



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE
COMUNICACIÓN

DISEÑO DE UNA RED WIFI PARA PROVEER SERVICIO DE INTERNET
INALÁMBRICO EN LA ZONA URBANA NORTE DEL CANTÓN
CAYAMBE

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN

AUTOR: JUAN CARLOS CACUANGO TANDAYAMO

DIRECTOR: ING. JAIME MICHILENA

IBARRA 2016.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

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

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

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

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

DATOS DEL CONTACTO	
Cédula de Identidad:	100367014-6
Apellidos y Nombres:	Cacuango Tandayamo Juan Carlos
Dirección:	Cayambe, 23 de Julio y Rocafuerte
Email:	juanca_ct@yahoo.com
Teléfono Móvil:	0992271487
DATOS DE LA OBRA	
Título:	“DISEÑO DE UNA RED WIFI PARA PROVEER SERVICIO DE INTERNET INALÁMBRICO EN LA ZONA URBANA NORTE DEL CANTÓN CAYAMBE”
Autor:	Cacuango Tandayamo Juan Carlos
Fecha:	diciembre 2016
Título por el que se aspira:	Ingeniería en Electrónica en Electrónica y Redes de Comunicación
Director:	Ing. Jaime Michilena

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo Juan Carlos Cacuango Tandayamo, con cédula de identidad Nro. 100367014-6, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en forma digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la biblioteca de la universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior, artículo 144.

3. CONSTANCIAS

Yo, JUAN CARLOS CACUANGO TANDAYAMO, manifiesto que la obra objeto de la presente autorización es original y se desarrolló sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que soy el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asumo la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, diciembre 2016

EL AUTOR



Juan Carlos Cacuango Tandayamo
C.I.: 1003670146



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

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

Yo, Cacuango Tandayamo Juan Carlos, con cédula de identidad Nro. 100367014-6, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículo 4, 5 y 6 en calidad del autor del trabajo de grado denominado: “DISEÑO DE UNA RED WIFI PARA PROVEER SERVICIO DE INTERNET INALÁMBRICO EN LA ZONA URBANA NORTE DEL CANTÓN CAYAMBE”, que ha sido desarrollado para optar por el título de: INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN, en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, diciembre 2016

EL AUTOR

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Juan Carlos Cacuango Tandayamo', is written over a horizontal dashed line.

Juan Carlos Cacuango Tandayamo
C.I.: 1003670146



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN DEL ASESOR

INGENIERO JAIME MICHILENA, DIRECTOR DEL PRESENTE TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA.

Que el presente trabajo de Titulación “DISEÑO DE UNA RED WIFI PARA PROVEER SERVICIO DE INTERNET INALÁMBRICO EN LA ZONA URBANA NORTE DEL CANTÓN CAYAMBE” Ha sido desarrollado por el señor Cacuango Tandayamo Juan Carlos bajo mi supervisión.

Es todo en cuanto puedo certificar en honor a la verdad.



.....

Ing. Jaime Michilena

100219843-8

DIRECTOR



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTA DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

DECLARACIÓN

Yo, Juan Carlos Cacuango Tandayamo, declaro bajo juramento que el trabajo aquí escrito 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 declaro cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a ese trabajo, a la Universidad Técnica del Norte – Ibarra, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

El Autor

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'J. C. Cacuango', is written over a horizontal dotted line.

Juan Carlos Cacuango Tandayamo

C.I.: 1003670146

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la perseverancia y sabiduría, para poder hacer realidad una de mis metas.

A mi madre, un ejemplo de lucha que con mucho cariño supo darme fuerzas y motivarme a seguir adelante por este sueño.

A mi padre, quien sembró en mí las bases de un buen ser humano y que hoy me mira desde el cielo.

A mis hermanos que siempre supieron apoyarme y darme una mano cuando más lo necesite.

A mis docentes universitarios quienes supieron compartirme su conocimiento que hoy los plasmo a través de este proyecto

DEDICATORIA

A mí madre: Luisa Tandayamo, por su amor y confianza, ejemplo de lucha y perseverancia para sus hijos, todos estos años siempre estuvo ahí en los momentos más difíciles, supo darme una palabra de aliento en los momentos de debilidad, pero sobre todo y junto a mi padre supieron sembrar en mis valores de responsabilidad, trabajo duro, respeto que hoy me sirven para culminar este anhelo.

A ti Carolina Pulamarín, que con tu amor, confianza y paciencia supiste motivarme y darme tu apoyo en momentos de duda y debilidad.

A todos mis familiares que me extendieron su apoyo de forma desinteresada en todo momento y pueda culminar éste, uno de los objetivos de mi vida dentro del largo sendero que me queda por recorrer.

Juan Carlos Cacuango.

RESUMEN

El proyecto tiene como objetivo, realizar el diseño de una red inalámbrica basada en el estándar 802.11n para proveer el servicio de Internet a la población ubicada en los sectores urbano y rural al norte del cantón Cayambe de la provincia de Pichincha. Como política del Gobierno en el Plan Nacional para el Buen Vivir, el acceso a las tecnologías de la información entre ellas el Internet se considera como servicio básico para el desarrollo de la sociedad, y proyectos como el que se expone, contribuyen a la erradicación del analfabetismo digital en esta parte del país.

El desarrollo se inicia con la fundamentación teórica de los temas más relevantes relacionados al estándar 802.11n, redes inalámbricas, cálculo de radioenlaces y aspecto regulatorio necesario para brindar este tipo de servicios en el país. Realizar el estudio de mercado permitirá determinar parámetros de diseño de red.

El diseño de red está basado en un modelo de red jerárquico estructurado en tres capas: núcleo, distribución y acceso, identificando sus funciones, características y equipos que cumplan con las especificaciones dadas para el desempeño óptimo de la red. Adicionalmente se realiza el diseño de subsistemas que respalden el buen desempeño de la red inalámbrica como el subsistemas eléctrico para suministro continuo de energía eléctrica, subsistema de protección eléctrica que garantice la seguridad de equipos y personal ante descargas atmosféricas e irregularidades en las líneas de suministro de energía y el subsistema de infraestructura necesario para dar soporte a equipos inalámbricos de la red de acceso/backhaul de los que depende la cobertura en las zonas de interés. Finalmente se presentará análisis financiero que determine la viabilidad económica del proyecto para los inversionistas.

ABSTRACT

The project aims, the design of a wireless network based on the standard 802. 11n to provide Internet service to the population in the urban and rural sectors North of Cayambe in the province of Pichincha. As political of the Government in the Plan national for the good live, the access to the technologies of the information between them the Internet is considered as service Basic for the development of the society, and projects as which is exposes, contribute to the eradication of the illiteracy digital in this part of the country.

The development starts with the theoretical of them themes more relevant related to the standard 802. 11n, networks wireless, calculation of radio links and appearance regulatory necessary to provide this type of services in the country. Make the study of market allows determine parameters of design of network.

The design of this network based on hierarchical network model structured into three layers: core, distribution and access, identifying their functions, features and equipment that comply with the specifications given for the performance optimal of the network. Additionally, is performs the design of subsystems that support the good performance of the network wireless as the subsystems electric for supply continuous of energy electric, subsystem of protection electric that guarantees the security of teams and personal before downloads atmospheric e irregularities in them lines of supply of energy and the subsystem of infrastructure necessary for give support to equipment wireless of its network of access / backhaul of which depends on the coverage in them areas of interest. Finally, is present analysis financial that determine the viability economic of the project for the investors.

PRESENTACIÓN

El presente proyecto ha sido estructura en base a capítulos, siguiendo normas establecidas para la presentación de un trabajo de titulación, su contenido se detalla de la siguiente manera:

En el Capítulo I, se realiza una introducción del proyecto, planteando el tema, estableciendo objetivos, delimitando el alcance del proyecto y justificando su diseño en base al uso del estándar de aplicación. Este capítulo será la base de desarrollo del proyecto.

En el Capítulo II, se presenta toda fundamentación teórica referente a redes inalámbricas, estándar de aplicación, cálculos de radioenlaces y también se hace una revisión de la normativa regulatoria que implica prestar servicios de Internet dentro del Ecuador.

En el Capítulo III, se realiza el estudio de mercado que servirá como base del diseño de la red inalámbrica, conociendo la demanda existente por el servicio con proyección a un periodo de 5 años y además se hace un análisis FODA, de las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas que tiene una empresa nueva, al ofrecer el servicio en el mercado.

En el Capítulo IV, se plantea el diseño de la red inalámbrica proveedora de servicio en base a un modelo jerárquico estructurado en tres capas: núcleo, distribución y acceso. Adicionalmente se diseña los subsistemas infraestructura, de energía y protección eléctrica en base a recomendaciones dadas por estándares.

En el Capítulo V, se hace un análisis financiero del proyecto para un periodo de 5 años, analizando indicadores económicos que permitan determinar la viabilidad y rentabilidad de la ejecución del proyecto.

En el capítulo VI, se presentan las conclusiones obtenidas tras el desarrollo del diseño del proyecto, así como recomendaciones que mejorarían el desempeño de la red cuyo contenido está fuera del alcance de este documento.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES.....	1
1.1 PROBLEMA	1
1.2 OBJETIVOS.....	2
1.2.1 OBJETIVO GENERAL	2
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
1.3 ALCANCE	3
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	7

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	9
2.1 Redes Inalámbricas.....	9
2.1.1 Características de las redes inalámbricas	9
2.1.2 Tecnologías Inalámbricas.....	10
2.2 RADIOFRECUENCIA WLAN	12
2.3 IEEE 802.11.....	14
2.4 Modelo de Referencia 802.11.....	14
2.5 Capa Física (802.11 PHY).....	15
2.5.1 DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)	16
2.5.2 FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum)	16
2.5.3 OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing).....	17
2.5.4 Infrarrojos.....	17
2.5.5 Modulación.....	17
2.6 Capa de Enlace 802.11	22
2.6.2 Formato de la Trama 802.11	25
2.6.3 Servicios	27
2.7 Arquitectura 802.11	29
2.7.1 Access Point (AP)	29
2.7.2 Wireless Station (STA)	29
2.7.3 Wireless Medium (WM)	30
2.7.4 Sistema de Distribución (DS).....	30
2.7.5 BSS independiente (IBSS)	30
2.7.6 Conjunto de Servicios Básicos (BSS)	31
2.7.7 Conjunto de Servicios Extendido (ESS)	31
2.8 ESTÁNDARES 802.11	32

2.8.1	IEEE 802.11a	32
2.8.2	IEEE 802.11b	33
2.8.3	IEEE 802.11g	33
2.8.4	IEEE 802.11n	33
2.8.5	Otras modificaciones 802.11	34
2.9	ESTUDIO DEL ESTÁNDAR IEEE 802.11N	35
2.9.1	Capa Física	36
2.9.2	Capa MAC.....	42
2.10	SEGURIDAD EN REDES 802.11	47
2.10.1	Seguridades mediante Autenticación y Control de Acceso	47
2.10.2	Seguridades Basadas en la Identidad	50
2.10.3	Seguridad Mediante Encapsulado de Datos	54
2.11	TOPOLOGÍAS DE REDES INALÁMBRICAS.....	56
2.12	ANTENAS.....	58
2.12.1	Tipos de Antenas	58
2.12.2	Parámetros	59
2.13	RADIOENLACES.....	64
2.13.1	En Transmisión	65
2.13.2	En Recepción.....	68
2.13.3	Presupuesto del enlace	70
2.13.4	Geometría de Radio Enlace.....	71
	PROVEEDOR DE SERVICIO DE INTERNET INALÁMBRICO (WISP)	77
2.13.5	Definición.....	77
2.13.6	Descripción.....	77
2.13.7	Principales características	78
2.13.8	Infraestructura	79
2.14	NORMATIVA LEGAL REGULATORIA	82
2.14.1	Ley Orgánica de Telecomunicaciones	82
2.14.2	Servicios Portadores	84
2.14.3	Reglamento para Servicio de Valor Agregado (SVA).....	84
CAPÍTULO III		
	ESTUDIO DE MERCADO	88
3.1	Objetivos del Estudio de Mercado.....	89
3.1.1	Objetivo General	89
3.1.2	Objetivo Específico	89

3.2	Antecedentes.....	89
3.3	Segmentación de Mercado.....	90
3.4	Recopilación de Datos	93
3.4.1	Población y Muestra.....	93
3.4.2	Recopilación de Información	96
3.4.3	Tabulación y Análisis de Resultados	96
3.4.4	Estimación de la Demanda.....	102
3.4.5	Proyección de la Demanda.....	103
3.4.6	Análisis FODA.....	106
CAPÍTULO IV		
DISEÑO		
4.1	SUBSISTEMA DE TELECOMUNICACIONES	110
4.1.1	Consideraciones Generales	110
4.1.2	Servicios.....	111
4.1.3	Modelo Jerárquico de Red.....	112
4.1.4	Red Troncal	113
4.1.5	Red de Backhaul o Backbone inalámbrico	122
4.1.6	RED DE CONCENTRACIÓN	137
4.1.7	RED DE ACCESO.....	140
4.1.8	RED DE GESTIÓN	160
4.2	Subsistema de Energía.....	169
4.2.1	Factor de Potencia:	171
4.3	Subsistema de Protección Eléctrica.....	176
4.3.1	Capturar la descarga atmosférica.	177
4.3.2	Conducción la energía producida a tierra.....	183
4.3.3	Disipar la energía en el sistema a tierra.....	184
4.4	Subsistema de Infraestructura.....	190
4.4.1	Diseño y Montaje de la torre de Telecomunicaciones	192
4.4.2	Montaje.....	193
CAPITULO V		
ANÁLISIS ECONÓMICO – FINANCIERO		
5.1	Presupuesto.....	196
5.2	Financiamiento	201
5.3	Tarifación.....	201
5.4	Ingresos.....	203
5.5	Costos	204

5.5.1	Costos de Mantenimiento.....	204
5.5.2	Costos de Sueldo del Personal	205
5.5.3	Gastos Administrativos	205
5.5.4	Acceso a Internet.....	206
5.6	Análisis financiero de la empresa.....	207
CAPITULO VI.....		212
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		212
GLOSARIO DE TÉRMINOS		217
BIBLIOGRAFÍA.....		221
ANEXOS.....		228

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Variantes Estándar 802.11	34
Tabla 2 Canales Frecuencia 2.4GHz	39
Tabla 3 Canales Tabla 5GHz	40
Tabla 4 Esquemas de Modulación Y Codificación MCS	41
Tabla 5 Diferencias entre WPA y WPA2.....	49
Tabla 6 Diferencias entre router de Backbone y router de concentración	80
Tabla 7 Población del cantón Cayambe parroquias urbana y rural.....	95
Tabla 8 Estimación de Clientes Potenciales.....	103
Tabla 9 Asignación de Rangos de Frecuencia ARCOTEL.....	110
Tabla 10 Límites de potencia de sistemas banda ancha	111
Tabla 11 Planes de Oferta de Servicio de Internet	116
Tabla 12 Ancho de banda a contratar por año.....	118
Tabla 13 Velocidades recomendadas para Video Llamadas	119
Tabla 14 Requerimientos de equipos red de backbone	120
Tabla 15 Ubicación de Nodos Principal y Secundario.....	126
Tabla 16 Modulación y Data Rate.....	128
Tabla 17 Parámetros para configuración de perfil radioeléctrico	131
Tabla 18 Requerimientos mínimos y elección de equipos – red backhaul	136
Tabla 19 Requerimiento y elección de equipos red distribución	138
Tabla 20 Tabla de asignación de frecuencias por sectores.....	143
Tabla 21 Requerimientos mínimos de equipos de estación suscriptora.....	157
Tabla 22 Parámetros mínimos de equipos de estación base.....	158
Tabla 23: Distancia de cables de energía a los cables de telecomunicaciones.....	161
Tabla 24 Software de monitoreo y gestión de red.....	168
Tabla 25 Potencia consumida en Equipos Nodo Principal	172
Tabla 26 Potencia consumida en Equipos Nodo Secundario	174
Tabla 27 Sistemas de respaldo Interactivos vs Online.....	175
Tabla 28 Parámetros de sistema de respaldo de energía eléctrica.....	176
Tabla 29 Resistividad del suelo según el sistema protegido	185
Tabla 30 Impedancia según tipo de suelo	186
Tabla 31: Cantidad estimada de compuesto químico de tratamiento de suelos.....	189
Tabla 32 Desviaciones permitidas para torres de comunicaciones arriestradas	195

Tabla 33 Costos de los equipos de nodos de transmisión y de respaldo de energía	197
Tabla 34 Costos de los elementos y materiales de red y cableado estructurado	198
Tabla 35 Costos de los materiales necesarios para el montaje de las torres de comunicaciones	198
Tabla 36 Costos de los materiales de los sistemas de protección eléctrica.....	199
Tabla 37 Costos de los utilitarios de oficina	199
Tabla 38 Costos Regulación del Servicio	200
Tabla 39 Costo de Inversión Inicial	200
Tabla 40 Financiamiento del Proyecto.....	201
Tabla 41 Costos de servicio ofertado por la competencia.....	202
Tabla 42 Propuesta de costo instalación y mensualidad	203
Tabla 43 Ingresos por contratación de servicio de Internet	203
Tabla 44 Costos de mantenimiento	204
Tabla 45 Salarios Personal	205
Tabla 46 Gastos de Administración	206
Tabla 47 Costo de contratación anual de servicios Telconet	206
Tabla 48 Flujo Neto de Fondos	207

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Estándares IEEE para Tecnologías Inalámbricas	12
Figura 2: Modelo de Referencia Wi-Fi	15
Figura 3: Modulación por desplazamiento de Amplitud.....	18
Figura 4: Modulación OOK	18
Figura 5: Modulación por desplazamiento de Frecuencia	19
Figura 6: Modulación por desplazamiento de Fase.....	20
Figura 7: Problema del nodo oculto	22
Figura 8: Problema del nodo expuesto	22
Figura 9: Detección de canal virtual utilizando CSMA/CA	24
Figura 10: Formato de la trama de datos 802.11	25
Figura 11: Formato de la trama de control de trama	26
Figura 12: Componentes Físicos de la Arquitectura 802.11	29
Figura 13: Conjunto de Servicios Básicos Independiente.....	30
Figura 14: Conjunto de Servicios Básicos	31
Figura 15: BSS Extendido (ESS)	32
Figura 16: Multiplexación por División de Frecuencia Ortogonal 802.11n	36
Figura 17: Representación del sistema Transmit Beamforming	37
Figura 18. Representación del sistema MIMO SDM.....	38
Figura 19: Agregación A-MSDU y A-MPDU	42
Figura 20: Encapsulamiento A-MSDU	43
Figura 21: Encapsulamiento A-MPDU	43
Figura 22: MSMP programado	45
Figura 23: PSMP programado.....	45
Figura 24: Modos de alto rendimiento HT 802.11n.....	46
Figura 25: Uso de 802.1X con túnel EAP para acceso a la red.....	50
Figura 26: Proceso de Autenticación Cisco LEAP	51
Figura 27: Proceso de Autenticación EAP-FAST	52
Figura 28: Proceso de Autenticación EAP-TLS	52
Figura 29: Proceso de Autenticación PEAP.....	53
Figura 30: Portal Cautivo	54
Figura 31: Encriptación TLS.....	55

Figura 32: Túnel SSH.....	55
Figura 33: Topología Inalámbrica Punto a Punto	56
Figura 34: Topología Inalámbrica Punto a Multipunto.....	57
Figura 35: Topología Inalámbrica Punto a Punto	57
Figura 36: Tipos de antenas de acuerdo al tipo de radiación (a) Isotrópico, (b) Omnidireccional y (c) Directivo	58
Figura 37: Diagrama de Radiación Tridimensional	60
Figura 38: Diagrama de radiación: (a) Coordenadas polares, (b) Coordenadas cartesianas....	60
Figura 39: Directividad de una antena	61
Figura 40: Polarización de una Antena (a) Lineal, (b) Circular y (c) Elíptica.....	62
Figura 41: Trayectoria completa de transmisión entre el transmisor y receptor	64
Figura 42: Potencia en dB en función de la distancia para un radioenlace	65
Figura 43: Pérdidas en el espacio libre.....	67
Figura 44: Propagación de LOS y NLOS.....	72
Figura 45: Zona de Fresnel.....	72
Figura 46: Zonas de Fresnel.....	73
Figura 47: Abultamiento debido a la curvatura terrestre.....	74
Figura 48: Altura de despeje de antenas.....	75
Figura 49: Segmentación de mercado de las zonas de cobertura.....	92
Figura 50: Penetración de Internet en los últimos años	105
Figura 51: Proyección Usuarios Residenciales a 5 años	105
Figura 52: Proyección Usuarios Comerciales a 5 años	106
Figura 53: Modelo Jerárquico del diseño red.....	113
Figura 54: Esquema general Red Troncal	113
Figura 55: Diseño de Red Troncal	121
Figura 56 Topología física red backhaul.....	122
Figura 57 Perfil topográfico de las zonas de cobertura.....	123
Figura 58: Análisis Topográfico Área de Cobertura.....	125
Figura 59 Ubicación de los Nodos	131
Figura 60 Resultados de estudio perfil radioeléctrico Nodo Principal – Nodo Secundario...	132
Figura 61: Diagrama para el cálculo de despeje de antenas.....	133
Figura 62: Diseño Red Backhaul	137
Figura 63: Topología Física Red de Concentración.....	138
Figura 64: Diseño Red de Concentración	139

Figura 65 Patrón de Radiación para antenas de 120, 90 y 60 grados.....	140
Figura 66: Topología General Red de Acceso	141
Figura 67: Disposición de antenas para cobertura del servicio de Internet.....	142
Figura 68: Diagrama de asignación de frecuencias por sectores	143
Figura 69: Perfil topográfico cobertura Nodo Principal - La Remonta.....	146
Figura 70: Cobertura Nodo Principal - La Remonta	146
Figura 71: Perfil topográfico cobertura Nodo Principal – Nápoles	148
Figura 72: Cobertura Nodo Principal – Nápoles	148
Figura 73: Perfil topográfico cobertura Nodo Principal – 23 de Julio/La Florida	150
Figura 74: Cobertura Nodo Principal – 23 de Julio/La Florida.....	150
Figura 75: Perfil topográfico cobertura Nodo Secundario – Noreste.....	152
Figura 76: Cobertura Nodo Secundario - Ayora Noreste.....	152
Figura 77: Perfil topográfico cobertura Nodo Secundario – Noroeste.....	154
Figura 78: Cobertura Nodo Secundario - Ayora Noroeste.....	154
Figura 79: Perfil topográfico cobertura Nodo Secundario - Centro/Sur	156
Figura 80: Cobertura Nodo Secundario - Ayora Centro Sur.....	156
Figura 81: Diseño red de Acceso	159
Figura 82: Cobertura Radioeléctrica Total.....	159
Figura 83: Cuarto de Equipos según el estándar ANSI/TIA/EIA-569.....	162
Figura 84: Cuarto de Equipos según el estándar ANSI/J-STD-607.....	164
Figura 85: Cuarto de equipos según el estándar ANSI/TIA/EIA 568 C	167
Figura 86: Diseño MDF nodo secundario	167
Figura 87: Monitoreo de red The Dude.....	169
Figura 88 Triángulo de Potencia	171
Figura 89 Pararrayos PDC.....	178
Figura 90: Pararrayos Franklin.....	180
Figura 91: (a) Sistema de captación de descarga eléctrica, (b) Pararrayos Franklin 5 puntas, (c) Aisladores Cerámicos	181
Figura 92: Volumen protegido por una punta vertical	182
Figura 93 Ángulo de protección según posición del captador	182
Figura 94 (a) Sistema de conducción de energía a tierra, (b) Grampa separador aislante, (c) Conductor de bajada, (d) Protección de conductor de bajada	184
Figura 95: Diseño de sistema de puesta a tierra para la torre de telecomunicaciones	188
Figura 96: Instalación de un sistema de puesta a tierra para torres de telecomunicaciones ..	188

Figura 97: Tratamiento químico del suelo con electrodo vertical.....	189
Figura 98: Torre Arriostrada	191
Figura 99: Estructura torre de telecomunicaciones	192
Figura 100: Estructura soporte de pararrayos	193
Figura 101 Características y elementos de la torre de telecomunicaciones	194
Figura 102 Disposición de los puntos de anclaje	195
Figura 103: Tarifa promedio de planes de internet fijo.....	201
Figura 104: Periodo de Recuperación de la Inversión	211

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación (1) Impedancia de entrada	63
Ecuación (2) Presupuesto de potencia radioenlace	65
Ecuación (3) Pérdidas en espacio libre	67
Ecuación (4) Margen respecto al umbral	68
Ecuación (5) Margen de desvanecimiento	69
Ecuación (6) Potencia en recepción	70
Ecuación (7) Relación S/N	70
Ecuación (8) Presupuesto de enlace	71
Ecuación (9) Zona de fresnel	73
Ecuación (10) Primera zona de fresnel	73
Ecuación (11) Abultamiento por curvatura	74
Ecuación (12) Altura mínima bajo condiciones de despeje	75
Ecuación (13) Altura de despeje	76
Ecuación (14) Altura de despeje según primera zona de fresnel	76
Ecuación (15) Tamaño de muestra	94
Ecuación (16) Estimación de la demanda	102
Ecuación (17) Proyección de la demanda	104
Ecuación (18) Cálculo de ancho de banda	117
Ecuación (19) Calidad del enlace	129
Ecuación (20) Factor de Potencia	172
Ecuación (21) Sistema de respaldo requerido	173
Ecuación (22) Valor Presente Neto	208
Ecuación (23) Relación Costo - Beneficio	209
Ecuación (24) Tasa Interna de Retorno	210

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

1.1 PROBLEMA

La ciudad de Cayambe, ubicada al Oriente de la Provincia de Pichincha, cuentan con una población aproximada de 69.744 habitantes, siendo el 57.95 % población urbana y el 42.05 % población rural. Su economía está basada en la producción agrícola, ganadera y en los últimos años un crecimiento en el sector florícola; sin embargo, el despliegue de sistemas de comunicación ha sido deficiente sobre todo en áreas rurales y urbanizaciones alejadas del centro de la ciudad, no contar con servicio de Internet ha dificultado el acceso a una información actualizada y el aislamiento de un desarrollo social y tecnológico.

En la actualidad, la ciudad de Cayambe cuenta con proveedores de servicio de Internet fijo e inalámbrico como son: CNT (Corporación Nacional de Telecomunicaciones) y SAITEL (Soluciones Avanzadas Informáticas y Telecomunicaciones), entre las más conocidas; su cobertura y zonas de operación se centra en la parte más pobladas de la ciudad, dejando relegados sectores como parroquias, comunidades y urbanizaciones que están en pleno proceso de desarrollo, donde se encuentra una población con demanda por el acceso a Internet. Las alternativas planteadas para dar solución a este problema, no abastecen en su totalidad a los usuarios potenciales, provocando que gran número de sus habitantes vean el acceso a Internet como un servicio exclusivo de algunas personas y su desconocimiento de la potencialidad para su desarrollo económico, personal y profesional.

Como solución a esta problemática se plantea el diseño de una red inalámbrica que utilizando tecnología WIFI provea servicio de Internet, misma que tendrá cobertura en la zona urbana al norte de la ciudad de Cayambe, haciendo uso del espectro electromagnético con frecuencias de operación libres. Solución planteada en vista que las comunicaciones inalámbricas, son cada vez más comunes en transmisión de datos de una manera rápida, de gran despliegue y conectividad inmediata.

