



REPÚBLICA DEL ECUADOR

Escuela Politécnica Nacional

" E S C I E N T I A H O M I N I S S A L U S "

La versión digital de esta tesis está protegida por la Ley de Derechos de Autor del Ecuador.

Los derechos de autor han sido entregados a la "ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL" bajo el libre consentimiento del (los) autor(es).

Al consultar esta tesis deberá acatar con las disposiciones de la Ley y las siguientes condiciones de uso:

- Cualquier uso que haga de estos documentos o imágenes deben ser sólo para efectos de investigación o estudio académico, y usted no puede ponerlos a disposición de otra persona.
- Usted deberá reconocer el derecho del autor a ser identificado y citado como el autor de esta tesis.
- No se podrá obtener ningún beneficio comercial y las obras derivadas tienen que estar bajo los mismos términos de licencia que el trabajo original.

El Libre Acceso a la información, promueve el reconocimiento de la originalidad de las ideas de los demás, respetando las normas de presentación y de citación de autores con el fin de no incurrir en actos ilegítimos de copiar y hacer pasar como propias las creaciones de terceras personas.

Respeto hacia sí mismo y hacia los demás.

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL



FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**DISEÑO DE UN ISP PARA LA TRANSMISIÓN DE VOZ, DATOS Y VIDEO
CON QoS CON TECNOLOGÍA INALÁMBRICA, PARA PROVEER DE
INTERNET INALÁMBRICO AL VALLE DE TUMBACO**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

CHRISTIAN RAMIRO FLORES MESA
(chicho_fm@hotmail.com)

DIRECTOR: DR. LUIS CORRALES
(luisco5049@yahoo.com)

Quito, Octubre 2010

DECLARACIÓN

Yo, Christian Ramiro Flores Mesa, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Christian Ramiro Flores Mesa

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Christian Ramiro Flores Mesa, bajo mi supervisión.

Dr. Luis Corrales
DIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a Dios por permitirme haber culminado mis estudios universitarios y aunque siempre se cruzaron dificultades, Dios con su amor y misericordia me concedió las fuerzas necesarias para enfrentarlas y vencerlas. A mis padres, Esther y Ramiro, a mis hermanas Jackie y Karina, por su fe constante en mí. A mi gran amigo, Santiago, quién siempre ha sido una persona que me inyectado de mucho optimismo.

Al Dr. Luis Corrales por ayudarme a concluir este proyecto. Su valiosa orientación ha permitido finalizar con éxito y dignidad este trabajo.

Quiero agradecer también a todos los que han sido mis profesores por sus conocimientos y experiencias compartidas, permitiéndome formarme como ingeniero electrónico. A mis buenos amigos. A mis compañeros ayer, hoy colegas, por compartir la lucha incansable realizada cada día en las aulas, para obtener esta hermosa profesión con esfuerzo y estudio.

A la Escuela Politécnica Nacional por permitirme ser parte de su historia.

¡Me siento orgulloso de ser politécnico!

DEDICATORIA

A Dios, por ser el verdadero Ingeniero quien hace posibles todas las cosas.

A mis padres, porque todos los días con mucha fe creen en mí.

A mis hermanas, por su constante cariño y paciencia.

CONTENIDO

RESUMEN	XV
PRESENTACIÓN	XVI
CAPÍTULO 1	1
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	
1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EMPRESA	
GIGOWIRELESS CÍA. LTDA	1
1.1.1 HISTORIA	2
1.1.2 ORGANIZACIÓN	2
1.1.3 LA VENTAJA DE UNA RED INALÁMBRICA	3
1.1.4 SERVICIOS	3
1.1.5 CARTERA DE CLIENTES GIGOWIRELESS	4
1.2 ESTUDIO Y DESCRIPCIÓN DE UN ISP	5
1.2.1 DEFINICIÓN DE UN ISP	5
1.2.2 FUNCIONAMIENTO GENERAL DE UN ISP	8
1.2.2.1 Eficiencia de un ISP	9
1.2.3 SEGURIDADES EN UN ISP	10
1.3 CALIDAD DE SERVICIO PARA ISP	11
1.3.1 ANTECEDENTES	11
1.3.2 DEFINICIÓN DE CALIDAD DE SERVICIO (QoS)	11
1.3.3 CALIDAD DE SERVICIO QoS PARA UN ISP	12
1.3.4 CLASIFICACIÓN DE QoS	15
1.3.4.1 Según la Sensibilidad del Tráfico	15
1.3.4.2 Según el solicitante de nivel de Calidad de Servicio	16
1.3.4.3 Según el tipo de garantías	17
1.3.4.4 Según el lugar de aplicación	17
1.3.5 QoS EN ESCENARIOS INALÁMBRICOS	18

1.4 ESTUDIO DE LA ZONA POR DONDE SE HA PLANEADO DISEÑAR EL ISP.....	20
1.4.1 DETERMINACIÓN DEL ÁREA GEOGRÁFICA.....	20
1.4.1.1 Preámbulo.....	20
1.4.1.2 Base legal.....	21
1.4.1.3 Necesidades.....	23
1.4.1.4 Solución.....	23
1.4.2 DIMENSIONAMIENTO DEL ISP PARA LA ZONA EN ESTUDIO.....	24
1.4.2.1 Demografía.....	24
1.4.2.2 Estadísticas de Acceso a Internet.....	25
1.5 PROYECCIÓN DE LA DEMANDA.....	27
1.6 INFRAESTRUCTURA DEL ISP.....	31
1.6.1 DESCRIPCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA.....	31
1.6.1.1 Red de Acceso.....	33
1.6.1.2 Red de Concentración.....	33
1.6.1.3 Red Troncal o Backbone.....	35
1.6.1.4 Red de Gestión del ISP.....	36
1.7 DISTRIBUCIÓN DE ACCESO INALÁMBRICO (HOTSPOT)	37
1.7.1 ENLACE PUNTO A PUNTO.....	38
1.7.2 ENLACE MULTIPUNTO A PUNTO.....	38
1.8 PLANIFICACIÓN DE LA RED INALÁMBRICA.....	39
1.8.1 ENLACES INALÁMBRICOS PARA INTERNET RURAL.....	43
1.9 FUNDAMENTOS DE ENLACES INALÁMBRICOS.....	44
1.9.1 LONGITUD DE ONDA INALÁMBRICA.....	44
1.9.2 ATENUACIÓN.....	45
1.9.3 DIFRACCIÓN.....	45

1.9.4 EFECTOS CLIMÁTICOS Y ATMOSFÉRICOS	46
1.9.5 REFRACCIÓN	46
1.9.6 RUIDO	46
1.10 ZONAS DE FRESNEL	48
1.10.1 DEFINICIÓN DE LAS ZONAS DE FRESNEL	49
1.11 DESCRIPCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS UTILIZADAS PARA ENLACES INALÁMBRICOS WiFi Y WiMAX	51
1.11.1 ANTECEDENTES WiFi	51
1.11.2 ESTÁNDARES EXISTENTES	52
1.11.3 SEGURIDAD WiFi	53
1.11.4 LOS MODOS DE FUNCIONAMIENTO	57
1.11.4.1 Antenas para WiFi	59
1.11.4.2 Tarjetas WiFi	60
1.11.4.3 El Pigtail	60
1.12 DESCRIPCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS UTILIZADAS PARA ENLACES INALÁMBRICOS WiMAX	60
1.12.1 ANTECEDENTES WiMAX	60
1.12.2 EVOLUCIÓN DE WiMAX	62
1.12.3 CARACTERÍSTICAS DE WiMAX	65
1.12.3.1 Tipos de WiMAX	67
1.12.4 WiMAX FORUM	68
1.12.5 REDES WiMAX	69
1.12.6 SEGURIDAD WiMAX	70
1.12.7 QoS PARA WiMAX	74
1.12.7.1 Servicios Diferenciados (DiffServ)	75

CAPÍTULO 2	
DISEÑO DE PROPAGACIÓN DE LA ZONA DEL ENLACE	77
2.1 ANÁLISIS DE TECNOLOGÍA WiFi y WiMAX	77
2.1.1 BANDAS DE FRECUENCIA	77
2.1.2 PROTOCOLO DE ACCESO AL MEDIO	78
2.1.3 MODULACIÓN	78
2.1.4 TÉCNICA DE TRANSMISIÓN	79
2.1.5 DUPLEXACIÓN	80
2.1.6 VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN	80
2.1.7 RANGO DE COBERTURA	81
2.1.8 SEGURIDAD	82
2.1.8.1 Seguridad WiFi	82
2.1.8.2 Seguridad WiMAX	82
2.1.9 CALIDAD DE SERVICIO QoS	83
2.1.10 BENEFICIOS DE LAS REDES INALÁMBRICAS	84
2.1.10.1 Beneficios WiFi	84
2.1.10.2 Beneficios WiMAX	84
2.2 COMPARACIÓN DE WiFi vs. WiMAX	85
2.3 ESTUDIO DE PROPAGACIÓN SOBRE LA ZONA	88
2.3.1 BANDA DE FRECUENCIAS DE OPERACIÓN	88
2.3.2 SELECCIÓN DE EQUIPO WiMAX	92
2.3.3 REVISIÓN DE LA PROPAGACIÓN INALÁMBRICA	95
2.4 CÁLCULO DE LA PROPAGACIÓN LUMBISÍ - TUMBACO	95
2.4.1 LÍNEA DE VISTA	95

2.4.2 SENSIBILIDAD DE RECEPCIÓN.....	98
2.4.3 FRESNEL SOBRE LA ZONA DE ESTUDIO.....	99
2.4.4 ALTURA EFECTIVA.....	100
CAPÍTULO 3	
DISEÑO DEL ISP PARA LA TRANSMISIÓN DE VOZ, DATOS Y VIDEO.....	103
3.1 ARQUITECTURA DEL ISP.....	103
3.1.1 DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS DE ACCESO.....	103
3.1.2 EQUIPO RADIUS.....	104
3.1.3 BASE DE DATOS DE CLIENTES.....	105
3.1.4 EQUIPOS SERVIDORES PoP3 Y SMTP.....	105
3.1.5 WEBSERVER.....	107
3.1.6 CHAT.....	108
3.1.7 DNS.....	108
3.1.8 CORTAFUEGOS (FIREWALL).....	109
3.1.9 RUTEADOR PRINCIPAL.....	110
3.1.10 RUTEADOR CONCENTRADOR DE ACCESO.....	111
3.1.11 CONMUTADORES (SWITCHES).....	111
3.1.12 SERVIDOR CACHÉ.....	112
3.1.13 DISPOSITIVOS WiMAX.....	113
3.1.14 SOFTWARE DE TARIFACIÓN Y FACTURACIÓN.....	114
3.2 MODELO DE CALIDAD DE SERVICIO PARA EL ISP.....	114
3.3 DEFINICIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DEL DISEÑO.....	115
3.3.1 DISPONIBILIDAD DE RED.....	116
3.3.2 EFICIENCIA DE LA RED.....	117
3.4 EVALUACIÓN DEL DISEÑO DEL ENLACE.....	118
3.4.1 PÉRDIDAS Y GANANCIAS.....	119

3.4.2 PRESUPUESTO PÉRDIDAS Y GANANCIAS DEL ENLACE.....	119
3.5 CÁLCULO DEL SISTEMA.....	120
3.6 DISTRIBUCIÓN DE LAS FRECUENCIAS.....	125
3.7 SEGURIDADES PARA LA RED DEL ISP.....	127
CAPÍTULO 4	
ESTIMACIÓN DE COSTOS REFERENCIALES DEL SISTEMA.....	131
4.1 SELECCIÓN DE EQUIPOS.....	131
4.1.1 RUTEADOR.....	131
4.1.2 RUTEADOR CONCENTRADOR DE ACCESO.....	133
4.1.3 CONMUTADORES.....	134
4.1.4 CORTAFUEGOS (FIREWALL)	135
4.1.5 SERVIDORES.....	136
4.1.6 EQUIPO INALÁMBRICO DE TECNOLOGÍA WiMAX.....	137
4.2 COSTOS DE LOS EQUIPOS.....	139
CAPÍTULO 5	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	142
5.1 CONCLUSIONES.....	143
5.2 RECOMENDACIONES.....	147
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	151
ANEXO 1.....	169
ANEXO 2.....	170
ANEXO 3.....	171
ANEXO 4.....	172
ANEXO 5.....	173

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURAS CAPÍTULO 1

Figura 1.1 Funcionamiento de un ISP.....	9
Figura 1.2 Comparación de Calidad de Servicio QoS entre ISPs.....	13
Figura 1.3 Variantes sobre la apreciación de QoS.....	15
Figura 1.4 Efectos de la Congestión para QoS.....	19
Figura 1.5 Panorámica del Valle de Tumbaco tomada desde el parque Metropolitano de Quito.....	20
Figura 1.6 Mapa Geográfico del Valle de Tumbaco.....	21
Figura 1.7 Zona Geográfica del Valle de Tumbaco para el Diseño del ISP.....	24
Figura 1.8 Cuentas de Internet a Nivel Nacional.....	26
Figura 1.9 Usuarios de Internet a Nivel Nacional.....	27
Figura 1.10 Niveles Jerárquicos de Interconexión.....	32
Figura 1.11 Topología física de NAP.EC.....	36
Figura 1.12 Enlaces Punto a Punto.....	38
Figura 1.13 Enlaces Punto – Multipunto.....	39
Figura 1.14 Modulación Adaptiva.....	41
Figura 1.15 Sectorización a 90°.....	41
Figura 1.16 Reutilización de frecuencias.....	42
Figura 1.17 Enlace Inalámbrico para Área Rural.....	43
Figura 1.18 Longitud de onda inalámbrica.....	44
Figura 1.19 Serie de Zonas de Fresnel.....	49
Figura 1.20 Primera Zona de Fresnel.....	50
Figura 1.21 Arquitectura WiFi 802.11.....	51
Figura 1.22 Logotipo de WiFi.....	51
Figura 1.23 Modo Ad-Hoc.....	57
Figura 1.24 Modo Infraestructura.....	58
Figura 1.25 Tecnología WiMAX.....	61
Figura 1.26 Subportadoras ortogonales permiten solapado de sus espectros sin interferencias.....	64
Figura 1.27 Capa MAC y Subcapa de Seguridad.....	70
Figura 1.28 Estándar de Encriptación de Datos 3DES.....	71

FIGURAS CAPÍTULO 2

Figura 2.1 Pérdida en dB en función de la distancia.....	96
Figura 2.2 Zona de Fresnel sobre el sector de estudio.....	100
Figura 2.3 Alturas de consideración en Zona de Estudio.....	101
Figuras 2.4 a y 2.4 b Situación original y equivalente para calcular la altura efectiva de la antena.....	101

FIGURAS CAPÍTULO 3

Figura 3.1 Arquitectura del ISP.....	103
Figura 3.2 Servidor DNS.....	108
Figura 3.3 Enlace Punto-Punto - Ubicación de las Estaciones Base.....	122
Figura 3.4 Cobertura de las BSs.....	123
Figura 3.5 Cobertura de las BSs.....	124
Figura 3.6 División de la Banda de Frecuencias.....	125
Figura 3.7 Distribución de las Frecuencias en Cada Estación Base.....	126

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Requerimientos de QoS en las Aplicaciones.....	19
Tabla 1.2 Proyección de crecimiento poblacional del Valle de Tumbaco.....	24
Tabla 1.3 Estadísticas de Acceso a Internet.....	25
Tabla 1.4 Crecimiento de cuentas totales de Internet a nivel nacional.....	28
Tabla 1.5 Estadísticas de cuentas totales de Internet de CNT.....	28
Tabla 1.6 Estadísticas de cuentas totales de Internet a nivel nacional de los ISPs del Ecuador.....	29
Tabla 1.7 Cálculo de la Proyección de la Demanda.....	30
Tabla 1.8 Porcentaje de Clientes en relación al Ancho de Banda.....	30
Tabla 1.9 Cálculo del Ancho de Banda Total.....	31
Tabla 1.10 Estándares existentes de WiFi.....	52
Tabla 1.11 Distancia Nominal según los dBi.....	59
Tabla 1.12 Descripción de Estándares.....	63
Tabla 2.1 Modulación para WiFi y WiMAX.....	79
Tabla 2.2 Velocidad de Transmisión para WiFi y WiMAX.....	80
Tabla 2.3 Rangos de Cobertura para WiFi y WiMAX.....	81

Tabla 2.4 Comparativa entre WiFi - WiMAX Para el presente Diseño.....	87
Tabla 2.5 Asignación de las Bandas de Frecuencia.....	89
Tabla 2.6 Sistema de Modulación Digital de Banda Ancha.....	90
Tabla 2.7 Pérdidas en Espacio Abierto (PEA) en dB para diferentes distancias y frecuencias.....	97
Tabla 2.8 Resumen de los Parámetros Calculados.....	102
Tabla 3.1 Ubicación de BSs WiMAX.....	121
Tabla 3.2 Distribución de frecuencias.....	126
Tabla 3.3 Resumen de los Parámetros del Diseño del ISP.....	129
Tabla 4.1 Comparación entre equipos para Ruteador Principal.....	132
Tabla 4.2 Comparación de equipos para ruteador concentrador de acceso....	133
Tabla 4.3 Comparación de equipos para Conmutador (Switch).....	134
Tabla 4.4 Comparación de equipos para Cortafuegos (Firewall).....	135
Tabla 4.5 Comparación de equipos para Servidores.....	136
Tabla 4.6 Comparación de equipos WiMAX.....	137
Tabla 4.7 Costos de los Equipos para el Diseño de un ISP.....	140

ÍNDICE DE EXPRESIONES

Expresión 1.1 Cálculo para Calidad de Servicio	14
Expresión 1.2 Proyección de la Demanda.....	27
Expresión 1.3 Atenuación de la Señal.....	45
Expresión 1.4 Fórmula para el Cálculo del radio de la enésima Zona de Fresnel.....	48
Expresión 2.1 Pérdidas por Propagación de espacio libre.....	96
Expresión 2.2 Cálculo del Nivel de Señal de Rx.....	98
Expresión 2.3 Fórmula para la altura efectiva de un objeto cualquiera.....	102
Expresión 3.1 Pérdidas y Ganancias del Enlace.....	119
Expresión 3.2 Confiabilidad del Sistema.....	120

RESUMEN

En el presente proyecto se tiene como objetivo realizar el Diseño de un ISP con un estudio de factibilidad de un radio enlace para proveer el servicio de Internet Inalámbrico desde Quito al Valle de Tumbaco. En el primer capítulo se resume la constitución de la Empresa GigoWireless, la cuál está interesada en aplicar la implementación de este diseño. Además, se incluye la teoría necesaria para conocer el funcionamiento y características de un ISP y un estudio de la zona por donde se ha planeado diseñar el ISP.

En el segundo capítulo se realiza un estudio de las tecnologías existentes para el diseño de enlaces inalámbricos, como son WiFi y WiMAX y de ellas se presenta la mejor alternativa que garantiza que el Proveedor de Servicios de Internet cuente con criterios de Calidad de Servicio para la transmisión de voz, datos y video, mediante el estándar IEEE 802.16 (WiMAX). También se detalla el cálculo de la propagación entre los sectores de Lumbisí y Tumbaco, lo que asegura una transmisión confiable y estable.

En el capítulo tercero se presenta un estudio de la arquitectura de un Proveedor de Servicios de Internet, se detalla la estructura básica que compone un ISP, servicios que ofrece, funcionamiento y seguridades, aplicando criterios de Calidad de Servicio que aseguren una completa disponibilidad de red y una eficiencia en la transmisión de la información.

En el cuarto capítulo se seleccionan tres equipos afines de distintos fabricantes para compararlos y elegir el más conveniente. Al finalizar, se presenta una lista de precios estimados para la futura implementación del diseño.

En el último capítulo se presentan las conclusiones y recomendaciones.

PRESENTACIÓN

Radiocomunicación es telecomunicación realizada por medio de las ondas radioeléctricas. Las radiocomunicaciones son aquellas comunicaciones que no necesitan de un medio físico para su transmisión o recepción, teniendo como ventaja principal el ahorro de cableado de interconexión.

Las tecnologías inalámbricas están rápidamente dominando las tendencias del mercado, aunque la incursión de radiocomunicaciones existe desde ya tiempo atrás, su participación comercial ha sido posible en los últimos años, sobresaliendo de gran manera el interés en Comunicaciones Satelitales, Redes Inalámbricas de datos, Telefonía Celular, Microondas, etc.

La demanda para servicios inalámbricos está aumentando de manera exponencial. Por ejemplo, para cubrir esta demanda en el sector de telefonía móvil celular los métodos de acceso de paquete de alta velocidad (HSPA) se están desarrollando rápidamente. Al mismo tiempo, el uso de tecnologías LAN inalámbricas (WLAN), Redes WiFi se han incrementado dramáticamente.

Las tecnologías inalámbricas de banda ancha también están ingresando al campo con gran fuerza, donde IEEE 802.16 (WiMAX) e IEEE 802.20 son dos ejemplos muy claros de avance tecnológico.

Teniendo en cuenta estos desarrollos, es prudente y sabio pensar en el impacto relacionado sobre la falta de espectro disponible y lo que esto dará como resultado.

En la actualidad, en el Ecuador se está impulsando e incrementando el uso de las radiocomunicaciones en todas sus aplicaciones; por esta razón, el presente proyecto se enfoca en una de aquellas aplicaciones como es la de proveer del servicio de Internet por medio de acceso inalámbrico.

La evolución y el sorprendente desarrollo de los computadores e Internet están haciendo que su aplicación en la vida diaria sea tan necesaria que la ejecución de este proyecto, previo a la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones, se ha orientado al diseño de ISP para la transmisión de voz, datos y video con QoS con tecnología inalámbrica, concretando los siguientes objetivos:

- Realizar un estudio detallado de la zona y evaluar como posible ruta del radio enlace, incluyendo un estudio sobre la ocupación del espectro de Radio Frecuencias en el referido sector.
- Realizar un diseño de ISP estableciéndose criterios de QoS para la transmisión de datos, voz y video de acuerdo a las últimas tecnologías inalámbricas existentes en el mercado (WiFi y WiMAX) para las bandas no licenciadas ISM.
- Dimensionar el diseño del ISP para su infraestructura e implementación, además analizar el radio enlace tomando en consideración el ancho de banda que se requerirá para satisfacer la demanda de Internet.
- Realizar una estimación de costos para la implementación del sistema.

De esta manera este proyecto se ha organizado de la siguiente manera: Una visión general de la empresa GigoWireless Cía. Ltda. Para luego describir y establecer el diseño de ISP por medio de tecnologías inalámbricas y de acuerdo a los más altos estándares en ingeniería.



CAPÍTULO 1

CAPÍTULO 1

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El objetivo principal de este proyecto es el de proporcionar un diseño de un ISP que de una solución práctica y eficiente que permita proveer de Internet inalámbrico a lugares de difícil acceso por medio de cableado en el Valle de Tumbaco.

De esta forma se plantea como una premisa la posibilidad real de proveer de Internet a dicho sector con la coyuntura actual, tanto tecnológica como social, ya que hoy en día el Internet es una herramienta vital en el desarrollo de los pueblos.

1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EMPRESA GIGOWIRELESS

CÍA. LTDA. [1]

El crecimiento de las Comunicaciones en todas sus facetas, como son la telefonía celular, la telefonía IP, Internet, y a su vez la integración de la mensajería instantánea, conferencia Web, videoconferencia y mensajería multimedia; lleva a la convergencia de las telecomunicaciones a una plataforma de gran valor, dando al mundo un incremento de la productividad y la agilización en la toma de decisiones. Por tal razón, GigoWireless Cía. Ltda. quiere aportar en el crecimiento tecnológico del Ecuador, dando al país una infraestructura en el servicio de Internet inalámbrico a bajos costos y en todos los rincones del Ecuador.

¿Quiénes son?

La primera compañía del país dedicada 100% a la tecnología de Internet inalámbrica.

Visión

Ser los proveedores de comunicaciones inalámbricas número uno en el país y en Sudamérica.

Misión

Proveer la mejor experiencia de Internet en el País.

1.1.1 HISTORIA ^[1]

Gigowireless tiene sus raíces en Silicon Valley (San José, California) y nace de la necesidad de solucionar los problemas y frustraciones del servicio de Internet en el Ecuador.

Fundada en Marzo del 2004, Gigowireless inicia su servicio de Internet inalámbrico en las áreas de El Condado, Carcelén, el sector Ponciano Alto y Parkenor.

Hoy en día, Gigowireless cuenta con una cartera de más de 100 clientes y provee de servicio de Internet inalámbrico y en áreas dentro y fuera de la ciudad de Quito.

A nivel mundial, la tecnología de la compañía está siendo utilizada en compañías como Microsoft, American Express, la Universidad de Harvard, el Departamento de Defensa de los Estados Unidos (DoD) y muchas otras más.

1.1.2 ORGANIZACIÓN ^[1]

La Empresa GigoWireless Cía. Ltda. se constituye como una empresa de telecomunicaciones convencionales, electrónicas y de manejo de todo tipo de redes informáticas, dando en el Ecuador la prestación de servicios de telecomunicaciones en general.

El inicio de operaciones es en Marzo 2004, con una estructura de capital a partes iguales a 2008 que se otorga a:

- Juan Francisco Jaramillo
- Juan Carlos Morgan
- Juan José Martínez

1.1.3 LA VENTAJA DE UNA RED INALÁMBRICA [1]

La principal ventaja de contar con una red inalámbrica segura es que se puede disfrutar de los beneficios de la movilidad de computación.

Hoy día la empresa está orgullosa de poder ofrecer servicios en toda la ciudad de Quito y con futura expansión a las zonas de los valles de Tumbaco y Los Chillos.

1.1.4 SERVICIOS [1]

La Empresa está en la capacidad de ofrecer los siguientes servicios:

- Internet inalámbrico a altas velocidades.
- Un servicio completo de consultoría inalámbrica.
- Realización de estudios y proyectos para la colocación de antenas y equipos wireless, adaptándose a costos y beneficios referentes al mercado actual.
- Se cuenta con la representación exclusiva de Aruba Networks para el Ecuador, equipos que cuentan con el máximo de seguridad inalámbrica.
- Realización de instalaciones y adecuaciones de equipos para comunicación sin cables.
- Se garantiza altos estándares de calidad en los servicios con una atención al cliente personalizada.

1.1.5 CARTERA DE CLIENTES GIGOWIRELESS [1]

Algunos ejemplos de clientes corporativos de GigoWireless son:

- Siatí Cía. Ltda.
- Automotriz Sevega
- Mecanismos del Ecuador "Mecadec" Cía. Ltda.
- Labiza S.A. (Comerkios)
- R-Ferri
- Sumar Rencom S.A.
- Alimentos Fortificados Fortesan Cía. Ltda.
- Pydaco Cía. Ltda.
- Asoc. Empresarios del Norte de Quito
- Parkenor
- Texprint Cía. Ltda.
- Reencauchadora Europea
- Comercializadora Soldin S.A.
- Skyluft
- Garcontex S.A.
- Redes Servicios Corporativos
- Novofarms Cía. Ltda.
- Servitelefon
- Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE)
- Edificio Renazzo Plaza
- Ecuasourcing
- Astrales Abogados
- Monex Market S.A.
- Mundo de Papel

1.2 ESTUDIO Y DESCRIPCIÓN DE UN ISP

1.2.1 DEFINICIÓN DE UN ISP [2] [3] [4]

ISP son las siglas en inglés de *Internet Service Provider*, **Proveedor de Servicios de Internet**, es una entidad que proporciona acceso a servicios web. Por una cuota de pago periódico, el proveedor del servicio brinda un paquete de software, un nombre de usuario, una contraseña y un número de teléfono para el acceso sea a través de marcado telefónico *Dial Up* o Banda Ancha **xDSL** (*x-Digital Subscriber Line*) Línea de Subscripción Digital, los ISP además han tenido que adaptarse a las necesidades móviles de la vida actual. Pero además de las conexiones telefónicas e inalámbricas, también ofertan acceso a Internet a través de las líneas de televisión por cable y de las transmisiones de la nueva **TDT** Televisión Digital Terrestre. Incluso se ofrecen servicios que dan acceso a Internet mediante la red eléctrica; conocida por las siglas **PLC** (*Power Line Communications*) Comunicaciones mediante Cable Eléctrico, de tal manera que los usuarios pueden acceder a Internet y navegar por el World Wide Web, enviar y recibir correo electrónico, realizar transferencias de archivos y hacer uso de las diferentes aplicaciones que ofrece el Internet. No obstante, la transmisión de voz, datos y video tiene una gran demanda, por tal motivo un ISP debe ser diseñado con criterios de Calidad de Servicio que respondan con un desempeño apropiado para este tipo de aplicaciones.

A más de trabajar de manera residencial, los ISPs también sirven a compañías grandes, proporcionando un servicio corporativo para una conexión directa de las redes de la compañía a Internet. Los mismos ISPs están conectados entre ellos por medio de Puntos de Acceso de Red **NAPs** (*Network Access Points*).

A los ISPs también se les llama **IAPs**, *Proveedores de Acceso a Internet* (en inglés *Internet Access Providers*).

Sus orígenes se remontan a 1969, cuando se estableció la primera conexión de computadores, conocida como **ARPANET** (*Advanced Research Projects Agency Network*), entre tres universidades en California y una en Utah, EE.UU.

Los ISPs no solo comercializan el servicio de conexión a Internet, sino que son responsables del adecuado funcionamiento de la conexión, y de brindar servicios mediante sus servidores. Muchos ISPs ofrecen servicios adicionales como:

- ❖ Cuentas de correo electrónico.
- ❖ Exploradores web.
- ❖ Espacio para crear un sitio web propio.
- ❖ Alojamiento web.
- ❖ Registro de dominios, entre otros.

A continuación se presentan las características que se manejan para el diseño e implementación de un ISP, lo que hará que sea competitivo en el mercado:

1 CRITERIOS DE SELECCIÓN DE EQUIPOS

- ✓ Costo.
- ✓ Confiabilidad.
- ✓ Seguridad.
- ✓ Mejores características de conexión.

2 PLANIFICACIÓN DEL NEGOCIO

- ✓ Facilitar la búsqueda de inversiones externas.
- ✓ Evaluar el cumplimiento de las metas del negocio a lo largo del tiempo.
- ✓ Manejo de la perfil del proveedor de servicios.

3 NECESIDADES DEL CLIENTE

La elección de un ISP depende mucho del número de servicios ofrecidos y la calidad de los mismos. Entre estos tenemos:

- ✓ COBERTURA: Algunos ISPs ofrecen cobertura nacional, otros sólo ofrecen cobertura en grandes ciudades.
- ✓ ANCHO DE BANDA: Es la velocidad total que ofrece el ISP, este ancho de banda se comparte entre el número de suscriptores, de modo que cuanto más aumenta el número de suscriptores, menor es el ancho de banda asignado a cada suscriptor. El ancho de banda que se provee a cada cliente debe ser mayor que su capacidad de transmisión para poder proporcionar a éste un servicio de buena calidad.
- ✓ PRECIO: Este factor depende del ISP y del tipo de paquete elegido, algunos ISPs ahora ofrecen acceso gratuito. Otros ofrecen acceso ilimitado, algunos ISP brindan un paquete donde se considera el tiempo de conexión; es decir, no se puede exceder un cierto número de horas de conexión por mes. Algunos proveedores incluso ofrecen tarifas sin suscripción; es decir, sólo se paga por la comunicación.
- ✓ SERVICIO TÉCNICO: Se trata de un equipo que se encarga de responder a los problemas técnicos, también denominado "soporte técnico" o "atención al cliente". Algunos ISPs generalmente cobran por este tipo de servicio.
- ✓ SERVICIOS ADICIONALES: Cantidad de direcciones de correo electrónico
Espacio disponible para la creación de una página personal (HTML).

4 PAQUETES DE SOFTWARE PARA UN ISP

Es indispensable implementar un tipo de software que permita proporcionar a los proveedores de servicio soluciones vitales de suministro y gestión de ancho de banda, esto permitirá administrar el recurso más codiciado por sus suscriptores como es el ancho de banda. Este tipo de software para ISPs proporciona un rendimiento fiable y eficiente a lo largo de la amplia gama de servicios, asegura un acceso justo y

equitativo, hace respetar las políticas de usuario y mejora los márgenes derivados del servicio brindado. Los proveedores de servicio mediante este tipo de software pueden asignar ancho de banda de manera flexible adaptándose perfectamente al presupuesto y necesidades de los suscriptores, además pueden realizar reportes de facturación y control de acceso que se basan en las condiciones acordadas con los usuarios.

1.2.2 FUNCIONAMIENTO GENERAL DE UN ISP [5]

Internet es una “red de redes” que aplica una técnica de interconexión descentralizada de redes de computadores implementada sobre un conjunto de protocolos denominado TCP/IP y garantiza que redes físicas heterogéneas funcionen como una red lógica única, de alcance mundial.

Un ISP es un canalizador de información, puede orientar los datos desde Internet y hacia Internet, es decir brinda acceso a páginas de Internet y a el correo electrónico (utilizando los respectivos programas), también ofrece acceso a otros servicios como Chat y videoconferencias, alojamiento de páginas Web y demás. Pueden contener varios elementos, equipos denominados servidores y deben tener necesariamente ancho de banda internacional y nacional para que estos funcionen correctamente.

Un Proveedor de Servicios de Internet es un punto intermedio entre el usuario y el Internet. Puede estar unido directamente a un NAP o a otro ISP más grande mediante ruteadores para llegar a los clientes.

Cuando se ingresa a una dirección de Internet en un navegador, el programa se conecta al **HOST** (*Equipo Anfitrión*) o Servidor donde está alojada la página, ya sea dentro del mismo ISP o en otro diferente, para esto utiliza el ancho de banda del ISP.

Al descargar la página, el navegador interpreta el código **HTML** (*HyperText Markup Language*) Lenguaje de Marcas de Hipertexo de la página y muestra por pantalla el contenido de la misma. Para esto, el desarrollo de la tecnología ha permitido que el acceso a Internet pueda realizarse desde una amplia gama de dispositivos. Los teléfonos móviles, **PDAs** (*Personal Digital Assistant*) Asistente Digital Personal, y **PC** (*Personal Computer*) Computador Personal.

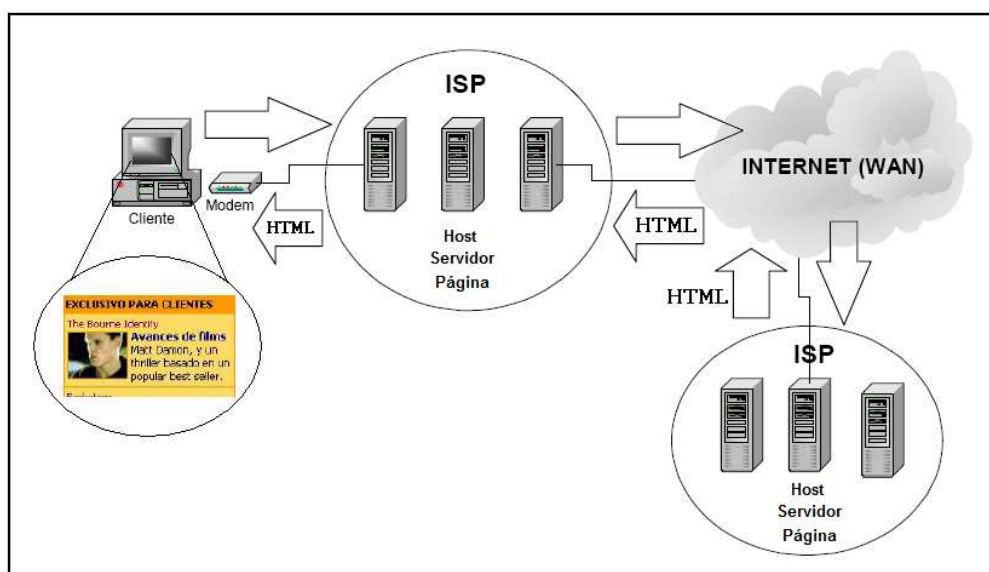


Figura 1.1 Funcionamiento de un ISP [5]

1.2.2.1 Eficiencia de un ISP [5]

Un ISP es eficiente cuando su desempeño cumple con los fines propuestos dentro de su plan de funcionamiento, tanto desde el punto de vista del proveedor como del cliente. Un ISP eficiente debe garantizar una alta disponibilidad de la red y una óptima transmisión de datos para aplicaciones críticas y del mismo modo garantizar mecanismos de redundancia, prevención, detección y recuperación rápida de la red frente a posibles fallas, y reducción al mínimo del impacto sobre el servicio.

1.2.3 SEGURIDADES EN UN ISP [6][7]

El Internet es un entorno en el que tanto el ISP como sus clientes pueden ser objeto de cualquier tipo de infiltración. A pesar de que no existe seguridad absoluta, es imprescindible dotar al ISP de mecanismos de contención para impedir que intrusos destruyan o contaminen la red. Estos mecanismos no solo que deben evitar problemas sino ser capaces también de resolverlos en el caso de que se hayan presentado.

El proveedor debe asegurar la disponibilidad del servicio de Internet según lo acordado con sus clientes por medio del **SLA** (*Service Level Agreement*) Acuerdo de Nivel de Servicio, el cual es un contrato escrito entre un ISP y su cliente con el objetivo de fijar el nivel acordado para la calidad de servicio. Dentro de lo que se debe garantizar es el funcionamiento de los servicios tales como correo y DNS. Para esto el proveedor debe asegurar su infraestructura, servicios y aplicaciones que son las capas de todo sistema de comunicación. Entonces es imperioso realizar una planificación de la seguridad, determinar las posibles amenazas, implementar las medidas necesarias y revisar continuamente el proceso.

El crecimiento exponencial de los servicios de Internet desde la perspectiva de la seguridad, puede ser un problema, miles de computadoras conectadas a Internet, en promedio varias horas por día, con velocidades importantes y con capacidades de procesamiento apreciables son tentadoras para los atacantes.

En un ISP es importante proteger el hardware, el software y la información. Es necesario tener seguridad física en cuanto a los elementos del ISP. Separar el tráfico en varias redes puede también ayudar a brindar seguridad. Es también importante controlar cualquier tipo de ataque mediante un cortafuegos.

1.3 CALIDAD DE SERVICIO PARA UN ISP

1.3.1 ANTECEDENTES [8]

La Calidad de Servicio **QoS** (*Quality of Service*), durante los últimos años ha alcanzado gran importancia en el mundo, ya que es el principal determinante de la competitividad de las empresas. Los clientes escogen siempre a la empresa que sepa satisfacer sus necesidades de modo eficiente, por esta razón, la Calidad de Servicio se constituye en un elemento estratégico para el progreso de cualquier organización. Un servicio de alta calidad con relación a un ISP implica un correcto dimensionamiento de la red, equipos adecuados, sistemas operativos robustos, etc.

Las redes de Internet en un principio fueron diseñadas para un óptimo transporte de datos, que garantizaban solo la integridad de los mismos, pero a finales de la década de los 90 empieza el real aprovechamiento de la red, poco a poco fueron apareciendo nuevos servicios, donde el modelo '**best effort**' (*mejor esfuerzo*) no resulta eficiente, como es por ejemplo para la transmisión de audio y video en tiempo real. Así, aparece el concepto de Calidad de Servicio, cuando se garantiza el valor de uno o varios de los parámetros que definen la calidad de servicio, principalmente consiste en dar prioridad a las aplicaciones que así lo requieran dentro de la red.

1.3.2 DEFINICIÓN DE CALIDAD DE SERVICIO (QoS) [11][12]

Dependiendo del ámbito de operación, existen varias definiciones para la "Calidad de Servicio". Según el documento E-800 de la UIT, en el ámbito de Telecomunicaciones se puede definir a la Calidad de Servicio como "el efecto colectivo del rendimiento de un servicio que determina el grado de satisfacción del usuario de dicho servicio". En el ámbito de la Telemática, QoS es "la capacidad de un elemento de red (aplicación,

servidor, ruteador, conmutador, etc.), de asegurar que su tráfico y los requisitos del servicio previamente establecidos puedan ser satisfechos”.

Para habilitar QoS deben involucrarse todas las capas de una red, por lo tanto, se puede definir también la Calidad de Servicio como “un conjunto de tecnologías que permiten a los administradores de red manejar los efectos de la congestión del tráfico usando óptimamente los diferentes recursos de la red, en lugar de ir aumentando continuamente capacidad”.

