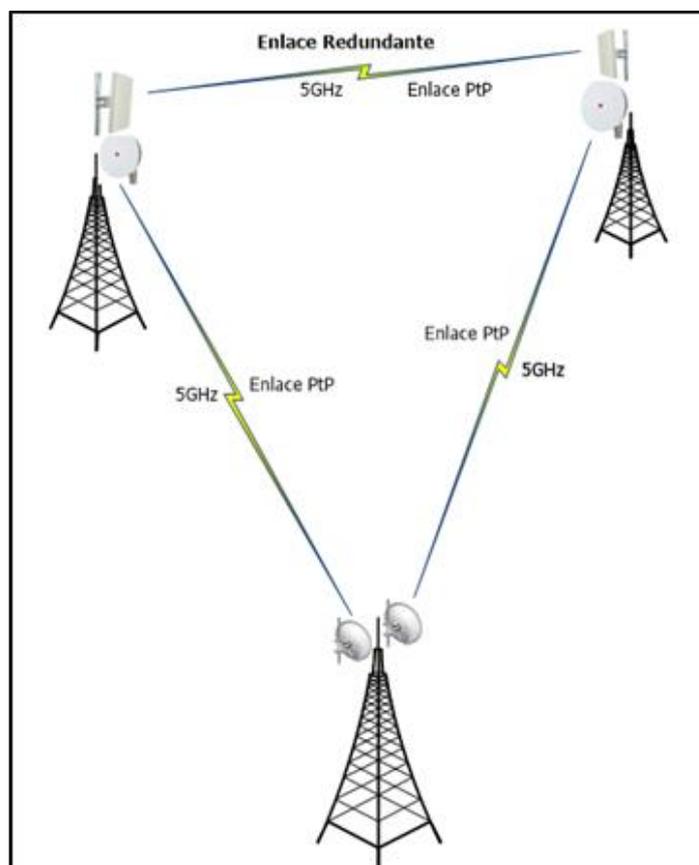


Figura 36 Módulo de Distribución

Fuente: Elaborado el Autor

²² Multicast – Multifusión o difusión múltiple

3.3.3.3. Módulo Núcleo o Core

El módulo de core o núcleo constituye el sistema central o principal de la red del WISP, este módulo se diseña con equipos de altas prestaciones y se establecen políticas de routing que favorecen el reparto de carga entre todos los enlaces, para establecer una alta calidad de acceso a internet, adicionalmente este módulo es capaz de administrar y gestionar la red interna del WISP.

Estará formado por un swith capa tres o swith de core, este equipo permitirá integrar los equipos de comunicación y los equipos que proveen los diferentes servicios del WISP. Siendo este el backbone principal de la red, el cual debe estar disponible todo el tiempo ya que él soportará todo el tráfico de la red del WISP, para ello se deberá considerar los siguientes criterios de diseño tales como: los equipos principales deberán tener redundancia, con un equipo de similares características, para garantizar un porcentaje de disponibilidad mayor, el cual entrará a trabajar de forma inmediata si el equipo principal falla, además debe permitir la conexión del WISP con la salida internacional a INTERNET.

Los medios de transmisión a utilizarse será cable UTP categoría 6 para la conexión de este módulo con el resto de la red del WISP, algo muy importante que no debemos dejar de lado es la gestión y administración de la red del WISP.

La gestión y administración de la red del WISP posibilita el monitoreo y el mantenimiento de la misma, esto se lo realiza para mantener su óptimo funcionamiento, adicionalmente se debe detectar y reparar fallos, asegurar el cumplimiento de los requisitos establecidos y mantener los cambios de configuración necesarios para la inclusión de nuevos usuarios.

En la figura 37 se muestra el módulo de core, el cual está conectado desde las antenas de alto tráfico ubicadas en el mástil del nodo Principal, hacia el cuarto de comunicaciones, pasando por un filtro denominado firewall para llegar finalmente al núcleo del WISP, desde donde y hacia donde se genera el tráfico de la red interna y externa del WISP.

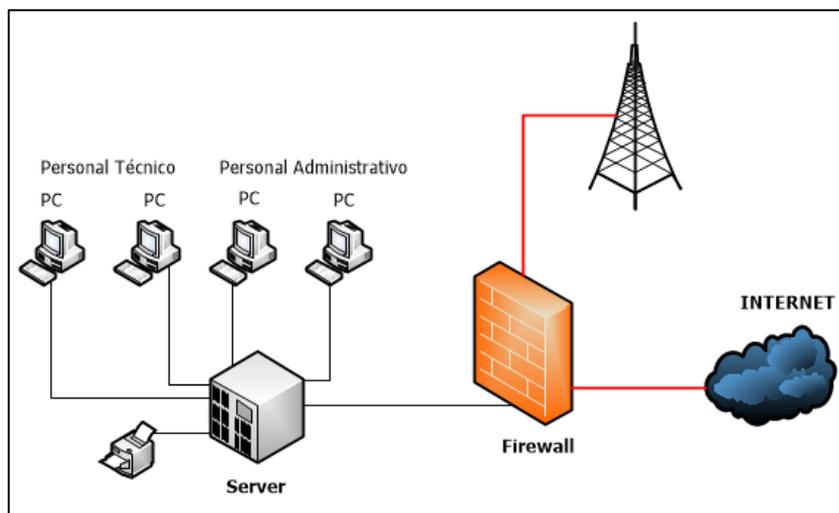


Figura 37 Módulo de Core o Núcleo

Fuente: Elaborado el Autor

3.4. CÁLCULO DEL ANCHO DE BANDA

Para el cálculo del ancho de banda se ha tomado una muestra de la población misma que se puede observar en el ANEXO F.

Para calcular el ancho de banda que se va a contratar para el WISP, se utilizará la ecuación 2, recuperado de Verdezoto Veloz, Diseño de una Red LAN para el Transporte de Voz en la provincia de Los Ríos.

$$AB = G * CN \quad (2)$$

Dónde:

AB = Ancho de banda a contratar.

N = Cantidad de usuarios que utilizan INTERNET. Recordemos que quizás tengan usuarios que no utilicen INTERNET, debido a que no todos los usuarios se conectan simultáneamente.

G = Ancho de banda a garantizar por usuario. Este valor es muy importante. Al bajar un archivo cuanto ancho de banda quiero que consuma.

C = Concurrencia de las personas (cantidad de personas que utilizan INTERNET simultáneamente), este valor se toma un porcentaje porque no todos los usuarios se van a

conectar de manera simultánea, pero para nuestro caso de estudio se lo considera como una constante, para obtener un valor real.

Aplicamos la formula y tendremos los valores reales para determinar la cantidad de ancho de banda que se va a contratar con la empresa proveedora del mismo, teniendo en cuenta que los posibles usuarios son 120 y la compartición a los usuarios es 4 a 1 de las 3Mbps que se les ofrece.

Velocidad de transferencia de datos en las redes

$$AB = 0.75\text{Mbps} * 120$$

$$AB = 90 \text{ Mbps}$$

La cantidad de megas a contratar con el proveedor del servicio seria 90Mbps

Tabla 15

Distribución de canales de frecuencia

Velocidad del Servicio	Velocidad aproximada de Descarga en KB/s
600 Kbps	75
1 Mbps	125
2 Mbps	250
3 Mbps	350
4 Mbps	500
5 Mbps	625
6 Mbps	750
8 Mbps	1000
10 Mbps	1250

Fuente: Velocidades de Transmisión. "REDES INALÁMBRICAS" Obtenido de <http://www.galeon.com/senales/aficiones1350204.html>

La tabla 15 muestra la correspondencia entre el ancho de banda del servicio en Kb y la velocidad de descarga de archivos en KB por segundo.

Por supuesto que los cálculos anteriores son solo teóricos, en la práctica nunca se pueden alcanzar, hay que reducir entre un 15 y un 20% debido a pérdidas de señales en las redes de transmisión, insuficiente rendimiento del hardware en la PC y otros factores que siempre conspiran contra el total aprovechamiento de la red.

3.5. COMPARATIVA DE EQUIPOS PARA LOS MÓDULOS DE ACCESO, DISTRIBUCIÓN Y CORE

Para la implementación de un WISP además de cumplir con la normativa y requisitos legales correspondiente, se realizará una comparativa de los equipos necesarios que cumplen con las características ideales para prestar el servicio de acceso a INTERNET.

Para la comunicación de la estación con sus usuarios/clientes se utiliza el medio aéreo. A través de ella viajará la información por lo que resulta imprescindible una correcta configuración. Es importante el estudio de la zona y las antenas disponibles para dar con la configuración correcta en cada situación. Esto se elegirá en función de las necesidades y del entorno, el número y tipo de antenas a instalar, así como sus orientaciones, para cubrir la mayor parte de la comunidad. También se realizará una estimación aproximada del tráfico de la estación con el fin de dimensionar la capacidad de la estación y decidir los equipos a instalar. Para la integración con el resto de antenas en la red, asigna los recursos de radio necesario para la transmisión.

3.5.1. Selección de equipos

En base a la tecnología estudiada y el desarrollo del proyecto desea presentar un diseño completo de un Proveedor de Servicio de INTERNET Inalámbrico para que pueda ser implementado en un futuro. Para lo cual se planteará una propuesta para la selección de los equipos que serían los más recomendables. Los equipos para los enlaces Punto a Punto y de la misma manera para los enlaces Punto Multipunto además los equipos receptores utilizados en el usuario final, sean de un precio accesible para los usuarios.

Para la selección de los equipos se tomarán en cuenta los siguientes aspectos:

- Banda de frecuencia debe ser 5 Ghz, de acuerdo al estándar utilizado.
- Diagrama de radiación deben ser antenas directivas.
- Ancho de Banda debe soportar de acuerdo al estándar.
- Ganancia de ser de 30dbi
- Polarización

- **Enlace Punto a Punto**

Para la selección de los equipos que se emplearán en el presente diseño de red, en lo referente a los nodos se ha realizado una recopilación de las características de los equipos con tecnología IEEE 802.11ac de los fabricantes más reconocidos en el mercado, como se muestra en la tabla 16.

Tabla 16

Características Técnicas de los Equipos con Tecnología IEEE 802.11ac

Fabricante			
Características	RB911G-5HPacD-NB	R5AC-PTP	RBDynaDishG-5HacD
Bandas de Frecuencia	5 Ghz	5 Ghz	5Ghz
Potencia Transmisor (Dbm)	del 36dbm	30dbm	30dbm
Sensibilidad Receptor (dbm)	del -96dbm	-90dbm	-96dbm
Ancho del Canal (mhz)	4920-6100 MHz	4920-6100 MHz	5470-5850 MHz
Qos	Si	Si	Si
Ganancia de la Antena (dbi)	30dbi	19dbi	25dbi
Actualización software	de Si	Si	Si
VLAN	Si	Si	Si

Fuente: Mikrotik, Ubiquiti (2015) Recuperado de www.ubnt.com/airmax/nanobeam-ac/ - <http://routerboard.com/RB911G-5HPacD-NB>

Al realizar un análisis de las características se puede determinar que los equipos Mikrotik cumplen con los requerimientos necesarios para el diseño de Red de Backbone y Acceso propuesto. La estación base RB911G-5HPacD-NB se necesita para la implementación de un sistema con antena externa de 30dbi de ganancia. Por otro lado la base RB911G-5HPacD-NB es un equipo de fácil configuración y gestión, además de ser

una de las estaciones bases, accesible económicamente y de muy fácil adquisición para una futura implementación del presente proyecto.

- **Enlace Punto Multipunto (Antenas Sectoriales)**

En la tabla 17 se muestra la comparativa de los equipos para los enlaces Punto-Multipunto (Antenas Sectoriales), se eligieron tres marcas de equipos conocidos en el mercado para conexión de los usuarios, de las que se seleccionaron las que cumplan con las especificaciones del estándar IEEE 802.11ac.

Tabla 17

Características Técnicas de los Equipos con Tecnología IEEE 802.11ac

Fabricante			
Características	Sxt Sa5 Ac	R5AC	RB921GS-5HPACD-15S
Bandas de Frecuencia	5 Ghz	5 Ghz	5 Ghz
Potencia del Transmisor (Dbm)	36dbm	30dbm	36dbm
Sensibilidad del Receptor (dbm)	-96dbm	-90dbm	-90dbm
Ancho del Canal (mhz)	5470 - 5875 MHz	5470 - 5875 MHz	5470 - 5725 MHz
Qos	si	Si	Si
Ganancia de la Antena (dbi)	19dbi	16dbi	15dbi
Canal (mhz)	20/40/80	10/20/40/80	20/40/80
Actualización de software	Si	Si	Si
VLAN	Si	Si	Si

Fuente: Mikrotik, Ubiquiti (2015) Recuperado de ww.ubnt.com/airmax/nanobeam-ac/
<http://routerboard.com/RBSXTG-5HPacD>

Al realizar un análisis de las características se puede determinar que los equipos Mikrotik cumplen con los requerimientos necesarios para el diseño de Red de Acceso

propuesto. La estación base SXT SA5 Ac se necesita para la implementación de un sistema con antena externa de 19dbi de ganancia. Por otro lado la base SXT SA5 Ac es un equipo de fácil configuración y gestión, además de ser una de las estaciones bases, accesible económicamente y de muy fácil adquisición para una futura implementación del presente proyecto.

- **Enlace Punto Multipunto (Antenas Clientes)**

Tabla 18

Características Técnicas de los Equipos con Tecnología IEEE 802.11ac

Equipo	SXT lite 5 ac	NANOBEAM-AC
Frecuencia (GHz)	2,4Ghz 5Ghz	5ghz
Interfaces	10/100 Ethernet ports	10/100/1000 Ethernet ports
Ganancia Antena (dBi)	16	19
Potencia (dBm)	26	29
Sensibilidad (dbm)	-81	-71
Modulación	256-QAM	256-QAM
Canal (mhz)	5/10/20/40/80	5/10/20/40
Velocidad de Transmisión (dbm)	22	20

Fuente: Mikrotik, Ubiquiti (2015) Recuperado de www.ubnt.com/airmax/nanobeam-ac/
<http://routerboard.com/RB911G-5HPacD-NB>

En la tabla 18 se muestra la comparativa de los equipos para los enlaces Punto-Multipunto (Clientes), de los cuales se seleccionaron características como la frecuencia de operación, ganancia, potencia, modulación que maneja, velocidad de transmisión, debido a las especificaciones del estándar IEEE 802.11ac.

Para el lado del suscriptor o estación de usuario se ha seleccionado el equipo SXT lite 5 ac ya que este cumple con los requerimientos necesarios y su facilidad de configuración la convierten en la opción adecuada, además de la facilidad que se la puede gestionar directamente desde la estación base.

Mikrotik nos ofrece varias características interesantes, por ejemplo el sistema operativo RouterOs y distintas tarjetas madre (motherboards) con el sistema operativo RouterOs preinstalado.

Estas tarjetas son mini CPU que proveen avanzadas prestaciones, entre ellas conectividad inalámbrica usando tarjetas miniPCI Atheros, control de ancho de banda, QoS, control de usuarios y más.

La línea de hardware de Mikrotik 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). Las principales características y ventajas que nos ofrecen los equipos Mikrotik son:

- 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 1300Mbps)
- Distancia de conexión hasta 30 kilómetros para enlaces punto-multipunto y hasta 50 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, HotSpot
- Instalación rápida y simple para la estación base y clientes
- Acceso a INTERNET confiable y constante durante las 24 hs

Equipos de radio Mikrotik no incluyen Antena. Mikrotik, está en constante evolución de su firmware²³ Routers. Mikrotik Routers, incluye un control experto de Firewall y Manejo de Paquetes, Ráfagas, Hotspot²⁴, integrado que nos permite tener un bloqueo y control de todos los puertos, protocolos y paquetes que deseemos controlar, integrado con la posibilidad de realizar cache de páginas WEB (HTTP proxy), soporte del nuevo protocolo IPV6, Balanceo de Carga y VPN.

²³ Firmware - Conjunto de Instrucciones de un Programa Informático

²⁴ Hostspot - Acceso a INTERNET

Tabla 19***Algunas características que nos ofrece Routers de Mikrotik.***

Algunas características que nos ofrece Routers Mikrotik
Ping, traceroute
Bandwidth test, ping flood
Packet sniffer
Telnet, ssh
E-mail and SMS send
Automated script
Spectrum Analyzer mode
Speed test, traffic shaper
Throughput graphic
Firewall avanzado, Layer 7
Multi Core Router
Proxy WEB Cache
USER MANAGER.
Monitor UPS

Fuente: Mikrotik (2015) Recuperado de <http://routerboard.com/>

Mikrotik Routers, es un sistema basado en el kernel²⁵ de Linux. Se puede decir que los equipos Mikrotik crecen con el paso del tiempo y la mejor solución es Mikrotik por su fácil actualización y adaptación con la tecnología actual, como se muestra en la tabla 19.

- **Router Principal**

En el diseño propuesto se utilizará un router en los cuales estará configurado el firewall ubicado inmediatamente después del switch para direccionar el tráfico generado por la red de acceso hacia el INTERNET y la red de los servidores, en otras palabras el router

²⁵ Kernel - Núcleo software que constituye una parte del sistema operativo

principal permitirá la conectividad externa y la conectividad hacia la red interna del WISP.

En los cuales se implementarán los protocolos de enrutamiento necesario para establecer una conexión estable, por lo cual se establece un balanceo de cargas entre los dos portadores que tiene el WISP para garantizar el acceso a INTERNET de los suscriptores, a continuación se detallan las características básicas del ruteador principal,

- Velocidad de conexión Ethernet (10/100/1000)
- Conectividad WAN (ATM, ISDN BRI/PRI)
- Multiservicio (voz, datos y video)
- DRAM de 2 GB default (expansión hasta 6GB)
- Flash de 512 MB default (expansión hasta 1GB)
- Puertos USB
- 1 puerto de consola asíncrono EIA-232, RJ-45
- 1 puerto auxiliar
- 2 puertos Fijos Ethernet 10/100/1000
- 4 Ranuras para módulos WAN/LAN
- Soporte para el protocolo IPv6
- Soporte listas de control de acceso (ACL)
- Soporte traducción de direcciones de red (NAT)
- ATM, PPP, HDLC. Ethernet, VPN
- TCP/IP; RIP-1, RIP-2, OSPF, BGP4
- DiffServ (Servicios Diferenciados)
- Algoritmo de Cifrado AES, DES y Triple DES
- IEEE 802.1Q VLAN (20 VLANs)
- Fuente de poder dual, Alimentación 110 V AC, 60 Hz.
- Soporte SSH, Telnet, SNMP, TFTP, VTP

Teniendo en cuenta las características nombradas anteriormente un equipo que cumple con gran parte de las mismas es el router RB1100AHX2 de Mikrotik, porque es un equipo Gigabit Ethernet de gran rendimiento y con un CPU Dual Core, puede alcanzar hasta un millón de paquetes por segundo, otro factor importante a tomar en cuenta es su costo, mismo que puede influir mucho al momento de su implementación. (ANEXO C).

Adicionalmente tiene trece puertos individuales Gigabit Ethernet, dos puertos, cinco grupos de interruptores, e incluye capacidad de Ethernet bypass. 2 GB de RAM SODIMM están incluidos, hay una ranura para tarjeta microSD, un beeper y un puerto serial.

- **Switch**

Para el diseño se emplearán cuatro switch distribuidos de la siguiente manera, uno para conectar a los routers con la salida a INTERNET por medio de los portadores, uno para la distribución del servicio de INTERNET a los usuarios finales, uno para la red interna del WISP y finalmente uno para la granja de servidores, esto con la finalidad de dividir cada parte en redes independientes para que la administración sea más fácil. A continuación se detallan las características básicas que deben tener los switch de la red:

- 24 puertos Ethernet 10/1000, RJ45
- Nivel de conmutación: 3
- DRAM de 128 MB Memoria.
- Flash de 128 MB
- Backplane sobre 4.8 Gbps, Full Duplex
- 1 puerto de consola RJ-45asíncrono EIA-232 y 1 puerto auxiliar
- Velocidad de Conmutación de paquetes de 3.6 Mpps.
- Soporte 20 VLANs y direcciones MAC sobre 10K
- STP (Spanning-Tree Protocol, IEEE 802.1D)
- Telnet, SNMP, TFTP, VTP
- Puertos half / full duplex.
- Manejo de enlaces Trunking.
- Soporte para el protocolo IPv6
- Soporte de listas de control de acceso ACLs L2- L3
- IEEE 802.1X, MTBF: 200000 horas
- Alimentación de energía redundante, 110 AC, 60 Hz
- Puerto de fibra óptica

Con las características nombradas anteriormente un equipo que cumple con las expectativas del mismo es el switch CRS125-24G-1S-IN de Mikrotik (ANEXO D).

Combina las mejores características de un router totalmente funcional y un conmutador de capa 3. Todas las opciones específicas de configuración del switch están disponibles en un menú especial Switch, los puertos pueden ser retirados de la configuración del switch, y se utilizan con fines de enrutamiento.

- **Servidores**

Los equipos servidores a diferencia de los PCs normales mejoran significativamente el rendimiento de los sistemas operativos, los servidores deben ser capaces de permitir el acceso múltiple de usuarios y la optimización de múltiples tareas. Un servidor debe contar con algunas características especiales en cuanto a rendimiento, escalabilidad y fiabilidad.

- Web
- E-mail
- DNS
- Proxy cache
- Base de datos

Cuando se tratan de ahorrar recursos financieros y la red no es muy grande se pueden montar en un mismo equipo varios servicios, pero es recomendable montarlos por separado para incrementar la performance, a continuación se muestran las características básicas de los equipos servidores del WIPS.

- Certificación de Soporte RHEL 5.5
- Procesador Intel Xeon E7 2.53 GHz.
- 16 GB de RAM DDR3 con capacidad de expansión del 100%
- Disco Duro SCSI 20 TB
- Memoria caché externa L2 de 8MB.
- Cinco puertos USB 2.0
- Tarjeta de red con 2 puertos Ethernet 10/100/1000, RJ45
- Puerto para teclado, monitor y ratón
- Unidad de DVD-ROM 16x o superior
- Alimentación eléctrica a 110 V/ 60 Hz.
- Fuente de poder redundante

Para el montaje de los servidores según las características descritas se recomienda el equipo HP ProLiant ML110 G9, donde se pueden alojar los servicios de forma virtual.

Como recomendación, se puede concentrar los servicios en uno o dos equipos y conforme la red se vaya expandiendo se puede ir migrando cada servicio a un equipo diferente, esto con la finalidad de no incrementar los costos de la implementación. Es importante mencionar que para la implementación de los servicios se puede utilizar Windows Server.

Después de buscar e investigar sobre los equipos disponibles para el diseño de la red, se puede decir que según comentarios encontrados en las páginas Web de los equipos Mikrotik, estos poseen buenas referencias en cuanto al funcionamiento y rendimiento en una red WLAN y Hostspots.

Realizada la evaluación, se concluye que no existe inconveniente alguno en cuanto a la factibilidad técnica, ya que existe la disponibilidad de tecnología, equipos, servicios y contamos con los conocimientos necesarios para el diseño e implementación del WISP.

3.5.2. Backbone inalámbrico

Backbone se refiere a las principales conexiones troncales de INTERNET. Está compuesto de un gran número de routers comerciales, gubernamentales, universitarios, interconectados que llevan los datos a través de países, continentes y océanos del mundo mediante medios de transmisión cableados o inalámbricos.

El enlace que permitirá conectar el nodo principal y las repetidoras tal como se muestra en la figura 38 el diagrama del backbone inalámbrico y los equipos para la redundancia de la red del WISP.

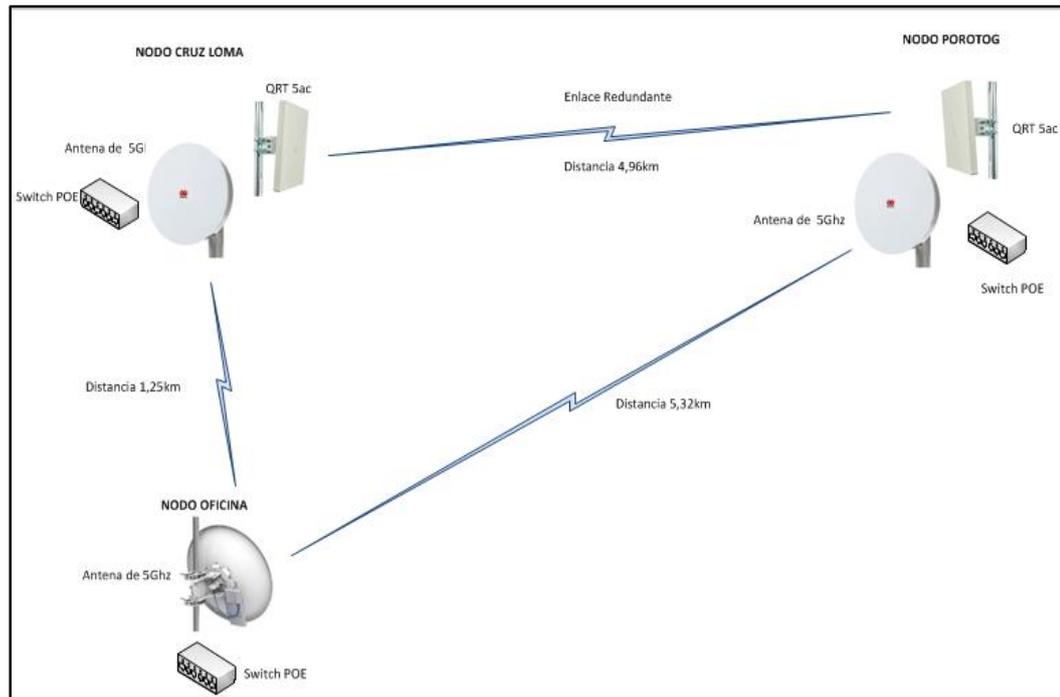


Figura 38 Diagrama del Backbone

Fuente: Elaborado El Autor

- COMPONENTES DE UNA RED BACKBONE
 - BRIDGES
 - SWITCHES
 - ROUTERS
 - GATEWAYS

Tabla 20**Componentes de una Red de Backbone**

BRIDGES	Los puentes (bridges) se usan para la conexión de redes diferentes. Dispositivo que conecta a dos segmentos de red, los cuales pueden ser de tipos semejantes o no, por ejemplo, Ethernet y Token Ring.
SWITCH	Cuando hablamos de un switch lo haremos refiriéndonos a uno de nivel 2, es decir, perteneciente a la capa “Enlace de datos”. Normalmente un switch de este tipo no tiene ningún tipo de gestión, es decir, no se puede acceder a él. Sólo algunos switch tienen algún tipo de gestión pero suele ser algo muy simple.
ROUTERS	Los routers trabajan de forma similar a los conmutadores y puentes ya que filtran el tráfico de la red. La diferencia está en que en lugar de hacerlo según las direcciones de los paquetes de información, lo hacen en función del protocolo de red. Son dispositivos de interconexión de redes incluso de distinta arquitectura. Su función más habitual es enlazar dos redes que usen el mismo protocolo a través de una línea de datos
GATEWAY	Computadora que realiza la conversión de protocolo entre tipos diferentes de redes o aplicaciones. También se ve como interconexión entre las redes de las diferentes operadoras.