El Internet actualmente se considera como un derecho del buen vivir al que la población debe tener acceso, permitiendo contar con información actualizada, pero se vuelve un problema cuando sus suscriptores se ubican en puntos remotos inaccesibles a través de medios cableados como líneas de cobre, haciendo de las tecnologías WIFI la mejor alternativa para brindar este servicio, satisfaciendo así la necesidad del usuario de conectividad a la Internet.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

- Diseñar una red inalámbrica basada en tecnología WIFI IEEE 802.11n que permita proveer de servicio de Internet al área urbana norte del cantón Cayambe

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir conceptos y términos relacionados al tema del proyecto mediante la recopilación de información de fuentes bibliográficas confiables como base para desarrollo del proyecto.

- Realizar un estudio de mercado a través de encuestas para determinar necesidades de la población por el servicio de Internet y parámetros para el diseño de red.
- Diseñar la red del proveedor en base a la aplicación de estándares de comunicación que permitan brindar el servicio de Internet en las zonas previstas.
- Realizar un análisis financiero mediante un control de las finanzas para determinar la rentabilidad de la ejecución del proyecto.
- Determinar conclusiones y recomendaciones obtenidas como resultado del desarrollo del proyecto.

1.3 ALCANCE

El proyecto tiene como finalidad realizar el diseño de una red inalámbrica, que utilizando tecnología WIFI, permita proveer de servicio de Internet a la población ubicada al norte del cantón Cayambe, principalmente a las urbanizaciones 23 de julio, La florida, La Remonta, Nápoles y la parroquia de Ayora.

Toda información necesaria que conlleve realizar el diseño estará debidamente documentada en el marco teórico. En cuanto a sustentabilidad legal, se prevé realizar un estudio de normas, leyes reglamentos y resoluciones dadas por el Consejo Nacional de Telecomunicaciones CONATEL, mismas que rigen a empresas que proveen servicio de Internet inalámbrico, para ello se tratará sobre el Reglamento de Prestación de Servicio de Valor Agregado SVA como permiso para la prestación del servicio de Internet y el Reglamento para la prestación de Servicios Portadores como permiso para hacer uso del espectro radioeléctrico a una frecuencia establecida en la banda de los 5 GHz.

Inicialmente será necesario realizar un estudio del mercado que permita determinar las necesidades de la población, y a la vez establecer parámetros necesarios para el desarrollo del diseño como tipo de conexión a ofrecer, número de clientes que soportará la red y cobertura. Una vez definido parámetros se planteará el diseño tomando en cuenta los siguientes subsistemas:

1. Subsistema de Telecomunicaciones

Se contará con una red cableada, definida como una red local interna del proveedor, diseñada bajo estándares de cableado estructurado como la ANSI/TIA/EIA 568 C (cableado para edificios comerciales) y la TIA 607 (aterramientos de sistemas de telecomunicaciones para edificios comerciales), todas aplicadas principalmente al diseño del cuarto de equipos e interconexión de equipos. También se tendrá una red inalámbrica punto a punto entre la torre principal y nodos de distribución y otra red punto a multipunto encargada de la distribución del servicio de Internet hasta el usuario, estas últimas utilizando el estándar IEEE 802.11n, en la banda de los 5GHz, trabajando en un espectro menos congestionado.

Más detalladamente se tendrá lo siguiente:

- Una red trocal, que conectará la red interna con un proveedor de servicio de Internet de mayor capacidad, ya sea mediante líneas ADSL (Línea de abonado digital asimétrica) o fibra óptica, dotará de Internet a toda la red. Para esto será necesario el uso de equipos administrables router, firewall, switch, que integren la red principal de distribución del servicio.

- Red de backbone, se trata de enlaces inalámbricos punto a punto que operarán en la banda de los 5 GHz y permitirá interconectar la torre principal de comunicaciones con otros puntos de distribución o nodos. La seguridad en estos estos enlaces se dará mediante mecanismos de encriptación y reglas de acceso. Para esto se prevé el uso de antenas altamente directivas tipo parabólicas, pues del tráfico de red que curse a través de éstas, dependerá el desempeño de los nodos en la distribución del servicio hasta el usuario.
- Red de Acceso, consistirá de una red inalámbrica punto a multipunto entre proveedor y usuarios. Mediante una antena de receptora o CPE (Equipo Local del Cliente) el cliente se conectará a las antenas de distribución del proveedor y tendrá acceso al servicio de Internet, para estos enlaces se consideran frecuencias en la banda de los 5 GHz con mecanismo de seguridad como encriptación o listas de acceso. Tomando en cuenta el tipo de cobertura que permita alcanzar a usuarios distantes o cercanos se utilizara antenas sectoriales u omnidireccionales. En su domicilio, el usuario contará con un equipo router tipo home que le permita usar frecuencias de 2.4GHz, compatible con tarjetas Wireless de PCs, laptops, celulares, tablets y otros dispositivos de uso común u podrá optar por el uso de una red Ethernet dada a partir del mismo equipo.
- Una red de gestión, que corresponde a una red LAN interna conformada de equipos servidores de gran capacidad en almacenamiento y procesamiento con software adecuado que permitan administrar y monitorear recursos de red y las conexiones que mantendrá el proveedor con sus clientes.

2. Subsistema de Energía

Garantizará que los equipos de las redes antes mencionadas sean abastecidos de energía eléctrica ininterrumpida, utilizando principalmente equipos UPS (Uninterrupted Power Supply).

3. Subsistema de Protección Eléctrica

Usando mecanismos como pararrayos, varillas cooperweld en conexiones a tierra, protegerá de fenómenos eléctricos atmosféricos que puedan causar daño a los equipos y afectar la salud del personal. Aplicando las normas IEEE 81 y IEEE 81.2 (para sistemas de puesta a tierra) y NFPA 780 (norma de protección contra rayos).

4. Subsistema de Infraestructura

Que describirá las características de estructura e instalación de las torres de comunicación. Se utilizará Xirio Online, una herramienta software para simulación de radioenlaces y cobertura.

Finalmente se presentará un detalle de costos de equipos e infraestructura necesaria para la implementación del diseño además de un análisis financiero que permita determinar la viabilidad de la ejecución del proyecto.

Cabe recalcar que el diseño planteado no está dirigido a ninguna entidad pública, sino que permitirá brindar un servicio adicional a los que ofrece ALFA-ENLACE, una microempresa privada ubicada en la ciudad de Cayambe, dedicada a dar soluciones en sistemas informáticos, computacionales, eléctricos y de redes de comunicación.

1.4 JUSTIFICACIÓN

Como lo indica la Constitución de la República del Ecuador vigente desde el 2008, acerca de los Derechos del Buen Vivir de los ciudadanos y ciudadanas en su sección tercera, Comunicación e Información: “Todas las personas, en forma individual o colectiva tienen derecho al acceso universal a las tecnologías de información y comunicación”. El Internet como centro de todas estas tecnologías, es una herramienta de acceso a la información, generador de conocimiento e impulsa la innovación, además de ser un medio de comunicación y colaboración que contribuye al desarrollo de la población. Diseñar una red inalámbrica que provea servicio de Internet, permitirá que más personas gocen de estos beneficios y utilizando tecnología WIFI como medio de distribución, será posible llegar con el servicio de Internet a usuarios imposibilitados por su ubicación geográfica y todo aquel que se encuentre dentro de la zona de cobertura en forma inmediata.

Diseñar una red inalámbrica que esté en la capacidad de brindar servicio de Internet, nace con la idea de generar un proyecto de emprendimiento que contribuye al desarrollo social de una parte de la población cayambeña, cumpliendo así con la misión de la Universidad Técnica del Norte de formar profesionales líderes y emprendedores con responsabilidad social, en vínculo con la comunidad. Al incorporar varias áreas de estudio adquiridas durante el proceso de formación académica, permitirá dar respuesta a la demanda social, aportando a la transformación, como lo establece la visión de la misma entidad educativa.

Adoptar tecnología WIFI para la transmisión, exime la utilización de cables, lo que representa menos agentes contaminantes, manteniendo así criterios de sustentabilidad amigables con el medio ambiente. A la vez permite implementar redes de comunicación de

rápido despliegue e inmediata conectividad, gracias al avance y desarrollo que han tenido este tipo de tecnologías en los últimos años se garantiza redes seguras y óptimas velocidades de transmisión que van a la par con redes cableadas, pero que sin duda dan una gran ventaja sobre éstas últimas en aspectos de movilidad para el usuario.

Proveer de servicio de Internet se plantea analizando la potencialidad de mercado existente por el rápido crecimiento de la ciudad de Cayambe en sus zonas periféricas, donde la población requiere de servicios como Internet, que aporten a su desarrollo y bienestar. El proyecto como iniciativa de emprendimiento de conformar una microempresa capaz de brindar un servicio, corregirá inconvenientes como la falta de atención al cliente, inadecuado servicio técnico, entre otros, que garanticen la satisfacción del usuario.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 Redes Inalámbricas

En redes y telecomunicaciones se denomina comunicación inalámbrica aquella en la que no se utiliza un medio de propagación físico sino ondas electromagnéticas que se propagan por el espacio y la transmisión y recepción de información se realiza a mediante el uso de antenas. El campo de aplicación de las redes inalámbricas no solo se limita a la conexión de datos, con frecuencia se usa en la emisión de señales de televisión, telefonía, sensores, domótica, etc. (Carlos & Luis , 2002).

2.1.1 Características de las redes inalámbricas

Las redes inalámbricas presentan ciertas ventajas frente a las redes cableadas y aunque no las reemplazan se constituyen como una extensión de éstas dándonos ciertas ventajas:

- **Movilidad:** El medio de transmisión para el envío y recepción de información no depende de cables o medios guiados, permitiendo la movilidad del usuario de la red dentro del área de cobertura.
- **Flexibilidad:** no requiere de la instalación de cableado y otras actividades que conlleven obra civil llegando a puntos de difícil acceso para redes cableadas.
- **Escalabilidad:** permite expandir la red incorporando fácilmente nuevos usuarios.

- **Costo Reducido:** el costo de inversión reducido frente a redes cableadas. Sin bien inicialmente puede resultar costoso frente a redes cableadas, a largo plazo la inversión será menor sobre todo en ambientes dinámicos.

2.1.2 Tecnologías Inalámbricas

El término inalámbrico hace referencia a tecnologías sin cables que permiten la interconexión de máquinas o dispositivos entre sí. Estas conexiones inalámbricas otorgan a empresas flexibilidad y prestaciones avanzadas. Las tecnologías de comunicación inalámbrica varían de acuerdo al tipo de solución requerida en la red (Carlos & Luis , 2002).

A continuación, se considera una clasificación de acuerdo a su alcance:

2.1.2.1 WPAN (*Wireless Personal Area Network*) *Redes Inalámbricas de Área Personal*

Una red inalámbrica de área personal tiene un alcance corto cubriendo áreas pequeñas como oficinas, habitaciones, etc., con un alcance no superior a los 10 m e interconecta dispositivos de uso personal como: teléfonos móviles, Tablets entre otros. Este tipo de redes surgen a partir del interés del grupo de trabajo (IEE 802.15) por desarrollar sistemas de comunicación a corta distancia entre dispositivos móviles de uso personal sin la necesidad de una infraestructura de por medio. Maneja estándares como 802.15.1 (Bluetooth), 802.15.4 (ZigBee), 802.15.4 (UWB) a velocidades de transmisión menores a 1Mbps. (Mifsud Talón & Lerma-Blasco)

2.1.2.2 WLAN (Wireless Local Area Network) Redes Inalámbricas de Área Local

Cubren áreas en un rango de cientos de metros creando entornos de red local entre ordenadores o terminales en edificios, campus de estudio, etc. Las redes inalámbricas de área local trabajan bajo el estándar IEEE 802.11. Estándares como 802.11a/b/g/n/ac/ad entre otros son un ejemplo de redes WLAN, con velocidades teóricas que actualmente van en el orden de los Gbps. (Mifsud Talón & Lerma-Blasco)

2.1.2.3 WMAN (Wireless Metropolitan Area Network) Redes Inalámbricas de Área Metropolitana

Dan cobertura en áreas extensas como ciudades. Tecnologías como Wimax (IEEE 802.16) o MMDS/LMDS o la ETSI HiperMAN & HiperAccess ofrecen este tipo de servicios. (Mifsud Talón & Lerma-Blasco)

2.1.2.4 Redes Globales WWAN

Son redes con la capacidad de cubrir regiones o países en su totalidad. Son una opción de despliegue para redes inalámbricas entre puntos muy distantes que sobre pasan los límites físicos de las redes anteriores, estas redes se basan en la tecnología celular. La telefonía móvil se constituye como una red de tipo global como GSM/EGPRS (2G), UMTS (3G), HSDPA/HSUPA (3.5G) o LTE/SAE (4G) o la MBWA (IEEE 802.20). (Mifsud Talón & Lerma-Blasco)

La figura 1 describe las tecnologías inalámbricas, alcance, velocidades de transmisión y estándares aplicados.

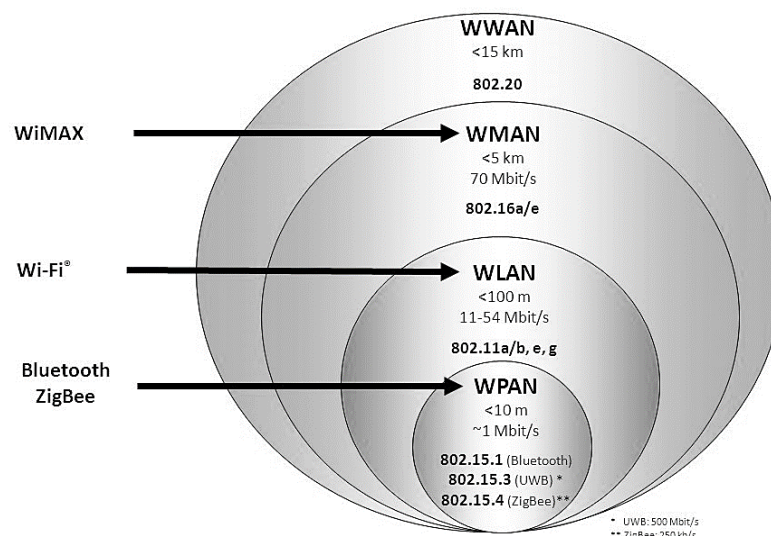


Figura 1: Estándares IEEE para Tecnologías Inalámbricas

Fuente: Extraído de (Mifsud Talón & Lerma-Blasco, pág. 4)

2.2 RADIOFRECUENCIA WLAN

Las comunicaciones por RF (Radiofrecuencia) comienzan con una oscilación transmitida desde un dispositivo que será recibida en uno o varios dispositivos. Esta oscilación de la señal se basa en una constante llamada frecuencia. El transmisor y el receptor deben estar en la misma frecuencia para transmitir la misma señal (Ariganello & Barrientos Sevilla, 2010).

Las redes WLAN operan en bandas de 2,4 GHz en el rango de 2.142 a 2.484 GHz y en la banda de 5 GHz entre 5.150 a 5825. La señal emitida desde un transmisor se denomina portadora (carrier) una determinada frecuencia, ésta no contiene información, para ello el transmisor deberá modularla insertando la información que desea transmitir. Esta modulación

consiste en agregar tantos datos como sea posible de la señal tratando de minimizar pérdidas producidas por ruido o interferencias. (Thornycroft, 2007)

Las características de una señal de radiofrecuencia RF varían de acuerdo al medio de propagación, fuentes de interferencia electromagnética, ruido, etc., causando lo siguiente:

- **Reflexión:** cuando la señal de RF viaja a través del aire como una onda y si choca con un material reflectivo la señal se refleja o rebota.
- **Refracción:** cuando la señal de RF atraviesa cuerpos de diferente densidad, ésta se refracta reduciendo su calidad y la velocidad de onda.
- **Absorción:** cuando una señal de RF atraviesa un material que la absorbe su energía, ésta será atenuada, mientras más denso sea el material mayor será la atenuación.
- **Dispersión:** cuando la señal de RF choca contra un medio denso e irregular, esta se dispersa en distintas direcciones.
- **Difracción:** cuando la señal de RF se topa con un objeto capaz de interrumpir o absorber su intensidad se creará una zona muerta sin cobertura.

2.3 IEEE 802.11

El estándar IEEE 802.11 define las características para una red inalámbrica local o WLAN. Wi-Fi es un nombre comercial otorgado por la Wi-Fi Alliance conocida anteriormente como WECA (Wireless Ethernet Compatibility Alliance) encargado de garantizar la compatibilidad entre dispositivos que operan bajo el estándar 802.11.

2.4 Modelo de Referencia 802.11

En 802.11 se cuenta con el mismo modelo o arquitectura de la familia 802, es decir que se tiene con una capa física y la subcapa MAC de la capa de enlace.

- En la capa física PHY se distingue dos subcapas: PMD (Physical Media Dependent-Dependiente del medio físico) que especifica a cada a los sistemas de transmisión a nivel físico y la subcapa PLCP (Physical Layer Convergence Procedure- Procedimiento de convergencia de capa física) encargada de homogenizar de cara a la capa MAC las particularidades de las distintas especificaciones de la subcapa PMD.
- La subcapa MAC de la capa de enlace de datos especifica protocolos de acceso al medio, propiedades de redes inalámbricas como envío de acuses de recibo (ACK), fragmentación de tramas y mecanismo de encriptación de datos para su transmisión. (Rojas Villegas, Rivera Paredes , & Quispe Ch., s.f.)

La figura 2 describe las dos capas de modelo de referencia 802.11.

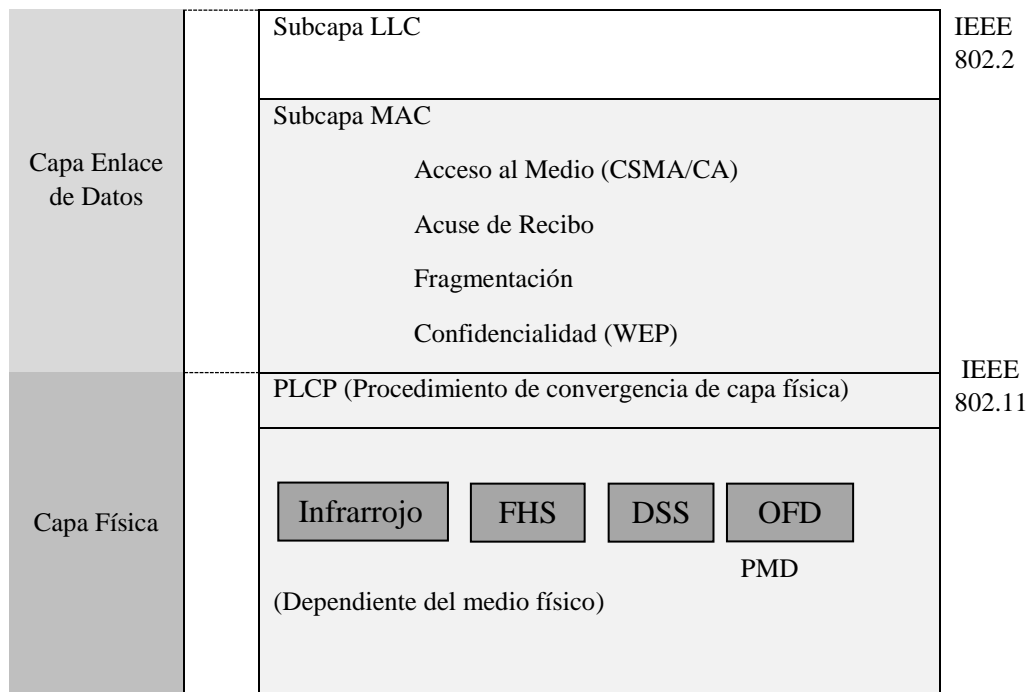


Figura 2: Modelo de Referencia Wi-Fi

Fuente: Modelo 802.11, recuperado de: (Rojas Villegas, Rivera Paredes , & Quispe Ch., s.f., pág. 21)

2.5 Capa Física (802.11 PHY)

La capa física define la modulación, codificación, señalización y características en la transmisión de datos. En radiofrecuencias se hace uso de dos tecnologías banda estrecha y banda ancha o espectro ensanchado, siendo ésta última la de mayor uso. A nivel físico se hace uso de tecnologías de espectro ensanchado que consiste en la difusión de la señal de información a lo largo del ancho de banda disponible en lugar de concentrar la energía de la señal alrededor de una portadora. Existen dos tecnologías de espectro ensanchado.

2.5.1 DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)

El Espectro Ensanchado por Secuencia Directa es una técnica que genera un patrón de bits redundante (señal de chip) para cada bit que compone la señal. Cuanto mayor sea la señal, mayor será su resistencia a interferencias. Tras esto, y de acuerdo al estándar se puede aplicar dos técnicas de modulación DBPSK (Differential Binary Phase Shift Keying) para transmisiones a 1 Mbps y DQPSK (Diferential Quadrature Phase Shift Keying) para transmisiones a 2 Mbps. De acuerdo al estándar se recomienda un tamaño de 11 bits, pero el óptimo es de 100. (Rojas Villegas, Rivera Paredes , & Quispe Ch., s.f.)

Las frecuencias están comprendidas entre los 2,412 y 2,484 GHz y se dividen en canales. Para cada canal es necesario un ancho de banda de 22 MHz permitiendo la transmisión de información produciéndose un solapamiento de canales próximos. De ser el caso en el que se usen varios puntos de acceso cercanos se deberá usar canales que no se solapen.

2.5.2 FHSS (Frequency Hoping Spread Spectrum)

La tecnología de espectro ensanchado por salto de frecuencia (FHSS) consiste en transmitir tramos de información a una frecuencia a intervalos de tiempo menor a 400 ms, pasado este tiempo cambia la frecuencia y se sigue transmitiendo; es decir, transmisión en saltos de frecuencia y tiempos distintos. Utiliza una modulación en frecuencia FSK (Frequency Shift Keying) con una velocidad de 1 Mbps que puede ampliarse a 2 Mbps. FHSS es el equivalente a una Multiplexación en frecuencia. Esta técnica divide el ancho de banda en

79 sub-canales de 1 MHz cada uno. Opera en la bandas de 2.4 a 2.4835 GHz. (Rojas Villegas, Rivera Paredes , & Quispe Ch., s.f.)

2.5.3 OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing).

La Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales, permite el envío de un conjunto de portadoras (un total de 52 de las cuales se asignan, 48 para datos y 4 para sincronización) de diferentes frecuencias donde cada una transporta información. Esta puede ser modulada en QAM o en PSK. Permite velocidades de transmisión de 54 Mbps en la banda de 5 GHz.

2.5.4 Infrarrojos.

Permite el envío de información a velocidades de 1 y 2 Mbps mediante transmisión difusa. Tiene un bajo ancho de banda y las señales se ven afectadas por la luz solar y no pueden atravesar paredes, siendo necesario línea de vista directa entre transmisor y receptor.

2.5.5 Modulación

La técnica de modulación es un efecto no lineal en el que varias señales interactúan unas con otras, produciendo nuevas señales a frecuencias distintas a las originales. Es así que permite el transporte de la información a través de un canal de comunicación a mayor distancia y menor costo. Influye en la transmisión de datos, a medida que se codifican de manera eficiente la tasa de transferencia de datos aumenta, pero se requiere de hardware sofisticado para su modulación y demodulación.

2.5.5.1 Modulación por desplazamiento de Amplitud, ASK (Amplitude Shift Keying)

Este tipo de modulación descrita en la figura 3 consiste en establecer una variación de la amplitud de la frecuencia de portadora según los estados significativos de la señal de datos. (Mayté, 2005). Este método no es utilizado en módems para reconstrucción de la señal al no permitir implementar técnicas que eleven la velocidad de transmisión; sin embargo, es un tipo de modulación sencilla y de bajo consumo. (Mayté, 2005)

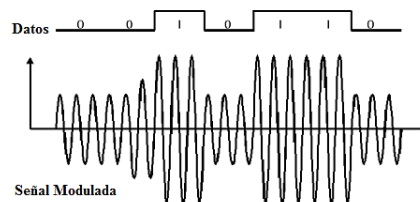


Figura 3: Modulación por desplazamiento de Amplitud

Fuente: Modulación ASK, recuperado de: (Mayté, 2005, pág. 5)

Una variación de la modulación en amplitud es la modulación OOK (On/Off Keying) de la figura 4, donde un cero digital representa ausencia en la potencia de salida y 1 digital que se entrega toda la señal portadora. Su principal desventaja es la vulnerabilidad ante interferencias por ruido eléctrico, provocando error de los daos en recepción.

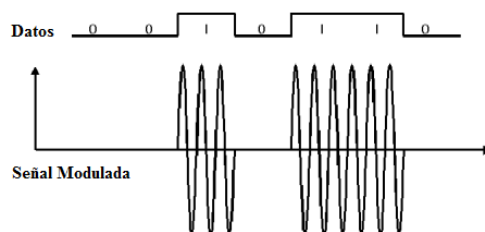


Figura 4: Modulación OOK

Fuente: Variaciones de modulación, recuperado de: (Mayté, 2005, pág. 5)

2.5.5.2 Modulación por desplazamiento de Frecuencia, FSK (Frequency Shift Keying)

La modulación por desplazamiento de frecuencia (FSK) de la figura 5, con un cero digital se transmite una portadora a una frecuencia y con 1 digital se transmite la portadora a otra frecuencia distinta, con la misma amplitud. (Mayté, 2005) Este tipo de modulación hace a la señal más resistente ante interferencias, pero con sistemas con un mayor grado de complejidad y consumo de recursos durante la transmisión.

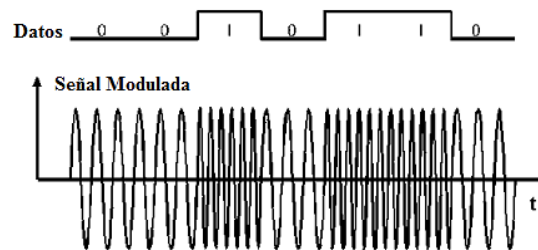


Figura 5: Modulación por desplazamiento de Frecuencia

Fuente: Modulación FSK, extraído de: (Mayté, 2005, pág. 6)

La Modulación por desplazamiento de frecuencia tiene dos variantes conocidas como:

- **FSK Coherente:** En la que al instante de la asignación de la frecuencia la fase de la señal se mantiene.
- **FSK No Coherente:** No se mantiene la fase durante la asignación de la frecuencia. Esto ocurre cuando se emplea osciladores independientes para generación de las frecuencias. Empleándose en módems con velocidades de hasta 2400 baudios, pero para velocidades superiores se empleará modulación PSK.

2.5.5.3 Modulación por desplazamiento de Fase, PSK (Phase Shift Keying)

En la modulación por desplazamiento de fase se codifican los valores binarios como cambios de fase de la señal portadora (Mayté, 2005). La figura 6 muestra este tipo de modulación.

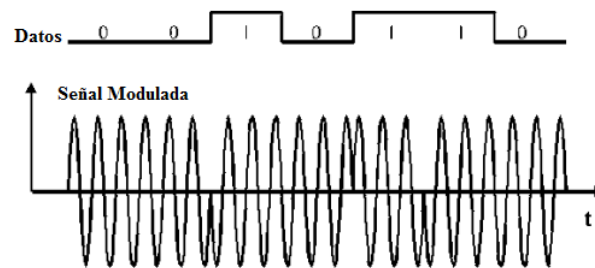


Figura 6: Modulación por desplazamiento de Fase

Fuente: Diagrama de modulación PSK, recuperado de: (Mayté, 2005, pág. 6)

Dentro de este contexto se distingue la **Modulación Diferencial de Fase DPSK**, donde cada estado de modulación se codifica por un salto respecto a la fase anterior de la señal, garantizando las transiciones o cambio de fase de bit a bit facilitando la sincronización de reloj en el receptor. Aplicando este concepto es posible aumentar la velocidad de transmisión en el canal telefónico a pesar de sus límites. (Mayté, 2005)

Se tiene dos tipos de modulación:

- **Modulación por desplazamiento de Fase en Cuadratura (QPSK):**
Donde el tren de datos a transmitir se divide en pares de bits consecutivos llamados Dibits, codificando bit a bit como cambios en la fase con respecto al elemento de señal anterior. Un ejemplo de aplicación son las comunicaciones inalámbricas.