Concretamente, se puede decir que la Calidad de Servicio está asociada a la capacidad que tiene una red para asegurar un adecuado comportamiento de su tráfico y garantizar un buen desempeño de las aplicaciones, cumpliendo parámetros relevantes para el usuario final. Las características de QoS entregan servicios mejores y más predecibles como:

- Soporte de ancho de banda dedicado
- Mejores características de la red en cuanto a pérdidas
- Prevención y control de congestiones de la red
- Capacidad de modelar el tráfico de la red
- Marcar prioridades al tipo de tráfico que viaja en la red.

1.3.3 CALIDAD DE SERVICIO QoS PARA UN ISP [8][9][11]

Desde el punto de vista de un ISP, la Calidad de Servicio está relacionada principalmente con los siguientes aspectos:

1. Funcionamiento óptimo de los recursos de la red, de manera que sea capaz de atender eficientemente al número de suscriptores previsto, incluso debe haber una proyección de crecimiento.

2. Capacidad de ofrecer a los usuarios un cierto grado de servicio, incluso ante la presencia de congestión en la red.
3. Administración apropiada de la red que permita la solución de problemas en un tiempo mínimo y asistencia técnica de calidad para los clientes.
4. Configuración adecuada de los dispositivos del ISP, para cumplir los criterios de Calidad de Servicio necesarios en la red y acordados con el usuario.
5. Entrega de una solución rápida y precisa ante cualquier inconveniente.

Para una mejor definición de la Calidad de Servicio en ISPs, a continuación se presenta un ejemplo.

El ISP A y el ISP B compiten entre sí ofreciendo los mismos servicios de ancho de banda de 3 Mbps. El ISP A entrega una tasa de transferencia de 3 Mbps por cada segundo, mientras que el ISP B ofrece una tasa de transferencia de 5 Mbps en el primer segundo, 1 Mbps en el segundo, 3 Mbps en el tercero, 4 Mbps en el cuarto y 2 Mbps en el quinto, como se indica en la Figura 1.2

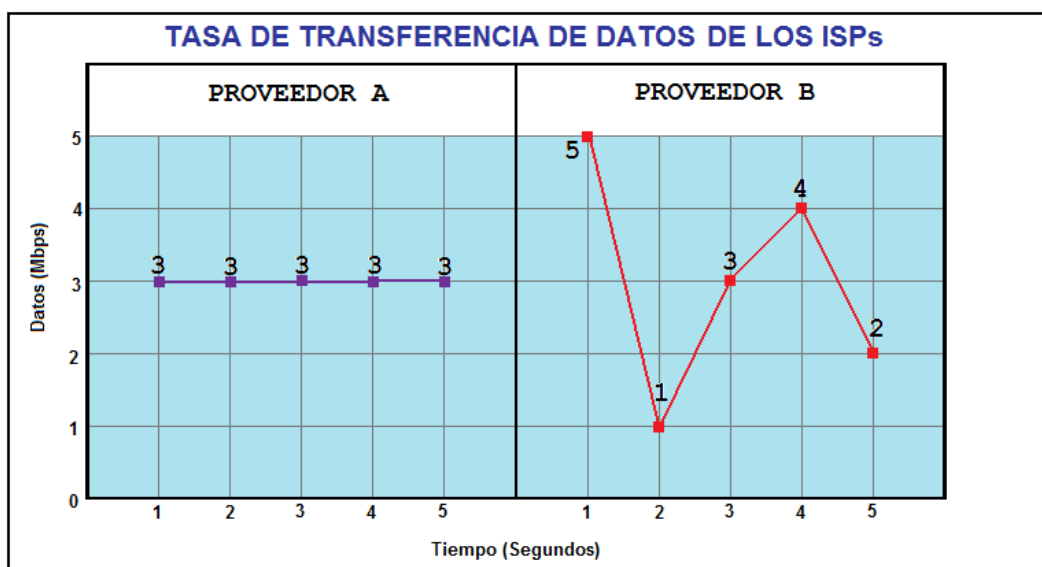


Figura 1.2 Comparación de Calidad de Servicio QoS entre ISPs [9]

Durante un período de 5 segundos, los dos ISPs han entregado 15 Mbps de datos (con un promedio de 3 Mbps), pero si se quiere saber al final cuál entrega el mejor servicio, depende completamente de la aplicación.

Si el usuario sólo requiere navegar en sitios Web y descargar archivos, difícilmente notará gran diferencia en los servicios ofrecidos por los dos ISPs.

Esto se debe a que el ISP B entrega una mejor navegación en el sentido que al primer segundo se transfiere mayor cantidad de datos dando la impresión de una navegación más rápida. No obstante, muchas aplicaciones deben ejecutarse en tiempo real, como videoconferencia, telefonía IP y aplicaciones multimedia. En este caso el mejor servicio ofrecido es del ISP A ya que entrega una mejor calidad de servicio que el variable servicio del ISP B.

Así, mientras los dos ISPs pueden proveer similares tasas de transferencia, tienen modelos de Calidad de Servicio completamente diferentes. Para compararlos se puede utilizar la siguiente fórmula:

$$\text{Calidad de Servicio} = \frac{\text{mínima tasa de transferencia}}{\text{máxima tasa de transferencia}}$$

Expresión 1.1 Cálculo para Calidad de Servicio [9]

Partiendo de los datos de la Figura 1.2 el ISP A entrega una Calidad de Servicio del 100% (5/5), mientras que el ISP B entrega una Calidad de Servicio del 20% (1/5). Esto indica que con el ISP B se tiene menos calidad en la transmisión de voz y video que con respecto al ISP A, aunque los dos ISPs ofrecen en su contrato un servicio de 3 Mbps.

Entonces, para un mejor entendimiento sobre QoS, tanto de la ofertada como la proporcionada por un ISP, se requiere de una medición precisa y un informe de

rendimiento en el tiempo, junto con una revisión periódica de los requerimientos de las aplicaciones versus el servicio real prestado.

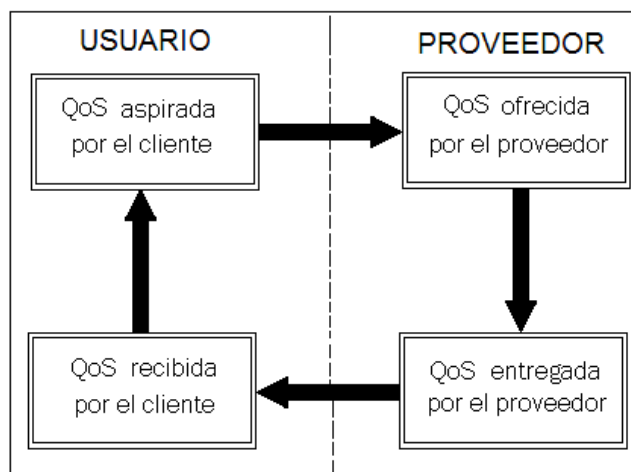


Figura 1.3 Variantes sobre la apreciación de QoS [11]

Por tanto, existen esencialmente cuatro variantes de QoS: la QoS aspirada por el usuario, la QoS ofrecida por el proveedor, la QoS entregada realmente por el proveedor y la QoS percibida por el usuario final (Figura 1.3).

1.3.4 CLASIFICACIÓN DE QoS

1.3.4.1 Según la Sensibilidad del Tráfico [10]

Existen distintos tipos de tráfico de datos en la red, cada uno con diferentes requerimientos de retardo, latencia y ancho de banda. Así, se puede distinguir los siguientes tipos:

1. **QoS muy sensible al retardo.** Se trata de tráfico que requiere la garantía de cierta disponibilidad, gran ancho de banda reservado, mínimo retardo y *jitter* (inestabilidad o variabilidad en el retardo).

Para lograrlo se utilizan mecanismos de prioridad. Por ejemplo, video comprimido y videoconferencia.

2. **QoS algo sensible al retardo.** Se origina en aplicaciones que precisan de retardos de máximo un segundo para no ocasionar pérdida de tiempo para el usuario. También requiere garantía de ancho de banda, pero menos que el caso anterior. Por ejemplo, transacciones online.
3. **QoS muy sensible a pérdidas.** Es el caso del tráfico tradicional, que es más tolerante al retardo pero menos tolerante a pérdidas. Se busca no descartar paquetes ni desbordar los buffers de almacenamiento. La garantía se da a nivel de acceso, al medio o en capas superiores, pero no a nivel físico. Por ejemplo, correo electrónico y datos tradicionales.
4. **QoS no sensible.** Se trata del tráfico que no requiere garantías, y puede aprovechar cualquier oportunidad de transmisión restante, asumiendo que los buffers posteriores tendrán la capacidad de envío suficiente para este tipo de tráfico, por lo que se le asigna la prioridad más baja. El algoritmo del Mejor esfuerzo responde a este tipo de QoS. Ej. Tráfico de noticias

1.3.4.2 Según el solicitante de nivel de Calidad de Servicio [10]

La petición de QoS puede ser solicitada por el usuario final o por los conmutadores de la red. Se tiene dos tipos:

1. **QoS implícita.** Un ruteador o conmutador asigna de manera automática los niveles de calidad servicio, según criterios señalados por el administrador.
2. **QoS explícita.** El usuario o aplicación solicita directamente un determinado nivel de servicio que los ruteadores o conmutadores aceptarán.

1.3.4.3 Según el tipo de garantías [10]

Tiene relación con la reserva de recursos del sistema para los servicios y son:

1. **QoS Garantizada (*Hard QoS*)**. Realiza reserva absoluta de los recursos de la red para un tráfico determinado lo que proporciona niveles máximos de garantías para dicho tráfico.
2. **QoS No Garantizada (*Lack of QoS*)**. No posee garantías, se trata del tipo de QoS para servicios del Mejor esfuerzo.
3. **QoS Servicios Diferenciados (*Soft QoS*)**. Es un tipo intermedio entre QoS garantizada y no garantizada. Se realiza diferenciación de tráfico, dando preferencias a los que lo requieran. Es utilizado por **DiffServ** (*Servicios Diferenciados*).

1.3.4.4 Según el lugar de aplicación [10]

La calidad de servicio puede ser también empleada en los extremos y en los bordes de la red, por lo tanto se tiene los siguientes:

1. **QoS Extremo A Extremo (*end-to-end*)**.

Es el manejo de la calidad de servicio entre los extremos de la red. Asimismo es conocida como la QoS absoluta, esta clase de QoS observa únicamente la marca de los paquetes, sin necesidad de calcular la clase de servicio de cada paquete reducido. Una ventaja adicional es la selección dinámica del nivel de QoS que utilizan las aplicaciones, almacenándose información de las clases de servicio en forma temporal en la red.

2. QoS Borde A Borde (*edge-to-edge*).

Es la calidad de servicio que se aplica entre dos puntos intermedios de la red, de la misma manera se le conoce como QoS relativa. En este tipo de QoS los administradores de red no tocan ninguno de los extremos. Existe menor cantidad de dispositivos manejados para la obtención de QoS. Además, el acceso de un intruso a la red para cambiar las especificaciones de QoS es mucho menor.

1.3.5 QoS EN ESCENARIOS INALÁMBRICOS [8][9]

El entorno inalámbrico es muy hostil para medidas de Calidad de Servicio debido a su variabilidad en 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 máximo jitter en sistemas inalámbricos.

Si las redes nunca se congestionaran sería muy fácil brindar Calidad de Servicio. Para ello habría que sobredimensionar todos los enlaces, cosa no siempre posible o deseable.

Los sistemas de comunicaciones ya estandarizados emplean requerimientos de QoS de retardo y jitter en entornos cableados e inalámbricos, pero, en ocasiones sólo pueden garantizar los requisitos para un porcentaje menor al 100% de los casos. Por otro lado, algunas aplicaciones de datos (Ej. WiFi) no requieren de restricciones de máximo retardo y jitter, por lo que su transmisión sólo necesita de la calidad media del canal, en la Tabla 1.1 se muestra los requerimientos para QoS.

REQUERIMIENTOS DE CALIDAD DE SERVICIO DE LAS APLICACIONES				
Aplicación	Fiabilidad	Retardo	Jitter	Ancho de Banda
Correo electrónico	Alta (*)	Alto	Alto	Bajo
Transferencia de ficheros	Alta (*)	Alto	Alto	Medio
Acceso Web	Alta (*)	Medio	Alto	Medio
Login remoto	Alta (*)	Medio	Medio	Bajo
Audio bajo demanda	Media	Alto	Medio	Medio
Video bajo demanda	Media	Alto	Medio	Alto
Telefonía	Media	Bajo	Bajo	Bajo
Videoconferencia	Media	Bajo	Bajo	Alto

(*) La fiabilidad alta en estas aplicaciones se consigue automáticamente al utilizar el protocolo de transporte TCP

Tabla 1.1 Requerimientos de QoS en las Aplicaciones [9]

Para dar QoS con congestión es preciso tener mecanismos que permitan dar un trato distinto al tráfico preferente y cumplir el SLA (*Service Level Agreement*).

En la siguiente figura se muestra los efectos de la congestión sobre QoS tanto en el tiempo de servicio y en el rendimiento.

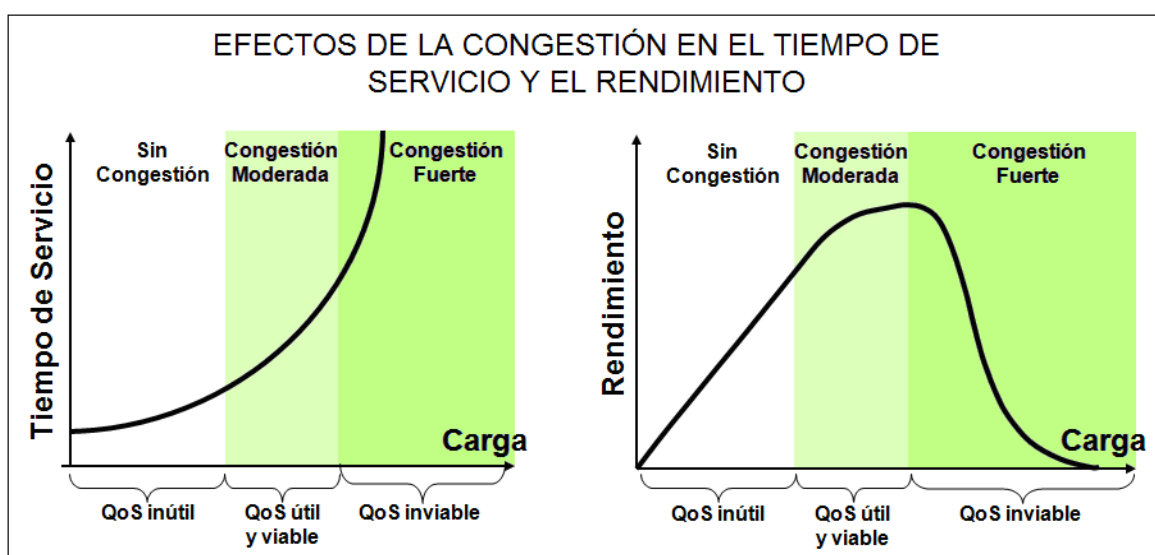


Figura 1.4 Efectos de la Congestión para QoS [9]

1.4 ESTUDIO DE LA ZONA POR DONDE SE HA PLANEADO DISEÑAR EL ISP

1.4.1 DETERMINACIÓN DEL ÁREA GEOGRÁFICA

1.4.1.1 Preámbulo [13]

Tumbaco y sus alrededores prácticamente son una pequeña ciudad con alta concentración poblacional y gran actividad económica por ser un área geográfica que se encuentra a una distancia de 14 Kilómetros, cercana al Distrito Metropolitano de Quito. Por lo que el Valle de Tumbaco se ha constituido en un sitio estratégico para el desarrollo empresarial y micro empresarial.

La dinámica de crecimiento urbano espacial de Quito en sus últimas décadas ha dado lugar a que su inicial centralidad en Quito se extienda “desde dentro hacia fuera, dando paso a un proceso de peri-urbanización de perfil expansivo”, este proceso ha dado paso a la incorporación progresiva de varios poblados y áreas agrícolas, entre ellos está el Valle de Tumbaco.

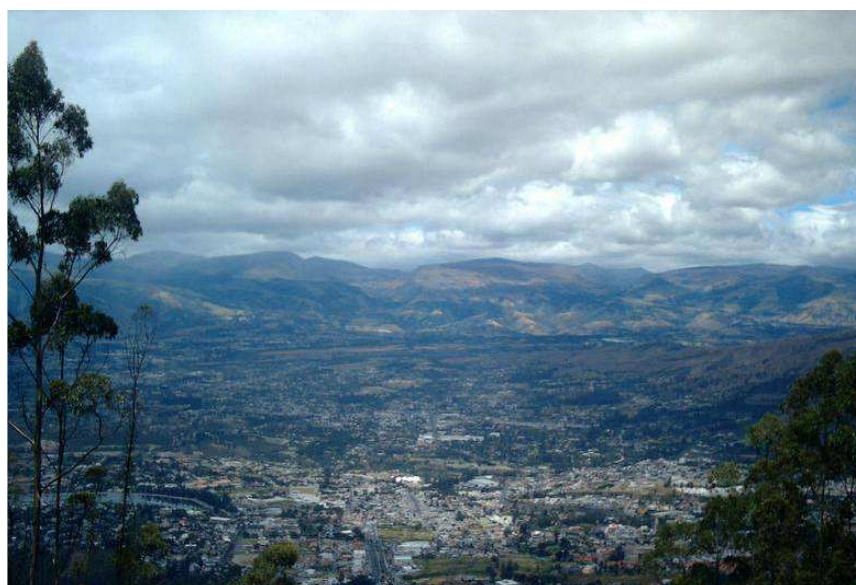


Figura 1.5 Panorámica del Valle de Tumbaco tomada desde el parque Metropolitano de Quito

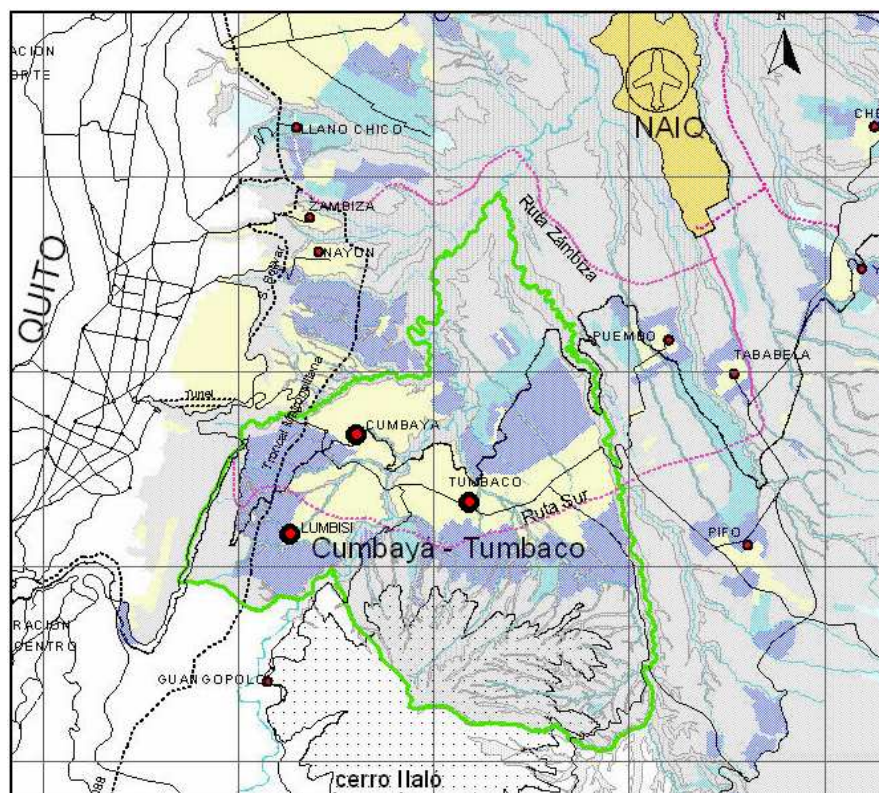


Figura 1.6 Mapa Geográfico del Valle de Tumbaco [13]

1.4.1.2 Base legal [13][14]

El artículo 15 de la Ley del Distrito Metropolitano, faculta la conformación de administraciones zonales para obtener cumplimiento de los fines municipales, por lo que mediante Resolución 41 de 1 de septiembre de 1997, se creó la Administración Zonal Valle de Tumbaco del Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, que comprende de varias parroquias.

Tiene como su límite norte el Río Machángara y la parroquia Guayllabamba, límite occidental la Av. Simón Bolívar y límite sur la quebrada Rumihuayco y las parroquias Guangopolo, la Merced y Pintag.

Con un territorio de características diferentes. El clima que predomina es cálido-seco, principalmente en las parroquias de Cumbayá, Tumbaco, Puembo y Tababela.

Localización: Nororiente de Quito.

Extensión: 63.826 hectáreas.

Población fija: 92.000 habitantes (aproximado).

Población flotante: 50.000 pobladores entre turistas y mano de obra (aproximado).

Densidad: Aproximadamente 1.5 habitantes por hectárea.

Zonas suburbanas: Rumihuayco y Oyambaro, que se encuentran conformadas por 8 parroquias que son:

- Cumbayá
- Tumbaco
- Puembo
- Pifo
- Tababela
- Yaruquí
- Checa
- El Quinche

Las parroquias de Tumbaco y Cumbayá son territorios urbanos de crecimiento poblacional muy dinámicos en el Distrito Metropolitano de Quito, y que en los últimos 30 años se ha alterado significativamente por muchos procesos de cambios, entre otros:

- Transformación de suelos agrícolas a suelos urbanos.
- Estructura vial y de servicios que no ha prestado el adecuado soporte a los nuevos desarrollos.
- Asentamientos de población con limitados equipamientos y servicios básicos.

- Afectación al entorno natural y deficiente relación de las propuestas urbanas, con el medio.
- Ausencia de una estructura vial debidamente planificada.
- Ausencia de una estructura urbana estructurada.
- Las acciones aisladas de los promotores de vivienda, en distintos estratos socio-económicos, ha dirigido la conformación de estructura territorial, generando componentes desarticulados unos de otros.

1.4.1.3 Necesidades [13]

El actual modelo de crecimiento de Tumbaco y Cumbayá ha concebido formas defectuosas de ocupación poblacional que inciden de forma negativa en el funcionamiento y estructuración del territorio. La falta de planificación con mayor detalle, que apunten a configurar condiciones territoriales óptimas (equipamiento y servicios, entre ellos el servicio de Internet), han sido los elementos ausentes para contar con un buen nivel de calidad de vida de la población.

1.4.1.4 Solución

El aspecto territorial y el crecimiento poblacional estimulan el fortalecimiento y ejecución de proyectos que estén orientados al desarrollo social y económico de la comunidad a partir de la calificación y normativa de las condiciones de uso, ocupación y aprovechamiento sustentable de los recursos de la zona.

El presente proyecto tiene como objetivo proveer servicios de Internet en la zona de Tumbaco y con una proyección para sus alrededores como son Puembo, Cumbayá, entre otras poblaciones aledañas.

En la Figura 1.6 se presenta el mapa de la zona geográfica para el diseño del ISP.

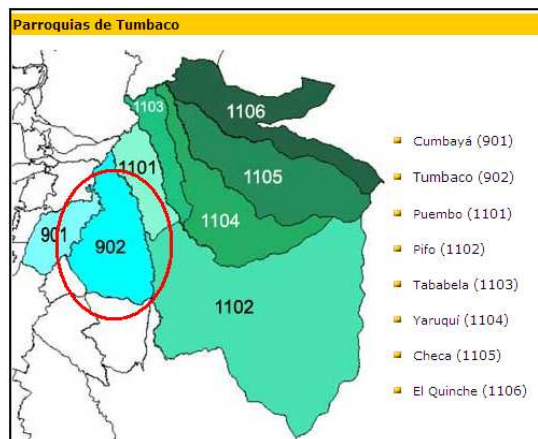


Figura 1.7 Zona Geográfica del Valle de Tumbaco para el Diseño del ISP [13]

1.4.2 DIMENSIONAMIENTO DEL ISP PARA LA ZONA EN ESTUDIO

1.4.2.1 Demografía [13]

Las parroquias Tumbaco y Cumbayá son predominantemente de carácter residencial y son una extensión de la centralidad de Quito, soportarían para el año 2020 una población de 122.771 habitantes.

En la tabla 1.2 que se señala a continuación se expresan los distintos crecimientos en los quinquenios correspondientes:

AÑO	Valle de Tumbaco Habitantes
2001	62.539
2005	77.848
2010	93.988
2015	110.792
2020	122.771
2025	134.336
2030	139.720

Tabla 1.2 Proyección de crecimiento poblacional del Valle de Tumbaco [13]

1.4.2.2 Estadísticas de Acceso a Internet [15]

Para realizar el dimensionamiento de un ISP es muy necesario e importante tomar en cuenta el crecimiento poblacional y la calidad del servicio que recibirán los usuarios finales. Para realizar un dimensionamiento claro y exacto de los parámetros requeridos es necesario realizar un cálculo del número de posibles clientes del sistema y la capacidad máxima, para escoger equipos que soporten dichos requerimientos.

Para conseguir una apreciación del número de posibles suscriptores se toma como referencia los datos publicados en la página Web de la Superintendencia de Telecomunicaciones, que se detallan en la Tabla 1.3 de estadísticas actualizadas al mes de Junio del año 2010.

ESTADÍSTICAS DE ACCESO A LA INTERNET			
ACTUALIZADO	ECUADOR	Pichincha	Fecha en que los operadores remitieron información de cuentas de Internet por última vez a Junio 2009
Cuentas Conmutadas	24540	11101	Dentro de esta categoría se han incluido todas las cuentas de Internet que para hacer uso del servicio el usuario debe realizar la acción de marcar a un número determinado ya sea a través de las redes de telefonía fija o móvil.
Cuentas Dedicadas	392898	179470	Son todas aquellas cuentas que utilizan otros medios que no sea Dial Up para acceder a Internet como puede ser ADSL, Cable Modem, Radio, etc.
Cuentas Totales	691308	190571	Es la suma de las cuentas conmutadas más las cuentas dedicadas totales.
Estimado de Usuarios Conmutados	98160	44404	La Superintendencia estima que por cada cuenta tipo conmutada existe aproximadamente 4 usuarios, sin embargo anualmente se revisará este factor con el propósito de disponer estimaciones lo más cercanas a la realidad.
Estimado de Usuarios Dedicados	2222833	1037177	Son el número total de usuarios que los Proveedores de Servicios de Internet estiman que disponen por sus cuentas dedicadas.
Estimado de Usuarios Totales	2594863	1081581	El número de usuarios totales de Internet está dado por la suma de los usuarios Conmutados y Dedicados Totales.

Tabla 1.3 Estadísticas de Acceso a Internet [15]

En la Figura 1.7 se muestra un gráfico de barras de la cantidad de Cuentas de Internet sobre la cantidad de Usuarios de Internet en el Ecuador a Junio del 2010.

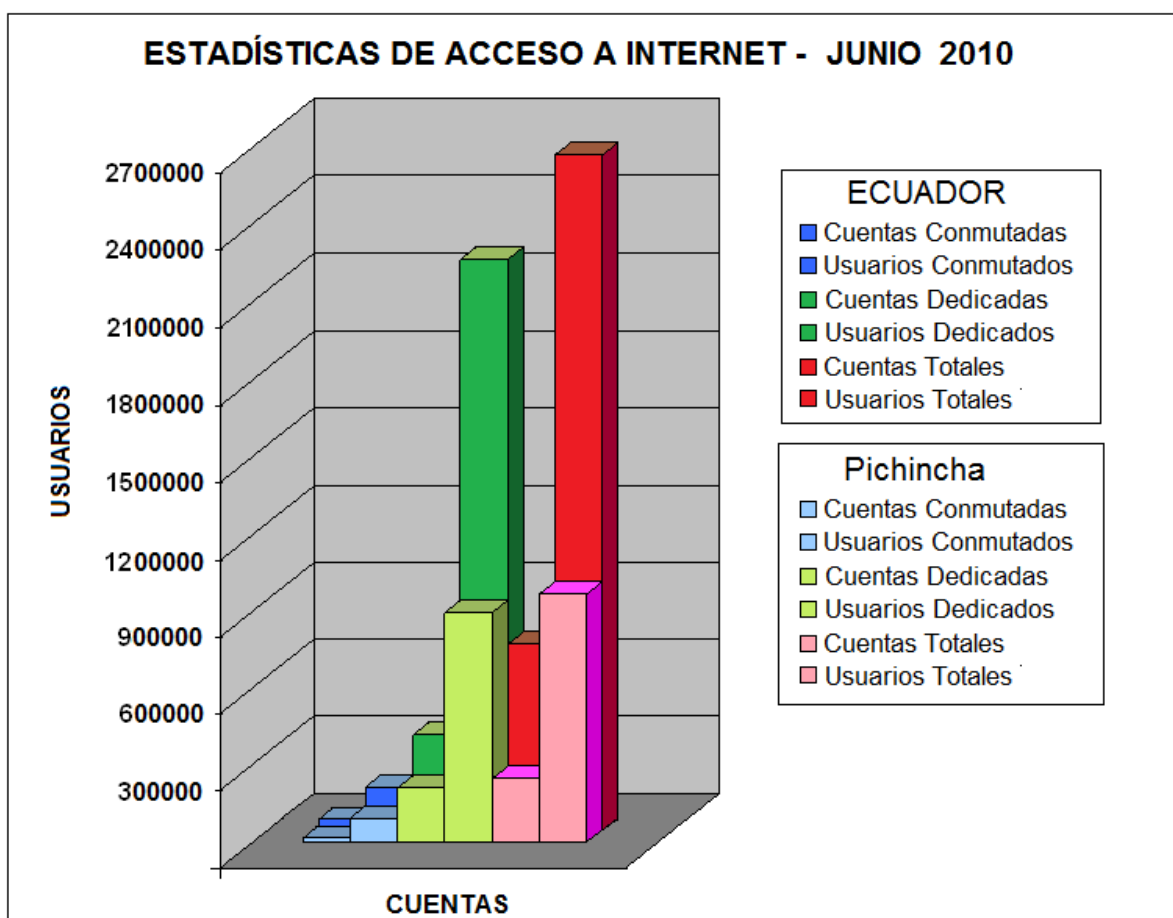


Figura 1.8 Cuentas de Internet a Nivel Nacional (Gráfico en base a datos de Tabla 1.3)

Si bien el crecimiento de Internet en Ecuador obedece, entre otros factores, a una reducción de los precios de entre el 20 y 30% en las tarifas de acceso, un análisis comparativo por regiones permite ver que la brecha digital geográfica en el país aún es grande. Solamente Pichincha tiene más del 27% de la penetración nacional y Guayas un poco más del 18%. En la mayoría de provincias no se sobrepasa el 1% o máximo 3% de penetración. También se observa que las operadoras móviles ya abarcan más del 39% de cuentas repartidas a nivel nacional, lo que hace que este factor influya en el comportamiento de este mercado. (Figura 1.9). [15][16]

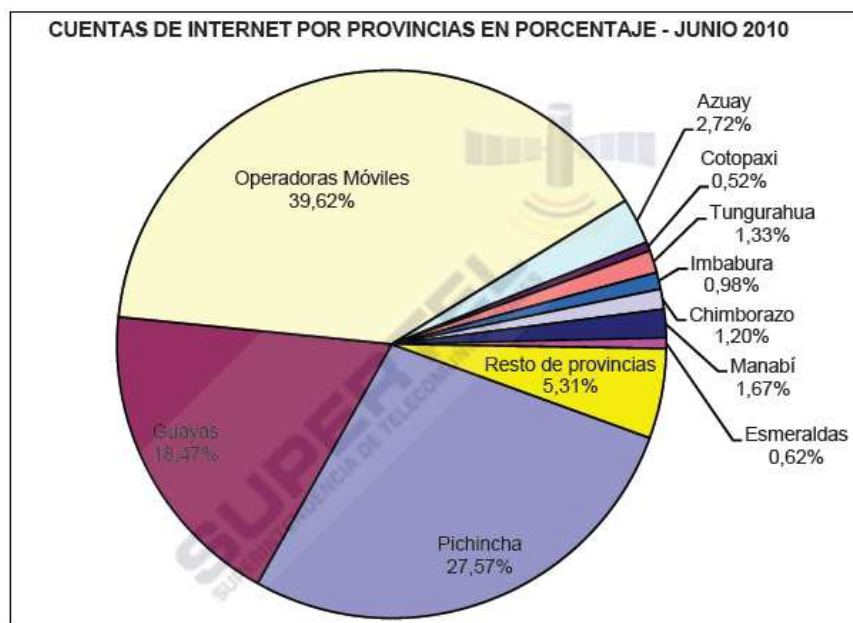


Figura 1.9 Usuarios de Internet a Nivel Nacional [15]

1.5 PROYECCIÓN DE LA DEMANDA [17]

Según los datos publicados en la página Web de la **SUPERTEL** (*Superintendencia de Telecomunicaciones*), para hacer una proyección de la demanda se debe realizar un cálculo aproximado del número de cuentas de Internet en la ciudad de Quito. Como el presente diseño está orientado a la zona del Valle de Tumbaco y sus alrededores, se debe realizar un estudio técnico para la proyección de la demanda para lo cual se utilizará la siguiente fórmula:

$$P_T = P_o * (1 + C)^T$$

Expresión 1.2 Proyección de la Demanda [17]

Donde:

P_T = Número de usuarios potenciales dentro de T años

P_o = Número de usuarios potenciales del servicio

T = Número de años

C = Tasa de crecimiento acumulativa anual promedio

Al hacer un estudio en los dos últimos años sobre el crecimiento de Internet en el Ecuador, se puede observar que existe un gran incremento en cuanto a las cuentas dedicadas, en comparación con una considerable disminución de las cuentas conmutadas, se puede observar en la tabla 1.4 que las cuentas conmutadas tienen una disminución de aproximadamente el 78.1%, al contrario de las cuentas dedicadas, que en este último año han aumentado en un 94.8% y para las operadoras móviles, que en el 2009 aún eran consideradas como “no específicas”, para el 2010 tienen un porcentaje 39.62% según datos proporcionados por la Superintendencia de Telecomunicaciones del Ecuador [15].

AÑO	CUENTAS DEDICADAS	CUENTAS CONMUTADAS	OPERADORAS MÓVILES	TOTALES
2009	207122	111667	48067	366856
2010	392898	24540	273870	691308

Tabla 1.4 Crecimiento de cuentas totales de Internet a nivel nacional [15]

Al observar la comparación que se presenta en la tabla 1.5 se puede entonces concluir, que para realizar una proyección de la demanda con datos que se puedan aproximar a un real crecimiento en un futuro, es mejor hacer un análisis de acuerdo a datos proporcionados por algunos ISP referidos en las estadísticas de la SUPERTEL y de personal técnico de la **CNT** (*Corporación Nacional de Telecomunicaciones*), por ser un ISP de los más competentes dentro del mercado de las telecomunicaciones del Ecuador en la actualidad. Por consiguiente se tiene los siguientes datos:

Proveedor de Servicio de Internet ISP	ACTUALIZADO	Cuentas Conmutadas	Cuentas Dedicadas	Cuentas Totales	Usuarios Conmutados	Usuarios Dedicados	Usuarios Totales
	Jun 2010 (Nac.)	3134	205326	208460	12536	984858	997394
CNT De acuerdo al contrato de concesión	Pichincha	2147	55438	56285	8588	221752	230340
	Quito	1396	36034	36584	5584	144136	149720
	Valle Tumbaco	167	4324	4390	668	17296	17964

Tabla 1.5 Estadísticas de cuentas totales de Internet de CNT [16]

Nota: Las cuentas conmutadas en Pichincha tienen un total de 1300 cuentas, las mismas que no son registradas por ser planes abiertos (sin contrato) “ANDI”. Y un total de 847

cuentas registradas como planes contratados que son: planes por consumo, planes controlados y planes ilimitados [16].

A continuación, se presentan las estadísticas de acuerdo a los más importantes proveedores de servicio de Internet en el Ecuador, lo que servirá también como base para realizar una proyección para el cálculo de la demanda a cinco años.

PROVEEDOR DE SERVICIO DE INTERNET ISP	COBERTURA	Cuentas Conmutadas	Cuentas Dedicadas	Cuentas Totales	Usuarios Conmutados	Usuarios Dedicados	Usuarios Totales
ACANUMAN	Esmeraldas, Portoviejo, El Oro	0	134	134	0	134	134
BRIGHTCELL	Quito y Guayaquil	0	74	74	0	8484	8484
CONECEL	Nacional	166	532	698	664	532	1196
CORPORACION NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES	Nacional	3134	205326	208460	12536	984858	997394
ETAPA TELECOM	Cuenca, Azoguez, Quito, Guayaquil, Loja, Machala	6016	577	6593	24064	1132	25196
ECUAONLINE	Quito, Cayambe, Otavalo, Guayaquil, Latacunga, Cuenca	0	177	177	0	1959	1959
GIGOWIRELESS	Pichincha	0	66	66	0	178	178
GLOBAL CROSSING ECUADOR	Quito, Cuenca, Loja, Ambato, Ibarra, Guayaquil	0	30	30	0	12224	12224
LUTROL	Pichincha, Guayas, Manabí, Azuay, Santo Domingo, Tungurahua	1252	3244	4496	5008	13062	18070
MEGADATOS	Azuay, Chimborazo, El Oro, Galápagos, Guayas, Pichincha, St. Elena, Sto. Domingo, Imbabura, Orellana, Pastaza, Manabí, Los Ríos, Morona Santiago	3587	2820	6407	14348	16964	31312
MILLTEC	Quito	75	166	241	300	16345	16645
OTECEL S.A.	Quito, Guayaquil, Cuenca, Loja, Ambato, Babahoyo, Portoviejo, Machala, Nueva Loja, Santo Domingo de los Colorados, Esmeraldas, Bahía, Manta., Ibarra, Tulcan, Latacunga, Riobamba y Galapagos	0	153	153	0	10615	10615
PANCHONET	Pichincha	3761	2366	6127	15044	2470	17514
PARADYNE	Quito, Guayaquil, Cuenca	2	44	46	8	141	149
PUNTONET S.A.	Quito, Guayaquil, Cuenca, Santo Domingo	1690	9191	10881	6760	63127	69887
SURATEL	Azuay, Chimborazo, El Oro, Guayas, Imbabura, Loja, Manabí, Pichincha, Santo Domingo de los Tsáchilas, Tungurahua	0	111242	111242	0	877676	877676
TELCONET	Quito, Guayaquil, Loja, Cuenca, Manta, Sto Domingo, Cayambe, Machala, Portoviejo, Chone, Bahía de Caraquez, Otavalo, Latacunga, Riobamba, Esmeraldas, Quevedo, Ambato, Ibarra y Salinas	0	123	123	0	725	725
TRANSELECTRIC S.A.	Pichincha, Los Ríos, Guayas, Azuay, Tungurahua, Chimborazo y El Oro	0	7	7	0	1661	1661
UNIVISA	Quito y Guayaquil	4	307	311	16	307	323
OTECEL S.A.*	Nacional			133.398			133.398
TELECSA S.A. *	Nacional			10.399			10.399
CONECEL S.A. *	Nacional			104.269			104.269
Total	general	24540	392898	691308	98160	2222833	2594863

Tabla 1.6 Estadísticas de cuentas totales de Internet a nivel nacional de los ISPs del Ecuador [15]

Conforme a los datos presentados sobre la cantidad de cuentas dedicadas, al factor de crecimiento poblacional en el Valle de Tumbaco, a la penetración del servicio de Internet en Ecuador y basándose en algunas observaciones de personal técnico y comercial de un importante ISP del país, quienes recomiendan empezar con cierta cantidad de clientes residenciales y de clientes corporativos, se puede entonces emprender el cálculo de la proyección de la demanda que se presenta en la tabla 1.7 con un crecimiento anual que cumplirá con la visión del ISP.