Fuente: Redes Inalámbricas (2014) Recuperado de http://www.siemon.com/ally/recertification/pdf/spanish/05-Backbone_Rev_M.pdf

Una red backbone es una infraestructura que da alto rendimiento y tiene carácter de red principal, como se muestra en la tabla 20 los componentes principales de la red para el WISP.

- DISTRIBUCIÓN DE VLANs

Para la distribución de VLANs se debe tener en cuenta el dimensionamiento de la red, ya que es una red de área local virtual y se va a dividir la red en pequeños segmentos para una mejor administración y en la tabla 21 se muestra los principales beneficios de utilizar una VLAN.

Tabla 21***Ventajas de una VLANs***

Seguridad	Los grupos que tienen datos sensibles se separan del resto de la red, lo que disminuye las posibilidades de que ocurran violaciones de información confidencial
Reducción de costos	El ahorro de costos se debe a la poca necesidad de actualizaciones de red costosas y al uso más eficaz de los enlaces y del ancho de banda existentes.
Mejor rendimiento	La división de las redes planas de capa 2 en varios grupos de trabajo lógicos, reduce el tráfico innecesario en la red y mejora el rendimiento.
Dominios de difusión reducidos	La división de una red en redes VLAN reduce la cantidad de dispositivos en el dominio de difusión.

Fuente: Redes de Área Local Virtual (2015) Recuperado de http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/sistemas/ingcura/Archivos_COM/componentes.asp

Cada VLAN en una red conmutada corresponde a una red IP; por lo tanto, al diseñar la VLAN, se debe tener en cuenta la implementación de un esquema de direccionamiento de red jerárquico. El direccionamiento jerárquico de la red significa que los números de red IP se aplican a los segmentos de red o a las VLAN de manera ordenada, lo que permite que la red se tome en cuenta como un solo conjunto. Los bloques de direcciones de red contiguas se reservan para los dispositivos en un área específica de la red y se configuran en estos como se muestra en la figura 39.

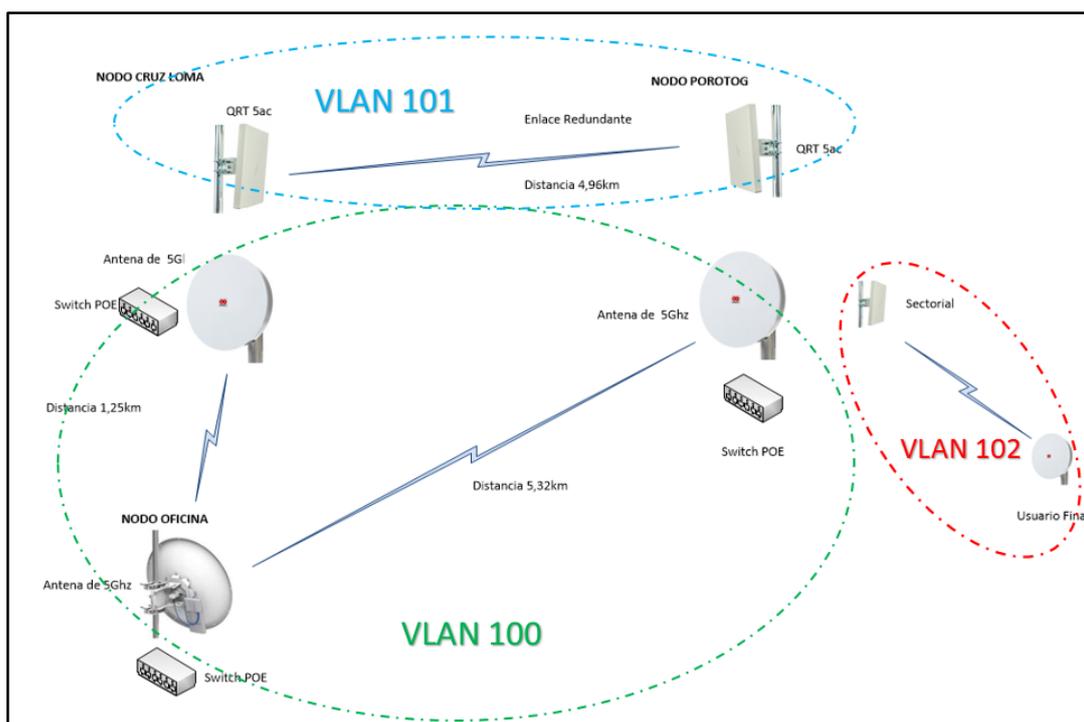


Figura 39 VLAN's en los Módulos de Acceso, Distribución y Núcleo.

Fuente: Elaborado El Autor

3.5.2.1. Módulos adicionales de la red del WISP

Como complemento a los tres módulos de la red del WISP se tiene módulos adicionales que se describen a continuación:

- La red del personal interno del WISP.
- La granja de servidores.
- La salida internacional a INTERNET.
- **Red del personal interno del WISP**

Esta es la red encargada de administrar el WISP, aquí se localizarán las computadoras de todo el personal, tanto técnico como administrativo, esta red se conecta a la red del WISP por medio de un switch, el cual mantendrá protegida la red interna de los diferentes ataques que pudieran provenir de usuarios del WISP como del INTERNET, mediante la asignación de VLAN para los suscriptores del mismo

Los equipos a utilizarse son un switch capa tres, el cual permitirá conectar a los usuarios internos, este switch se conectará al módulo de core o núcleo de la red, además estará formada por la computadoras del personal tanto técnico como administrativo del WISP, también se tendrá dos pequeños servidores, en el primero estará corriendo la aplicación para la administración del WISP. Esta aplicación manejará la información administrativa, como la información de contabilidad, facturación, inventarios y reportes gerenciales, estará a cargo del personal administrativo del WISP, toda esta información se guardará en una base de datos que estará corriendo sobre el mismo servidor.

En el segundo servidor se tendrá otra aplicación que manejará información técnica como lo es: soporte técnico, órdenes de trabajo, solicitudes del servicio y cancelación de mismo, adicional a esta aplicación se tendrá corriendo herramientas que permitirá administrar y monitorear el tráfico de la red, la misma que estará a cargo del personal técnico del WISP, toda esa información se guardará en una base de datos que estará corriendo sobre el mismo servidor.

La topología a ser utilizada será la de tipo árbol o estrella, pues esta garantizará la disponibilidad de los equipos ya que no se ve afectada la red en el caso de falla de algún equipo de la red interna, además se puede detectar y corregir errores y facilita el crecimiento del número de usuarios.

- **DMZ**

La DMZ se unirá al resto de la red del WISP, por medio de un firewall, el mismo permitirá el acceso a esta red solo a los usuarios y suscriptores que estén previamente autorizados y que deseen hacer uso de algún servicio que presta el WISP, así logrando mantener la seguridad de los equipos que se encuentran dentro de la granja de servidores.

Se puede utilizar un SDI, Sistema de Detección de Intrusos, para ello se debe tener en cuenta que es posible seleccionar hardware, software o una combinación de los dos.

Al utilizar un switch (capa dos del modelo OSI), habitualmente se conecta el SDI a un puerto SPAN (Switch Port Analiser), para poder analizar todo el tráfico que circula por la red.

La Zona Desmilitarizada, está conformada por una subred que abarca la granja de servidores. El objetivo principal de la DMZ es permitir la conexión de la red externa a la red interna, permitiendo el acceso a la granja de servidores, mientras tanto que las conexiones de la DMZ solo está permitida a la red externa y no a la red interna, por motivos de seguridad, esto a su vez es una medida de protección de la red interna ya que la DMZ debe brindar los servicios a la red externa. En la DMZ tenemos los servidores como web, http, DNS, e-mail, caché, que pueden ser accedidos por los usuarios del WISP.

La topología a ser usada será la misma usada en la red interna es decir la tipo árbol, de la misma manera el medio de transmisión a utilizarse será el cable UTP categoría 6

- **Salida Internacional a INTERNET**

Se debe establecer un canal con la salida internacional a INTERNET, la cual permitirá a los usuarios del WISP tener acceso a INTERNET, el tamaño del canal se definirá tomando en cuenta los requerimientos de los usuarios del WISP. Este módulo se unirá al resto de la red del WISP a través del firewall que estará ubicado en el router de borde y de un servidor de Antivirus y AntiSpam, el que analizará el tráfico entrante para eliminar posibles amenazas, por lo tanto descongestionar el tráfico de la red y mantener libre de virus a la red interna y externa del WISP, brindando un servicio de calidad.

3.6. DETERMINACIÓN Y UBICACIÓN DE LOS NODOS

Para la ubicación de los nodos se tomó en cuenta, primeramente donde está ubicada la zona comercial del cantón y la ubicación de la población urbana, puesto que en estos sitios es donde se va a ofertar el servicio de INTERNET.

En la figura 40 se observa la zona comercial del cantón Cayambe que está ubicada entre:

- Al norte: la calle Imbabura
- Al sur: la calle 10 de Agosto
- Al este: la calle Juan Montalvo
- Al oeste: la avenida Natalia Jarrín.

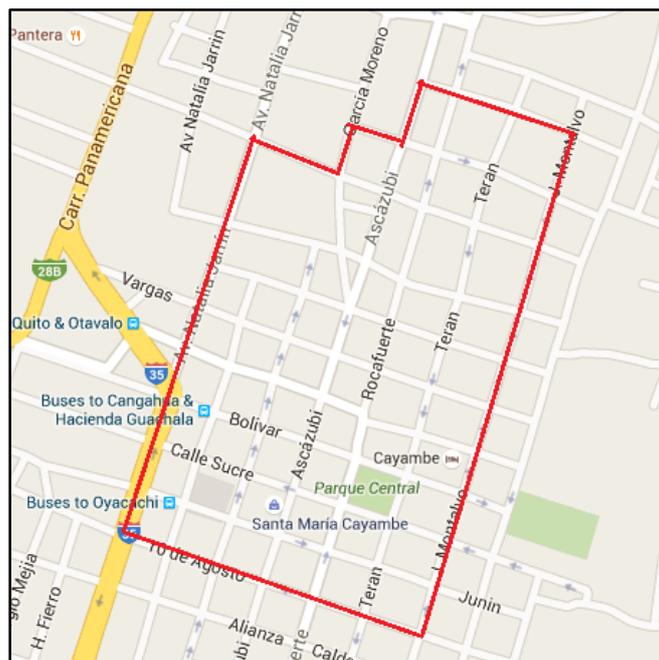


Figura 40 Zona Comercial del cantón Cayambe

Fuente: Google Maps. (2015) Recuperado de <https://www.google.com.ec/maps/@0.0440289,-78.1410291,16z>

Esto datos se obtuvo por una inspección de la zona urbana del cantón Cayambe, además de las estadísticas obtenidas del Sistema de TV por Cable Cayambe Visión ya que con la implementación del WISP, se pretende la unificación de los servicios.

Con lo expuesto anteriormente para la ubicación de los nodos se debe considerar los siguientes parámetros, una gran altura para instalar la antena de la estación base, de tal forma que todas las antenas de los clientes puedan ver la antena central sin ningún obstáculo de por medio, para ello se debe tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- La parte más alta de un edificio en la ciudad
- La parte más alta de un cerro, cercano al área de cobertura
- Una torre alta (torre de comunicación).

Para determinar los puntos estratégicos y brindar servicios de calidad a los usuarios del cantón Cayambe se ha decidido la implementación de tres nodos de acceso en lugares estratégicos, los cuales cubrirán a todo el sector urbano del cantón y se detallan a continuación.

3.6.1. Nodo de largo alcance

Para determinar cuál es el sitio más idóneo para la ubicación del nodo se debe tomar en cuenta los siguientes parámetros.

- Línea de vista.
- Área de Cobertura.

Para lo cual se determinó dos lugares estratégicos donde posiblemente serán instalados los equipos de comunicación.

Los sitios seleccionados inicialmente son: en la comunidad de Cangahua sector Porotog, y el segundo en el cantón Pedro Moncayo sector Cananvalle como se muestra en la figura 41.

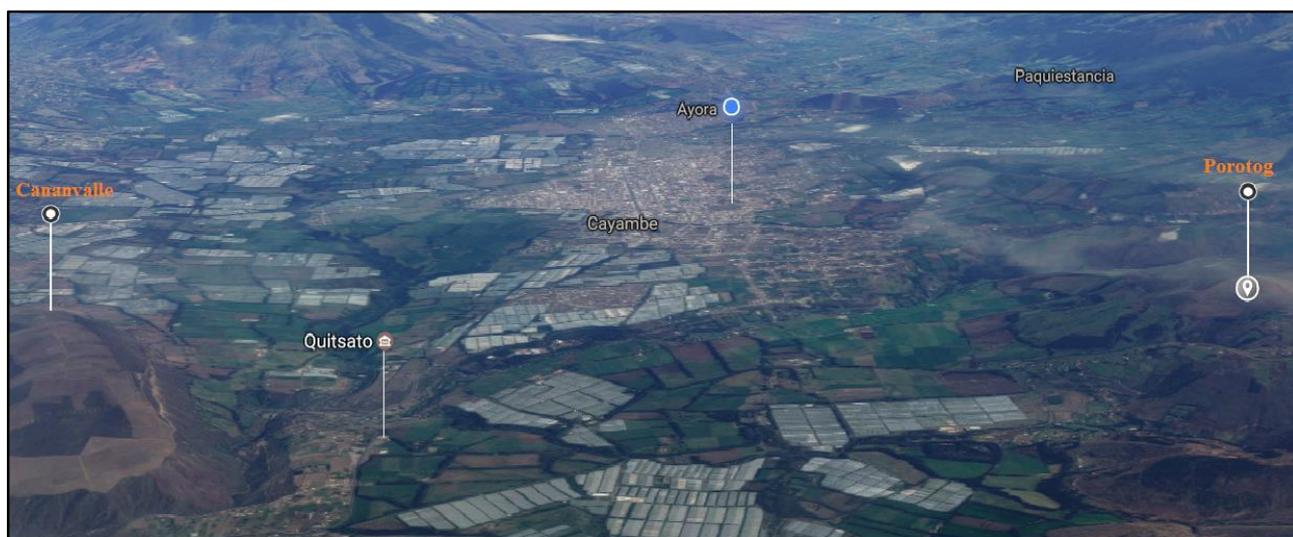
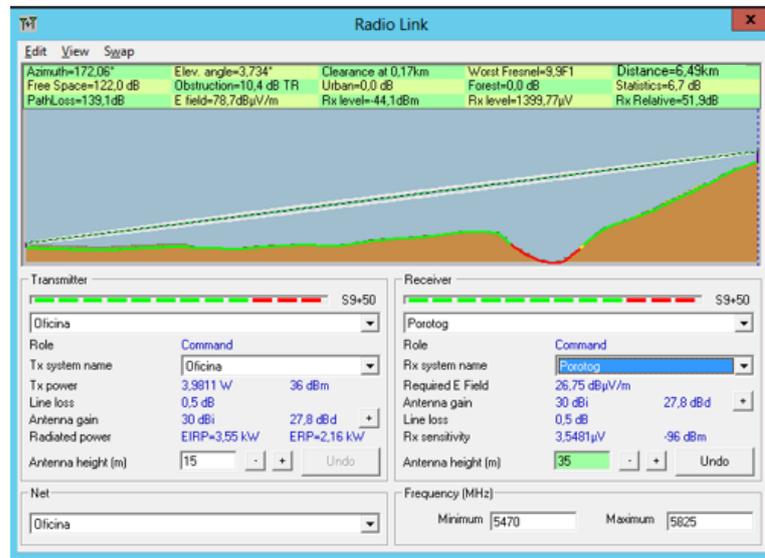


Figura 41 Vista desde Cananvalle y Porotog hacia Cayambe

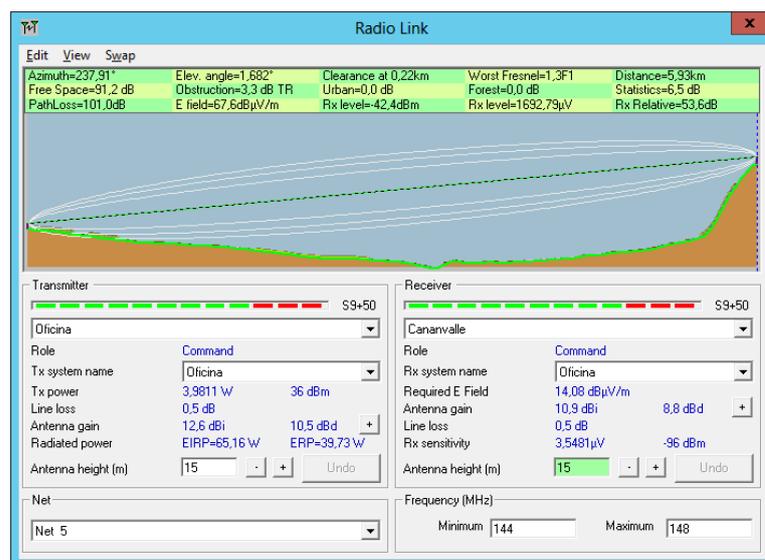
Fuente: Google Maps. (2015) Recuperado de <https://www.google.com.ec/maps/@-0.0611594,-78.189914,1686a,35y,23.91h,76.4t/data=!3m1!1e3>

Con estos datos procedemos a simular en el software Radio Mobile y poder determinar, cual es el sector más idóneo para la ubicación de los nodos.

En la figura 42 (a - b) se observa los datos obtenidos en Radio Mobile de la línea de vista de Potorog a Cayambe y Cananvalle a Cayambe respectivamente.



(a)



(b)

Figura 42 Línea de Vista de Cayambe a Potorog y Cananvalle

Fuente: Radio Mobile. Elaborado por El Autor

Para determinar los parámetros para la ubicación del nodo de largo alcance se realizará una comparativa como se observa en la tabla 22, los sitios donde existe la posibilidad de ubicar el nodo, también se deberá tomar en cuenta otros factores importantes para el momento de la implementación, puesto que esto podría elevar los costos del mismo.

- El Servicio de Energía Eléctrica.
- El Arriendo del lugar donde se va a ubicar la torre para las antenas.
- Tipo de Vía de acceso al sitio donde se ubicará la torre.

Tabla 22

Porotog vs Cananvalle

	Porotog	Cananvalle
Línea de vista	100%	100%
Área de Cobertura	93%	90%
Energía Eléctrica	✓	X
Vía de Acceso	3 ^{er} Orden	3 ^{er} Orden

Fuente: Elaborado el Autor

De acuerdo a los porcentajes de la tabla 22 y teniendo en cuenta los parámetros adicionales en base a experiencia al momento de implementar un WISP, el nodo deberá ser ubicado en la comunidad de Porotog.

3.6.2. Nodo urbano

Para la ubicación de este nodo al igual que el nodo de largo alcance se eligió dos sitios estratégicos cercanos al lugar de cobertura, ya que este nodo será el encargado de cubrir la zona comercial del cantón.

El primer punto seleccionado es en Cruz Loma como se muestra en la figura 43.



Figura 43 Vista desde Cruz Loma a Cayambe

Fuente: Google Maps. (2016) Recuperado de <https://www.google.com.ec/maps/place/Cayambe/@-0.0950229>

El segundo sitio es en la parroquia de Juan Montalvo sector Santa Isabel, cercano a la zona urbana del cantón Cayambe, como se puede observar en la figura 44.

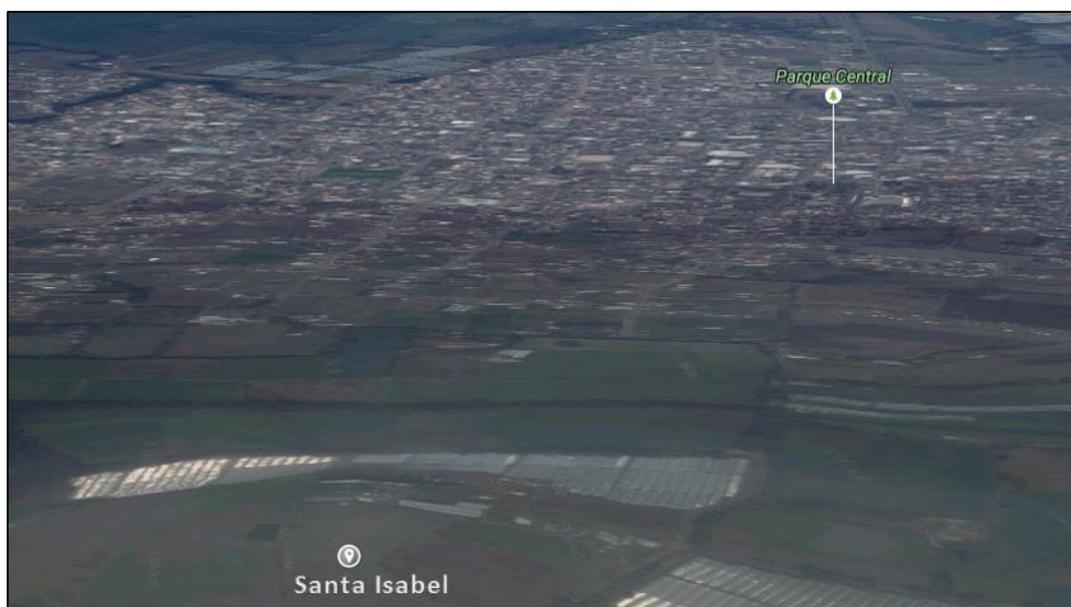
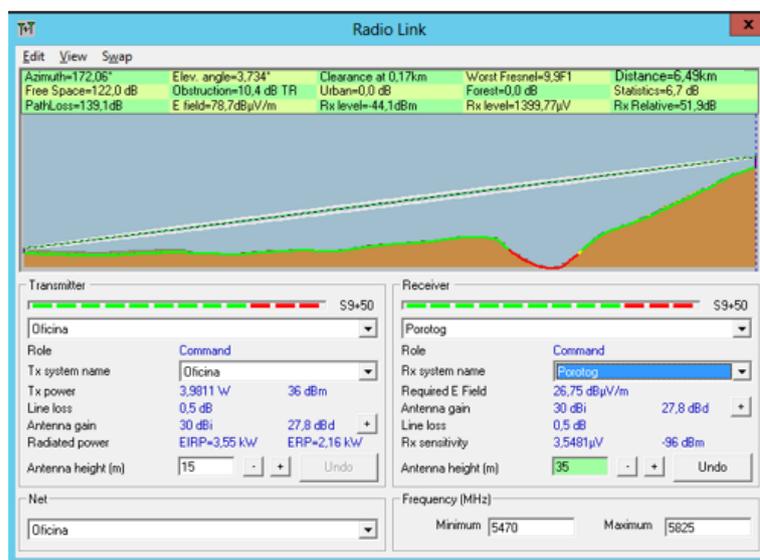


Figura 44 Vista desde Cruz Loma a Cayambe

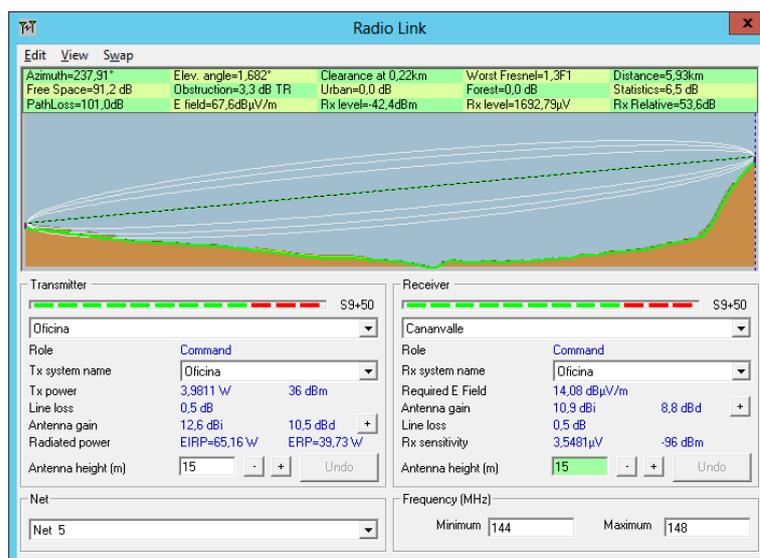
Fuente: Google Maps. (2016) Recuperado de <https://www.google.com.ec/maps/place/Cayambe/@-0.0950229>

Con estos datos procedemos a simular en el software Radio Mobile y poder determinar, cual es el sector más idóneo para la ubicación del nodo urbano.