- **Modulación por desplazamiento de Fase Múltiple (MPSK):** Donde el tren de datos se divide en grupos de tres bits llamados Tribits, codificando cada salto de fase en relación a la fase del tribit anterior.

2.5.5.4 Modulación de Amplitud en Cuadratura, QAM (Quadrature Amplitude Modulation)

Esta modulación es una combinación de PSK y ASK donde ambas portadoras se modulan en amplitud y el tren de datos se divide en grupos de 4 bits, y éstos a la vez en subgrupos de 2 bits, codificando cada dibits en 4 estados de amplitud en cada una de las portadoras. (Torres J. J., s.f)

2.5.5.5 Modulación de Fase en Cuadratura, QPM (Quadrature Phase Modulation)

Para este tipo de modulación las portadoras tienen dos valores de amplitud. El tren de datos se divide en grupos de 4 bits y a su vez en 2 bits, modulando cada dibit en 4 estados de fase diferencial en cada una de las portadoras. (Torres J. J., s.f)

2.5.5.6 Modulación de Fase y Amplitud en Cuadratura, QAPM (Quadrature Amplitude Phase Modulation)

Conocida también como AMPSK o QAMPSK por ser una combinación de los dos sistemas de amplitud y fase. Consiste en agrupar la señal en grupos de 4 bits considerando 2 dibits, el primer dibits modula la portadora I en amplitud y fase mientras que el otro realiza lo mismo con la portadora Q. (Torres J. J., s.f)

2.6 Capa de Enlace 802.11

Para 802.11 el algoritmo de acceso al medio se conoce como CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access/ Collision Avoidance), En redes inalámbricas es difícil descubrir colisiones, CSMA/CA identifica el fin de una transmisión y espera un tiempo aleatorio antes de iniciar su transmisión, disminuyendo la probabilidad de colisiones. (Tanenbaum, 2003) A pesar de eso en un entorno inalámbrico se pueden presentar los siguientes problemas.

- **Nodo Oculto:** Cuando una estación cree que el canal está libre pero no puede detectar que en realidad está ocupado por otra estación que no puede escuchar. La Figura 7 representa esta situación.

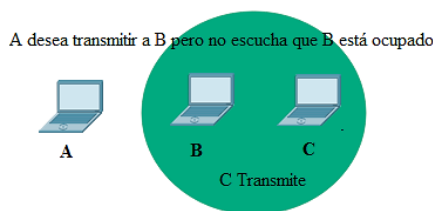


Figura 7: Problema del nodo oculto

Fuente: Nodo oculto, recuperado de (Tanenbaum, 2003, pág. 296)

- **Nodo Expuesto:** Una estación cree que el canal está ocupado cuando en realidad está libre, la estación a la que escucha no interferirá transmisiones con otras estaciones.

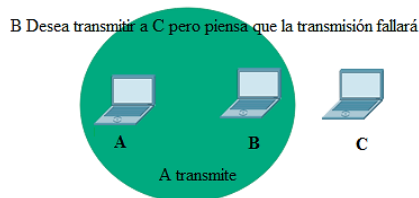


Figura 8: Problema del nodo expuesto

Fuente: Nodo expuesto, recuperado de: (Tanenbaum, 2003, pág. 296)

Para solucionar problemas de nodo oculto y expuesto, 802.11 utiliza dos modos de funcionamiento.

2.6.1.1 DCF (Función de Coordinación Distribuida).

Se utiliza el protocolo CSMA/CA (Acceso múltiple con detección de portadora y prevención de colisiones). Este método se implementa en estaciones ya sea configurado en modo estación o modo infraestructura. La función de coordinación distribuida mantiene un control en la compartición del medio tratando de evitar colisiones entre las estaciones.

Tras haberse realizado el envío de información, una estación detecta el fin de esta transmisión y espera un tiempo aleatorio. Si detecta que el canal está libre inicia su transmisión caso contrario espera una ranura de tiempo en base al algoritmo Backoff e intentará nuevamente iniciar su transmisión. (Tanenbaum, 2003)

La Función de coordinación distribuida utiliza MACA (Acceso múltiple con prevención de colisiones), mediante este protocolo la estación transmisora envía una trama RTS (Request to send) indicando la longitud de los datos que desea enviar y la estación receptora contesta mediante una trama CTS (Clear to send) de igual longitud. Al ser recibida la trama CTS por el transmisor se iniciará la transmisión de los datos y tras culminar con la transmisión de información el receptor envía una trama ACK indicando que ha finalizado a transmisión. (Tanenbaum, 2003)

Este proceso de envío, recepción y confirmación se muestra en la figura 9.

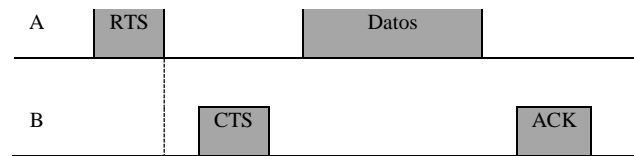


Figura 9: Detección de canal virtual utilizando CSMA/CA

Fuente: CSMA/CA, recuperado de: (Tanenbaum, 2003, pág. 302)

Cuando el canal está ocupado se ejecutará un tiempo de espera entre tramas denominado IFS definiéndose cuatro tipos:

- SIFS (Espacio Corto Entre Tramas). Utilizado para la transmisión entre fragmentos de trama, transmite principalmente los reconocimientos.
- PIFS (Espacio entre tramas PCF). Utilizado por estaciones para tener mayor prioridad de acceso en periodos de contienda por el canal.
- DIFS (Espacio entre tramas DCF). Es el tiempo de espera usado por el mecanismo de acceso múltiple con prevención de colisiones MACA.
- EIFS (Espacio entre tramas extendido). Controla tiempos de espera cuando se detecta una trama errónea.

2.6.1.2 PCF (*Función de Coordinación Puntual*).

En el modo PCF, se tiene una estación base que sondea al resto de estaciones, preguntando si tienen tramas a transmitir, es decir al tener una estación base que controla las transmisiones no existirán colisiones. El sondeo consiste en la difusión de una

trama guía o faro denominada trama de beacon de manera periódica cada 10 o 100 veces por segundo. (Tanenbaum, 2003)

2.6.2 Formato de la Trama 802.11

El estándar 802.11 define tres tipos de tramas:

- Trama de datos: para la transmisión de datos.
- Trama de Control: para controlar el acceso al medio.
- Trama de gestión: contienen información de gestión.

La trama de datos de la figura 10 tiene los siguientes campos:

Bytes	2	2	2	6	6	2	6	0-3212	4
Control de trama	Duración	Dirección 1	Dirección 2	Dirección 3	Sec.	Dirección 4	Datos	Suma de Verificación	

Figura 10: Formato de la trama de datos 802.11

Fuente: Trama 802.11, recuperado de (Tanenbaum, 2003, pág. 309)

- **Control de trama.**
- **Duración.** Indica el tiempo que estará ocupado el canal por la trama y la confirmación del receptor.
- **Dirección 1-4.** Corresponde a las direcciones MAC de las estaciones transmisoras y receptoras y punto de acceso origen y destino entre celdas.
- **Secuencia.** Contiene el número de secuencia del fragmento de la trama enviada.
- **Datos.** Contiene la cara útil de la trama y tiene un valor variable de hasta 3212 bytes.
- **Suma de Verificación.** Campo utilizado para control de errores.

La trama de control de la figura 11 consta de 11 sub-campos:

Bits	2	2	4	1	1	1	1	1	1	1	1
	Versión	Tipo	Subtipo	A DS	De DS	MF	Re- Transmisión	Energía	Más	WEP	Orden

Figura 11: Formato de la trama de control de trama

Fuente: Trama Control, recuperado de: (Tanenbaum, 2003, pág. 310)

- **Versión del protocolo.** Define el tipo de protocolo utilizado IPV6 o IPV4
- **Tipo/Subtipo.** El tipo identifica de qué tipo de trama se trata: datos, control o administración. Subtipo identifica si se trata de una trama RTS o CTS.
- **A DS y De DS.** Indica si la trama va hacia/viene desde el sistema de distribución entre celdas.
- **MF (More-Fragments, Más fragmentos).** Este campo se activará si se usará fragmentación en la transmisión.
- **Re-Transmisión.** Indica la retransmisión de una trama antes enviada
- **Energía.** Lo utiliza la estación base para poner o sacar del modo ahorro de energía a una estación receptora.
- **Más.** Indica que el emisor tiene tramas pendientes para el receptor
- **WEP.** Para indicar que se está utilizando un mecanismo de autenticación.
- **Orden.** Indica al transmisor que el orden de las tramas debe procesarse bajo un orden estricto.

La trama de gestión mantiene un formato similar a la trama de datos, pero no constan con los campos de secuencia, datos y solo tienen una o dos direcciones pues están restringidas dentro de una sola celda. La prioridad de esta trama está en el campo de subtipo por el uso de las tramas RTS, CTS o ACK.

2.6.3 Servicios

Según el estándar IEEE 802.11 toda red inalámbrica debe estar en la capacidad de ofrecer 9 tipos de servicios diferentes. Éstos se dividen en dos tipos de servicios, los servicios de distribución que actuarán dentro de una celda pudiendo interactuar con otras celdas, es decir una estación base controlará otras estaciones en su movilidad entre celdas y servicios de estación que podrán actuar únicamente dentro de una celda (Tanenbaum, 2003).

A continuación, se describen los más utilizados.

2.6.3.1 Servicios de Distribución.

- Asociación: Tanenbaum.(2003) indica que: Es un servicio utilizado por las estaciones móviles para conectarse con las estaciones base en el paso de una celda a otra. Deberán identificarse e informar sobre sus capacidades como tasas de transferencia y requerimientos de administración de energía. De ser aceptada la estación móvil deberá autenticarse. (p. 301)
- Disociación: Tanenbaum, (2003) indica que: Se utiliza este servicio cuando una estación quiere terminar asociaciones o antes de apagarse o bien puede ser utilizado por una estación base antes de su mantenimiento. (p.301)
- Re asociación: Tanenbaum, (2003) indica que: “Este servicio permite que una estación se mueva de una celda otra sin que pierda datos en este proceso al que se lo denomina handover”. (p.301)

- Distribución: Tanenbaum, (2003) indica que: “Servicio que permite el enrutamiento de tramas. La estación base puede enviarlas directamente a través del aire si tienen un destino local, de no ser así podría ser necesario el envío a la red Ethernet”. (p.301)
- Integración: Tanenbaum, (2003) indica que: “Cuando una trama debe ser enviada a través de una red diferente a la 802.11, éste servicio permite su traducción a esquemas de direccionamiento o formato de trama distintas utilizado por otro tipo de red”. (p. 301)

2.6.3.2 Servicios de Estación.

- Autenticación: Tanenbaum, (2003) indica que: “En una red inalámbrica cualquier estación puede recibir o enviar información, pero necesariamente deberá autenticarse con la estación base para iniciar la transferencia de datos. Para esto, la estación base tras haber asociado a una nueva estación móvil le envía una trama para determinar si la nueva estación sabe la clave secreta. De concretarse, la nueva estación se convierte en miembro de la celda”. (p. 302)
- Des-autenticación: Tanenbaum, (2003) indica que: “Servicio adoptado por una estación que desea abandonar en la que fue autenticado”. (p. 302)
- Privacidad: Tanenbaum, (2003) indica que: “Consiste en la codificación y decodificación de la información, pudiendo ser enviada a través de la red manteniendo confidencialidad”. (p. 302)

- Entrega de Datos: Tanenbaum, (2003) indica que: “Tras concretarse servicios anteriores, se procederá a la transferencia de datos. 802.11 al estar basado en Ethernet no garantiza una transmisión confiable, por lo que capas superiores tratarán problemas de control y detección de errores”. (p. 302)

2.7 Arquitectura 802.11

Consiste de varios componentes cuya interacción proporciona conectividad inalámbrica soportando la movilidad entre estaciones transparentes para las capas superiores.

2.7.1 Access Point (AP)

Se define como una estación provista de acceso al sistema red distribución capaz de proveer de los servicios del sistema de distribución. En general los APs pueden realizar una variedad de funciones pero principalmente actúan como puente entre la red cableada y la red inalámbrica como se muestra en la figura 12. (certification, 2002)

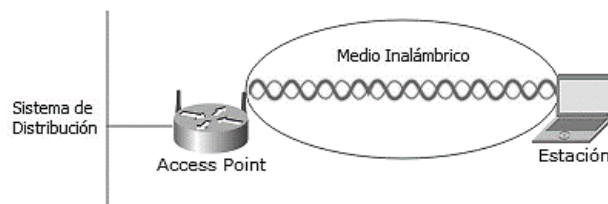


Figura 12: Componentes Físicos de la Arquitectura 802.11

Fuente: Access Point, recuperado de: (Torres J. J., s.f, pág. 44)

2.7.2 Wireless Station (STA)

Se considera como una STA a cualquier dispositivo implementado bajo el estándar 802.11 que consta con una interfaz de red inalámbrica.

2.7.3 Wireless Medium (WM)

Es el medio inalámbrico utilizado para la transferencia de tramas entre entidades de la red WLAN mediante el uso de ondas de radio codificadas que propagan por el aire (medio inalámbrico).

2.7.4 Sistema de Distribución (DS)

Las limitaciones físicas determinan el alcance máximo entre estaciones de trabajo, si en ciertos es suficiente en otros es necesario disponer de una red extensa compuesta por una serie de puntos de acceso que deberán conectarse de alguna manera. Este medio de interconexión se denomina sistema de distribución (DS) que puede ser cableado o inalámbrico.

2.7.5 BSS independiente (IBSS)

Un IBSS es el tipo más básico de red 802.11 donde las estaciones se comunican directamente. No tiene un punto de acceso o conexión con un punto de distribución (DS) y a menudo se denomina red ad hoc. La figura 13 muestra una red ad hoc entre PCs.

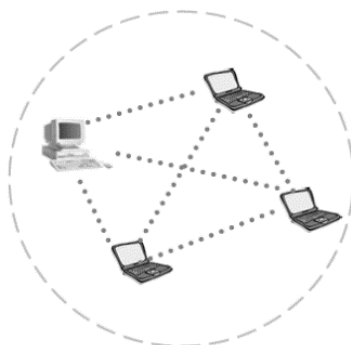


Figura 13: Conjunto de Servicios Básicos Independiente

Fuente: IBSS, recuperado de: (**Wireless LAN, 2002, pág. 183**)

2.7.6 Conjunto de Servicios Básicos (BSS)

Un BSS es el bloque básico de construcción de una red 802.11, abarcando un área de radio frecuencia o celda denominada área de servicios básicos (BSA) y a medida que el usuario se aleje del punto de acceso disminuirá su velocidad de transferencia de datos. Un BSS utiliza el modo infraestructura donde las estaciones se comunican a través del AP y no directamente. Un conjunto de servicios básicos tiene una única ID de conjunto de servicios (SSID). (Wireless LAN, 2002) La figura 14 muestra un ejemplo de este tipo de sistema.



Figura 14: Conjunto de Servicios Básicos

Fuente: BSS, recuperado de: (Wireless LAN, 2002, pág. 181)

2.7.7 Conjunto de Servicios Extendido (ESS)

Se constituye a partir de dos o más BSSs conectados mediante un sistema de distribución (DS) común, permitiendo la creación de una red inalámbrica más compleja. Para cada BSS las estaciones se identificarán mediante un SSID. ESS permite una serie de prestaciones avanzadas como Roaming entre celdas consiguiendo un área de cobertura mayor que la proporcionada por una BSS. (Wireless LAN, 2002)

En la figura 15, cada Access Point constituye un BSS que permiten ampliar la red de sistema de distribución, brindando movilidad a los usuarios.

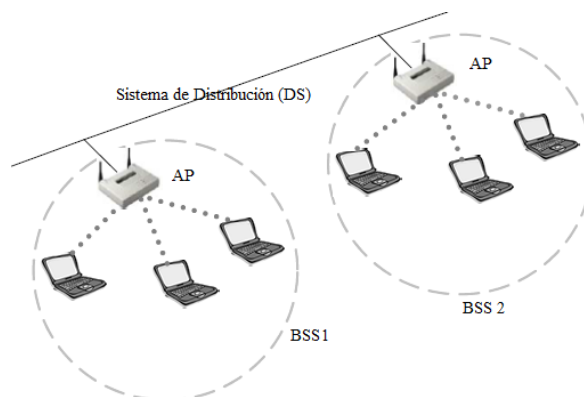


Figura 15: BSS Extendido (ESS)

Fuente: ESS, recuperado de: (Wireless LAN, 2002, pág. 182)

2.8 ESTÁNDARES 802.11

El estándar 802.11 legacy fue la versión original y primero en aparecer publicado en 1997 por el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE), llegaba a soportar de 1 a 2 Mbps a 2.4GHz y no necesitaba licencia para estas redes. En la actualidad se cuenta con algunos estándares, entre los más relevantes se tiene:

2.8.1 IEEE 802.11a

La revisión del estándar 802.11a fue aprobada en 1999. Utiliza el mismo stack de protocolos del estándar original, opera en la banda de los 5 GHz y utiliza 52 subportadoras de acceso múltiple por división de frecuencias ortogonales (OFDM) a una velocidad máxima de 54 Mbps, pero a 20 Mbps en aplicaciones prácticas. (Chávez, 2009)

2.8.2 IEEE 802.11b

La revisión 802.11b fue ratificada en 1999. Transmisiones a velocidades máximas de 11 Mbps y utiliza CSMA/CA como método de acceso al medio. Este estándar funciona en la banda de los 2.4 GHz. Para aplicaciones prácticas alcanza velocidades máximas de aproximadamente 5.9 Mbps sobre TCP y 7.1 Mbps sobre UDP. (Chávez, 2009)

2.8.3 IEEE 802.11g

Ratificado en junio del 2003 el estándar 802.11g se constituye como la evolución de 802.11b. Utiliza la banda de los 2.4 GHz con velocidades teóricas máximas de 54 Mbps. Compatible con el estándar 802.11b, pero su combinación reduce significativamente la velocidad de transmisión. (Chávez, 2009) Existen una variante del estándar denominada 802.11g+ capaz de alcanzar una tasa de transferencia de hasta 108 Mbps, aplicable solo a equipos del mismo fabricante por el uso de protocolos propietarios.

2.8.4 IEEE 802.11n

El estándar IEEE 802.11n corresponde a una modificación al estándar IEEE 802.11-2007 y fue aprobado el 12 de septiembre de 2009 que mejora significativamente el rendimiento de redes anteriores como 802.11b y 802.11g, incrementando significativamente la velocidad de transmisión teórica máxima de 54 Mbps a 600 Mbps. Actualmente la capa física soporta velocidades de 300 Mbps que puede traducirse en un rendimiento de 100 Mbps reales. (Chávez, 2009)

2.8.5 Otras modificaciones 802.11

Otras modificaciones realizadas al estándar 802.11 se describen en la Tabla 1.

Tabla 1 Variantes Estándar 802.11

Estándar	Especificaciones
802.11c	Considerado como una versión modificada del estándar 802.1d permitiendo la compatibilidad entre dispositivos 802.1d y 802.11 a nivel de la capa de enlace de datos.
802.11d	Pensado con el fin del uso internacional de redes 802.11 locales, aplicado en países restringidos en el uso de frecuencias, ampliando el salto de frecuencias en la subcapa PHY.
802.11e	Define la implementación de QoS en la subcapa MAC, definiendo requisitos en paquetes en ancho de banda y tiempos de retardo en transmisión permitiendo mejores transmisiones para audio y video. Implementado comercialmente con el nombre de Wi-Fi Multimedia-Media (WMM)
802.11f	Permite transmisión de datos (Roaming) entre múltiples puntos acceso, permitiendo al usuario itinerancia al cambiarse de un punto de acceso a otro sin importar la marca de dispositivos en la infraestructura de red.
802.11h	El objetivo de este estándar es la de dar compatibilidad al estándar 802.11 con el estándar europeo hyperLAN 2, cumpliendo de esta manera con regulaciones europeas de uso de frecuencias y uso energético
802.11i	Mejora la seguridad en la transferencia de datos a nivel de la subcapa de enlace, administrando y distribuyendo claves e implementado cifrado y autenticación. Se basa en el estándar de cifrado avanzado AES.
802.11j	Es un equivalente del 802.11h europeo aplicado a la regulación japonesa
802.11k	Permite la administración y uso eficiente de radio frecuencias entre los dispositivos de una red inalámbrica.
802.11p	Estándar 802.11 para uso en automóviles a frecuencias de 5.9 GHz y 6.2 GHz, permitiendo el intercambio de datos entre vehículos y entre vehículos e infraestructuras de red en carreteras.
802.11r	Mejora velocidades de transmisión entre puntos de acceso manteniendo comunicaciones VoIP sin cortes perceptibles.
802.11v	Permite configuración de dispositivos cliente de forma remota, gestionando estaciones de forma centralizada o distribuida de manera similar a una red celular, mediante mecanismo de capa de enlace.
802.11w	Estándar basado en el 802.11i con el objetivo de proteger redes WLAN de ataques a las tramas de gestión inalámbricas
802.11aa	Estándar con mejoras en la capa de control de acceso al medio (MAC) permitiendo el transporte robusto de flujo de video y voz. Publicado en mayo del 2012

802.11ac	Es una mejora del estándar 802.11n con tasas de transferencia de hasta 433 Mbps de los 1.3 Gbps teóricos mediante arreglo de 3 antenas. Opera en la banda de los 5 GHz en anchos de banda de hasta 160 MHz mayor que los 40 MHz en 802.11n. Ofrece compatibilidad hacia estándares anteriores 802.11a/n con desventajas en la limitación de velocidad de transferencia de datos. Aprobado en enero del 2014.
802.11ad	Estándar con mejoras para alto rendimiento y operable en las bandas de 2.4 GHz, 5GHz y 60GHz a velocidades teóricas de 7 Gbps. Ofrece compatibilidad con estándares 802.11a/b/g/n/ac con limitaciones en la velocidad de transmisión. Publicado en diciembre del 2012
802.11ae	Estándar que permite una gestión de la calidad de servicio QoS, priorizando las tramas de gestión. Publicado en marzo del 2012
802.11af	Estándar que permite operar en claros espectrales no utilizados en la banda de TV VHF y UHF entre los 54 y 790 MHz. Publicado en junio del 2014
802.11ah	Estándar que opera en la banda de los 900 MHz, permitiendo conectividad de baja potencia en aplicaciones con sensores y wearables (dispositivos inteligentes de uso personal). Publicado en enero del 2016.
802.11ai	Corresponde a un grupo de estudio que planea normalizar una configuración inicial fast link permitiendo a clientes WLAN lograr enlaces seguros dentro de 100 ms. Publicado en febrero del 2015
802.11aj	Es una modificación del estándar 802.11ad para el uso del espectro sin licencia en la banda de 45 GHz disponible en algunas regiones del mundo (especialmente China)
802.11ak	General List (brinding con 802.1 a través de enlaces 802.11)
802.11aq	Proporcionar mecanismos que ayuden en el descubrimiento de la Asociación de servicios. Publicado en mayo del 2015
802.11ax	Estándar considerado como la evolución de 802.11ac con tasa de transferencia de hasta 10.53 Gbps (en laboratorio) en la banda de los 5 GHz, bajo especificaciones de la tecnología MIMO-OFDMA (Multiple Input Multiple Output - Orthogonal Frequency Division Multiple Access), una variación de OFDM que utiliza múltiples antenas y varios de flujos de datos por cada subportadora. Estándar previsto para el 2019.
802.11ay	Estándar en desarrollo que define una nueva capa física para 802.11 operables en el espectro de onda de 60 GHz. Será una extensión de la actual 802.11ad con el objetivo de incrementar el rendimiento y alcance aplicada a enlaces de corto alcance y enlaces back-haul con una tasa de transmisión de 20 Gbps mediante vinculaciones de canal (2,3 y 4), MIMO y mayores esquemas de modulación.

Fuente: Estándares IEEE 802.11, recuperado de: <http://standards.ieee.org/about/get/802/802.11.html>

2.9 ESTUDIO DEL ESTÁNDAR IEEE 802.11N

El estándar IEEE 802.11n ofrece mejoras en confiabilidad, velocidad y rangos de comunicación ofreciendo velocidades en la transferencia de datos de 2 a 5 veces superiores a 802.11a/g. Estas mejoras se aplican a la capa física y capa MAC

2.9.1 Capa Física

2.9.1.1 OFDM Mejorado

La capa física del estándar 802.11n basa su desarrollo en la estructura de multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM) del estándar 802.11a. Adecuada para entornos fading (desvanecimiento de la señal) ante interferencias; modulando los datos en un conjunto de sub-portadoras, viéndose afectas algunas que pueden ser recuperadas posteriormente mediante algún método de detección de errores. (Chávez, 2009)

La utilización de la multiplexación OFDM resulta impredecible en la transmisión de datos a una tasa elevada, teniendo en cuenta que es un mecanismo tolerante con errores de sincronización de tiempo. (Chávez, 2009).

La figura 16 muestra una comparativa entre los sistemas de multiplexación OFDM 802.11a y 802.11n.

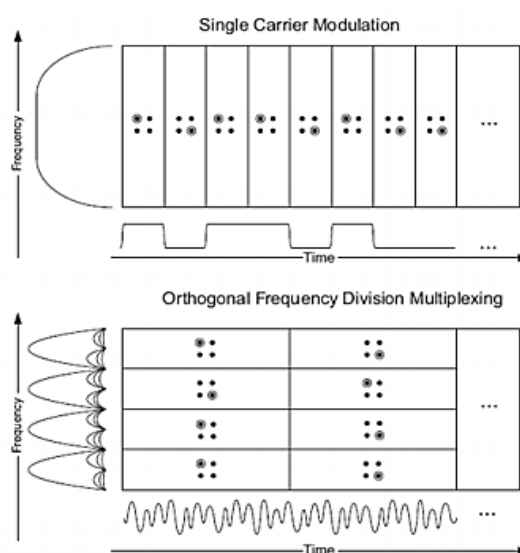


Figura 16: Multiplexación por División de Frecuencia Ortogonal 802.11n

Fuente: OFDM 802.11n, extraído de: (Chávez, 2009, pág. 6)

2.9.1.2 MIMO

Describe un sistema en transmisión y recepción compuesto por múltiples antenas. A través de esta técnica que aprovecha fenómenos físicos en la transmisión como la propagación multi-trayectoria de la señal para incrementar la tasa de transmisión logrando velocidades de hasta 600 Mbps. En este tipo de sistemas la tasa de transmisión depende de la potencia de señal que excede el ruido en recepción (SNR). Mientras mayor sea el valor de SNR, mayor será la tasa de transmisión. (Mayté, 2005) Se aplica las siguientes técnicas.

1. Transmit Beamforming

Consiste en el uso de múltiples antenas para el envío de varias señales de radio desfasadas que luego serán unidas en una única señal en el receptor.

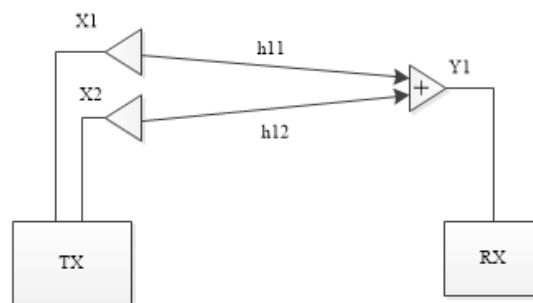


Figura 17: Representación del sistema Transmit Beamforming

Fuente: Transmit beamforming, recuperado de: (Mayté, 2005, pág. 23)

Al usar varias antenas es posible coordinar la señal enviada desde cada una de ellas, mejorando notablemente la señal recibida.