Periodo (Años)	Cuentas Residenciales	Cuentas Corporativas	Cuentas Totales	Usuarios Totales
Uno	25	10	35	175
Dos	53	21	74	370
Tres	110	44	154	770
Cuatro	232	93	325	1625
Cinco	486	194	680	3400

Tabla 1.7 Cálculo de la Proyección de la Demanda

Entonces de acuerdo a la proyección de la demanda, se realizará el cálculo del ancho de banda requerido por el ISP para el número total de clientes, debido que, para cumplir con la calidad de servicio y en especial para la aplicación de video que se requiere de por lo menos 128 Kbps se necesitará empezar con dicha capacidad más el porcentaje de clientes que necesiten de mayor capacidad, por lo que se realizó el cálculo que se presenta en la tabla 1.8

Cuentas Residenciales	Cuentas Corporativas	Velocidad de Bajada	Velocidad de Subida
35%	10%	128 Kbps	64 Kbps
30%	20%	256 Kbps	128 Kbps
20%	35%	512 Kbps	256 Kbps
10%	25%	1024 Kbps	512 Kbps
5%	10%	2048 Kbps	1024 Kbps

Tabla 1.8 Porcentaje de Clientes en relación al Ancho de Banda [16]

ANCHO DE BANDA TOTAL					
Periodo (Años)	Cuentas Residenciales	Cuentas Corporativas	Velocidad de Bajada (Kbps)	Velocidad de Subida (Kbps)	Total (Kbps)
Uno	25	10	2220	1110	3330
Dos	53	21	4688	2344	7033
Tres	110	44	9768	4884	14652
Cuatro	232	93	20619	10309	30928
Cinco	486	194	43121	21560	64682

Tabla 1.9 Cálculo del Ancho de Banda Total

1.6 INFRAESTRUCTURA DEL ISP [18][19]

Para el presente diseño, se considera el escenario más completo que un ISP debe disponer en relación a su propia infraestructura para los distintos niveles de la red, tanto para los diferentes componentes de su construcción y de los principios básicos de diseño, así como también de las posibles evoluciones de la red, las cuales imponen fuertes exigencias a los proveedores de servicios Internet en la actualidad; Sobre esto cabe recalcar la creciente necesidad de conectividad a Internet, sea en el número de conexiones de acceso de los usuarios, como en los servicios que los clientes requieren en cada conexión. Por lo que es necesario indicar que en la práctica existen tantos diseños diferentes como ISPs.

1.6.1 DESCRIPCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA [18][22]

Las redes más simples de Internet están conformadas por pocos routers de propósito general interconectados por enlaces alquilados o propios. Pero a medida que las redes se vuelven más complejas, se requiere un número mayor de elementos, los elementos se especializan en sus aplicaciones, por otro lado la gestión y la seguridad en la red adquieren mayor importancia.

Así pues, la infraestructura de red necesaria para proveer los servicios IP se compone en cuatro partes:

- Red de Acceso.
- Red de Concentración.
- Red Troncal o Backbone.
- Red de Gestión del ISP.

La interconexión de los usuarios con la red de datos del proveedor se realiza en los **POP** (*Puntos de Presencia*). Actualmente, de acuerdo con esta estructura de red, en la mayor parte de las redes de los ISP se perfilan tres niveles jerárquicos de interconexión, como se muestra en la figura 1.10

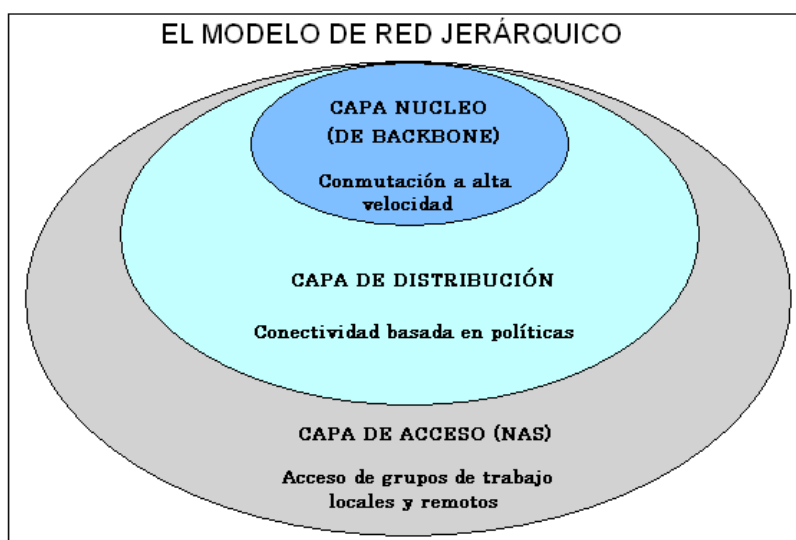


Figura 1.10 Niveles Jerárquicos de Interconexión [22]

- **Capa Núcleo** (*también conocida como Backbone*): Enlace troncal de alta velocidad que está diseñado para conmutar paquetes tan rápido como sea posible. Como el núcleo es fundamental para la conectividad, debe proporcionar un alto nivel de disponibilidad y adaptarse a los cambios con rapidez. También proporciona escalabilidad y convergencia rápida.

- **Capa de Distribución:** Agrupa los armarios de cableado y utiliza switches para segmentar grupos de trabajo y aislar los problemas de la red en un entorno determinado. De manera similar, la capa de distribución agrupa las conexiones WAN y proporciona conectividad basada en políticas.
- **Capa de Acceso:** Permite el acceso de los usuarios a los dispositivos de la red. La capa de acceso generalmente incorpora dispositivos de conmutación de LAN con puertos que proporcionan conectividad a las estaciones de trabajo y a los servidores.

1.6.1.1 Red de Acceso [18] [20]

Hoy en día, la modernización y la globalización exigen estar siempre conectado al mundo de Internet. Además, la gran demanda de servicios telemáticos y la migración de sistemas tradicionales como voz y video hacia los soportes IP han incentivado el nacimiento de nuevas infraestructuras convergentes de telecomunicaciones.

El punto inicial de un ISP consiste en el despliegue de una red de transporte IP completa y robusta por donde fluya todo su tráfico de gestión y servicios. Para lo cual los clientes pueden acceder por medio de líneas conmutadas o *dial-up*, líneas **ADSL**, son las siglas de *Asymmetric Digital Subscriber Line*, ("*Línea de Suscripción Digital Asimétrica*"), líneas dedicadas; entre las cuales se encuentra el acceso por medio inalámbrico, el cual es el objetivo de este diseño.

1.6.1.2 Red de Concentración [18]

Esta red, situada en el borde de la red de datos, tiene como labor, agregar las conexiones de los clientes en los puntos de presencia del proveedor dentro del POP. Las características principales de los routers concentradores son:

- ✓ Escalabilidad y alto ancho de banda para satisfacer la demanda creciente de transmisión de datos, voz y video.
- ✓ Alta densidad de puertos para satisfacer el crecimiento constante del número de clientes.
- ✓ Prestaciones de valor añadido adicionales al enrutamiento de paquetes de alta velocidad: redes privadas virtuales, seguridad con listas de acceso extendidas y firewalls, además diferenciación de calidad de servicio, soporte multicast, etc.

Si se desea implementar un control de tráfico más minucioso en la red, se requieren mecanismos de diferenciación de servicios como **Diffserv** (*Servicios Diferenciados*).

1.6.1.3 Red Troncal o Backbone [18][21]

Para proveer de servicios de Internet es necesario estar conectado al Internet, a través de uno o varios enlaces WAN. Por lo tanto, la red troncal se encarga de:

- ✓ Agregar el tráfico procedente de las redes de acceso y concentración.
- ✓ Interconexión con el resto de POP de la Red.
- ✓ Interconexión a otras Redes, proveedores de tránsito y puntos neutros.

La red troncal también mejora el rendimiento estadístico de la red en los routers de concentración.

Además de la conexión externa se debe también considerar una conexión al **NAP.EC** (*Network Access Point of Ecuador*) Punto de Acceso de Red Ecuador. El NAP.EC consiste en una infraestructura instalada con el objetivo de intercambiar tráfico de Internet originado y terminado en el Ecuador, y es administrada por la **AEPROVI** (*Asociación de Empresas Proveedoras de Servicios de Internet, Valor Agregado, Portadores y Tecnologías de la información*).

Un proveedor puede participar del intercambio de tráfico local a través de NAP.EC pero es indispensable cumplir los siguientes requisitos mínimos: [21]

1. Estar autorizado para la explotación de servicios de Internet conforme a la legislación ecuatoriana vigente.
2. Estar unánime en cumplir el "Acuerdo multilateral para intercambio de tráfico a través de NAP.EC" (documento que trata sobre la calidad mínima que debe tener la conexión).
3. Tener asignado legalmente un número de sistema autónomo (ASN) público y direcciones IP públicas.

Los proveedores que reúnan los requisitos deberán efectuar el siguiente proceso de inscripción a fin de participar del intercambio de tráfico a través de NAP.EC: [21]

1. Enviar una solicitud de conexión dirigida a AEPROVI. Esta solicitud debe ser remitida por el representante legal del proveedor y en ella se debe indicar: nodo al cual se desea conexión y la capacidad inicial del enlace de acceso.
2. Entregar en las oficinas de AEPROVI, el "Acuerdo para intercambio de tráfico a través de NAP.EC" firmado por el representante legal del proveedor (en caso de no haberlo firmado antes).
3. Cancelar el costo por activación de puerto y puesta en marcha del servicio.
4. Coordinar con la administración técnica de NAP.EC la instalación de la última milla (esta debe cumplir los requerimientos exigidos por NAP.EC).
5. AEPROVI asignará los recursos en el equipamiento de NAP.EC y en coordinación con el responsable técnico del proveedor se levantará la conexión.

Actualmente existen 2 nodos que permiten la conexión de los proveedores de Internet a NAP.EC: Quito y Guayaquil.

La infraestructura de NAP.EC tiene su propio número de sistema autónomo (ASN) y maneja su propio rango de direcciones IP públicas.

La topología física actual del NAP.EC es la siguiente:

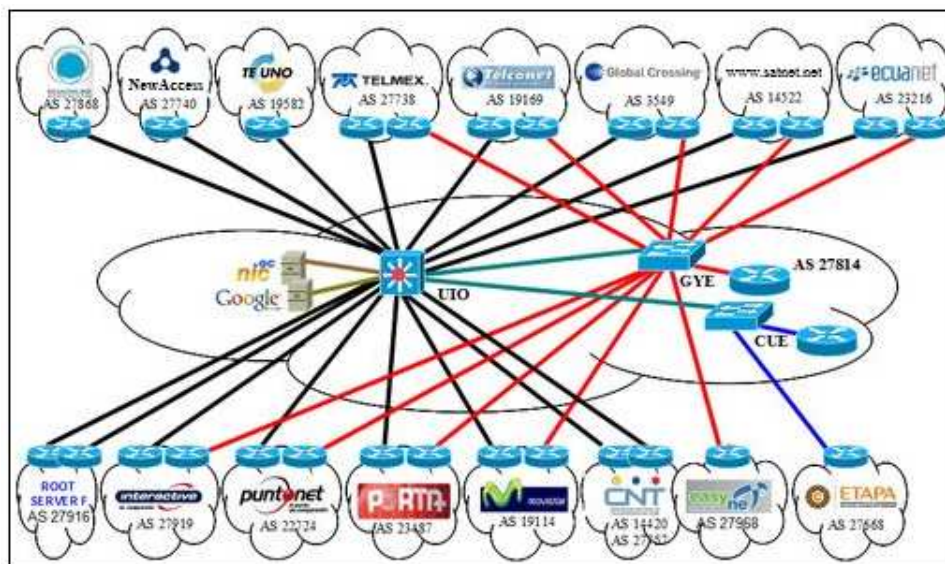


Figura 1.11 Topología física de NAP.EC [21]

1.6.1.4 Red de Gestión del ISP [18]

Esta red de gestión tiene aplicaciones críticas para un ISP que se centralizan en un **CPD** (Centro de Proceso de Datos). El CPD se conecta a un router del backbone por dos líneas redundantes y está compuesto por las siguientes redes de área local:

- **LAN de gestión:** Incluye los servidores de red IP, gestión de equipos de cliente, estadística y acuerdos de nivel de servicio, y máquinas de visualización. El acceso desde la red IP a esta LAN está protegido por un firewall dedicado.
- **LAN DNS/ Radius:** Incluye los servidores de DNS principal, DNS caché y Radius. Debido a que esta LAN incluye los servidores más críticos, el acceso desde la red IP está protegido por dos firewalls dedicados en balanceo de carga.

Esta estructura ha conseguido separar el tráfico de gestión del resto del tráfico.

1.7 DISTRIBUCIÓN DE ACCESO INALÁMBRICO (HOTSPOT) [23][24]

La tecnología inalámbrica se encuentra desde hace varios años atrás ya instalada en la sociedad a nivel mundial. El **HOTSPOT** (en inglés 'punto caliente'; es un punto de acceso inalámbrico a Internet que funciona en un radio de acción libre de 50 metros) consiste en la colocación de puntos de conexión en zonas públicas o privadas como aeropuertos, centros comerciales, hoteles, cafés, restaurantes, etcétera, dando la posibilidad al usuario que disponga de un dispositivo con conexión inalámbrica para tener acceso a Internet.

Los Hotspots permiten que el acceso inalámbrico sea una realidad mucho más compleja y extensible que el Internet que hoy se conoce. No se trata solo de estar en un lugar físicamente y poder conectarte a la red sin el cable, sino que se puede navegar por Internet, leer el correo electrónico, conectarse a la red de la empresa (si dicho servicio está disponible), realizar llamadas telefónicas de voz sobre IP de forma gratuita, jugar en línea, descargar y actualizar programas, y enviar mensajes instantáneos. El concepto lleva a que el Internet esté disponible en cualquier lugar, por lo que se puede pensar en una incursión similar a la de la tecnología celular móvil.

Los tipos de conexiones son muchas y se pueden combinar entre ellas haciéndolas muy flexibles. Las más importantes o las más comunes son las conexiones punto a punto y punto multipunto, así como se puede cambiar redes con cableado estructurado a redes inalámbricas. Con ayuda de los esquemas se podrán citar algunas de las conexiones y configuraciones más usuales dentro de los enlaces inalámbricos, aunque existen infinidad de configuraciones, así como de posibilidades, dependiendo de las necesidades de cada uno.

1.7.1 ENLACE PUNTO A PUNTO [25]

Con el enlace Punto a Punto, es posible alcanzar distancias mayores (10km) y proveer de una conexión segura y estable (Figura 1.12).

Entre los atributos más importantes que debe cumplir un ISP se encuentra la simplicidad estructural, ya que permite a los clientes una fácil interconexión y le otorga al proveedor facilidad para adaptarse a cambios tecnológicos.

Los enlaces Punto-Punto acoplan de forma transparente o enrutada dos redes físicas como si estuvieran unidas por un cable. No requiere de reconfiguración de ningún equipo, respecto a los **AP** (*Access Point*), las dos redes trabajarán de forma transparente.

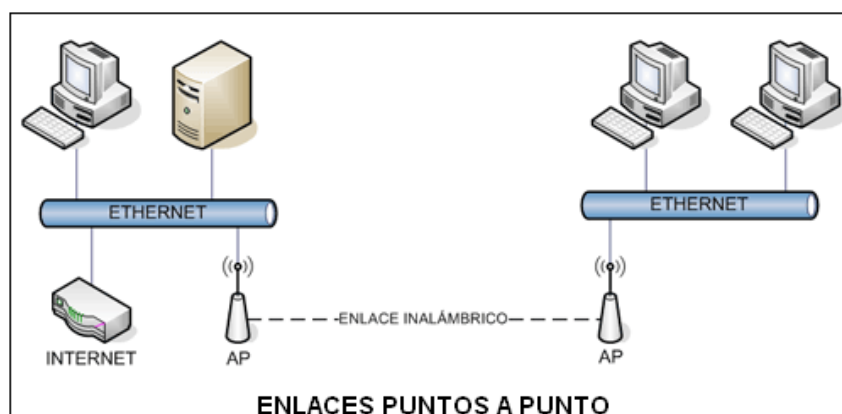


Figura 1.12 Enlaces Punto a Punto [25]

1.7.2 ENLACE PUNTO A MULTIPUNTO [25] [26]

Los enlaces Punto Multipunto funcionan de forma similar a los enlaces Punto-a-Punto, pero, unen varias redes entre sí. Los enlaces Punto- Multipunto pueden permitir establecer grandes áreas de cobertura, para enlazar diferentes puntos remotos hacia una central para implementar redes de datos, voz y video.

Este radioenlace consta de una instalación central dotada de una antena multidireccional, a la que apuntan las antenas direccionales del resto de dispositivos. Debido a la flexibilidad de los AP (Puntos de Acceso) se pueden definir reglas de acceso entre las diferentes redes o hacerlas funcionar como una única red (Ver Figura 1.13).

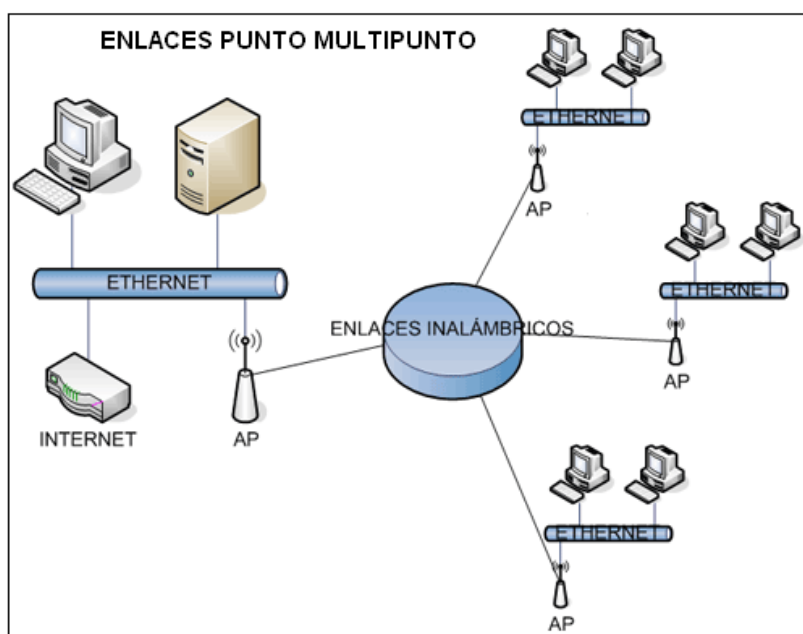


Figura 1.13 Enlaces Punto – Multipunto [25]

1.8 PLANIFICACIÓN DE LA RED INALÁMBRICA [27][28][29]

Debido al acrecentamiento de la movilidad, la comunicación de forma inalámbrica está ocupando un lugar importante en la industria debido a que la implementación de redes inalámbricas implica poco tiempo de instalación. Su uso se está extendiendo considerablemente logrando así una mejora en la comunicación. Esta expansión no se debe sólo a la introducción de estándares de seguridad más adecuados para las redes inalámbricas, sino también por la mejora de la disponibilidad de la red, gracias a un mejor hardware, además, de un mínimo impacto ambiental.

Realizar una planificación profesional y eficiente de una red WLAN es indispensable ya que de esa manera se asegura no tener áreas con una señal muy pobre, pérdidas de cobertura, mala calidad en las transmisiones de audio y video y posibles conexiones intermitentes, de tal manera que el rendimiento de la red sea bastante alto.

Estos tipos de redes están formadas por diversas pequeñas células inalámbricas, estas células inalámbricas deben superponerse espacialmente para asegurar que haya suficiente cobertura incluso si uno o varios puntos de acceso fallan. Sin embargo, tales superposiciones pueden producir interferencias tanto en canales comunes (co-canales) como en canales vecinos, ya que en la banda 2,4 GHz se produce un solapamiento de frecuencias en los canales adyacentes.

Al mismo tiempo, el uso de antenas sectoriales permiten mayor ganancia pues reducen la interferencia y aumenta la cobertura de la celda de la **BS** (*siglas en inglés de Estación Base*). Un diseño adecuado necesita tener en cuenta ciertos requisitos especiales. La planificación de las celdas y la asignación de frecuencias son aspectos fundamentales en el diseño. Para dar escalabilidad al sistema se puede emplear los siguientes mecanismos:

- **Modulación Adaptiva.** Los esquemas de modulación de alta eficiencia espectral, aumentan la capacidad de la red. En la Figura 1.14 se muestra una estación base y la modulación correspondiente a cada suscriptor según la distancia. Dependiendo de las condiciones del enlace, esta modulación permite, como su palabra lo indica, adaptar el esquema de modulación y codificación de canal.

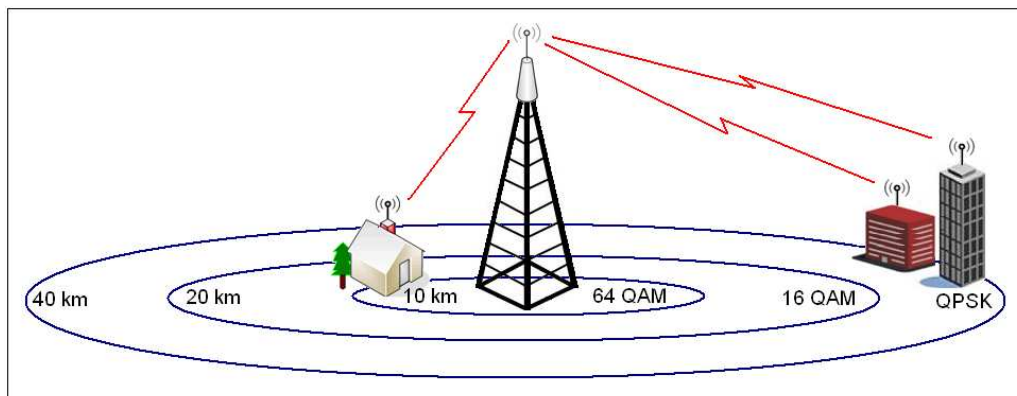


Figura 1.14 Modulación Adaptiva [29]

- **Sectorización.** Aumentar el número de sectores permite incrementar la capacidad de sistema. A continuación se muestra una celda dividida en dos sectores y otra celda dividida en 4 sectores. A cada sector le corresponde un canal.

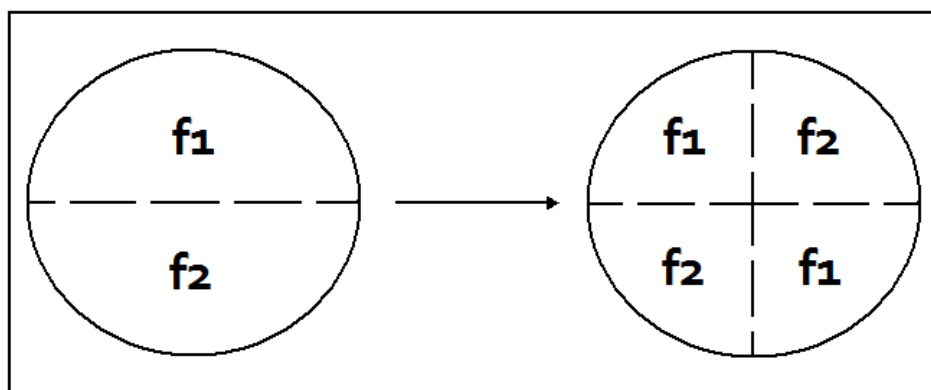


Figura 1.15 Sectorización a 90° [29]

- **Reutilización de frecuencias y de polarización.** El error más común en el diseño de una red inalámbrica es el uso de un excesivo número de puntos de acceso, produciendo a menudo una interferencia innecesaria entre ellos debido a la poca separación que hay entre los canales. Por tal motivo esta reutilización asigna diferentes canales (frecuencias), a cada sector de un

grupo celdas de las BSs contiguas, tomando en cuenta una máxima separación entre canales adyacentes para evitar la interferencia co-canal. La Figura 1.16 muestra la reutilización de frecuencias en celdas con 6 sectores.

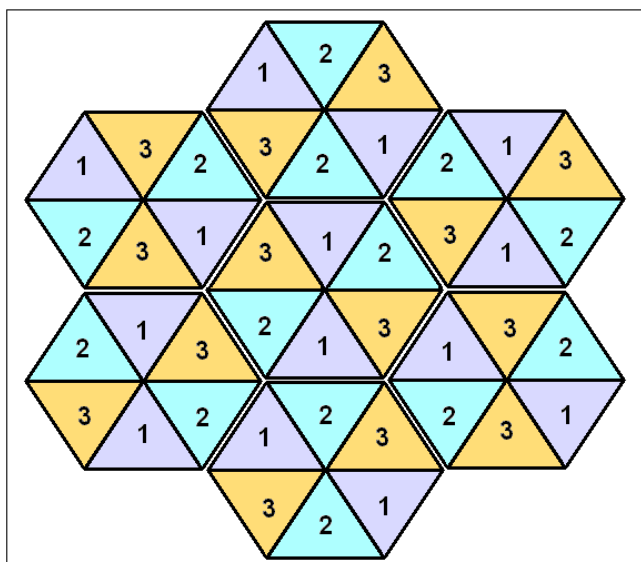


Figura 1.16 Reutilización de frecuencias [29]

En el diseño óptimo de una red inalámbrica, es conveniente seguir una cierta secuencia de pasos para lograr los objetivos propuestos de la forma más rápida y eficaz. Primero, se deben obtener los planos de los diferentes lugares a cubrir por la red. El siguiente es el más importante de los pasos: optimizar la cobertura y la disponibilidad de la red inalámbrica. Para este propósito, se puede alternar la polarización de las antenas entre sectores adyacentes con el mismo canal, luego se repite el mismo patrón de “n” celdas hasta cubrir el área de servicio.

Posteriormente al simular la carga de datos en la red, se debe visualizar los efectos de la interferencia en todo el radio de cobertura para lograr una configuración óptima de la red que permita anticipar sus condiciones, tanto por la adición, el movimiento y la recolocación de los puntos de acceso, como por el uso y ajuste de los tipos apropiados de antenas.

1.8.1 ENLACES INALÁMBRICOS PARA INTERNET RURAL [28][30]

Hoy en día Internet es una herramienta de trabajo esencial en las empresas y en los hogares, por lo que estar fuera de los núcleos urbanos (ámbito rural) no debería ser un impedimento para tener acceso a la banda ancha. El presente proyecto se focaliza en llevar Internet banda ancha hacia lugares, que a pesar de no ser ámbitos urbanos son lugares de gran expansión poblacional.

Los enlaces inalámbricos permiten el acceso a Internet transportando la conexión de Internet banda ancha a lugares de difícil acceso. 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 de Internet Rural Vía Satélite.

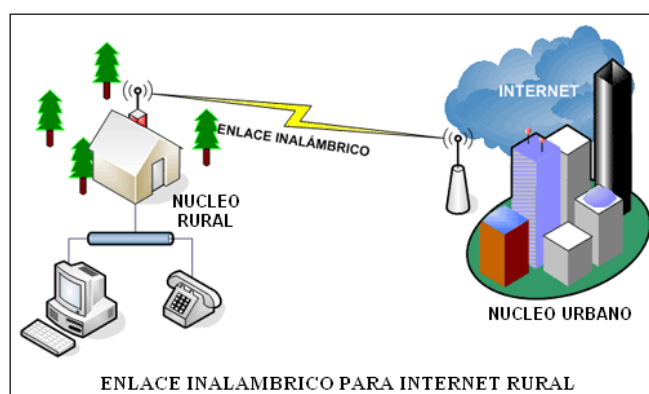


Figura 1.17 Enlace Inalámbrico para Área Rural [30]

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

Características de los enlaces inalámbricos para Internet Rural:

- Posibilidad de largas distancias.
- Instalación rápida y limpia.
- Velocidades de hasta 90 Mbps (teóricamente).
- Equipos robustos y preparados para trabajar en exteriores.
- Alta seguridad en las comunicaciones.

1.9 FUNDAMENTOS DE ENLACES INALÁMBRICOS

1.9.1 LONGITUD DE ONDA INALÁMBRICA [31]

Es importante visualizar el tamaño físico de una señal, porque el tamaño físico de cada señal determina cómo la señal interactúa con su medio ambiente y para el presente proyecto, es importante poder observar el comportamiento de una señal inalámbrica y cómo es propagada de antena a antena dentro de una red inalámbrica. El tamaño físico de la señal también determina cuán largas o cortas deben ser las antenas para transmitir y recibir; para una señal pequeña la antena será pequeña.

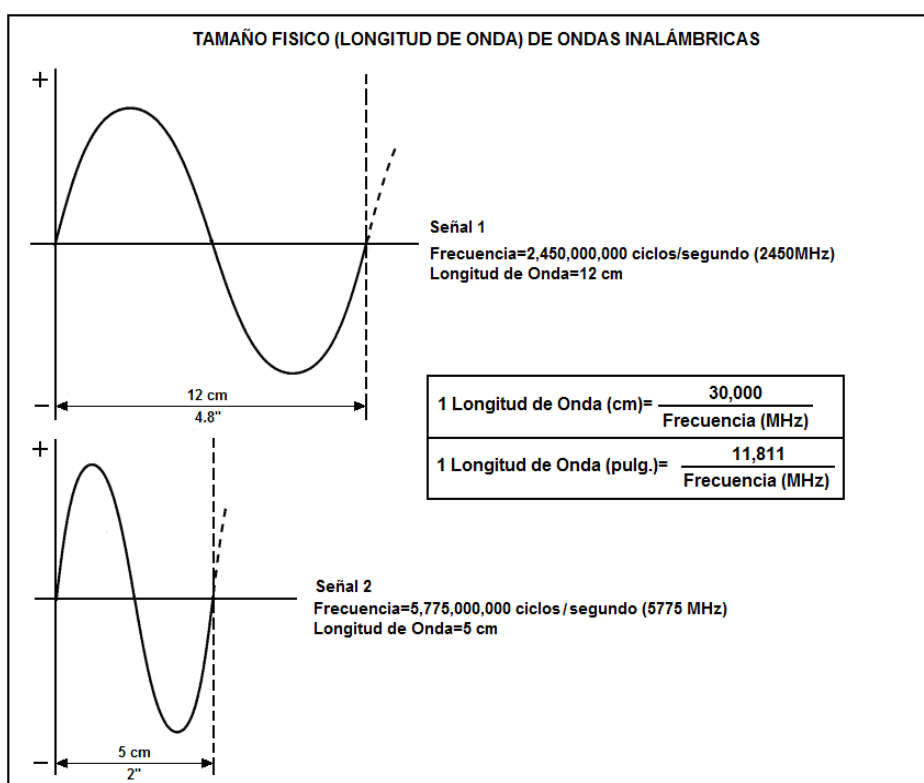


Figura 1.18 Longitud de onda inalámbrica [31]

En la Figura 1.18, cada ciclo de la señal 1 (2,45 GHz) tiene un tiempo de viaje de 12cm. Entonces la longitud de onda de la señal 1 es de 12cm. La señal 2 está cambiando más rápidamente, cada ciclo de la señal 2 (5.775 GHz) tiene un tiempo de viaje de sólo 5cm, por

lo que la longitud de onda de la señal 2 es únicamente de 5 cm. Existe una correspondiente longitud de onda por cada frecuencia inalámbrica. Lo más bajo de la frecuencia es lo más largo de la longitud de onda; lo más alto de la frecuencia es lo más corto de la longitud de onda [31].

1.9.2 ATENUACIÓN [31][32]

En telecomunicaciones, se denomina *atenuación de una señal*, a la reducción de nivel de una señal sufrida por la misma al circular a través de un elemento de un circuito por cualquier medio de transmisión. La atenuación puede ser acústica, eléctrica u óptica.

La atenuación suele darse en unidades logarítmicas, de este modo, queda expresada en decibelios por las siguientes fórmulas:

En términos de Potencia	En términos de Tensión
$\alpha = 10 \times \log \frac{P_1}{P_2}$	$\alpha = 20 \times \log \frac{V_1}{V_2}$

Expresión 1.3 Atenuación de la Señal [31]

1.9.3 DIFRACCIÓN [32][35]

La difracción es un fenómeno típicamente ondulatorio. La difracción se observa cuando una onda tiene la capacidad de curvarse y esparcirse en los bordes de un obstáculo cuyas dimensiones son grandes en relación a la longitud de onda. Cuando la onda incide sobre un obstáculo todos los puntos de su plano se convierten en fuentes secundarias de ondas, emitiendo nuevas ondas.

1.9.4 EFECTOS CLIMÁTICOS Y ATMOSFÉRICOS [31]

Las señales inalámbricas deben pasar a través de la atmósfera de la tierra, esta atmósfera está en un medio ambiente dinámico que consiste de cambios de temperatura constantes, cambios de presión, vapor y clima. Estos cambios afectan la propagación de las señales inalámbricas en el camino de las redes inalámbricas.

1.9.5 REFRACCIÓN [31][33]

La refracción es un fenómeno que se observa en todo tipo de ondas. Cuando una onda incide oblicuamente sobre la superficie de separación de dos medios, parte de la onda incidente se refleja, mientras que la otra parte se refracta y penetra en el segundo medio, por lo que la onda cambia de dirección y velocidad.

En el caso de las ondas de radio, la refracción es especialmente importante en la ionósfera, en la que se producen una serie continua de refracciones que permiten a las ondas de radio viajar de un punto del planeta a otro.

1.9.6 RUIDO [34][35]

Se define al ruido simplemente como una *señal indeseada* que no está conectada con la señal deseada de ningún modo. La señal que se recibe es una señal modificada de la señal que se transmite.

El Ruido es un factor muy limitante en el rendimiento eficiente de un sistema de comunicaciones y se presenta las siguientes categorías:

- Ruido Térmico.
- Ruido por Intermodulación.
- Crosstalk.
- Ruido Impulsivo.

a) El Ruido térmico: Conocido también como “Ruido Blanco”. Está presente en todo dispositivo electrónico y medio de transmisión, impone límites en el rendimiento de los sistemas de comunicación y no se lo puede eliminar, por lo general no es problema significativo, pero en comunicaciones satelitales si afecta debido a la baja intensidad de las señales que se reciben en las estaciones terrenas.

b) Ruido de Intermodulación: Son señales no deseadas que se producen cuando las señales de dos líneas independientes se intermodulan y forman un producto que cae dentro de una banda de frecuencias que difiere de ambas entradas. Entonces este ruido se presenta cuando se producen señales a frecuencias (f_1+f_2) o (f_1-f_2) , o múltiplos de estas frecuencias, Este tipo de ruido también se produce por las no linealidades existentes en un dispositivo de transmisión, recepción.

c) Crosstalk: En Telecomunicaciones, se dice que entre dos circuitos existe diafonía, denominada en inglés *Crosstalk*, cuando parte de las señales presentes en uno de estos circuitos, considerado perturbador, aparece en el otro, considerado perturbado.

Atendiendo a cómo son percibidas las señales perturbadoras, generadas en un circuito como consecuencias de la diafonía, esta puede ser inteligible o no inteligible. En una comunicación, el objetivo es que la diafonía se mantenga dentro de ciertos límites, tales que no pueda ser reconocida como señal útil por el extremo receptor.

d) Ruido Impulsivo: Es aquel ruido cuya intensidad aumenta bruscamente durante un impulso en la señal transmitida. El ruido impulsivo es no continuo y está constituido por pulsos o picos irregulares de corta duración y amplitud relativamente grande, en contraste con los tipos de ruidos anteriores que son razonablemente predecibles y de magnitud constante.

1.10 ZONAS DE FRESNEL [36][37]

Para establecer las zonas de Fresnel primero se debe determinar la línea de vista, que en términos simples es una línea recta entre la antena transmisora y la receptora. Ahora la zona que rodea el **LOS** (*Línea de Vista*) son las zonas de Fresnel.

La fórmula genérica de cálculo de las zonas de Fresnel se muestra en la Expresión 1.4

$$r_n = 548 \sqrt{\frac{n * d_1 * d_2}{f * d}}$$

Expresión 1.4 Fórmula para el Cálculo del radio de la enésima Zona de Fresnel.

Donde:

r_n es el radio de la enésima zona de Fresnel [m].

n es la enésima zona de Fresnel.

d₁ es la distancia desde el transmisor al objeto en [Km].

d₂ es la distancia desde el objeto al receptor en [Km].

d es la distancia total del enlace en [Km].

f es la frecuencia en [MHz].

Para un alcance máximo de los equipos usados en radiofrecuencia se tiene ciertas condiciones idóneas. Estas condiciones idóneas son básicamente:

1. Utilización de antenas correctas.
2. Altura correcta donde se colocarán las antenas para respetar la primera zona de Fresnel.
3. Prevención de condiciones climatológicas adversas, en el caso de enlaces en exteriores.
4. Visión directa entre dispositivos de transmisión y recepción.

1.10.1 DEFINICIÓN DE LAS ZONAS DE FRESNEL [36][37]

Zona de Fresnel se le denomina al espacio entre transmisor y receptor de radiofrecuencia, de manera que el desfase entre las ondas en dicho espacio no supere los 180° .”

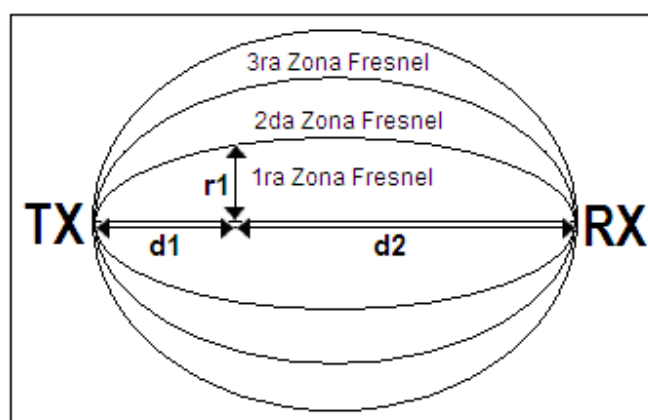


Figura 1.19 Serie de Zonas de Fresnel [36]

Además de la importancia de la visibilidad directa entre antenas, Fresnel definió una serie de zonas que hay que tener en cuenta. (Figura 1.19). Entonces, cuando se transmite algo en tierra se tiene rebotes en el suelo. Los rebotes pueden contribuir positivamente a la recepción de la señal si llegan en fase y negativamente si llegan en contrafase.

La primera zona contribuye positivamente a la propagación de la onda ya que llega en fase, además, la primera zona concentra el 50% de la potencia de la señal por lo que se debe procurar que llegue lo más íntegra posible al receptor.

La segunda zona contribuye negativamente porque llega en contrafase, la tercera zona contribuye positivamente, la cuarta zona contribuye negativamente y así sucesivamente con el resto de zonas.

En la práctica, al aplicar Fresnel y poder conseguir el máximo alcance de los dispositivos de radiofrecuencia se debe mantener despejada, al menos, el 60% de la primera zona de Fresnel, tal como se muestra en la Figura 1.20.

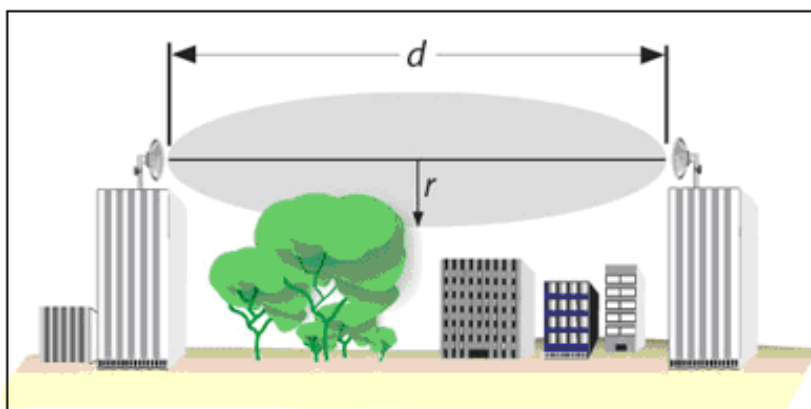


Figura 1.20 Primera Zona de Fresnel [36]

En color gris se representa a la primera zona de Fresnel. Es decir, para conseguir una comunicación a una **distancia d** con una señal portadora de **frecuencia f**, se debe conseguir que la altura **r de la primera zona de Fresnel** (o al menos el 60% de r) esté libre de obstáculos.

1.11 DESCRIPCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS UTILIZADAS PARA ENLACES INALÁMBRICOS WiFi

1.11.1 ANTECEDENTES WiFi [38][39]

En 1999 se creó una asociación conocida como **WECA** (*Wireless Ethernet Compatibility Alliance, Alianza de Compatibilidad Ethernet Inalámbrica*). Esta asociación pasó a denominarse WiFi Alliance en 2003. El objetivo no era solamente el fomento de la tecnología inalámbrica WiFi, sino, establecer estándares para que los equipos dotados de esta tecnología inalámbrica fueran compatibles entre sí.