En la figura 45 (a - b) se observa los datos obtenidos en Radio Mobile de la línea de vista de Cruz Loma a Cayambe y Santa Isabel a Cayambe respectivamente.



(a)



(b)

Figura 45 Línea de Vista de Cayambe Cruz Loma y Santa Isabel

Fuente: Radio Mobile. Elaborado por El Autor

Para determinar los parámetros para la ubicación del nodo urbano se realizara una comparativa como se observa en la tabla 23, los sitios donde existe la posibilidad de ubicar el nodo urbano, también se deberá tomar en cuenta otros factores importantes para el momento de la implementación, puesto que esto podría elevar los costos del mismo.

- El Servicio de Energía Eléctrica.
- El Arriendo del lugar donde se va a ubicar la torre para las antenas.
- Tipo de Vía de acceso al sitio donde se ubicará la torre.

Tabla 23

Cruz Loma vs Santa Isabel

	Cruz Loma	Santa Isabel
Línea de vista	100%	100%
Área de Cobertura	45%	50%
Energía Eléctrica	✓	X
Vía de Acceso	3 ^{er} Orden	X

Fuente: Elaborado el Autor

Teniendo en cuenta los parámetros de la tabla 23 y en base a experiencia al momento de implementar un WISP, el nodo urbano será ubicado en el sector Cruz Loma.

Se espera que los abonados que no se puedan conectar al nodo ubicado en Cruz Loma lo puedan hacer al nodo ubicado en Porotog.

3.6.3. Ubicación de los nodos

Para la ubicación de los nodos, se analizó las características y geografía de la zona urbana del cantón Cayambe, determinando dos lugares estratégicos para así poder llegar a la mayoría de la población, los cuales son potenciales clientes, cabe mencionar que existirá un nodo más para la distribución del servicio de internet inalámbrico, donde se ubicará el cuarto de comunicaciones denominado nodo Oficina.

- **OFICINA**
 - Dirección: Terán y 24 de Mayo
 - Coordenadas: 00°02'39,1'' N; 78°08'29,2'' W
- **COMUNIDAD DE POROTOG**
 - Dirección: Parroquia Cangahua
 - Coordenadas: 00°00'11,7'' S; 78°08'05,4'' W

- **CRUZ LOMA**

- Dirección: Barrio San Carlos calle Pichincha y Don Bosco
- Coordenadas: 00°02'28,1'' N; 78°07'50,0'' W

En la figura 46 se muestra la ubicación de los tres nodos siendo estos, Oficina, Porotog y Cruz Loma según el software Radio Mobile.



Figura 46 Ubicación de los Nodos

Fuente: Radio Mobile. Elaborado por El Autor

3.6.3.1. Oficina (Terán y 24 de Mayo)

En la matriz se cuenta con un mástil ubicado en el tercer piso de las instalaciones, como se observa en la figura 47, el cual tiene una altura de 15 metros, está ubicado en pleno casco comercial de la ciudad donde se va a ubicar el cuarto de equipos y oficina de la empresa.



Figura 47 Antena en la Oficina

Fuente: Fotografía El Autor

3.6.3.2. Comunidad de Porotog

En la figura 48 se muestra la torre de comunicación desde donde se brindan diferentes servicios como telefonía, datos, televisión abierta, entre otros en la misma se ubicará el nodo de distribución Porotog ubicado en la Parroquia rural de Cangahua a una altura de 3171 msn, inicialmente se ubicará una antena sectorial que cubrirá un ángulo de cobertura de 60°.



Figura 48 Ubicación de la Antena en Porotog

Fuente Fotografía El Autor

3.6.3.3. Cruz Loma

En la figura 49 se muestra la torre de comunicación que está ubicado en las calles Pichincha y Don Bosco a una altura de 2967,4 msn, donde se ubicarán dos antenas sectoriales para tener una mejor cobertura de la zona comercial del cantón, con un ángulo de cobertura de 120°.



Figura 49 Ubicación de la Antena en Cruz Loma

Fuente: Fotografía El Autor

3.7. SIMULACIÓN DE LA RED CON LA ESTACIÓN BASE

La simulación de la red se procederá a realizar en el software Radio Mobile, el cual es un software de planificación de radioenlaces desarrollado por Roger Coudé con fines humanitarios y amateur, que lleva actualizándose desde 1988. En este proyecto se ha utilizado la versión 11.5.9 del programa.

Entre las diversas funcionalidades que tiene, destacamos las herramientas que para el cálculo de radioenlaces "Radio Link" y el cálculo de coberturas "Radio Coverage".

Como ya se ha comentado anteriormente, este programa hace uso del modelo de propagación ITM (Modelo de Terreno Irregular por sus siglas en inglés Irregular Terrain Model²⁶), también conocido como Longley-Rice y de modelos digitales del terreno como el obtenido de la misión SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) de la NASA.

En este capítulo se muestran las características más destacables del programa y se explica cómo utilizar sus herramientas de planificación para obtener el mapa del lugar de trabajo, debemos ingresar los siguientes datos para nuestro caso de estudio.

²⁶ ITM - Irregular Terrain Model - Modelo de Terreno Irregular

En la figura 50 se muestran la ventana principal de Radio Mobile en donde se coloca los datos para la obtención del mapa del cantón Cayambe siendo los datos más relevantes los referentes a la latitud y longitud.

Latitud: 0,044192

Longitud: -78,141450

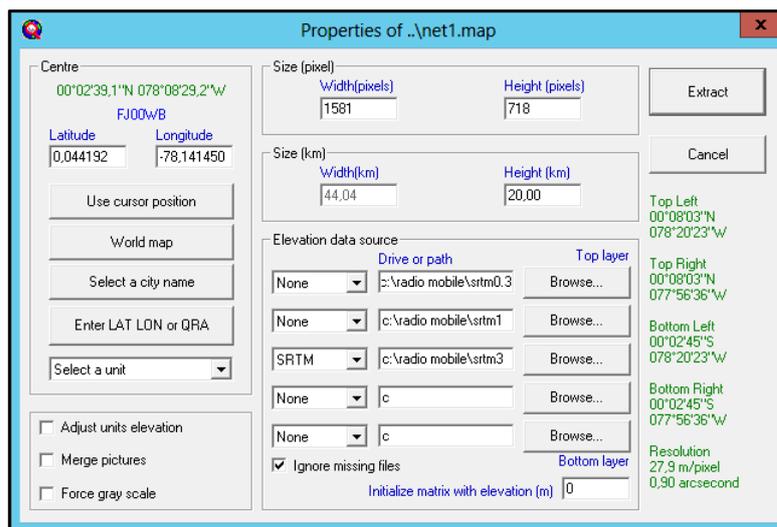


Figura 50 Ubicación del Mapa

Fuente: Elaborado el Autor, Radio Mobile

Luego de ingresar los datos de latitud y longitud damos click en extraer y nos muestra la figura 51 en donde nos refleja la topografía de Cayambe la zona de cobertura del WISP.

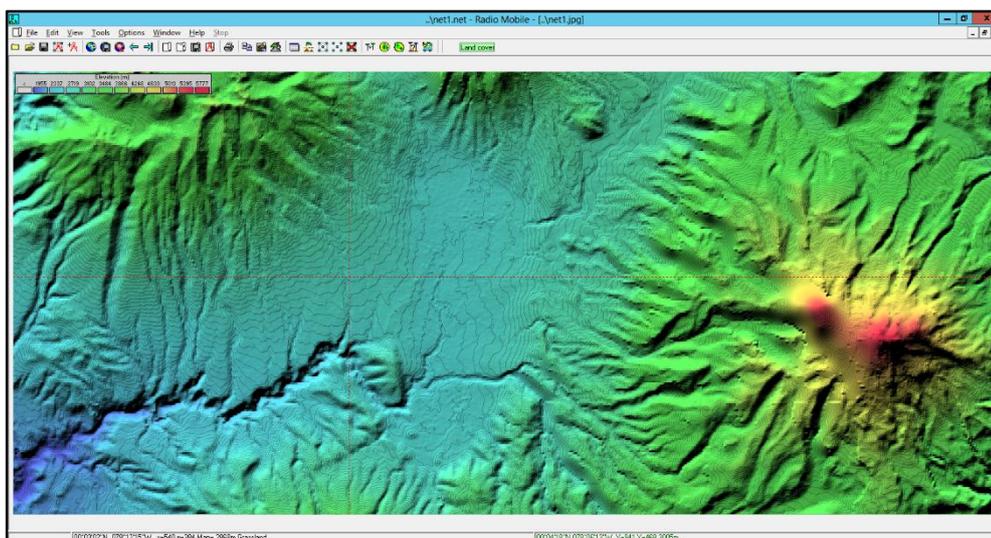


Figura 51 Mapa Zona Urbana Cayambe

Fuente: Elaborado el Autor, Radio Mobile

De la misma manera procedemos a ingresar los datos para la ubicación de los nodos principales del WISP y los nodos de distribución, como resultado obtenemos la figura 52.

- Oficina
 - Latitud: 0,044192
 - Longitud: -78,141450
- Cruz loma
 - Latitud: 0,041145
 - Longitud: -78,130549
- Porotog
 - Latitud: -0,003263
 - Longitud: -78,134828
- Home
 - Latitud: 0,033248
 - Longitud: -78,141841



Figura 52 Ubicación de los Nodos

Fuente: Elaborado el Autor, Radio Mobile

La figura 53 nos muestra los enlaces de los nodos principales y un nodo redundante, podemos observar la topología de conexión de la red del WISP.

- Enlace Oficina – Cruz Loma
- Enlace Oficina - Porotog

- Enlace redundante Porotog – Cruz Loma

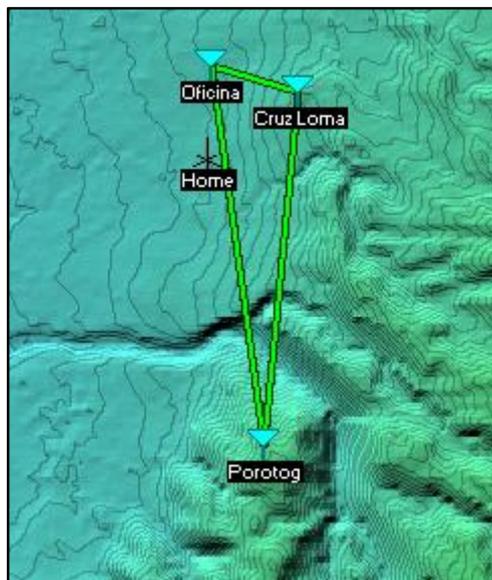


Figura 53 Ubicación de los Nodos

Fuente: Elaborado el Autor, Radio Mobile

De la misma forma procedemos a obtener los resultados de los diferentes Radio Enlaces, en este caso lo haremos del Nodo Principal ubicado en la Oficina con el Nodo de Cruz Loma, siendo este un enlace Punto a Punto y posteriormente la ubicación de las antenas sectoriales para la distribución del servicio a los usuarios finales, como se muestra la figura 54.



Figura 54 Radio Enlace Oficina-Cruz Loma

Fuente: Elaborado el Autor, Radio Mobile

Una vez realizado el enlace se obtienen los datos del enlace los cuales se pueden observar en la figura 55, los cuales son:

- Azimut
- Ángulo de Elevación de las Antenas

- Distancia entre Enlaces
- Pérdida en el Espacio Libre
- Nivel de Recepción
- Peor Zona de Fresnel

En la parte inferior se muestran los sectores desde los que se realiza el enlace y características técnicas de las antenas como: el nivel de potencia, la ganancia de las antenas, la potencia isotrópica radiada equivalente (EIRP, por su sigla en inglés), o PIRE (es una medida de la potencia que se está enfocando en una determinada región de espacio determinada por las características de la antena transmisora), la potencia Irradiada Isotrópica efectiva. Además la altura que se recomiendan para las torres de transmisión.

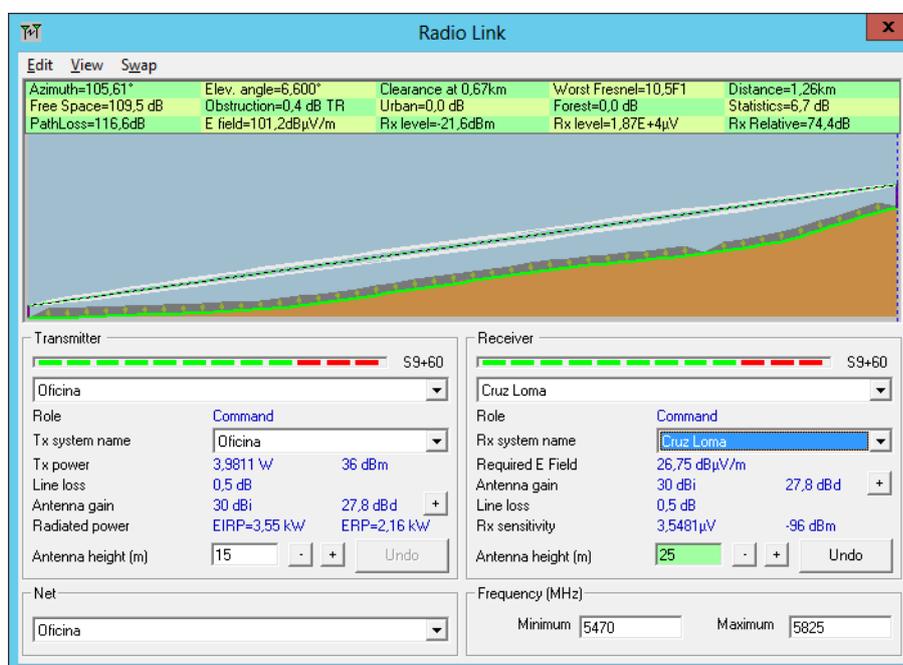


Figura 55 Datos Radio Enlace Oficina-Cruz Loma

Fuente: Elaborado el Autor, Radio Mobile

El siguiente Radio Enlace, es del Nodo Principal ubicado en la Oficina con el Nodo de Porotog, siendo un enlace Punto a Punto y posteriormente se ubicarán de las antenas sectoriales para la distribución del servicio a los usuarios finales, como se muestra la figura 56.



Figura 56 Radio Enlace Oficina-Porotog

Fuente: Elaborado el Autor, Radio Mobile

De la misma manera que en el caso anterior se obtienen los siguientes datos del Radio Enlace, como lo muestra la figura 57.

- Azimut
- Ángulo de Elevación de las Antenas
- Distancia entre Enlaces
- Pérdida en el Espacio Libre
- Nivel de Recepción
- Peor Zona de Fresnel

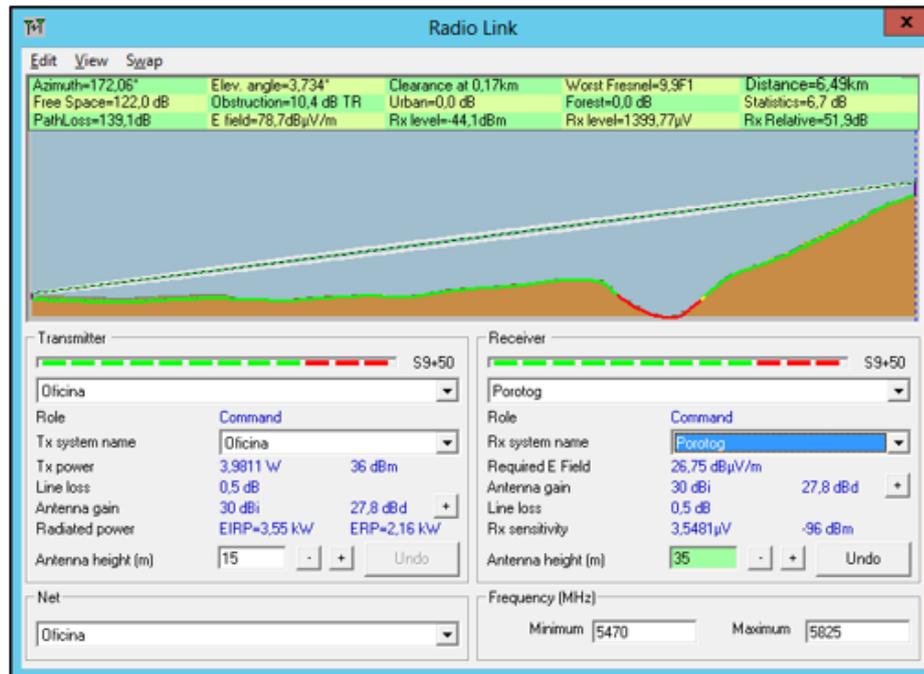


Figura 57 Datos Radio Enlace Oficina-Porotog

Fuente: Elaborado el Autor, Radio Mobile

Posterior a realizar la simulación de los Radio Enlaces Punto a Punto se analizará con un usuario final, el cual se lo hará con una antena sectorial ubicada en Porotog, ya que esta antena sectorial está ubicada a mayor distancia y así obtener datos de esta simulación, como se muestra en la figura 58.

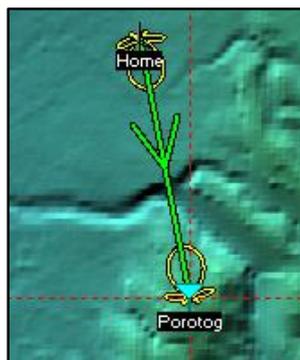


Figura 58 Radio Enlace Porotog-Home

Fuente: Elaborado el Autor, Radio Mobile

De igual manera de los enlaces Punto a Punto, se lo realizará con este enlace el cual es Punto Multipunto que es característico para la distribución del servicio de INTERNET con el usuario final, obteniendo los siguientes datos, como se muestra en la figura 59.

- Azimut
- Ángulo de Elevación de las Antenas
- Distancia entre Enlaces
- Pérdida en el Espacio Libre
- Nivel de Recepción
- Peor Zona de Fresnel

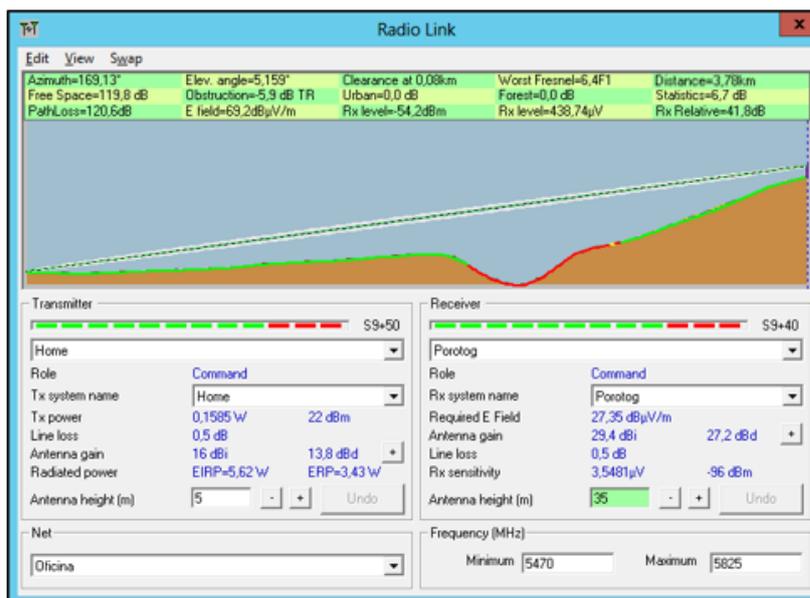


Figura 59 Datos Radio Enlace Porotog-Home

Fuente: Elaborado el Autor, Radio Mobile

3.8. ESTRUCTURA DE LA RED

La red forma parte del diseño de la infraestructura del WISP, la cual nos permite tener un sistema de administración técnica y financiera, esto permite ofrecer a los suscriptores y a los administradores los servicios que presta el WISP. Un buen diseño de la red permitirá cumplir con los requerimientos de los usuarios internos y de los abonados en temas fundamentales como la disponibilidad del servicio y soporte técnico.

Esto permite cumplir con los estándares de calidad que establece la normativa ecuatoriana en lo referente a la explotación del servicio de valor agregado.

En la figura 60 se muestra el diseño general de la red del WISP, en este esquema se puede observar la topología completa de la red del WISP, donde tenemos dos Proveedores del servicio de INTERNET para el WISP o conocidos como Carrier, la red interna del WISP, la conexión hacia la DMZ y la conexión de las antenas sectoriales.

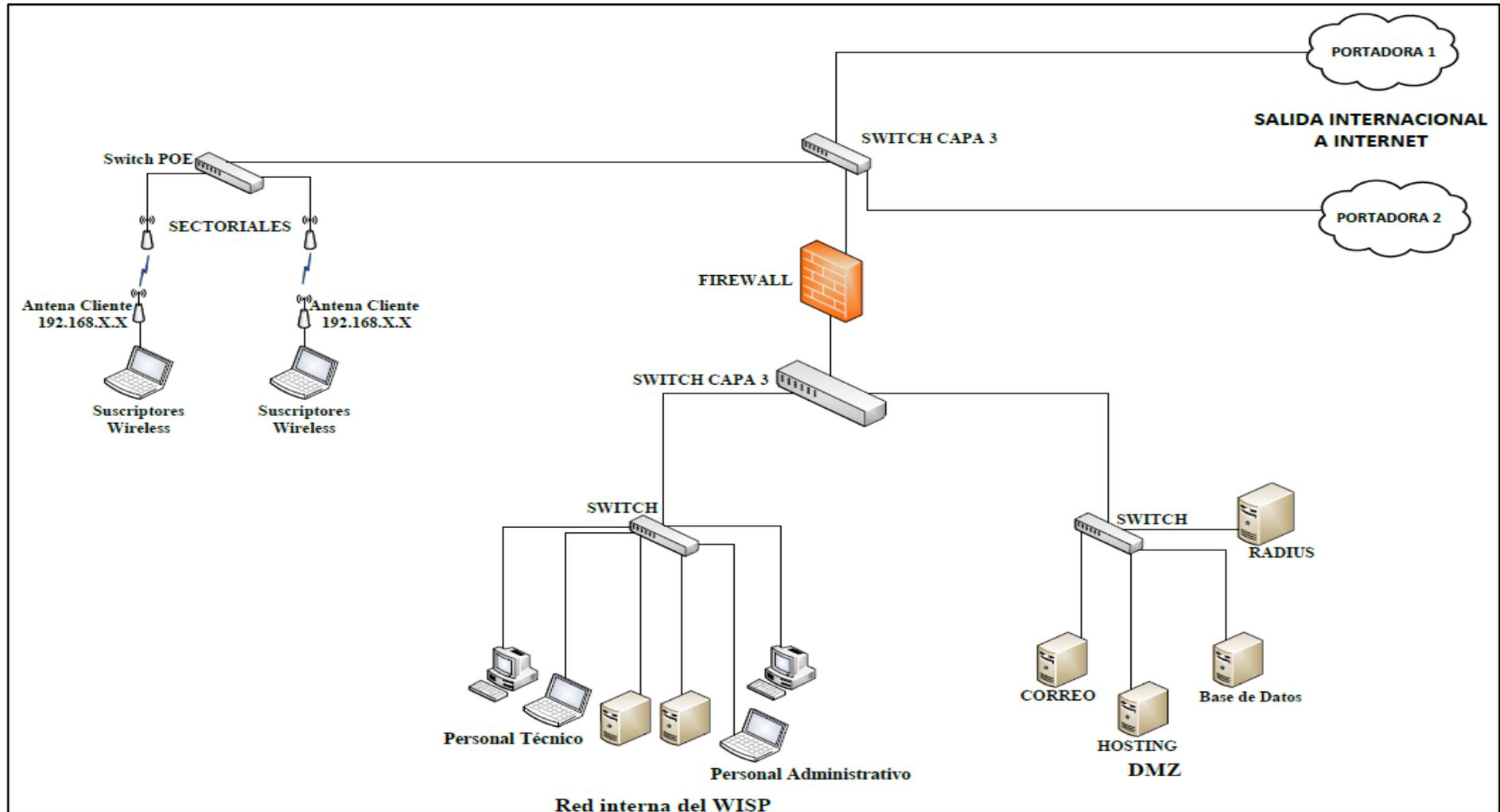


Figura 60 Diseño de la Red Física del WISP

3.9. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Hoy en día los clientes por lo general esperan de su empresa de Servicios de Valor Agregado (SVA) soluciones confiables de conectividad, desean operar comunicaciones robustas y flexibles que resuelvan voz, datos, INTERNET, red corporativa, necesidades de comunicación inalámbrica. En el cantón Cayambe la realidad no es diferente pues los usuarios de INTERNET están interesados en obtener servicios de valor agregado que además de lo descrito anteriormente, brinden disponibilidad y soporte técnico la mayor parte del año.