2. SDM (Spatial Division Multiplexion)

Consiste en la Multiplexación del ancho de banda de una señal en señales con un ancho de banda menores e iguales. Si las señales divididas llegan con la separación en tiempo correcto, el receptor estará en la capacidad de identificarlas creando múltiples canales en anchos de banda mínimos. (Mayté, 2005)

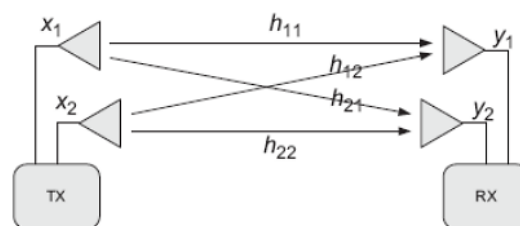


Figura 18. Representación del sistema MIMO SDM

Fuente: SDM, recuperado de: (Mayté, 2005, pág. 24)

Dado que las señales se transmiten por distintos trayectos hacia el receptor el tiempo de llegada será distinto y al viajar a la velocidad de la luz el tiempo estará dado en nanosegundos causando degradación de la señal en una sola antena. Esto se soluciona disponiendo en recepción múltiples antenas que codificarán independientemente las señales recibidas para posteriormente ser combinada en una sola.

2.9.1.3 Ancho de Banda de Canal

El ancho de banda de un canal permite cuantificar la eficiencia de la radio, conocida como eficiencia espectral. Mediante una técnica llamada bounding (canal envolvente) se logra utilizar dos canales de 20 MHz a la vez, obteniendo un único canal de 40 MHz y velocidades de transmisión de hasta 108 Mbps. Utilizando un canal de 40 MHz se aprovecha frecuencias

existentes al inicio y fin de un canal de 20 MHz para evitar interferencias entre canales adyacentes aumentando la velocidad de transmisión.

2.9.1.4 Canales

La disponibilidad de canales se aplica de acuerdo a la regulación adoptada por el Ecuador, misma que coincide con la regulación estadounidense. Para la banda de 2.4 GHz se dispone de 11 canales de 22 MHz separados 5 MHz entre la frecuencia central y su canal adyacente, 3 de los cuales no presentan interferencia entre sí. La frecuencia para cada uno de estos canales se muestra en la tabla 2.

Tabla 2 Canales Frecuencia 2.4GHz

anal	Frecuencia Central [MHz]	Rango de Frecuencias [MHz]
1	2412	2401 – 2423
2	2417	2406 – 2428
3	2422	2411 – 2433
4	2427	2416 – 2438
5	2432	2421 – 2443
6	2437	2426 – 2448
7	2442	2431 – 2453
8	2447	2436 – 2458
9	2452	2441 – 2463
10	2457	2446 – 2468
11	2462	2451 – 2473

Fuente: Canales Wi-fi 2.4 GHz, recuperado de: (Garrido Ojeda & Santos Cevallos, 2011, p. 48)

Para la banda de 5 GHz se dispone de un ancho de canal de 20 MHz separados 5 MHz entre la frecuencia central y su canal adyacente, al igual de en la banda de 2.4 GHz existe solapamiento entre canales adyacentes, pero se requiere de una separación de 4 canales que eviten el solapamiento. El estándar 802.11n puede utilizar dos canales para obtener uno de 40 MHz mediante la técnica denominada bounding. (Garrido Ojeda & Santos Cevallos, 2011)

En esta banda se disponen de canales y frecuencias descritas en la tabla 3

Tabla 3 Canales Tabla 5GHz

Banda [MHz]	Canal	Frecuencia Central [MHz]	Rango de Frecuencias [MHz]
5150 – 5250 (INI)	36	5180	5170 – 5190
	40	5200	5190 – 5210
	44	5220	5210 – 5230
	48	5240	5230 – 5250
	52	5260	5250 – 5270
5250 – 350 (INI)	56	5280	5270 – 5290
	60	5300	5290 – 5310
	64	5320	5310 – 5330
	100	5500	5490 – 5510
	104	5520	5510 – 5530
5470 – 5725 (INI)	108	5540	5530 – 5550
	112	5560	5550 – 5570
	116	5580	5570 – 5590
	120	5600	5590 – 5610
	124	5620	5610 – 5630
	128	5640	5630 – 5650
	132	5660	5650 – 5670
	136	5680	5670 – 5690
	140	5700	5690 – 5710
	149	5745	5735 – 5755
5725 – 5825 (INI)	153	5765	5755 – 5775
	157	5785	5775 – 5795
	161	5805	5795 – 5815

Fuente: Canales Wi-fi 5 GHz, recuperado de: (Garrido Ojeda & Santos Cevallos, 2011, p. 49)

2.9.1.5 Intervalo corto de guardia más breve (GI)

El intervalo de guardia entre símbolos OFDM cambia de 800 ms en protocolos anteriores como 802.11a/b/g a 400 ms, aumentando el rendimiento de 65 a 72.2 Mbps. Este GI corto reduce el tiempo de símbolo de 4 a 3.6 μ s, incrementando la tasa de símbolo en un 10%. (Mayté, 2005)

2.9.1.6 Velocidad en Redes Wifi 802.11n

La velocidad de transmisión es el factor más importante en el diseño de una red inalámbrica. Los parámetros que definen directamente la velocidad máxima alcanzada se

denominan MCS (Modulation and Coding Scheme) o Esquema de Modulación y Codificación. El modo 0 es el más bajo proporcionando velocidades máximas teóricas de 6.5 Mbps en un canal de 20 MHz y tiempo de guarda GI 800 ms, mientras que el modo alto de 31 proporciona velocidades teóricas de 600 Mbps a un canal de 40 MHz. De forma obligatoria se implementa los primeros 16 modos en modo AP y los primeros 8 para dispositivos cliente. (gonzales, 2014) La tabla 4 define estos esquemas de modulación y codificación.

Tabla 4 Esquemas de Modulación Y Codificación MCS

MC S index	Spatial streams	Modulation type	Coding rate	Data rate (Mbit/s)			
				20 MHz channel		40 MHz channel	
				800 ns GI	400 ns GI	800 ns GI	400 ns GI
0	1	BPSK	1/2	6.50	7.20	13.50	15.00
1	1	QPSK	1/2	13.00	14.40	27.00	30.00
2	1	QPSK	3/4	19.50	21.70	40.50	45.00
3	1	16-QAM	1/2	26.00	28.90	54.00	60.00
4	1	16-QAM	3/4	39.00	43.30	81.00	90.00
5	1	64-QAM	2/3	52.00	57.80	108.00	120.00
6	1	64-QAM	3/4	58.50	65.00	121.50	135.00
7	1	64-QAM	5/6	65.00	72.20	135.00	150.00
8	2	BPSK	1/2	13.00	14.40	27.00	30.00
9	2	QPSK	1/2	26.00	28.90	54.00	60.00
10	2	QPSK	3/4	39.00	43.30	81.00	90.00
11	2	16-QAM	1/2	52.00	57.80	108.00	120.00
12	2	16-QAM	3/4	78.00	86.70	162.00	180.00
13	2	64-QAM	2/3	104.00	115.60	216.00	240.00
14	2	64-QAM	3/4	117.00	130.00	243.00	270.00
15	2	64-QAM	5/6	130.00	144.40	270.00	300.00
16	3	BPSK	1/2	19.50	21.70	40.50	45.00
17	3	QPSK	1/2	39.00	43.30	81.00	90.00
18	3	QPSK	3/4	58.50	65.00	121.50	135.00
19	3	16-QAM	1/2	78.00	86.70	162.00	180.00
20	3	16-QAM	3/4	117.00	130.00	243.00	270.00
21	3	64-QAM	2/3	156.00	173.30	324.00	360.00
22	3	64-QAM	3/4	175.50	195.00	364.50	405.00
23	3	64-QAM	5/6	195.00	216.70	405.00	450.00
24	4	BPSK	1/2	26.00	28.80	54.00	60.00
25	4	QPSK	1/2	52.00	57.60	108.00	120.00
26	4	QPSK	3/4	78.00	86.80	162.00	180.00
27	4	16-QAM	1/2	104.00	115.60	216.00	240.00
28	4	16-QAM	3/4	156.00	173.20	324.00	360.00
29	4	64-QAM	2/3	208.00	231.20	432.00	480.00
30	4	64-QAM	3/4	234.00	260.00	486.00	540.00
31	4	64-QAM	5/6	260.00	288.80	540.00	600.00

Fuente: Modulation and Coding Scheme, recuperado de: (gonzales, 2014)

2.9.2 Capa MAC

Mejora la capa MAC reduciendo la transmisión de encabezados, permitiendo que varias tramas de datos sean enviadas como una sola transmisión. Además, reduce el espacio entre tramas logrando transmisiones en menor tiempo, liberando rápidamente el canal para uso de otras transmisiones aumentando el Throughput.

2.9.2.1 Agregación

Chávez, (2009) menciona que: “802.11n introduce la agregación de paquetes con el fin de reducir el overhead asociado al preámbulo y campos de la trama MAC”. (p. 18) estos métodos se muestran en la figura 19.

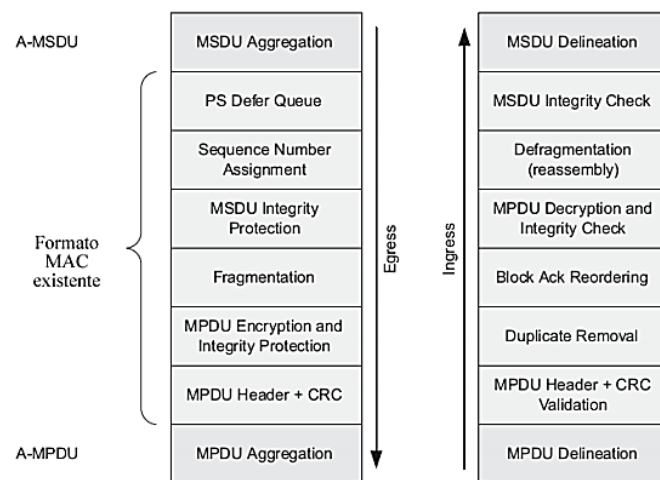


Figura 19: Agregación A-MSDU y A-MPDU

Fuente: Agregación de paquetes, recuperado de (Chávez, 2009, pág. 18)

Para esto se utiliza dos técnicas.

- A-MSDU (MAC Service Data Units agregada): Agrega múltiples tramas Ethernet con destino común como se ve en la figura 20, ensamblándolas en una única trama 802.11 para transmitirla. Este mecanismo es el más efectivo por utilizar el formato original de la trama Ethernet cuya cabecera es pequeña en comparación la 802.11. Los MSDUs recibidos de la capa LLC destinados al mismo receptor y de igual categoría pueden ser acumulados en un solo MPDU. (Chávez, 2009)

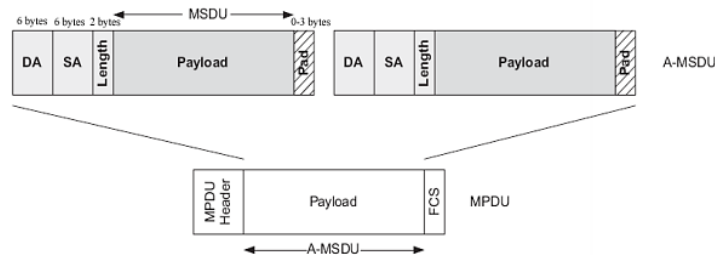


Figura 20: Encapsulamiento A-MSDU

Fuente: Diagrama A-MSDU, recuperado de: (Chávez, 2009, pág. 19)

- A-MPDU (MAC Service Data Units agregada): Este método mostrado en la figura 21 es distinto al A-MSDU ya que no une las tramas, sino que las traduce a formato 802.11 para luego enviarlas a un destino común sin necesidad de ensamblarlas. (Chávez, 2009).

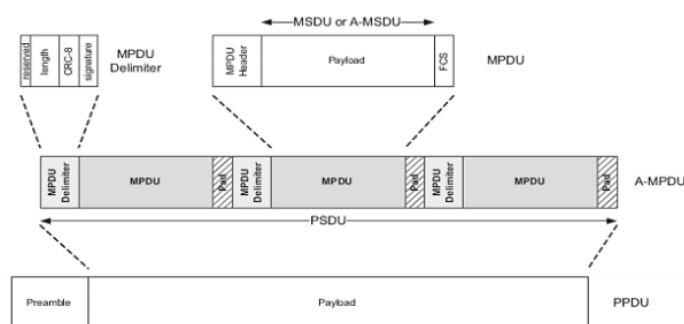


Figura 21: Encapsulamiento A-MPDU

Fuente: Diagrama A-MPDU, recuperado de: (Chávez, 2009, pág. 19)

2.9.2.2 *Block Acknowledgement*

En estándares 802.11 anteriores se tenía una trama de acuse de recibo ACK para cada trama unicast transmitida. Esta nueva función de acuse de recibo permite que una sola trama ACK abarque un a un grupo de tramas recibidas. Útil para en aplicaciones como streaming de video y otras que requieren altas velocidades de transmisión. El formato de del acuse de recibo Block ACK es el de un mapa de bits que confirma tramas pendientes, mecanismo definido inicialmente en 802.11e. (Thornycroft, 2007)

2.9.2.3 *Ahorro de energía por multiplexado espacial*

Mediante este mecanismo el cliente notifica al punto de acceso de su estado de ahorro de energía, y posteriormente se suspende. Solo actúa ante la multidifusión de DTIM ((Delivery Traffic Indication Maps - Mapas de indicación de entrega de tráfico) dadas por el punto de acceso que acumula el tráfico recibido por las estaciones en suspensión. (Thornycroft, 2007)

2.9.2.4 *Ahorro de energía multi-consulta, PSMP (Power Save Multi-Poll)*

Tecnología adoptada del estándar 802.11e. Se tiene dos tipos: PSMP programado y no programado.

- 1. PSMP no programado (U-PSMP):** En la figura 22, cada intervalo de suspensión se considera y señala de forma independiente, siendo el cliente quien determina cuando reactivarse para la transmisión o recepción. Cuando la estación desea

comunicase envía una trama de activación al AP tras lo cual se realiza la transferencia de datos. (Thornycroft, 2007)

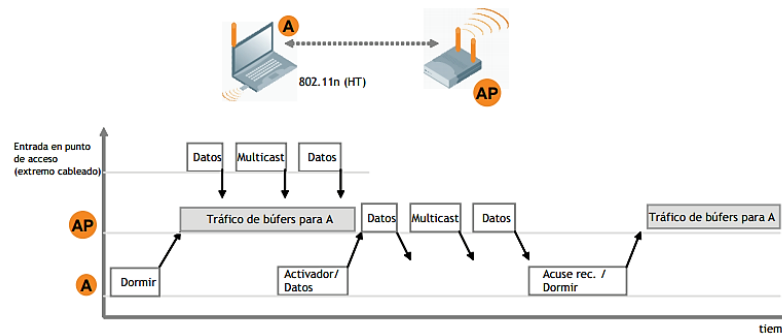


Figura 22: MSMP programado

Fuente: (Thornycroft, 2007, pág. 34)

2. PSMP programado (S-PSMP): La estación solicita al AP reserva para una T-Spec (especificación de tráfico) detallando: velocidad de datos, tamaño de la trama y prioridad de datos que desea enviar y recibir como muestra la figura 23. De existir varias peticiones el AP define una planificación para cada cliente informando a otras estaciones que no pueden transmitir durante esos intervalos. (Thornycroft, 2007) De esta manera se transmite tráfico streaming o periódico de manera eficaz al no existir competencia por el medio, pues todo depende de una planificación.

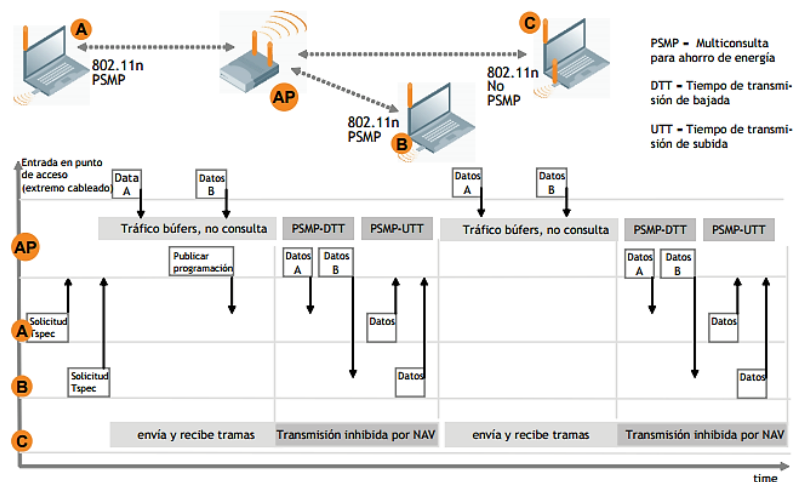


Figura 23: PSMP programado

Fuente: (Thornycroft, 2007, pág. 35)

2.9.2.5 Compatibilidad con versiones anteriores

Estaciones 802.11 a/b/g tendrán conexión con puntos de acceso 802.11n, pero no podrán hacer uso de sus funciones, degradado así el rendimiento de la red.

2.9.2.6 Modos de alto rendimiento (HT, High-throughput)

Según requisitos de compatibilidad con estaciones 802.11 a/b/g, 802.11n define tres tipos de compatibilidad que se describen en la figura 24.

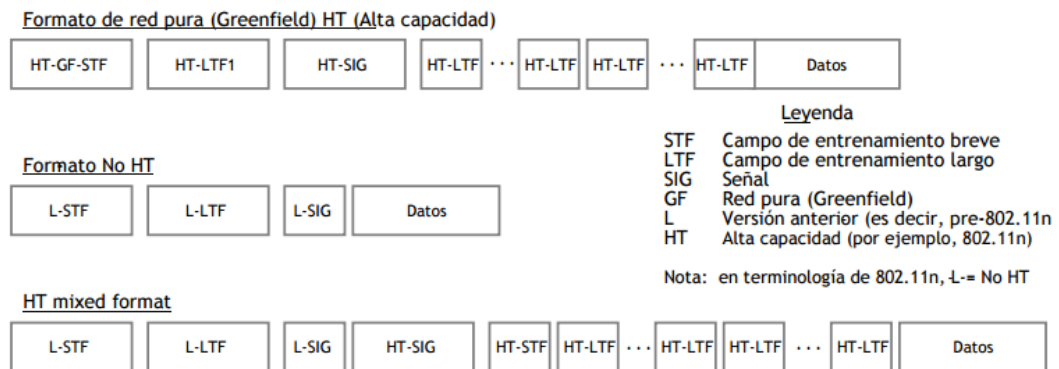


Figura 24: Modos de alto rendimiento HT 802.11n

Fuente: Modos HT, recuperado de: (Thornycroft, 2007, pág. 37)

- Para HT de red pura (HT de alto rendimiento), Thornycroft. (2007) indica que: “El Access Point no espera conectar con ningún cliente 802.11 de versiones anteriores asumiendo que no existe alguno en sus cercanías”. (p. 37)
- Para HT de formato mixto, Thornycroft. (2007) indica que: “Ofrece compatibilidad con versiones anteriores: se puede utilizar en canales de 40 MHz siempre y cuando sea compatible”. (p. 37)

- Para HT (para versiones anteriores), Thornycroft. (2007) indica que: “Es un modo de compatibilidad con versiones anteriores. No ofrece rendimiento adicional, pero es compatible. No se puede utilizar con canales de 40 MHz”. (p.37)

2.10 SEGURIDAD EN REDES 802.11

WIFI tiene la ventaja de operar en una banda de frecuencias sin licencia; sin embargo, presenta cierta vulnerabilidad al permitir que cualquier tipo de usuario, con el equipo adecuado tenga conexión a la red a través de un punto de acceso, siendo necesario la aplicación de algún tipo de seguridad. (WNDW, 2013)

2.10.1 Seguridades mediante Autenticación y Control de Acceso

Se autentica a los usuarios asociándolos a la red tras validar algún tipo de contraseña.

2.10.1.1 Filtrado MAC

Una dirección MAC consiste en un número de 48 bits, único para un dispositivo de red inalámbrico o Ethernet asignado por su fabricante. Un filtrado MAC, consiste en autenticar a los usuarios en base a estas direcciones. El AP (punto de acceso), mantiene una tabla definida de direcciones MAC de los dispositivos que tendrán acceso a la red. Cualquier otro dispositivo cuya dirección MAC no está registrada en esta tabla, no podrá asociarse con el punto de acceso. (WNDW, 2013)

2.10.1.2 WEP (*Wired Equivalent Privacy - Protocolo de equivalencia con red cableada*)

Es un método de encriptación muy utilizado en redes WIFI 802.11 operativo en la capa 2 del modelo OSI. Utiliza un algoritmo de encriptación RC4 con una clave secreta de 40 bits compartida entre el usuario y el punto acceso. Esta clave encripta los datos antes de ser transmitidos. WEP presenta la desventaja de utilizar una clave fija, si cualquier atacante que escucha el medio logra descifrarla, podrá asociarse al punto de acceso. (WNDW, 2013)

2.10.1.3 WPA (*Wi-Fi Protected Access - Acceso Wi-Fi protegido*).

Protocolo de autenticación de la capa de enlace de datos, Fue creado para solucionar los problemas de encriptación WEP, mejorando el cifrado de datos y un mecanismo de autenticación. Plantea un protocolo de cifrado TKIP (Temporary Key Integrity Protocol), el cual cambia la clave compartida cliente-punto de acceso cada cierto tiempo y aumentando su longitud de 40 a 128 bits, evitando ataques que releven la clave. (WNDW, 2013)

Según el tipo de red, WPA puede trabajar en dos modalidades:

Modo Red Empresarial. Para esto se requiere de la existencia de un servidor RADIUS en la red. El punto de acceso emplea 802.1x y EAP (Extensible Authentication Protocol) para la autenticación, y el servidor RADIUS suministra las claves compartidas que se usarán para cifrar los datos. (WNDW, 2013)

Modalidad de red casera, o PSK (Pre-Shared Key): Para cuando no se dispone de un servidor RADIUS en la red. Se introduce una contraseña compartida en el punto de acceso y en los dispositivos móviles. Únicamente podrán acceder al punto de acceso los dispositivos

cuya contraseña coincida con la del punto de acceso. Una vez logrado el acceso, TKIP entra en funcionamiento para garantizar la seguridad del acceso. Se recomienda el uso de contraseñas largas de más de 20 caracteres, pues se ha comprobado de WAP ser vulnerables a ataques de diccionario. (Alberto, s.f)

2.10.1.4 WPA2-PSK

WPA2 es la implementación del estándar completo IEEE 802.11i. La principal diferencia con WPA es el uso del algoritmo Sistema de Encriptación Avanzada (Advanced Encryption System) AES, mediante el protocolo de encriptación CCMP (Counter Mode with Cipher Block Chaining Message Authentication Code) un estándar de encriptación no vulnerado que cifra los datos en bloques y no bit a bit como lo hace TKIP. En la Tabla 2 se determina las principales diferencias entre WPA y WPA2. (Adastra, 2012)

Tabla 5 Diferencias entre WPA y WPA2

WPA	WPA2
<ul style="list-style-type: none"> • Solución intermedia que sirve de transición entre WEP y WPA 	<ul style="list-style-type: none"> • Solución definitiva (a largo plazo) que soporta completamente el estándar IEEE 802.11i
<ul style="list-style-type: none"> • No requiere ningún cambio en el hardware utilizado, ya que “hereda” directamente de WEP. Esto quiere decir, que, si un dispositivo ha utilizado WEP anteriormente, éste soportará WPA. Solamente será requerida la actualización del firmware. 	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere un cambio en el dispositivo de hardware utilizado para que soporte WPA2 y las características del estándar IEEE 802.11i. Esto quiere decir que si un dispositivo ha utilizado anteriormente WEP posiblemente no soportará WPA2 y sea requerido utilizar un hardware (tarjeta de red) más moderna.
<ul style="list-style-type: none"> • Usa TKIP que se encuentra basado en WEP, pero implementa algunas características de seguridad adicionales que le hacen bastante llamativo y difícil de crackear. 	<ul style="list-style-type: none"> • Usa CCMP el cual se encuentra basado en AES el cual es sustancialmente más seguro que cualquiera de las implementaciones basadas en WEP existentes.

Fuente: Diferencias WPA y WPA2 (Adastra, 2012)

2.10.2 Seguridades Basadas en la Identidad

En este tipo de seguridad cada usuario es autenticado en forma individual validando sus credenciales en base a un directorio o base de datos, mediante el uso del protocolo RADIUS.

2.10.2.1 802.1X.

802.1X descrito en la figura 25, es un protocolo de capa 2 que puede ser usado para autenticación de redes inalámbricas o cableadas y engloba varias tecnologías. Describe la interacción entre el dispositivo cliente (Supplicant, en 802.1X) y el Punto de Acceso (Access Point) o Conmutador (Autenticador), así como la interacción entre el Punto de Acceso o Conmutador y un servidor RADIUS del administrador (Servidor de Autenticación), el cual verifica las credenciales del usuario en un directorio (o un archivo plano si fuera el caso. (WNDW, 2013)

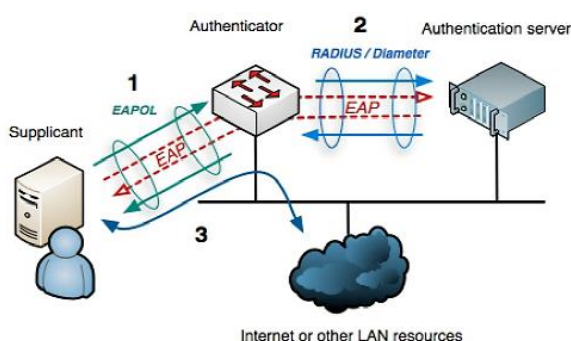


Figura 25: Uso de 802.1X con túnel EAP para acceso a la red

Fuente: (WNDW, 2013, pág. 167)

802.1X describe cómo transportar las credenciales del usuario desde el dispositivo cliente al servidor de autenticación de manera transparente para el autenticador u otro

dispositivo utilizando EAP (Extensible Authentication Protocol, Protocolo Extensible de Autenticación). EAP define una forma genérica de encapsular las credenciales y transportarlas desde un supplicant (software cliente) a un servidor de autenticación (servidor RADIUS). Existen múltiples tipos de EAP, algunos considerados como estándares y otros como soluciones propietarias:

EAP-LEAP: (Lightweight Extensible Authentication Protocol) es una autenticación 802.1x propietaria de Cisco. Soporta autenticación en forma manual cliente- servidor introduciendo un nombre un nombre y contraseña proporcionando encriptación dinámica para cada sesión. (Ariganello & Barrientos Sevilla, 2010)

Cuenta con las siguientes características:

- Roaming rápido y seguro a nivel de capa 2 y 3
- Un solo login del Directivo Activo de Microsoft
- Soportado por un amplio rango de sistemas operativos (Linux, Mac, Microsoft, DOS)

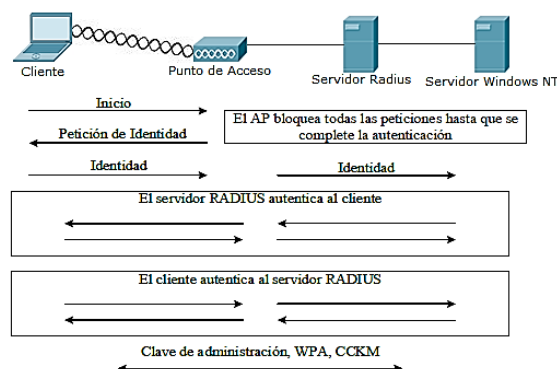


Figura 26: Proceso de Autenticación Cisco LEAP

Fuente: (Ariganello & Barrientos Sevilla, 2010, pág. 875)

EAP-FAST: (Extensible Authentication Protocol-Flexible Authentication via Secure Tunneling) desarrollado inicialmente por Cisco para posteriormente ser estandarizado. Adecuado para clientes que no pueden implementar políticas de seguridad con contraseñas complejas y no requieren del uso de certificados digitales (Ariganello & Barrientos Sevilla, 2010).