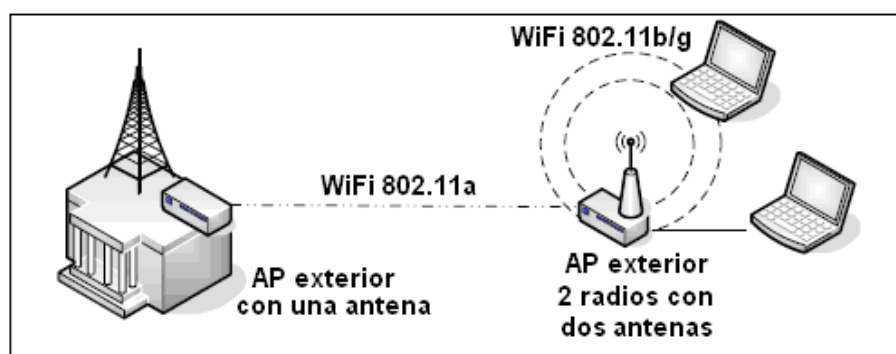


Figura 1.21 Arquitectura WiFi 802.11 [48]

De esta forma, WECA, en abril de 2000 certifica la interoperabilidad de equipos según la norma IEEE 802.11b bajo la marca WiFi (*El término WiFi no exactamente proviene de Wireless Fidelity, sino simplemente es un nombre de mercado*).

En la actualidad, existe la especificación 802.11n, la cual trabaja a 2,4GHz o 5GHz a una velocidad de transmisión que podría llegar a los 600 Mbps (lo que significa que la velocidad teórica sería aún mayor), y lograría ser hasta 10 veces más rápida que una red bajo los estándares 802.11a y 802.11g.



Figura 1.22 Logotipo de WiFi [38]

1.11.2 ESTÁNDARES EXISTENTES [40]

WiFi es la abreviación de *Wireless Fidelity*, aunque no es exactamente su significado como se mencionó anteriormente, también llamada WLAN o estándar IEEE 802.11

Existen diversos tipos de WiFi, basado cada uno de ellos en un estándar IEEE 802.11 aprobado.

La siguiente tabla presenta las distintas modificaciones del estándar 802.11 y sus significados:

ESTÁNDAR	DESCRIPCIÓN
802.11a	(llamado WiFi 5) El estándar 802.11a admite un ancho de banda superior máximo de 54 Mbps aunque en la práctica es de 30 Mbps. Provee ocho canales de radio en la banda de frecuencia de 5 GHz.
802.11b	El estándar 802.11 es el más utilizado actualmente. Ofrece un rendimiento total máximo de 11 Mbps (6 Mbps en la práctica) y tiene un alcance de hasta 300 metros en un espacio abierto. Utiliza el rango de frecuencia de 2,4 GHz con tres canales de radio disponibles.
802.11c	El estándar combinado 802.11c no ofrece ningún interés para el público general. Es solamente una versión modificada del estándar 802.1d que permite combinar el 802.1d con dispositivos compatibles 802.11.
802.11d	El estándar 802.11d es un complemento del estándar 802.11 que está pensado para permitir el uso internacional de las redes 802.11 locales. Permite que distintos dispositivos intercambien información en rangos de frecuencia según lo que se permite en el país de origen del dispositivo.
802.11e	802.11e está destinado a mejorar la calidad del servicio en el nivel de la capa de enlace de datos. El objetivo del estándar es definir los requisitos de diferentes paquetes en cuanto al ancho de banda y al retardo de transmisión para permitir mejores transmisiones de audio y vídeo.
802.11f	El 802.11f es una recomendación para proveedores de puntos de acceso que permite que los productos sean más compatibles. Le permite a un usuario cambiarse claramente de un punto de acceso a otro mientras está en movimiento sin importar qué marcas de puntos de acceso se usan en la infraestructura de la red.
802.11g	El estándar 802.11g ofrece un ancho de banda elevado en el rango de frecuencia de 2,4 GHz. El estándar 802.11g es compatible con el estándar anterior, el 802.11b, lo que significa que los dispositivos que admiten el estándar 802.11g también pueden funcionar con el 802.11b.
802.11h	El estándar 802.11h tiene por objeto unir el estándar 802.11 con el estándar europeo HiperLAN 2.
802.11i	El estándar 802.11i está destinado a mejorar la seguridad en la transferencia de datos (al administrar y distribuir claves, y al implementar el cifrado y la autenticación). Este estándar se basa en el AES (estándar de cifrado avanzado) y puede cifrar transmisiones que se ejecutan en las tecnologías 802.11a, 802.11b y 802.11g.
802.11r	El estándar 802.11r se elaboró para que pueda usar señales infrarrojas. Este estándar se ha vuelto tecnológicamente obsoleto.
802.11j	El estándar 802.11j es para la regulación japonesa lo que el 802.11h es para la regulación europea.
802.11n	IEEE 802.11n es una propuesta de modificación al estándar IEEE 802.11-2007 para mejorar significativamente el desempeño de la red, con un incremento significativo en la velocidad máxima de transmisión de 54 Mbps a un máximo de 600 Mbps, con el uso de dos flujos espaciales en un canal de 40Mhz. Dependiendo del entorno, esto puede transformarse a un desempeño visto por el usuario de 100Mbps. Se espera que el desarrollo del estándar 802.11n pueda ya contar con soporte para las características presentadas en los borradores del estándar.

Tabla 1.10 Estándares existentes de WiFi [40]

1.11.3 SEGURIDAD WiFi [40][41][42][43]

Uno de los problemas más graves a los cuales se enfrenta actualmente la tecnología WiFi y que en demasiadas ocasiones pasa desapercibido es la seguridad. La mayoría de redes son instaladas sin tener en consideración la seguridad, de tal manera que todo el tráfico es accesible a un atacante (hacker), convirtiendo así las redes en redes abiertas, sin protección de la información que por ellas circulan.

Existen varias alternativas para garantizar la seguridad de redes WiFi. Las más comunes son:

a) WEP: WEP (*Wired Equivalent Privacy*) debe proporcionar confidencialidad, autenticación y control de acceso en redes WLAN. WEP, cifra los datos en su red de forma que sólo el destinatario deseado pueda acceder a ellos, además, está basado en el algoritmo de encriptación RC4, con una clave secreta de 40 o 104 bits. WEP codifica los datos mediante una “clave” de cifrado antes de enviarlo al aire y utiliza la misma clave simétrica y estática en las estaciones y el punto de acceso.

El estándar no contempla ningún mecanismo de distribución automática de claves, lo que obliga a escribir la clave manualmente en cada uno de los elementos de red. Esto genera varios inconvenientes. Por un lado, la clave está almacenada en todas las estaciones, aumentando las posibilidades de que sea comprometida. Y por otro, la distribución manual de claves provoca un aumento de mantenimiento por parte del administrador de la red, lo que conlleva, en la mayoría de ocasiones, que la clave se cambie poco o nunca.

Cifrado: WEP utiliza una clave secreta compartida entre todas las estaciones y puntos de acceso de un sistema dado. Todos los datos transmitidos y recibidos entre la estación y el punto de acceso pueden ser cifrados utilizando esta clave compartida. El estándar 802.11 no especifica cómo se establece la clave secreta,

pero permite que haya una tabla que asocie una clave exclusiva con cada estación. Para proteger el texto cifrado, WEP aplica un algoritmo de comprobación de integridad CRC-32 (*Código de Redundancia Cíclica "CRC" lineal de 32 bits*).

Autenticación: WEP proporciona dos tipos de autenticación: un sistema abierto, en el que todos los usuarios tienen permiso para acceder a la WLAN, y una autenticación mediante clave compartida, que controla el acceso a la WLAN y evita accesos no autorizados a la red. De los dos niveles, la autenticación mediante clave compartida es el modo seguro. La autenticación mediante clave compartida funciona sólo si está habilitado el cifrado WEP. Incluso, aunque esté habilitada esta autenticación, todas las estaciones inalámbricas de un sistema WLAN pueden tener la misma clave compartida, dependiendo de cómo se haya instalado el sistema.

Algoritmos: El algoritmo de encriptación utilizado es RC4, según el estándar, es de 64 bits, que están formados por 24 bits correspondientes al vector de inicialización más 40 bits de la clave secreta. El **IV** (*vector de inicialización*), en cambio, es generado dinámicamente y debería ser diferente para cada trama, su objetivo es cifrar con claves diferentes para impedir que un posible atacante pueda capturar y finalmente deducir la clave.

Problemas de WEP: Son varios los problemas que afronta WEP, uno de ellos es el uso de claves estáticas, debido a que se comparten entre numerosos usuarios por tiempo ilimitado. De igual manera causa problemas el IV vector de inicialización ya que es demasiado corto, posee sólo 24 bits. A continuación se presentan los problemas más comunes existentes en WEP:

- RC4 posee una debilidad en su planificación de claves.
- Se pueden cambiar aleatoriamente algunos bits del paquete y a pesar de todo se obtiene el mismo CRC.

- Autenticación de la estación; se autentica la máquina, no el individuo que está sentado a la máquina.
- Autenticación unidireccional, el cliente no autentica al AP, sólo el AP autentica al cliente.

b) WPA: WPA es la abreviatura de WiFi Protect Access, y consiste en un mecanismo de control de acceso a una red inalámbrica, pensado con la idea de eliminar las debilidades de WEP. También se le conoce con el nombre de **TSN** (*Transition Security Network*).

WPA emplea el cifrado de clave dinámico, lo que significa que la clave cambia constantemente y hacen que la red inalámbrica sea más segura que con WEP. WPA está considerado como uno de los más altos niveles de seguridad inalámbrica, es un método recomendado ya que las claves son ingresadas como dígitos alfanuméricos, sin restricción de longitud, en la que se recomienda utilizar caracteres especiales, números, mayúsculas y minúsculas [43].

WPA utiliza **TKIP** (*Temporal Key Integrity Protocol*) para la gestión de las claves dinámicas mejorando notablemente el cifrado de datos, incluyendo el vector de inicialización. Además WPA puede admitir diferentes sistemas de control de acceso incluyendo la validación de usuario-contraseña, certificado digital u otro sistema o simplemente utilizar una contraseña compartida para identificarse. Dentro de WPA, hay dos versiones que utilizan distintos procesos de autenticación:

Para el uso personal doméstico: El Protocolo de integridad de claves temporales (TKIP) es un tipo de mecanismo empleado para crear el cifrado de clave dinámico y autenticación mutua. Debido a que las claves están en constante cambio, ofrecen un alto nivel de seguridad para su red.

Para el uso en empresarial: El Protocolo de autenticación extensible (EAP) se emplea para el intercambio de mensajes durante el proceso de autenticación. Emplea la tecnología para autenticar los usuarios a través de un servidor RADIUS. Esto aporta una seguridad muy alta para la red inalámbrica, pero necesita un servidor RADIUS.

c) WPA2: WPA2 Acceso Protegido WiFi 2, está basada en el estándar 802.11i. Es un sistema para proteger las redes inalámbricas WiFi, creado para corregir las vulnerabilidades detectadas de WPA.

El estándar 802.11i fue ratificado en Junio de 2004. Es un protocolo de encriptación más robusto que WEP. Básicamente, la diferencia entre un protocolo y otro es que WPA2 soporta una clave de hasta 63 caracteres alfanuméricos, y además, a partir de la introducción de **PSK** (*Pre-Shared Key*) que significa *clave precompartida*, el sistema va generando nuevas claves que transmite al resto de equipos, lo cual dificulta la acción de descifrado y que aparte, se almacena en el punto de acceso y en los dispositivos cliente.

A diferencia de WEP, no se necesita ingresar una clave de longitud predefinida y permite al usuario ingresar una frase de contraseña. Después, un algoritmo condensador la convierte en PSK.

Inconvenientes:

- ✓ No todos los dispositivos inalámbricos soportan el modo WPA2-PSK. Aunque en la actualidad, todos los equipos deben ser nativos WPA2 (AES) caso contrario, no serán productos certificados WiFi.
- ✓ Se somete al router a más carga de trabajo ya que debe generar constantemente nuevas claves.

1.11.4. LOS MODOS DE FUNCIONAMIENTO [44]

Tanto las tarjetas inalámbricas de los usuarios como los AP (Access Point) tienen diversas formas de trabajar, las más conocidas son Modo AD-HOC y Modo Infraestructura (Managed).

a) MODO Ad-Hoc

Una red "Ad-Hoc" consiste en un grupo de ordenadores que se comunican cada uno directamente con los otros a través de las señales de radio sin usar un punto de acceso. Las configuraciones "Ad-Hoc" son comunicaciones de tipo igual-a-igual, es decir, una red en la que cada equipo actúa como cliente y como punto de acceso simultáneamente. La ventaja de este modo es que se puede levantar una comunicación de forma inmediata entre ordenadores, aunque su velocidad generalmente no supera los 11Mbps, esta configuración que forman las estaciones se llama **IBSS** conjunto de servicio básico independiente.

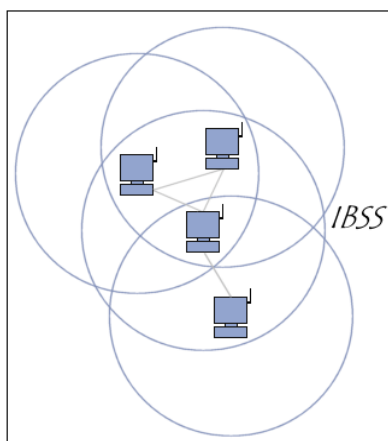


Figura 1.23 Modo Ad-Hoc [44]

Un IBSS es una red inalámbrica restringida que tiene al menos dos estaciones y no usa ningún punto de acceso. De tal manera que un IBSS crea una red temporal que les permite a los clientes que estén dentro de una misma red intercambiar datos.

Los clientes de la red inalámbrica que quieren comunicarse entre ellos necesitan configurar el mismo canal y **ESSID** (identificador de red inalámbrica) que viene a ser como el nombre de la red, pero a nivel WiFi.

b) MODO INFRAESTRUCTURA O MODO MANAGED

Esta forma de funcionamiento es más eficaz que AD-HOC, en este modo cada usuario se conecta a un punto de acceso (AP) a través de un enlace inalámbrico.

Además este modo gestiona y se encarga de llevar cada paquete a su sitio. La configuración formada por el punto de acceso y las estaciones ubicadas dentro del área de cobertura se llama *conjunto de servicio básico* o **BSS**.

Cada BSS se identifica a través de un **BSSID** (*identificador de BSS*) que es un identificador de 6 bytes (48 bits).

Se puede formar un **ESS** (*conjunto de servicio extendido*) cuando se vincula varios puntos de acceso juntos, es decir varios BSS, con una conexión llamada **SD** (*sistema de distribución*) que a su vez se lo puede realizar mediante un sistema cableado o inalámbrico.

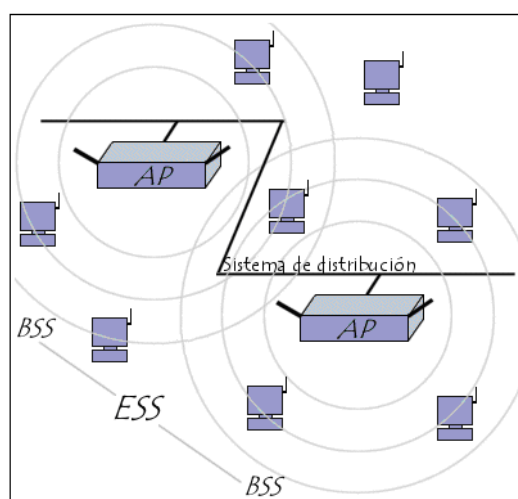


Figura 1.24 Modo Infraestructura [44]

Si un usuario se mueve dentro del ESS y va desde un BSS a otro, el adaptador de la red inalámbrica de su equipo puede cambiarse de punto de acceso, según la calidad de la señal que reciba desde distintos puntos de acceso. Esta característica que permite a las estaciones moverse de un punto de acceso al otro se denomina *itinerancia*.

1.11.4.1 Antenas para WiFi [45][46]

Existen dos grandes grupos de antenas que son: las antenas direccionales y las antenas omnidireccionales.

Las antenas direccionales emiten la señal hacia un punto de conexión exacto, con mayor o menor precisión.

Dentro del grupo de antenas direccionales, tenemos las de Rejilla o Grid, las Yagi, las parabólicas, las "Pringles" las de Panel y las Sectoriales.

Las antenas omnidireccionales son utilizadas para conexiones punto a multipunto, como su mismo nombre lo indica estas dispersan la señal hacia todas las direcciones. La señal se emite por igual en todas las direcciones, en un radio de 360°, pero sólo sobre el plano perpendicular de la antena. Las antenas omnidireccionales suelen ser una varilla vertical.

Otro punto importante a saber es la distancia nominal que se obtiene según los dBi que tenga la antena:

dBi	Distancia Nominal (metros)
2.5	300
5.0	600
7.5	1200
10	2400

Tabla 1.11 Distancia Nominal según los dBi [46]

Como se puede ver en la Tabla 1.11 por cada 2.5 dBi que tenga la antena se duplica la distancia.

1.11.4.2 Tarjetas WiFi [46]

Son dispositivos que conectan el computador con la red inalámbrica, son equivalentes a una tarjeta de red normal, sólo que sin cables y su configuración a nivel de IP es de igual manera. Con estas tarjetas los usuarios pueden acceder a Internet y sus aplicaciones en cualquier lugar donde exista señal inalámbrica.

Las tarjetas más conocidas vienen para portátiles, en formato **PCMCIA** (*Personal Computer Memory Card International Association*) asociación Internacional centrada en el desarrollo de tarjetas de memoria. Pero, también existen en formato **PCI** (*Peripheral Component Interconnect*) para computadoras de escritorio.

1.11.4.3 El Pigtail [46]

El Pigtail, es un pequeño cable, que sirve de adaptación entre la tarjeta WiFi (o el AP) y la antena o el cable que vaya hacia la antena. Este Pigtail tiene dos conectores: el propietario de cada tarjeta en un extremo, y por el otro un conector N estándar en la mayoría de los casos.

1.12 DESCRIPCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS UTILIZADAS PARA ENLACES INALÁMBRICOS WiMAX

1.12.1 ANTECEDENTES WiMAX [47][48]

WiMAX, acrónimo de *Worldwide Interoperability for Microwave Access* (*Interoperabilidad Mundial para Acceso por Microondas*), es una norma de transmisión por ondas de radio de última generación orientada a la última milla que permite la recepción de datos por microondas y retransmisión por ondas de radio (protocolo 802.16 MAN - Metropolitan Area NetWork, Red de Área Metropolitana) proporcionando acceso concurrente con varios repetidores de señal superpuestos,

ofreciendo total cobertura en áreas de hasta 50km de radio y a velocidades de hasta 70 Mbps, utilizando tecnología que no necesita visión directa con las estaciones base. Este nuevo estándar es compatible con otros anteriores, como el de Wi-Fi (IEEE 802.11).

A principios del 2008, Intel presentó su primer microchip desarrollado para este servicio y ha sido fabricado gracias a una colaboración entre Intel y 20 colaboradores, incluyendo Qwest, British Telecom y Siemens. Este avance tecnológico ofrece importantes soluciones para el acceso a Internet sin cable a distancia.

WiMAX es un WiFi de alta potencia. Mientras que tecnología WiFi tiene un alcance bastante limitado, entre unos edificios, el alcance de WiMAX es mucho más largo, con capacidad de dar acceso a Internet a grandes superficies.

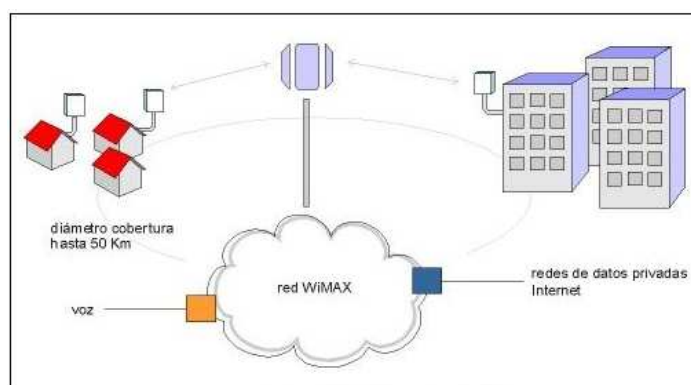


Figura 1.25 Tecnología WiMAX [47]

Esto significa que en teoría, WiMAX podría:

- Ofrecer acceso a Internet en zonas de difícil acceso, servirá de apoyo para facilitar las conexiones en zonas rurales, y se utilizará en el mundo empresarial para implementar las comunicaciones internas.

- Con tecnología WiMAX se espera el arranque definitivo de otras tecnologías, como **VoIP** (*llamadas de voz sobre el protocolo IP*). También WiMAX se destaca por su capacidad como tecnología portadora, sobre la que se puede transportar IP, TDM, T1/E1, ATM, Frame Relay, lo que la hace perfectamente adecuada para entornos de grandes redes corporativas datos.
- Es necesario que los fabricantes de dispositivos electrónicos lleguen a acuerdos para desarrollar esta tecnología, dando lugar a certificaciones que aseguren la interoperabilidad y la compatibilidad de antenas, procesadores o receptores, de esa manera se incrementará el uso de los estándares WiMAX, Para ello, existe el '**WiMAX Forum**', que es una asociación sin ánimo de lucro formada por decenas de empresas comprometidas con el cumplimiento del estándar IEEE 802.16.

1.12.2 EVOLUCIÓN DE WiMAX ^{[49][50][51]}

En la primera fase, la tecnología WiMAX provee conexiones fijas inalámbricas que pueden ser utilizadas en conexiones de empresas de alto volumen de información que fluye en las redes de datos.

En la fase dos, WiMAX será disponible como un **ST** (*Terminal de Suscriptor*) de bajo precio y de auto instalación, conectado a una PC y a una antena, de tal manera que se disminuye los costos de instalación. Al ser los dispositivos auto instalables, el modelo nómada, WiMAX, será aplicable en grandes despliegues residenciales para servicio de Internet de banda ancha.

La portabilidad es habilitada en la tercera fase, ya que WiMAX (basado en IEEE 802.16e) podrá ser instalado en dispositivos de clientes móviles, asegurando una

conexión global a Internet de banda ancha siempre disponible, simplemente al encender un dispositivo portátil.

ESTÁNDAR	802.16	802.16a	802.16c	802.16d	802.16e
FUNCIONAMIENTO	LOS (Line of Site) Línea de Vista	NLOS (Non Line of Site) Sin Línea de Vista. LOS	LOS (Line of Site) Línea de Vista	NLOS (Non Line of Site)	NLOS (Non Line of Site)
TASA DE BIT	32 - 134 Mbps con canales de 28 MHz	Hasta 75 Mbps con canales de 20 MHz	-----	Hasta 75 Mbps con canales desde 1,25 y 20 MHz	Hasta 15 Mbps con canales de 5 MHz
MODULACIÓN	QPSK, 16QAM y 64 QAM	OFDM con 256 subportadoras QPSK, 16QAM, 64QAM	QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM	OFDM, OFDMA BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM	OFDM con 256 subportadoras, OFDMA QPSK, 16QAM, 64QAM
DESCRIPCIÓN	Utiliza espectro licenciado en el rango de 10 a 66 GHz, necesita línea de vista directa con una capacidad de hasta 134 Mbps. Soporta QoS.	Ampliación del estándar 802.16 hacia bandas de 2 a 11 GHz con sistemas NLOS y LOS y protocolo PTP y PTMMP.	Ampliación del estándar 802.16 para definir las características y especificaciones en la banda de 10 – 66 GHz.	Revisión del 802.16 y 802.16a para añadir los perfiles aprobados por el WiMAX Forum.	Extensión del 802.16 que incluye la conexión de banda ancha nomádica para elementos portables como por ejemplo laptops.

Tabla 1.12 Descripción de Estándares [49]

1) PSK: (*Phase-Shift Keying*) *Modulación por Desplazamiento de Fase*. Este método consiste en realizar un desplazamiento de fase en cada bit que se transmite. **BPSK** se denomina, *Modulación por desplazamiento de fase Binaria*, la cual transfiere a bajas velocidades y usa un desplazamiento de 180 grados. [62]

Mientras que **QPSK**, *Modulación por desplazamiento de fase en Cuadratura* utiliza una serie de cuatro desplazamientos de 90 grados que permiten transferencias mucho más rápidas.

2) QAM: (*Quadrature Amplitude Modulation*), la *Modulación de Amplitud en Cuadratura* es una forma digital de modulación, en donde dos señales portadoras que tienen la misma frecuencia pero están desfasadas entre sí 90° pueden operar por el mismo canal sin interferirse ya que se encuentran en desfase, lo que significa que están en cuadratura. [62]

3) CCK: (*Complementary Code Keying*), Modulación por Código Complementario; permite codificar directamente varios bits de datos en un solo chip al utilizar ocho secuencias de 64 bits. Por lo tanto, el método CCK puede soportar hasta 11Mbps al codificar 8 bits de datos, pero, alcanzar una velocidad efectiva máxima de 5.5Mbps al codificar 4 bits de una sola vez. [63]

4) OFDM: (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*), La Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales, es una técnica de comunicación que divide un canal de radio-frecuencia, en un número determinado de bandas de frecuencias igualmente espaciadas, en cada banda se transmite una subportadora que transporta una parte de información. Cada subportadora es ortogonal al resto, por lo que esta técnica recibe el nombre de multiplexación por división de frecuencia. Esto permite que el espectro de cada frecuencia esté sobrelapada y no exista interferencia, aumentando la eficiencia del uso del espectro debido a que no se utilizan bandas de separación entre subportadoras. Figura 1.26

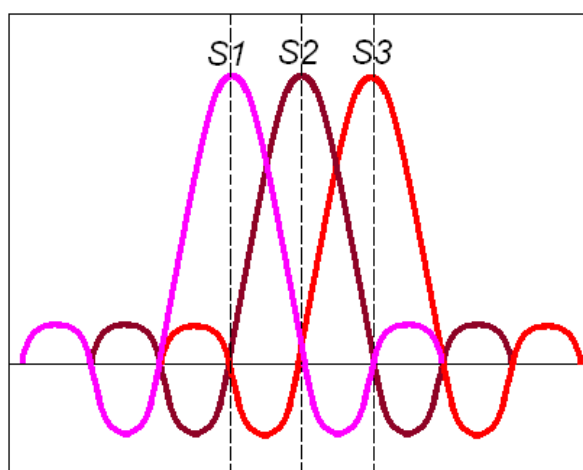


Figura 1.26 Subportadoras ortogonales permiten sobrelapado de sus espectros sin interferencias. [64]

OFDM es una de las razones por la que WiMAX puede ofrecer altas velocidades de transmisión, además de la resistencia a desvanecimientos por multitrayectorias e

interferencias. OFDM fue patentado en 1970 e incorporado a las tecnologías DSL, así como al estándar 802.11a y 802.11g logrando aumentar la velocidad de transferencia máxima a 54 Mbps teóricos, de 11 Mbps de 802.11b. [64]

5) OFDMA: (*Orthogonal Frequency Division Multiple Access*). Es una adaptación de la multiplexación por división de frecuencias ortogonales para acceso. Este acceso múltiple se logra dividiendo el canal en un conjunto de subportadoras que se reparten en grupos de acuerdo a la necesidad de cada uno de los usuarios. De esa manera se puede conseguir una mayor eficiencia, adaptando continuamente el número de subportadoras asignadas al usuario en función de la velocidad y realimentando las condiciones del canal para que los usuarios de un mismo sistema de telecomunicaciones compartan el espectro de un canal de radio-frecuencia y se cancele de forma eficiente las interferencias co-canal y los desvanecimientos rápidos. [65]

1.12.3 CARACTERÍSTICAS DE WiMAX [51][52][53]

Se tiene la expectativa que WiMAX revolucione las telecomunicaciones a nivel mundial, funciona de manera similar a las actuales redes inalámbricas de tecnología WiFi, en donde una estación base con una antena (AP Access Point) controla el acceso inalámbrico de los equipos a la red. Así, por ejemplo, los empleados de una compañía puede utilizar desde su portátil o dispositivo de mano todos los recursos de la red, sin necesidad de una conexión por medio de un cable se puede: navegar por Internet, imprimir documentos, leer el correo interno, usar la intranet, acceder a las bases de datos, etc.

Entonces se tiene las siguientes características fundamentales:

- Mayor productividad a rangos más distantes (hasta 50 km)
 - Mejor tasa de bits por segundo a largas distancias.

- Anchos de canal entre 1,5 y 20 MHz.
- Anchos de banda flexibles que permiten usar espectros licenciados y sin licencia.
- Una característica importante del estándar es que define una capa MAC que soporta múltiples especificaciones físicas (PHY).
- Sistema escalable:
 - Fácil adición de canales: maximiza las capacidades de las células.
 - Utiliza modulaciones que permiten altas velocidades de transferencia incluso en condiciones poco favorables y utilizando mecanismos de modulación adaptativa, la estación base y el equipo de usuario se conectan en función de las características del enlace radio.
 - Soporta varios cientos de usuarios por canal, con un gran ancho de banda y es adecuada tanto para tráfico continuo como a ráfagas, siendo independiente de protocolo; así, transporta IP, Ethernet, ATM etc. y soporta múltiples servicios simultáneamente ofreciendo Calidad de Servicio (QoS) en 802.16e, por lo cual resulta adecuado para voz sobre IP (VoIP), datos y vídeo.
- Cobertura:
 - Soporte de mallas basadas en estándares y antenas inteligentes, que mejoran la eficiencia y la cobertura. Estas antenas son propias de las redes celulares de 3G, mejorando la red espectral, llegando así a conseguir el doble que WiFi.
 - Servicios de nivel diferenciados: E1/T1 para negocios, mejor esfuerzo para uso doméstico.
 - Además, se contempla la posibilidad de formar redes malladas (*mesh networks*) para que los distintos usuarios se puedan

comunicar entres sí, sin necesidad de tener visión directa entre ellos.

➤ Costo y riesgos:

- Los equipos WiMAX-Certified FF (certificación de compatibilidad) permiten a los clientes-operadores comprar dispositivos de más de un vendedor.
- Con respecto a la seguridad se tiene medidas de autenticación de usuarios y la encriptación de datos mediante los algoritmos triple DES y RSA.

1.12.3.1 Tipos de WiMAX ^[52]

a) Fijo: El estándar de 802.16-2004 de las versiones 802.16a y 802.16d son estándares que se refieren como “fijo inalámbrico” porque se utiliza una antena, la cual se coloca como punto de acceso en un lugar estratégico como un mástil o techo del interior, se parece a una antena de televisión vía satélite y no es necesario que sea una señal tan robusta como en transmisiones al aire libre.

Esta tecnología provee una alternativa inalámbrica al suscriptor de cualquier tipo de servicio xDSL. WiMAX acceso fijo trabaja desde 2.5GHz autorizado, 3.5GHz y 5.8GHz sin licencia, para proveer acceso a Internet de clase ínter operable de transportador para última milla.

b) Móvil: El estándar 802.16e del IEEE es una revisión que apunta a la movilidad y añade portabilidad para clientes que necesitan de esta utilidad. Los adaptadores de 802.16e para conectarse directamente al WiMAX se enlazan en red.

El estándar 802.16e usa **OFDMA** (*Acceso Múltiple por División Ortogonal de Frecuencia*), agrupa subportadoras múltiples en subcanales. Una sola estación cliente del suscriptor podría usar todos los subcanales dentro del tiempo de la

transmisión, o los múltiples clientes podrían transmitir simultáneamente utilizando cada uno una porción del número total de subcanales.

1.12.4 WiMAX FORUM [54][55]

El WiMAX Forum es una organización sin fines de lucro, liderada por la industria, formada por un consorcio de empresas (inicialmente 67 y hoy en día más de 500). Esta organización está dedicada a diseñar los parámetros y estándares de esta tecnología, y a estudiar, analizar y probar los desarrollos implementados, a su vez certificar y promocionar la compatibilidad e interoperabilidad de los productos inalámbricos de banda ancha basados en el estándar común WiMAX y de esa manera acelerar su introducción al mercado.

Se podría deducir en un principio que esta tecnología presume una grave amenaza para el negocio de tecnologías inalámbricas de acceso de corto alcance en que se basan muchas empresas, pero hay entidades muy importantes detrás de este proyecto.

Las principales firmas de telefonía móvil también están desarrollando terminales capaces de conectarse a estas nuevas redes. Después de la fase de pruebas y estudios cuya duración prevista es de unos dos años, se espera comenzar a ofrecer servicios de conexión a Internet a 4 Mbps a partir de 2007, incorporando WiMAX a los ordenadores portátiles y PDA.

Los productos certificados "*WiMAX Forum Certified*" soportan los servicios de Internet banda ancha fijos, portátiles y móviles. El WiMAX Forum labora muy de cerca con reguladores y prestadores de servicio para asegurarse de que los sistemas WiMAX Forum Certified satisfagan las exigencias de todos los clientes.

1.12.5 REDES WiMAX [56]

Una red combinada de implementación WiMAX y WiFi, ofrece una solución más eficiente, WiMAX provee conectividad inalámbrica de banda ancha a las áreas más allá del alcance de la banda ancha tradicional “xDSL” y permite el crecimiento de WiFi y además tiene costos razonables en su implementación. Las Redes WiFi conducen la demanda para WiMAX, aumentando la proliferación de acceso inalámbrico e incrementando la necesidad para soluciones eficientes con costos accesibles y última milla más veloz.

En la actualidad existe gran cantidad de información sobre Wimax, y en muchos casos se presenta como el sustitutivo de WiFi y que su implantación solucionará definitivamente los problemas de conectividad inalámbrica y de ancho de banda. Pero la mejor solución es una combinación de las dos tecnologías, WiMAX puede agregar Redes de WiFi (como malla se conectan topologías y hotspots) y usuarios de WiFi en la parte final, mientras WiMAX le ofrece un **backhaul** (*red de retorno*) de gran distancia y recurso de última milla.

Lo mejor es que la solución varía de acuerdo a los modelos de uso y su implementación puede estar hecha a la medida que mejor se adapte de acuerdo a las necesidades de la red de usuarios, el tiempo de implementación, la posición geográfica y la aplicación de red (tanto en datos, VoIP y vídeo).

1.12.6 SEGURIDAD WiMAX [57][58][59][60][61]

La seguridad en redes inalámbricas desde su comienzo ha originado dudas al respecto de su implementación y su uso, lo que ha llevado a que el **IEEE** (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) y el WiMAX Forum trabajen conjuntamente en proyectos de seguridad robusta y consolidada.

Tanto proveedores y usuarios de la red desean mantener siempre su información segura, por tal motivo WiMAX debe aplicar medidas para asegurar la privacidad de sus usuarios y prevenir el acceso a información confidencial de individuos no autorizados.

Los usuarios de WiMAX pueden confiar en que las medidas de seguridad implementadas incluyen:

- Espionaje/Escuchas: Contener la interceptación de información de forma intencional cuando se realiza las transmisiones.
- Privacidad: Asegurar de que la información transmitida es solamente leída por los destinatarios a los que va dirigida.
- Suplantación “**Spoofing**” (*técnicas de suplantación de identidad generalmente con usos maliciosos o de investigación*): Evitar que un atacante copie las direcciones MAC con el fin de conseguir el acceso a la red.
- Robo del Servicio: Prevenir que los atacantes puedan acceder a Internet u otros servicios utilizando identidades robadas y advirtiendo a los usuarios legítimos obtener los servicios de forma gratuita.

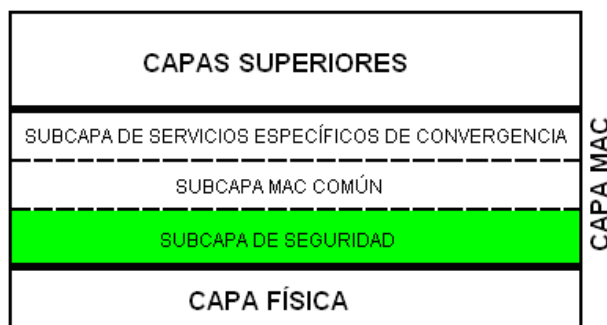


Figura 1.27 Capa MAC y Subcapa de Seguridad [57]

Al presente, WiMAX maneja las mejores características de seguridad en su clase, lo cual se logra gracias a la adopción de las mejores tecnologías disponibles, las características de seguridad son independientes al tipo de operador y a la topología

de la red de acceso, además la clave para prevenir la utilización clandestina de la conexión wireless, está en la encriptación.

La seguridad WiMAX soporta dos estándares de encriptación de calidad, DES3 y AES, que son consideradas tecnologías avanzadas. Básicamente, en redes inalámbricas y sobre todo en redes WiMAX, todo el tráfico debe ser encriptado para contar con transmisiones seguras y autenticar la integración de los datos transmitidos.

a) DES3: DES (*Data Encryption Standard*) fue desarrollado por un equipo de IBM alrededor de 1974. Triple DES es una variación de la norma DES. Es tres veces más lento que el DES regular, pero pueden ser muchísimo más seguro si se lo utiliza correctamente.

Triple DES opera con tres claves de 64 bits, para una longitud de clave de 192 bits en general. Entonces Triple DES rompe la clave que el usuario ha proporcionado en tres subclaves, las teclas de relleno si es necesario por lo que son cada uno de 64 bits de longitud. El procedimiento de cifrado es exactamente el mismo que DES regular, pero se repite tres veces. Los datos se encriptan con la primera llave, luego se desencriptan con la segunda llave, y finalmente se vuelven a encriptar con la tercera llave. Por tal motivo adopta el nombre de “Triple DES”.

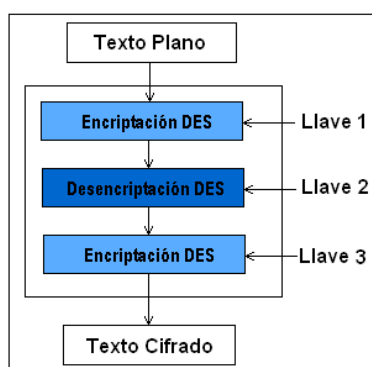


Figura 1.28 Estándar de Encriptación de Datos 3DES [57]

Al igual que el DES, los datos se cifran y se descifran en fragmentos de 64 bits, lamentablemente, hay algunas llaves débiles que hay que tener en cuenta: si las tres llaves, la primera y segunda llave, o la segunda y tercera llave, son las mismas, entonces el procedimiento de cifrado es esencialmente el mismo como el estándar DES. Esta situación debe evitarse, debido a que es lo mismo que usar una versión muy lenta de DES regular.

El Estándar de Encriptación de Datos DES se compone de algoritmos de encriptación de datos y **TDEA** (*Triple Data Encryption Algorithm*) y son utilizados en un sistema de computación o una red para proporcionar protección criptográfica para datos binarios codificados.

El método de aplicación dependerá de la aplicación y el medio ambiente. Los dispositivos deben ser implementados de tal manera que puedan ser probadas y validadas con la mayor precisión.

Triple DES, tiene ventaja sobre muchas de las deficiencias de DES como es la ventaja de una fiabilidad probada y una mayor longitud de la clave que elimina muchos de los ataques de acceso directo. Sin embargo, incluso esta versión más potente de DES no es lo suficientemente fuerte como para proteger los datos durante mucho más tiempo. El algoritmo DES se ha quedado obsoleto y está en necesidad de reemplazo. Para ello, el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (**NIST**) organizó un concurso para desarrollar el estándar de cifrado avanzado (AES) como sustituto de DES. [58] [59].

b) AES: AES (*Advanced Encryption Standar*) es un estándar de criptografía simétrica adoptado en el **FIPS** 197 (*Federal Information Processing Standards*). Desde 1977 apareció la primera versión del estándar FIPS 46, luego sus posteriores reafirmaciones en 1983, 1988, 1993, y 1999.

Advanced Encryption Standard (AES) especifica un algoritmo aprobado criptográfico que se lo utiliza para la seguridad en redes informáticas, AES es un sistema de cifrado simétrico de bloques que se puede cifrar (encriptar) y descifrar (desencriptar) la información.

El cifrado convierte los datos a un formulario ininteligible denominado texto cifrado, al descifrar el texto cifrado, se convierten los datos nuevamente en su forma original, denominado texto. El algoritmo AES es capaz de utilizar claves de cifrado de 128, 192, y 256 bits para cifrar y descifrar datos en bloques de 128 bits.

En el año 2000 se llevó a cabo la tercera conferencia AES, donde se recibió los últimos análisis, para que finalmente el 2 de octubre del año 2000 se diera a conocer como ganador al Algoritmo **RIJNDAEL** (*Esquema de cifrado por bloques adoptado como un estándar de cifrado por el gobierno de los Estados Unidos*) denominado como AES. Esto llegó a ser asumido oficialmente en el 2001 en el FIPS 197 a partir de esa fecha hay conferencias especiales para analizar la situación actual de AES.