El diseño de este WISP desea brindar a los usuarios soluciones a sus demandas, proveer de comunicaciones inalámbricas de alto rendimiento a precios competitivos, mismos que en un futuro puedan ampliarse rápidamente brindando cobertura en lugares inaccesibles para otras empresas y brindar diversidad en sus servicios.

En la tabla 24 se muestra la distribución de los canales de frecuencia para las antenas del WISP de la siguiente manera.

Tabla 24

Distribución de canales de frecuencia

Antena 1	Canal 36	5180 MHz
Antena 2	Canal 44	5220 MHz
Antena 3	Canal 52	5260 MHz

Fuente: Canales de Frecuencia. "Redes Inalámbricas" Obtenido de <http://www.frecuencias.com/senales/aficiones1350204.html>

La planificación se hace tomando en cuenta que los canales no estén superpuestos, o que no sean canales consecutivos para evitar la interferencia co-canal por tal razón se elige cada canal con una separación de 8 canales podríamos también utilizar los canales 41 y 46 con lo que también estaríamos cumpliendo nuestro propósito y se deja libres los otros canales para utilizarlos en la ampliación de la red. Podemos también darnos cuenta que tenemos muchos canales disponibles para elegir, en total son 19 a diferencia de trabajar con 5,8 Ghz aquí se tiene mayor capacidad como se muestra la distribución de los canales de frecuencia de la antena en la figura 61.

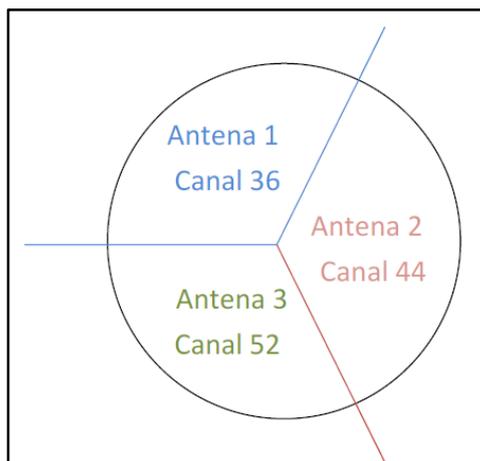


Figura 61 Distribución de frecuencias por Antena.

Fuente: Elaborado el Autor.

Para la pruebas de diseño se instaló los siguientes equipos y así demostrar que el diseño es factible para la futura implementación.

- QRT 5ac
- SXT Lite 5ac

Los equipos son para los enlaces punto a punto y uno punto multipunto para la distribución del servicio de INTERNET.

En la figura 62 se muestra el equipo QRT 5ac instalado en la oficina apuntando a la comunidad de Porotog donde está montado el otro equipo de las mismas características.



Figura 62 Equipo QRT 5ac

Fuente: Fotografía el Autor.

El equipo QRT 5ac instalado en la oficina apuntando a la comunidad de Porotog donde está montado el otro equipo de las mismas características.

En la figura 63 se puede observar que el enlace instalado entre la antena ubicada en la oficina y la antena ubicada en Porotog está funcionando correctamente con la realización de un ping²⁷.

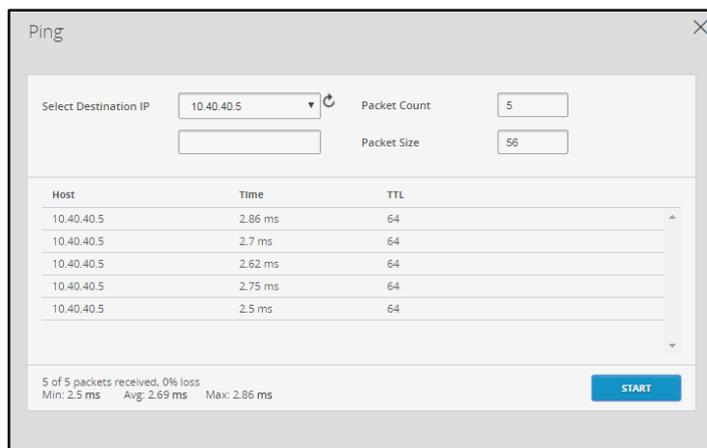


Figura 63 Ping entre la Oficina y Porotog

Fuente: Captura el Autor.

En la figura 64 se observa la Capacidad de Airmux la cual es la solución ideal para carriers o ISPs que se enfocan en la conectividad de primera milla de empresas, así como también en redes privadas que transportan aplicaciones de banda ancha.

²⁷ Ping - Comprueba el Estado de la Comunicación

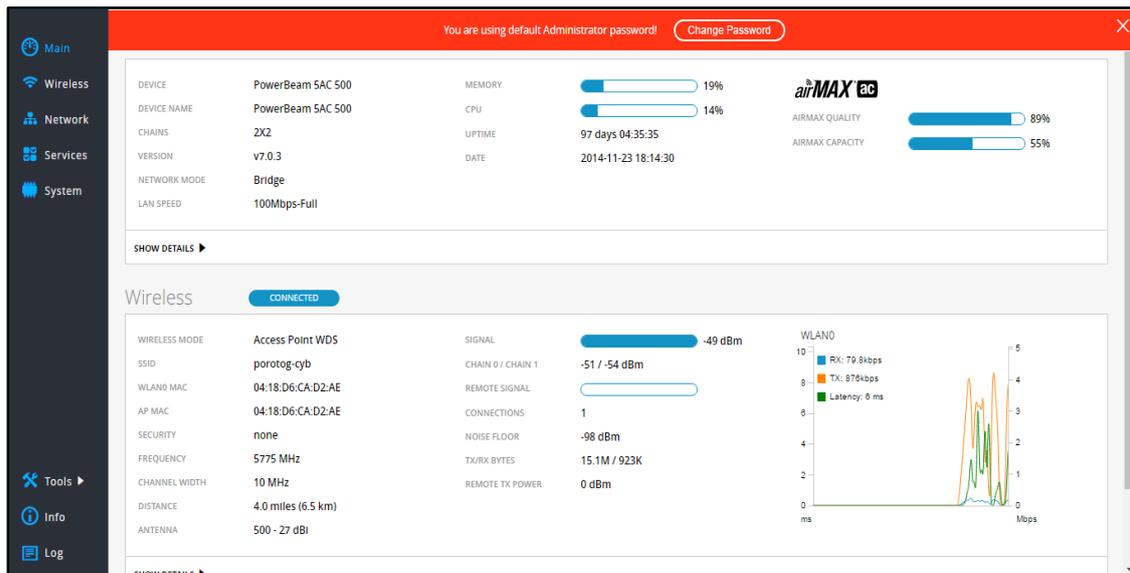


Figura 64 Datos Antena Porotog

Fuente: Captura el Autor.

En la figura 65 se muestra la configuración de la Antena ubicada en Porotog se puede observar el modo de conexión, SSID, el canal a utilizar y la frecuencia en la que está trabajando el equipo.

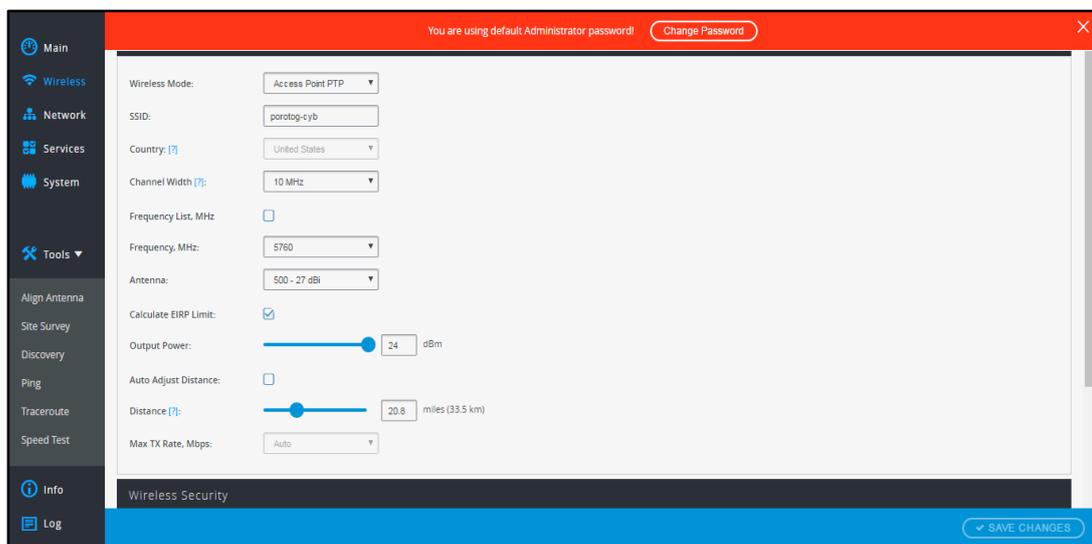


Figura 65 Configuraciones Iniciales de la Antena de Porotog

Fuente: Captura el Autor.

En la figura 66 se puede observar el test de velocidad entre los enlaces PTP para este caso es la conectividad que existe entre el nodo Oficina y el nodo Porotog.

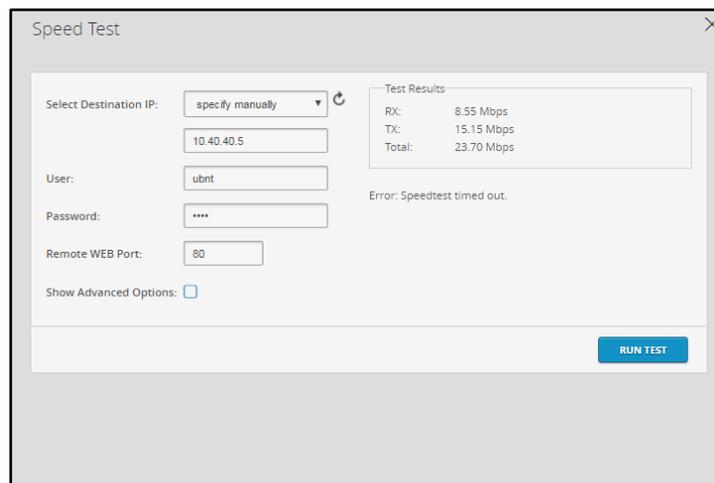


Figura 66 Test de Velocidad enlace PTP Oficina-Porotog

Fuente: Captura el Autor.

De la misma manera se encuentran instalados los equipos para la distribución del servicio a los usuarios finales, como se muestra en la figura 67.



Figura 67 Equipo de distribución

Fuente: Fotografía el Autor.

En la figura 68 se puede observar la instalación del equipo SXT lite 5ac, el cual es el denominado CPE o equipo del usuario final, el mismo que debe tener línea de vista para poder enlazarse con el equipo de distribución del servicio.



Figura 68 SXT lite 5 ac

Fuente: <http://routerboard.com/RBSXTG-5HPacD>

En la figura 69 se puede observar la velocidad de descarga y de subida del usuario final, por razones de prueba se lo realizó en el enlace punto a punto con los QRT 5ac y el CPE con el equipo SXT lite 5ac y se puede observar el ancho de banda solicitado por el usuario que es el correcto.

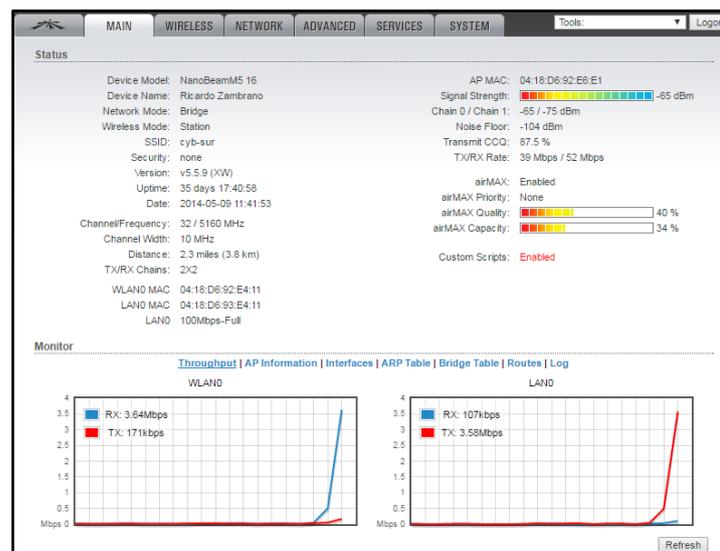


Figura 69 Comprobación del enlace.

Fuente: <http://speedtest.cnt-grms.com.ec/>

3.9.1. Pérdida en el espacio libre

Cuando se trata de un enlace punto a punto, es preferible calcular la atenuación en el espacio libre entre antenas isótropas, denominada también pérdida básica de transmisión en el espacio libre (símbolo: L_{bf} ó A_0) con la ecuación 3:

$$A_0 = 92.4 + 20 \log f + 20 \log d \text{ (dB)} \quad (3)$$

Donde:

f: frecuencia (GHz)

d: distancia (Km)

Reemplazando en la ecuación

$$A_o = 92.4 + 20 \log 5.8 + 20 \log 6.5 \text{ (dB)}$$

$$A_o = 123.92 \text{ (dB)}$$

3.9.2. Azimut

Es el ángulo de una dirección contado en el sentido de la agujas del reloj a partir del norte geográfico. El azimut de un punto hacia el Este es de 90 grados y hacia el Oeste de 270 grados sexagesimales. El termino azimut solo se usa cuando se trata del norte geográfico.

Para calcular el azimut se necesita los siguientes datos, y la ecuación 4.

Coordenadas cartesianas de los puntos.

Oficina:

x: 790, y: 358

Porotog:

x: 816, y: 169

$$\tan^{-1} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \quad (4)$$

$$\tan^{-1} = \frac{169 - 358}{816 - 790}$$

$$A_z = 172.16^\circ$$

3.9.3. Ángulo de elevación de las antenas

El ángulo de elevación nos indicará la inclinación que le debemos dar a la antena con respecto al plano vertical para orientarla hacia la otra antena ubicada en el nodo como se muestra en la figura 70.

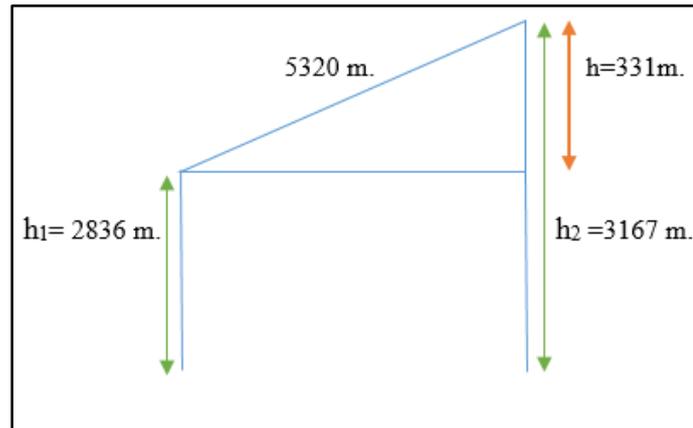


Figura 70 Cálculo del ángulo de elevación de las antenas

Fuente: Elaborado El Autor

$$h = h_2 - h_1 \quad (5)$$

$$h = 331 \text{ m.}$$

Con estos datos aplicamos la fórmula 6:

$$\sin^{-1} = \frac{a}{c} \quad (6)$$

$$\sin^{-1} = \frac{331}{5320}$$

$$\sin^{-1} = 0.062218$$

$$A_e = 3.56^\circ$$

3.9.4. Nivel de recepción

Para determinar el nivel de recepción de las antenas se utiliza la ecuación 7

$$P_{RX} = P_{TX} - A_{LTX} - A_b - A_f + G_{TX} - A_p - A_0 - A_V + G_{RX} - A_f - A_b - A_{LRX} \text{ dBm} \quad (7)$$

$$P_{RX} = 16\text{dBm} - 1\text{dB} - 0.4\text{dB} - 0.4\text{dB} + 17\text{dBi} - 0.5\text{dB} - 123.92\text{dB} - 0.5\text{dB} + 8\text{dBi} - 0.4\text{dB} - 1\text{dB} - 0.4\text{dB}$$

$$P_{RX} = -59.92 \text{ dBm}$$

3.9.5. Zona de Fresnel

La constante de Fresnel establece con la ecuación 8:

$$r = 17.32 \sqrt{\frac{D}{4f}} \quad (8)$$

$$r = 17.32 \sqrt{\frac{5.32}{4 * 5.8}}$$

$$r = 8.29 \text{ m.}$$

r = radio en metros

D = distancia total del enlace en kilómetros

f = frecuencia del enlace en gigahertz

3.9.6. Balance del sistema

Para analizar un sistema de comunicación inalámbrico, es indispensable realizar cálculos del balance del sistema. Para esto, se debe considerar todos los parámetros como: ganancias y pérdidas de potencia en todos los equipos y piezas que forman parte de un equipo transmisor.

En la figura 71 se muestra los parámetros que generalmente se toman en cuenta para realizar el perfil de pérdidas de un radioenlace o balance del sistema de radiocomunicaciones.

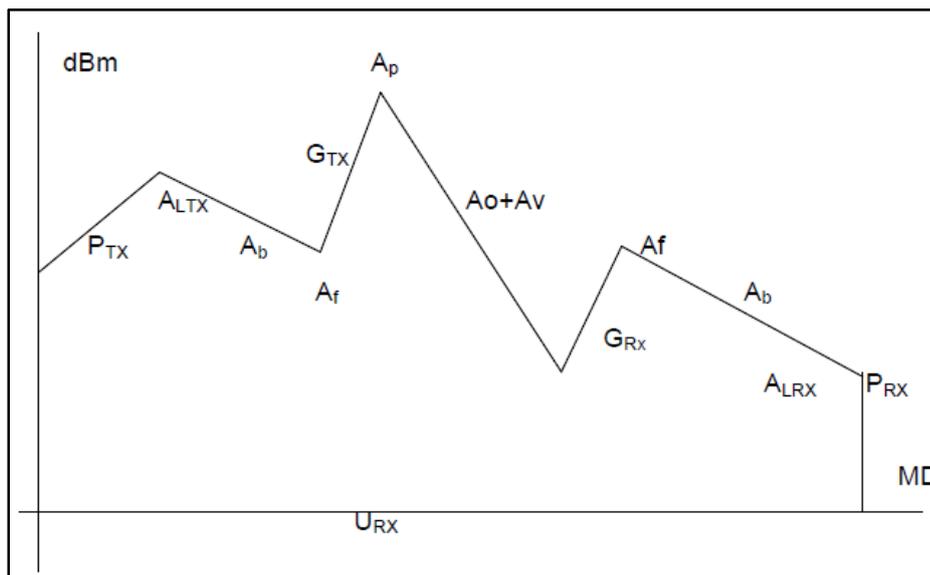


Figura 71 Balance de un Sistema de Radiocomunicaciones

Fuente: Redes Inalámbricas. (2014).
<http://www.cartagena99.com/recursos/alumnos/apuntes/Apuntes%20Tema%201.pdf>

Recuperado

de

Estos son los parámetros y los definimos a continuación:

P_{TX} = Potencia de transmisión.

A_{LTX} = Pérdidas en la línea de transmisión en Tx.

A_b = Pérdidas del branching en Tx.

A_f = Pérdidas del alimentador en Tx.

G_{TX} = Ganancia de la antena transmisora.

A_p = Pérdidas por alineamiento de las antenas.

A_o = Atenuación por espacio libre.

A_v = Pérdidas Varias.

G_{RX} = Ganancia de la antena receptora.

A_f = Pérdidas del alimentador en Rx.

A_b = Pérdidas en branching en Rx.

A_{LRX} = Pérdidas en la línea de transmisión en Rx.

P_{RX} = Potencia en recepción.

U_{RX} = Umbral de recepción.

MD = Margen de desvanecimiento.

En la tabla 25 se observan los resultados de los enlaces obtenidos según el método matemático y el software Radio Mobile existe una variación mínima en el nivel de la señal en Recepción y el Margen de desvanecimiento del enlace debido al modelo de cálculo de las pérdidas que el software determina en base a pérdidas adicionales por obstrucción y múltiples trayectorias, estos cálculos realizados demuestran que el diseño del WISP está bien realizado y es factible la implementación del sistema.

Tabla 25

Cálculo de los Enlaces

	Oficina – Cruz Loma		Oficina - Porotog	
	Radio Mobile	Cálculo Matemático	Radio Mobile	Cálculo Matemático
Azimut	106.1°	106.01°	172.06°	172.01°
Ángulo de Elevación de las Antenas	6.191°	6.179°	3.73°	3.69°
Distancia entre Enlaces	1.26 Km	1.26 Km	5.32 Km	5.32 Km
Pérdida en el Espacio Libre	110.46 dB	110.39 dB	122 dB	121.9 dB
Nivel de Recepción	-40.78 dBm	-40.73 dBm	-44,1 dBm	-44,05 dBm
Zona de Fresnel	4.03 m	4.01 m	5.66 m	5.60 m

Fuente: Elaborado El Autor

3.10. ANÁLISIS DE LA NORMATIVA LEGAL

Los reglamentos vigentes en nuestro país tienen como finalidad satisfacer las necesidades del mercado regularizando la prestación de servicios que se soporten sobre cualquier red de transporte, fija o móvil y de banda estrecha o de banda ancha.

En primer lugar se debe tener claro que los servicios de valor agregado son aquellos que utilizan servicios finales de telecomunicaciones e incorporan aplicaciones que permiten transformar el contenido de la información transmitida.

3.10.1. Títulos habilitantes para prestar servicios de valor agregado de internet.

Para poder explotar los Servicios de Valor Agregado de INTERNET, y operar como un ISP se necesita obtener un título habilitante que faculte a la empresa para poder operar, primeramente se deberá tramitar el permiso, entregando la documentación a la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones solicitando ser declarado ISP, el cual emitirá el resultado de analizar la petición y la aprobación del mismo, este entrara en vigencia una vez publicado en el registro oficial. El título habilitante tiene una duración de 10 años, prorrogables por el mismo periodo de tiempo previa solicitud con 3 meses de anticipo antes que caduque el permiso. El título habilitante para operar como ISP, no contempla el permiso para desplegar infraestructura de última milla cualquiera que esta sea; xSDL, cable MODEM, inalámbrico, entre otras. Por tanto la empresa como ISP no puede llegar al usuario final a través de cualquier enlace inalámbrico o alámbrico, ya que es derecho exclusivo de una empresa Portadora.

Esto se puede resolver de dos formas: la primera seria declarar a la empresa como Carrier²⁸ (obtener la concesión de servicios portadores de telecomunicaciones) y la otra posibilidad es aliarse a una empresa portadora autorizada, más conocida como amparo de última milla. Declarar a la empresa como Carrier resulta muy costoso por lo que para el estudio de factibilidad se optó por la segunda opción.

²⁸ Carrier - Portador

3.10.2. Requisitos para la obtención de títulos habilitantes.

Para la legalización del ISP se debe que hacer lo siguiente:

Reunir toda la información de la empresa como son número de cédula o RUC, provincia, cantón, dirección, teléfono, email, coordenadas GPS de la ubicación de la empresa y representante legal (este puede ser una persona natural o jurídica), los requisitos para poder presentar el proyecto están determinados por el tipo de persona natural o jurídica, en los formularios donde además se muestra el llenado de los mismos que son requisitos para la obtención del título habilitante (ANEXO A).

3.10.3. Frecuencias de operación.

La frecuencia a la que se desea operar 5,8Ghz en el Ecuador es considerada libre o no se necesita firmar un contrato de concesión para su utilización, pero es necesario gestionar y registrar ante la ARCOTEL la frecuencia ICM (Investigación, Ciencia y Medicina) en la que se va a operar y el uso de los equipos para realizar los enlaces inalámbricos.

Pero no está permitido que un WISP registre la frecuencia ICM debido a que el título habilitante que posee no le otorga esta posibilidad y al implementar la red wireless que sería su propia red de última milla se estaría infringiendo la ley, en este caso una empresa Portadora es la única entidad que puede realizar la solicitud para obtener el certificado de registro de frecuencia. Lo que nos deja dos opciones según el estudio realizado al marco legal referente a los Servicios de Telecomunicaciones, estas son:

- Obtener la concesión de servicios portadores de telecomunicaciones (Declarar la empresa como Portadora además de ser un ISP).
- La reventa de servicios o “Amparo de Última Milla” (Contratar a una empresa que ya posea la concesión de servicios portadores, el amparo de última milla).
- Se optó por la segunda opción lo que también soluciona este problema.

3.10.4. Resultado de la factibilidad legal.

Una vez realizada la revisión del marco legal en lo concerniente a ISP's, se concluye que para poder operar como proveedor de servicio de valor agregado de INTERNET se debe cumplir lo siguiente:

- Juntar la información necesaria y requisitos para declarar a la empresa como ISP.
- Optar por el “Amparo de Última Milla” o declarar a la empresa como carrier.

Se optó por el “amparo de última milla”, buscando:

- No incrementar el monto de la inversión al declarar a la empresa como Carrier.
- Poder desplegar la infraestructura de última milla.
- Operar en la frecuencia de 5,8Ghz, elegida en el tema de selección de la tecnología.

Con lo descrito se encontró que no existe inconveniente alguno y no existe ley que impida la implementación del WISP, con lo que el proyecto también es factible legalmente.

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS ECONÓMICO

En este capítulo se indican los costos referenciales de los equipos y herramientas necesarias para la futura implementación la red inalámbrica del WISP, enlaces punto a punto y punto-multipunto del cantón Cayambe.