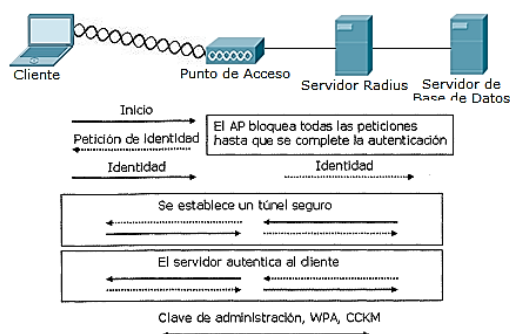


Figura 27: Proceso de Autenticación EAP-FAST

Fuente: (Ariganello & Barrientos Sevilla, 2010, pág. 877)

EAP-TLS: (Extensible Authentication Protocol-Transport Layer Security) utiliza el protocolo TLS (Transport Layer Security) proporcionando transferencia de datos de manera segura para redes públicas como Internet. EAP-TLS utiliza PKI por lo que cliente y servidor obtienen un certificado digital desde una autoridad certificadora, demostrando de esta manera su autenticidad. (Ariganello & Barrientos Sevilla, 2010)

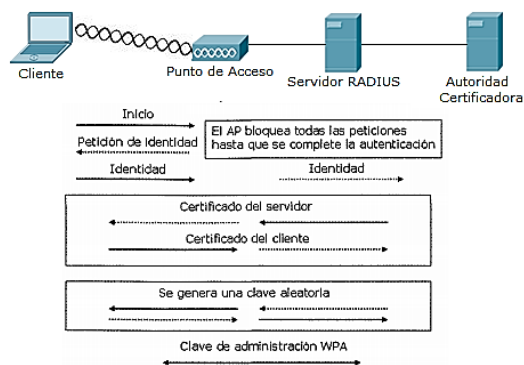


Figura 28: Proceso de Autenticación EAP-TLS

Fuente: (Ariganello & Barrientos Sevilla, 2010, pág. 878)

PEAP: (Protected Extensible Authentication Protocol) desarrollado por Cisco Systems, Microsoft y RSA Security y posteriormente estandarizado por la IEEE. Utiliza PKI (Public-Key Infrastructure) y los certificados digitales solo es obligatorio instalarlos en el servidor mas no en los clientes.

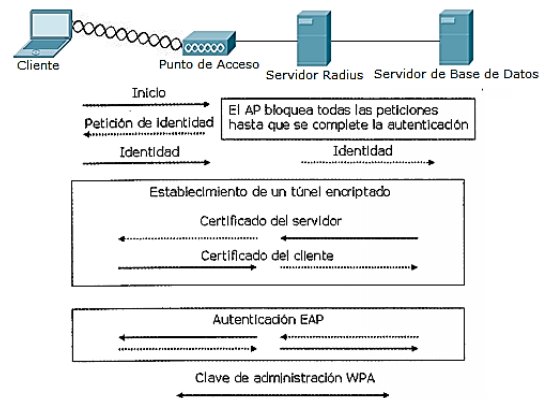


Figura 29: Proceso de Autenticación PEAP

Fuente: (Ariganello & Barrientos Sevilla, 2010, pág. 879)

EAP-TTLS: Es un sistema de autenticación basado en la identificación del usuario y contraseña que se transmite cifrados mediante TLS; es decir, se crea un túnel mediante TLS por el que se transmiten el usuario y contraseña. A diferencia de EAP-TLS solo requiere un certificado del servidor. (Ariganello & Barrientos Sevilla, 2010)

2.10.2.2 Portales Cautivos.

Utiliza un navegador web estándar para darle al usuario inalámbrico la posibilidad de presentar sus credenciales de registro. Los portales cautivos funcionan en prácticamente todas las computadoras portátiles y sistemas operativos. Generalmente se utilizan en redes abiertas que no tienen otro método de autenticación (como WEP o filtros MAC). (WNDW, 2013)

La figura 30 presenta un escenario de portal cautivo para acceso a la web.

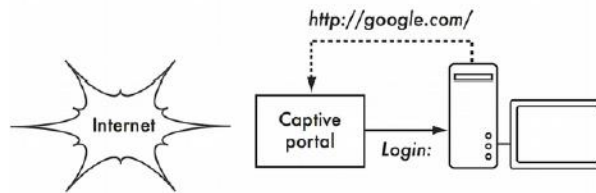


Figura 30: Portal Cautivo

Fuente: Escenario de un portal cautivo, recuperado de: (WNDW, 2013, pág. 163)

2.10.2.3 VPN (Virtual Private Network).

Una red privada virtual (Virtual Private Network, VPN) emplea tecnologías de cifrado para crear un canal virtual privado sobre una red de uso público. Funcionan sobre cualquier tipo de hardware inalámbrico y superan las limitaciones de WEP. Esta lista de acceso o VLAN únicamente debe permitir el acceso del cliente inalámbrico a los servidores de autorización y autenticación de la VPN. (WNDW, 2013)

2.10.3 Seguridad Mediante Encapsulado de Datos

Consisten en mecanismos de encriptación de extremo a extremo protegiendo los datos de usuario, cifrando desde una sencilla transacción de correo electrónico, a encapsular todo el tráfico IP, incluyendo búsquedas en servidores DNS y otros protocolos. (WNDW, 2013)

- TLS (Transport Layer Security - seguridad de la capa de transporte): TLS (Transport Layer Security) está incorporada virtualmente en todos los navegadores web y muchas otras aplicaciones. Usa criptografía de clave

pública y una infraestructura de clave pública (PKI) confiable asegurando la comunicación de los datos en la web. Su implementación incorporada en los navegadores incluye certificados de organizaciones llamadas Autoridades de Certificación, validando la identidad del usuario de red y/o proveedor asegurando que son quienes dicen ser extendiéndole un certificado que lo autentique. (WNDW, 2013) La Figura 31 representa un escenario de aplicación para TLS.

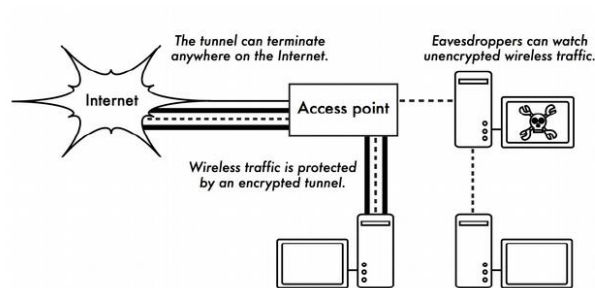


Figura 31: Encriptación TLS

Fuente: Encapsulado de datos TLS, recuperado de: (WNDW, 2013, pág. 173)

- SSH (Secure Shell - Intérprete de órdenes seguro): Actúa como un túnel encriptado muy seguro sustituto de telnet como se muestra en la figura 32.

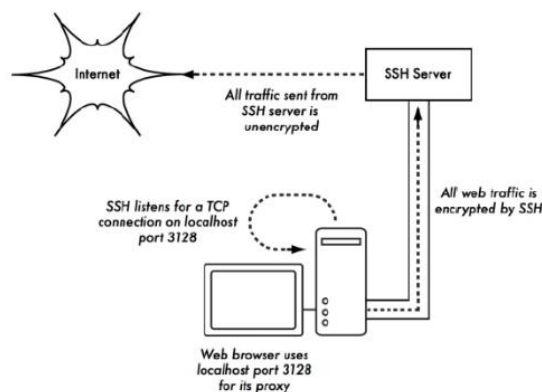


Figura 32: Túnel SSH

Fuente: Túnel SSH, recuperado de: (WNDW, 2013, pág. 176)

De manera similar a TLS utiliza criptografía de clave pública para la verificación del servidor remoto y el cifrado de los datos. No usa PKI sino una cache con clave de huella digital que es comprobada antes de autorizar la conexión. (WNDW, 2013)

2.11 TOPOLOGÍAS DE REDES INALÁMBRICAS

Una red inalámbrica, no sea necesariamente una red Wifi puede estar constituida por la combinación de una o más topologías. Realizar el análisis de una red puede resultar complejo, pero sí se reduce a porciones similares a una de las topologías, se podrá realizar fácilmente el análisis del flujo de datos en la red. (Physics, 2010)

2.11.1.1 Punto a Punto

Constituye el tipo de conexión más básico. Se utiliza este tipo de topología para extender a red a grandes distancias mediante antenas como en la figura 33.

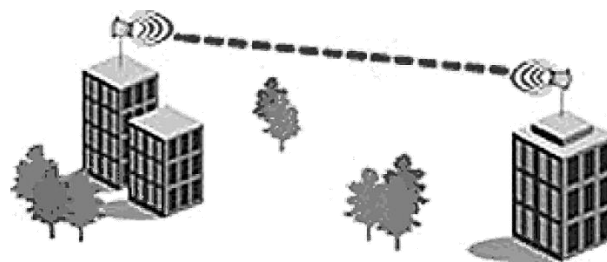


Figura 33: Topología Inalámbrica Punto a Punto

Fuente: Red Inalámbrica Punto a Punto, extraído de: <http://www.info-ab.uclm.es/labelec/solar/Comunicacion/Wifi/images/50.gif>

Los enlaces punto a punto ofrecen transmisión con mayor ancho de banda que otro tipo de configuraciones ya que toda la comunicación se produce únicamente entre dos puntos (nodos). (Physics, 2010)

2.11.1.2 Punto a Multipunto

Cuando más de un nodo debe comunicarse con un punto central se tiene una red de topología punto a multipunto. Es el tipo de topología común entre access point (AP) y clientes como muestra la figura 34. Su diseño es distinto al de una red punto a punto teniendo un desempeño complejo que resulta en la disminución de ancho de banda transmitido por el AP dividido entre los usuarios. (Physics, 2010)

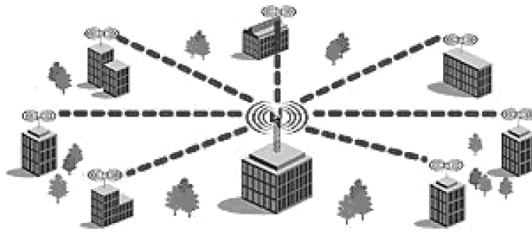


Figura 34: Topología Inalámbrica Punto a Multipunto

Fuente: Red Inalámbrica Punto a Multipunto, extraído de: <http://www.info-ab.uclm.es/labelec/solar/Comunicacion/Wifi/images/51.gif>

2.11.1.3 Multipunto a Multipunto

Cuando el nodo de una red puede comunicarse con otro se dice que se tiene una topología multipunto a multipunto llamada también red en malla (mesh) o ad-hoc. Su diseño es mucho más complejo como se ve en la figura 35, pero de mayor flexibilidad que redes punto a multipunto. (Physics, 2010)

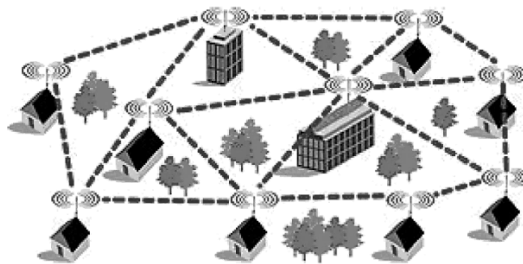


Figura 35: Topología Inalámbrica Punto a Punto

Fuente: Esquema de topología multipunto a multipunto, extraído de: <http://www.info-ab.uclm.es/labelec/solar/Comunicacion/Wifi/images/52.gif>

2.12 ANTENAS

Una antena básicamente se considera como un dispositivo conductor metálico diseñado para la emisión y recepción de ondas electromagnéticas, transformando la energía eléctrica en ondas electromagnéticas en antenas transmisoras y a la inversa para antenas receptoras.

2.12.1 Tipos de Antenas

La forma más común de realizar una clasificación de las antenas es mediante la forma de su radiación y dirección mostrado en la figura 36, de esta manera se tiene 3 tipos de antenas.

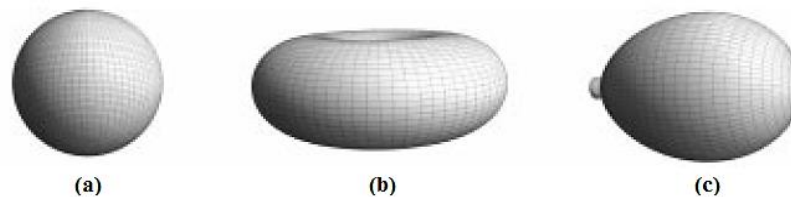


Figura 36: Tipos de antenas de acuerdo al tipo de radiación (a) Isotrópico, (b) Omnidireccional y (c) Directivo

Fuente: (Aznar, Roca , & Ruis Casals , 2002, pág. 22)

2.12.1.1 Antenas Isotrópicas

Consiste en antenas cuya radiación de potencia se transmite uniformemente en todas direcciones y su diagrama de radiación es visto como una esfera. En la práctica no es posible obtener este tipo de antenas, pero se puede realizar estudios matemáticamente y su patrón de radiación, directividad y ganancia sirven como escala de comparación para estudio de otras antenas. (Aznar, Roca , & Ruis Casals , 2002)

2.12.1.2 Antenas Omnidireccionales

Son antenas cuya radiación de potencia se trasmite en todas las direcciones de un plano de distribución relativamente uniforme, teniendo una escasa radiación en el eje debido a limitaciones físicas de la antena. Este tipo de antenas se utiliza para transmisión de señales a muchos receptores o cuando la posición del receptor se desconoce abracando así la mayor cantidad de espacio. (Aznar, Roca , & Ruis Casals , 2002)

2.12.1.3 Antenas Direccionales (Directivas)

Este tipo de antenas radian o reciben la radiación en una dirección específica, limitando la mayor cantidad de radiación en otras direcciones. Son necesarias para transmitir una gran cantidad de información, concentrando la mayor cantidad de potencia en un área pequeña. También se utilizan cuando no se desea que la señal transmitida sea captada por receptores ajenos al sistema inconscientemente o de manera intencional. (Aznar, Roca , & Ruis Casals , 2002)

2.12.2 Parámetros

2.12.2.1 Diagrama de radiación

Es la representación gráfica de las propiedades de radiación de una antena, en función de las direcciones del espacio normalmente mediante un sistema de coordenadas esféricas, hasta una distancia fija (Aznar, Roca , & Ruis Casals , 2002). La antena situada en el origen y la distancia constante, el campo eléctrico se expresará en función de las variables angulares

(θ, ϕ) . Puede representarse en forma tridimensional en los planos eléctrico (E) y magnético (H) con niveles en decibelios respecto al máximo de radiación. (Aznar, Roca , & Ruis Casals , 2002)

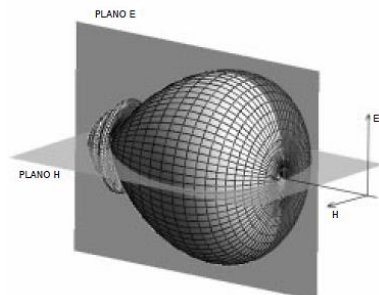


Figura 37: Diagrama de Radiación Tridimensional

Fuente: (Aznar, Roca , & Ruis Casals , 2002, pág. 20)

La representación en coordenadas cartesianas permite observar los detalles en antenas muy directivas, mientras que el diagrama polar suministra una información más clara de la distribución de la potencia en las diferentes direcciones del espacio como el diagrama de la figura 38.

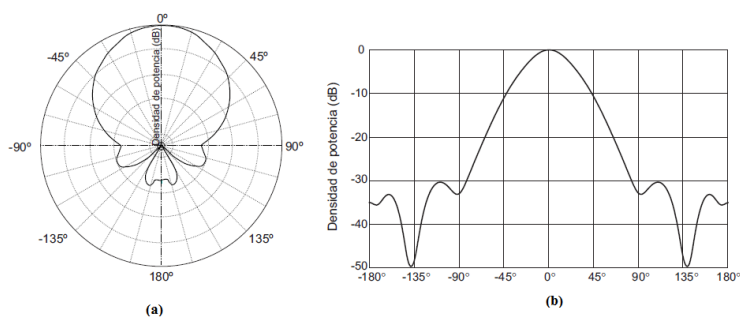


Figura 38: Diagrama de radiación: (a) Coordenadas polares, (b) Coordenadas cartesianas

Fuente: (Aznar, Roca , & Ruis Casals , 2002, pág. 21)

En un diagrama típico de radiación, se aprecian zonas en las que la radiación es máxima y se denomina haz principal o lóbulo principal. Las zonas que rodean a los máximos

de mayor amplitud se denominan lóbulos laterales y al lóbulo lateral de mayor amplitud se lo denomina lóbulo secundario. (Aznar, Roca , & Ruis Casals , 2002)

2.12.2.2 Directividad

La directividad de una antena define la relación entre la densidad de potencia radiada en una dirección, a una distancia determinada, y la densidad de potencia que radiaría a la misma distancia una antena isotrópica que radiase la misma potencia que la antena. Es decir una antena isotrópica que emite ondas de radio uniformemente en todas direcciones, mientras que para una antena práctica que la potencia es mayor en algunas direcciones, al hacer una comparación tendremos que la potencia de la antena práctica en algunas direcciones es mayor que la isotrópica (Aznar, Roca , & Ruis Casals , 2002).

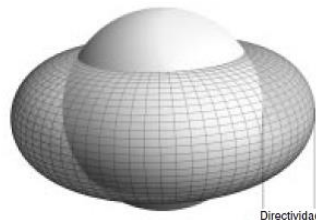


Figura 39: Directividad de una antena

Fuente: (Aznar, Roca , & Ruis Casals , 2002, pág. 22)

2.12.2.3 Polarización

Una onda electromagnética está conformada por un campo eléctrico y magnético que se propagan juntos por el espacio, la polarización corresponde a la orientación del vector de campo eléctrico en función de la posición y el tiempo $\vec{E}(\vec{r}, t)$ en un punto fijo al transcurrir el tiempo (Telecomunicaciones, s.f) . Se tienen dos tipos de polarización.

Polarización Lineal. El vector campo eléctrico se mantiene en el mismo plano del eje de la antena todo el tiempo. Se tiene dos tipos:

- Polarización Horizontal: el vector eléctrico se halla en un plano horizontal
- Polarización Vertical: el vector eléctrico se halla en un plano vertical

Polarización circular. El vector de campo eléctrico rota en movimiento circular en la dirección de propagación, esta rotación puede ser hacia la derecha o izquierda. Polarización elíptica, cuando el vector eléctrico gira, describiendo en su extremo una elipse. Puede considerarse como la resultante de componentes polarizadas verticalmente y horizontalmente y difieren en fase y/o amplitud. (Telecomunicaciones, s.f)

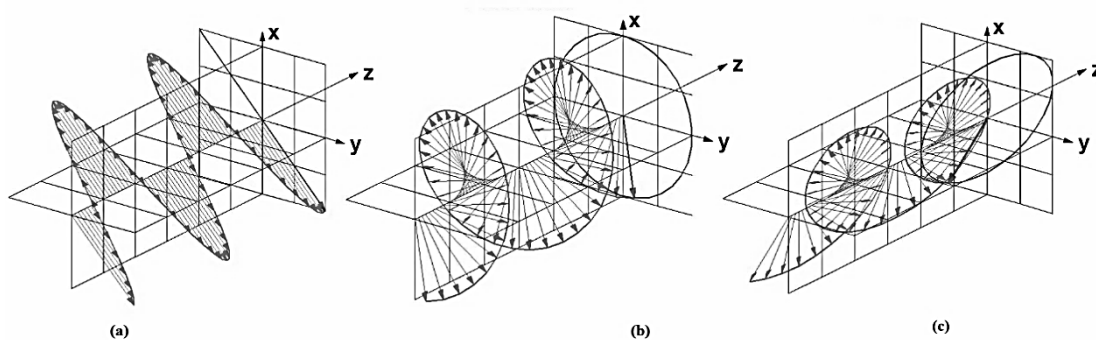


Figura 40: Polarización de una Antena (a) Lineal, (b) Circular y (c) Elíptica

Fuente: Clasificación de Polarización, Nave. (s.f)

2.12.2.4 Impedancia de entrada

La radiación de potencia de una antena es el resultado del flujo de corriente desde un transmisor con conexión mediante una línea de transmisión o guía de onda hasta la antena. Deberán adaptarse para obtener una máxima transferencia de potencia. Si la impedancia de salida del transmisor y la impedancia de entrada de la antena son iguales a la impedancia

característica de la línea de transmisión, no habrá onda estacionaria en la línea y habrá una máxima transferencia de potencia que será irradiada.

La impedancia de entrada de una antena es la relación de voltaje a corriente de entrada a la misma, para su cálculo se realiza a través de la Ecuación 1 según Aznar, Roca , & Ruis Casals (2002), pág. 25.

$$Z_{ent} = \frac{E_i}{I_i} \quad (1)$$

Donde:

Z_{ent} = impedancia de entrada a la antena (ohm)

E_i = voltaje de entrada a la antena (volts)

I_i = corriente de entrada de la antena (amperios)

2.12.2.5 Ganancia [dB] y Eficiencia

Corresponde a la relación entre la potencia de entrada y la potencia de salida de la antena. Es una comparación de cuanta energía irradia una antena en cuestión comparándola con la que saldría de una isotrópica. Una antena con baja eficiencia presenta problemas de absorción de potencia o su reflexión debido a malos acoplamientos con las impedancias. (Aznar, Roca , & Ruis Casals , 2002)

2.12.2.6 Ancho de Banda

Se define al rango de frecuencias en las que la antena transmite o recibe energía de forma apropiada. El ancho de banda puede ser considerado como el rango de frecuencias, alrededor de una frecuencia central (usualmente la frecuencia de resonancia para un dipolo), donde las características de la antena: impedancia de entrada, patrón de radiación, ancho

de haz, polarización, nivel del lóbulo lateral, ganancia, dirección del haz y eficiencia de radiación, están dentro de un valor aceptable de los asignados de la frecuencia central (Antenaruval, s.f).

2.13 RADIOENLACES

Expomaquinaria, (2016) afirma que: “Se denomina radio enlace a cualquier interconexión entre los terminales de telecomunicaciones efectuados por ondas electromagnéticas. Si los terminales son fijos, el servicio se lo denomina como tal y si algún terminal es móvil, se lo denomina dentro de los servicios de esas características. Usa como medio de comunicación el espacio mediante dispositivos denominados antenas. La figura 41 muestra el ejemplo para un radioenlace”.

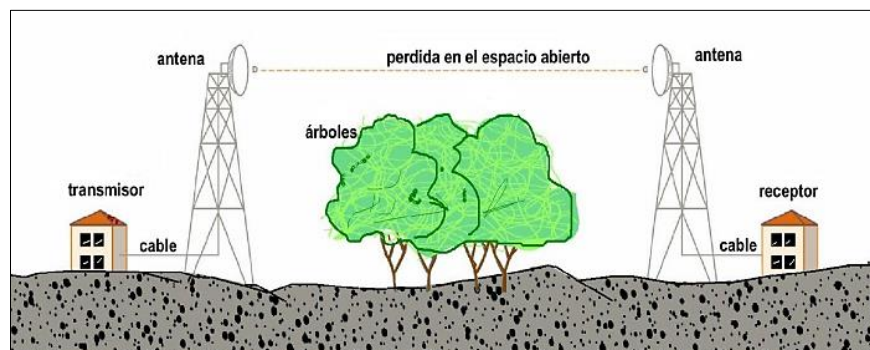


Figura 41: Trayectoria completa de transmisión entre el transmisor y receptor

Fuente: Radio enlace, recuperado de: (Buettrich, 2007, pág. 4)

Independientemente del equipo con que se cuente o despeje de la línea de vista que exista, es necesario calcular algo denominado “presupuesto de potencia del enlace”. Un presupuesto de potencia para un enlace punto a punto se define como el cálculo de ganancias y pérdidas desde el radio transmisor, cables, conectores y espacio libre hasta el receptor. La sobrecarga de potencia no necesariamente garantiza un enlace adecuado, pues podría causar

problemas a otros usuarios del espectro e incluso degradar la calidad de nuestros enlaces (Buettrich, 2007, pág. 4).

Un presupuesto de radio enlace completo será la suma total de pérdidas y ganancias (en dB) de la señal en todo su trayecto como se muestra en la figura 42.

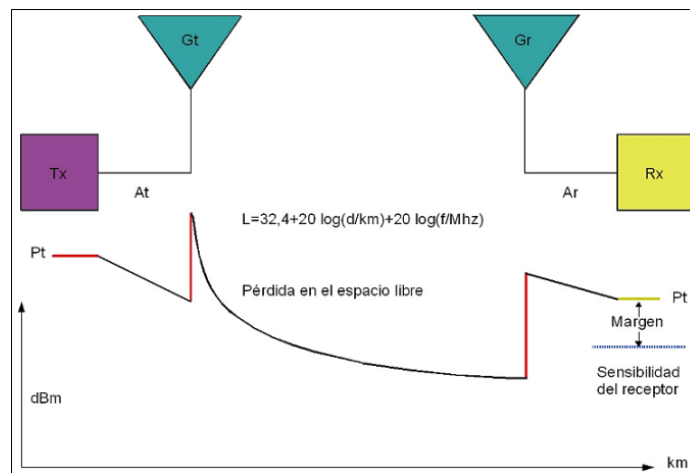


Figura 42: Potencia en dB en función de la distancia para un radioenlace

Fuente: Diagrama de cálculo de potencia, recuperado de: (Buettrich, 2007, pág. 5)

Para determinar el presupuesto de potencia se aplicará la Ecuación 2 según lo establecido en Buettrich (2007), pág. 4.

$$\begin{aligned} &\text{Potencia del transmisor [dBm]} - \text{Pérdida en el cable TX [dB]} + \text{ganancia de antena TX} \\ &[\text{dBi}] - \text{Pérdidas en la trayectoria en el espacio abierto [dB]} + \text{ganancia de antena RX} \\ &[\text{dBi}] - \text{Pérdidas en el cable del RX [dB]} = \text{Margen} - \text{Sensibilidad del receptor [dBm]}. \end{aligned} \quad (2)$$

2.13.1 En Transmisión

2.13.1.1 Potencia de Transmisión

Corresponde a la potencia emitida por el radio transmisor y su valor máximo permitido depende de las regulaciones vigentes en cada país. Por lo general viene dada por las

especificaciones técnicas del equipo, pero hay que tomar en cuenta que se trata de valores ideales que pueden variar en función de factores como temperatura del medio y tensiones de alimentación eléctrica. (Buettrich, 2007, pág. 5)

2.13.1.2 Pérdida del Cable

Independientemente del tipo de cable siempre existirán pérdidas con valores de entre 0,1 a 1 dB. Su magnitud depende del tipo de cable utilizado, así como de la frecuencia de operación. Se recomienda cables lo más cortos, gruesos y rígidos posibles, pues presentan una menor atenuación. (Buettrich, 2007, pág. 6)

2.13.1.3 Pérdidas en los Conectores

Dependiendo del tipo de conector utilizado se aconseja una revisión de datos técnicos. La pérdida vendrá dada en función de la frecuencia de trabajo. Por regla general se aconseja tomar valores promedio de entre 0.3 a 0.5 dB. (Buettrich, 2007, pág. 7)

2.13.1.4 Pérdidas de Propagación

Las pérdidas en propagación se producen durante el trayecto de la señal desde transmisión a recepción.