El algoritmo Rijndael fue elegido principalmente por garantizar seguridad, por ser inmune a los ataques conocidos, por tener un diseño simple, y poder ser implementado en la mayoría de los escenarios posibles, desde dispositivos con recursos limitados, como smart cards, hasta procesadores de alta capacidad. El tiempo ha permitido que AES sea adaptado poco a poco, desde los protocolos más usados como **SSL** (*Secure Socket Layer: Protocolo que Proporciona cifrado de datos, autenticación de servidores, integridad de mensajes y, opcionalmente, autenticación de cliente para conexiones de redes*), hasta las aplicaciones más especializadas, como VoIP. [60][61].

1.12.7 QoS PARA WiMAX [66]

Las redes IP transmiten y reciben información aplicando un servicio donde todos los paquetes transportados tienen el mismo tipo de tratamiento a medida que circulan por la red. En caso de presentarse congestión, se retardan o descartan los paquetes y para aplicaciones que no toleran retardos o pérdida de datos, no es recomendable aplicar este servicio. Una solución sería agregar más ancho de banda, pero debido a que el tráfico se transmite en ráfagas, no es suficiente, ya de igual manera se seguirá produciendo congestiones temporales, retardos y pérdidas.

Por lo tanto, el objetivo está en obtener un Internet más “inteligente”, por medio de mecanismos de QoS diferenciada, para cuantificar el tratamiento que un paquete y dar a ciertos paquetes un mejor trato que a otros.

QoS no crea ancho de banda adicional, sino que debe manejar el tráfico de manera que el ancho de banda disponible soporte los requerimientos de un amplio rango de aplicaciones y en concordancia con el SLA (*Service Level Agreement*) suscrito.

Entonces, las mayores aplicaciones que se esperan sean implementadas dentro de la tecnología WiMAX son:

- 1) Distinguir la importancia del tráfico dentro de una red.
- 2) Permitir a los proveedores de servicios, vender servicios que compitan en base a calidad y costos frente a las líneas alquiladas.
- 3) Permitir una gran calidad de voz sobre redes IP.
- 4) Permitir que el usuario final, por simple análisis, determine si el objetivo de QoS se cumple.
- 5) Determinar desde el punto de vista del administrador de la red, si QoS se cumple para diferentes tipos de tráfico que pueden no ser cuantificables aparentemente para un usuario final, pero si para el administrador de la red.

En resumen, suponer QoS como una única manera o como una única aplicación no es una buena perspectiva. Aunque voz y video pueden ser beneficiados y sacar ventaja al utilizar QoS, ambas aplicaciones funcionan en buen nivel en Internet utilizando “best-effort”. Aplicar QoS debería ser decisión del usuario basándose en el costo-beneficio ya que lo que puede ser necesario para uno, puede no serlo para otro. Por ende, WiMAX con QoS se debe enfocar en cimentar un ambiente de trabajo donde sea posible entregar diferentes tratos a diferentes tipos de tráfico, donde el tipo de tráfico puede ser determinado de una manera flexible y eso lo logra empleando “Servicios Diferenciados (DiffServ)”.

1.12.7.1 Servicios Diferenciados (DiffServ) [67]

Los *Servicios Diferenciados (DiffServ)* proporcionan un método que aspira garantizar la calidad de servicio en redes de gran tamaño. La arquitectura de Servicios Diferenciados analiza varios flujos de datos en vez de conexiones o recursos de red, lo que significa que se realiza una negociación para todos los paquetes que se envía en la red. En esta arquitectura, los paquetes son clasificados y marcados para recibir un trato exclusivo en cuanto al envío. Realiza una sofisticada clasificación y política de operaciones para acondicionamiento que necesitan sólo ser implementadas en los bordes de la red o en los **hosts** (*Los hosts son computadores que ofrecen servicios de transferencia de archivos, servidores de base de datos, servidores web, etc. Los usuarios que usan los hosts pueden a su vez pedir los mismos servicios a otros hosts conectados a la red*). Esta arquitectura trabaja únicamente en una dirección de flujo del tráfico es decir de forma asimétrica.

Las redes de Internet desde sus inicios han presentado un constante crecimiento en cuanto al número de usuarios, la gran diversidad de aplicaciones y la capacidad de la

infraestructura de la red han conllevado a crear una arquitectura escalable para servicios diferenciados que permita acomodar este continuo crecimiento.⁵

DiffServ maneja el tráfico agregado como su unidad fundamental de tráfico. Un campo de 6 bits en cada paquete identifica su agregado de tráfico en el centro de la red y el trato de envío que recibirá cada paquete en el agregado, sin importar a que flujo pertenezca. Los agregados del interior podrían estar hechos de paquetes de varios clientes, y ser condicionados diferente en el borde, pero con el mismo trato de envío una vez pasado el borde.

Los routers dentro del dominio van a ser configurados para tratar a cada agregado de tráfico en forma diferente; en un dominio que reconoce a N agregados, los routers serán capaces de tener N comportamientos de envío diferente, uno apropiado para cada agregado.

De lo estudiado en este capítulo se puede concluir que los enlaces inalámbricos ofrecen la gran ventaja de conectarse a Internet en lugares de difícil acceso, donde no existen otras posibilidades de servicios de telecomunicaciones.

Además WiMAX se sitúa en un rango intermedio de cobertura entre las demás tecnologías de acceso de corto alcance y ofrece velocidades de banda ancha para un área metropolitana. Esta tecnología soporta niveles de servicio (SLAs) y calidad de servicio (QoS).

En el siguiente capítulo se procederá a analizar las tecnologías WiFi y WiMAX, así como un estudio de propagación sobre la zona donde se realizará el enlace.



CAPÍTULO 2

CAPÍTULO 2

DISEÑO DE PROPAGACIÓN DE LA ZONA DEL ENLACE

El crecimiento potencial de las redes inalámbricas y a su vez la exigencia de mayor movilidad en las mismas, plantea como objetivo realizar un análisis de las tecnologías que se tienen al alcance y que gracias a la globalización se utilizan a nivel mundial. Dado el reconocimiento que WiMAX ha tenido en el mercado, se lo compara generalmente con WiFi. Aunque las dos tecnologías básicamente comparten varias características técnicas, se acercan al universo inalámbrico de dos perspectivas diferentes.

2.1 ANÁLISIS DE CARACTERÍSTICAS DE WiFi Y WiMAX

2.1.1 BANDAS DE FRECUENCIA [1][2]

Dentro de los estándares existentes de WiFi se tiene a 802.11a el cual trabaja en el espectro de frecuencia de radio de 5GHz, mientras que 802.11b y 802.11g lo hacen en la banda 2.4GHz. Estas bandas brindan distintos beneficios para cada uno de los protocolos, pero que a su vez también presentan dificultades en la implementación.

WiMAX trabaja en espectros sin licencia y con licencia dentro del rango de 2 GHz a 11GHz, siendo las bandas más utilizadas: sin licencia 5GHz y con licencia 2.5GHz y 3.5GHz. Además, de acuerdo a la regulación en los diferentes países alrededor del mundo, WiMAX puede operar en otras bandas. Una ventaja de WiMAX es que en las bandas de frecuencia mas bajas soporta **NLOS** (Non Line of Site) Sin Línea de Vista e incorpora una característica de selección dinámica de frecuencia, donde el equipo busca un canal libre, dando un gran beneficio en bandas sin licencia, esta característica no está presente en WiFi.

2.1.2 PROTOCOLO DE ACCESO AL MEDIO [3][4][5]

En WiFi para los protocolos 802.11a/b/g. se puede disponer del medio para envío de datos utilizando técnicas de control de acceso como **CSMA** (*Carrier Sense Multiple Access*) Acceso Múltiple por Detección de Portadora.

WiFi utiliza una técnica de acceso al medio llamada **CSMA/CA** (*Collision Avoidance*); lo que evitaría problemas como la posibilidad de que dos estaciones transmitan al mismo tiempo sobre un mismo canal de radio y generen una colisión en las señales provocando errores en los paquetes enviados originalmente, el problema fundamental que se origina, es que una estación no puede “escuchar” mientras está transmitiendo, lo que hace imposible detectar una colisión.

El acceso al medio en WiMAX, en los protocolos 802.16, 802.16a/d/e está encargado a **Dynamic TDMA** (*Dynamic Time Division Multiple Access*) Acceso Múltiple por División de Tiempo de forma Dinámica, en el cual se divide dinámicamente un canal de frecuencia en varias ranuras de tiempo para que la estación que desea realizar una transmisión se le asigne una ranura de tiempo específica para permitir la transmisión, lo que permite que múltiples usuarios utilicen un mismo canal de radio-frecuencia sin interferirse entre sí y basándose en la demanda de tráfico de cada flujo de datos. En redes WiMAX, el acceso al medio es controlado por la estación base. Las estaciones móviles que deseen transmitir primero envían una petición de acceso basado en contención, únicamente sólo una estación tiene permiso para transmitir en un tiempo determinado, por lo que no habrá colisiones en el tráfico de datos. Tanto TDMA como Dynamic TDMA permiten dar servicios de alta calidad de voz y datos.

2.1.3 MODULACIÓN [6][7][8]

Modulación es la técnica que radica en transportar información sobre una señal llamada portadora, la cual se modifica de acuerdo con las características de la señal

moduladora, que es la información que se desea transmitir. Existen tres métodos fundamentales: por amplitud, por fase y por frecuencia.

Para tecnologías inalámbricas tanto WiFi y WiMAX hacen uso de la modulación adaptativa, la cual permite escoger automáticamente la mejor modulación; lo que significa que el transmisor cambiará a una técnica de modulación mas robusta que dependerá de las condiciones del canal, para así poder conseguir tasas de transmisiones altas, ambas tecnologías gozan de los mismos beneficios.

En la Tabla 2.1 se resume la modulación que utiliza WiFi y WiMAX.

TIPO DE MODULACIÓN		MODULACIÓN						ADAPTIVA
		CCK	PSK		QAM			
			BPSK	QPSK	16	64	256	
WiFi	802.11b	■	■	■				■
	802.11a		■	■	■	■		
	802.11g	■	■	■	■	■		■
WiMAX	802.16			■	■	■		■
	802.16a		■	■	■	■	■	■
	802.16d		■	■	■	■	■	■
	802.16e		■	■	■	■	■	■

Tabla 2.1 Modulación para WiFi y WiMAX [6] [7] [8]

2.1.4 TÉCNICA DE TRANSMISIÓN [9][10][11]

El estándar WiFi 802.11a emplea las técnicas de OFDM de 256 sub-portadoras y OFDMA de 2048 sub-portadoras. Para 802.11b se utiliza la técnica **DSSS** (*Direct Sequence Spread Spectrum*) Espectro Extendido por Secuencia Directa y para 802.11a/g se utiliza la Multiplexación por División Ortogonal de Frecuencia de 64 canales (OFDM). Mientras que WiMAX 802.16d/e utilizan OFDM y OFDMA.

Ambas tecnologías actualmente utilizan los beneficios de OFDM, entre los cuales se tiene: la resistencia a las interferencias y al desvanecimiento de la señal, el aprovechamiento del ancho de banda y un mayor alcance.

2.1.5 DUPLEXACIÓN [12][13]

La duplexación es el proceso de creación de canales bi-direccionales de transmisión de datos para los enlaces de bajada y subida. Existe **TDD** Duplexación por División de Tiempo y **FDD** Duplexación por División de Frecuencia.

Las redes WiFi utilizan sistemas TDD o FDD, donde todos los AP (Access Point) y las estaciones móviles compiten por el uso del mismo canal, lo cual reduce a menos de la mitad la velocidad de transmisión y el uso es menos eficiente para tecnologías de voz aunque facilita la interoperabilidad con otras redes celulares e inalámbricas.

Para WiMAX, de la misma forma, se puede configurar para utilizar TDD o FDD. Pero al usar FDD no se requieren tiempos de espera con lo cual no se ve afectada la velocidad de transmisión y puede ser empleada para tecnologías de voz y video pero tiene un mayor costo para su implementación.

2.1.6 VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN [12][14]

La velocidad de transmisión es el promedio de la cantidad de información en bits o caracteres, que se transfieren entre dos dispositivos ubicados en lugares diferentes, por una unidad de tiempo dado. Se la mide en bits por segundo (bps).

En la Tabla 2.2 se resume la velocidad de transmisión para WiFi y WiMAX.

VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN		
	TECNOLOGÍA	Mbps
WiFi	802.11a/g	54
	802.11b	11
	802.11n	600
WiMAX	208.16	32 a 134
	208.16a	≤70 o 100
	208.16d	hasta 75
	208.16e	hasta 75

Tabla 2.2 Velocidad de Transmisión para WiFi y WiMAX [12] [14]

En la parte teórica se puede observar que la mayor velocidad de transmisión que alcanza la tecnología WiFi es de 54Mbps, pero en la práctica llega a los 30Mbps. Esto a su vez es claramente superado por la tecnología WiMAX, que alcanza 134Mbps en teoría y que en la práctica logra conseguir los 124Mbps.

2.1.7 RANGO DE COBERTURA [12][14]

Los enlaces inalámbricos pueden trabajar: Sin Línea de Vista Directa (NLOS) en la que la señal llega al receptor a través de reflexión, difracción y dispersión de las ondas electromagnéticas. Y con Línea de Vista Directa (LOS) donde la señal viaja sobre un camino directo y libre de obstáculos desde el transmisor hacia el receptor.

En la Tabla 2.3 se resume los rangos de cobertura para WiFi y WiMAX.

RANGOS DE COBERTURA			
TECNOLOGÍA		NLOS (Sin Línea de Vista)	LOS (Línea de Vista)
WiFi	802.11a		100 m
	802.11b		100 m
	802.11g		125 m
WiMAX	802.16		1.6 a 4.8 km
	802.16a	4.8 a 8 km	
	802.16d	4.8 a máx 48 km	
	8902.16e	móvil hasta 5 km	

Tabla 2.3 Rangos de Cobertura para WiFi y WiMAX [12][14]

Todos los enlaces WiFi trabajan con LOS, por lo tanto, su mayor alcance está entre los 100m hasta los 125m aplicados en la parte teórica.

Los enlaces WiMAX pueden trabajar con LOS y teóricamente alcanzan una cobertura máxima de 48km, así también WiMAX puede trabajar con NLOS y llegar a alcanzar una cobertura de máximo 8km y por lo tanto brinda una mayor cobertura que WiFi ya que los enlaces WiMAX consiguen una mayor penetración a través de obstáculos a grandes distancias; estas características brindan una diferencia muy importante al comparar teóricamente ambas tecnologías.

2.1.8 SEGURIDAD

La seguridad ha sido uno de los mayores problemas en WiFi, aunque en la actualidad se aplica muy buenos sistemas de encriptación como WEP, WPA y WPA2. Por otro lado, WiMAX, desde sus comienzos ha aplicado a todas sus transmisiones, la encriptación, eliminando los problemas de seguridad que existieron en las primeras versiones de WiFi. A continuación se detallan los mecanismos de seguridad para cada tecnología.

2.1.8.1 Seguridad WiFi ^{[15][16]}

Los mecanismos de seguridad disponibles en la tecnología WiFi son:

- ✓ Filtrado de direcciones MAC.
- ✓ Identificador de conjunto de servicios.
- ✓ WEP.
- ✓ WPA.
- ✓ WPA2 (802.11i).

En resumen, las características que ofrece WiFi en seguridad son:

- ✓ Se asegura que el usuario solamente pueda acceder a servicios autorizados.
- ✓ La autenticación se verifica en la fuente u origen de los datos transmitidos.
- ✓ Se brinda protección confidencial de los datos contra ataques a la red.
- ✓ Se protege la integridad de los datos para que no sean modificados por ingresos no autorizados a la red.

2.1.8.2 Seguridad WiMAX ^[17]

Los mecanismos de seguridad disponibles en la tecnología WiMAX son:

- ✓ Evitar ataques *spoofing* (*técnicas de suplantación de identidad generalmente para usos maliciosos o de investigación*) para contener accesos no autorizados a la red.

- ✓ Asegurar de que la información transmitida es solamente leída por los destinatarios a los que va dirigida.
- ✓ Encriptación de paquetes de datos.
- ✓ 3DES.
- ✓ AES.

En resumen, las características que ofrece WiFi en seguridad son:

- ✓ Se proporciona privacidad para encriptar el enlace entre la Estación Base (BS) y el usuario, asegurando que la información sólo sea recibida por el destinatario asignado.
- ✓ La subcapa de seguridad emplea el protocolo de administración de clave que es usado para proporcionar distribución segura de claves entre la Estación Base y el usuario y además mantiene la sincronización de la asignación de claves de los datos entre ellos, previniendo que los atacantes puedan acceder a Internet u otros servicios utilizando identidades robadas.

2.1.9 CALIDAD DE SERVICIO QoS [18][19][20]

El QoS permite proporcionar un mejor servicio a ciertos flujos de información. Esto se logra ya sea elevando la prioridad de un flujo o disminuyendo la prioridad de otro flujo. De esa manera se mejora la pérdida de paquetes y el retraso o latencia de los paquetes transmitidos.

Entonces se tiene que los estándares WiFi 802.11a,b,g no soportan QoS. Pero los usuarios ya pueden disponer de mejoras de QoS que se han implementado en la actualidad, como por ejemplo 802.11e que ofrece QoS para redes WLAN.

Caso contrario, para WiMAX se puede aplicar QoS, tanto para voz, datos y video además de servicios diferenciados (*DiffServ*), lo que proporciona el manejo del tráfico

enviado de acuerdo a condicionamientos y políticas requeridos por los usuarios finales.

2.1.10 BENEFICIOS DE LAS REDES INALÁMBRICAS

2.1.10.1 Beneficios WiFi

Los principales beneficios que WiFi ofrece son:

- Bajos costos de implementación e instalación.
- Movilidad: permite navegar con total privacidad desde lugares como aeropuertos, universidades, hoteles, centros comerciales, etc.
- Las redes WiFi protegidas con WPA2 son muy robustas ya que proporcionan muy buena seguridad.
- En WiFi la transferencia de datos a velocidades menores requiere menos tiempo, por lo que pueden tolerar más interferencia o menor calidad de la señal.
- Cuenta con procesos de autenticación y encriptación de la información, para obtener niveles de seguridad semejantes a las redes cableadas.
- Comodidad y Conveniencia para el usuario final, ya que aprovecha el crecimiento informático y despliegue que WiFi ha tenido en los últimos años.

2.1.10.2 Beneficios WiMAX

Los principales beneficios que WiMAX ofrece son:

- Movilidad: acceso a los servicios de comunicación desde cualquier lugar donde exista cobertura.
- Mayor velocidad de conexión.
- Mejor calidad de transmisión de voz y datos.
- Puede operar en ambientes tanto con Línea de Vista *LOS*, como Sin Línea de Vista *NLOS*.

- Puede satisfacer diferentes demandas, como telefonía básica fija, juegos, voz, videos, televisión o Internet.
- Capacidad para asegurar calidad de servicio QoS utilizando servicios diferenciados.
- Seguridad en la transmisión de voz y datos, ya que cuenta con llaves en la red que impiden infiltraciones.

2.2 COMPARACIÓN DE WiFi vs. WiMAX

En esta sección se comparan las dos tecnologías de banda ancha WiFi y WiMAX, ambas, capaces de proporcionar enlaces vía radiofrecuencia con una elevada velocidad de bits y una elevada fiabilidad, superiores a las ofrecidas por ADSL y otras tecnologías actuales en la última milla.

Entonces si se comparan los parámetros de WiFi y los de WiMAX se puede observar que:

- **SNR** (en inglés *Signal to Noise Ratio SNR* o *S/N*; se define como la potencia de la señal que se transmite y la potencia del ruido que corrompe la señal original. Este margen es medido en decibelios). La SNR recibida de WiMAX es superior a la SNR recibida de WiFi.
- El **throughput** (*Tasa de transferencia que fluye en las redes de datos*) del radioenlace es 4 veces mayor en WiFi (48 Mbps) que en WiMAX (12 Mbps).
- La potencia de transmisión del equipo WiFi es 3 dB inferior a la del equipo WiMAX.

Por lo tanto, haciendo un análisis comparativo de las características se confirma que el estándar de WiFi supera a la tecnología WiMAX empleada en entornos donde existe visibilidad directa LOS con el punto de acceso WiFi, pero solamente puede trabajar correctamente en este tipo de ambientes.

Sin embargo, en escenarios *NLOS*, la ventaja es para WiMAX, que es capaz de ofrecer SNR altas permitiendo conectividad con la estación base WiMAX. Las ventajas de WiMAX frente a WiFi son:

- Mayor número de portadoras, en concreto 4 veces mayor. WiMAX 802.16-2004 ofrece 256 portadoras, mientras que WiFi solamente 64 portadoras.
- WiMAX puede operar en escenarios *NLOS* con diversidad de obstáculos.
- WiMAX puede ofrecer QoS a sus estaciones suscriptoras mientras que el estándar 802.11a no lo contempla.
- WiMAX es un tipo de tecnología WMAN y por lo tanto puede ofrecer conectividad a un número mayor de usuarios, superior a las que ofrece WiFi. Por ejemplo una micro estación base WiMAX puede soportar un máximo de 250 unidades suscriptoras.

En lo referente a la seguridad, WiFi tiene una grave problemática que se ha solucionado con 802.11i, con los métodos de WPA y WPA2, pero a su vez WiMAX lo soluciona con el estándar 802.16, que se ha diseñado enfocado a la seguridad.

Con respecto a la "Madurez" de cada tecnología, se puede decir que WiFi tiene cierta ventaja ya que lleva extendida en el mercado desde hace varios años y de todos modos no ha dejado de crecer. WiMAX tiene un despliegue reciente pero su crecimiento y avance tiene mucha fuerza dentro las tecnologías inalámbricas.

Al contrario de lo que podría parecer, la tecnología WiMAX no compite directamente con las redes WiFi actuales; sino, ambos tipos de tecnologías son complementarias, cada una en su correspondiente espacio.

Los equipos necesarios para instalar una red WiFi, tarjetas de red, puntos de acceso, routers, etc. están al alcance de cualquier usuario. Sin embargo, la infraestructura necesaria para diseñar una red WiMAX, tanto desde un punto de vista técnico como legal, sólo está al alcance de medianas y grandes empresas operadoras de las telecomunicaciones.

WiMAX y WiFi son soluciones incluyentes para dos aplicaciones bastante diferentes. WiFi fue diseñado para el uso privado en un lugar cerrado para una red Ethernet. WiMAX fue diseñado para que sea utilizado para proveer servicios a suscriptores con distintos requerimientos y distintas tarifas.

A continuación se presenta un análisis de WiFi y WiMAX para el diseño de este proyecto.

	802.11	802.16	Explicación Técnica	APLICACIÓN
COBERTURA	Para la cobertura de este proyecto se necesitan más puntos de acceso por lo tanto el alcance de WiFi no es suficiente para cubrir la zona de estudio.	WiMAX ofrece la posibilidad de soportar técnicas de antenas avanzadas que permiten gran cobertura y para este proyecto es lo que se requiere.	La capa Física de WiMAX tolera 10 veces el retardo multicamino que 802.11. Modulación Adaptiva.	Para la zona de Tumbaco por ser montañosa es preferible implementar WiMAX por tolerar el retardo multicamino en la Capa Física de mejor manera que WiFi.
ESCALABILIDAD	Tener un ancho de banda fijo no ayuda en la implementación del presente proyecto.	La sectorización ayuda a implementar la reutilización de frecuencias permitiendo una adecuada planeación de celdas para este proyecto de ISP.	802.11b Solamente soporta 3 canales no solapados y 802.11a soporta 5. 802.16 es limitado sólo por el espectro disponible.	WiMAX es limitado únicamente por el espectro disponible.
VELOCIDAD (bps)	11 Mbps / 54 Mbps	Mayor a 75 Mbps	802.16: 256 OFDM vs 64 OFDM EN 802.11	WiMAX maneja mayor velocidad de Transmisión lo que asegura un mejor rendimiento de la red.
QoS	WiFi no soporta QoS por lo que no es aplicable para el presente proyecto puesto que es un requisito para su diseño.	WiMAX soporta tanto para voz, datos y video QoS, además de servicios diferenciados DiffServ.	802.11: MAC basado en contención CSMA. 802.16: MAC basado en solicitud garantizada.	El acceso que se puede utilizar en WiMAX pueden ser: TDM, TDMA, OFDMA. Lo que garantiza la aplicación de QoS.
BANDA DE FRECUENCIAS	2.4 GHz (No licenciada).	WiMAX trabaja en 2 a 11 GHz	WiFi generalmente maneja frecuencias en bandas no licenciadas. WiMAX maneja frecuencias tanto en bandas licenciadas como no licenciadas.	El uso de WiMAX permite mayor crecimiento en sus redes tanto para el proveedor como para el cliente.
EFICIENCIA ESPECTRAL	Valor máximo: 2,7 bps/Hz; Hasta Mbps en canal de 20 MHz.	Máximo: 3.8 bps/Hz; Hasta 75 Mbps en canal de 20 MHz. 5 bps/Hz a 100 Mbps en canal de 20 MHz.	WiFi se acopla en OFDM mientras que WiMAX lo hace de mejor manera en OFDMA mejorando así su eficiencia espectral.	De igual manera, WiMAX solo se limita por el espectro disponible, el cual es mejor que el espectro de WiFi.

Tabla 2.4 Comparativa entre WiFi - WiMAX Para el presente Diseño

WiMAX es efectivamente un medio idóneo para la interconexión de redes inalámbricas de área local ofreciendo características avanzadas en lo que a seguridad y mecanismos para garantizar niveles de transferencia óptimos (QoS, Quality of Service) se refiere, además de manejar las mejores características que brinda para un ISP. Por lo tanto, esta tecnología es la que se recomienda para optar en el presente proyecto.

2.3 ESTUDIO DE PROPAGACIÓN SOBRE LA ZONA

2.3.1 BANDA DE FRECUENCIAS DE OPERACIÓN [21][22][23]

WiMAX está disponible en bandas con licencia y sin licencia. El espectro con licencia, especialmente 2.3GHz, 2.5GHz y 3.5GHz, tienen un precio potencialmente alto, pero es conveniente cuando se requiere QoS. Sin embargo, una de las principales características de WiMAX es su gran desempeño tanto en bandas licenciadas como no licenciadas.

En la regulación ecuatoriana, la tecnología WiMAX se la considera dentro de los “Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha”. En la “Norma para la implementación y operación de sistemas de modulación digital de banda ancha” publicada en la Resolución No. 417-15-CONATEL-2005, se definen las frecuencias permitidas para la operación para estos sistemas, como se detalla en la Tabla 2.6, según el Plan Nacional de frecuencias y de uso del espectro Radioeléctrico del Ecuador [Ver Anexo 2].

Los requerimientos básicos para usar enlaces inalámbricos son:

- 1.- Clientes ubicados dentro de un radio de 24 Km alrededor de la estación Base
- 2.- Línea de vista directa entre la antena del cliente y la antena de la estación Base

3.- Uso de las frecuencias del espectro radio eléctrico con la habilitación administrativa de **CONATEL** (*Consejo Nacional de Telecomunicaciones – Ecuador*)

Considerando lo indicado se pone en consideración las siguientes disposiciones:

El artículo 247 de la Constitución Política de la República, así como también el artículo 47 del Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada, disponen que el Espectro Radioeléctrico es un recurso natural limitado perteneciente al dominio público del Estado; en consecuencia es inalienable e imprescriptible.

De conformidad con lo señalado en el artículo innumerado primero del artículo 10 de la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada, el CONATEL (Consejo Nacional de Telecomunicaciones) es el ente de Administración y Regulación de las telecomunicaciones en el país [22].

a) Bandas de Frecuencias.- Se aprobará la operación de sistemas de radiocomunicaciones que utilicen técnicas de Modulación Digital de Banda Ancha en las siguientes bandas de frecuencias:

BANDA (MHz)	ASIGNACION
902 - 928	ICM
2400 - 2483.5	ICM
5150 – 5250	INI
5250 – 5350	INI
5470 – 5725	INI
5725 - 5850	ICM, INI

Tabla 2.5 Asignación de las Bandas de Frecuencia [22]

El CONATEL, previo estudio sustentado, aprobará y establecerá las características técnicas de operación de Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha en bandas distintas a las indicadas en la presente Norma,

b) Configuración de Sistemas que emplean Modulación Digital de Banda Ancha.-

La operación de los sistemas con técnicas de Modulación Digital de Banda Ancha se aprobará en las siguientes configuraciones:

- Sistemas punto – punto
- Sistemas punto – multipunto
- Sistemas móviles

c) Características Técnicas de los Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha.-

Se establecen los límites de Potencia para cada una de las bandas de acuerdo con el Anexo 2; así como los Límites de Emisiones no Deseadas de acuerdo con el Anexo 2 de la presente Norma.

RESOLUCIÓN 417-15-CONATEL-2005

Características Técnicas de los Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha.

SISTEMAS DE MODULACION DIGITAL DE BANDA ANCHA				
Tipo de Configuración del Sistema	Bandas de Operación (MHz)	Potencia Pico Máxima del Transmisor (mW)	P.I.R.E. (mW)	Densidad de P.I.R.E. (mW/MHz)
punto-punto	902 – 928	250	-----	-----
punto-multipunto				
móviles				
punto-punto	2400 – 2483.5	1000	-----	-----
punto-multipunto				
móviles				
punto-punto	5150 – 5250	50 i	200	10
punto-multipunto				
móviles				
punto-punto	5250 – 5350	-----	200	10
punto-multipunto		250 ii		
móviles		1000	50	
punto-punto	5470 – 5725	250 ii	1000	50
punto-multipunto				
móviles				
punto-punto	5725-5850	1000	-----	-----
punto-multipunto				
móviles				

Tabla 2.6 Sistema de Modulación Digital de Banda Ancha [22]

Donde:

(i)= 50 mW o $(4 + 10 \log \mathbf{B})$; dBm, la que sea menor

(ii)= 250 mW o $(11 + 10 \log \mathbf{B})$; dBm, la que sea menor

Donde: \mathbf{B} es la anchura de emisión en MHz

Para iniciarse como un Proveedor de Servicio de Internet Inalámbrico, WISP, se debe tener presente las siguientes preguntas de gran relevancia [23]:

1. ¿Se cuenta con una conexión permanente a Internet de 512 Kbps o mayor?
2. ¿Se tiene alguna experiencia en proveer internet a usuarios finales?
3. ¿Se cuenta con un servidor de nombres de dominio operativo, servidor de correos electrónicos o servicios de http y ftp?
4. ¿Se tiene alguna experiencia en proporcionar conexiones de línea dedicada o servicios dial-up a usuarios finales?

Si las respuestas son afirmativas, entonces se puede proceder con el plan de convertirse en un WISP.

Algunos aspectos técnicos de interés son:

El sistema opera en el modo punto-multipunto y consiste en una estación base y varios nodos clientes dentro de un rango de cobertura. El nodo del cliente se conecta a la estación base por medio de enlace inalámbrico. Por lo tanto, se requiere de una línea de vista entre la antena del cliente y la estación base.

Para largas distancias podría haber problemas para asegurar la línea de vista directa entre las antenas debido a la curvatura de la tierra. Por ejemplo, la línea de vista directa puede ser asegurada entre dos puntos separados por una distancia de 40 Km, si esos puntos están a una altura de 17 metros.

Por todo esto, la estación base debe ser instalada en la parte más alta posible, de tal forma que todas las antenas de los clientes puedan ver la antena central sin ningún obstáculo de por medio. La sugerencia conduce a la parte más alta de un edificio, la parte más alta de un cerro, o una torre de gran altura.

Es muy importante que la antena de la estación base y la posición del radio sean muy cercanas. El cable (pigtail) que conecta la antena con el radio debe ser de la menor longitud posible. Además, se necesita de una fuente de energía eléctrica en la estación base.

Para puntos cliente, se debe considerar donde colocar la antena. Esto integra el radio y la antena que el cliente necesita, provisto del dispositivo necesario para instalar a la intemperie [23].

2.3.2. SELECCIÓN DEL EQUIPO WiMAX [24][25][26]

En la actualidad existe una gran variedad de fabricantes de equipos WiMAX. Es recomendable considerar fabricantes pertenecientes al WiMAX Forum, ya que los equipos que poseen su certificación garantizan interoperabilidad, con lo que no se establece dependencia con ningún fabricante.

A continuación se detallan los requerimientos para Estaciones Base, que de acuerdo a la recomendación de personal de una importante empresa de telecomunicaciones del país, es bueno empezar con estaciones base que cumplan con 802.16d no sólo por su aplicación sino también porque tienen un razonable costo de implementación, lo cual es una valiosa observación que sirve para empezar como proveedor ISP.

Una estación base que soporte 802.16d debe ser completa e independiente, además deber ser altamente modular en su diseño y constar de dos componentes principales:

el **BSR** (*Base Station Radios*) Estación Base Radio para exteriores y la **BSDU** (*Base Station Distribution Unit*) Unidad de Distribución de Estación Base para interiores.

También 802.16d puede soportar menor densidad, acceso de banda ancha rural, aplicaciones empresariales y DSL en escenarios llenos, tanto en las bandas licenciadas (1.5GHz, 3.3GHz, 3.5, 3.7GHz, 4,9 GHz) como en bandas no licenciadas (5,1, 5.4GHz, 5.8GHz, 5,9 GHz).

Una característica clave de una estación base 802.16d es que requiere menos consumo de energía, por lo que es ideal para áreas rurales donde el despliegue de energía puede ser un problema. El funcionamiento de estaciones base con este estándar, en las bandas sin licencia puede ser utilizada por los Wireless ISP para desplegar la tecnología WiMAX de manera sencilla y rentable. Permite al mismo tiempo gestionar los tipos de tráfico y políticas de transmisión, así como la mejora de la latencia. Las ventajas que ofrecen estos equipos 802.16d con respecto a la calidad de servicio son especialmente importantes en el apoyo de Voz sobre IP (VoIP).

Además para realizar una inversión WiMAX primero hay que reconocer que 802.16e no es compatible con 802.16d. Mientras que los fabricantes de 802.16d proponen equipos de estación de base con programación adicional de hardware o software para permitir el paso a 802.16e, por lo que no tendrá mayor impacto en los dispositivos de usuario final 802.16d ya desplegados.

Características principales 802.16d:

- Óptimo costo para aplicaciones de baja densidad.
 - Arquitectura Modular y Escalable.
 - Procesamiento digital integrado de banda base, radio y antena en exteriores.
- Soporta perfiles WiMAX Forum en las bandas de 1.5GHz, 3.3GHz, 3.5GHz, 3.7GHz, 4.9 GHz, 5.1GHz, 5.4GHz, 5.8GHz y de 5.9GHz.

- Banda de frecuencia entre 5.725 – 5.850 GHz para este proyecto.
- Modulación adaptiva BPSK – QPSK - 16 QAM - 64 QAM.
- Operación Full duplex TDD y FDD.
- DiffServ, para obtener calidad de servicio QoS.
- Estándar 802.16d con interfaz OFDM 256 FFT.
- Troughput mayor a 30 Mbps.
- Potencia de Tx mayor a 20 dBm.
- FEC, ARQ.
- 6 Sectores de RF.
- Ancho de canal de 10 MHz.
- Software de administración.
- Ganancia de antena de 17dBi.
- Soporte IPv6.
- Opción WiFi.
- AES/ DES/ 3DES.
- Interfaces Ethernet 100baseT.
- MIR/CIR.
- Calidad de Servicio WiMAX (UGS, rtPS, nrtPS, BE).
 - Servicio de Concesión No Solicitado (**UGS**, *Unsolicited Grant Service*). Otorga un retardo coherente para transmisión de voz y video a tiempo real.
 - Servicio de Sondeo de Tiempo Real (**rtPS**, *Real-Time Polling Service*). La estación base sondea cada dispositivo de usuario por turnos. Soporta flujos de datos en tiempo real [26].
 - Servicio de Concesión de Tiempo no Real (**nrtPS**, *Non-Real-Time Polling Service*). Soporta flujos de datos tolerantes al retardo [26].
 - Servicio del Mejor Esfuerzo (**BE**, *Best Effort Service*). Soporta flujos que no requieren un nivel mínimo de servicio [26].

2.3.3 REVISIÓN DE LA PROPAGACIÓN INALÁMBRICA [27]

Cuando el flujo de electrones cambia de dirección rápidamente dentro del cable o la antena, los campos electrostáticos y magnéticos alrededor del cable o la antena cambian al mismo ritmo de rapidez. Estos cambios rápidos son llamados ondas electromagnéticas. La señal inalámbrica interactúa con todo lo que está cerca o se cruza a su paso, incluyendo árboles, edificios, atmósfera de la tierra, personas, vehículos y demás.

Las ondas electromagnéticas no permanecen cerca de la antena sino que ellas viajan aproximadamente a la velocidad de la luz - 300.000.000 metros por segundo. El cambio de flujo de los electrones dentro de la antena se transforma en ondas electromagnéticas (inalámbricas) que viajan fuera de la antena.

2.4 CÁLCULO DE LA PROPAGACIÓN LUMBISÍ - TUMBACO

2.4.1 LÍNEA DE VISTA [28]

En general la línea de vista directa es necesaria para comunicaciones en las bandas de 2,4 GHz y 5,6 GHz. En estos sistemas puede definirse que la existencia de una línea de visión es requisito indispensable. Para ello, el primer aspecto es identificar si existe una línea óptica de visión entre los dos puntos de ubicación de las antenas. Con la línea óptica de visión establecida, el segundo punto es valorar el recorrido entre los dos puntos y la existencia de la línea de visión en términos de RF *Radio-Frecuencia* que se asocia a la claridad existente en la *Zona de Fresnel*.

La zona de Fresnel existe como un elipsoide coaxial entre las dos antenas. Con un GPS (*siglas en inglés: SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL*) se puede determinar fácilmente las alturas y distancias a objetos que potencialmente pueden ser obstáculos.

El comportamiento de las ondas electromagnéticas, aún en condiciones sin interferencia, sufre el efecto de atenuación por la propagación en el espacio libre. Esta expresión se describe por [29]:

$$L_p = 32.4 + 20\log f + 20\log d$$

Expresión 2.1 Pérdidas por Propagación de espacio libre [29].

Donde:

L_p : Pérdidas por propagación en espacio libre en dB

f : Frecuencia en MHz

d : Distancia en Kms

Para este proyecto se tiene las siguientes pérdidas por propagación en espacio libre.

Lumbisí-Tumbaco= **5.99 km**

Frecuencia= **5700 MHz**

$$L_p = 32.4 + 20\log(5700) + 20\log(5.99) = 123.9\text{dB}$$

El Gráfico 2.1 muestra la pérdida en dB para 2.4 GHz y 5.7 GHz. Se puede ver que después de 1.5 km la pérdida queda como "lineal" en dB.

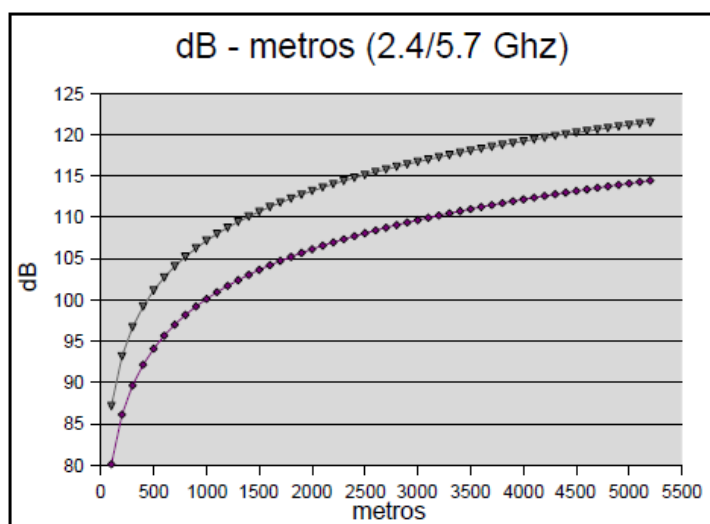


Figura 2.1 Pérdida en dB en función de la distancia [29].

En general, en una red inalámbrica que opera a 2.4 GHz, en el primer kilómetro se pierde 100 dB y la señal es reducida a 6 dB cada vez que la distancia se duplica. Esto implica que un enlace de 2km tiene una pérdida de 106 dB y a 4km tiene una pérdida de 112 dB (Tabla 2.7).

PÉRDIDAS EN ESPACIO ABIERTO			
Distancia (km)	915 MHz	2,4 GHz	5,7 GHz
1	92 dB	100 dB	108 dB
10	112 dB	120 dB	128 dB
100	132 dB	140 dB	148 dB

Tabla 2.7 Pérdidas en Espacio Abierto (PEA) en dB para diferentes distancias y frecuencias [29].