4.1. ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PROYECTO

Como se puede ver hoy en día es una realidad que el desarrollo tecnológico en comunicaciones y sus aplicaciones están disponibles para ser utilizadas en beneficio de las personas y el desarrollo integral de un cantón. Una de estas aplicaciones es el servicio de INTERNET que actualmente brindan algunas empresas de televisión, la cual está impulsada por la necesidad de transmitir volúmenes más grandes de información en lugares en donde la red cableada está copada, siendo una solución las redes inalámbricas.

4.2. COSTO DE LOS EQUIPOS

Los costos de los equipos que se detallan en la tabla 26 son referenciales e investigados en el mercado de las telecomunicaciones además fueron selectos luego de realizar comparaciones entre diversas marcas y las características necesarias para la implementación de la red cumpliendo así las normativas técnicas y legales vigentes en nuestro país.

Tabla 26**Costos referenciales de los equipos para la implementación del WISP**

Equipo	Marca	Cantidad	Precio Total
RB911G-5HPacD-NB	Microtik	4	528.64
ANTENAS DISH mANT30	Microtik	4	873.6
RBSXTG-5HPacD	Microtik	4	985.6
ANTENAS DISH mANT19	Microtik	4	1156
QRT 5ac	Microtik	2	551.04
SXT lite 5 ac	Microtik	120	11156.2
Routers RB1100AHx2	Microtik	2	558.88
Switch CES125-24G-1S-IN	Microtik	4	1294.72
Switch POE Tough Switch POE	Ubiquiti	3	717
HP Proliant MicroServer Gen8		2	2540
Servidores HP Proliant ML 110 Gen9 E5-2603v3 8 GB-R B140i 4 LFF NHP 550 w PS		2	2820.16
Bancos de Batería	COSLIGHT	3	4265.92
Adecuación Cuarto de Equipos			3800
Subtotal			31.247,76
Imprevistos			3124.77
TOTAL			34.372,53

Fuente: Servinfratel

4.3. COSTO DE INGENIERIA

Para los costos de ingeniería se toman en cuenta los estudios que se debe realizar para la implementación de la red inalámbrica, accesibilidad a los lugares donde se ubicaran las torres y demás equipos de comunicación.

En la tabla 27 se detallan los valores de los costos de ingeniería, donde consta el estudio de campo por localidad, estudio de suelo el cual se realiza en el lugar destinado para la instalación de mástil donde se ubicaran las antenas de la red del WISP, diseño del sistema de la red, obra civil donde se contempla la mano de obra para la construcción de la plataforma donde se instalara el mástil para las antenas de comunicación.

Tabla 27**Costos de Ingeniería**

Función	Cantidad	Precio Unitario	Precio total
Estudio de campo por localidad	2	250,00	500,00
Estudios de suelo	2	2.250,00	4.500,00
Diseño del sistema	1	10.000,00	10.000,00
Obra civil	3	3.306,66	9.920,00
TOTAL			24.920,00

Fuente: Elaborado El Autor

4.4. COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN

Luego de haber determinado los costos de equipos y los de ingeniera, en la tabla 28 se hacen referencia los costos de implementación y mantenimiento de la red inalámbrica de área metropolitana para la prestación del servicio de INTERNET en el cantón Cayambe, para lo cual consta de dos Técnicos y una secretaria como personal administrativo como se muestra en la tabla 29. Salarios ver ANEXO G.

Tabla 28**Costos de Implementación**

Detalle			Costo
Costo de Equipos			34.372,53
Costo de Ingeniería			24.920,00
Costos de Mantenimiento y Operación	401,04	802,08	1.097,76
		295,68	
Costo Personal Administrativo			382,24
TOTAL			60.772,53

Fuente: Elaborado El Autor

4.5. VALORACION DEL PROYECTO

En un proyecto empresarial es importante analizar la posible rentabilidad del mismo y sobre todo ver si es viable o no, debido a que cuando se plantea un proyecto y se lo pone en marcha se espera tener una rentabilidad a lo largo de los años, esta rentabilidad debe ser mayor a la inversión inicial caso contrario no se debería poner en riesgo un capital.

Además se debe realizar este tipo de evaluación económica en este tipo de proyectos tomando en cuenta los ingresos y egresos para de esta manera determinar el flujo de caja en un periodo determinado de recuperación que en este caso es de 10 años debido a que la vida útil de los equipos de telecomunicaciones se deprecian a partir de ese tiempo transcurrido.

4.5.1. Costo del plan a ofertar

En la tabla 29 se muestra los planes tarifarios de INTERNET que deben cancelar los usuarios se detallan en la siguiente tabla, tomando en cuenta que este costo es el ofertado por otros WISP de la localidad para planes residenciales, con las mismas de velocidades y así ser competitivos en el Cantón.

Tabla 29

Planes Tarifarios

Tipo de Plan	Costo Mensual	Inscripción	Velocidad de Subida	Velocidad de Bajada
Residencial	18	80	3Mbps	1Mbps

Fuente: Cayambe Visión

En lo referente al servicio hay que tomar en cuenta el costo por la instalación que será cancelado una sola vez por el cliente más el costo mensual del servicio.

4.5.2. Ingresos generados por el servicio de internet

A continuación se realiza el cálculo de los ingresos por el servicio de INTERNET tomando en cuenta que se tendrá 120 posibles abonados, determinando un ingreso anual como se muestra en la ecuación 9:

$$120 \text{ abonados} * \frac{18}{\text{mes} * \text{abonado}} * 12 \text{ meses} = 25.920,00 \text{ dólares} \quad (9)$$

Cabe tomar en cuenta que los servicios de voz e INTERNET generan un ingreso adicional por inscripción:

$$120 \text{ abonados} * \frac{80}{\text{abonado}} = 9.600,00 \text{ dólares}$$

4.6. ESTUDIO FINANCIERO

En esta parte se realiza un análisis detallado de las inversiones, ingresos, costos y gastos del proyecto los cuales son la base para realizar la evaluación del mismo y así determinar la viabilidad del proyecto y tomar las mejores decisiones para su implementación, para esto se tomara en cuenta los siguientes evaluadores.

- Flujo de caja
- Valor anual neto
- Tasa interna de retorno
- Período de recuperación de la inversión

4.6.1. Flujo de caja

Para el cálculo del flujo de caja se tomara en cuenta los costos descritos anteriormente en capítulo además de los ingresos por servicios de INTERNET, se toma en cuenta el tiempo de vida útil de los equipos en este caso de 10 años, como se muestra en la tabla 30.

Tabla 30

Detalle del Flujo de caja

Descripción	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
INGRESOS											
Internet		25.920,00	25.920,00	25.920,00	25.920,00	25.920,00	25.920,00	25.920,00	25.920,00	25.920,00	25.920,00
Derecho de instalación		9.600,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL		35.520,00	25.920,00	25.920,00	25.920,00	25.920,00	25.920,00	25.920,00	25.920,00	25.920,00	25.920,00
COSTOS											
Costos de Equipos	34.372,53	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Costos de Ingeniería	2.4920,00										
Costo de Operación y Mantenimiento	1.097,76	1.097,76	1.097,76	1.097,76	1.097,76	1.097,76	1.097,76	1.097,76	1.097,76	1.097,76	1.097,76
Remuneración	382,24	382,24	382,24	382,24	382,24	382,24	382,24	382,24	382,24	382,24	382,24
TOTAL	60.772,53	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FLUJO DE CAJA	60.772,53	37.000,00	27.400,00	27.400,00	27.400,00	27.400,00	27.400,00	27.400,00	27.400,00	27.400,00	27.400,00

Fuente: Elaborado El Autor

4.6.2. Valor actual neto (VAN)

El valor actual neto es el valor que tiene una inversión en el momento de inicio del proyecto en otras palabras en el momento cero del mismo. Para esto se descuentan los ingresos y egresos en su totalidad teniendo en cuenta una determinada tasa de rentabilidad, en definitiva el VAN representa las expectativas de retorno del proyecto.

Por todo lo dicho anteriormente, la tasa de rentabilidad es un factor importante para el cálculo del VAN, en este proyecto se tomara como referencia el 7.6 % como rentabilidad la cual es establecida por la empresa Cayambe Visión.

El cálculo del VAN se lo realiza con la fórmula 10 que se presenta a continuación.

$$VAN = \sum_{t=1}^{10} \left[\frac{FC}{(1+i)^t} \right] - I_0 \quad (10)$$

Se detalla cada una de las variables para mayor comprensión:

- t= tiempo de vida del proyecto
- FC= flujo de caja
- i= tasa de rentabilidad de la empresa
- I₀= inversión inicial

Para el cálculo del VAN a continuación se indican los valores que el presente proyecto tomará.

t= 10 años

FC= \$ 37.000,00 en el año 1 y \$ 27.400,00 a partir del año 2.

i= 7.6 %

I₀= \$ 60.772,53

$$VAN = \frac{37.000,00}{(1 + 0.076)^1} + \sum_{t=2}^{10} \left[\frac{27.400,00}{(1 + 0.076)^t} \right] - 60.772,53$$

$$VAN = \$ 125.256,84$$

En el desarrollo de un proyecto el valor del VAN permite saber si es viable por el efectivo generado, en este caso el valor es positivo lo cual indica que existe una recuperación del capital invertido inicialmente.

4.6.3. Tasa interna de retorno (TIR)

El TIR es el máximo interés que se puede pagar por el financiamiento total de un proyecto. Con esta tasa de interés y con los ingresos generados del proyecto no se generarían pérdidas ni ganancias. Para el cálculo TIR se usa la ecuación 11.

$$0 = \sum_{t=1}^{10} \left[\frac{FC}{(1 + TIR)^t} \right] - I_0 \quad (11)$$

Para el cálculo del TIR a continuación se indican los valores que el presente proyecto tomará y se detalla cada una de sus variables.

- t= tiempo de vida del proyecto
- FC= flujo de caja
- I₀ = inversión inicial

t= 10 años

FC= \$ 37.000,00 en el año 1 y \$ 27.400,00 a partir del año 2.

I₀= \$ 60.772,53

$$0 = \frac{37.000,00}{(1 + TIR)^1} + \sum_{t=2}^{10} \left[\frac{27.400,00}{(1 + TIR)^t} \right] - 60.772,53$$

$$\mathbf{TIR = 46,63\%}$$

El valor porcentual obtenido es del 46,63% del TIR, nos indica que el proyecto es viablemente rentable, ya que este valor es superior a la tasa de rentabilidad esperada del 7.6%.

4.6.4. Periodo de recuperación de la inversión (PRI)

Para poder reconocer e identificar el riesgo de la inversión así como la liquides de un proyecto se debe calcular el PRI el cual nos permite ver la realidad que se tendrá en el

desarrollo del mismo, gracias un cálculo fácil en el que se mide el tiempo de recuperación de la inversión, para lo cual se utilizara la ecuación 12.

$$PRI = \# \text{ de años anteriores a la recuperación total} + \frac{\text{costo anual no recuperado}}{\text{flujo de caja durante el año}} \quad (12)$$

Sumando los flujos de caja se obtiene el número de años anteriores a la recuperación del capital, esta suma va desde el año cero hasta que el valor sea positivo, el año antes del valor positivo será el año que represente en tiempo de recuperación total como se muestra en la tabla 31.

Tabla 31

Costo Acumulado y Recuperado

Año	sumatoria
año 0	60.772,53
año 1	37.000,00
año 2	25.920,00
TOTAL	27.400,00

Fuente: Elaborado El Autor

Después de realizado el cálculo respectivo se obtiene que en el presente proyecto los años de recuperación es en el primer año porque esta antes del valor positivo que se obtiene en el segundo año.

Usando valores obtenidos en la parte superior se calcula el valor del PRI.

$$PRI = 1 + \frac{27.400,00}{37.000,00}$$

$$PRI = 1 + 0,78$$

El valor obtenido, da a conocer que los flujos de caja en 1 años, 8 meses y 27 días, superaran los costos generados por la implementación del proyecto. Lo cual nos ratifica que es un proyecto rentable para la empresa Cayambe Visión.

4.6.5. Relación costo – beneficio (B/C)

La relación costo beneficio, es uno de los indicadores más importantes analizar en el desarrollo de un proyecto debido a que con este cálculo se va a obtener los beneficios monetarios en relación a los costos de la inversión inicial, si los beneficios exceden dicha inversión el proyecto es viablemente rentable y se lo debería implementar, caso contrario se debe descartar.

Para el cálculo de la relación costo-beneficio B/C del proyecto durante los diez años de vida útil de los equipos se la obtiene de la ecuación 13.

$$B/C = \frac{\text{suma del flujo de caja del año 1 al año 10}}{\text{inversión inicial del proyecto presentado en el año 0}} \quad (13)$$

Por consiguiente:

La suma del flujo de caja del año 1 al año 10 = 268.800,00

La inversión inicial del proyecto en el año 0 = 60.772,53

$$B/C = \frac{268.800,00.}{60.772,53}$$

$$B/C = 4.42$$

Con el valor obtenido anteriormente se tiene que por cada dólar invertido se tendrá una ganancia de 4.42 dólares, ratificando de esta manera que el proyecto es viable, para la empresa Cayambe Visión.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo se exponen las conclusiones y recomendaciones luego de haber finalizado el diseño del proyecto.

5.1. CONCLUSIONES

La propuesta del diseño de la red del Proveedor de Servicio de Internet Inalámbrico aplicando el estándar IEEE 802,11ac presentada para la zona urbana del cantón Cayambe permitirá el acceso universal a las tecnologías de acceso a la información, si bien no es un estándar nuevo, es una versión muy probada y estable, con mejoras significativas respecto a versiones anteriores, operando en la banda de 5Ghz, haciendo una red flexible, escalable de rápido despliegue y de bajo costo en comparación con tecnologías cableadas.

Para el diseño de la red del WISP se analizó el estándar IEEE 802.11ac, destacando la calidad de un radio enlace el cual depende la correcta elección de las antenas según las necesidades en potencia, ganancia y directividad, adicionalmente se debe tener en cuenta los dispositivos para el cuarto de equipos. Su proceso de planificación inicia sabiendo cual será la tasa de transferencia que deberá soportar. Se ha utilizado la banda de 5 GHz por considerarse menos propensa a interferencias y sobre todo es una banda de libre operación. El radio enlace, depende además de otros factores importantes como el nivel de sensibilidad de las antenas, relación señal a ruido, potencia de transmisión y la instalación del dispositivo, manteniendo una perfecta alineación de antenas y verificando que no existan obstrucciones dentro de la zona de Fresnel. Estas emisiones deberán realizarse bajo los límites impuestos por la ARCOTEL.

Se realizó el levantamiento de información sobre la situación actual y topográfica de las áreas de cobertura del cantón Cayambe para la ubicación de los nodos y así cubrir en su totalidad la zona urbana de la ciudad, a través de la inclusión en el uso de las tecnologías de acceso a la información.

La investigación y el análisis realizado de la normativa legal vigente en La Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL) como ente regulador y supervisor del espectro radioeléctrico en el Ecuador, impone límites a los parámetros de

funcionamiento de los sistemas de comunicación inalámbrica como frecuencias, potencias de emisión, etc. Además, la operación en la venta del servicio de valor agregado (SVA) de Internet requiere de títulos habilitantes dados por la misma entidad reguladora previo a la presentación de solicitudes, formularios e informes relacionados al proyecto.

La red del WISP que contempla este proyecto tiene la capacidad de expansión ya que es una red escalable, que contiene los equipos activos de la red, los cuales se lo puede incrementar de acuerdo al crecimiento y demanda de usuarios, se aplico una compartición 4:1 considerado muy bueno para servicio residencial, y 2:1 para el servicio corporativo por tratarse de enlaces semi-dedicados. Así, es necesario contratar un ancho de banda de 90 [Mbps], capacidad que el diseño de la red deberá estar en condiciones de soportar sin que la calidad del servicio al usuario final se vea afectada.

Para la simulación de la red se utilizó el software Radio Mobile el cual presenta una gran ventaja sobre otros simuladores porque es de libre distribución, a diferencia de otros que cuentan con licencias, mostrando el comportamiento de las señales transmitidas y sirviendo de apoyo a la planificación de sistemas de comunicación inalámbricos, previo a su instalación.

El análisis económico se lo realizo para verificar que la implementación del proyecto es viable y representa rentabilidad para la empresa, con un periodo de recuperación de la inversión inicial posterior a los 21 meses de ponerse en operación el proyecto.

5.2. RECOMENDACIONES

Para diseñar redes de una manera confiable hay que tener en cuenta que cada red tiene ciertos requerimientos básicos que se deben cumplir y no existe un diseño estándar que se pueda realizar, por lo tanto cada red implementada debe ser hecha a la medida, dejando sentadas las bases para futuras ampliaciones que es lo que se planteó en un inicio para la implementación del WISP, y si se realiza esta implementación en una localidad geográfica, se debe realizar los estudios y análisis correspondientes al espectro de frecuencia, ruido y otros factores que influyen en el espacio, por lo tanto al implementarse se debe conocer esta información para configurar los parámetros correspondientes a las antenas y así poder efectuar el enlace inalámbrico sin que se presente inconvenientes.

Previo a la instalación de una red inalámbrica, se debe realizar pruebas de campo en el lugar a implementarse, ya que pueden existir factores que obliguen a efectuar correcciones en el diseño o a su vez en la red inalámbrica es necesario realizar pruebas de tráfico que permitan saturar el canal para conocer la máxima capacidad de este último y determinar la cantidad de clientes que se puedan enlazar simultáneamente a un Access Point

Se recomienda que la selección de los equipos se realicen primero identificando los requerimientos de la red, para elegir la antena lo más importante es su ganancia en relación a la distancia, así mismo para elegir el acces point se tomara en cuenta primero la potencia necesaria para llegar al punto más alejado de la zona de cobertura.

La cantidad de habitantes se incrementa en un porcentaje de 1,419% en el Ecuador (INEC 2010), esto hace que el mercado en la provincia de Pichincha sea parcialmente rentable para el WISP. Por lo que se recomienda que la implementación de este proyecto considere futuras ampliaciones de puntos de servicio en otros cantones de la Provincia.

Se recomienda extender políticas de detección de fallas a la red inalámbrica, para determinar que se originen inconvenientes en el desempeño de la red. En la actualidad existen grupos de trabajo como la IEEE que se dedica a mejorar las redes inalámbricas y así van apareciendo nuevas funcionalidades especialmente en el campo de la seguridad, entonces se recomienda actualizar periódicamente el firmware de los equipos

Se recomienda utilizar un software para la gestión y administración de la red, uno de ellos sería SYSLAND ya que es una solución de software completa y eficiente, fácil de instalar y administrar, para controlar y optimizar el servicio de internet en toda la red, otro podría ser WHATSUP GOLD para el monitoreo unificado de infraestructura y aplicaciones.

La investigación y el análisis realizado de la normativa legal vigente de la ARCOTEL deben ser exacta, ya que es un proceso extenso y la documentación debe ser clara y precisa para la aprobación del permiso de concesión.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LIBROS, RECURSOS BIBLIOGRÁFICOS EN LÍNEA Y TESIS

LIBROS

Alastruey, R. (2009). *El networking*. España: UOC.

ARCOTEL. (14 de 03 de 2016). *Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones*. Obtenido de <http://www.arcotel.gob.ec/>

Ariganello, E., & Barrientos, E. (2010). *Redes Cisco CCNP a Fondo*. Mexico: Alfaomega.

blog especializado en wifi – wifi mesh, w. (9 de Octubre de 2012). *Redes Inalámbricas Wifi y Wimax*. Obtenido de <http://www.ibersystems.es/blogredesinalambricas/802-11-wifi/>

Brealey, M. y. (2006). *Principios de Finanzas Corporativas*. Mc Graw Hill 8ta Edición.

Cabezas, L., & Gonzales, F. (2010). *Redes Inalambricas*. Madrid España: Anaya Multimedia.

Carballar, J. A. (2008). *Wifi: Instalación, Seguridad y Aplicaciones*. Málaga: RA-MA.

Cerbuna, P. (25 de Julio de 2009). *Universidad Zaragoza, Servicio DNS*. Obtenido de <http://www.unizar.es/sicuz/dns/index.html>

ComDatosGrupo4. (26 de Mayo de 2014). *La Capa de Enlace de Datos*. Obtenido de https://sites.google.com/site/comdatosgrupo4/contenidos/cap2_capa-enlace-datos#TOC-La-Capa-de-Enlace-de-Datos

Erazo, L. D. (2011). *Estudio de Factibilidad de una Red de Backhual y Acceso para Proveedores de Servicio de Internet Inalámbrico (WISP) en la ciudad de Ibarra con Tecnología WIMAX*. Ibarra.

Florencia, R. (2011). *Finanzas Para Emprendedores*. Amazon Kindle Publishing.

Garcia Serrano, A. (2008). *Redes Wi-fi*. Madrid: Anaya Multimedia.

- Gralla, P. (2009). *Como Funcionan las Redes Inalámbricas*. Barcelona: Anaya Multimedia.
- Iglesias, J. L. (2013). *Montaje de un Enlace Wireless de Larga Distancia*.
- INEC. (23 de 05 de 2010). *Instituto Nacional de Estadísticas y Censos*. Obtenido de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/institucional/home/>
- López, J. G. (2008). *Guía de Campo de Wifi*. Málaga: RA-MA.
- Luis Villa, J. V. (s.f.). *Diseño e Implementación de un ISP con Acceso Inalámbrico para Soportar Servicios de Internet y Telefonía IP en el Laboratorio de Telecomunicaciones*.
- Matthew, G. (2011). *Redes Wireless 802.11*. España: Anaya Multimedia s.a.
- MIKROTIK. (07 de 08 de 2015). *routerboard*. Obtenido de <https://routerboard.com/>
- Paredes, M. R. (2000). *Diseño e Implementacion de experiencias docentes para un sitio proveedor de servicios Internet*. Recuperado el 5 de Octubre de 2015, de <http://www.dcc.uchile.cl/~rapadere/plubl/00memDIE.pdf>
- Pellejero, I., Andreu, F., & Lesta, A. (2014). *Seguridad en Redes WLAN*. Madrid: Euskadi.
- Roy Aguilar, M. G. (2004). *Diseño de un Proveedor de Servicios de Internet Inalámbrico Usando la Tecnología de Spread Spectrum para la ciudad de Machala*. Machala.
- Salvetti, D. (2011). *Redes Wireless*. Buenos Aires: Fox Andina.
- Sebastian, B. (2013). *Redes Inalambricas En Los Paises En Desarrollo*. Copenhagen: Jane Butler.
- Serrano, G., & Alberto. (2008). *Redes Wi-Fi*. Madrid: Anaya Multimedia.
- Solorzano, J. A. (2010). *Diseño de un Proveedor de Servicios de Internet Inalámbrico*.
- Stallings, W. (2004). *Comunicaciones y Redes de Computadoras*. Prentice Hall.

Tanenbaum, A. S. (2003). *redes de computadoras*. Amsterdam, The Netherlands: Pearson Educacion.

UBIQUITI. (06 de 08 de 2015). *AIRMAX*. Obtenido de <http://www.ubnt.com/airmax/rocket-ac/>

RECURSOS BIBLIOGRÁFICOS EN LÍNEA

ARCOTEL. (14 de 03 de 2016). *Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones*. Obtenido de <http://www.arcotel.gob.ec/>

blog especializado en wifi – wifi mesh, w. (9 de Octubre de 2012). *Redes Inalámbricas Wifi y Wimax*. Obtenido de <http://www.ibersystems.es/blogredesinalambricas/802-11-wifi/>

Cerbuna, P. (25 de Julio de 2009). *Universidad Zaragoza, Servicio DNS*. Obtenido de <http://www.unizar.es/sicuz/dns/index.html>

ComDatosGrupo4. (26 de Mayo de 2014). *La Capa de Enlace de Datos*. Obtenido de https://sites.google.com/site/comdatosgrupo4/contenidos/cap2_capa-enlace-datos#TOC-La-Capa-de-Enlace-de-Datos

MIKROTIK. (07 de 08 de 2015). *routerboard*. Obtenido de <https://routerboard.com/>

Paredes, M. R. (2000). *Diseño e Implementacion de experiencias docentes para un sitio proveedor de servicios Internet*. Recuperado el 5 de Octubre de 2015, de <http://www.dcc.uchile.cl/~rapadere/publ/00memDIE.pdf>

UBIQUITI. (06 de 08 de 2015). *AIRMAX*. Obtenido de <http://www.ubnt.com/airmax/rocket-ac/>

Como Armar un WISP. (2014). Recuperado de: http://wiki.ubnt.com/Armando_un_wisp

Equipos de Mikrotik. (2015). Recuperado de: <http://routerboard.com/>

Más de IPv6. (2009). *Cabecera IPv4 y cabecera IPv6*. Recuperado de <http://masdeipv6.blogspot.com/2009/11/cabecera-ipv4-y-cabecera-ipv6.html>

Sistemas de Respaldo Eléctrico para Telecomunicaciones. (2015). Recuperado de: <http://www.electromagazine.com.uy/antiores/numero27/artelec27.htm>

Sistemas de -puesta-a-tierra/

TESIS

García, J. L. (2013). *Montaje de un Enlace Wireless de Larga Distancia*.

Luis Villa, J. V. (s.f.). *Diseño e Implementación de un ISP con Acceso Inalámbrico para Soportar Servicios de Internet y Telefonía IP en el Laboratorio de Telecomunicaciones*.

Narváez, D. (2011). *Estudio de Factibilidad de una Red de Backhaul y Acceso para Proveedores de Servicio de Internet Inalámbrico (WISP) en la ciudad de Ibarra con Tecnología WIMAX*. Ibarra.