2.13.1.5 Ganancia de la Antena

La ganancia de la antena expresada en dBi puede verse afectada principalmente por una incorrecta instalación de la antena. Este valor viene dado por el fabricante. (Buettrich, 2007, pág. 8)

2.13.1.6 Pérdidas en el espacio libre

La pérdida en el espacio libre (FSL) mide la potencia perdida en el espacio libre sin ninguna clase de obstáculos. Esta pérdida se produce debido a que una onda pierde energía al irradiarse en direcciones distintas en las que la antena receptora no puede captar. Ésta pérdida es mayor a frecuencias de 5 GHz que a frecuencias de 2.4 GHz. La figura 43 muestra la pérdida de potencia de una señal a medida que se propaga en el espacio libre en dos frecuencias.

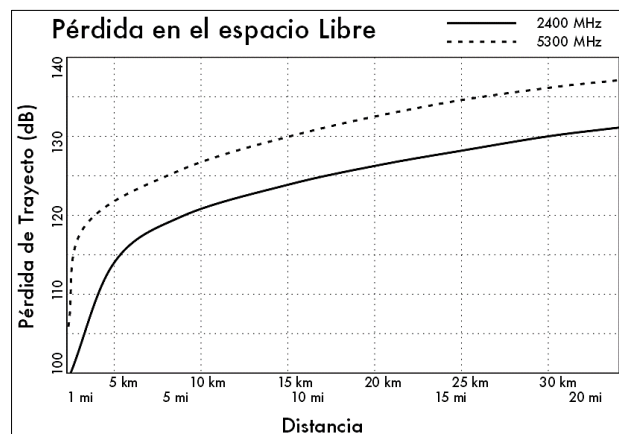


Figura 43: Pérdidas en el espacio libre

Fuente: Pérdida en espacio libre, recuperado de: (Salam, 2011, pág. 6)

Para el cálculo de pérdidas de potencia en el espacio libre se utiliza la Ecuación 3 según Salam (2011) pág. 6:

$$PEA(\text{dB}) = 20\log_{10}(d) + 20\log_{10}(f) + K \quad (3)$$

Dónde:

d = distancia

f = frecuencia

K = constante que depende de las unidades usadas en d y f

Para el caso de tomar d en [m] y f en [Hz] resulta $k = -187,5$

Para el caso de tomar d en [Km] y f en [MHz] resulta $k = 32,4$

Para el caso de tomar d en [Km] y f en [GHz] resulta $k = 92,4$

2.13.2 En Recepción

2.13.2.1 Ganancia de la antena desde en recepción

Los cálculos son similares son idénticos para el lado transmisor

2.13.2.2 Sensibilidad del Receptor

Representa el menor nivel de señal en recepción medida en [- dBm], de tal manera que el equipo receptor demodule y decodifique el paquete de datos sin error o tasa de error determinado. En radios digitales se especifica éste valor se especifica para un determinado *Bit-Rate*, si éste nivel de señal es menor se tendrá un menor *Bite-Rate*. (Balaco, 2008).

De manera general para equipos 802.11 se define los siguientes valores:

- 11 Mbps \geq - 82 [dBm]
- 5.5 Mbps \geq - 87 [dBm]
- 2 Mbps \geq - 91 [dBm]
- 1 Mbps \geq -94 [dBm]

2.13.2.3 Potencia de Umbral

Por lo general corresponde a un dato técnico del equipo en el valor de potencia recibida por una antena que asegura una tasa de error BER 10^{-3} y 10^{-6} .

2.13.2.4 Margen Respecto al Umbral

Se trata de un valor en [dBm] obtenido de la diferencia entre la potencia nominal de recepción y la potencia de umbral en recepción. Este valor se calcula aplicando la Ecuación 4 según Salam (2011), pág. 9.

$$M_U(\text{dB}) = P_{RX}(\text{dBm}) - P_U(\text{dBm}) \quad (4)$$

2.13.2.5 Margen de desvanecimiento

Es el resultado de las pérdidas producidas por perturbaciones meteorológicas como lluvia, nieve, granizo, multi-trayectoria, etc. Para determinar el desvanecimiento temporal se toma en cuenta una pérdida adicional de transmisión a la pérdida en trayectoria normal, a esta pérdida se la denomina margen de desvanecimiento. Se establece una pérdida de 10 dB para un enlace en condiciones normales la cual se relaciona al margen respecto al umbral. Este parámetro se calcula mediante la Ecuación 5, según Salam (2011), pág. 6.

$$FM(dB) = 30 \log d + 10 \log 6ABf - 10 \log(1 - R) - 70 \quad (5)$$

Dónde:

d: Longitud del trayecto en Km

f: Frecuencia del enlace en GHz

R: Confiabilidad en decimales 99.999% = 0.999 de confiabilidad

1-R: Objetivo de confiabilidad para una ruta de 400 km en un sentido

A: Factor de rugosidad del terreno

B: Factor climatológico con la peor probabilidad

Para determinar el valor de los factores A y B del margen de desvanecimiento se tomará en cuenta.

De acuerdo al tipo de rugosidad se tiene:

- Espejos de agua, ríos muy anchos, etc. 4.00
- Sembrados densos; pastizales; Arenales 3.00
- Bosques (la propagación va por encima) 2.00
- Terreno Normal 1.00
- Terreno Rocoso (muy) despejado 0.15

De acuerdo al tipo de clima:

- Área marina o condiciones de peor mes 1.00
- Prevalen áreas calientes y húmedas 0.50
- Áreas mediterráneas de clima normal 0.25
- Áreas montañosas de clima seco y fresco 0.125

2.13.2.6 Potencia en Recepción

Para determinar el nivel de potencia obtenida en el receptor se toma en cuenta los parámetros descritos en la Ecuación 6 según Jácome Muñoz, Melenchón Ibarra, & Pérez Escudero (2012).

$$Pr = Pt - Lt + Gt - Lp + Gr - Lr \quad (6)$$

Donde:

Pr: Potencia en Recepción [dBm]

Pt: Potencia en Transmisión [dBm]

Lt: Pérdida en la línea de trasmisión entre el transmisor y la línea transmisora

Gt: Ganancia de la antena en transmisión [dBi]

Lp: Pérdidas de propagación en el espacio libre

Gr: Ganancia de la antena en recepción [dBi]

Lr: Pérdida de la línea de recepción entre la antena receptora y el receptor

2.13.2.7 Margen y Relación S/N

La relación entre ruido y señal se mide por la tasa de señal a ruido (S/N). Con valores típicos SNR de 16 dB a 11Mbps y 4 dB a velocidades menores que 1 Mbps. En escenarios con altos niveles de ruido (como -92dBm) se requiere un margen mayor. Su cálculo se realiza mediante la Ecuación 7 según Salam (2011), pág. 13.

$$\text{Relación señal a ruido [dB]} = \frac{10 \log_{10}(\text{Potencia de la señal [W]})}{\text{Potencia del ruido [W]}} \quad (7)$$

2.13.3 Presupuesto del enlace

Corresponde a la suma algebraica de ganancias y pérdidas en decibeles que se producen en el proceso transmisión de la señal.

Para calcular el presupuesto de enlace se aplica la Ecuación 8 según Salam (2011), pág. 15.

$$P_{TX} = U_{RX} - FM + A_{WGTX} - G_{TX} + FSL - G_{RX} + A_{WGTX} \quad (8)$$

Dónde:

P_{TX} : Potencia en Transmisión

U_{RX} : Sensibilidad en recepción

FM : Margen de desvanecimiento

A_{WGTX} : Pérdidas en cable o guía de onda en el transmisor

G_{TX} : Ganancia de la Antena de Transmisión

FSL : Pérdidas por espacio libre

G_{RX} : Ganancia de la Antena de recepción

A_{WGTX} : Pérdidas en cable o guía de onda en el receptor

2.13.4 Geometría de Radio Enlace

2.13.4.1 Zona de Fresnel

Ramírez, (2015) afirma que: “Un radioenlace necesita una línea de vista, también llamada LOS (Line of Sight), y un poco de espacio alrededor, definido por la primera zona de Fresnel, libre de obstáculos”. (pág. 220) Definición fundamentada en que:

- La antena es el foco primario de un frente de onda que se expande.
- Huygens establece que cada punto del frente de onda genera una onda esférica.
- Las ondas de una misma frecuencia pueden interferirse.

Sin embargo, en entornos reales la línea de vista puede verse obstaculizada por elementos como árboles, edificios, etc., impidiendo la visibilidad directa y dándose una condición de NLOS (Non Line of Sight), bajo esta situación la onda electromagnética se enfrenta a fenómenos como difracción, reflexión o dispersión. (Ramírez, 2015) La figura 44 muestra esta situación.

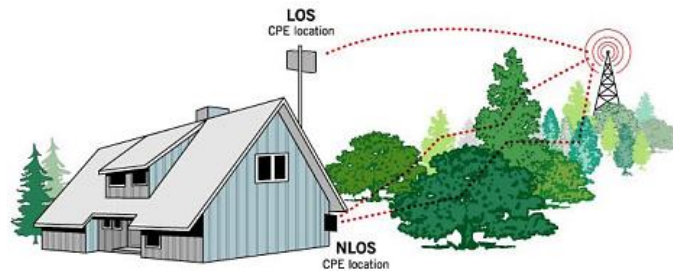


Figura 44: Propagación de LOS y NLOS

Fuente: Condiciones de propagación de onda electromagnética, extraído de: (Ramírez, 2015, pág. 221)

La Zona de Fresnel constituye el volumen de espacio entre transmisor y receptor de una onda electromagnética, cuyo desfase no supere los 180° . Esta primera zona contiene el 50% de la energía de la señal transmitida, debiendo mantenerse despejada para tener un enlace estable. (Téllez, 2004)

La obstrucción máxima permisible que considere que no existe obstrucción de la primera zona de Fresnel es del 40 %, mientras que la obstrucción máxima recomendada es del 20%. (Ramírez, 2015) La figura 45 representa un diagrama de las zonas de Fresnel.

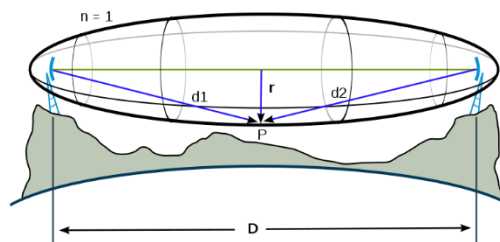


Figura 45: Zona de Fresnel

Fuente: Análisis de las zonas de Fresnel, recuperado de: (Ramírez, 2015, pág. 221)

Para determinar las zonas de Fresnel primeramente se debe determinar la línea de vista de RF que es la línea recta que une los focos de la antena transmisor y receptor mostrada en la figura. La Ecuación 9 permite calcular las zonas de Fresnel según G. (2013).

$$r_n = \sqrt{\frac{n \cdot \lambda \cdot d_1 \cdot d_2}{d_1 + d_2}} = 17,32 \cdot \sqrt{\frac{n \cdot d_1 \cdot d_2}{f(d_1 + d_2)}} = F_n \quad (9)$$

Donde:

r_n = radio de la n -ésima zona de Fresnel en metros ($n = 1, 2, 3, \dots$)

d_1 = distancia desde el transmisor al objeto en metros.

d_2 = distancia desde el objeto al receptor en metros.

λ = longitud de onda de la señal transmitida en metros.

f = frecuencia en GHz

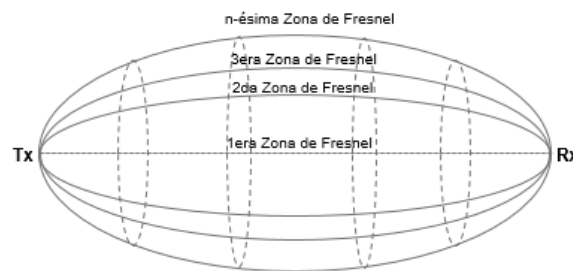


Figura 46: Zonas de Fresnel

Fuente: Zonas de Fresnel, recuperado de (Garrido Ojeda & Santos Cevallos, 2011)

El radio r_{Fn} en cualquier punto del elipsoide mostrada en la figura 46 de la primera zona de Fresnel se puede calcular con la Ecuación 10, según G. (2013).

$$r_{Fn} = \sqrt{\frac{n \cdot c \cdot d_1 \cdot d_2}{f \cdot d}} \quad (10)$$

Donde:

r_{Fn} : radio de la n -ésima zona de Fresnel

c : constante de la velocidad de la luz ($3 \cdot 10^8$ [m/s])

f : frecuencia central de la señal de radio utilizada [Hz]

d_1 : distancia desde un extremo del enlace hasta el punto de análisis [m]

d_2 : distancia desde el punto de análisis al otro extremo del enlace [m]

d : distancia total desde un extremo al otro del enlace [m]

2.13.4.2 Abultamiento debido a la curvatura de la superficie terrestre y trayectoria del haz de microonda

Una onda electromagnética que se propaga en el aire presenta una situación particular debido a radios de curvatura distintos; el radio de curvatura de la tierra y de trayectoria del haz electromagnético. Para efectos de cálculo se considera un haz electromagnético plano como muestra la figura 47, con un factor de refracción atmosférica K bajo condiciones climáticas normales de valor 4/3 y de 2/3 bajo condiciones drásticas. Al multiplicar el factor K por el radio real de la Tierra se obtiene el radio de la curvatura ficticia de la Tierra y permite determinar el abultamiento debido a la curvatura terrestre y la trayectoria del haz electromagnético. (Garrido Ojeda & Santos Cevallos, 2011)

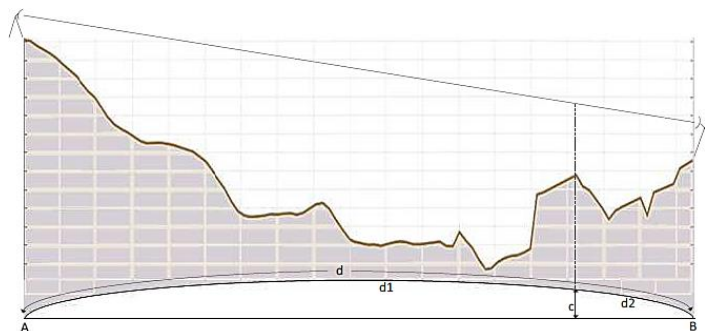


Figura 47: Abultamiento debido a la curvatura terrestre

Fuente: Abultamiento por curvatura, recuperado de (Garrido Ojeda & Santos Cevallos, 2011, p. 80)

Este valor se calcula con la ecuación 11, según Garrido Ojeda & Santos Cevallos (2011), pág. 80.

$$h.ab[m] = \frac{d_1 * d_2}{2 * k * a} * 10^3 \quad \text{Ecuación (11)}$$

Donde:

- hab: abultamiento por efecto de la curvatura de la Tierra y factor de refracción atmosférica
- d1: distancia horizontal desde el transmisor hasta un punto de análisis [km]
- d2: distancia total (d) menos d1 [km]
- k: factor de refracción atmosférica
- a: radio promedio de la tierra 6370 [km]

2.13.4.3 Altura de antenas y de despeje

La altura mínima de la antena bajo condiciones de despeje se determina aplicando la Ecuación 12, según Garrido Ojeda & Santos Cevallos (2011).

$$hb \geq (hc + rF1 + hab) * \frac{d}{d_1} + (H1 + ha) * \left(1 - \frac{d}{d_1}\right) - H2 \quad (12)$$

Donde:

- hc : altura del obstáculo sobre el nivel del mar [m]
- $rF1$: radio de la primera zona de Fresnel [m]
- $H1$: altura sobre el nivel del mar del terreno en el extremo más alto [m]
- $H2$: altura sobre el nivel del mar del terreno en el extremo más bajo [m]
- ha : altura de a antena situada sobre $H1$ [m]
- hb : altura de la antena situada sobre $H2$ [m]
- hab : altura de abultamiento por efecto de la curvatura terrestre [m]
- d : distancia entre los puntos a y b [m]
- $d1$: distancia entre los puntos a y c [m]

La figura 48 representa la geometría de un radio enlace donde se muestra parámetros y alturas.

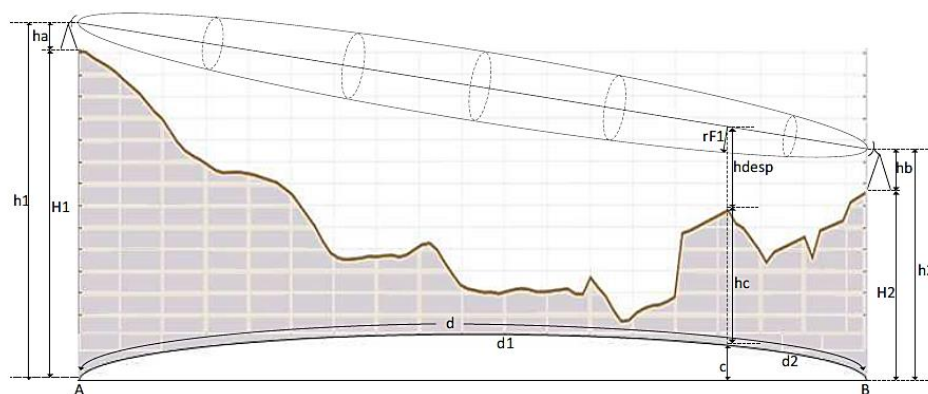


Figura 48: Altura de despeje de antenas

Fuente: Altura de antenas y de despeje, recuperado de: (Garrido Ojeda & Santos Cevallos, 2011, p. 81)

La altura de despeje se determina usando la Ecuación 13, según Garrido Ojeda & Santos Cevallos (2011).

$$h_{desp} = h_1 - \frac{d_1}{d}(h_1 - h_2) - h_c - h_a \quad (13)$$

Donde:

- h_{desp} : altura de despeje disponible [m]
- H_1 : altura sobre el nivel del mar del terreno en el extremo más alto [m]
- H_2 : altura sobre el nivel del mar del terreno en el extremo más bajo [m]
- h_a : altura de la antena situada sobre H_1 [m]
- h_b : altura de la antena situada sobre H_2 [m]
- h_1 : altura total en el extremo más alto = $H_1 + h_a$ [m]
- h_2 : altura total en el extremo más bajo = $H_2 + h_b$ [m]
- h_c : altura de abultamiento por efecto de la curvatura terrestre [m]
- d_1 : distancia horizontal desde H_1 hasta el punto de obstrucción [km]
- d : distancia horizontal total desde H_1 a H_2 [km]

La altura de despeje es un parámetro que se relaciona con el radio de la primera zona de Fresnel para determinar el margen de despeje, para su cálculo se aplica la Ecuación 14 según Garrido Ojeda & Santos Cevallos (2011).

$$MD[\%] = \frac{h_{desp}}{rF_1} * 100 \quad (14)$$

Donde:

MD : margen de despeje del radio de la primera zona de Fresnel [%]

h_{desp} : altura de despeje [m]

rF_1 : radio de la primera zona de Fresnel [m]

PROVEEDOR DE SERVICIO DE INTERNET INALÁMBRICO (WISP)

2.13.5 Definición

Un WISP es proveedor de servicio de Internet (ISP), que utilizando tecnologías inalámbricas como WiFi o Wimax permite a sus suscriptores conectividad y acceso a Internet en cualquier lugar dentro del área de cobertura a través de un determinado punto de acceso. Brindan servicios como acceso a sitios web, transferencia de archivos, correo electrónico, VoIP, datos, video, etc. (WNDW, 2013)

Los ISP normalmente pueden ser empresas públicas o privadas y operar tanto a nivel nacional e internacional ofreciendo puntos de acceso en múltiples localidades como también en una determinada localidad, ciudad o región; sin embargo, todos los ISP mantendrán una interconexión, facilitando así conectividad a la Internet.

2.13.6 Descripción

Un WISP es una empresa que da servicio de conexión inalámbrica de Internet a sus clientes. Proveen recursos necesarios de software y hardware de la red que proveerá Internet y serán los responsables de mantener el funcionamiento de las conexiones y servicios que se ofertan. Es por ello que su arquitectura de red debe estar bien estructurada caracterizándose por una alta fiabilidad y disponibilidad con enlaces redundantes y altas velocidad en transmisión. (WNDW, 2013)

En este tipo de proveedores las conexiones por líneas dedicadas o arrendadas son remplazadas por conexiones inalámbricas. Éstas deben cumplir requisitos básicos que permita

establecer un enlace y la posterior transferencia de información entre transmisor y receptor como la operación en frecuencias establecidas por entes reguladoras locales, línea de vista sin obstaculización en la zona de fresnel entre cliente y proveedor, compatibilidad en equipos cliente-proveedor con transmisión bidireccional y sobretodo que el cliente se localice dentro del área de cobertura del proveedor.

2.13.7 Principales características

Un ISP que brindar un óptimo servicio cumplirá con las características siguientes:

- **Simplicidad.** No haya complejidad en la red del proveedor, así como conexión del cliente, adaptando fácilmente a cambios producidos.
- **Factibilidad Técnica.** Disponer de tecnologías recientes y de recursos suficientes para la adquisición de nuevas tecnologías imposibilitando el riesgo de contar con una infraestructura obsoleta.
- **Relevancia.** El proveedor deberá resolver problemas de clientes con soluciones a bajo costo no complejas.
- **Escalabilidad.** La arquitectura de red del proveedor estará en la capacidad de crecer en tamaño de acuerdo al incremento en número de usuarios y tráfico de red
- **Redundancia.** Tanto de los elementos de red, así como de enlaces del proveedor, evitando interrupciones y dotando de un servicio de alta disponibilidad 24 horas, siete días a la semana durante todo el año.

2.13.8 Infraestructura

Internamente un ISP inalámbrico cuenta básicamente con servidores de servicios, equipos de administración, de monitoreo, facturación, etc., que permiten mantener un control de los recursos del ISP. A medida que crece el número de clientes crece el tráfico de red, la situación se vuelve crítica, aumentará en complejidad la infraestructura del proveedor y consigo el número de elementos que conforman la red. Aspectos como la gestión y seguridad toman mayor relevancia.

La estructura lógica con la que este diseñada la red del proveedor permitirá que equipos de capa 3 del modelo de referencia TCP/IP, tomen decisiones adecuadas de enrutamiento determinando una ruta óptima para los paquetes. Designar un router para una tarea específica mejorará el desempeño de la red del ISP.

- **Routers de Concentración.** Proporcionan acceso a la red a los clientes a través de un gran número de puertos a velocidades de transmisión relativamente baja.
- **Routers de Backbone.** Proporcionan transporte óptimo del tráfico de red entre los distintos nodos del proveedor, enviando paquetes a altas velocidades de transmisión utilizando interfaces de conexión más rápidas disponibles en el equipo.

A medida que se incrementan la capacidad de procesamiento y funcionalidades, routers de concentración y Backbone deberán ser equiparados en sus funcionalidades. A un nivel alto de estructuración, un ISP estará conformado de la siguiente manera:

- Red de Acceso
- Red de concentración

- Red Troncal o Backbone, incluyendo interconexión con otros proveedores y salida a Internet.
- Red de Gestión, DNS, Radius/Autenticación

2.13.8.1 Red Troncal o Backbone

Permite la interconexión con otros proveedores y la salida a Internet mediante enlaces WAN que pueden utilizar algún tipo de medio como enlaces satelitales, ADLS, fibra óptica, entre otros, con otros ISPs de mayor capacidad. El backbone considerado el núcleo de la red, realiza la conmutación de paquetes a alta velocidad del tráfico procedente de las redes acceso y concentración. (WNDW, 2013) Las principales diferencias entre Routers de Backbone y de concentración se identifican en la Tabla 6 de la siguiente manera:

Tabla 6 Diferencias entre router de Backbone y router de concentración

PARÁMETRO	ROUTER DE BACKBONE	ROUTER DE CONCENTRACIÓN
Throughput [paquetes/segundo]	<ul style="list-style-type: none"> • Extremadamente alto 	<ul style="list-style-type: none"> • Alto
Funcionalidades de procesamiento de paquetes	<ul style="list-style-type: none"> • Muy pocas, se concentran en el envío rápido de la información 	<ul style="list-style-type: none"> • Funcionalidades de alto valor añadido
Tipos de Interfaces	<ul style="list-style-type: none"> • Pocas interfaces de muy alta velocidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Número elevado de interfaces de relativamente baja velocidad
Patrones de Tráfico	<ul style="list-style-type: none"> • Desde y hacia cualquier interfaz 	<ul style="list-style-type: none"> • Predominantemente cliente-troncal y troncal-cliente

Fuente: (WNDW, 2013, pág. 230)

Las diferencias mostradas no son absolutas, puesto que un router puede desempeñar funciones de Backbone y de concentración. El uso de distintas interfaces en los routers de concentración mejorará el rendimiento de la red, disminuirá la probabilidad que ocurran congestiones en el tráfico, simplificando la configuración, gestión y monitoreo de la red.

2.13.8.2 Red de Concentración

Se sitúa al borde de la red de datos, agregando las conexiones de los clientes en los puntos de presencia del proveedor. A este nivel se distingue dos tipos de routers, unos dedicados en la concentración de clientes conmutados y otros para clientes dedicados.

Los routers concentradores de acceso se caracterizan por sus altas prestaciones que responden al incremento en la demanda del servicio, escalabilidad, gran ancho de banda, densidad en puertos, procesador optimizado en gestión de altos volúmenes de tráfico, prestaciones de valor añadido en enrutamiento de paquetes mediante redes privadas virtuales (VPN), seguridad con listas de control de acceso (ACLs), firewall, calidad de servicio (QoS), entre otros. (Connectivity, 2016)

Para clientes conmutados, los routers de acceso cuentan con interfaces Fast Ethernet o Gigabit Ethernet con redundancia física en los enlaces y con funcionalidades de enrutamiento mediante protocolos como OSPF (Open Shortest Path First - El camino más corto primero) y BGP (Border Gateway Protocol - Protocolo de gateway de borde), políticas en control de tráfico y de calidad de servicio. Para un control de tráfico más avanzado requerirá funcionalidades de mecanismos de diferenciación de servicios (Diffsevr) o MPLS (Multi-Protocol Label Switching). (WNDW, 2013)

2.13.8.3 Red de Acceso

La red de acceso constituye la red de última milla, en la que se establece la conexión entre el proveedor de servicio de Internet inalámbrico y los suscriptores de tipo residencial o

corporativo. Esta red distingue al proveedor según el tipo de tecnología utilizada, existen distintos tipos de tecnologías como FTTH (fibra hasta el hogar), transmisión de datos a través de fibra óptica, ADSL (línea de abonado digital asimétrica) que mediante transmisiones analógicas de datos digitales utilizando líneas telefónicas convencionales sobre pares de cable simétricos de cobre, BPL (Broadband Power Line), Wifi, Wimax. (WNDW, 2013)

Permite una conexión directa de los clientes hasta la red mediante dispositivos fuera de la capa de acceso como puntos de acceso inalámbricos u otro tipo de instalaciones del cliente. Esta red determina dos tipos de usuarios en clientes corporativos y residenciales.

- **Clientes Corporativos.** Corresponde a empresas, organizaciones, etc., e inclusive ISPs más pequeños. Es decir, negocios que requieren conexión de su red mediante un ISP.
- **Clientes Residenciales.** Son usuarios aislados como el computador de un hogar u oficina que se conectan al ISP a través de accesos dial-up o inalámbrico dedicado.