Además de las pérdidas de propagación, existen distintos dispositivos que producen pérdida o aportan ganancia a la señal. Las antenas y amplificadores wireless añaden ganancias, al igual que las tarjetas y los puntos de acceso. Pero los conectores y los cables añaden pérdidas.

Para un conector, como es difícil saber con qué calidad está fabricado, se puede considerar una pérdida de **0.5dB** por cada conexión, tanto para el macho y la hembra y no hace falta estimar esa doble pérdida. En los conectores no solo es importante la pérdida en el ensamblado con el cable sino la pérdida de inserción que corresponde al unir los dos conectores, por lo tanto si se incorpora un conector externo, se le tiene que añadir una pérdida de 0.5dB y lógicamente sumarle la ganancia de la antena que se incorpore.

El cálculo teórico del alcance de una transmisión se basará en sumar o restar estos factores. Al final, el nivel de señal que se obtenga y que sea suficiente para una buena recepción dependerá del equipo receptor. Pero se debe recordar que el proceso es inverso, es decir las comunicaciones wireless son siempre bidireccionales y los datos técnicos para cada equipo son diferentes si están recibiendo o emitiendo.

2.4.2 SENSIBILIDAD DE RECEPCIÓN [29][31]

La sensibilidad de recepción indica el nivel de señal (*dBm*) que debe recibir un dispositivo wireless para trabajar correctamente a una determinada velocidad de transmisión (*bps - bits por segundo*).

Cuanto mejor es la sensibilidad, mejor será un dispositivo ya que necesitará que le llegue menos potencia para trabajar correctamente (a una velocidad dada). El rango de señal válido para enlaces inalámbricos puede variar desde los -70 dBm. La sensibilidad de los equipos de los diferentes fabricantes varía mucho más que la potencia. La sensibilidad puede variar, mientras que la potencia está limitada por leyes, entonces es necesario encontrar un receptor que tenga mejor sensibilidad.

Por lo tanto, tomando en cuenta lo detallado, se tiene que el nivel de señal (P_{Rx}) que recibe un equipo será:

$$S_{Rx} = P_{Tx} + G_{Tx} + G_{Rx} - L_{BTx} - L_{BRx} - L_p - L_A$$

Expresión 2.2 Cálculo del Nivel de Señal de Rx [31].

Donde:

S_{Rx} = Nivel de señal que llega al equipo receptor, siempre será negativo (dB).

P_{Tx} = Ganancia de salida del equipo transmisor. Es la potencia en dB con la que sale la señal del equipo transmisor (10dBm).

G_{Tx} = Ganancia de la antena del equipo transmisor (18dBi).

G_{Rx} = Ganancia de la antena del equipo receptor (15dBi).

L_{BTx} = Pérdida cables equipo transmisor (1.5dB).

L_{BRx} = Pérdida cables equipo receptor (0.5dB).

L_p = Pérdida de propagación (123.9dB).

L_A = Pérdidas adicionales debido a las condiciones ambientales.

Entonces se tiene:

$$S_{Rx} = 10 \text{ dBm} + 18 \text{ dBi} + 15 \text{ dBi} - 1.5 \text{ dB} - 0.5 \text{ dB} - 123.9 \text{ dB}$$

$$S_{Rx} = -82.9 \text{ dB}$$

Si realmente las condiciones son de espacio libre sin obstáculos, algo que normalmente no ocurre de manera ideal, entonces teóricamente cumplirá estos requerimientos.

Dependiendo de las características del equipo receptor, este nivel de señal es suficiente para una u otra velocidad de transmisión y al tener una sensibilidad de -95 dBm se tiene que la potencia en el receptor será:

$$P_{Rx} = -82.9 - (-95) = 12.1 \text{ dB}$$

Esta potencia en el receptor de este enlace es conveniente para ambientes urbanos. Debido a que no es la potencia la que hace el trabajo de enlaces "legales" si no la sensibilidad del receptor, resulta que este enlace es legal en Ecuador.

El presupuesto del enlace se calcula a la mayor frecuencia, lo que garantiza el funcionamiento de la red en frecuencias menores. En el próximo capítulo se presenta la distribución de los canales.

Los diferentes datos fueron tomados de un simulador propio de Radioenlaces de la empresa Gigowireless [34].

2.4.3 FRESNEL SOBRE LA ZONA DE ESTUDIO ^{[29][30]}

Tal como se indicó, al margen de la atenuación debido a factores como el clima, se tiene un elemento importante en el diseño del enlace inalámbrico: el cálculo de las Zonas de Fresnel y el reajuste de las alturas de antena a fin de lograr entre un 60% y 80% libre de obstáculos.

Para determinar la Zona de Fresnel se tiene [30]:

Distancia 1: Lumbisí-Tumbaco= **5.99 km**

Distancia 2: Lumbisí-Punto1=**1.94 km**

Distancia 3: Tumbaco-Punto1=**4.05 km**

Frecuencia= **5.7 GHz**

$$r_1 = 548 \sqrt{\frac{1.94 * 4.05}{5.7 * 5.99}} = 262.3m$$

(Calculado en la Expresión 1.4)

Altura Lumbisí: **HL=2517 m**

Altura Tumbaco: **HT= 2430 m**

Altura Punto1: **HP1=2360 m**

Se puede observar en la Figura 2.2 que sí cumple con los requerimientos de la primera Zona de Fresnel.

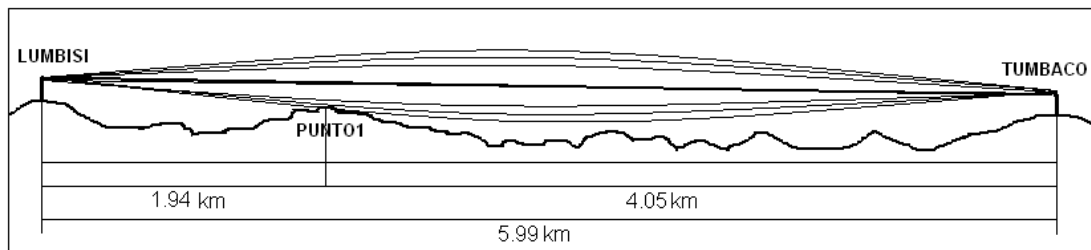


Figura 2.2 Zona de Fresnel sobre el sector de estudio [32].

El no lograr una zona de Fresnel libre de obstáculos, aún cuando se cumple con el porcentaje exigido, incide en elementos como son pérdidas por difracción, que dificultan el trabajo de los sistemas.

2.4.4 ALTURA EFECTIVA [33]

El significado de altura efectiva surge al momento de realizar las apreciaciones de cobertura de las antenas de una red inalámbrica. La altura efectiva procura llevar a

condiciones normalizadas la altura real de la antena, la cual difiere con la altura efectiva en la mayoría de los casos.

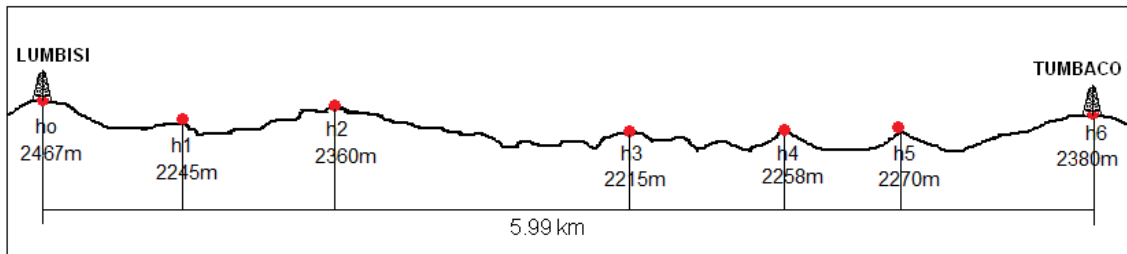
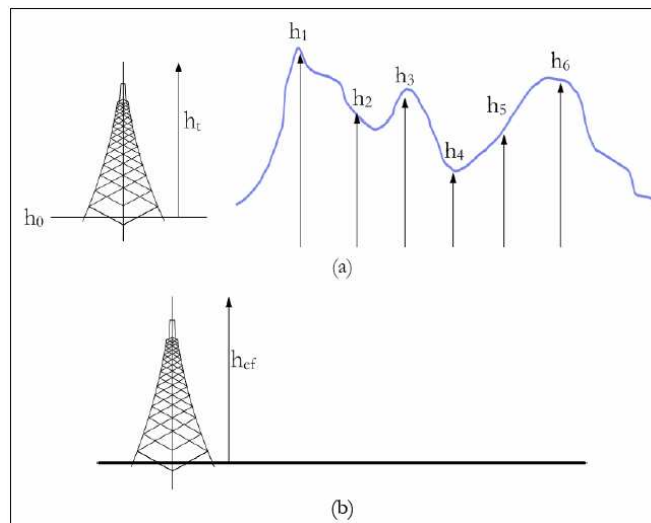


Figura 2.3 Alturas de consideración en Zona de Estudio [32].

El cálculo de la altura efectiva toma en cuenta las alturas más importantes de la zona en estudio. (Figura 2.4 a), llevando esta situación de terreno accidentado a una equivalente en terreno plano, tal como se muestra en la Figura 2.4 b.



Figuras 2.4 a y 2.4 b Situación original y equivalente para calcular la altura efectiva de la antena [33].

Así, la altura efectiva de una antena se calcula utilizando la Expresión 2.3, donde ht es la altura real de la antena, h_0 es la altura a la cual se encuentra la base de la antena por sobre el nivel del mar y h_i son las alturas, consideradas a partir del nivel del mar, de los accidentes que se presentan dentro del área de estudio.

$$h_{ef} = h_t - \sum_i (h_i - h_o)$$

Expresión 2.3 Fórmula para la altura efectiva de un objeto cualquiera [33].

De tal manera el cálculo se presenta con el siguiente resultado:

$$h_{ef} = h_t - \sum_i (h_i - h_o) = 50 - \sum_i (h_i - 2467) = 32m$$

A continuación en la tabla 2.8 se resume los parámetros calculados:

RESUMEN DE LOS PARÁMETROS CALCULADOS	
Pérdida de Propagación en espacio libre (Lp)	123,9 dB
Frecuencia	5,7 GHz
Potencia de Recepción (PRx)	12,1 dB
Distancia 1: Lumbisí-Tumbaco	5,99 km
Distancia 2: Lumbisí-Punto1	1,94 km
Distancia 3: Tumbaco-Punto1	4,05 km
Primera Zona de Fresnel	262,3m
Altura Efectiva de las antenas BS	32m

Tabla 2.8 Resumen de los Parámetros Calculados.

Analizando el futuro de las redes inalámbricas en el Ecuador se puede observar que WiMAX no competirá con WiFi sino que ambas son tecnologías complementarias, la primera alimentará los denominados hotspots o puntos de accesos al público en general, mientras WiFi permitirá el acceso del usuario a las aplicaciones de Internet.

Por tanto se concluye que en cuanto a determinar la factibilidad de colocar un enlace inalámbrico en una zona se debe desarrollar un estudio de mucha precaución ya que esto asegurará una eficiente y estable comunicación.

En el próximo capítulo se procederá a realizar el diseño del ISP para la transmisión de voz, datos y video con QoS con tecnología inalámbrica WiMAX, para proveer de Internet Inalámbrico al Valle de Tumbaco.



CAPÍTULO 3

CAPÍTULO 3

DISEÑO DEL ISP PARA LA TRANSMISIÓN DE VOZ, DATOS Y VIDEO

En este capítulo se describe el diseño del ISP, donde se describe la arquitectura más apropiada para la red que servirá de modelo para su implementación asegurando un gran factor de éxito en el enlace inalámbrico para la transmisión de voz datos y video.

3.1 ARQUITECTURA DEL ISP

3.1.1 DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS DE ACCESO [1][2]

Pueden ser uno o varios equipos de acceso, eso depende de la cantidad de usuarios. Este equipo se conecta con un servidor RADIUS (Figura 3.1).

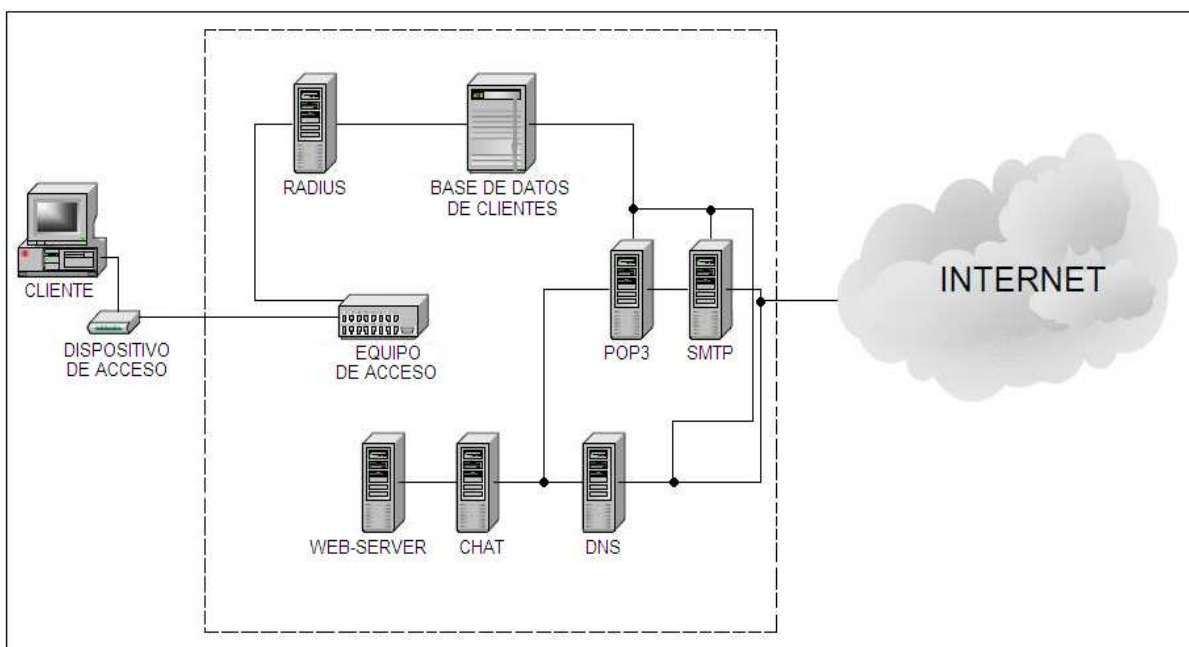


Figura 3.1 Arquitectura del ISP [1]

3.1.2 EQUIPO RADIUS [1][3]

El equipo Radius recibe peticiones del Equipo de Acceso relacionadas al usuario que está autenticando; este equipo verifica que el nombre de usuario y contraseña solicitado por el equipo de acceso sea correcto, además identifica si el tipo de cliente es: ADSL, DialUp, solo Mail, etc.

El equipo Radius está conectado con la Base de Datos de clientes.

Su uso primario es para Proveedores de servicio de Internet, pero puede ser usado por empresas que necesiten servicios de contabilidad de servicios de Internet en sus estaciones de trabajo.

Soporta una amplia variedad de esquemas de autenticación, estos pueden ser login/password del servidor de terminales (Terminal Server) o usando los protocolos PAP (*Pluggable Authentication Service*) o CHAP (*Challenge Handshake Authentication Protocol*). Alternativamente se puede usar un password plano usando el protocolo CHAP. A continuación se detallan las características técnicas mínimas del Equipo Radius Genérico:

- Servidor Radius: FreeRadius
- Autenticación: PAP, CHAP
- Licencia
- Seguridad: DES
- Bases de Datos
- Sistema Operativo LINUX con procesador mayor de 500MHz
- 256 MB. de RAM
- 10 GB. de disco disponibles
- Tarjeta de red a 10 Mbps

3.1.3 BASE DE DATOS DE CLIENTES [1][4]

La Base de Datos de un ISP debe ofrecer una delineación de los productos y servicios proporcionados por el ISP. Así como contener información del negocio, la infraestructura de la tecnología y la capacidad de ancho de banda que ofrece el ISP,

A continuación se detallan las características que debe manejar una Base de Datos de un ISP:

- Datos administrativos
- Número de abonados
- Direcciones de Correo Electrónico
- Nombre de Usuarios
- Tamaño de Buzón de casilla
- Número de Conexiones utilizadas y disponibles

Además una base de datos debe conocer el tipo de abono que tienen todos los clientes e inclusive si está habilitado para conectarse o no.

3.1.4 EQUIPOS SERVIDORES PoP3 Y SMTP [1][3][5]

El servidor POP3 se encarga de los correos entrantes y es donde se almacenan las casillas de correo. Utiliza el ancho de banda del ISP para recibir los emails desde Internet, y es donde el programa de correo se conecta para bajar los mensajes a la computadora del cliente.

El servidor SMTP es el emisor de los mensajes del cliente; cuando un cliente envía un mensaje con un programa de correo, se conecta con el SMTP del ISP para gestionar el envío del mensaje hacia Internet. En el caso de que un cliente esté enviando un mensaje a un destinatario dentro del mismo dominio, el mensaje irá directamente al POP3 para que este se encargue de almacenar el mensaje.

Para tener alta seguridad en el filtrado de correo tanto entrante como saliente, es conveniente instalar también en el servidor de correo electrónico un antivirus y un antispam. Este servidor debe realizar las siguientes funciones:

- Escaneado de tráfico de correo. Escaneo de correo entrante y saliente, escaneo por "asunto", "cuerpo" y "adjunto", utilizando un mínimo de recursos del sistema.
- Prevención sobre el filtrado de información. Filtro de contenido (acciones frente a mensajes con virus), definición de parámetros de actuación en función de un patrón establecido y protección antispam contra envíos masivos.

A continuación se detallan las características técnicas mínimas del Servidor de correo electrónico [3]:

- Procesador de 3GHz o superior
- 512 de RAM con capacidad de expansión
- 2 GB libres en disco para software y 2.8 GB para almacenamiento de mensajes
- Memoria cache externa
- Puertos USB 2.0
- Antivirus y Antispam
- Tarjeta de red con puertos Ethernet 10/100 baseTX, RJ45

Debe además bloquear correo que proviene de ciertas direcciones predefinidas o direcciones consideradas como **SPAM** (*correo basura: mensajes no solicitados, habitualmente de tipo publicitario, enviados en grandes cantidades que perjudican al receptor*).

3.1.5 WEBSERVER [3][5][6]

Es un equipo o equipos encargados de alojar los contenidos del ISP, página de inicio, webmail etc. El servicio Web provee a los usuarios de Internet un sistema para poder almacenar información, imágenes, video, o cualquier contenido accesible vía Internet. Los sitios se alojan en computadores con servidores instalados, y cuando un usuario los visita, son estas computadoras las que proporcionan al usuario la interacción con el sitio en cuestión.

Gracias a los avances en conectividad y la gran disponibilidad de banda ancha, hoy en día es común establecer los servidores web dentro de la propia empresa, sin tener que recurrir a caros alojamientos en proveedores externos. Esto es posible gracias a que los Servidores Web tienen gran estabilidad y confiabilidad.

Las ventajas es que se puede construir un servidor hecho a la medida y permitir la implementación de los últimos y nuevos protocolos.

A continuación se describen las características técnicas mínimas del WebServer [3]:

- Procesador de 3GHz o superior
- 512MB de RAM con capacidad de expansión del 100%
- 2GB libres en disco para software y 4.7GB para alojamiento web
- Memoria cache externa de 2MB
- Puertos USB 2.0
- Software: Apache 2.2 con PHP 5.1.6
- Tarjeta de red con puertos Ethernet 10/100 baseTX, RJ45
- Unidad de CD-ROM 24x o superior

3.1.6 CHAT [4][3][7]

Es el equipo o equipos encargados de brindar el servicio de CHAT del ISP. Son muchas las acepciones de la palabra *chat*, y por lo general agrupa a todos los protocolos que cumplen la función de comunicar a dos o más personas, dentro de éstos los clientes de chat como, por ejemplo, X-Chat, ChatZilla (el cliente de Mozilla/SeaMonkey o el mIRC). Estos usan el protocolo IRC (*Internet Relay Chat*). Otros son protocolos distintos pero agrupados en la mensajería instantánea, tales como MSN Messenger, Yahoo! Messenger, Jabber o ICQ, entre los más conocidos, la variante *webchat*, que no es otra cosa que enviar y recibir mensajes a través de una página dinámica de Internet.

3.1.7 DNS [3][8][9]

Es el equipo o equipos encargados de brindar la resolución de nombre para todos los equipos del ISP, Chat, Web, PoP, SMTP, etc.

El servidor de DNS está encargado de recibir y resolver peticiones relacionadas con el sistema de nombres. Un servidor DNS traduce un nombre de dominio en una dirección IP, asigna nombres a las máquinas de una red y trabaja con nombres de dominio en lugar de IPs.



Figura 3.2 Servidor DNS [9]

Como mínimo, el disco duro del servidor DNS debe tener una capacidad mínima para almacenar el Sistema Operativo y alrededor de 9 GB para almacenar archivos DNS. Además es importante también adquirir un Servidor DNS de respaldo con la misma capacidad del servidor principal.

BIND se utiliza en la mayoría de servidores DNS de Internet y proporciona una arquitectura estable. A continuación se especifican las características técnicas mínimas del servidor DNS:

- Procesador de 3GHz o superior
- 512 de RAM con capacidad de expansión del 100%
- 9GB para almacenamiento DNS y 2GB libres en disco para software
- Disco duro con capacidad de expansión
- Memoria cache externa de 2MB
- Puertos USB 2.0
- Tarjeta de red con 2 puertos Ethernet 10/100 Base TX
- Unidad de CD-ROM 24x o superior

3.1.8 CORTAFUEGOS (FIREWALL) [3][10][11]

Un cortafuegos debe tener la capacidad de proteger a la red del ISP contra el acceso exterior no autorizado. Son tanto dispositivos de hardware como aplicaciones de software que se ubican generalmente en el punto de conexión de la red interna con la red exterior. Son independientes de los demás dispositivos y no consumen recursos del sistema, pero las complicaciones que presentan son la de configuración, mantenimiento y actualización.

A continuación se presentan las características de un Firewall:

- Rendimiento de 600 Mbps
- 512GB de RAM
- 64 MB de Flash
- Puertos Ethernet 10/100/1000BaseT (RJ-45)
- Puertos USB 2.0
- Puerto de consola (RJ-45)
- Algoritmo de cifrado AES, DES, 3DES
- Anti-X (antivirus, antispymware, bloqueo de archivos, antispam, antipishing, y filtrado URL)

3.1.9 RUTEADOR PRINCIPAL [3][11][12]

El ruteador principal es un dispositivo de interconexión de redes informáticas que trabaja a nivel de red, permite asegurar el enrutamiento de paquetes entre redes o determinar la ruta que debe tomar el paquete de datos, tanto con la conectividad externa, como con la conectividad hacia la red interna del ISP. Es un elemento hardware. A continuación se detallan las características de un ruteador principal:

- Conectividad LAN (10/100/1000baseTX)
- Multiservicio (Voz, Datos Video)
- DRAM de 256 MB por defecto (con expansión hasta 1GB)
- Modular
- Puertos USB; EIA 232, RJ-45
- IPv4 e IPv6
- Algoritmo cifrado AES, DES y Triple DES
- IEEE 802.1Q VLAN
- Telnet, SNMP, TFTP, VTP

3.1.10 RUTEADOR CONCENTRADOR DE ACCESO [3][12]

Un ruteador de acceso ofrece conectividad tanto a los usuarios corporativos como residenciales. A continuación se detallan las características técnicas mínimas del ruteador de acceso:

- Conectividad LAN (10/100/1000baseTX)
- Conectividad WAN (ATM, ISDN,BRI/PRI, T1/E1)
- DRAM de 256 MB default (expansión hasta 1GB)
- Puertos USB
- Puertos Fijos Ethernet 10/100/1000 base T, RJ-45
- 4 Ranuras para módulos WAN/LAN
- IPv4 e IPv6
- ACLs
- NAT
- DiffServ (Servicios Diferenciados)
- Algoritmo de Cifrado AES, DES y Triple DES
- IEEE 802.1Q VLAN
- Telnet, SNMP, TFTP, VTP

3.1.11 CONMUTADORES (SWITCHES) [3][13]

Los conmutadores permiten conectar entre si los dispositivos de la red. En el presente diseño se requiere de un conmutador para interconectar los diferentes equipos de la red interna del ISP. Debido a que este dispositivo es fundamental se utilizará otro conmutador de las mismas características para redundancia. A continuación se detallan las características técnicas mínimas del conmutador:

- Puertos Ethernet 10/100base TX

- Puerto UL 1000base TX fijo
- Nivel de conmutación: Capas 2 y 3 (modelo OSI)
- DRAM de 128 MB de memoria
- Puerto de consola RJ-45 asíncrono EIA-232
- Telnet, SNMP
- STP (Spanning-Tree Protocol, IEEE 802.1D)
- Telnet, SNMP, TFTP, VTP
- DiffServ (Servicios Diferenciados)
- Puertos half / full duplex.
- Manejo de enlaces Trunking.
- IPv6

3.1.12 SERVIDOR CACHÉ [3][14]

El objetivo del servidor caché es acelerar el suministro de información a los usuarios de la www (World Wide Web). La mayor cantidad de páginas web visitadas ocurren durante el periodo pico de utilización de la red, generando un tráfico elevado. Durante este periodo el Servidor Caché almacena las páginas visitadas.

Se utilizará el software Squid - Servidor Caché, ya que soporta HTTP y FTP, y posee un mecanismo avanzado de autenticación y control de acceso. Para mejorar el desempeño de la red, el Servidor Cache estará ubicado en el mismo segmento que el ruteador principal.

En el cálculo de la capacidad del servidor caché se considerará un periodo pico de 8 horas al día, que es el número de horas laborales en el Ecuador, 70% de tráfico. A continuación se especifican las características técnicas mínimas del servidor caché:

- Certificación de Soporte RHEL 5, categoría servidor
- Procesador Intel Dual Core 3.0 GHz
- 512 de RAM con capacidad de expansión
- 2 GB en disco para software y 11 GB para almacenamiento de páginas web
- Memoria cache externa L2 de 2MB.
- Software: Squid
- Puertos USB 2.0
- Tarjeta de red con puertos Ethernet 10/100 baseTX

3.1.13 DISPOSITIVOS WiMAX [3][15]

Es recomendable considerar fabricantes pertenecientes al WiMAX Forum, ya que los equipos que poseen su certificación garantizan interoperabilidad, y no se establece dependencia con ningún fabricante.

A continuación se detallan los principales requerimientos de los equipos tanto para Estaciones Base como para Unidades de Suscriptor:

- Estándar 802.16-2004 con interfaz aire OFDM 256 FFT.
- Modulación adaptiva BPSK, QPSK, 16 QAM y 64 QAM
- Banda de frecuencia entre 5.725 – 5.850 GHz
- FDD/TDD, DHCP, IEEE 802.3
- IEEE 802.1D, VLAN para IEEE 802.1Q
- Ancho de canal de 10 MHz
- Software de administración
- Telnet, SNMP
- IPv4 e IPv6
- Opción WiFi
- AES /DES/3DES

- Interfaces Ethernet 100baseTX
- DiffServ (Servicios Diferenciados)
- MIR/CIR
- Calidad de Servicio WiMAX (UGS, rtPS, nrtPS, BE)

3.1.14 SOFTWARE DE TARIFACIÓN Y FACTURACIÓN [3][16][17]

Existen varias opciones para software de tarifación y facturación para el diseño del ISP. Para un ISP que recién empieza su funcionamiento, es recomendable adquirir un software ya elaborado, disponible en el mercado y conforme el crecimiento de la empresa, luego en el momento más apropiado, desarrollar un software con requerimientos específicos del ISP. A continuación se presentas dos opciones:

- Advanced ISP Billing
- Desarrollo de Software a la medida

3.2 MODELO DE CALIDAD DE SERVICIO PARA EL ISP [3][18][19]

Luego del estudio realizado sobre los requerimientos internos de un ISP, se puede llegar a concretar que el mejor medio para ofrecer y garantizar Calidad de Servicio, para el presente proyecto de ISP, es el uso de DIFFSERV (Ver Anexo 3), puesto que DiffServ permite implementar calidad de servicio escalable a cualquier cantidad de flujos.

WiMAX es una tecnología que se caracteriza por brindar mecanismos de Calidad de Servicio propios, para Capa 2, y son los siguientes:

- **Servicio de Concesión No Solicitado (UGS, Unsolicited Grant Service).**
Otorga un retardo coherente para transmisión de voz y video a tiempo real.

- **Servicio de Sondeo de Tiempo Real (rtPS, Real-Time Polling Service).** La estación base sondea cada dispositivo de usuario por turnos. Soporta flujos de datos en tiempo real.
- **Servicio de Concesión de Tiempo no Real (nrtPS, Non-Real-Time Polling Service).** Soporta flujos de datos tolerantes al retardo.
- **Servicio del Mejor Esfuerzo (BE, Best Effort Service).** Soporta flujos que no requieren un nivel mínimo de servicio.

Para poder realizar una reserva del ancho de banda se utilizará los mecanismos MIR/CIR, ya que la tecnología WiMAX soporta también este tipo de mecanismos. MIR/CIR permite ofrecer servicios distintos según el grado comprometido por parte del ISP con el cliente, de la siguiente manera:

- **MIR (Maximun Internet Rate).** Máximo ancho de banda posible de alcanzar en una conexión a Internet.
- **CIR (Certified Internet Rata).** Ancho de banda garantizado por el ISP.

Con los mecanismos MIR/CIR es posible ofrecer los siguientes servicios:

- Servicio de Internet Compartido **(MIR) (Residencial).**
- Servicio de Internet Dedicado **(CIR) (Corporativo).**
- Servicio de Internet Mixto **(MIR + CIR) (Empresas).**

3.3 DEFINICIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DEL DISEÑO [3]

Establecer los requerimientos del diseño es fundamental para una correcta planificación de la red, ya que permite equiparar las diferentes opciones y escoger aquellas que satisfagan de mejor manera dichos requerimientos.

El objetivo fundamental del presente proyecto es considerar Criterios de Calidad de Servicio y WiMAX en la Red de un ISP. Además del modelo de QoS escogido, la Calidad de Servicio en redes de información se suministra principalmente, cuando se garantiza los siguientes aspectos:

1. Disponibilidad de Red
2. Eficiencia en la transmisión de información.

3.3.1 DISPONIBILIDAD DE RED [3][20]

La disponibilidad de la red puede definirse como el porcentaje de tiempo que la red funciona con la calidad requerida, respecto al tiempo total. Para medir la disponibilidad de una red se debe considerar todos los equipos activos de la misma. El ambiente global demanda una disponibilidad de 24/7; es decir 24 horas al día, 7 días a la semana durante todo el año, alto rendimiento y altos niveles de fiabilidad de sus sistemas. Para los usuarios esta disponibilidad es muy importante ya que para ellos es transparente los problemas técnicos que pueda presentar el ISP y por ende los clientes siempre exigirán se cumpla al 100% de esta disponibilidad, lo que para el área de negocios de una empresa es bien conocido que: *“El Cliente es primero y siempre tiene la razón”*.

A través de las redes viaja información de todo tipo y por ende también información empresarial y se ejecutan servicios comerciales fundamentales, lo que ha aumentado la necesidad de contar con redes robustas.

Las interrupciones del servicio (programados o no), pueden tener grandes repercusiones para el cliente y con mayor razón para el proveedor, debido a que afectan la productividad de la compañía, las ventas y la calidad del servicio ofrecido. La calidad en el servicio de voz y video es un factor crítico para lograr una óptima

comunicación entre distintas áreas, clientes y proveedores. En caso de una caída o falla del sistema, el impacto podría reflejarse en pérdida de negocio, cobranzas o multas e incluso juicios y demandas.

Es por tal motivo que se debe garantizar al máximo la disponibilidad de servicio mediante un diseño que funcione con una eficiencia de la red inalámbrica donde es primordial considerar mecanismos de redundancia.

3.3.2 EFICIENCIA DE LA RED [3][20]

La eficiencia de la red de un ISP está relacionada con su desempeño, tanto desde el punto de vista del proveedor como del cliente, y principalmente en aplicaciones críticas como voz y video. Una red eficiente garantiza un desempeño óptimo para aplicaciones críticas y también para transmisión de datos.

Para garantizar una alta disponibilidad de la red y eficiencia en la transmisión de la información del ISP de este proyecto, es necesario tomar en cuenta los siguientes requisitos:

- Alta capacidad, gran alcance, escalabilidad.
- Mecanismos de redundancia, prevención, detección y recuperación rápida de la red frente a posibles fallas para tener un mínimo impacto sobre el servicio.
- Simplicidad estructural, factibilidad técnica, facilidades de instalación, gestión, administración, configuración, control y monitoreo.
- Conectividad segura, tanto interna como externa.
- Seguridad e integridad de los datos, para proteger información confidencial.
- Equipos basados en estándares nacionales y compatibilidad con redes existentes
- Mecanismos de Calidad de Servicio y Niveles de Servicio contratados al ISP

- Capacidad de trabajo con y sin línea de vista.
- Topología punto-punto y punto–multipunto.
- Costos razonables para el proveedor y accesibles para los clientes.
- Servicio técnico inmediato y especializado

Para la eficiencia en aplicaciones como voz datos y video se requiere la utilización de políticas de Calidad de Servicio, las cuales serán resueltas conjuntamente por el área técnica y de negocios dentro de la empresa ISP.

3.4 EVALUACIÓN DEL DISEÑO DEL ENLACE [3][21]

Para el cálculo del enlace se define algunos conceptos como es el alcance; el alcance es la distancia física y lineal entre dos puntos que permiten una conexión inalámbrica operable. Además se sabe que la forma de onda del espectro radioeléctrico de las señales wireless no son lineales sino que presentan diferentes tipos en función de las antenas empleadas.

Por lo tanto, aunque el alcance de una antena depende también de factores como obstáculos o interferencias, lo que se suele hacer es realizar el cálculo suponiendo condiciones ideales y posteriormente, estimar pérdidas que se presentan por falta de dichas condiciones.

En un diseño inalámbrico es indispensable realizar los cálculos del diseño, para lo cual se debe considerar lo siguiente:

- Pérdidas por trayectoria
- Presupuesto pérdidas y ganancias del enlace.
- Confiabilidad del sistema

3.4.1 PÉRDIDAS Y GANANCIAS [21][22]

Aparte de las pérdidas de propagación (detallado anteriormente Cap.2) que se presentan en una instalación wireless, existen diferentes dispositivos que producen pérdidas o ganancias a la señal. Para obtener un nivel de señal suficiente para una buena recepción depende del equipo receptor, pero también se debe recordar que hay que calcular el proceso de transmisión. Las comunicaciones wireless son siempre bidireccionales y los datos técnicos para cada equipo son diferentes si están transmitiendo o recibiendo.

Los amplificadores y las antenas wireless incrementan ganancias, al igual que las tarjetas y los puntos de acceso. Pero los conectores y los cables añaden pérdidas. Existen fabricantes que describen la pérdida en dBi de sus pigtailes y componentes, pero la mayoría de fabricantes no lo hacen y cuando lo hacen no se refieren a todo el conjunto sino solo al cable.

3.4.2 PRESUPUESTO PÉRDIDAS Y GANANCIAS DEL ENLACE [3][25]

Se determina el nivel nominal de señal de recepción, tomando en cuenta la potencia del transmisor, la ganancia de las antenas y la atenuación por guías de onda. S_{Rx} debe ser mayor que la sensibilidad del equipo receptor, para asegurar la recepción de la señal.

$$S_{Rx} = P_{Tx} + G_{Tx} + G_{Rx} - L_{BTx} - L_{BRx} - L_p - L_A$$

Expresión 3.1 Cálculo del Nivel de Señal de Rx.

Donde:

S_{Rx} = Nivel de señal que llega al equipo receptor, siempre será negativo (dB).

P_{Tx} = Ganancia de salida del equipo transmisor. Es la potencia en dB con la que sale la señal del equipo transmisor.

G_{Tx} = Ganancia de la antena del equipo transmisor.

G_{Rx} = Ganancia de la antena del equipo receptor.

L_{BTx} = Pérdida cables equipo transmisor.

L_{BRx} = Pérdida cables equipo receptor.

L_p = Pérdida de propagación.

L_A = Pérdidas adicionales debido a las condiciones ambientales.

La potencia en el receptor de este enlace es de 12,1 dB. Este valor fue calculado en el capítulo dos, el cuál se puede observar que es conveniente para ambientes urbanos, siendo este enlace legal en Ecuador como ya se mencionó anteriormente.

3.5 CÁLCULO DEL SISTEMA ^{[3][20][21]}

Se calcula el sistema haciendo una evaluación de la confiabilidad del mismo. La confiabilidad es el porcentaje (%) de tiempo que un enlace se encuentra disponible durante el año. Así mismo se debe garantizar que cuando la señal llegue al receptor, se mantenga sobre los límites mínimos aceptables, para que la señal sea mayor al nivel de ruido del receptor.

$$R = (1 - U_{ndp}) * 100[\%]$$

Expresión 3.2 Confiabilidad del Sistema [20].

Donde:

R = Confiabilidad del sistema.

U_{ndp} = Indisponibilidad del sistema (respecto a la unidad).

Mientras más baja sea la sensibilidad del receptor, mayor será el margen de desvanecimiento. En el presente diseño se busca una confiabilidad de **R= 99.9%**, lo que implica un indisponibilidad del 0.1%, es decir 525,6 (minutos/año) [20].

Según los distribuidores de equipos, el radio referencial de cada celda es de 3 Km., por lo que se determina que son necesarias al menos dos celdas, para cubrir el área de Lumbisí y el Valle de Tumbaco. Para disminuir el gasto que implica levantar una torre, se procedió a escoger los lugares más altos que permitan tener línea de vista con la mayoría de los posibles usuarios, evitando estructuras que disminuyan el desempeño del enlace.

Para determinar los lugares idóneos para la ubicación de las BSs (Estaciones Base) se realizó una inspección en todo el área, estableciendo los lugares más apropiados, que se detallan en la Tabla 3.1.

ESTACIÓN BASE	UBICACIÓN	LATITUD	LONGITUD	ALTURA A NIVEL DEL MAR
BS1	Lumbisí	0°14'04.55"S	78°26'58.73"O	2517m
BS2	Tumbaco	0°12'48.26"S	78°24'00.44"O	2430m

Tabla 3.1 Ubicación de BSs WiMAX [23] [24].

A pesar de que la frecuencia de operación es menor a 11GHz, para el enlace punto-punto se analizó la existencia de línea de vista, para asegurar mejor desempeño a mayor distancia. Lo ideal es que la primera zona de Fresnel no esté obstruida (despeje de al menos el 60% de la Primera Zona de Fresnel). En aplicaciones críticas habrá que hacerse el cálculo para condiciones anómalas de propagación en las cuales las ondas de radio se curvan hacia arriba y por lo tanto se requiere altura adicional en las torres. Para grandes distancias hay que tomar en cuenta también la curvatura de la tierra ya que aproximadamente para 10km empieza a afectar los enlaces. El radio de la primera zona de Fresnel fue calculado en el Capítulo 2 y cumple con el despeje del 60%.

La Figura 3.3 indica el enlace punto-punto y la ubicación de las estaciones base, conjuntamente con el perfil del terreno para dicho enlace.

Las Figura 3.4 y 3.5 indican la simulación de cobertura de las estaciones base.



Figura 3.3 Enlace Punto-Punto - Ubicación de las Estaciones Base [23].