Roy Aguilar, M. G. (2004). *Diseño de un Proveedor de Servicios de Internet Inalámbrico Usando la Tecnología de Spread Spectrum para la ciudad de Machala*. Machala.

Solorzano, J. A. (2010). *Diseño de un Proveedor de Servicios de Internet Inalámbrico*.

Luis David Narváez Erazo. “*ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE UNA RED DE BACKHAUL Y ACCESO PARA PROVEEDORES DE SERVICIO DE INTERNET INALÁMBRICO (WISP) EN LA CIUDAD DE IBARRA CON TECNOLOGÍA WIMAX*”. 2011

Roy Eduardo Aguilar León; Melissa Beatriz Guerrero Mera; Ricardo Omar Rendón Mera. “*DISEÑO DE UN PROVEEDOR DE SERVICIOS DE INTERNET INALÁMBRICO USANDO LA TECNOLOGIA DE SPREAD SPECTRUM PARA LA CIUDAD DE MACHALA*”. 2004

Luis Hernando Villa Avila; Jhorman Andrés Villanueva Vivas. “*DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ISP CON ACCESO INALÁMBRICO PARA SOPORTAR SERVICIOS DE INTERNET Y TELEFONÍA IP EN EL LABORATORIO DE TELECOMUNICACIONES DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE*”. 2013

Víctor M. Fernández Salmerón. “*Ejemplo de diseño e implementación de una estación base GSM/UMTS*”. 2010

José Luis García Iglesias. *“MONTAJE DE UN ENLACE WIRELESS DE LARGA DISTANCIA”*. 2003

Jorge Augusto Gonzalez Solorzano. *“DISEÑO DE UN PROVEEDOR DE SERVICIOS DE INTERNET INALÁMBRICO”*. 2010

GLOSARIO DE TÉRMINOS

ADSL	Línea de abonado digital asimétrica, ADSL (sigla del inglés <i>Asymmetric Digital Subscriber Line</i>) es un tipo de tecnología de línea DSL.
AES	Estándar de encriptación avanzada.
AP	El Access Point o Punto de acceso es la unidad de conexión central entre la red cableada y los dispositivos de WLAN. Un Access Point recibe y emite datos, tanto a través de cables Ethernet, como también de forma inalámbrica a través de 802.11x.
ARCOTEL	Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones.
Backbone	La palabra backbone se refiere a las principales conexiones troncales de INTERNET.
Cablemódem	Un cablemódem o cable módem es un tipo especial de módem diseñado para modular la señal de datos sobre una infraestructura de televisión por cable.
CIR	Hace referencia a la velocidad de comunicaciones garantizada en un enlace. Siempre se podrá transmitir al menos esa velocidad, aunque haya más equipos conectados.
CMTS	Es un equipo que se encuentra normalmente en la cabecera de la compañía de cable y se utiliza para proporcionar servicios de datos de alta velocidad, como INTERNET por cable o Voz sobre IP, a los abonados
CPE	Es un equipo de telecomunicaciones usado tanto en interiores como en exteriores para originar, encaminar o terminar una comunicación.

- CSMA/CA** Acceso Múltiple con Sondeo de Portadora y Elusión de Colisión; técnica de control de acceso utilizada principalmente en redes inalámbricas consistente en que cada estación espera un intervalo de tiempo antes de transmitir, luego que percibe que el canal está desocupado.
- DHCP** Sistema de nomenclatura de dominios (Domain Name System). Es un sistema que se establece en un servidor que traduce nombres de computadoras a domicilios numéricos de INTERNET (direcciones IP).
- Dial -up** **Dial -up** (conexión por línea conmutada) es una forma de acceso a INTERNET en la que el cliente utiliza un módem para llamar a través de la Red Telefónica Conmutada (RTC) al nodo del ISP, un servidor de acceso y el protocolo TCP/IP para establecer un enlace módem-a-módem, que permite que se enrute a INTERNET
- DMZ** DMZ.- DeMilitared Zone, Zona Desmilitarizada. Es un área de una red de computadoras que está entre la red de computadoras interior de una organización y una red de computadoras exterior, generalmente la INTERNET. La zona desmilitarizada permite que servidores interiores provean la red exterior de servicios, mientras protege la red interior de intromisiones. Es como una calle de sentido único.
- DNS** Sistema de nomenclatura de dominios (Domain Name System) Es un sistema que se establece en un servidor que traduce nombres de computadoras a domicilios numéricos de INTERNET (direcciones IP).

- DOCSIS** Se trata de un estándar no comercial que define los requisitos de la interfaz de comunicaciones y operaciones para los datos sobre sistemas de cable, lo que permite añadir transferencias de datos de alta velocidad a un sistema de televisión por cable (CATV) existente
- DSL** **DSL** (siglas de **Digital Subscriber Line**, "línea de suscripción digital") es una familia de tecnologías que proporcionan el acceso a INTERNET mediante la transmisión de datos digitales a través de los cables de una red telefónica local
- DSSS** Direct-Sequence Spread Spectrum, Tecnología de transmisión vía radio, en la cual datos son transmitidos en varias frecuencias (canales) al mismo tiempo. La técnica genera un bit redundante patrón para cada bit siendo transmitido. DSSS es la tecnología utilizada en el patrón Wi-Fi 802.11b.
- thernet** Es un estándar de redes de computadoras de área local con acceso al medio por contienda CSMA/CD. El nombre viene del concepto físico de ether. Ethernet define las características de cableado y señalización de nivel físico y los formatos de tramas de datos del nivel de enlace de datos del modelo OSI.
- FTP** Protocolo de transferencia de archivos (File Transfer Protocol). Procedimiento que se utiliza para descargar archivos públicos de una computadora remota a un local.
- GSM** **GSM (Sistema Global para Comunicaciones Móviles**, originalmente *Groupe Spécial Mobile*), es un conjunto estándar desarrollado por el Instituto de Estándares de Telecomunicaciones Europeo (ETSI) para describir los protocolos de segunda

generación (2G) digitales redes celulares utilizadas por los teléfonos móviles

INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
Interferencia	La interferencia es un fenómeno en el que dos o más ondas se superponen para formar una onda resultante de mayor o menor amplitud.
IPSec	Es un conjunto de protocolos cuya función es asegurar las comunicaciones sobre el Protocolo de INTERNET (IP) autenticando y/o cifrando cada paquete IP en un flujo de datos.
ISP	Un proveedor de servicios de INTERNET (o ISP, por la sigla en inglés de INTERNET Service Provider) es una empresa que brinda conexión a INTERNET a sus clientes. Un ISP conecta a sus usuarios a INTERNET a través de diferentes tecnologías como DSL, Cablemódem, GSM, Dial-up.
Mac	Es un identificador de 48 bits (6 bloques hexadecimales) que corresponde de forma única a una tarjeta o dispositivo de red
MIMO	Se refiere específicamente a la forma como son manejadas las ondas de transmisión y recepción en antenas para dispositivos inalámbricos como enrutadores.
MIR	Se refiere a la máxima velocidad de comunicaciones posible en un enlace. Nunca se transmitirá información con una velocidad mayor que esa.
MODEM	Modulador / Demodulador Un módem transforma las señales análogas que transmiten las líneas telefónicas, en señales digitales

como las que se generan en los ordenadores. Hay módems internos y externos, así como variedades de modelos para todas las velocidades de transferencia.

- NAT** Es un mecanismo utilizado por routers IP para intercambiar paquetes entre dos redes que asignan mutuamente direcciones incompatibles.
- NLOS** Es un término utilizado en comunicaciones mediante radiofrecuencia. Se usa para describir un trayecto parcialmente obstruido entre la ubicación del transmisor de la señal y la ubicación del receptor de la misma
- NNTP** Es un protocolo inicialmente creado para la lectura y publicación de artículos de noticias en Usenet. Su traducción literal al español es "protocolo para la transferencia de noticias en red".
- OFDM** Técnica de Multiplexación por División de Frecuencia Ortogonal.
- OSPF** Es un protocolo de enrutamiento jerárquico de pasarela interior.
- PoE** Tecnología que incorpora alimentación eléctrica a una infraestructura LAN estándar.
- POP** Es un protocolo de nivel de aplicación en el Modelo OSI.
- PPP** Es un protocolo de nivel de enlace estandarizado en el documento RFC 1661.

QoS	Es el rendimiento promedio de una red de telefonía o de computadoras, particularmente el rendimiento visto por los usuarios de la red.
RTC	Red Telefónica Conmutada se define como el conjunto de elementos constituido por todos los medios de transmisión y conmutación necesarios para enlazar a voluntad dos equipos terminales mediante un circuito físico que se establece específicamente para la comunicación y que desaparece una vez que se ha completado la misma. Se trata por tanto, de una red de telecomunicaciones conmutada.
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol, protocolo simple de transferencia de correo electrónico. Protocolo de red basado en texto utilizado para el intercambio de mensajes de correo electrónico entre computadoras o distintos dispositivos.
TCP/IP	Transmission Control Protocol, El protocolo de red estándar que regula la forma en que se desarrolla el tráfico de datos en INTERNET.
TFTP	Es un protocolo de transferencia muy simple semejante a una versión básica de FTP. TFTP a menudo se utiliza para transferir pequeños archivos entre ordenadores en una red, como cuando un terminal X Window o cualquier otro cliente ligero arrancan desde un servidor de red.
VPN	Red Privada Virtual construida dentro de una red pública mediante protocolos que reservan su uso a un grupo restringido de usuarios.

WDS	Sistema de Distribución Inalámbrico, es un sistema que permite la interconexión inalámbrica de puntos de acceso en una red IEEE 802.11. Permite que ésta pueda ser ampliada mediante múltiples puntos de acceso sin la necesidad de un cable troncal que los conecte.
WEP	Privacidad Equivalente a Cableado, es el sistema de cifrado incluido en el estándar IEEE 802.11 como protocolo para redes Wireless que permite cifrar la información que se transmite.
WI-FI	Fidelidad Inalámbrica, es un conjunto de estándares para redes inalámbricas basado en las especificaciones IEEE 802.11.
WIMAX	Acceso Inalámbrico por Microondas. Organización de fabricantes de equipos que adhieren al estándar 802.16 que realizará pruebas de compatibilidad y cumplimiento de perfiles específicos.
WLAN	Es un sistema de comunicación inalámbrica flexible, muy utilizada como alternativa a las redes de área local cableada o como extensión de éstas.
WPA	Es un sistema para proteger las redes inalámbricas (Wi-Fi); creado para corregir las deficiencias del sistema previo

ANEXOS

ANEXO A**FORMULARIO SP-01****SOLICITUD DE OTORGAMIENTO DE UN TITULO HABILITANTE DE
PRESTACION DE SERVICIOS DE ACCESO A INTERNET**

[Ciudad] __ de _____ del _____

Sra. Ana Vanessa Proaño De La Torre**Directora Ejecutiva de la Agencia de Regulación y Control de las
Telecomunicaciones****Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones ARCOTEL****Ciudad****De mi consideración:***(Primer Párrafo: Identificación)*

- Información Solicitante
- Establezca el motivo de la solicitud, lo solicitado

(Segundo Párrafo: Descripción de lo Solicitado)

- Descripción de lo solicitado.
- Zona de servicio de la solicitud.
- Haga referencia al proyecto Técnico y Financiero y a los antecedentes legales que acompañan a esta solicitud.

(Cuarto Párrafo: Firmas y Datos de localización)

- Firma Solicitante.
- Dirección Completa, Teléfono (s), Fax. WEB site, email, etc.

 Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones	AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE LAS TELECOMUNICACIONES Solicitud de permiso por adjudicación directa Información e Identificación del Solicitante	IL-SVA-01 FECHA:
---	---	---------------------

I. Datos del Solicitante del Título Habilitante De Prestación De Servicios De Acceso A Internet

Razón Social / Apellidos y Nombres	Persona Jurídica <input type="checkbox"/> Persona Natural <input type="checkbox"/>	Numero de Trámite Fecha: / /
------------------------------------	---	-------------------------------------

Cédula de Identidad	Pasaporte	R.U.C.
---------------------	-----------	--------

Domicilio Legal (Urbanización, Calle principal, Número, Intercepción 1, Intercepción 2, Piso, Oficina,)

Ciudad	Cantón	Parroquia (urbana / Rural)	Provincia
--------	--------	----------------------------	-----------

Teléfono (s)	Móvil (s)	Fax	E-mail	URL del sitio WEB
--------------	-----------	-----	--------	-------------------

Domicilio Actual (Urbanización, Calle principal, Número, Intercepción 1, Intercepción 2, Piso, Oficina,)
--

Ciudad	Cantón	Parroquia (urbana / Rural)	Provincia
--------	--------	----------------------------	-----------

Teléfono (s)	Móvil (s)	Fax	E-mail	URL del sitio WEB
--------------	-----------	-----	--------	-------------------

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

Apellidos y nombres	Cédula de Identidad	Pasaporte
---------------------	---------------------	-----------

Número de Inscripción :	Regístrador Mercantil del
-------------------------	---------------------------

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

Ciudad	Cantón	Parroquia (urbana / Rural)	Provincia
--------	--------	----------------------------	-----------

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

III. Datos de la persona jurídica

Nombre Comercial	Fecha de Constitución	Resolución de Constitución #
Capital Autorizado (USD)	Capital Suscrito (USD)	Capital Pagado (USD)
Vida jurídica remanente (años)	Recursos Estables (USD) <small>(Capital pagado + reservas + Dividendos Largo Plazo + Operación para Futura Capitalización + provisiones)</small>	Recursos Inmovilizados (USD) <small>(Deudas tipo notes, + cuentas por cobrar a largo plazo + participaciones en otras sociedades)</small>

 <p>Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones</p>	<p>AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE LAS TELECOMUNICACIONES</p> <p>Solicitud de permiso por adjudicación directa Información e Identificación del Solicitante</p>	<p>IL-SVA-01 FECHA:</p>
--	---	-----------------------------

V. Lista de entregables que se adjuntan

Persona Natural o Jurídica (en lo que corresponda):

- Copia de la cédula de identidad, de ciudadanía o pasaporte de la persona natural;
- Copia del Registro Único de Contribuyentes (RUC);
- Copia certificada o protocolizada, del nombramiento del representante legal, que se halle vigente, debidamente inscrito en el Registro. Mercantil;
- Copia de la cédula de identidad, de ciudadanía o pasaporte del Representante Legal.
- Certificado de existencia legal de la compañía, capital social, objeto social, plazo de duración y cumplimiento de obligaciones extendido por la Superintendencia de Compañías;
- Copia del estatuto social de la compañía;
- Certificado de la Agencia de regulación y control de las telecomunicaciones respecto de la prestación de servicios de telecomunicaciones del solicitante y sus accionistas, incluida la información de imposición de sanciones en caso de haberlas

VI. Declaración

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

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

<p>Los datos son reales y verificables, por consiguiente tiene valor de declaración jurada.</p> <p>NOMBRES Y APELLIDOS</p> <p>C.I.:</p> <p>Firma del solicitante o Representante Legal</p>	<p>Lugar</p> <p>Fecha: / /</p> <p style="text-align: center;">Día Mes Año</p> <p>Horas:</p>
--	---

**INSTRUCTIVO PARA FORMULARIOS TÉCNICOS PARA EL OTORGAMIENTO
DE TÍTULO HABILITANTE DE PRESTACION DE SERVICIOS DE ACCESO A
INTERNET**

INTRODUCCIÓN:

El solicitante del título habilitante de Prestación de Servicios de Acceso a INTERNET deberá adjuntar a su solicitud la información constante en los formularios que se describen a continuación, conforme la regulación vigente:

- A. Formulario SAI-T-01 (Formulario para descripción técnica detallada del servicio propuesto y cobertura).- En este formulario se debe registrar toda la información del servicio propuesto y la cobertura solicitada.
- B. Formulario SAI-T-02 (Formulario para descripción de nodos físicos y equipamiento y sistemas).- En este formulario se debe registrar toda la información y descripción de los nodos, equipamiento y sistemas.
- C. Formulario SAI-T-03 (Formulario para descripción de enlaces físicos entre nodos (conexión nacional)).- En este formulario se debe registrar toda la información y descripción de los enlaces entre los nodos de conexión nacional.
- D. Formulario SAI-T-04 (Formulario para Descripción de Conexión Internacional).- En este formulario se debe registrar toda la información y descripción de los enlaces para la conexión internacional, (entre los nodos principales al Backbone de INTERNET).
- E. Formulario SAI-T-5 (Formulario para descripción de enlaces físicos de red de acceso).- En este formulario se debe registrar toda la información y descripción de los enlaces de la red de acceso hacia los abonados. Este formulario debe ser incluido en cualquier solicitud de permiso, renovación o modificación técnica o legal del permiso. En este formulario se debe registrar toda la información y descripción de los enlaces de la red de acceso, los nodos principales o secundarios hasta los abonados de la red de acceso, y si requiere espectro radioeléctrico adjuntar la solicitud y formularios correspondientes para la concesión o registro de uso de frecuencias del espectro radioeléctrico.

- F. Formulario SAI-T-05-1: (Descripción de tipos de medios de transmisión de enlaces físicos de red de transporte).- Se debe describir las características del medio de transporte de su red.
- G. Formulario SAI-T-6 (Formulario para Descripción de Otros Anexos).- En este formulario se debe registrar todos los anexos que se incluyen en la solicitud
- H. Formulario SAI-T-7 (Formulario para Plan Tarifario Propuesto).- En este formulario se debe incluir la información del plan tarifario propuesto.

Toda la información requerida en los formularios debe ser llenada de acuerdo a lo establecido en este instructivo.

A más de la información constante en los formularios, la solicitud debe ir acompañada de los documentos técnicos y legales establecidos para el Otorgamiento del título habilitante de Prestación de Acceso a INTERNET.

1. DESCRIPCIÓN DE FORMULARIOS PARA SOLICITUD DEL TITULO HABILITANTE DE PRESTACION DE SERVICIOS DE ACCESO A INTERNET

FORMULARIO SAI-T-01 (FORMULARIO PARA DESCRIPCIÓN TÉCNICA DETALLADA DEL SERVICIO PROPUESTO Y COBERTURA)

- a. **RAZÓN SOCIAL DEL SOLICITANTE:** Incluir la razón social del solicitante sea persona natural o jurídica tal y como consta en el RUC.
- b. **DESCRIPCIÓN DEL SERVICIO PROPUESTO:** Ya incluido en el formulario.
- c. **ÁREA DE COBERTURA:** El solicitante deberá marcar con una X en la casilla de la columna derecha, las provincias solicitadas inicialmente. A continuación se presenta un ejemplo si requiere inicialmente las provincias siguientes: Bolívar y Guayas:

#	Provincia / Ciudad	SI
1	Azuay	
2	Bolívar	
3	Cañar	
4	Carchi	
5	Chimborazo	
6	Cotopaxi	
7	El Oro	
8	Esmeraldas	
9	Galápagos	
10	Guayas	
11	Imbabura	
12	Loja	
13	Los Ríos	
14	Manabí	
15	Morona Santiago	
16	Napo	
17	Orellana	
18	Pastaza	
19	Pichincha	X
20	Santa Elena	
21	Santo Domingo de los Tsáchilas	
22	Sucumbíos	
23	Tungurahua	
24	Zamora Chinchipe	

- d. **RESPONSABLE TÉCNICO:** Se debe incluir el nombre completo del Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones responsable del Proyecto Técnico, su firma, teléfono(s) de contacto y correo electrónico y código de Senescyt.

- e. **REPRESENTANTE LEGAL O PERSONA NATURAL:** Se debe incluir el nombre completo del Representante Legal del Solicitante o el Nombre de la Persona Natural Solicitante y su firma.

FORMULARIO SAI-T-02: FORMULARIO PARA DESCRIPCIÓN DE NODOS FÍSICOS Y EQUIPAMIENTO Y SISTEMAS.

- a. **RAZÓN SOCIAL DEL SOLICITANTE:** Incluir la razón social del solicitante sea persona natural o jurídica tal y como consta en el RUC.
- b. **DESCRIPCIÓN DE EQUIPAMIENTO Y SISTEMAS. ADJUNTAR DIAGRAMAS Y DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS Y SOFTWARE DE LOS NODOS, Y COPIA DE LOS CATÁLOGOS TÉCNICOS.** El solicitante deberá describir los equipos técnicos utilizados inicialmente para su infraestructura de red de telecomunicaciones y adjuntar diagramas y descripción de equipos y software de los nodos, y copia de los catálogos técnicos.
- c. **DETALLE DE NODOS FÍSICOS PRIMARIOS Y SECUNDARIOS**

La infraestructura inicial a solicitar deberá considerar por lo menos la instalación de un nodo, y deberá llenar los datos en las casillas correspondientes de la siguiente manera para cada nodo²⁹:

- i. **Nombre del Nodo:** El solicitante podrá asignar un nombre al nodo, de acuerdo a su criterio.
- ii. **Código Asignado al Nodo (#):** Para la asignación de códigos a los nodos se deberá considerar que el código será único para cada nodo y lo asignará el solicitante; estará compuesto por seis (6) dígitos xxyzzz. Los dos (2) primeros dígitos corresponderán al solicitante y deberá ser el código 00, el tercer dígito corresponderá al tipo de nodo: principal (1) o secundario (2), finalmente los tres (3) últimos serán asignados de forma secuencial

²⁹ Añadir hojas adicionales en el caso de que se requiera. El solicitante podrá adicionar los nodos que tenga planificado conservando el formato propuesto.

iniciando con el 001. Este código deberá incluirlo en la casilla derecha. A continuación se presenta un ejemplo de asignación de códigos:

Nombre de Nodo	Código
Nodo Principal 1	001001
Nodo Principal 2	001002
Nodo Principal nmo ³⁰	001nmo
Nodo Secundario 1	002001
Nodo Secundario 2	002002
Nodo Secundario nmo	002nmo

- iii. Ubicación Geográfica:** El solicitante deberá incluir la ubicación geográfica exacta del nodo, esto es los nombres de la Provincia, Cantón, y Ciudad / Localidad conforme la Distribución Política Administrativa de la República del Ecuador vigente.
- iv. Dirección:** El solicitante deberá incluir la dirección exacta del nodo, esto es los nombres de Av. /Calle principal (avenida o calle principal), No. (Número de la vivienda), Av. /Calle secundaria 1 (avenida o calle secundaria 1), Av. /Calle secundaria 2 (avenida o calle secundaria 2), Sector y Referencia, conforme la ubicación en la ciudad o localidad.
- v. Coordenada Geográfica LATITUD:** El solicitante deberá incluir las coordenadas geográficas de Latitud exacta del nodo conforme al sistema de Georeferenciación WGS84 Zona 17S, esto es los números con dos decimales de los ° (grados), ' (minutos) y '' (segundos), así como las observaciones que tenga el solicitante respecto de los datos incluidos, conforme la ubicación geográfica del nodo.

³⁰ Donde n=1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9; m=1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9; o=1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9;

- vi. Coordenada Geográfica LONGITUD:** El solicitante deberá incluir las coordenadas geográficas de Longitud exacta del nodo conforme al sistema de Georeferenciación WGS84 Zona 17S, esto es los números con dos decimales de los ° (grados), ' (minutos) y '' (segundos), así como las observaciones que tenga el solicitante respecto de los datos incluidos, conforme la ubicación geográfica del nodo.

FORMULARIO SAI-T-03: FORMULARIO PARA DESCRIPCIÓN DE ENLACES FÍSICOS ENTRE NODOS (CONEXIÓN NACIONAL)

- a. RAZÓN SOCIAL DEL SOLICITANTE:** Incluir la razón social del solicitante sea persona natural o jurídica y como consta en el RUC.
- b. DESCRIPCIÓN DE ENLACES (Marque con una x):**
- i. Se deberá marcar con una X en la casilla de la parte derecha si requiere o no inicialmente conexión entre los nodos de la infraestructura a solicitar,
 - ii. Se debe indicar si los enlaces son provistos por una empresa portadora autorizada, de ser el caso deberá adjuntar la carta de compromiso³¹ otorgada por la empresa portadora autorizada

Si en el Formulario SAI-T-02 (Formulario para descripción de nodos físicos y equipamiento y sistemas) indicado anteriormente hay más de un nodo, necesariamente se deberá incluir este Formulario SAI-T-03 (Formulario para descripción de enlaces físicos entre nodos (conexión nacional))

- c. La conexión entre nodos estará constituida por:** Si la respuesta de infraestructura física anterior es afirmativa, el solicitante deberá llenar la tabla Descripción de Enlaces Físicos de la siguiente manera utilizando la información del Formulario SAI-T-02:

³¹ Carta de compromiso de empresa: Debe adjuntar carta de compromiso de provisión de servicios o contrato de prestación de servicios (en el caso de que se nombre a la empresa proveedora del servicio).

- Código Asignado al Nodo (#)A transmisor
- Nombre del nodo A
- Código Asignado al Nodo (#)A receptor
- Nombre del nodo B
- Ciudad A- Ciudad B
- Medio de transmisión: indicar que tipo de medio físico utiliza
- Empresa Provedora: si es arrendando indicar el nombre de la empresa proveedora
- Velocidad de transmisión y recepción.