2.14 NORMATIVA LEGAL REGULATORIA

2.14.1 Ley Orgánica de Telecomunicaciones

La transmisión de señales inalámbricas implica el uso del aire como su medio de transmisión, es decir se está haciendo uso del espectro electromagnético. En el Ecuador éste es un recurso que, según lo establecido en la Ley Orgánica de Telecomunicaciones, y de acuerdo a la ARCOTEL, (2015): “constituye un bien del dominio público y un recurso limitado del Estado, inalienable, imprescriptible e inembargable. Su uso y explotación requiere el

otorgamiento previo de un título habilitante emitido por la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones”.

Este ente regulador es el encargado de que se cumplan parámetros establecidos dirigidos a permisionarios destinados a la prestación de servicios como de valor agregado, radiodifusión, televisión, audio y video por suscripción entre otros, dentro del territorio nacional en la instalación, operación y desarrollo de transmisiones. En el establecimiento y explotación de redes telecomunicaciones, el despliegue de redes y de infraestructura, deberán cumplir normas y políticas nacionales, “para el caso de las redes inalámbricas deberán cumplir las políticas y normas de precaución o prevención, así como la mimetización y reducción de contaminación visual” (ARCOTEL, 2015).

Los títulos habilitantes autorizan la instalación de la infraestructura y redes necesarias para la prestación del servicio y serán otorgados a empresas públicas legalmente constituidas que cumplan con todos los requisitos establecidos por la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones y tendrán un periodo límite de validez tras lo cual deberá ser renovado. (Agencia de Regulación y Control de la Telecomunicaciones, 2015)

Para proveedores de servicio de Internet inalámbrico es necesario contar de un título habilitante de servicio de valor agregado (SVA) que faculte a la empresa brindar dicho servicio a la población de su interés, además, de un permiso por la prestación de servicios portadores por cuanto será necesario establecer redes para proveer los servicios. Todas estas transmisiones ocuparan una parte del espectro radioeléctrico, por cuanto será controlado por el ente regulador antes mencionado. (Agencia de Regulación y Control de la Telecomunicaciones, 2015)

2.14.2 Servicios Portadores

Los servicios de valor agregado de acuerdo al reglamento se definen como “los servicios de telecomunicaciones que proporcionan la capacidad necesaria para la transmisión de señales entre puntos de terminación definidos de red. Los servicios portadores se pueden prestar en dos modalidades: bajo redes conmutadas y bajo redes no conmutadas” (ARCOTEL, 2015).

Los servicios portadores de redes conmutadas brindan servicios de conmutación de paquetes, conmutación de circuitos, servicios telefónicos, entre otros. Por otro lado, mediante redes no conmutadas se brinda enlaces dedicados punto a punto y punto-multipunto destinados generalmente para uso privado. Los servicios portadores constituyen un medio entre servicios y redes de Telecomunicaciones.

2.14.3 Reglamento para Servicio de Valor Agregado (SVA)

De acuerdo a la Resolución 071-03-CONTALEL-2002, el Consejo Nacional de telecomunicaciones establece normas y procedimientos que se aplican a la prestación de servicios de valor agregado, así como de los deberes y derechos de los prestadores de servicios.

Según este reglamento, CONATEL, Resolución 071-03-CONATEL-2002 (2002) estipula que: “Son servicios de valor agregado aquellos que utilizan servicios finales de telecomunicaciones e incorporan aplicaciones que permiten transformar el contenido de la información transmitida. Esta transformación puede incluir un cambio neto entre los puntos extremos de la transmisión en el código, protocolo o formato de la información”.

El título habilitante SVA será obtenido previo a la presentación de solicitudes y formularios establecidos por el CONATEL, teniendo un periodo de validez de 10 años. Tras

su caducidad se deberá presentar la solicitud pertinente con 3 meses de anticipación al plazo de vencimiento y será renovado por un mismo periodo de tiempo al original.

Según el Reglamento a la Ley de Telecomunicaciones vigente. “Art. 79. El solicitante de un permiso deberá presentar ante la Secretaría, una solicitud acompañada de la siguiente información de carácter técnico y económico” (CONATEL, INSTRUCTIVO APLICABLE A LAS SOLICITUDES PARA PERMISOS PARA LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE VALOR AGREGADO, s.f.):

1. Identificación y generales de ley del solicitante;
2. Descripción técnica detallada de cada servicio propuesto, incluyendo el alcance geográfico de éste;
3. Anteproyecto técnico para demostrar la viabilidad de la solicitud;
4. Los requerimientos de conexión; y,
5. En el caso de redes privadas, la identificación de los recursos del espectro radioeléctrico que sean necesarios, si es aplicable, con precisión de bandas propuestas y requerimientos de ancho de banda.

Además, el solicitante del título habilitante de Prestación de Servicios de Acceso a Internet deberá adjuntar a su solicitud la información constante en los formularios que se describen a continuación, conforme la regulación vigente (Agencia de Regulación y Control de la Telecomunicaciones, 2015) :

- a. Formulario SVA-AT-01 (Formulario para descripción técnica detallada del servicio propuesto y cobertura). - En este formulario se debe registrar toda la

información del servicio propuesto y la cobertura solicitada. (Agencia de Regulación y Control de la Telecomunicaciones, 2015) Véase anexo 1.

- b. Formulario SVA-AT-02 (Formulario para descripción de nodos físicos y equipamiento y sistemas). - En este formulario se debe registrar toda la información y descripción de los nodos, equipamiento y sistemas. (Agencia de Regulación y Control de la Telecomunicaciones, 2015) Véase anexo 2.
- c. Formulario SVA-AT-03 (Formulario para descripción de enlaces físicos entre nodos (conexión nacional)). - En este formulario se debe registrar toda la información y descripción de los enlaces entre los nodos de conexión nacional. (Agencia de Regulación y Control de la Telecomunicaciones, 2015) Véase anexo 3.
- d. Formulario SVA-AT-04 (Formulario para Descripción de Conexión Internacional). - En este formulario se debe registrar toda la información y descripción de los enlaces para la conexión internacional, (entre los nodos principales al Backbone de Internet). (Agencia de Regulación y Control de la Telecomunicaciones, 2015) Véase anexo 4.
- e. Formulario SVA-AT-5 (Formulario para descripción de enlaces físicos de red de acceso). - En este formulario se debe registrar toda la información y descripción de los enlaces de la red de acceso hacia los abonados. Este formulario debe ser incluido en cualquier solicitud de permiso, renovación o modificación técnica o legal del permiso. En este formulario se debe registrar toda la información y descripción de los enlaces de la red de acceso, los nodos

principales o secundarios hasta los abonados de la red de acceso, y si requiere espectro radioeléctrico adjuntar la solicitud y formularios correspondientes para la concesión o registro de uso de frecuencias del espectro radioeléctrico. (Agencia de Regulación y Control de la Telecomunicaciones, 2015) Véase anexo 5.

- f. Formulario SVA-AT-05-1: (Descripción de tipos de medios de transmisión de enlaces físicos de red de transporte). - Se debe describir las características del medio de transporte de su red. (Agencia de Regulación y Control de la Telecomunicaciones, 2015) Véase anexo 6.
- g. Formulario SVA-AT-6 (Formulario para Descripción de Otros Anexos). - En este formulario se debe registrar todos los anexos que se incluyen en la solicitud. (Agencia de Regulación y Control de la Telecomunicaciones, 2015) Véase anexo 7.
- h. Formulario SVA-AT-7 (Formulario para Plan Tarifario Propuesto). - En este formulario se debe incluir la información del plan tarifario propuesto. (Agencia de Regulación y Control de la Telecomunicaciones, 2015) Véase anexo 8.

Toda la información requerida en los formularios debe ser llenada de acuerdo a lo establecido en los instructivos. (ARCOTEL, 2015)

CAPÍTULO III

ESTUDIO DE MERCADO

Geoffrey, (2003) afirma que: El estudio de mercado, “consiste en reunir, planificar, analizar y comunicar de manera sistemática los datos relevantes para la situación de mercado específica que afronta una organización”. (p.20) El proceso de estudio de mercado tiene cuatro etapas básicas: (Kotler, Bloom, & Hayes, 2004, pág. 98).

1. Establecimiento de Objetivos y definición del problema a abordar.
2. Investigación exploratoria. - análisis de datos secundarios comprendiendo la situación actual.
3. Búsqueda de información primaria. - mediante métodos como encuestas.
4. Análisis de datos. - haciendo un análisis de la información adquirida.

Realizar un estudio de mercado nos permitirá obtener información de las zonas específicas de mayor interés por parte de los usuarios, establecer la potencialidad en la oferta del servicio, costos, competencia existente, entre otros. Tras la recopilación de datos será necesario un análisis que permita determinar oportunidades y riesgos en el emprendimiento del proyecto tomando las decisiones adecuadas ante un eventual avance o posible fracaso del mismo.

3.1 Objetivos del Estudio de Mercado

3.1.1 Objetivo General

- Determinar las zonas donde existe mayor interés por el servicio de Internet inalámbrico definiendo la cantidad de usuarios potenciales y plan de interés.

3.1.2 Objetivo Específico

- Realizar una investigación de campo a través de encuestas realizadas en los sectores determinados como área de cobertura, tanto al sector residencial y comercial.
- Determinar el nivel de penetración del servicio de Internet en la zona de cobertura.
- Conocer la presencia de otros ofertantes de servicio de Internet inalámbrico en la zona.
- Realizar un cálculo aproximado de la demanda actual y su proyección a un periodo determinado.

3.2 Antecedentes

Cayambe constituye uno de los ocho cantones de la provincia de Pichincha con una superficie de 1.350 km² ubicado al noreste de la ciudad de Quito. Está conformada por cinco parroquias rurales: Ascázubi, Cangahua, Cusubamba, Olmedo y Otón y tres parroquias urbanas: Cayambe, Ayora, Juan Montalvo. Cayambe su cabecera cantonal concentra el 45.5%

de la población y el otro 54.4% abarca la población rural. Según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos se reparte la población de la siguiente manera. (INEC, 2015)

3.3 Segmentación de Mercado

La segmentación del mercado se realiza partiendo de la idea que las necesidades de clientes potenciales por el servicio ofertado no es el mismo. El crecimiento de mercados, la gran competitividad y el uso de nuevas tecnologías hacen inviable satisfacer la demanda mediante un único producto o servicio. Es necesario entonces un cambio de enfoque más beneficioso dirigido a grupos pequeños cuyas necesidades no han sido debidamente cubiertas. Partiendo de este criterio, el mercado puede ser segmentado tomando en cuenta las siguientes variables: (Águeda Talaya, y otros, 2008)

- **Segmentación demográfica.** - Tienen que ver con el estudio de una población, teniendo en cuenta características que permitan determinar el perfil de los consumidores a través de variables como sexo, edad, estado civil, entre otros.
- **Segmentación socioeconómica.** - Permiten determinar el nivel de vida con el que se cuenta una población mediante índices como nivel de ingresos, educación y ocupación.
- **Segmentación geográfica.** - Permite segmentar el mercado en base a su ubicación geográfica de los clientes como regiones, ciudades, pueblos, etc.

- **Segmentación por frecuencia de uso.** - Permite identificar el nivel de uso de un determinado servicio.

Para el estudio de mercado del diseño se plantea una segmentación que tome en cuenta cada uno de los expuestos.

- Segmentación demográfica, considerando que las zonas en estudio tienen una desigualdad poblacional, para la realización de encuestas habrá que tomar en cuenta el porcentaje dirigido a cada sector de acuerdo a su índice demográfico.
- Se tomará en cuenta variables socioeconómicas, pues la inversión realizada para el proyecto puede verse afectada si la población de interés no goza de un nivel socioeconómico favorable a los intereses del proveedor.
- Geográficamente permitirá distinguir donde se encuentra la población considerada como comercial o residencial.
- Realizar una segmentación por frecuencia de uso será tomada en cuenta, pero no permitirá realizar un algún tipo de segmentación, pues independientemente del tipo de usuario, la disponibilidad de su servicio contratado será lo más alto posible.

La figura 49 muestra una vista aérea de la zona de cobertura dividiendo e identificando cada sector por separado



Figura 49: Segmentación de mercado de las zonas de cobertura

Fuente: Propia del Autor recuperado de: <http://www.freemaptools.com>

- **Zona 1. Parroquia de Ayora:** Con un área aproximada de 1.3 km² en la zona de interés, Ayora concentra un gran número de población que otras áreas. Se caracteriza por ser una zona rural con poco desarrollo comercial, proyectando una mayor demanda de servicio tipo residencial.

- **Zona 2 – Nápoles:** Esta zona se caracteriza por constituirse como la zona industrial norte del cantón Cayambe con desarrollado en los últimos años, pero también cuenta con conjuntos residenciales.
- **Zona 3 – La Remonta:** Es la zona más reciente en desarrollo. El número de viviendas observado en el último periodo de este año prevé un rápido crecimiento poblacional del sector.
- **Zona 4 – 23 de Julio:** Es la zona más pequeña en extensión. Caracterizada por un desarrollo de viviendas que se ha venido dando en años recientes, pero aún con demanda de servicios.
- **Zona 5 – La Florida:** Es la segunda área en número de poblacional y donde se observa una mayor penetración de servicios como el ofertado.

3.4 Recopilación de Datos

3.4.1 Población y Muestra

Torres, Paz, & Salazar, (s.f) afirman que “La muestra es una parte seleccionada de la población que deberá ser representativa, es decir, reflejar adecuadamente las características que deseamos analizar en el conjunto en estudio” (pág. 2). Es necesario definir el número de habitantes a ser encuestados de manera que la información pueda ser procesada de manera eficiente. La muestra debe ser una cantidad representativa, de ser muy pequeña los datos

obtenidos no serán confiables, mientras que de ser muy grande será un desperdicio de recursos para la empresa (Torres, Paz, & Salazar, s.f).

Teniendo en cuenta que no todos los individuos de la población tendrán la probabilidad de ser incluidos en la muestra extraída se opta por un muestreo no probabilístico, procurando así la representatividad de la muestra obtenida y apegándose a la situación del mercado en estudio.

3.4.1.1 Cálculo del Tamaño de la Muestra

Para determinar el número de encuestas a realizar y por la limitada cantidad de usuarios en las zonas de estudio se utiliza la Ecuación 15, de muestra aleatoria para una población finita, según Torres, Paz, & Salazar (s.f).

$$n = \frac{N x Z^2 x p x q}{d^2 x (N - 1) + Z^2 x p x q} \quad (15)$$

Dónde:

- n= Tamaño de muestra (número de encuestas a realizar)
- Z= Grado de confiabilidad
- N= Tamaño de la Muestra
- p= Probabilidad de ocurrencia (grado de validez de las respuestas)
- q= Probabilidad de no ocurrencia
- E= Grado de error (error máximo estimado permitido en la encuesta)

Para determinar el tamaño de la muestra se realiza el siguiente análisis.

El cantón Cayambe está formado por tres parroquias Urbanas: San José de Ayora, Cayambe y Juan Montalvo. Según los límites establecidos en el Plan de Desarrollo Ordenamiento Territorial 2015- 2025 para el cantón Cayambe (Cayambe, 2001, pág. 1). Los sectores donde tendrá cobertura el servicio se ubican dentro de la parroquia de San José de Ayora. Según datos obtenidos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) esta parroquia cuenta con una población 9028 habitantes como se muestra en la tabla 7.

Otras cifras del INEC muestran que un 69.95% de esta población se considera como económicamente activa, contando con un trabajo estable y remuneración de acuerdo a la ley. Para intereses del proveedor se tomará en cuenta esta porción de la población suponiendo que serán quienes están en la capacidad de contratar el servicio.

Tabla 7 Población del cantón Cayambe parroquias urbana y rural

Parroquia	Tipo	Población
Ayora, Cayambe, Juan Montalvo	Urbana	28939
San José de Ayora	Urbana	9082
Juan Montalvo	Urbana	12808
Ascázubi	Rural	5.050
Cangahua	Rural	16.231
Otón	Rural	6.772
Cusubamba	Rural	2.766
Olmedo	Rural	4.147
	Total	85.795

Fuente: Población del cantón Cayambe, recuperado de (INEC, 2015)

Haciendo una relación de estos indicadores, el total de población de interés quedaría definida de la siguiente manera

$$Población\ de\ Estudio\ (N) = 9082 * 69.95\% = 6352.8 \approx 6353$$

Los otros valores para el cálculo se determinan de la siguiente manera:

- S= 2 valor utilizado para poblaciones entre 10 y 10.000 habitantes.
- p= 0.5 valor utilizado cuando se desconoce la proporción esperada.
- q= 0.5 diferencia dada por (100% - p).
- E= 0.1 garantiza que los valores obtenidos en la encuesta sean válidos.
- N= 6353 población de estudio.

$$n = \frac{2^2(6353)(0.5)(0.5)}{(0.1)^2 (6353 - 1) + 2^2(0.5)(0.5)} = 98 \text{ (Encuestas)}$$

3.4.2 Recopilación de Información

La recopilación de información consiste en realizar un tipo de encuesta de respuesta cerrada y sin acceso a datos personales, los encuestados deberán elegir una de las opciones presentadas y con la debida explicación por parte del encuestador. Posteriormente se cuantificará los resultados obteniendo resultados a las preguntas realizadas. Un ejemplo de la encuesta realizada se muestra en el Anexo 10.

3.4.3 Tabulación y Análisis de Resultados

La encuesta estuvo enfocada a personas consideradas entes principales del hogar, padres o madres de familia encargadas de la administración financiera familiar, promocionando a la vez el servicio. Finalizado el proceso de encuesta se obtuvieron los siguientes resultados a cada una de las preguntas.

1. ¿Cree usted que actualmente es importante contar con servicio de Internet?

Análisis e Interpretación. El resultado obtenido nos muestra no solo el conocimiento de la gente por este servicio que hoy en día se ha vuelto casi indispensable en el desarrollo

educativo, económico, social, etc., de las personas, sino que están conscientes de la importancia de contar con este servicio en sus domicilios que por algún tipo de circunstancia no les ha sido posible acceder. El Anexo 11 muestra la tabulación de resultados de la encuesta a esta pregunta.

2. ¿Cuenta usted actualmente con el Servicio de Internet?

Análisis e Interpretación. Del total de encuestados se observa que apenas un porcentaje mínimo mayor al 50% cuenta con el servicio de Internet en sus domicilios, mientras que el 42,86% carece de este servicio en su hogar. Es decir, en las zonas encuestadas, existe un mercado potencial donde ofrecer este el servicio ya que la personas se ven forzadas a salir de su domicilio para acceder a Internet. El Anexo 11 muestra la tabulación de resultados de la encuesta a esta pregunta.

3. ¿Qué tipo de tecnología utiliza actualmente en su servicio de Internet?

Análisis e Interpretación. Los resultados obtenidos nos muestran el grado de desarrollo que está teniendo las zonas encuestadas, optar por una tecnología como ADSL requiere necesariamente contar con una línea telefónica a través de la cual se dé la transmisión de datos. Contar con apenas un 28,57% que recibe su servicio de Internet por este medio, indica que en las zonas aún no se cuenta con líneas telefónicas suficientes. Algo que contrasta con el uso de tecnologías inalámbricas, específicamente con el servicio de Internet Wireless fijo que se ha desarrolla en mayor grado que el cableado. Esta diferencia se debe principalmente a como se están desarrollando las zonas de estudio, de una manera rápida, en busca que servicio que hagan más placentera su vida. El Anexo 11 muestra la tabulación de resultados de la encuesta a esta pregunta.

4. ¿Qué proveedor le brinda actualmente el Servicio de Internet?

Análisis e Interpretación. Los resultados nos aclaran de mejor manera lo obtenido en la pregunta anterior ya que la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT) brinda el servicio a un 28,57% del mercado del sector. Otro proveedor de servicio, pero en Internet inalámbrico que abarca el mercado en la zona con un 57,14%, se trata de la empresa SAITEL. Además, Operadoras móviles a través de su plan de datos se reparten un 7,14% y también se ve la presencia de otros proveedores con un 3,57% que tratan de captar usuarios. Es fácil comprender estos resultados, ya que las zonas encuestadas se caracterizan por ser sectores comprendidos entre la zona urbana/rural. El Anexo 11 muestra la tabulación de resultados de la encuesta a esta pregunta.

5. ¿Se siente satisfecho con la calidad el servicio que actualmente le brinda su proveedor de servicio de Internet?

Análisis e Interpretación. Del total de la población encuestada y que actualmente cuenta con el servicio de Internet apenas el 44,64% muestra satisfacción por su servicio contratado. Haber realizado la encuesta en forma personalizada permite comprender que, si bien la insatisfacción es un hecho, parte de ese conformismo se debe a la falta de presencia de alternativas que provean este tipo de servicio. Pues prefieren contar con un servicio poco satisfactorio a prescindir del mismo. El Anexo 11 muestra la tabulación de resultados de la encuesta a esta pregunta.

6. ¿Qué problemas presenta en el uso de su servicio de Internet?

Interpretación de Resultados. De un total de 56 encuestados que afirmaron contar con el servicio de Internet, solo un 13% dice estar satisfecho con su servicio, pero más de la mitad afirma tener problemas con su conexión a Internet. Los principales inconvenientes son: un servicio interrumpido que por lapsos de tiempo (minutos, horas, horarios específicos) deja sin servicio al usuario se registra con un 21.43%, mientras que un 32.14% dice contar con un servicio lento en su velocidad de navegación igualmente en periodos de tiempo. El valor a cancelar por el servicio también se hace presente como un problema en su servicio, pues afirman los encuestados no recibir el servicio de acuerdo al valor cobrado. Otro tipo de problemas que también existe es falta de asistencia técnica al cliente de manera oportuna. El Anexo 11 muestra la tabulación de resultados de la encuesta a esta pregunta.

7. ¿Estaría interesado en cambiar de proveedor si existiera otra alternativa?

Interpretación de Resultados. La insatisfacción existente por el tipo de servicio con el que actualmente cuentan algunos pobladores se ve reflejada al momento de analizar esta pregunta, ya que un 41,07% de usuarios con acceso a Internet dicen estar de acuerdo en cambiarse de proveedor si existe una mejor alternativa en servicio. Pero se vuelve un poco complicado dejar de contar con este servicio por lo que una parte del 58.93% de la población que afirmó no estar interesado en cambiarse de proveedor y mantenerse en el estado actual. No cambiará su opinión mientras no exista una propuesta clara y conveniente. El Anexo 11 muestra la tabulación de resultados de la encuesta a esta pregunta.

8. ¿En caso de no contar con Internet en el domicilio a donde acude en busca del servicio?

Interpretación de Resultados. La otra parte de la población encuestada y que no cuenta con el servicio de Internet en su domicilio afirma sentir la necesidad por ese servicio por lo que de una u otra manera buscan tener acceso a la Internet y es así que un 76,19% dice asistir a un cyber, un 14,28% hacerlo en su trabajo y un 9,52% navegar mediante un plan de datos en su unidad móvil (celular, Tablet, etc.). El Anexo 11 muestra la tabulación de resultados de la encuesta a esta pregunta.

9. ¿Cree usted que optar por un proveedor de servicio de Internet inalámbrico es su mejor opción?

Interpretación de Resultados. Del total de encuestados un 63,27% afirma estar de acuerdo que contar con Internet inalámbrico es la opción adecuada para acceder al servicio principalmente por su localización geográfica, mientras que un 29,59% no está de acuerdo con este tipo de servicio. También existe un 7,14% que tiene desconocimiento de este tipo de tecnología pero que requieren del servicio. El Anexo 11 muestra la tabulación de resultados de la encuesta a esta pregunta.

10. ¿En caso de interés por contrato de servicio, qué tipo de plan estaría dispuesto a contratar?

Interpretación de Resultados. Del total de encuestados quienes afirmaron no contar con servicio de internet al momento un 86.74% estarían dispuestos a contratar un servicio residencial y un 13.26% un servicio tipo comercial. Es necesario aclarar que previo a la

pregunta se aclaró la modalidad en cada servicio diferenciado principalmente por el tipo de compartición. El Anexo 11 muestra la tabulación de resultados de la encuesta a esta pregunta.

11. ¿Qué valor estaría dispuesto a pagar por un buen servicio de Internet?

Análisis e Interpretación. De los resultados de la encuesta un 36,74% dice estar dispuesta a pagar de entre 15 a 20 dólares, un 32.65% está de acuerdo en cancelar 21 a 25 dólares. Existe también una parte de la población que accederá a pagar un valor mayor a 25, aclarando que su valor depende del servicio contratado, siempre y cuando cuente con un servicio de óptima calidad. El Anexo 11 muestra la tabulación de resultados de la encuesta a esta pregunta.

12. ¿Cuántas horas a la semana utiliza el servicio de Internet?

Interpretación de Resultados. Del resultado obtenido, se observa que la población en mayor o menor grado, se hace uso del servicio de Internet. Un 26.53% utiliza un promedio de 5 horas semanales, un 47.95% un promedio de 15 horas, un 17.35% un promedio de 25 horas semanales y un 8,16% más de 30 horas semanales. El Anexo 11 muestra la tabulación de resultados de la encuesta a esta pregunta.

13. ¿Qué servicios de Internet utiliza frecuentemente?

Interpretación de Resultados. De acuerdo a los resultados arrojados en esta pregunta se confirma que la Internet es un servicio que ayuda en parte al desarrollo personal, económico, social de los encuestados, ya que un 26,55% afirma usar el Internet como un medio de consulta de índole educativo, un 13,26% para correo electrónico, un 19,38% para

servicios multimedia y un gran 43.69% en las redes sociales. El Anexo 11 muestra la tabulación de resultados de la encuesta a esta pregunta.

3.4.4 Estimación de la Demanda

Considerando que el objetivo principal es el de la prestación de un servicio que el mercado requiere o solicita en busca de satisfacer una necesidad. Para estimar una demanda inicial en forma general de la cantidad de usuarios del proveedor, se aplicará la Ecuación 16, según Águeda Talaya, y otros (2008).

$$D_0 = \frac{\varepsilon_{meta}}{\varepsilon_{total}} N \quad (16)$$

Dónde:

- D_0 = Demanda inicial
- ε_{meta} = Número de encuestados que cumplen los parámetros
- ε_{total} = Número total de encuestas
- N = Población total de estudio

3.4.4.1 Cálculo de la Demanda Inicial

De acuerdo a la encuesta realizada se consideran clientes potenciales para estimación de la demanda inicial del sector residencial a todos aquellos que afirmaron no contar con el servicio de Internet. De un total de 98 encuestados se tiene que un 42.86% correspondiente a 42 encuestados no cuentan con el servicio actualmente, por lo tanto, se tiene que:

$$D_0 = \frac{42}{98} (6353) = 2722,71 \approx 2722$$

El total indicado muestra una gran demanda inicial, pero es necesario analizar algunos parámetros. De la encuesta realizada un 63.27% están de acuerdo que optar por una tecnología inalámbrica en servicio de Internet es su mejor opción y de acuerdo al número de proveedores presentes en la zona se tendría acceso a un 16.07% del mercado, además se tomará un 5,98% como usuarios considerados potenciales para el primer año; es decir un total de 163

Es decir: $2722(0.6237) (0.1607) (0.598) = 163.14 \approx 163 =$ Demanda inicial de usuarios

. Finalmente, de acuerdo al tipo de servicio y periodos de uso, un 13.26% correspondiente a 21 se los estimaría como usuarios comerciales y un 86.74% correspondientes a 142 como usuarios residenciales. Así la proyección de usuarios para el primer año se describe en la Tabla 19.

- Usuarios servicio Residencial: $163(0.8674) = 142$
- Usuarios servicio Comercial: $163(0.1326) = 21$

Tabla 8 Estimación de Clientes Potenciales

Demanda Inicial – Cliente Potenciales (1er año)	
Tipo de Usuario	Cantidad
Usuario Residencial	142
Usuarios Comerciales (Plan Corporativo)	21

Fuente: Propia del Autor

3.4.5 Proyección de la Demanda

El comportamiento en el crecimiento observado para redes de datos es de tipo porcentual progresivo que define tres tipos de etapas en su proceso de desarrollo.