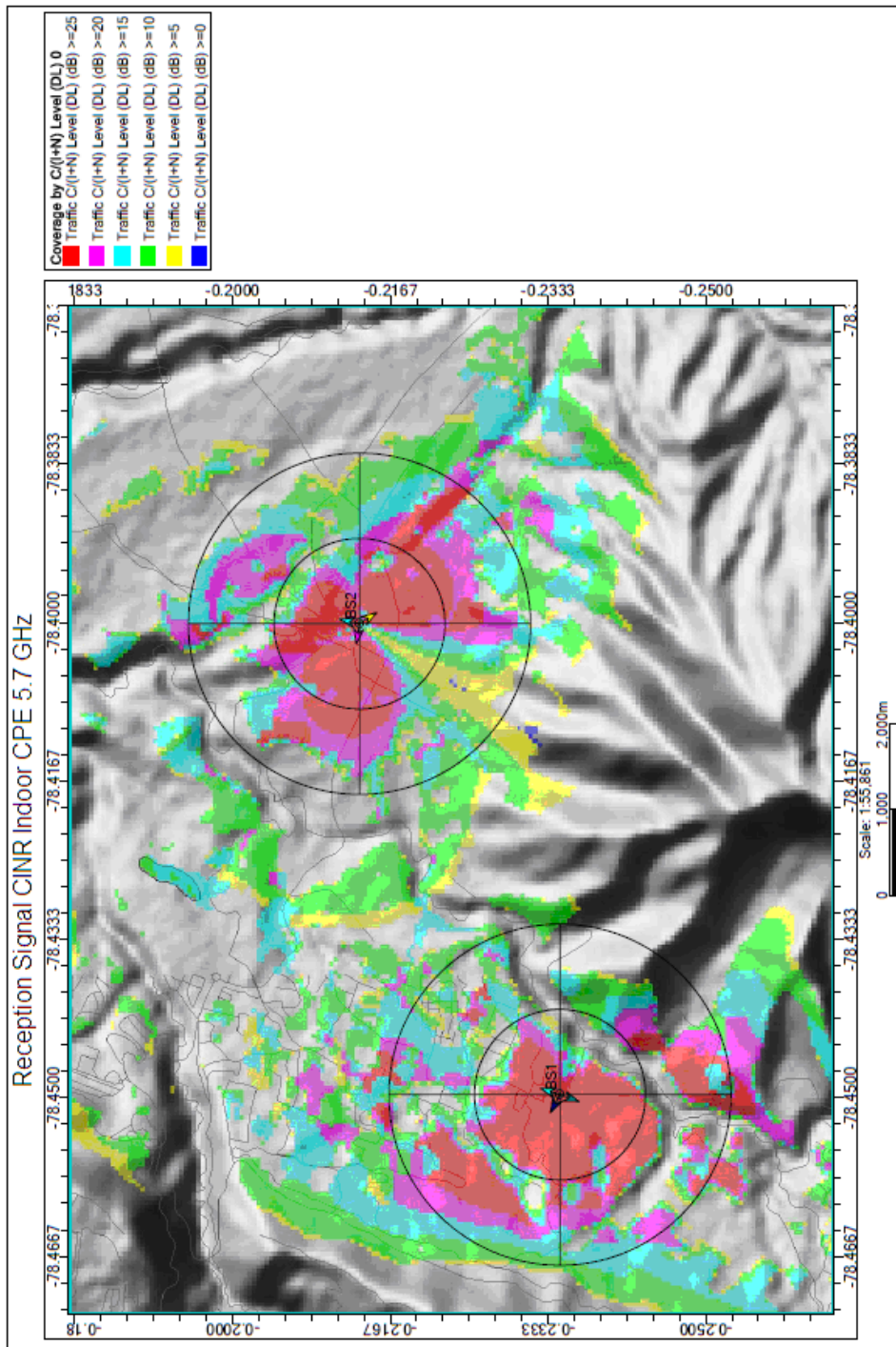


Figura 3.4 Cobertura de las BSs [26].

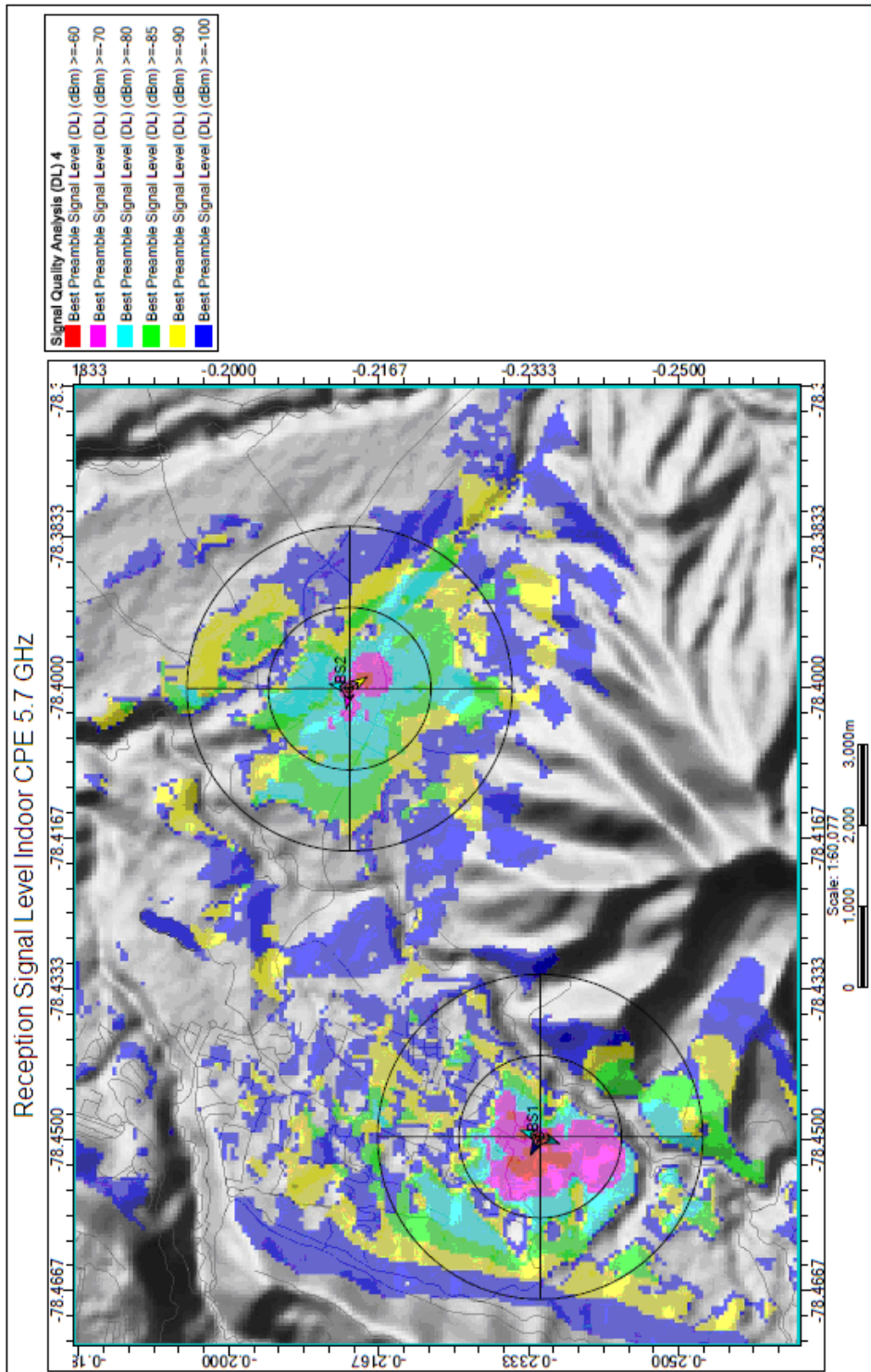


Figura 3.5 Cobertura de las BSs [26].

3.6 DISTRIBUCIÓN DE LAS FRECUENCIAS [3][20]

Para la distribución de frecuencias se dividió la banda de 5725 – 5850 GHz como específica el perfil definido que contempla *TDD (Time Division Duplex)* y canales de 10 MHz. No se reserva banda de guarda, sino que se alterna los canales para evitar interferencia. En la Figura 3.6 se muestra la división de la banda y las posibles frecuencias que pueden utilizarse en cada celda.

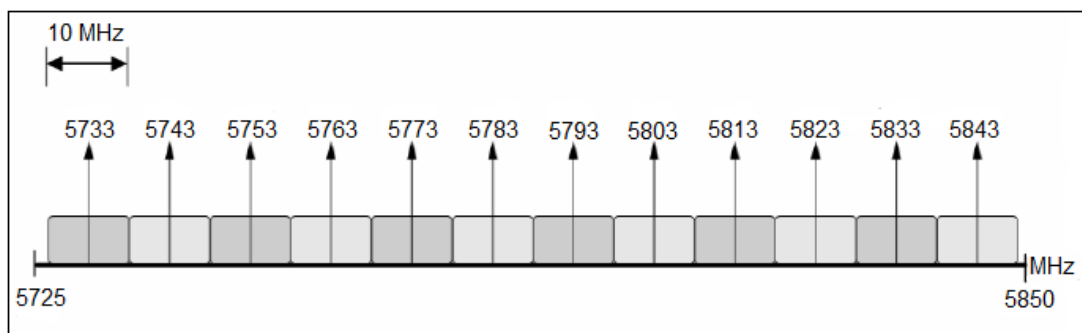


Figura 3.6 División de la Banda de Frecuencias [3].

Cada Estación Base (BS) tiene incorporada una antena sectorial de 60° , por lo que se requieren al menos 6 Estaciones Base Sectoriales BSR por BS para cubrir 360° . A cada sector le corresponde un canal, adicionalmente se requiere dos canales, uno principal y otro redundante para el enlace punto-punto que transporta el tráfico de BS2. Con canales de 10 MHz se obtienen solo doce canales por lo que es necesaria la reutilización de frecuencias, como se indica en la Figura 3.7.

Los equipos inalámbricos pueden realizar una Selección Dinámica de Frecuencia *DFS (Dynamic Frequency Selection)*, que es obligatoria en las bandas de 5.x GHz no licenciadas. DFS detecta los canales para usuarios primarios e interrumpe las operaciones según la detección de tales presencias. Si un usuario primario es detectado, se reporta una medida antes de seleccionar y publicar un nuevo canal.

BS1	
Canal 1	5733
Canal 2	5743
Canal 3	5753
BS2	
Canal 4	5763
Canal 5	5773
Canal 6	5783
Enlace Punto- Punto	
Canal 8	5803

Tabla 3.2 Distribución de frecuencias [3].

En la Figura 3.7 se presenta la distribución de las frecuencias en cada estación base y la cobertura de cada celda, con sectores de 60° , correspondientes a cada una de las Estaciones Base Sectoriales BSR. El número dentro de cada sector indica el canal correspondiente, además se indica un esquema de la red inalámbrica, detallando cada uno de los elementos necesarios para los enlaces punto-punto y punto-multipunto.

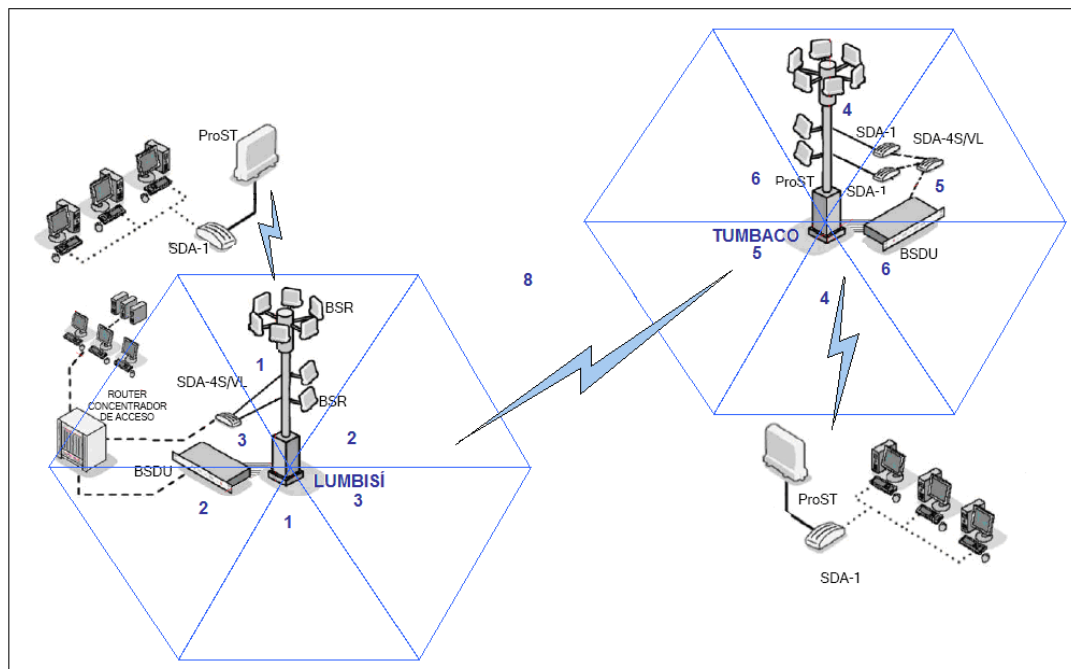


Figura 3.7 Distribución de las Frecuencias en Cada Estación Base

3.7 SEGURIDADES PARA LA RED DEL ISP [3][27]

A pesar de todas las ventajas que brinda el Internet, conforme se realizan progresos, aumentan también los riesgos de vulnerabilidades informáticas ante amenazas internas y externas que puedan comprometer la seguridad de la red.

Debido al gran crecimiento de los servicios de banda ancha, existe una infinidad de computadores conectados a Internet. La seguridad de redes en ambientes residenciales no suele tomarse como una prioridad; sin embargo, en un ISP la seguridad es un aspecto fundamental, por lo que se deben analizar los problemas más relevantes y evitarlos o minimizarlos en el presente proyecto.

La mayoría de empresas ven a la seguridad de la red como una medida reactiva ante un problema dado, cuando lo ideal es tomarlo como una medida preventiva.

Cuando se conoce de una vulnerabilidad, puede pasar demasiado tiempo hasta solucionarla y el impacto de una violación de seguridad puede tener graves consecuencias.

Entre los problemas más comunes de seguridad para redes en general, particularmente para un ISP se puede mencionar:

- Intentos de robo de identidad como phishing y pharming
- Infección de virus, spyware y software malicioso
- Inundación de tráfico (Flooding), ICMP, UDP
- IP de origen falso (Spoofing), muy difícil de detectar y filtrar
- Negación del servicio (DoS, Denial of Service) que es un ataque que busca volver inaccesibles los recursos de la red a los usuarios autorizados.

- Negación del servicio distribuida (DDoS, Distributed Denial of Service), que consiste en direcciones distribuidas en un amplio rango de direccionamiento IP. DoS y DDoS pueden provocar la saturación de equipos y enlaces intermedios que perjudica a los usuarios. DDoS es muy difícil de filtrar sin agravar el problema.
- Ataques a los protocolos de enrutamiento interior y exterior. Si el protocolo de enrutamiento exterior (BGP) se cae, la red se vuelve inalcanzable. Es sucede porque BGP corre sobre TCP y este último tiene sus propios problemas de seguridad.
- Ataques al DNS, que es utilizado por todas las aplicaciones y si no funciona causa muchos problemas.
- Ataques internos a los equipos de la red por parte de personal no autorizado.

A continuación se presentan posibles soluciones para seguridad del presente proyecto del ISP:

1. *Soluciones para seguridad en protocolos de enrutamiento interior*

- Integridad del dominio de enrutamiento
- Correcta configuración en las interfaces correspondientes
- Autenticación con Código Hash
- Anillo antispoofing

2. *Soluciones para seguridad en protocolos de enrutamiento exterior*

- Incorporar mecanismos que revisen el campo TTL de los mensajes involucrados (RFC 3682).
- Protección de sesiones BGP mediante shared key y MD5 (RFC 2385)
- Filtrado de número de sistema autónomo (AS, Authonomy System) por prefijo.

3. Soluciones para seguridad en DNS:

3.a DNSSEC

- Split DNS, que sirve para controlar las entradas al servidor
- Especializar las tareas de los servidores DNS.
- Protección de mensajes “Query Response” mediante firma de registros en una zona posterior y verificación de la firma por parte de quien la recibe.
- Implementar nuevos registros como RRSIG, DNSKEY, NSEC y DS

3.b TSIG

- Autenticación del origen e integridad de los mensajes.
- Clave secreta compartida.
- Código Hash.

3.c Envenenamiento del cache del DNS.

- Limitación de acceso a la información y mecanismos de control.
- Lista de acceso en los ruteadores y conmutadores.
- Seguridad por puerto en conmutadores (802.1x).
- Plan de soporte técnico para Linux que incluye visitas preventivas.

RESUMEN DISEÑO FINAL:

RESUMEN DE LOS PARÁMETROS PARA EL DISEÑO FINAL DEL ISP		
PARÁMETROS	NECESARIO	OPCIONAL
EQUIPO RADIUS	O	
BASE DE DATOS DE CLIENTES	O	
EQUIPOS SERVIDORES PoP3 Y SMTP	O	
WEBSERVER	O	
CHAT	O	

DNS	O	
CORTAFUEGOS (FIREWALL)	O	
RUTEADOR PRINCIPAL	O	
RUTEADOR CONCENTRADOR DE ACCESO	O	
CONMUTADORES (SWITCHES)	O	
SERVIDOR CACHÉ	O	
DISPOSITIVOS WIMAX	O	
SOFTWARE DE APLICACIONES PARA USUARIOS (Ejm. Juegos, Revistas Virtuales, Test de velocidad, etc.)		X
SOFTWARE DE TARIFACIÓN Y FACTURACIÓN	O	
COMPUTADORES DE ESCRITORIO		X
COMPUTADORES PORTÁTILES PARA CONSOLA		X

Tabla 3.3 Resumen de los Parámetros del Diseño del ISP

Para la seguridad de la red del ISP del presente proyecto se recomienda empezar con la implementación de seguridad en protocolos de enrutamiento exterior y seguridad en DNS, Y a medida del crecimiento de la cartera de clientes, se implementaría la seguridad en protocolos de enrutamiento interior.

En este capítulo se ha diseñado la red del ISP consumando las necesidades de infraestructura, dimensionamiento y seguridad del mismo. En el siguiente se procederá a obtener precios referenciales para la futura implementación del proyecto.



CAPÍTULO 4

CAPÍTULO 4

ESTIMACIÓN DE COSTOS REFERENCIALES DEL SISTEMA

En este capítulo se determina el costo que podría tener el diseño propuesto para su implementación a futuro.

4.1 SELECCIÓN DE EQUIPOS ^{[1][2]}

A continuación se detalla una gama de diferentes opciones en cuanto a equipos, que cumplen los principales requisitos del proyecto para elegir aquellos que se acoplen de la mejor manera al diseño de un ISP de Internet Inalámbrico.

4.1.1 RUTEADOR ^{[3][4][5][6][7][8]}

En la Tabla 4.1 se presentan tres opciones de equipos para ruteador principal, y se indican los requerimientos del diseño que cumple cada opción.

Los tres modelos cumplen con la mayoría de los requerimientos; sin embargo, el ruteador Cisco 3825 cumple con todos los requerimientos y posee mejores características que los demás. A pesar de ser ligeramente más costoso, el ruteador Cisco no requiere de mayor inversión en cuanto a módulos, lo que lo convierte en la mejor opción.

La característica principal de los routers Cisco 3800 es que no degradan su desempeño aún con todas sus funcionalidades en uso. Entre estas funcionalidades figuran datos, voz y video seguros, además de los servicios diferenciados. Estos routers están especialmente diseñados para atender las necesidades de empresas

grandes y medianas, como así también de oficinas sucursales. Estos routers fueron diseñados para permitir a sus usuarios ofrecer una solución convergente de enrutamiento y seguridad.

CARACTERÍSTICA / MARCA	CISCO	3COM	D-LINK
IMAGEN			
Modelo	3825	5232	DI-3660
Conectividad LAN (10/100/1000 Base TX)	O	O	O
Conectividad WAN (ATM, ISDN, BRI/PRI, T1/E1, T3/E3, Señal asíncrono)	O	O	O
Multiservicio (voz, datos y video)	O	O	O
DRAM de 256 MB default con expansión hasta 1GB	O	O	X
Flash de 64 MB default con expansión hasta 256 MB	O	X	X
Modular	O	O	O
Puertos USB 2.0	O	X	X
Puerto de Consola RJ45 Asíncrono EIA-232	O	O	O
Puerto Auxiliar	O	O	O
Puertos fijos Ethernet 10/100/1000 Base TX, RJ45	O	O	X
Ranuras para módulos WAN/LAN	O	O	O
IPv6	O	X	X
ACLs (Access Lists)	O	O	O
NAT	O	O	O
ATM, PPP, HDLC, Ethernet	O	O	O
TCP/IP, RIP-2, OSPF, BGP	O	O	O
DiffServ (Servicios Diferenciados)	O	O	X
VPN	O	O	O
Algoritmo de Cifrado AES, DES, 3DES	O	O	X
IEEE 802.1Q VLAN	O	O	O
Telnet, SNMP	O	O	O
Fuente de poder Dual	O	X	X
Alimentación 110V AC / 60 Hz	O	O	O
Costo de Equipo	7289.60 USD	2974.76 USD	3450.50 USD

Tabla 4.1 Comparación entre equipos para Ruteador Principal

4.1.2 RUTEADOR CONCENTRADOR DE ACCESO [3][4][5][6][7][8]

Se presentan tres opciones de equipos para ruteador concentrador de acceso corporativo y residencial en la siguiente Tabla 4.2 y se señalan los requerimientos del diseño que cumple cada opción.





CARACTERÍSTICA / MARCA	CISCO	3COM	D-LINK
IMAGEN			
Modelo	3825	5232	DI-3660
Conectividad LAN (10/100/1000 Base TX)	O	O	O
Conectividad WAN (ATM, ISDN, BRI/PRI, T1/E1, T3/E3, Señal asíncrono)	O	O	O
Multiservicio (voz, datos y video)	O	O	O
DRAM de 256 MB default con expansión hasta 1GB	O	O	X
Flash de 64 MB default con expansión hasta 256 MB	O	X	X
Modular	O	O	O
Puertos USB 2.0	O	X	X
Puerto de Consola RJ45 Asíncrono EIA-232	O	O	O
Puerto Auxiliar	O	O	O
Puertos fijos Ethernet 10/100/1000 Base TX, RJ45	O	O	X
Ranuras para módulos WAN/LAN	O	O	O
IPv6	O	X	X
ACLs (Access Lists)	O	O	O
NAT	O	O	O
ATM, PPP, HDLC, Ethernet	O	O	O
TCP/IP, RIP-2, OSPF, BGP	O	O	O
DiffServ (Servicios Diferenciados)	O	O	X
VPN	O	O	O
Algoritmo de Cifrado AES, DES, 3DES	O	O	X
IEEE 802.1Q VLAN	O	O	O
Telnet, SNMP	O	O	O
Fuente de poder Dual	O	X	X
Alimentación 110V AC / 60 Hz	O	O	O
Costo de Equipo	7289.60 USD	2974.76 USD	3450.50 USD

Tabla 4.2 Comparación de equipos para ruteador concentrador de acceso

Nuevamente se puede observar que aunque los tres equipos cumplen con la mayoría de requerimientos, el ruteador Cisco es el que más cumple y sobrepasa los requerimientos puesto que soporta DiffServ así como también IPv6.

4.1.3 CONMUTADORES ^{[9][10][11][12]}

En la Tabla 4.3 se presentan tres opciones de equipos para conmutador primario y secundario, y además se detallan los requerimientos del diseño que cumple cada opción.

CARACTERÍSTICA / MARCA	CISCO	3COM	D-LINK
IMAGEN			
Modelo	3750G 24TS-S	4500G 24	DES-3326 SR
24 Puertos Ethernet 10/100/100bT autosensing RJ45	O	O	O
Puerto UL 1000 Base TX Fijo	O	O	X
Nivel de Conmutación: 2 y 3	O	O	O
DRAM de 128 MB con expansión	O	O	O
Flash de 16 MB con expansión	O	O	O
Backplane sobre 30 Gaps. Full Duplex	X	O	O
Puerto de Consola RJ45 Asíncrono EIA-232	O	O	O
Puerto Auxiliar	O	O	O
Velocidad de Conmutación de paquetes de 35Mbps	O	O	O
Soporte VLAN	O	O	O
Direcciones MAC sobre 10k	O	X	O
Puertos Half / Full Duplex	O	O	O
Spanning Tree Protocol STP, IEEE 802.1d	O	O	O
Alimentación de energía redundante	O	X	X
Manejo de enlaces Trunking	O	O	O
DiffServ (Servicios Diferenciados)	O	O	O
IPv6	O	O	O
VPN	O	O	O
ACLs (Access List) L2 - L3	O	O	O
IEEE 802.1x	O	O	O
Telnet, SNMP, TFTP, VTP	O	O	O

MTBF: 200000 Horas	O	O	X
Alimentación 110V AC / 60 Hz	O	O	O
Costo de Equipo	3356.68 USD	2069 USD	1550 USD

Tabla 4.3 Comparación de equipos para Conmutador (Switch)

4.1.4 CORTAFUEGOS (FIREWALL) [13][14][15][16][17]

Se compara en la Tabla 4.4 tres opciones de equipos para cortafuegos y se detallan los requerimientos del diseño que cumple cada opción.




CARACTERÍSTICA / MARCA	CISCO	FOTIGATE	SONICWALL
IMAGEN			
Modelo	ASA 5540	FGT - 800	PRO-4100
200 de Mbps de tráfico 3DES/AES VPN	O	O	O
512 GB de RAM	O	O	O
Rendimiento de 600 Mbps	O	O	O
Número ilimitado de usuarios	O	O	O
2500 sesiones de usuario VPN SSL	O	O	O
300000 conexiones simultáneas	O	O	O
10000 conexiones por segundo	O	O	O
64 MB de Flash	O	O	O
Puertos Ethernet 10/100/1000 Base T - RJ45	O	O	O
Puertos USB 2.0	O	O	O
Ranura de expansión de memoria y de conectividad	O	X	X
Puerto de consola	O	O	O
20 VLANs (802.1Q)	O	O	O
Soporte Ipsec	O	O	O
IPv6	O	O	O
Algoritmo de cifrado AES, DES, 3DES	O	O	O
Certificación ICASA	X	O	X
Anti-X (antivirus, antispayware, bloqueo de archivos, antispam, antipishing y filtrado URL)	O	O	O
DiffServ	O	O	O
Alimentación 110V AC / 60 Hz	O	O	O
Costo de Equipo	10540 USD	6995 USD	5736.50 USD

Tabla 4.4 Comparación de equipos para Cortafuegos (Firewall)

Al comparar las tres opciones para cortafuegos (Firewall) se eligió el equipo Fortigate FGT-800; debido a que requiere menor cantidad de licencias para una seguridad más completa que la proporcionada por las otras opciones, lo que implica alto grado de protección con menor inversión; al mismo tiempo, cumple con los requisitos del diseño.

4.1.5 SERVIDORES [18][19][20][21][22]

Para la selección de los servidores se analizan tres modelos correspondientes a tres marcas que desempeñen con los diferentes requerimientos en común, pues la principal divergencia radica en la capacidad de disco y la RAM. Al elegir modelos con opción de expansión, estas pequeñas diferencias pueden ser cubiertas sobre la base del mismo modelo de servidor.




CARACTERÍSTICA / MARCA	HEWLETT-PACKARD	IBM	DELL
IMAGEN			
Modelo	HP Proliant DL380 G5	IBM System X3650	PowerEdge 2950
Procesador Intel Dual Core 3.0GHz, 1333Mz FSB	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
1GB de RAM	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Certificación de Soporte RHEL5, Cat. Servidor	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Soporte de Disco Duro SAS (36GB, 72GB, 146GB)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Soporte de Disco Duro SATA (60GB, 120GB)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ranuras de expansión para disco duro Hot Swap	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Almacenamiento interno máximo de 1.168 TB	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Memoria caché externa L2 de 2MB	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Puertos USB 2.0	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tarjeta de red con puertos Ethernet 10/100/1000 Base TX, RJ45	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Puerto para teclado, monitor y mouse	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Unidad de CD-ROM 24x o superior	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Alimentación 110V AC / 60 Hz	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Costo de Equipo	2006.57 USD	2064.99 USD	1951.40 USD

Tabla 4.5 Comparación de equipos para Servidores

En la Tabla 4.5 se presentan tres opciones de equipos para servidor y se indican los requerimientos del diseño que cumple cada opción. Como se puede observar todos los equipos cumplen los requerimientos, pero en este caso la mejor opción sería HP Proliant DL-380 G5 debido a su gran uso en el país.

4.1.6 EQUIPO INALÁMBRICO TECNOLOGÍA WiMAX [23][24][25][26][27][28]

La selección de los equipos se lleva a cabo tomando en cuenta fabricantes pertenecientes al WiMAX Forum y que satisfagan lo requerimientos de la red. Además debe permitir que el diseño pueda comenzar desde una o muy pocas estaciones de base, y una vez que la capacidad deba ser ampliada, se sumen estaciones base para satisfacer la demanda.

CARACTERÍSTICA / MARCA	APERTO	ALVARION	NOKIA	AIRSPAN
Imagen ESTACIÓN BASE				
Imagen UNIDAD SUSCRIPTOR				
Modelo	PacketMAX	BreezeMAX	Flexi WiMAX	microMAXd
Estándar 802.16-2004 con interfaz aire OFDM 256 FFT	○	○	○	○
Modulación Adaptiva BPSK, QPSK, QAM, 16QAM	○	○	○	○
Banda de Frecuencia entre 5,725-5,850 GHz	○	○	○	○
Troughput mayor a 30 Mbps	✗	✗	✗	○
Potencia de TX mayor a 20 dBm	○	○	○	○

Sensibilidad de RX menor a -90dBm	O	O	O	O
FDD/TDD	O	O	O	O
DHCP	O	O	O	O
IEE 802.3	O	O	O	O
Puenteo Ethernet	O	O	O	O
IEE 802.1D	X	O	X	O
VLAN para IEEE 802.1Q	O	O	O	O
FEC, ARQ	X	O	O	O
6 Sectores de RF	O	O	O	O
Ancho de canal de 10MHz	O	O	O	O
Software de administración	O	O	O	X
Telnet, SNMP	O	O	O	O
Ganancia de Antena de 17dBi	O	O	O	O
Soporte IPv6	X	O	O	X
Actualización de Software	O	X	O	O
Opción WiFi	O	O	X	O
AES/DES/3DES	X	O	X	O
Interfaces Ethernet 100BaseTX	O	X	O	O
DiffServ	X	O	O	O
MIR/CIR	O	O	O	O
Calidad de Servicio WiMAX: UGS, rtPS, nrtPS, BE	X	O	X	O
Costo de Equipo	4750 USD	6496 USD	4849 USD	5425 USD

Tabla 4.6 Comparación de equipos WiMAX

Para enlazar una Estación Base (BS) con otra se utilizará enlaces punto-punto y para la última milla se utilizarán enlaces WiMAX punto-multipunto. En la Tabla 4.6 se presentan cuatro opciones de equipos WiMAX y se indican los requerimientos del diseño que cumple cada opción [30][31][32][33].

Una gran opción para este proyecto se puede observar que es la marca AIRSPAN. Además se tenía como opción la gama de equipos WiMAX de la marca CISCO, pero dicha empresa anunció públicamente que ya no estará involucrada en el desarrollo y producción de estaciones base con tecnología WiMAX; el motivo de esta decisión se debe a que ha preferido centrarse en las redes IP que, al mismo tiempo, representan la base de las redes de comunicaciones de datos [29].

4.2 COSTOS DE LOS EQUIPOS [30][31][32][33]

Las conexiones inalámbricas en la actualidad están tomando el lugar de las líneas dedicadas o arrendadas, donde las mismas no son posibles o son demasiado caras y aunque los enlaces inalámbricos no son un reemplazo de los enlaces cableados, sino más bien son un complemento que ayuda a la convergencia de las telecomunicaciones, los costos de dichos equipos varían de acuerdo a los servicios proveer y se los puede encontrar en una variedad de precios.

En este capítulo se muestran costos referenciales de los equipos necesarios para la implementación del ISP. Los precios de los equipos a continuación son valores promedio vigentes en el mercado. Los costos para la asistencia técnica para instalación, mantenimiento y el soporte técnico para los clientes fueron proporcionados por personal de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones.

En la Tabla 4.7 se presentan los costos de equipos y software correspondientes hasta una etapa del funcionamiento del ISP que podría ser de 5 años. Como se puede observar en la Tabla 4.7 los precios de los SUs (Unidad de Suscriptor) son todavía muy elevados; sin embargo, dichos precios no incluyen el posible descuento que es negociado con los distribuidores según la cantidad y la forma de pago.

Para el cálculo de los costos de los SUs a partir de una segunda etapa se tomó en cuenta una disminución del 10% anual ya que la tendencia de precios de SUs es a la baja, por lo que es muy probable que al cabo de un año se tenga mejoras en los precios. Por esta razón, se considera prudente adquirir los terminales necesarios solo hasta la finalización de la primera etapa de funcionamiento. No se incluye IVA, ni costos de importación ni envío.

EQUIPO	PRECIO (Dólares)
RUTEADOR PRINCIPAL	
Cisco 3825 Router de Servicios Integrales	7289.60
Cisco 2-Port Fast Ethernet HWIC	1858.17
RUTEADOR CONCENTRADOR DE ACCESO CORPORATIVO Y RESIDENCIAL	
Cisco 3825 Router de Servicios Integrales	7289.60
Cisco 2-Port Fast Ethernet HWIC	1858.17
CONMUTADOR	
Cisco Catalyst 3750 G24ts-s 24 10/100/1000BT	3356.68
CORTAFUEGOS (FIREWALL)	
Fortigate FTG-800 con protección completa Firmware Upgrades, Anti-virus, Anti-Spam. Intrusion Prevention Systems IPS	8976.68
CORREO Y DNS2	
HP Proliant DL380 G5 (417458-001), 1x Intel Dual Core Xeon 5160 3GHz, 2GB RAM, 2U, 2 puertos FastEthernet, 4MB L2	2109.00
Disco duro HP SAS Hot plug 36GB -10000 rpm	261.75
WEB y FTP	
HP Proliant DL380 G5 (417458-001), 1x Intel Dual Core Xeon 5160 3GHz. 2GB RAM, 2U, 2 puertos FastEthernet, 4MB L2	2109.00
Disco duro HP SAS Hot plug 36GB -10000 rpm	261.75
CACHÉ	
HP Proliant DL380 G5 (417458-001), 1x Intel Dual Core Xeon 5160 3GHz. 2GB RAM, 2U, 2 puertos FastEthernet, 4MB L2	2109.00
Disco duro HP SAS 2.5 "Hot-plug 36GB -10000rpm	261.75
ADMINISTRACIÓN Y CONTABILIDAD	
HP Proliant DL380 G5 (417458-001), 1x Intel Dual Core Xeon 5160 3GHz. 2GB RAM, 2U, 2 puertos FastEthernet, 4MB L2	2109.00
Disco duro HP SAS 2.5 "Hot-plug 146GB -10000rpm	261.75
Disco duro HP SAS 2.5 "Hot-plug 146GB -10000rpm	261.75

CONSOLA KVM 8 PUERTOS + LCD, TECLADO, TOUCHPAD	
HP Server Console Switch	482.00
HP Rackmount Keyboard Monitor TFT7600	2546.00
HP Virtual Media Interface Adapter (AF604A)	100.00
Unidad de CD ROOM	
CD ROOM 28X	50.00
DISPOSITIVOS INALAMBRICOS	
5.725 – 5.875GHz Omni Reg Compl Vertical Sector Antenna	2263.26
MicroMAX d-SOC BSR AIRSPAN	5425.00
SDA-4S/VL	165.00
ProST	
ProST Pole Mounting Kit	87.49
RF Jumper Cable 1.5m	124.66
UPS	
Powerware PW5125 3000VA	125.00
Powerware PW5105 500VA	36.52
PW5125 series UPS Battery pack for IBM 3000VA 5125	1138.32
UPS – 8H	176.64
OTROS	
Cable UTP Cat. 5 (rollo 305 m)	85.00
Rack de 7 pies con componentes	156.64
Trabajo administrativo para implementación del proyecto. GigoWireless	50 por hora
Soporte técnico de implementación del proyecto. GigoWireless	50 por hora
Plan de Soporte Técnico y Administrativo GigoWireless.	2700.00
SOFTWARE	
ISP'Gear + desarrollo de software a la medida	2500.00
Microsoft® Windows® Server Standard 2003 R2 Win32	781.25
Microsoft® SQL Server Small Edition 2003 Win32	548.22
Netspan AS8200 NMS RTU plus 400 CPE License	6201.25
Netspan AS8200 100 CPE License Extension	1136.25
TOTAL	67302.15

Tabla 4.7 Costos de los Equipos para el Diseño e Implementación de un ISP

Al finalizar este capítulo se puede deducir que los costos para ser un proveedor de Internet son bastante significativos. Pero si este recurso es bien explotado y administrado, las ventajas y ganancias de ser un ISP también son grandes ya que la convergencia de las telecomunicaciones exige vivir en un mundo globalizado, puesto que en la actualidad el Internet no es un privilegio de pocos sino una herramienta de vida de todo el mundo.



CAPÍTULO 5

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Después de haber culminado con este proyecto es posible extraer las conclusiones y recomendaciones siguientes:

5.1 CONCLUSIONES

1.- Se pudo observar al visitar las zonas en estudio para este diseño, que en el valle de Tumbaco se vive dos realidades distintas con respecto a la economía de nuestro país, mientras por un lado se muestra un pueblo como es Tumbaco y Cumbayá con los suficientes recursos económicos y tecnológicos, por el otro vemos a una población un poco mermada de dichas posibilidades como lo es Lumbisí y aunque si bien la tecnología inalámbrica facilita grandes ventajas y en ocasiones es al parecer la única alternativa. Sin embargo, se puede observar los serios problemas que planteará implementar una red basada en enlaces de radiofrecuencia en el lado de Lumbisí ya que la población de este lado, teóricamente no estaría muy dispuesta a adquirir este servicio en sus hogares aduciendo quizás altos costos.

Pero este diseño de un ISP para la transmisión de voz, datos y video con QoS con tecnología inalámbrica WiMAX ofrece una solución eficiente en base a costos accesibles para una empresa que comienza su marcha y que a su vez puede trabajar conjuntamente a la par con la tecnología WiFi.

Por lo expuesto, se puede concluir que este diseño y su implementación y además un buen marketing aumentarán la proliferación de acceso inalámbrico

en todo el Valle de Tumbaco tanto para una demanda WiMAX como para WiFi con base en costos razonables y más rápidos en la última milla.

2.- Se ha considerado como base preliminar para implementar este diseño para proveer servicios de Internet, el contar con personal técnico y administrativo capacitado, ya que la funcionalidad y desempeño de la red se basa en una óptima utilización de los recursos de la red, el personal técnico realizará una correcta configuración y acoplamiento de equipos, un monitoreo de calidad de la red y por supuesto un soporte tanto para la empresa como para el cliente. El personal administrativo llevará el manejo, adquisición y almacenamiento de la documentación interna y externa de la empresa, más el manejo de los SLAs a nivel de proveedores y clientes.

Esto se lo hará con la aplicación de gestiones de trabajo arquitectónico como DiffServ (*Servicios Diferenciados*), que permitirá mejorar notablemente la calidad de servicio brindado. De esta manera ante la presencia de fallas, este diseño contará con una pronta recuperación y solución contra errores que violenten la integridad y seguridad de la red.

3.- Definitivamente la industria inalámbrica está viviendo un momento único. La disponibilidad de tecnología probada, la creación de estándares y grupos de trabajo como lo es el WiMAX FORUM y la gran necesidad de llevar el acceso a la Internet a zonas no abastecidas hacen de las tecnologías no sólo un mecanismo de competitividad sino una herramienta social, tecnología que para este diseño podrá ser implementada productivamente ya que en la actualidad el costo de equipos en el mercado son de una amplia gama y versatilidad. En este proyecto se definió manejar una de las mejores marcas

como es AIRSPAN, la cual ofrece actualizaciones de sus productos e inclusive soporte técnico.

Para este diseño Airspan WiMAX microMAXd ofrece una solución completa de extremo a extremo y de nuevas implementaciones que se puedan presentar a través de estándares compatibles, sus productos son interoperables, ofrece soluciones reales a la coexistencia con otros sistemas inalámbricos, permite la capacidad de actualización mediante el uso de software definido y es capaz de ofrecer incomparable eficiencia espectral mediante el uso de las técnicas de antena avanzadas como MIMO y sistemas de antena inteligente. MicroMAXd además requiere menos de 28W de potencia en sus estaciones base, por lo que es ideal para los despliegues rurales lo cual es importante tomar en cuenta para este diseño, sin olvidar que también trabaja en bandas sin licencia.

Por lo que se concluye que este diseño, al desplegar infraestructura inalámbrica en el valle de Tumbaco utilizando los productos de Airspan microMAXd, podrá utilizar luego esta misma red para ampliar el alcance de sus redes inalámbricas iniciales ofreciendo servicios de datos, internet, aplicaciones VoIP y de valor agregado tanto a nivel regional como nacional.

4.- Si bien es un gran esfuerzo el implementar un WISP y considerando que aún quedan aspectos por resolver por parte del gobierno local para inducir un mayor aprovechamiento de las tecnologías de comunicaciones, sobre todo el de acceso Inalámbrico, así como también el establecer políticas que incentiven la competencia entre proveedores, resulta que para este diseño aplicado a una zona muy habitada como lo es el valle de Tumbaco y que tendrá un gran crecimiento poblacional y económico debido a la incursión del

nuevo aeropuerto de Quito y la saturación que existe en las zonas urbanas, se puede vislumbrar un prometedor futuro al incursionar dentro de este mercado y a pesar de existir varios proveedores.