- Observaciones: Añadir cualquier observación para cada enlace³²

FORMULARIO SAI-T-04 (FORMULARIO PARA DESCRIPCIÓN DE CONEXIÓN INTERNACIONAL)

- a. **Razón Social Del Solicitante:** Incluir la razón social del solicitante sea persona natural o jurídica tal y como consta en el RUC.
- b. **Salida o Conexión Internacional:** Marcar con una X en la casilla de la parte derecha si requiere o no conexión internacional en la infraestructura.
- c. **La conexión internacional estará constituida por:**

Se deberá completar la tabla indicada en el formulario correspondiente. Si necesitan más hojas añadir las.

- **Tramo1:** Escribir el código del nodo principal de su red y el nodo nacional de la empresa portadora autorizada proveedora de la conexión internacional y el medio de transmisión utilizado.
- **Tramo 2:** Escribir el nodo nacional de la empresa portadora autorizada que le brinda la conexión internacional y el nodo internacional a la cual esta empresa se conecta.
- **Proveedor:** Indicar el nombre de la empresa proveedora del enlace
- **Carta de compromiso de empresa:** Debe adjuntar carta de compromiso de provisión de servicios o contrato de prestación de servicios (en el caso de que se nombre a la empresa proveedora del servicio).

³² Especialmente incluir en observaciones todos los saltos de los enlaces, esto quiere decir desde donde parte hasta donde finaliza, por ejemplo de nodo principal 1 – Torres, Punto de Derivación o Dispersión 1 – nodo secundario 1. Asimismo, en observaciones indicar si los enlaces son provistos o no por una empresa portadora legalmente autorizada, si el enlace es nuevo, modificado u eliminado.

- **Velocidad de transmisión:** Deberá describir la velocidad máxima de capacidad internacional contratada en MBPS
- **Nivel de compartición:** Detallar cual es el nivel de compartición.
- **Observación:** Añadir cualquier observación para cada enlace.

FORMULARIO SAI-T-05: DESCRIPCIÓN DE ENLACES FÍSICOS DE RED DE ACCESO

- a. **RAZÓN SOCIAL DEL SOLICITANTE:** Incluir la razón social del solicitante sea persona natural o jurídica tal y como consta en el RUC.
- b. **DESCRIPCIÓN DE ENLACES PARA LA OPERACIÓN COMERCIAL - RED DE ACCESO (Marque con una x) :**
- i. Se deberá marcar con una X en la casilla de la parte derecha si requiere o no inicialmente conexión entre los nodos de la infraestructura a solicitar.
 - ii. Se debe indicar si los enlaces son provistos por una empresa portadora autorizada , de ser el caso deberá adjuntar la carta de compromiso³ otorgada por la empresa portadora autorizada
- c. **LA RED DE ACCESO FÍSICA ESTARÁ CONSTITUIDA POR:** Se deberá completar la tabla indicada a continuación utilizando la información de los Formularios anteriores de nodos:
- Código Asignado al Nodo (#),
 - Abonado/Usuario: El # es aleatorio y se deberá ingresar el nombre y la dirección de cada abonado/usuario.
 - Ciudad de nodo A- ciudad del abonado.
 - Medio de transmisión: indicar que tipo de medio físico es utilizado.
 - Servicio a prestar al abonado
 - Describir si el enlace es propio o arrendado, de ser arrendado indicar cuál es la empresa portadora autorizada.
 - Velocidad de transmisión: expresada en Mbps para cada enlace
 - Nivel de compartición
 - Observación: Añadir cualquier observación para cada enlace.

**FORMULARIO SVA-AT-05-1 (DESCRIPCIÓN DE TIPOS DE MEDIOS DE
TRANSMISIÓN DE ENLACES FÍSICOS DE RED DE
TRANSPORTE)**

Para todo enlace físico utilizar el presente formulario:

- a. **RAZÓN SOCIAL DEL SOLICITANTE:** Incluir la razón social del solicitante sea persona natural o jurídica tal y como consta en el RUC.

- b. **CARACTERÍSTICAS DE LA FIBRA ÓPTICA (F.O.) A UTILIZARSE:** Incluir los siguientes datos en las casillas a la derecha, de las características de la fibra óptica (f.o.) a utilizarse, es decir: tipo de fibra (monomodo/multimodo), material de la fibra (vidrio/plástico), diámetro del núcleo y del revestimiento (multimodo), tipo de fibra multimodo (índice de paso / índice gradual), diámetro del campo modal (monomodo) - mfd: mode field diameter, perfil del índice refractivo (monomodo), atenuación total, coeficiente de atenuación (pérdidas en la fibra) (db/km), atenuación por empalme (pérdida por empalme) (db), número de empalmes del enlace, longitud de onda de operación (primera ventana-825 nm, segunda ventana-1310 nm. y tercera ventana 1550 nm), ancho de banda (hz/km), recomendación de la U.I.T.³³ que cumple la F.O.

- c. **CARACTERÍSTICAS DEL CABLE DE F.O. A UTILIZARSE:** Incluir los siguientes datos en las casillas a la derecha de las siguientes características del cable de fibra óptica a utilizarse: número de fibras que contiene el cable, tipo del cable (para instalación aérea, subterránea, submarina, etc.), otras características del cable de F.O. (depende del fabricante).

- d. **CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO TERMINAL DE LÍNEA DE TX / RX:** Incluir los siguientes datos en las casillas a la derecha de las siguientes características del equipo Terminal de línea de transmisión/recepción: **DISPOSITIVO EMISOR DE LUZ (DIODO EMISOR DE LUZ - LED / DIODO**

³³ Unión Internacional de Telecomunicaciones

LÁSER - LD), POTENCIA MEDIA DEL EMISOR (dBm), CARACTERÍSTICAS DEL EMISOR (DEPENDEN DEL FABRICANTE), DISPOSITIVO DETECTOR DE LUZ (FOTODIODO PIN - FOTODIODO DE AVALANCHA APD - COMBINACIÓN DE UN APD Y UN FET (TRANSISTOR DE EFECTO DE CAMPO)), SENSIBILIDAD DEL DETECTOR (dBm a una VTX), CARACTERÍSTICAS DEL DETECTOR (DEPENDEN DEL FABRICANTE).

- e. **CARACTERÍSTICAS DEL ENLACE DE F.O.:** Incluir los siguientes datos en las casillas a la derecha de las siguientes características del enlace de fibra óptica: formato de transmisión digital (pdh, sdh, etc.), protocolos de comunicación, capacidad de transmisión (bps), disponibilidad, ubicación geográfica de los puntos terminales a y b (direcciones y coordenadas), longitud del enlace (m), tipo de restauración (back up)
- f. **CARACTERÍSTICAS DEL CABLE DE COBRE A UTILIZARSE:** Incluir los siguientes datos en las casillas a la derecha, de las siguientes características del cable de cobre a utilizarse: tipo de cable, características del cable (depende del fabricante), ancho de banda, capacidad de transmisión, atenuación (pérdidas en el cable), tipo de instalación (aérea, subterránea, submarina), dispositivos o componentes de tx/rx, potencia transmitida, sensibilidad en la recepción, disponibilidad, ubicación geográfica de los puntos terminales a y b. (direcciones y coordenadas), longitud del enlace (m), tipo de restauración (back up), norma para la fabricación del cable.
- g. **CARACTERÍSTICAS DE OTROS MEDIOS DE TRANSMISIÓN:** Incluir datos de las características de otros medios de transmisión utilizados tomando como referencia las tablas de los literales anteriores.

FORMULARIO SAI-T-06: FORMULARIO PARA DESCRIPCIÓN DE OTROS ANEXOS

- a. **RAZÓN SOCIAL DEL SOLICITANTE:** Incluir la razón social del solicitante sea persona natural o jurídica tal y como consta en el RUC.

- b. **DIAGRAMA ESQUEMÁTICO TOTAL DE LA INFRAESTRUCTURA EMPLEADA PARA LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO, DETALLANDO CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS TALES COMO: VELOCIDAD DE TX/RX, MEDIO DE TRANSMISIÓN, PROVEEDOR, PUNTOS DE CONEXIÓN:** Se deberá adjuntar lo indicado, así como las observaciones que tenga el solicitante respecto de esta respuesta, que indique claramente que el número de Anexo es el 2.

- c. **DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE CADA NODO DETALLANDO CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS TALES COMO: VELOCIDAD DE TX/RX, MEDIO DE TRANSMISIÓN, PROVEEDOR, PUNTOS DE CONEXIÓN:** Se deberá adjuntar lo indicado, así como las observaciones que tenga el solicitante respecto de esta respuesta, que indique claramente que el número de Anexo es el 3.

**FORMULARIO SAI-T-07: FORMULARIO PARA PLAN TARIFARIO
PROPUESTO**

- a. **RAZÓN SOCIAL DEL SOLICITANTE:** Incluir la razón social del solicitante sea persona natural o jurídica tal y como consta en el RUC.

- b. **Plan tarifario Propuesto:** Se deberá incluir un adjunto que contenga una descripción del plan tarifario propuesto, así como las observaciones que tenga el solicitante respecto de esta respuesta³⁴.

- c. **Incluir Detalle de Capacidad Financiera:** Detalle de Capacidad financiera: es el potencial de una empresa o persona natural para enfrentar exitosamente riesgos financieros. En el ambiente financiero de una empresa existente, la capacidad financiera se puede determinar como: nivel de apalancamiento, liquidez, relación patrimonial, entre otros. En el caso de empresas o proyectos nuevos, se evalúa en función de su viabilidad financiera, donde se utilizan comúnmente elementos como: flujo de caja descontado, tasa interna de retorno, EVA (valor económico agregado) entre otros.

³⁴ Añadir hojas adicionales en el caso de que se requiera.

FORMULARIOS DE RED PRIVADA

FORMULARIO ST – 1A

 Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones		FORMULARIO DE INFORMACION GENERAL PARA SOLICITAR PERMISOS DE RED PRIVADA		ST – 1A Elab.: DGGST
SOLICITUD:				
2) OBJETO DE LA SOLICITUD*:		<input checked="" type="checkbox"/> PERMISO RED PRIVADA <input type="checkbox"/> MODIFICACIÓN Y/O AMPLIACIÓN RED PRIVADA		
3) MEDIO DE TRANSMISIÓN DE SISTEMA*:		<input type="checkbox"/> MEDIO FÍSICO <input checked="" type="checkbox"/> SISTEMA MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA <input type="checkbox"/> SERVICIO FIJO MÓVIL POR SATELITE		
DATOS DEL SOLICITANTE Y PROFESIONAL TECNICO:				
PERSONA NATURAL				
4) NOMBRE				
APELLIDO PATERNO*:		APELLIDO MATERNO*:	NOMBRES*:	CI*:
PERSONA JURIDICA				
5) NOMBRE DE LA EMPRESA*: CAYAMBE VISIÓN S.A				
6) REPRESENTANTE LEGAL				
APELLIDO PATERNO*:		APELLIDO MATERNO*:	NOMBRES*:	CI*:
LEMA		CACHIPUENDO	MARIO PATRICIO	1707323414
7) CARGO* GERENTE GENERAL				
8) ACTIVIDAD DE LA EMPRESA: SERVICIO PRIVADO				RUC*:1091750992001
9) DIRECCION				
PROVINCIA*:		CIUDAD*:	DIRECCION (CIUDAD, CALLE Y No.)*:	
PICHINCHA		CAYAMBE	TERÁN N 3-76 Y 24 DE MAYO	
e-mail:			CASILLA:	TELEFONO / FAX*:
cayavision@htomail.com				022364251
10) CERTIFICACION DEL PROFESIONAL TECNICO (RESPONSABLE TECNICO) Certifico que el presente anteproyecto técnico fue elaborado por el suscrito y asumo la responsabilidad técnica respectiva				
APELLIDO PATERNO*:		APELLIDO MATERNO*:	NOMBRES*:	LIC. PROF*:
PÉREZ		ALBUJA	KLEVER WILSON	
e-mail:			CASILLA:	TELEFONO / FAX*:
klvrperez86@gmail.com				022363297
DIRECCION (CIUDAD, CALLE Y No.)*:			FECHA:	
CAYAMBE AV. CORDOVA GALARZA E 4-10 Y COLOMBIA				FIRMA
11) DECLARACION DE LA PERSONA NATURAL, REPRESENTANTE LEGAL O PERSONA DEBIDAMENTE AUTORIZADA Declaro bajo juramento que la información proporcionada es verídica y que conozco que la comprobación de falsedad de la misma o de los documentos anexos, determinará el archivo de esta solicitud				
NOMBRE*:			FECHA:	
MARIO PATRICIO LEMA CACHIPUENDO				FIRMA
12) OBSERVACIONES:				
13) PARA USO DE LA SNT				
SOLICITUD SECRETARIO NACIONAL ()		CONSTITUCIÓN DE LA CIA. ()	NOMB. REPRESENTANTE LEGAL ()	CUMP. SUPER BANCOS O CIAS. ()
REGISTRO UNICO CONTRIBUY. ()		COMPROBANTE DEL 1/1000 ()	ANTEPROYECTO TÉCNICO ()	COPI A LICENCIA PROFESIONAL ()
COPIA CARACTERISTICAS MEDIOS FISICOS DE TRANSMISION ()		COPIA CONTRATOS CON PORTADOR ()	C. SUPTTEL ()	
COPIA DE ESCRITURAS PROPIEDAD ()		COPIAS CONTRATOS DE ARREND. ()	OTROS {AGUA,LUZ,IMP.PREDIAL} ()	

FORMULARIO ST – 2A

 <p style="font-size: small;">Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones</p>	<p>FORMULARIO DE INFORMACIÓN</p> <p>TECNICO PARA SOCILITAR</p> <p>PERMISOS DE RED PRIVADA</p>	<p>ST- 2A</p> <p>Elab.: DGGST</p>				
2) CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA (SISTEMA MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA)						
PUNTO A PUNTO ()	PUNTO A MULTIPUNTO (X)					
3) COBERTURA (Provincias, ciudades o poblaciones que cubre el sistema solicitado)*						
4) CARACTERISTICAS DEL SISTEMA (SISTEMA MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA, SERVICIO FIJO MÓVIL POR SATÉLITE, COBRE Y/O FIBRA ÓPTICA)*						
		No. ENLACES FISICOS	ENLACES INALAMBRICOS			
No. ESTACIONES	No. REPETIDORES	COBRE	FIBRA OPTICA	FIJO MÓVIL POR SATELITE	MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA	No. TOTAL DE ENLACES
3					2	2
5) FORMULARIOS QUE SE DEBEN ADJUNTAR						
SISTEMA DE MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA (en el caso de utilizar este tipo de sistemas)						
FORMULARIO RC-1B FORMULARIO PARA INFORMACIÓN LEGAL			(X)			
FORMULARIO RC-3A FORMULARIO PARA INFORMACIÓN DE ANTENAS			(X)			
FORMULARIO RC-9A FORMULARIO PARA LOS SISTEMAS DE SMDBA (ENLACES PUNTO-PUNTO)			(X)			
FORMULARIO RC-2A FORMULARIO PARA LA INFORMACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA			(X)			
FORMULARIO RC-4A FORMULARIO PARA INFORMACIÓN DE EQUIPAMIENTO			(X)			
FORMULARIO RC-9B FORMULARIO PARA LOS SISTEMAS DE SMDBA (SISTEMA PUNTO-MULTIPUNTO)			(X)			
FORMULARIO RC-15A FORMULARIO DE EMISIONES DEL RNI			(X)			
SERVICIO FIJO MOVIL POR SATÉLITE (en el caso de utilizar este tipo de sistemas)						
FORMULARIO RC-1A FORMULARIO PARA INFORMACIÓN LEGAL			()			
FORMULARIO RC-3A FORMULARIO PARA INFORMACIÓN DE ANTENAS			()			
FORMULARIO RC-11A FORMULARIO PARA LOS SISTEMAS FIJO POR SATÉLITE			()			
FORMULARIO RC-2A FORMULARIO PARA LA INFORMACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA			()			
FORMULARIO RC-4A FORMULARIO PARA INFORMACIÓN DE EQUIPAMIENTO			()			
FORMULARIO RC-15A FORMULARIO DE EMISIONES DEL RNI			()			

FORMULARIO RC- 1B

	FORMULARIO PARA INFORMACION LEGAL (SISTEMAS DE MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA)		RC - 1B Elab.: DGER Versión: 02	
			1) No. Registro:	
SOLICITUD:				
2) OBJETO DE LA SOLICITUD:	(G) <u>REGISTRO</u> <u>RENOVACION</u> <u>MODIFICACION</u>			
3) TIPO DE SISTEMA:	(PR) <u>PRIVADO</u> <u>EXPLOTACION</u>			
DATOS DEL SOLICITANTE Y PROFESIONAL TECNICO:				
4) PERSONA NATURAL O REPRESENTANTE LEGAL				
APELLIDO PATERNO:	APELLIDO MATERNO:	NOMBRES:	CI:	
5) CARGO:				
PERSONA JURIDICA				
6) NOMBRE DE LA EMPRESA: CAYAMBE VISION S.A.				
7) ACTIVIDAD DE LA EMPRESA: SERVICIO PRIVADO			RUC: 1091750992001	
8) DIRECCION				
PROVINCIA: PICHINCHA	CIUDAD: CAYAMBE	DIRECCION: TERÁN N 3-76 Y 24 DE MAYO		
e-mail: cayavision@hotmail.com	CASILLA:		TELEFONO / FAX: 022364251	
9) CERTIFICACION DEL PROFESIONAL TECNICO (RESPONSABLE TÉCNICO)				
Certifico que el presente proyecto técnico fue elaborado por el suscrito y asumo la responsabilidad técnica respectiva				
APELLIDO PATERNO: PÉREZ	APELLIDO MATERNO: ALBUJA	NOMBRES: KLEVER WILSON	LIC. PROF.:	
e-mail: kwpereza@utn.edu.ec		CASILLA:	TELEFONO / FAX: 022363297	
DIRECCION (CIUDAD, CALLE Y No): CAYAMBE AV. CORDOVA GALARZA E 4-10 Y COLOMBIA		FECHA:	_____ FIRMA	
10) CERTIFICACION Y DECLARACION DE LA PERSONA NATURAL, REPRESENTANTE LEGAL O PERSONA DEBIDAMENTE AUTORIZADA				
Certifico que el presente proyecto técnico fue elaborado acorde con mis necesidades de comunicación				
Declaro que:				
1. En caso de que el presente sistema cause interferencia a sistemas debidamente autorizados, asumo el compromiso de solucionar a mi costo, dichas interferencias, o en su defecto retirarme de la banda. 2. Acepto las interferencias que otros sistemas debidamente autorizados acusen al presente sistema.				
NOMBRE: MARIO PATRICIO LEMA CACHIPUENDO		FECHA:	_____ FIRMA	
11) OBSERVACIONES:				

ENLACE OFICINA CRUZ LOMA

	FORMULARIO PARA INFORMACION DE LA INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES	RC - 2A Elab.: DRE Versión: 02	
		1) Cod. Cont.:	
ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES			
2) ESTRUCTURA 1			
TIPO DE ESTRUCTURA DE SOPORTE: TORRE AUTOSOPORTADA	ALTURA DE LA ESTRUCTURA s.n.m. (m): 2830 m		
CODIGO DE REGISTRO DE LA ESTRUCTURA: ESTRUCTURA 1-S1	ALTURA DE LA ESTRUCTURA (BASE-CIMA) (m):15 m		
3) UBICACION DE LA ESTRUCTURA:			
PROVINCIA	CIUDAD / CANTON	LOCALIDAD/CALLE y No.	UBICACION GEOGRAFICA (WGS84)
			LATITUD (S/N) (°) (') (") (S/N) LONGITUD (W) (°) (') (") (W)
PICHINCHA	CAYAMBE	TERAN N 3-76 Y 24 DE MAYO	00°02'39,1" N 78°08'29,2" W
4) PROTECCIONES ELECTRICAS A INSTALAR EN LA ESTRUCTURA:			
PUESTA A TIERRA	SI () NO ()	PARARRAYOS	SI (X) NO ()
OTROS (Describe):			
5) TIPO DE FUENTE DE ENERGIA A UTILIZAR:			
LINEA COMERCIAL	(X)	GENERADOR	()
		BANCO DE BATERIAS	()
TIPO DE RESPALDO		EXISTE RESPALDO	
		SI (X) NO ()	
GENERADOR	()	BANCO DE BATERIAS	(X)
		UPS	()
OTRO:		_____	
6) PROPIETARIO DE LA ESTRUCTURA: CAYAMBE VISIÓN			
2) ESTRUCTURA 2			
TIPO DE ESTRUCTURA DE SOPORTE:	ALTURA DE LA ESTRUCTURA s.n.m. (m):		
CODIGO DE REGISTRO DE LA ESTRUCTURA:	ALTURA DE LA ESTRUCTURA (BASE-CIMA) (m):		
3) UBICACION DE LA ESTRUCTURA:			
PROVINCIA	CIUDAD / CANTON	LOCALIDAD/CALLE y No.	UBICACION GEOGRAFICA (WGS84)
			LATITUD (S/N) (°) (') (") (S/N) LONGITUD (W) (°) (') (") (W)
4) PROTECCIONES ELECTRICAS A INSTALAR EN LA ESTRUCTURA:			
PUESTA A TIERRA	SI () NO ()	PARARRAYOS	SI () NO ()
OTROS (Describe):			
5) TIPO DE FUENTE DE ENERGIA A UTILIZAR:			
LINEA COMERCIAL	()	GENERADOR	()
		BANCO DE BATERIAS	()
TIPO DE RESPALDO		EXISTE RESPALDO	
		SI () NO ()	
GENERADOR	()	BANCO DE BATERIAS	()
		UPS	()
OTRO:		_____	
6) PROPIETARIO DE LA ESTRUCTURA:			
2) ESTRUCTURA 3			
TIPO DE ESTRUCTURA DE SOPORTE:	ALTURA DE LA ESTRUCTURA s.n.m. (m):		
CODIGO DE REGISTRO DE LA ESTRUCTURA:	ALTURA DE LA ESTRUCTURA (BASE-CIMA) (m):		
3) UBICACION DE LA ESTRUCTURA:			
PROVINCIA	CIUDAD / CANTON	LOCALIDAD/CALLE y No.	UBICACION GEOGRAFICA (WGS84)
			LATITUD (S/N) (°) (') (") (S/N) LONGITUD (W) (°) (') (") (W)
4) PROTECCIONES ELECTRICAS A INSTALAR EN LA ESTRUCTURA:			
PUESTA A TIERRA	SI () NO ()	PARARRAYOS	SI () NO ()
OTROS (Describe):			
5) TIPO DE FUENTE DE ENERGIA A UTILIZAR:			
LINEA COMERCIAL	()	GENERADOR	()
		BANCO DE BATERIAS	()
TIPO DE RESPALDO		EXISTE RESPALDO	
		SI () NO ()	
GENERADOR	()	BANCO DE BATERIAS	()
		UPS	()
OTRO:		_____	
6) PROPIETARIO DE LA ESTRUCTURA:			

FORMULARIO RC-4A

 <p style="font-size: small;">Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones</p>	FORMULARIO PARA INFORMACION DE EQUIPAMIENTO	RC – 4A Elab.: DRE Versión: 02		
		1) Cod. Cont:		
2) CARACTERISTICAS TECNICAS DE LOS EQUIPOS				
TIPO DE ESTACION:	ESTACION BASE			
CODIGO DEL EQUIPO:	EQUIPO 1-E1			
MARCA:	MIKROTIK			
MODELO:	RB911G-5HPacD-NB			
ANCHURA DE BANDA (kHz) o (MHz):	80MHz			
SEPARACION ENTRE Tx Y Rx (MHz):	-----			
TIPO DE MODULACION:	256 QAM			
VELOCIDAD DE TRANSMISION (Kbps):	450000Kbps			
POTENCIA DE SALIDA (Watts):	0.50W			
RANGO DE OPERACION (MHz):	5150-5850 MHz			
SENSIBILIDAD (μ V) o (dBm):	-96dBm			
MAXIMA DESVIACION DE FRECUENCIA (kHz):				
2) CARACTERISTICAS TECNICAS DE LOS EQUIPOS				
TIPO DE ESTACION:				
CODIGO DEL EQUIPO:				
MARCA:				
MODELO:				
ANCHURA DE BANDA (kHz) o (MHz):				
SEPARACION ENTRE Tx Y Rx (MHz):				
TIPO DE MODULACION:				
VELOCIDAD DE TRANSMISION (Kbps):				
POTENCIA DE SALIDA (Watts):				
RANGO DE OPERACION (MHz):				
SENSIBILIDAD (μ V) o (dBm):				
MAXIMA DESVIACION DE FRECUENCIA:				

FORMULARIO RC – 15A

	FORMULARIO PARA ESTUDIO TECNICO DE EMISIONES DE RNI (CALCULO DE LA DISTANCIA DE SEGURIDAD)	RC-15A RNI-T1	
		Fecha.:	
1) USUARIO :			
NOMBRE DE LA EMPRESA:			
DIRECCIÓN :			
2) UBICACIÓN DEL SITIO :			
PROVINCIA :	CIUDAD / CANTON :	LOCALIDAD :	LATITUD (°) (') (")
			LONGITUD (°) (') (")
3) S_{lim} A CONSIDERAR (VER ARTICULO 5 DEL REGLAMENTO) :			
FRECUENCIAS (MHz)	S _{lim} OCUPACIONAL (W/m ²)	S _{lim} POBLACIONAL (W/m ²)	
4) CALCULO DE R² :			
Altura h (m) :		$R = \sqrt{X^2 + (h - d)^2}$	
DISTANCIA X		VALOR CALCULADO PARA R (m)	
2 m			
5 m			
10 m			
20 m			
50 m			
5) CALCULO DEL PIRE :			
POTENCIA MAXIMA DEL EQUIPO (W)	GANACIA MAXIMA DE LA ANTENA	VALOR DE PIRE (W)	
6) CALCULO DEL S_{lim} TEORICO :			
$S_{lim} = PIRE / (\pi * R^2)$			
DISTANCIA	VALOR DE ($\pi * R^2$)	VALOR DE S _{lim} (W/m ²)	
2 m			
5 m			
10 m			
20 m			
50 m			
7) CERTIFICACION DEL PROFESIONAL TECNICO (RESPONSABLE TECNICO)			
Certifico que el presente proyecto técnico fue elaborado por el suscrito y asumo la responsabilidad técnica respectiva			
APELLIDO PATERNO:	APELLIDO MATERNO:	NOMBRES:	LIC. PROF.:
e-mail:	CASILLA:	TELEFONO / FAX:	
DIRECCION:		FECHA:	<hr style="width: 80%; margin: 0 auto;"/> FIRMA
8) CERTIFICACION DE LA PERSONA NATURAL, REPRESENTANTE LEGAL O PERSONA DEBIDAMENTE AUTORIZADA			
Certifico que el presente proyecto técnico fue elaborado acorde con mis necesidades de comunicación			
NOMBRE:	FECHA:		
		<hr style="width: 80%; margin: 0 auto;"/> FIRMA	

FORMULARIO RC – 3A

	FORMULARIO PARA INFORMACION DE ANTENAS	RC – 3A Elab.: DRE Versión: 02
		1) Cod. Cont:
2) CARACTERISTICAS TECNICAS DE LAS ANTENAS		
CARACTERISTICAS TECNICAS	ANTENA 1	ANTENA 2
CODIGO DE ANTENA:		
MARCA:		
MODELO:		
RANGO DE FRECUENCIAS (MHz):		
TIPO:		
IMPEDANCIA (ohmios):		
POLARIZACION:		
GANANCIA (dBd):		
DIÁMETRO (m):		
AZIMUT DE RADIACION MAXIMA (°):		
ANGULO DE ELEVACION (°):		
ALTURA BASE-ANTENA (m):		
2) CARACTERISTICAS TECNICAS DE LAS ANTENAS		
CARACTERISTICAS TECNICAS	ANTENA 3	ANTENA 4
CODIGO DE ANTENA:		
MARCA:		
MODELO:		
RANGO DE FRECUENCIAS (MHz):		
TIPO:		
IMPEDANCIA (ohmios):		
POLARIZACION:		
GANANCIA (dBd):		
DIÁMETRO (m):		
AZIMUT DE RADIACION MAXIMA (°):		
ANGULO DE ELEVACION (°):		
ALTURA BASE-ANTENA (m):		
2) CARACTERISTICAS TECNICAS DE LAS ANTENAS		
CARACTERISTICAS TECNICAS	ANTENA 5	ANTENA 6
CODIGO DE ANTENA:		
MARCA:		
MODELO:		
RANGO DE FRECUENCIAS (MHz):		
TIPO:		
IMPEDANCIA (ohmios):		
POLARIZACION:		
GANANCIA (dBd):		
DIÁMETRO (m):		
AZIMUT DE RADIACION MAXIMA (°):		
ANGULO DE ELEVACION (°):		
ALTURA BASE-ANTENA (m):		
NOTA: Se debe adjuntar las copias de los catálogos de las mencionadas antenas.		