Se observa entonces en la realización de este proyecto, que el crecimiento de cuentas dedicadas tanto residenciales como corporativas obedece a un poco más del 100% anual, con un inicio de un ancho de banda aproximado a 3Mbps con una proyección de crecimiento a cinco años que llegará a un poco más de 64Mbps con un total de 2700 usuarios, algo relativamente bajo considerando que para el 2015 la población en Tumbaco y sus alrededores será de más de 110.000 habitantes

Se puede concluir que donde exista gran asentamiento poblacional así como otras zonas más pequeñas donde el uso de Internet sea requerido, habrá un modelo natural para la aplicación de este diseño de ISP además con buenas gestiones de marketing se asegura que su implementación será muy beneficiosa y rentable.

5.- Llevar a cabo la implementación de este diseño tiene un valor inicial de prácticamente 68000 USD y aunque estos equipos comparativamente no sean tan costosos, únicamente no es un criterio suficiente para iniciar la adopción de esta tecnología. Se puede esperar que la evolución de la tecnología vaya de la mano con un incremento en la demanda de redes de mayor capacidad que apoyen QoS. Y se desarrollen de la simple oferta de Internet a ofertas más sofisticadas y diversas.

De tal forma se puede concluir que para impactar y ofertar banda ancha de la manera que se anhela en el presente diseño, es necesario ubicarse bajo una

organización como el WiMAX Forum, la cual promueve y certifica que los productos puestos en el mercado cumplan con la promesa de operatividad conforme a las especificaciones comunes y garantiza que los productos cumplan con los estándares y la interoperabilidad con equipos de otros fabricantes, reduciendo así el riesgo de la inversión y creando un mercado con precios competitivos ya que, como se puede observar en el presente proyecto, los costos son de consideración para la implementación de esta tecnología.

5.2 RECOMENDACIONES

1.- Entender los elementos de un enlace y su aporte a todo el presupuesto, en términos de ganancias o pérdidas es crucial para implementar una red inalámbrica que funcione en forma confiable, por lo tanto es muy importante recordar que:

- A. Tener un buen presupuesto de enlace es un requerimiento básico y substancial para el buen funcionamiento del mismo
- B. Un presupuesto de enlace de red inalámbrica es la cuenta de todas las ganancias y pérdidas desde el radio transmisor hacia el receptor.
- C. Las pérdidas más grandes del enlace se producen en la propagación en espacio libre debido a la atenuación geométrica de la señal.
- D. La sensibilidad del receptor es un parámetro que indica el valor mínimo de potencia que se necesita para alcanzar una cierta tasa de bit.

2.- Con relación a las tecnologías WiFi y WiMAX fundamentalmente se las observa como complementarias. Sin embargo existe ya un camino que se está empezando a transitar el cual es, que los clientes tendrán VoIP para uso ambulante, en un entorno donde las comunicaciones unificadas llevan la convergencia a su mayor potencial. La combinación de estas tecnologías permitirá la aparición de Hot Zones en lugar de Hot Spots.

Es ahora por tanto, el momento de optimizar y afianzar las inversiones en la actualización de las infraestructuras IP para aprovechar las redes al máximo, corriendo sobre ellas nuevas aplicaciones como audioconferencia, videoconferencia, mensajería instantánea, presencia Web, ya que esta capacidad de conexión en tiempo real con independencia de la situación geográfica consolidará a las empresas del siglo XXI.

3.- Cabe señalar que la empresa GigoWireless quiere manejar un conjunto de gestiones que permitan mejorar la calidad de los servicios ofrecidos y demandados. Y para un proveedor de cualquier servicio y con mayor razón al implementar este diseño de ser un proveedor servicio de Internet, lo que se recomienda es aplicar normas reconocidas a nivel mundial como lo son las de ITIL (*Information Technology Infrastructure Library*) Biblioteca de Infraestructura de Tecnologías de la Información, las cuales son:

- **Gestiones de Servicios del ISP**
 - 1. *Entrega de Servicios*
 - 2. *Soporte al Servicio*
- **Gestiones Operativas y de Mantenimiento del ISP**
 - 3. *Gestión de la infraestructura de TI*
 - 4. *Gestión de la seguridad*
 - 5. *Perspectiva de negocio*
 - 6. *Gestión de aplicaciones*
 - 7. *Gestión de activos de software*

4.- La red ofrece un amplio rango de opciones de implementación para cubrir áreas extendidas y de última milla. Lo mejor es que la solución varía de acuerdo a los modelos de uso, el tiempo de implementación, la posición geográfica y la aplicación de red (tanto en datos, VoIP y vídeo). Cada implementación puede estar hecha a la medida que mejor se adapte a las necesidades de la red de usuarios. Los WiFi WLANs coexistirán con WiMAX. El intercambio de redes inalámbricas autorizadas trae consigo la posibilidad de un servicio barato para las áreas urbanas y rurales.

WiMAX (802.16-2004) provee conectividad inalámbrica de banda ancha a las áreas más allá del alcance de la banda ancha tradicional, pero también permite el crecimiento de topología de WiFi. Con la atención enfocada en WiMAX, es fácil olvidarse de que el WiFi también evoluciona rápidamente. Los radios de WiFi aparecen no sólo en computadoras portátiles y asistentes digitales personales (PDAs), sino también en equipos tan diversos como teléfonos móviles, cámaras y videoconsolas.

Entonces como recomendación: Para las implementaciones de enlaces inalámbricos, la mejor solución es una combinación de los dos WiMAX y WiFi.

5.- Al iniciar la implementación como proveedor de Internet ISP, en este proyecto se recomienda comenzar con una estación base que tenga una antena omnidireccional para que conformen aumente la demanda de clientes también aumente la infraestructura y capacidad del ISP, es por tal motivo que también se recomienda que al momento de adquirir equipos se comprueben que sean certificados de WiMAX Forum para de esta forma garantizar el correcto funcionamiento de los equipos de distintos fabricantes.

6.- DiffServ es la arquitectura seleccionada para ofrecer servicios a nivel de ISP ya que provee Calidad de Servicio borde a borde, con lo cual los administradores de red no necesitan ocuparse de los extremos de la red. Por tal motivo se recomienda aplicar Diffserv puesto que soporta la diferenciación y aseguramiento respecto a latencia, jitter y pérdida de paquetes dentro de la misma red y para diferentes tipos de servicios o variedades de tráfico, cada paquete lleva información de QoS y recibe cierta política en el tratamiento de cada salto. Además es más fácil de implementar que IntServ.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAPÍTULO 1

- [1] JARAMILLO Juan Francisco, Gerente Propietario. “Presentación Empresa Gigowireless Cía. Ltda.”
- [2] Mis Respuestas. “Que es un ISP?” <http://www.misrespuestas.com/que-es-un-isp.html/>
- [3] “¿Qué es ISP o IAP?” <http://www.masadelante.com/faqs/isp>
- [4] Lcda. Daniela Morles. Ing. Melissa Hernández. Maracaibo, 2009. “MODELOS DE NEGOCIOS POR INTERNET (ISP)” <http://www.slideshare.net/mercadeo1983/isp-presentation#stats-bottom>
- [5] “Como funciona un ISP” [http:// autogestion.ciudad.com.ar/ ciudad/descargas/ Manuales/ Manual Funcionamiento ISP.pdf](http://autogestion.ciudad.com.ar/ciudad/descargas/Manuales/Manual_Funcionamiento_ISP.pdf)
- [6] “Seguridad para Proveedores de Servicios ISP” [http://telcom2006.fing.edu.uy/ conferencias/Seguridad_en_un_ISP.pdf](http://telcom2006.fing.edu.uy/conferencias/Seguridad_en_un_ISP.pdf)
- [7] “Seguridad en un Proveedor de Servicios de Internet” [http://capacitel.ice.go.cr/ CharlasICE/Seguridad%20ISP.pdf](http://capacitel.ice.go.cr/CharlasICE/Seguridad%20ISP.pdf)
- [8] “Calidad de Servicio en redes (QoS)” [http://dis.eafit.edu.co/cursos/st780/ material/bdigital/articulos/2003/QoS.pdf](http://dis.eafit.edu.co/cursos/st780/material/bdigital/articulos/2003/QoS.pdf)
- [9] “QOS y proveedores de servicios de Internet” http://www.myspeed.com/support/qos_matters.html
- [10] “Calidad de Servicio QoS – Clasificación” <http://qos.iespana.es/capitulo2.htm>
- [11] CANTERO Francisco, “Calidad de Servicio QoS y de funcionamiento de red (NP)” www.itu.int/itudoc/itu-t/workshop/standard/3-02_pp7-es.ppt
- [12] “Calidad de Servicio QoS” http://www2.ing.puc.cl/~iee3542/amplif_4.ppt
- [13] “Plan parcial de ordenamiento territorial y desarrollo de las parroquias de Cumbayá y Tumbaco” http://www.corpaq.com/docs/fases_2-3/a_ordenamiento_territorial/Informe_Fase2.pdf[14] “Valle de Tumbaco” <http://www.quito.gov.ec/lotaip/INFORME%202007-09-AD.%20ZONA%20VALLE%20DE%20TUMBACO.pdf>

- [15] Estadísticas de Acceso a Internet Marzo 2009
http://www.supertel.gov.ec/pdf/estadisticas/acceso_internet.pdf
- [16] Ing. ESTRELLA Santiago, "Datos de Acceso a Internet y Costos Referenciales 2009" CNT - Corporación Nacional de Telecomunicaciones.
- [17] GARCIA, Galo; ALVEAR, Christian, "Diseño de un Backbone inalámbrico utilizando tecnología WiMAX para la integración de puntos de acceso WiFi de diferentes proveedores en el Distrito Metropolitano de Quito y propuesta para ofrecer multiservicios", Director: Ing. Patricio Ortega, EPN. Quito, Ecuador - Noviembre, 2006.
- [18] ANDONI Pérez de Lema Sáenz de Viguera "Infraestructura de un ISP"
<http://greco.dit.upm.es/~david/TAR/trabajos2002/10-Infraestructura-ISP-Andoni-Perez-res.pdf>
- [19] TELCONET, "Servicios para Carriers e ISP"
<http://www.telconet.net/espanol/productos/carriers.php>
- [20] VILLECRES, Grace, "Análisis y diseño de un sistema de acceso inalámbrico fijo de banda ancha para brindar servicio portador a los sectores de San Rafael, Sangolquí y Conocoto para Andinatel", Director: Ing. Fernando Flores EPN, Quito, Ecuador, Noviembre, 2006.
- [21] AEPROVI, (Asociación de Empresas Proveedoras de Servicios de Internet, Valor Agregado, Portadores y Tecnologías de la información). "NAP.EC"
http://www.aeprovi.org.ec/index.php?option=com_content&task=blogcategory&id=5&Itemid=85
- [22] CISCO SYSTEM, CCNA, Modulo 4. "Curriculum.Netacad.Net" "Modelo de Diseño Jerárquico" <http://cisco.netacad.net/cnams/dispatch>
- [23] WiFi HOTSPOT, "Sistema del Hotspot"
http://www.hotspotsystem.com/es/hotspot/inicia_su_propio_wi_fi_hotspot.html
- [24] FREE – HOTSPOT "Usando Hotspots gratuitos" http://www.free-hotspot.com/spanish/es_use_common.htm
- [25] EXCOM Free Technologies - "Radioenlaces (Enlaces Inalámbricos)"
<http://www.i-excom.com/radio-enlaces-inalambricos/>

- [26] REDES INALAMBRICAS “Radioenlaces”
<http://www.itcom.com/redesinalambricas.htm>
- [27] Dr. KLAUS Romanek, PSIBER Krailling, “Diseño y Planificación Profesional de Redes Inalámbricas” <http://www.cypsela.es/especiales/pdf234/molher.pdf>
- [28] CORRAL Pablo, Teoría de la Señal y Comunicaciones, Universidad Miguel Hernández, “Diseño e Implementación de una Red Inalámbrica basada en el Estándar 802.11”, http://w3.iec.csic.es/URSI/articulos_modernos/articulos_gandia_2005/articulos/NC2/260.pdf
- [29] CAICEDO María; YANEZ, Hernando, “Planificación de un Proveedor de Servicios de Internet y Diseño de su Sistema de Seguridad”, EPN, Quito, Ecuador.
- [30] EXCOM Free Technologies – “Soluciones Inalámbricas para Internet Rural”.
<http://www.i-excom.com/wimax-rural/#permiten-internet-rural>
- [31] UNGER Jack, “Best practices for planning and deployment of broadband WWANs”. Deploying License-Free Wireless Wide-Area Networks, CISCO SYSTEMS, Cap. 2, Páginas 19 – 30.
- [32] AZIMA DLI, “Atenuación”. <http://www.azimainc.com/vibman-spanish/atenuacin1.htm>
- [33] ASTROMÍA, Astronomía Educativa. Tierra, Sistema Solar, Galaxias y Universo “Refracción”. <http://www.astromia.com/glosario/refraccion.htm>
- [34] GONZÁLES José Manuel, Instituto Tecnológico de La Paz, “Tipos de Ruido”.
http://sistemas.itlp.edu.mx/tutoriales/telepro/t1_31.htm
- [35] Ph.D. BERNAL Iván, COMUNICACIONES INALÁMBRICAS, Revisión de Conceptos Básicos de Antenas y Propagación, “Ruido – Categorías”
- [36] SARMIENTO Aldrich, ASTERION, “Las Zonas Fresnel y el alcance de los equipos de radio frecuencia”. <http://asterion.almadark.com/2008/11/30/las-zonas-fresnel-y-el-alcance-de-los-equipos-de-radio-frecuencia/>

- [37] DE LA NUEZ Víctor, "Zonas de Fresnel".
http://www.wificanarias.com/web/index.php?view=article&catid=7%3Apreguntas-frecuentes&id=28%3Azona-de-fresnel&tmpl=componet&print=1&page=&option=com_content
- [38] ADSL-FAQS, Historia y Actualidad del WiFi o Wi-Fi, "Free WiFi Spot".
<http://www.adslfaqs.com.ar/historia-y-actualidad-del-wifi-o-wi-fi/>
- [39] ITESPRESSO.ES, Las Nuevas Tecnologías al instante, "WiFi, una mirada a la historia". <http://www.itespresso.es/es/report/2008/03/19/20080319012>
- [40] KIOSKEA.NET, Introducción a WiFi, La especificación IEEE 802.11 (ISO/IEC 8802-11), un estándar internacional que define las características de una red de área local inalámbrica, "Los distintos estándares WiFi".
<http://es.kioskea.net/contents/wifi/wifiintro.php3>
- [41] LEHEMBRE Guillaume, Seguridad WiFi, "WEP, WPA y WPA2".
http://www.hsc.fr/ressources/articles/hakin9_wifi/hakin9_wifi_ES.pdf
- [42] ÁLVAREZ Marañón Gonzalo, PÉREZ García Pedro, (CSIC), Seguridad en redes inalámbricas WiFi, "Seguridad en WiFi con WEP".
<http://www.iec.csic.es/gonzalo/descargas/SeguridadWiFi.pdf>
- [43] SOLUCIONES & TECNOLOGÍA, Diferencia entre WEP y WPA, "WPA (WiFi Protected Access)". <http://www.tecnologiahechapalabra.com/datos/soluciones/implementacion/articulo.asp?i=900>
- [44] KIOSKEA.NET, Modos de funcionamiento Wifi (802.11 o WiFi), "Modo Ad-Hoc", "Modo Infraestructura o Modo Managed".
<http://es.kioskea.net/contents/wifi/wifimodes.php3>
- [45] DE LA NUEZ Víctor, Introducción a WiFi, "Antenas y otros conceptos".
<http://ael.110mb.com/informatica/IntroWIFI.doc>
- [46] Universidad YACAMBÚ, Redes Inalámbricas, "Bases teóricas para redes inalámbricas". Venezuela -2009. http://es.geocities.com/bati144/fase3/pg/especialidad_files/principal_parte2.htm

- [47] Universidad Técnica Estatal de Quevedo - Facultad de Ciencias Empresariales - Escuela de informática, "Interoperabilidad Mundial Para Acceso Por Microondas (Wimax)"
<http://www.uteq.edu.ec/facultades/empresariales/informatica/tutoriales/temasactuales2007/wimax.doc>
- [48] BLOG – WIMAX, ¿Qué es WiMax?, "Antecedentes WiMax".
<http://blogwimax.com/que-es-wimax/>
- [49] Broadband Wireless Access – WiMAX, "La evolución de WiMAX en tres fases".
http://www.siemens.com.co/siemensdotnetclient_andina/templates/PortalRender.aspx?channel=905
- [50] INTERWIFI S.A. SISTEMAS INALÁMBRICOS, "Estándar WiMAX", Estándar de comunicaciones, impulsado por 67 compañías de tecnología, permite transmitir información a una velocidad de 75 (Mbps) y tiene un alcance de 50 km. http://www.laserwifi.com/wimax_estandar.htm
- [51] ADSL-FAQS, Ayuda, Noticias y más..."Estándar y Descripción de Normas Wimax". <http://www.adslfaqs.com.ar/caracteristicas-normas-y-estandares-de-wimax/>
- [52] REDES- PROTOCOLOS Y ESTÁNDARES, "Características de WiMAX".
<http://www.mailxmail.com/curso-redes-estandares-3/caracteristicas-wimax>
- [53] WIMAX, CARACTERÍSTICAS DE WIMAX, "Características Principales".
<http://wimaxtech.galeon.com/#Características%20de%20WIMAX>
- [54] INTEL "El WiMAX Forum - Próxima Generación de Redes WiMAX en 2010"
<http://www.intel.com/espanol/pressroom/releases/2009/0211c.htm>
- [55] WIMAX FORUM, "WiMAX Forum Overview".
<http://www.wimaxforum.org/about/wimax-forum-overview>
- [56] WiMAX, "Redes WiMAX".
https://www.ibercom.com/soporte/index.php?_m=knowledgebase&_a=printable&kbarticleid=1157

- [57] FORADO Raymond, Country Manager de Alvarion Iberia, SEGURIDAD EN REDES WIMAX, “Especial seguridad en entornos inalámbricos”.
<http://spainpartners.alvarion.com/upload/images/at010706RedSegurEntrevistaWimaxRaymondForado.pdf>
- [58] TRIPLE DES ENCRYPTION, “The Data Encryption Standard (DES)”.
<http://www.tropsoft.com/strongenc/des3.htm>
- [59] Federal Information, Processing Standards Publication 46-3, “ANNOUNCING THE 3 DATA ENCRYPTION STANDARD (DES)”.
<http://csrc.nist.gov/publications/fips/fips46-3/fips46-3.pdf>
- [60] ANGEL José de Jesús, Advanced Encryption Standard, “AES Estándar de Cifrado Simétrico”.
http://computacion.cs.cinvestav.mx/~jjangel/aes/AES_v2005_jjaa.pdf
- [61] Federal Information, Processing Standards Publication 197, “ANNOUNCING THE ADVANCED ENCRYPTION STANDARD (AES)”.
<http://csrc.nist.gov/publications/fips/fips197/fips-197.pdf>
- [62] ELECTRÓNICA FÁCIL, “MODULACIÓN DIGITAL: FSK – PSK – QAM”.
<http://www.electronicafacil.net/tutoriales/MODULACION-DIGITAL-FSK-PSK-QAM.html>
- [63] KIOSKEA NET, Técnicas de Transmisión de Datos en Redes Inalámbricas. “Técnicas de modulación – CCK”.
<http://es.kioskea.net/contents/wifi/wifitech.php3>
- [64] COVERING NEXT GENERATION COMPUTING AND COMMUNICATIONS TECHNOLOGIES, “OFDM Tutorial”.
<http://www.wave-report.com/tutorials/OFDM.htm>
- [65] SHAZZAD khaja Mohammad, Orthogonal Frequency Division Multiple Access “OFDMA”. <http://web2.uwindsor.ca/courses/engineering/ktepe/gwireless/projects/OFDMA.ppt>

- [66] Dr. MOHAMMED Mikki, Theoretical Research about: Wimax & QoS.
http://www.friends-partners.org/glosas/Global_University/Global%20University%20System/Southwest%20Asia/Palestine_Gaza%20Strip_&_West%20Bank/Infraestructure/WiMAX_FINAL_REPORT_Dr%5B1%5D_Harazeen%20copy.pdf
- [67] DELFINO Adrián, RIVERO Sebastián. Evaluación de Performance en Redes de Telecomunicaciones, “Diffserv: Servicios Diferenciados”.
http://iie.fing.edu.uy/ense/assign/perfredes/trabajos/trabajos_2003/diffserv/Trabajo%20Final.pdf

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAPÍTULO 2

- [1] RED INALÁMBRICA 2.0 Redes Inalámbricas WiFi, “Espectro sin Licencia”
<http://www.red-inalambrica.net/curso-redes-inalambricas-wi-fi/espectro-sin-licencia>
- [2] ANÁLISIS DE LA POSIBILIDAD DE UTILIZAR TECNOLOGÍA WiMAX COMO ÚLTIMA MILLA EN EL DISEÑO DE LA RED WAN, “Características de WiMAX” Capítulo 3. <http://bieec.epn.edu.ec:8180/dspace/bitstream/123456789/881/3/T10184CAP3.pdf>
- [3] DE LA NUEZ Víctor, Introducción a WiFi, “Acceso al medio y otros conceptos”.
<http://ael.110mb.com/informatica/IntroWIFI.doc>
- [4] CITSEER X BETA, Dynamic TDMA-Based (2006), “TDMA Dinámico”
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.61.1134>
- [5] APERTO NETWORKS, THE STANDARD EVOLUTION, “IEEE 802.16 Define el Acceso al Medio de WiMAX con TDMA DINÁMICO”.
www.citel.oas.org/sp/ccp2-radio/seminario/P2!R-0306p1_e.ppt
- [6] IESPAÑA, Universidad Francisco Marroquín, “Modulación”.
<http://elsitiodetelecomunicaciones.iespana.es/modulacion.htm>

- [7] KIOSKEA NET, Técnicas de Transmisión de Datos en Redes Inalámbricas. “Técnicas de modulación – CCK”
<http://es.kioskea.net/contents/wifi/wifitech.php3>
- [8] ELECTRÓNICA FÁCIL, “MODULACIÓN DIGITAL: FSK – PSK – QAM”.
<http://www.electronicafacil.net/tutoriales/MODULACION-DIGITAL-FSK-PSK-QAM.html>
- [9] CITRIX, Networking Definitions. “Definition: Direct Sequence Spread Spectrum”.
http://searchnetworking.techtarget.com/sDefinition/0,,sid7_gci525721,00.html
- [10] KIOSKEA NET, Técnicas de Transmisión de Datos en redes inalámbricas WiFi. “Tecnologías de transmisión”.
<http://es.kioskea.net/contents/wifi/wifitech.php3>
- [11] PC WORLD. WiFi y WiMax: mejorando lo presente. “Técnicas de transmisión”.
<http://www.idg.es/pcworldtech/WiFi-y-WiMax:-mejorando-lo-presente-/art193278-comunicaciones.htm>
- [12] SÁNCHEZ Félix; ROBRES Jonathan; “REDES INALÁMBRICAS”
<http://mermaja.act.uji.es/docencia/is23/data/trabajos08/RedesInalambricas.ppt#256,1,REDES INALAMBRICAS>
- [13] CONNIQ.COM. “Duplexing Scheme in WiMAX: TDD or FDD”
<http://www.conniq.com/WiMAX/tdd-fdd.htm>
- [14] PRADO, Cumbrado Pablo. CAIXANOVA. “Características de WiMAX”.
<http://hardz.files.wordpress.com/2007/10/trabajo-wimax.doc>
- [15] LEHEMBRE Guillaume, Seguridad WiFi, “WEP, WPA y WPA2”.
http://www.hsc.fr/ressources/articles/hakin9_wifi/hakin9_wifi_ES.pdf
- [16] ÁLVAREZ Marañón Gonzalo, PÉREZ García Pedro, (CSIC), Seguridad en redes inalámbricas WiFi, “Seguridad en WiFi con WEP”.
<http://www.iec.csic.es/gonzalo/descargas/SeguridadWiFi.pdf>

- [17] FORADO Raymond, Country Manager de Alvarion Iberia, SEGURIDAD EN REDES WIMAX, “Especial seguridad en entornos inalámbricos”.
<http://spainpartners.alvarion.com/upload/images/at010706RedSegurEntrevistaWimaxRaymondForado.pdf>
- [18] TECH-WORLD, “Wi-Fi QoS is finally appearing” By Tim Greene, Network World. <http://features.techworld.com/mobile-wireless/1369/wi-fi-qos-is-finally-appearing/>
- [19] Dr. MOHAMMED Mikki, Theoretical Research about: Wimax & QoS.
http://www.friends-partners.org/glosas/Global_University/Global%20University%20System/Southwest%20Asia/Palestine_Gaza%20Strip_&_West%20Bank/Infraestructure/WiMAX_FINAL_REPORT_Dr%5B1%5D_Harazeen%20copy.pdf
- [20] DELFINO Adrián, RIVERO Sebastián. Evaluación de Performance en Redes de Telecomunicaciones, “Diffserv: Servicios Diferenciados”.
http://iie.fing.edu.uy/ense/asign/perfredes/trabajos/trabajos_2003/diffserv/Trabajo%20Final.pdf
- [21] CÁRDENAS Juan Manuel, Ingeniería en Telecomunicaciones, Universidad Cristóbal Colón. WiMAX: COMUNICACIÓN OMNIPRESENTE
<http://hosting.udlap.mx/profesores/miguela.mendez/alephzero/archivo/historico/az46/wimax.htm>
- [22] EL CONSEJO NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES – CONATEL - RESOLUCION 417-15-CONATEL-2005. (Anexo 2).
http://www.conatel.gov.ec/site_conatel/index.php?view=article&catid=131%3Aresoluciones-2005&id=253%3Aresoluciones-octubre-diciembre-2005&option=com_content&Itemid=201
- [23] NETKROM Technologies. ¿CÓMO SER UN PROVEEDOR DE SERVICIO DE INTERNET INALÁMBRICO (WISP)? <http://guia.mercadolibre.com.ve/ser-un-proveedor-servicio-internet-inalambrico-wisp-41815-VGP>
- [24] WIMAX.COM 4G Wireless Broadband Solutions – What is IEEE 802.16d? Estándar 802.16d, o conocido también como 802.16-2004.
<http://www.wimax.com/wimax-technologies-standards/what-is-ieee-80216d>

- [25] Ing. QUINAPALLO Juan Pablo, “Datos Técnicos referenciales para implementaciones de Redes y Equipos WiMAX 2009” Gerencia de Operaciones. CNT - Corporación Nacional de Telecomunicaciones
- [26] JAVVIN, Network Management & Security. Wireless Technology. UGS, rtPS, nrtPS, BE. <http://www.javvin.com/wireless/UGS.html>
- [27] ELECTRÓNICA 2000, Propagación de las Ondas Electromagnéticas. http://www.electronica2000.net/curso_elec/leccion31.htm
- [28] UNIVERSIDAD ESTATAL DE QUEVEDO. Propagación por Línea de Vista. <http://www.uteg.edu.ec/facultades/empresariales/informatica/tutoriales/siscomunicacionesii2004/consultas/radioenlace.pdf>
- [29] BUETTRICH Sebastian. Cálculo de Radio-Enlace, Pérdidas en el Espacio Libre. http://www.eslared.org.ve/tricalcar/06_es_calculo-de-radioenlace_guia_v01%5B1%5D.pdf
- [30] GOOGLE-EARTH. Datos tomados de Google-Earth de Distancias y Alturas requeridas para los cálculos necesarios para el Enlace.
- [31] SEGURIDAD WIRELESS, Calcular el alcance máximo de una conexión inalámbrica (wireless), “Pérdidas y Ganancias de Antenas”. <http://hwagm.elhacker.net/calculo/calcularalcance.htm>
<http://www.paramowifix.net/antenas/calculoenlacewlan.html>
- [32] ATLAS MULTIMEDIA DEL ECUADOR, CD interactivo. Derechos Reservados “Instituto Geográfico Militar – Ecuador.
- [33] ZONAS DE FRESNEL – ALTURA EFECTIVA – CÁLCULO DE CELDAS. “Cálculo de alturas efectivas para antenas”. <http://toip.uchile.cl/mediawiki/upload/6/65/AnexoJKL-Marcomun.pdf>
- [34] SIMULADOR DE RADIOENLACES – EMPRESA GIGOWIRELESS (propietario)

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAPÍTULO 3

- [1] COMO FUNCIONA UN ISP. Propagación por Línea de Vista.
http://autogestion.ciudad.com.ar/ciudad/descargas/manuales/Manual_Funcionamiento_ISP.pdf
- [2] PÉREZ DE LEMA Andoni. INFRAESTRUCTURA DE UN ISP “Centro de Proceso de Datos”. <http://greco.dit.upm.es/~david/TAR/trabajos2002/10-Infraestructura-ISP-Andoni-Perez-res.pdf>
- [3] Ing. QUINAPALLO Juan Pablo, “Datos Técnicos referenciales para implementaciones de Redes y Equipos WiMAX 2009” Gerencia de Operaciones. CNT - Corporación Nacional de Telecomunicaciones.
- [4] ACCESS-CI. “The ISP Database”.
<http://accessci.hartehanksmi.com/Pages/Home/DatabaseDescription/ISP.html>
- [5] SERVIDORES WEB, DNS, FTP, POP3 y SMTP.
<http://www.sorgonet.com/collaborations/servidor-ies/>
- [6] MIS RESPUESTAS. “¿Qué es un Servidor Web?”
<http://www.misrespuestas.com/que-es-un-servidor-web.html>
- [7] E-HOW. How To Do Just About Everything. “Cómo funciona un Servidor de Chat?” http://www.ehow.com/video_4986469_chat-work.html
- [8] Tu Web de Informática y Tecnología. “Servidores DNS”
<http://www.ccm.itesm.mx/dinf/redes/sdns.html>
- [9] TECNOLÓGICO DE MONTERREY. “Servidor DNS”
<http://www.configurarequipos.com/doc954.html>
- [10] SEGU•INFO SEGURIDAD DE LA INFORMACIÓN. “Firewall/Cortafuegos”.
<http://www.segu-info.com.ar/firewall/firewall.htm>

- [11] MAESTROS DEL WEB. FIREWALLS – “Información general sobre el funcionamiento e incorporación de Firewalls, Routers y Proxys”.
<http://www.maestrosdelweb.com/editorial/fire/>
- [12] KIOSKEA, Equipos de RED – ROUTER, Dispositivos de interconexión de redes informáticas. <http://es.kioskea.net/contents/lan/routeurs.php3>
- [13] KIOSKEA, Equipos de RED – SWITCH, Dispositivo activo que trabaja a nivel de capa 2 en modelo OSI que funciona como puente de interconexión de red.
<http://es.kioskea.net/contents/lan/commutateurs.php3>
- [14] EDUCACIÓN OBSERVATORIO TECNOLÓGICO, SQUID: Servidor Proxy Caché, funciona como proxy de la red y también como zona caché para almacenar páginas web, entre otros.
<http://observatorio.cnice.mec.es/modules.php?op=modload&name=News&file=article&sid=589>
- [15] AIRSPAN, Welcome to Airspan - World leaders in WiMAX: Airspan's WiMAX Deployments Around the World.
http://www.airspan.com/pdfs/WiMAX_Brochure_Rev_H.pdf
- [16] DOCSTOC, ADVANCED ISP BILLING: Software de Tarifación para Proveedores de Servicio de Internet.
<http://www.docstoc.com/docs/17206825/Advanced-ISP-Billing>
- [17] BILLING SOLUTIONS, “Es un sistema diseñado para ayudar a los ISP a administrar las relaciones de facturación y tarifación con sus usuarios”.
http://www.advancedispbilling.com/help/AVB_Help.htm
- [18] “Calidad de Servicio en redes (QoS)” <http://dis.eafit.edu.co/cursos/st780/material/bdigital/articulos/2003/QoS.pdf>
- [19] “QOS y proveedores de servicios de Internet”
http://www.myspeed.com/support/qos_matters.html
- [20] Ing. MONCAYO Karla, “Acceso a Internet y Aseguramiento de Servicio de Datos e Internet 2009” CNT - Corporación Nacional de Telecomunicaciones.

- [21] SEGURIDAD WIRELESS, Calcular el alcance máximo de una conexión inalámbrica (wireless), “Pérdidas y Ganancias de Antenas”.
<http://hwagm.elhacker.net/calculo/calcularalcance.htm>
- [22] PLANIFICACIÓN DE RADIOENLACES, CÁLCULO DEL ENLACE, “Las Pérdidas”. <http://sig.utpl.edu.ec/sigutpl/staftpro/sig/radioenlace.PDF>
- [23] GOOGLE-EARTH. Datos tomados de Google-Earth de Distancias y Alturas requeridas para los cálculos necesarios para el Enlace.
- [24] Datos de Posicionamiento Global realizados desde un GPS provisto por la empresa GigoWireless.
- [25] SCRIBD WEB. “Cálculo y Dimensionamiento de Radioenlaces”
<http://www.scribd.com/doc/12785791/Calculo-y-Dimensionamiento-de-Radioenlaces>
- [26] SIMULADOR DE RADIOENLACES – EMPRESA GIGOWIRELESS (propietario)
- [27] FORADO Raymond, Country Manager de Alvarion Iberia, SEGURIDAD EN REDES WIMAX, “Especial seguridad en entornos inalámbricos”.
<http://spainpartners.alvarion.com/upload/images/at010706RedSegurEntrevistaWimaxRaymondForado.pdf>

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAPÍTULO 4

- [1] Ing. QUINAPALLO Juan Pablo, “Datos Técnicos referenciales para implementaciones de Redes y Equipos WiMAX 2009” Gerencia de Operaciones. CNT - Corporación Nacional de Telecomunicaciones.

- [2] DISEÑO DE UN PROVEEDOR DE SERVICIO DE INTERNET
http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/5614/8/ISP_Capitulo4.doc%20dise%C3%B1o%20final%20para%20un%20isp
- [3] Costo de equipo Ruteador CISCO 3825
<http://www.twenga.es/precios-3825-Integrated-Services-Router-CISCO-Router-39375-0>
- [4] Costo de equipo Ruteador CISCO 3825
http://www.mercadoactual.es/mactual/COMUNICACIONES_CISCO_3825_INTEGRATED_SERVICES_ROUTER_CISCO3825_121208_mactual.html
- [5] Costo de equipo Ruteador 3COM 5232
<http://www.twenga.es/precios-Router-5232-3COM-Router-36557-0>
- [6] Costo de equipo Ruteador 3COM 5232
http://www.ciao.es/3Com_Router_5232_626697
- [7] Costo de equipo Ruteador D-Link DI-3660
<http://www.dlinkla.com/home/productos/producto.jsp?idp=258>
- [8] Costo de equipo Ruteador D-Link DI-3660
<http://www.tiendadecomputadores.com/d-link-world-wide-offices-colombia/di-3660-corporate-modular-multi-service-access-router-6-open-slots-router-central-multiservicio-.html>
- [9] Costo de equipo Conmutador CISCO Catalyst 3750-24TS-S
<http://www.shopmania.es/compras~online-switches~compra-cisco-catalyst-3750-24ts-s~p-5086683.html>
- [10] Costo de equipo Conmutador 3COM 4500G 24
http://latam.preciomania.com/search_attrib.php/vendorIds%5B%5D=1497/pag e_id=17/site_version=es/st=page/page=2/start=24
- [11] Costo de equipo Conmutador 3COM 4500G 24
http://www.ciao.es/3Com_Switch_4500G_24_755609

- [12] Costo de equipo Conmutador D-Link DES 3326 SR
http://www.networkworld.es/DES-3326_Conmutacion-de-Nivel-3-con-soporte-de-calidad-de-se/seccion-Banco%20de%20pruebas/articulo-134366
- [13] Costo de equipo Firewall CISCO ASA 5540
<http://www.amazon.com/Cisco-ASA-5540-Appliance-ASA5540-BUN-K9/dp/B0009PZYS4>
- [14] Costo de equipo Firewall CISCO ASA 5540
<http://es.hardware.com/firewalls/cisco-asa5540-5550/>
- [15] Costo de equipo Firewall FORTIGATE FGT-800
<http://www.firewallshop.com/detail.aspx?ID=23>
- [16] Costo de equipo Firewall SonicWALL PRO 4100
<http://www.shopping.com/xPO-SonicWALL-SONICWALL-PRO-4100>
- [17] Costo de equipo Firewall SonicWALL PRO 4100
<http://www.scmagazineus.com/sonicwall-pro-4100/review/1129/>
- [18] Costo de equipo Servidor HP Proliant DL380 G5
http://www.ciao.es/HP_Proliant_DL380_G5_418315_421_XEON_5_738575
- [19] Costo de equipo Servidor HP Proliant DL380 G5
<http://h10010.www1.hp.com/wwpc/us/en/sm/WF04a/15351-15351-3328412-241644-241475.html>
- [20] Equipo IBM System X3650
<http://www.ibm.com/ec/systems/x/rack/x3650/index.phtml>
- [21] Costo de equipo Servidor IBM System X3650
http://www.ciao.es/IBM_System_X3650_XEON_QUAD_E5335_600GB_2000_Mhz_1209510
- [22] Costo de equipo Servidor DELL PowerEdge 2950
<http://www.ciao.es/sr/q-servidor+dell+poweredge+2950>

- [23] Equipos Estaciones Base micro-WiMAX, AIRSPAN
http://www.bnamericas.com/news/telecomunicaciones/Airspan_lanza_estacion_base_micro_WiMax_para_bandas_sin_licencia
- [24] Equipos Estaciones Base micro-WiMAX, AIRSPAN
http://www.airspan.com/products_wimax_micromax.aspx
- [25] Equipo para Estaciones Base WiMAX NOKIA
<http://noticias.aecomo.org/arquitectura/wimax/nokia-marca-un-hito-wimax-con-la-estacion-base-nokia-flexi-wimax/>
- [26] Equipo para Estaciones Base Flexi-WiMAX NOKIA
<http://www.letsgomobile.org/en/0548/nokiawimax/>
- [26] Estaciones Base Flexi-WiMAX NOKIA-SIEMENS
http://w3.nokiasiemensnetworks.com/es/Portfolio/Products/Radio-access/Flexi_BTS.htm?languagecode=es
- [27] Equipos Estaciones Base BREEZEMAX - ALVARION
<http://www.alvarion.com/index.php/en/products/breezemax>
- [28] Equipos Estaciones Base PacketMAX APERTO
http://www.apertonet.com/docs/PacketMAX3000_prodbrief.pdf
- [29] Equipos Estaciones Base para WiMAX, CISCO Systems.
<http://www.noticias-tecnologia.com.ar/negocios/cisco-se-despide-oficialmente-de-la-tecnologia-wimax/>
- [30] Costos de Equipos para estaciones Base WiMAX
<http://www.currentanalysis.com/h/2006/Nokia-WiMAX-23553.asp>
- [31] Costos de Equipos para estaciones Base WiMAX
<http://biee.epn.edu.ec:8180/dspace/bitstream/123456789/930/.../T10693CAP4.pdf>
- [32] Equipos para estaciones Base WiMAX - PacketMAX 3000 - Aperto
<http://www.selestanet.com/aperto.html>
- [33] Costos de Equipos para estaciones Base WiMAX
<http://www.wimax-industry.com/dv/wimaxbasestationinstallation.htm>

ANEXOS

ANEXO 1

<http://www.rsm.govt.nz/cms/policy-and-planning/spectrum-auctions/2-3-2-5-ghz-auction/2-3-ghz-and-2-5-ghz-auction-submissions-received/wimax-forum?searchterm=>

ANEXO 2

http://www.conatel.gov.ec/site_conatel/index.php?view=article&catid=131%3Aresoluciones-2005&id=253%3Aresoluciones-octubre-diciembre-2005&option=com_content&Itemid=201

ANEXO 3

<http://www.idg.es/pcworld/estructura/VersionImprimir.asp?idArticulo=168743>

ANEXO 4

http://iie.fing.edu.uy/ense/assign/perfredes/trabajos/trabajos_2003/diffserv/Trabajo%20Final.pdf

ANEXO 5

http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/routers/ps5854/product_data_sheet0900aecd80581fe6.pdf



ANEXO 1



ANEXO 2



ANEXO 3



ANEXO 4



ANEXO 5