FORMULARIO RC – 3B

	FORMULARIO PARA PATRONES DE RADIACION DE ANTENAS	RC – 3B
		Elab.: DGGGER
		Versión. 01

¹⁾ Cod. Cont:

2)
PATRONES DE RADIACION DE ANTENA

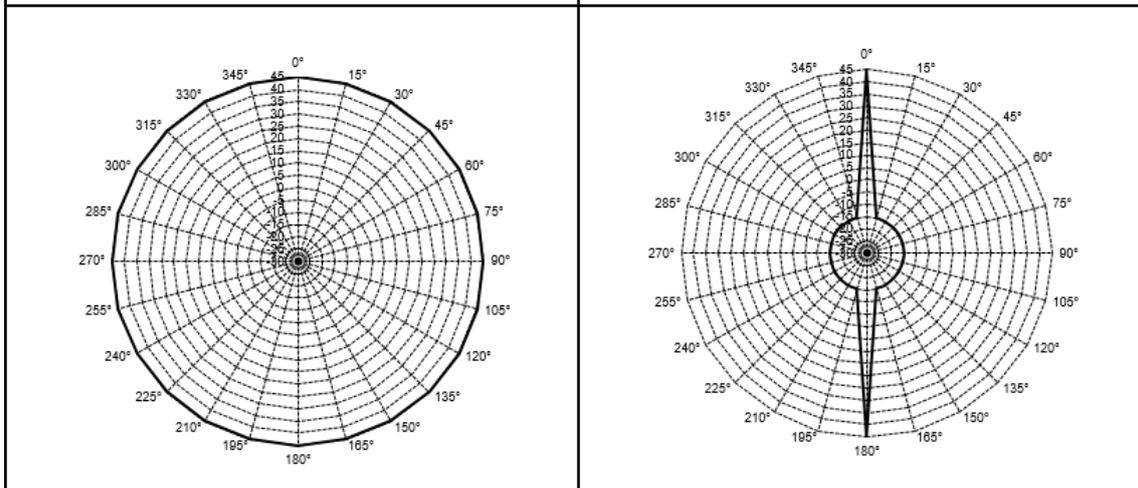
MARCA:	MODELO:	TIPO:
--------	---------	-------

Ingrese los valores de ganancia (dBd) para cada radial.

RADIACION	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°	180°	195°	210°	225°	240°	255°	270°	285°	300°	315°	330°	345°	
PLANO																									
HORIZONTAL	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
VERTICAL	45	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-15	45	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-15

PATRON DE RADIACION HORIZONTAL

PATRON DE RADIACION VERTICAL



2)
PATRONES DE RADIACION DE ANTENA

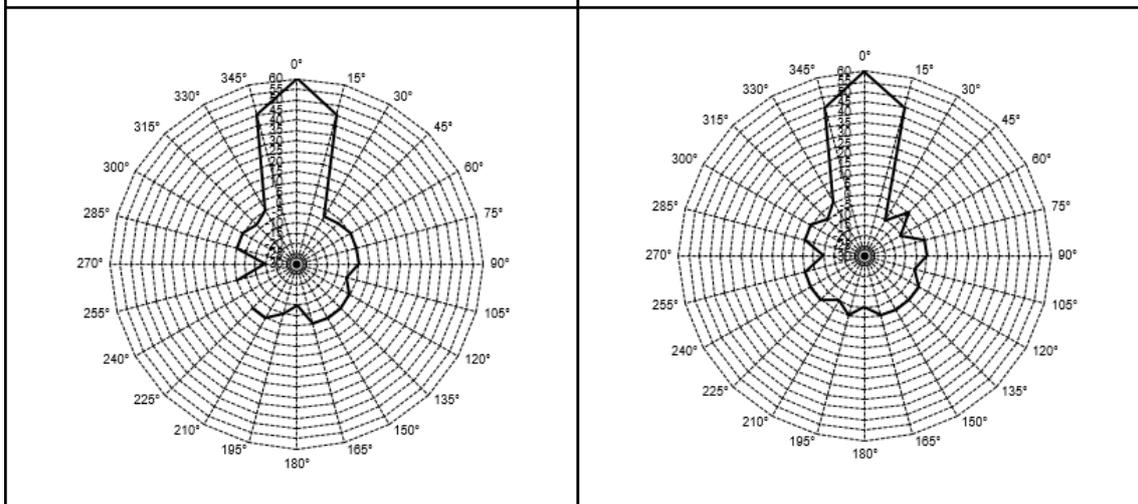
MARCA:	MODELO:	TIPO:
--------	---------	-------

Ingrese los valores de ganancia (dBd) para cada radial.

RADIACION	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°	180°	195°	210°	225°	240°	255°	270°	285°	300°	315°	330°	345°	
PLANO																									
HORIZONTAL	60	45	-3	-2	0	0	0	-5	-1	0	0	0	-10	-5	0	0	0	-15	0	0	0	-3	0	45	
VERTICAL	60	45	-10	0	-10	0	0	-5	0	0	0	0	-5	0	-5	0	0	0	-10	0	0	-5	0	45	

PATRON DE RADIACION HORIZONTAL

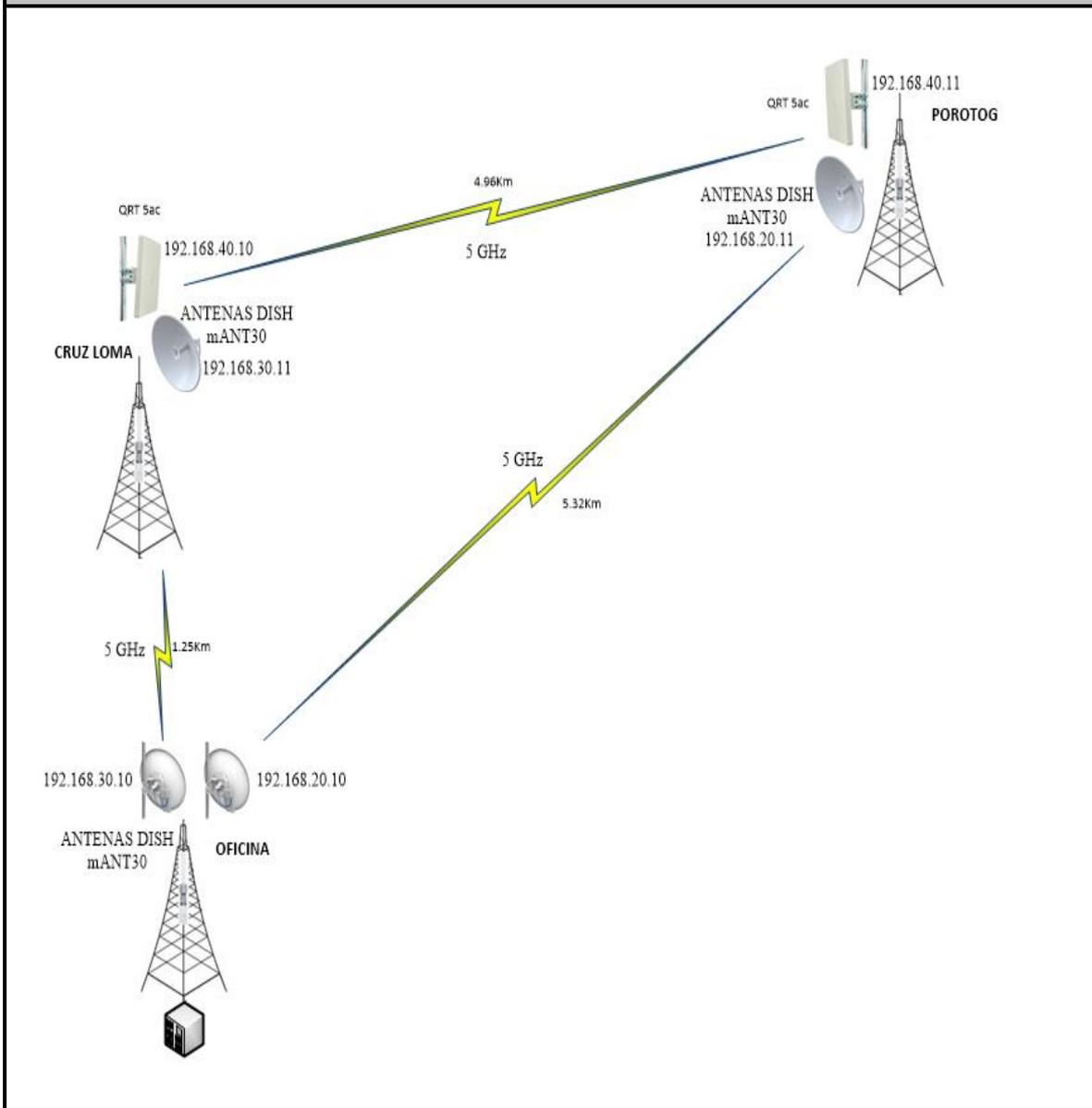
PATRON DE RADIACION VERTICAL



FORMULARIO RC – 9B

	FORMULARIO PARA ESQUEMA DEL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES	RC- 14A
		Elab.: DGGGER Versión: 01
1) Cod. Cont.:		1) Cod. Cont.:

1) ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA



Nota: En este formulario se debe graficar la topología del sistema de radiocomunicaciones, cuando este consta de dos o más circuitos enlazados entre si, en enlaces con más de un salto o en caso de un sistema punto-multipunto.

ANEXO B



NetBox

The NetBox is a dual chain outdoor AP/CPE/Point-to-Point device with RP-SMA connectors for antennas, and a cable hood for protection against moisture. This device supports the new 802.11ac standard for increased wireless speed (866Mbit datarate, and 20/40/80MHz channels).

The case can be opened with one hand, and is protected against the elements. Ethernet and a Grounding wire exits are provided on the bottom, behind a protective door.

Comes with a mounting loop for tower/pole mounting, and a separate DIN rail mount is also provided. Package also includes a PoE injector and power supply unit.

Order code	RB011G-5HPacD
CPU	QCA9557 720MHz network processor
Memory	128MB DDR onboard memory
Ethernet	One Gigabit port with Auto-MDI/X
Wireless	QCA9882 5GHz 802.11ac, 2x RP-SMA connectors, Dual chain
Connector type	RP-SMA Female (outside thread)
Extras	beeper, signal and status LEDs, voltage and temperature sensors
Supported channels	20/40/80MHz
Power options	PoE: 8-30V DC on Ether1 (Non 802.3af). Consumption: 12W at 24V
Dimensions	246x135x50mm; Weight: 390g
OS	MikroTik RouterOS, Level4 license
Kit includes	Netbox outdoor unit, PoE injector, mounting loop, DIN rail mount, mounting ring

Wireless transmit/receive specifications	
TX/RX at MCS0	30dBm / -96dBm
TX/RX at MCS7	27dBm / -77dBm
TX/RX at MCS9	22dBm / -72dBm
TX/RX at 6Mbit	31dBm / -96dBm
TX/RX at 54Mbit	27dBm / -81dBm
Frequency range	4920-6100 MHz, Operating range limited by Country Regulations

ANEXO C



RB1100AHx2

This device is our best performance 1U rackmount Gigabit Ethernet router. With a dual core CPU, it can reach up to a million packets per second.

It has thirteen individual gigabit Ethernet ports, two 5-port switch groups, and includes Ethernet bypass capability.

2GB of SODIMM RAM are included, there is one microSD card slot, a beeper and a serial port.

The RB1100AH comes preinstalled in a 1U aluminium rackmount case, assembled and ready to deploy.

CPU	PowerPC P2020 dual core 1066MHz network CPU with IPsec accelerator
Memory	SODIMM DDR Slot, 2GB installed (RouterOS will use only up to 1.5GB)
Boot loader	RouterBOOT, 1Mbit Flash chip
Data storage	Onboard NAND memory chip, one microSD card slot
Ethernet	Thirteen 10/100/1000 Mbit/s Gigabit Ethernet with Auto-MDI/X
Ethernet	Includes switch to enable Ethernet bypass mode in two ports
miniPCI	none
Serial port	One DB9 RS232C asynchronous serial port
Extras	Reset switch, beeper, voltage and temperature sensors
Power options	Built-in power supply (IEC C14 standard connector 110/220V), PoE (12-24V on port 13)
Fan	Built in fans, and Fan headers
Dimensions	1U case: 44 x 176 x 442 mm, 1275g. Board only: 365g
Operating System	MikroTik RouterOS, Level 6 license

ANEXO D

Cloud Router Switch

CRS125

-24G-1S

Perfect SOHO gateway router and switch

- Ethernet, Fiber, or 4G (with optional USB modem) gateway connection to Internet
- RouterOS gateway/firewall/VPN router
- up to twenty-five gigabit switch ports (1xSFP and 24xRJ45)



CRS125-24G-1S-RM



CRS125-24G-1S-IN

Cloud Router Switch is our new Smart Switch series. It is a fully functional Layer 3 switch, and is powered by the familiar RouterOS. All the specific Switch configuration options are available in a special Switch menu, but if you want, ports can be removed from the switch configuration, and used for routing purposes

Two models are available:

1. CRS125-24G-1S-IN - desktop enclosure
2. CRS125-24G-1S-RM - 1U rackmount enclosure

- Fully manageable L3 switch, full wire speed switching
- Configure ports as switch, or for routing
- If required, full RouterOS power right there

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

ANEXO E

SXT Lite5 ac

SXT Lite5 ac

The SXT Lite5 ac is a new low cost device in our 802.11ac product lineup.

Unit is equipped with powerful 650MHz CPU, 64MB RAM, 10/100Mbps Ethernet port and has 5GHz 16dBi 28 degree beamwidth antenna.

The SXT Lite5 ac supports 256-QAM modulation and 80MHz channels, so you get more speed per same frequency width as 802.11 devices. It also supports 802.11a/n, Nv2, Nstreme mode and is compatible with all legacy RouterBOARD devices. new industrial wireless chip QCA-9892 provides support for 5/10 MHz channel width for 802.11an standard.

The SXT Lite5 ac has a 2.4GHz management interface (supports only one connection) - if you enable it first over Ethernet, you can connect to the device with your 2.4GHz laptop or phone to do the configuration.



24V 0.38A Power



Adapter Metal ring



PoE injector



Pole mounting bracket

Specifications

Product code	RBSXT5HacD2n (International), RBSXT5HacD2n-US (USA)	
CPU nominal frequency	650 MHz	
CPU core count	1	
Size of RAM	64 MB	
Storage	16 MB Flash	
10/100 Ethernet ports	1	
Wireless bands	5 GHz radio	*2.4 GHz radio
Channel width	5**/10**/20/40/80 MHz	5/10/20/40 MHz
Protocols	802.11ac	802.11b/g/n
Chains	Dual-chain	Single-chain
Antenna gain	16 dBi	1.5 dBi
Antenna beam width	28°	360°
Wireless chip model	QCA9892	QCA9531
PoE in	Yes	
Supported input voltage	9 V - 30 V	
Dimensions	140x140x56mm	
License level	3	
Operating System	RouterOS	
CPU	QCA9531	
Max Power consumption	8 W	

ANEXO F

CÁLCULO DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA CONOCIENDO EL TAMAÑO DE LA POBLACIÓN

El cálculo del tamaño de la muestra es uno de los aspectos a concretar en las fases previas de la investigación comercial y determina el grado de credibilidad que concederemos a los resultados obtenidos.

Una fórmula muy extendida que orienta sobre el cálculo del tamaño de la muestra para datos globales es la siguiente:

$$n = \frac{k^2 * p * q * N}{(e^2 * (N - 1)) + k^2 * p * q}$$

N: es el tamaño de la población o universo (número total de posibles encuestados).

k: es una constante que depende del nivel de confianza que asignemos. El nivel de confianza indica la probabilidad de que los resultados de nuestra investigación sean ciertos: un 95,5 % de confianza es lo mismo que decir que nos podemos equivocar con una probabilidad del 4,5%.

Los valores k más utilizados y sus niveles de confianza son:

La extensión del uso de Internet y la comodidad que proporciona, tanto para el encuestador como para el encuestado, hacen que este método sea muy atractivo.

K	1,15	1,28	1,44	1,65	1,96	2	2,58
Nivel de confianza	75%	80%	85%	90%	95%	95,5%	99%

e: es el error muestral deseado. El error muestral es la diferencia que puede haber entre el resultado que obtenemos preguntando a una muestra de la población y el que obtendríamos si preguntáramos al total de ella.

p: es la proporción de individuos que poseen en la población la característica de estudio. Este dato es generalmente desconocido y se suele suponer que $p=q=0.5$ que es la opción más segura.

q: es la proporción de individuos que no poseen esa característica, es decir, es 1-p.

n: es el tamaño de la muestra (número de encuestas que vamos a hacer).

$$n = \frac{1,15^2 * 0,5 * 0,5 * 100129}{(5^2 * (100129 - 1)) + 1,15^2 * 0,5 * 0,5}$$

$$n = 120 \text{ usuarios}$$

ANEXO G

SALARIOS MINIMOS SECTORIALES 2017

ANEXO 1: ESTRUCTURAS OCUPACIONALES Y PORCENTAJES DE INCREMENTO PARA LA REMUNERACIÓN MÍNIMA SECTORIAL
COMISIÓN SECTORIAL No. 12 "TECNOLOGÍA: HARDWARE Y SOFTWARE (INCLUYE TIC'S)"

RAMAS DE ACTIVIDAD ECONÓMICA:

1.- INFORMÁTICA Y ACTIVIDADES CONEXAS

2.- TÉCNICOS EN TELECOMUNICACIONES Y COMPUTACIÓN (TÉCNICOS EN PROGRAMACIÓN Y SOFTWARE-TÉCNICOS EN HARDWARE)

3.- OTROS SERVICIOS RELACIONADOS CON TECNOLOGÍA: HARDWARE Y SOFTWARE (INCLUYE TIC'S)

CARGO / ACTIVIDAD	ESTRUCTURA OCUPACIONAL	COMENTARIOS / DETALLES DEL CARGO O ACTIVIDAD	CÓDIGO IESS	SALARIO MÍNIMO SECTORIAL 2017
TÉCNICO DE REDES DE DATOS	C2		1209642000015	401,04
TÉCNICO EN MANTENIMIENTO DE COMPUTADORAS	C2		1209642000025	401,04
TÉCNICO DE CENTRALES TELEFÓNICAS	C2		1209642000027	401,04
TÉCNICO DE TRANSMISIONES	C2		1209642000028	401,04
TÉCNICO CONECTORIZADOR DE EQUIPO	C2		1209642000029	401,04
TÉCNICO EN SISTEMAS SATELITALES	C2		1220000000008	401,04
TÉCNICO EN CABLEADO ESTRUCTURADO	C2		1220000000009	401,04
TÉCNICO EN SEGURIDAD ELECTRÓNICA	C2		1220000000010	401,04
PROGRAMADOR JUNIOR DE SOFTWARE	C3		1230000000011	399,54
TÉCNICO DE HELP DESK	D1		1220030002003	398,05
TÉCNICO DE PLANTA EXTERNA / CABLISTA / INSTALADOR	D2		1209642000033	396,55
ASISTENTE/ AYUDANTE/ INSTALADOR AUXILIAR DE TELECOMUNICACIONES	D2		1209642000034	396,55
TÉCNICO EN ENSAMBLAJE Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE COMPUTACIÓN Y ELECTRÓNICOS	D2		1220030001002	396,55
ASISTENTE /AYUDANTE/AUXILIAR /INSTALADOR DE SISTEMAS	D2		1220000000012	396,55
OPERADOR DE LOCUTORIO / CYBER / CENTRO DE LLAMADAS	E2		1209642000023	393,55
ESPECIALISTAS/SENIOR DE TELECOMUNICACIONES DE TELEFONÍA MÓVIL	C1	INCLUYE: INGENIEROS DE OPERACIÓN/MANTENIMIENTO/ CALIDAD/NOC/PROYECTOS/ AFINES A LA RED TECNOLÓGICA	1209642004008	1.078,16



RAMA DE ACTIVIDAD ECONÓMICA: 2.- ACTIVIDADES EN MATERIA DE GESTIÓN ADMINISTRATIVA

CARGO / ACTIVIDAD	ESTRUCTURA OCUPACIONAL	COMENTARIOS / DETALLES DEL CARGO O ACTIVIDAD	CÓDIGO IESS	SALARIO MÍNIMO SECTORIAL 2017
GERENTE / AFINES	A1		1918200000101	391,90
ADMINISTRADOR DE LOCALES / ESTABLECIMIENTOS	B1		1910000000003	391,49
ADMINISTRADOR DE CAMPO	B1	Incluye: Mayordomo, Capataz	1910000000004	391,49
ADMINISTRADOR GERENCIAL	B1		1910000000005	391,49
SUBGERENTE / AFINES	B1		1910000000006	391,49
SUPERINTENDENTE / AFINES	B1		1910000000007	391,49
JEFE / AFINES	B2		1920000000008	390,59
SUPERVISOR / AFINES	B2	Incluye: Monitoreador	1920000000009	390,59
DIRECTOR / AFINES	B2		1920000000010	390,59
COORDINADOR / AFINES	B3		1930000000011	389,51
CONTADOR / CONTADOR GENERAL	C1		1910000000012	388,20
ANALISTA / AFINES	C1		1910000000013	388,20
ASESOR - AGENTE /AFINES	C1		1910000000014	388,20
TESORERO	C1		1910000000015	388,20
INSTRUCTOR / CAPACITADOR	C2		1920000000016	386,21
RELACIONADOR PÚBLICO	C2		1920000000017	386,21
LIQUIDADOR	C2		1920000000018	386,21
CAJERO NO FINANCIERO	C3		1930000000019	384,23
VENDEDOR / A	C3	Incluye: Empleado de Mostrador, Prevendedor	1930000000020	384,23
EJECUTIVO / AFINES	C3		1930000000021	384,23
DIGITADOR	D1		1910000000022	382,24
OPERADOR DE BODEGA	D1	Incluye: Almacenista	1910000000023	382,24
SECRETARIA / OFICINISTA	D1		1910000000024	382,24
RECEPCIONISTA / ANFITRIONA	D1		1910000000025	382,24