1. Una fase de arranque que se caracteriza por tener un crecimiento muy lento.
2. Fase de crecimiento rápido, en la que los sectores que ya cuentan con el servicio exigen una mejor calidad del servicio poniendo a prueba el sistema diseñado en la fase inicial.
3. Fase de saturación, en la que el sistema propuesto tiene una aceptación total.

El tiempo necesario para que se lleve a cabo las tres fases completamente depende del desarrollo de la población donde se implemente el sistema. Si tenemos una población económicamente desarrollada rápidamente se alcanzará la fase de saturación y que contrasta con una poco desarrollada en la que se cumplirán las tres fases, pero lentamente.

Para realizar el cálculo de proyección de la demanda se aplica un método para una tasa de crecimiento exponencial de la demanda inicial como el de la Ecuación 17, según Águeda Talaya, y otros (2008).

$$D_p = D_0(1 + \tau)^n \quad \text{Ecuación (17)}$$

Dónde:

- D_p = Proyección de la demanda
- D_0 = Cantidad de usuarios potenciales
- τ = tasa de crecimiento anual acumulada
- n = número de años en proyección

En los últimos años según las estadísticas presentadas por la Agencia de Regulación y Control de la Telecomunicaciones (ARCOTEL) y el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) la tasa de penetración del servicio de Internet en la población ecuatoriana se

ha mantenido en aumento, desde un 17% en el 2011 al 46% a mayo del 2015. Cifras mostradas en la figura 50.

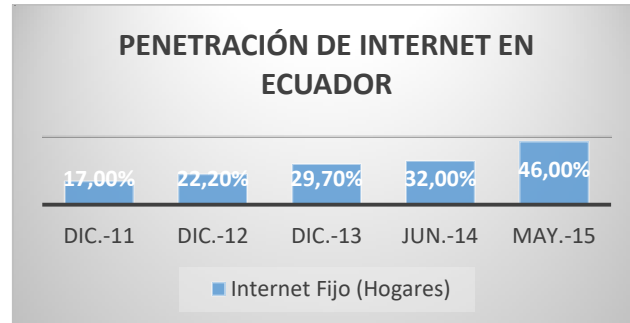


Figura 50: Penetración de Internet en los últimos años

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC)

La tasa de crecimiento en el nivel de penetración de Internet en el Ecuador en los últimos años ha sido muy variable con una tendencia de aumento año a año. Para fines de cálculo se tomará un valor referencial al último periodo comprendido entre junio de 2014 a mayo 2015 de ($\tau = 14\%$) en tasa anual acumulada. Además de acuerdo a la vida útil de los equipos de red, sistema de cableado e interconexión de dispositivos se hará una proyección a ($n = 5$) años, obteniendo los siguientes resultados mostrados en las figuras 51 y 52:

- *Proyección Usuarios Residenciales* $D_p = 142(1 + 0.14)^5 = 273$

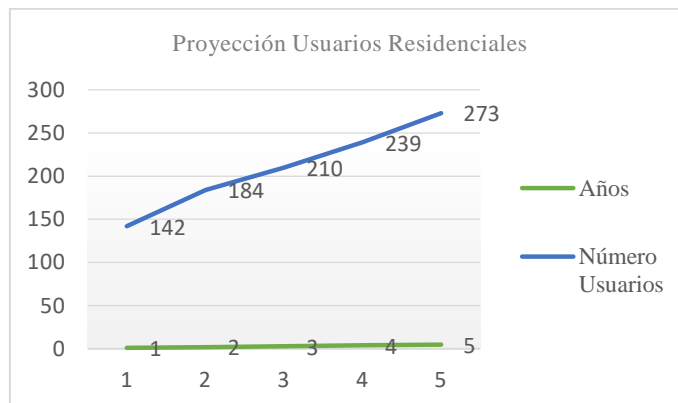


Figura 51: Proyección Usuarios Residenciales a 5 años

Fuente: Propia del Autor extraída de: Microsoft Excel

- *Proyección Usuarios Comerciales* $D_p = 21(1 + 0.14)^5 = 40$

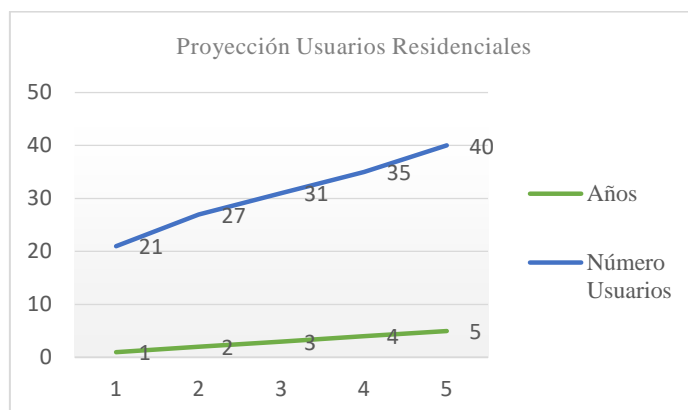


Figura 52: Proyección Usuarios Comerciales a 5 años

Fuente: Propia del Autor extraída de: Microsoft Excel

3.4.6 Análisis FODA

Un análisis FODA es una herramienta que permite evaluar la situación de una empresa o proyecto resumiendo fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas, proporcionando información necesaria en la toma de decisiones y medidas correctivas ante factores internos y externos que influyan en el desarrollo de la empresa o proyecto. Este análisis se enfoca a resaltar de manera objetiva y realista fortalezas y debilidades en comparación con la competencia y oportunidades y amenazas entorno al crecimiento de la empresa.

3.4.6.1 Fortalezas

Constituyen capacidades especiales con las que se cuenta como empresa y dan una posición privilegiada ante la competencia. Como proveedores de Internet inalámbrico se puede mencionar:

- Red con rápido despliegue a costos razonables sin afectar al usuario. La instalación de equipos o infraestructuras se constituyen como una extensión de las ya establecidas, el alcance de la red dependerá únicamente de la capacidad de los equipos elegidos para su despliegue.
- Red escalable, la cantidad de usuarios define al crecimiento de la red.
- Cobertura de servicio banda ancha IEEE 802.11n compatible a otros estándares.
- Personal técnico capacitado que está en la capacidad de dar soluciones inmediatas a peticiones de los usuarios.

3.4.6.2 Oportunidades

Son factores positivos y con posibilidad de ser explotados por la empresa presentándose como ventajas ante la competencia. Se menciona las siguientes

- Mercado en crecimiento y aún poco explotado.
- Mediana competencia con el tipo de tecnología de aplicación. La poca presencia de empresas ofertantes del servicio brinda oportunidad a nuevos proveedores.

- Mercado con alto porcentaje de insatisfacción en busca de nuevas alternativas. El mal servicio ofertado por otros proveedores crea mala reputación de su servicio, situación que puede ser aprovechada brindando un servicio de calidad, calidez y atención oportuna a las peticiones del usuario.
- Gran cantidad de usuarios con demanda del servicio. La necesidad por acceso a la Internet hace que el usuario busque la manera de contar con este servicio; poder tenerlo en su hogar será una ventaja tanto para usuario y proveedor.

3.4.6.3 Debilidades

Son factores que dan una posición desfavorable como empresa ante la competencia, relacionado con recursos de los que se carece, habilidades que no se poseen o actividades aun no desarrolladas.

- Empresa relativamente nueva brindando en este tipo de servicio. No tener mucha experiencia, puede crear situaciones desfavorables ante una mala toma de decisiones que puede ser aprovechada por la competencia.
- Capacidad financiera limitada que imposibilita al proveedor realizar cuantiosas inversiones económicas ante un rápido despliegue de red.
- Tecnología de aplicación propensa a problemas de fallas por la falta de control del medio.

3.4.6.4 Amenazas

Son situaciones que provienen del entorno y afectan a la situación de la empresa y pueden llegar a tentar incluso a su permanencia.

- Tendencia a cambios tecnológicos, debido a la rápida evolución de hardware, software y estándares de comunicaciones, dejando obsoletas tecnologías aplicadas en el diseño.
- Sobre oferta del servicio en la zona de cobertura por otras empresas con mejores propuestas económicas para el usuario.
- Cambios en la legislación regulatoria, limitando de alguna manera el uso de frecuencias de distribución del servicio.

CAPÍTULO IV

DISEÑO

4.1 SUBSISTEMA DE TELECOMUNICACIONES

4.1.1 Consideraciones Generales

Como proveedores de servicios de Internet inalámbrico, se hará uso del espectro radioeléctrico en el rango de frecuencias ICM en las bandas de 2.4 y 5 GHz en enlaces punto-multipunto y punto a punto para el servicio de radiocomunicación fijo. Según lo establecido por el Consejo Nacional de Telecomunicaciones en su resolución 417-15 del 2005 y adoptadas por la actual entidad reguladora, la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones, se establecen rangos de frecuencia controlados por la entidad regulatoria. (ARCOTEL, 2105) Estas se muestran en la tabla 9.

Tabla 9 Asignación de Rangos de Frecuencia ARCOTEL

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

Fuente: Asignación de frecuencias, recuperado de: (ARCOTEL, 2015)

Las bandas ICM son bandas no licenciadas para aplicaciones Industriales, Científicas y Médicas, mientras que las bandas INI (Infraestructura Nacional de la Información) se destinan para la Operación de Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha en la banda

de 5 GHz a título secundario, con el fin de facilitar el acceso a las Tecnologías de la Información y Comunicación TIC. (Garrido Ojeda & Santos Cevallos, 2011)

Los máximos niveles de potencia permitida para transmisiones punto a punto o punto-multipunto se establecen en la Tabla 8.

Tabla 10 Límites de potencia de sistemas banda ancha

LÍMITES DE POTENCIA DE SISTEMAS BANDA ANCHA		
Tipo de Configuración del Sistema	Bandas de Operación (MHz)	Potencia Pico Máxima del Transmisor (mW)
punto-punto	902 – 928	250
punto-multipunto		
Móviles	2400 – 2483.5	1000
punto-punto		
punto-multipunto	5725 – 5850	1000
Móviles		
punto-multipunto		
Móviles		
punto-punto		
punto-multipunto		
Móviles		

Fuente: Asignación de frecuencias, recuperado de: (ARCOTEL, 2015)

4.1.2 Servicios

Internet de manera general se emplea en la búsqueda y compartición de información. El acceso a esta información se da de distintas maneras lo que da lugar a los servicios.

Internet brinda los servicios básicos de:

- **Correo Electrónico.** - permite el envío y recepción de mensajes entre usuarios, compartiendo textos, gráfico, hojas de cálculo, archivos multimedia, etc.
- **WWW (*world wide web*).** - es un servicio que presenta documentos multimedia que pueden contener hipervínculos con otros documentos.

- **FTP (*File Transfer Protocol*).** - permite la transferencia de archivos por Internet.
- **IRC (*Internet Relay Chat*).** - permite entablar conversaciones a través de texto en tiempo real con una o varias personas.
- **Grupos de Noticias.** - permite establecer debates en temas determinados.
- **Alojamiento Web.** - provee a usuarios de Internet la posibilidad de almacenamiento de cualquier tipo de información vía Web. Servicio conocido también como web hosting.
- **Streaming.** - consiste en la entrega de una o varios medios multiplexados en tiempo real usando un determinado ancho de banda.
- **Telnet.** - permite el acceso a otros hosts conectados a Internet.
- **Telefonía.** - permite establecer conexiones a través de voz entre dos usuarios de Internet sin costo por el uso del servicio.

4.1.3 Modelo Jerárquico de Red

Un diseño jerárquico divide a la red en niveles o capas independientes, cada una con funciones específicas. Contar con un solo diseño de red puede resultar muy complejo incluyendo múltiples tecnologías y protocolos; una jerarquía de red permite un modelo de red entendible, de fácil diseño, implementación, mantenimiento y escalabilidad, haciéndola más confiable con una mejor relación costo-beneficio (R., 2008).

Para el diseño de red se considera un modelo multicapa, dividiendo la red en varios bloques interconectados y para los cual se plantea el esquema de la Figura 53. Adicional a

este modelo se suma una red de backhaul considera parte de la red de núcleo para interconexión de nodos de distribución.

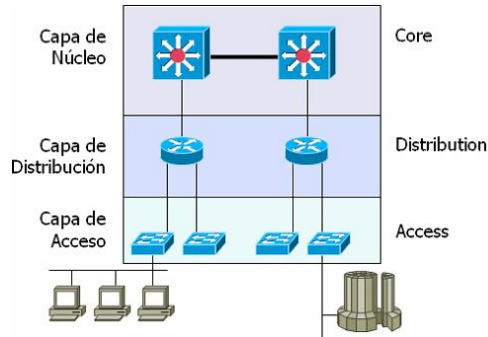


Figura 53: Modelo Jerárquico del diseño red

Fuente: Jerarquía de Red, recuperado de: (R., 2008)

4.1.4 Red Troncal

La Red Troncal se considera como el punto principal de conexión a la Internet para la red del proveedor, mediante uno o varios enlaces WAN a través de una determinada tecnología de acceso, sobresaliendo el uso de la fibra óptica que proporciona un ancho de banda considerablemente mayor que otros medios de transmisión como par trenzado con y sin blindaje (UTP/STP) respetivamente, coaxial o ADSL. La figura 54 muestra un diagrama general de la red troncal.

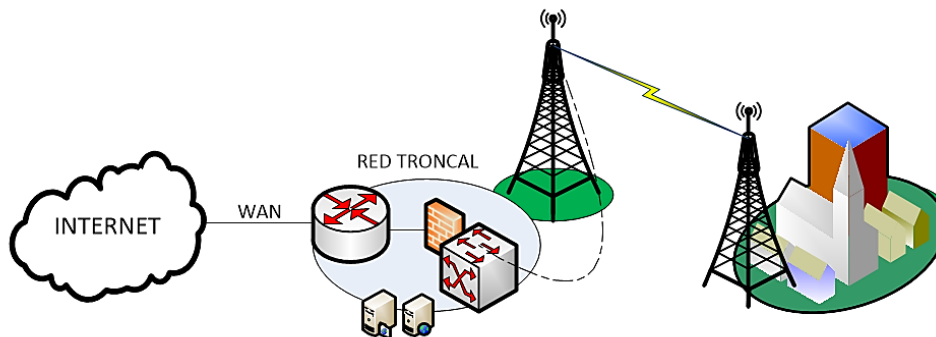


Figura 54: Esquema general Red Troncal

Fuente: Propia del Autor recuperada de: Microsoft Visio

Para esta sección de la red, la disponibilidad de acceso a Internet juega un papel fundamental, pues la conectividad de capas inferiores, distribución y acceso, dependen de la conectividad para la red troncal. Por tal razón es necesario contar con al menos un enlace WAN redundante de características parecidas en tecnología y ancho de banda. Elegida la fibra óptica como medio de transmisión para acceso internacional a Internet se deberá contratar los servicios de alguna empresa con la capacidad de ofrecer el servicio portador. En el Ecuador existen varias; sin embargo, quienes tienen presencia en el sector son CNT (Corporación Nacional de Telecomunicaciones) y TELCONET que presentan de la siguiente manera:

- CNT: Los servicios de la empresa dirigidos a Proveedores de Internet (ISP) cuentan con altos parámetros de calidad, confiabilidad y disponibilidad con los siguientes beneficios: planes simétricos de gran velocidad, no se aplica compartición, alta velocidad de interconexión al NAP del Ecuador, disponibilidad del 99,8% por fibra óptica, salidas internacionales TIER I, entre otros. (CNT, 2016)
- TELCONET: Denominados como la fibra del Ecuador, proporcionan conexiones permanentes a Internet y de acuerdo a las necesidades de cada ISP. Alta velocidad en la interconexión al NAP local en Ecuador e internacional en Miami. Con una disponibilidad desde el 99,6% y packet loss cercanos al 0% provee servicios de internet dedicado por fibra óptica, convirtiéndose en la mejor opción a elegir para la conexión WAN de la red troncal. (Telconet, 2016)

El ancho de banda a contratar para la red troncal dependerá de la cantidad de suscriptores que exista en la red de acceso tomando en cuenta una red escalable. En base al estudio de mercado realizado y con una población estimada, es posible realizar el cálculo de ancho de banda de la siguiente manera.

4.1.4.1 Cálculo de ancho de banda para la red Troncal

Con el fin de determinar el ancho de banda ideal que satisfaga las necesidades de red aprovechando cada megabit contratado se analiza dos factores necesarios al momento de realizar este cálculo.

- **Overbooking:** es un término que se puede entender como el ancho de banda asignado para los usuarios nominal vs efectivo, es decir la multiplexación del enlace dedicado con el que se cuenta. Se aplica considerando que el usuario mientras navega no utiliza completamente el canal constantemente, pues tras haberse cargado la página web, el canal es liberado, pudiendo ser utilizado por otro usuario. En base a estos parámetros se determina la siguiente escala en el tipo de compartición de servicio (Chersanaz & Dobladez , 2008)
 - 1:1 Excelente – Acceso Dedicado
 - 1:5 Muy bueno – Semi dedicado
 - 1:8 Aceptable
 - 1:10 Normal – Estandart
 - 1:15 Sobresaturado

Analizando los planes de los proveedores que actualmente ofrecen el servicio en la zona, y con el propósito de brindar un servicio atractivo para el posible contratante, se presenta un conjunto de planes de internet tipo residencial y corporativo mostrados en la tabla 11.

Tabla 11 Planes de Oferta de Servicio de Internet

Tipo de Servicio	Compartición de Canal	Navegación Usuario	
		(En el mejor de los casos)	(En el peor de los casos)
Residencial 1	2Mbps 1:8 (Download/Upload)	2Mbps	256 kbps
Residencial 2	3 Mbps 1:8 (Download/Upload)	3Mbps	384 kbps
Residencial 3	4 Mbps 1:8 (Download/Upload)	4Mbps	512 kbps
Residencial 4	5 Mbps 1:8 (Download/Upload)	5 Mbps	640 kbps
Comercial 1	3 Mbps 1:3 (Download/Upload)	3 Mbps	1024 kbps
Comercial 2	4 Mbps 1:3 (Download/Upload)	4 Mbps	1365 kbps
Comercial 3	5 Mbps 1:3 (Download/Upload)	5 Mbps	1706 kbps

Fuente: Propia del Autor

- **Factor de Simultaneidad:** índice que permite estimar el número de usuarios que estarán conectados intentando usar su ancho de banda en un momento determinado. Aún si se tuviera un 80% de usuarios conectados simultáneamente, se estima que solo un porcentaje de éstos estaría accediendo a contenido web exactamente al mismo tiempo. Se calcula que un ISP deberá tener al menos un 20% de ancho de banda del total contratado por los usuarios. (Wispro, s.f.)

El número de usuarios proyectados para la red se determinó en la sección 3.4.5 para un periodo de 5 años. El dimensionamiento se realiza para el caso más crítico para la red, suponiendo que todos los usuarios contraten el plan más alto ofrecido de 5 Mbps tanto para

residencial y comercial. Para determinar el ancho de banda necesario se aplicará la Ecuación 18, según García (2014), pág. 58.

$$ABw = \frac{[N^{\circ} \text{ Clientes} * \text{Factor Simultaneidad} * \text{Velocidad (Mbps)}]}{\text{Factor Overbooking}} \quad (18)$$

Tomando en cuenta a usuarios tipo residencial y corporativo, con un factor de simultaneidad de 0.2 o 20% y un overbooking o sobresuscripción de 8:1 y 4:1 de acuerdo al tipo de servicio respectivamente, se tiene la ecuación resultante.

$$ABw = \frac{[\text{Clientes}_{\text{residencial}} * \text{Factor Simult.} * \text{Velocidad (Mbps)}]}{\text{Factor Overbooking}} + \frac{[\text{Clientes}_{\text{corp}} * \text{Factor Simult.} * \text{Velocidad (Mbps)}]}{\text{Factor Overbooking}}$$

- Primer año:

$$ABw = \frac{[142 * 0.2 * 5(\text{Mbps})]}{8} + \frac{[21 * 0.2 * 5(\text{Mbps})]}{3} = 24,75 \approx 25 [\text{Mbps}]$$

- Segundo año:

$$ABw = \frac{[184 * 0.2 * 5(\text{Mbps})]}{8} + \frac{[27 * 0.2 * 5(\text{Mbps})]}{3} = 32 [\text{Mbps}]$$

- Tercer año:

$$ABw = \frac{[210 * 0.2 * 5(\text{Mbps})]}{8} + \frac{[31 * 0.2 * 5(\text{Mbps})]}{3} = 36,58 \approx 37 [\text{Mbps}]$$

- Cuarto año:

$$ABw = \frac{[239 * 0.2 * 5(\text{Mbps})]}{8} + \frac{[35 * 0.2 * 5(\text{Mbps})]}{3} = 41,54 \approx 42 [\text{Mbps}]$$

- Quinto año:

$$ABw = \frac{[273 * 0.2 * 5(\text{Mbps})]}{8} + \frac{[40 * 0.2 * 5(\text{Mbps})]}{3} = 47,47 \approx 48 [\text{Mbps}]$$

De forma resumida el ancho de banda necesario por año se describe en la Tabla 12:

Tabla 12 Ancho de banda a contratar por año

Año	Número de Abonados	Ancho de Banda contratado			Ancho de Banda Requerido
		Usuarios Residencial 5 Mbps (1:2)	Usuarios Comercial Mbps (1:4)	5	
1	163	142	21	25 Mbps	
2	211	184	27	32 Mbps	
3	241	210	31	37 Mbps	
4	274	239	35	42 Mbps	
5	313	273	40	48 Mbps	

Fuente: Propia del Autor

Considerando que los valores en Mbps calculados serán destinados a la red de acceso, se debe tomar en cuenta que la administración del proveedor consumirá un determinado ancho de banda para navegación web, correo electrónico, entre otros servicios que se analizan de la siguiente manera:

Acceso a páginas web: se toma como referencia una página web que contiene datos, imágenes y audio de un tamaño promedio de 1.5 Mbyte y haciendo un estimado de 10 consultas a páginas web por hora la capacidad necesaria será:

$$\text{Tráfico}_{APW} = \frac{1.5\text{Mbytes}}{1 \text{ Página Web}} * \frac{20 \text{ Páginas Web}}{1 \text{ Hora}} * \frac{1 \text{ Hora}}{60 \text{ Segundos}} * \frac{8 \text{ Bits}}{1 \text{ Byte}} = 2\text{Mbps}$$

Correo Electrónico: un correo electrónico promedio presentado como un informe de texto y gráficos tiene un tamaño de 2 Mbyte. Suponiendo que se envía y recibe un estimado de 10 correos en una hora se tendrá:

$$\text{Tráfico}_{CE} = \frac{2\text{Mbytes}}{1 \text{ Página Web}} * \frac{10 \text{ Páginas Web}}{1 \text{ Hora}} * \frac{1 \text{ Hora}}{60 \text{ Segundos}} * \frac{8 \text{ Bits}}{1 \text{ Byte}} = 2.67\text{Mbps}$$

Video Llamadas o Video Conferencias IP: el uso de video llamadas requiere un ancho banda adecuado de tal manera que su calidad no se vea degradada. Una de las aplicaciones más utilizadas es Skype, recomienda valores mínimos descritos en la tabla 13.

Tabla 13 Velocidades recomendadas para Video Llamadas

Tipo de llamada	Velocidad mínima de descarga/carga	Velocidad recomendada de descarga/carga
Llamadas	30 kbps/30 kbps	100 kbps/100 kbps
Video llamadas/ pantalla compartida	128 kbps/128 kbps	300 kbps/300 kbps
Video llamadas (alta calidad)	400 kbps/400 kbps	500 kbps/500 kbps
Video llamadas (alta definición)	1,2 Mbps/1,2 Mbps	1,5 Mbps/1,5 Mbps

Fuente: Velocidades de navegación Skype, recuperado de: (skype, 2016)

Tomando en cuenta una video llamada en alta definición serán necesarios 1,5 Mbps. En total el proveedor requerirá de un ancho de banda adicional de 6.17 Mbps \approx 7Mbps. Este valor se sumará al ancho de banda necesario para la red de acceso dando un total de 55 Mbps para el quinto año; capacidad que el diseño de la red troncal deberá soportar.





4.1.4.2 Optimización del Ancho de Banda

Se puede optimizar la conexión a Internet mediante método o técnicas, una de esta es el uso de servidores cache. Todas las páginas a las que los usuarios han accedido son almacenadas en el disco duro del servidor; así, cuando se desea acceder a una página web, se hace una revisión en el servido cache y si ésta ya existe será desplegada, caso contrario se hace uso de la conexión ISP. De esta manera el canal de transmisión no se verá saturado, dando la sensación de una mayor velocidad de navegación.

4.1.4.3 Equipos

La principal característica que deberán cumplir los equipos (routers y switches), será la capacidad de conmutación de sus puertos. Para evitar posibles encolamientos y saturación se recomienda que éstos deberían tener como mínimo el doble de la calculada; es decir, 55 Mbps \approx 110 Mbps. Al no existir puertos con dicha capacidad se elige puertos con su inmediato superior o de 1 Gbps. Otros parámetros básicos a cumplir serán: contar con otro tipo de interfaces de alta velocidad como fibra óptica (conectividad WAN), puertos de administración, protocolos de routing, conectividad VPN, calidad de servicio (QoS), implementación Firewall, segmentación VLANs. En la tabla 14 se hace una comparativa entre dos marcas de equipos cuyo desempeño se orienta a proveedores de servicios de internet con mayor presencia en el mercado.

Tabla 14 Requerimientos de equipos red de backbone

Equipo	EQUIPOS DE BORDE			
	ROUTER		SWITCH	
Imagen				
Modelo	MIKROTIKCCR 1016-12G	CISCO 3941	MIKROTIK CRSW225-24G	CISCO 2960-S
Conectividad LAN 1Gbps	–	–	–	–
Multiservicios (voz, datos video)	–	–	–	–
Modular	–	–	–	–
Spote VLAN's	–	–	–	–
IPV6	–	–	–	–
Firewall integrado	–	–	–	–
Protocolos de enrutamiento RIP, RIPv2, OSPF, BGP	–	–	–	–
Diffservs	–	–	–	–
Algoritmos de Cifrado	–	–	–	–
Telnet, SNMP, SSH	–	–	–	–
IEEE 802.1Q (VLANs)	–	–	–	–
STP (Spanning – Tree Protocol IEEE 802.1D)	–	–	–	–
Bajo Costo	–	–	–	–
Rápida disponibilidad	–	–	–	–

Fuente: características técnicas, recuperado de (Mikrotik, 2015), (Cisco,2016)

Desde la perspectiva que se le vea, cisco es una marca con reconocimiento, posicionamiento y gran trayectoria en el despliegue de infraestructuras de red, mientras que Mikrotik es una marca que de a poco se da a conocer en el mercado. Al momento de elegir un equipo de una u otra marca el principal factor será su desempeño en la función para la cual fue adquirido, haciendo un análisis costo/beneficio del producto sin el desperdicio de recursos y/o capacidades. Mikrotik actualmente se considera como una de las grandes empresas de Networking de competencia a Cisco, Juniper, 3Com, etc., cuyos casos de éxito incluyen a empresas como SIEMENS, HP, Mitsubishi, Motorola, Vodafone, FBI y la NASA (Mikrotik, Routers & Wireless, 2015) como las de mayor reconocimiento. Su principal diferencia ante otras marcas es el bajo costo en sus licencias. De software y hardware dirigido al despliegue de redes LAN y WLAN de proveedores de servicio de Internet, se elige los equipos Mikrotik para el diseño de la red Troncal. La figura 55 muestra un diagrama de la red troncal.

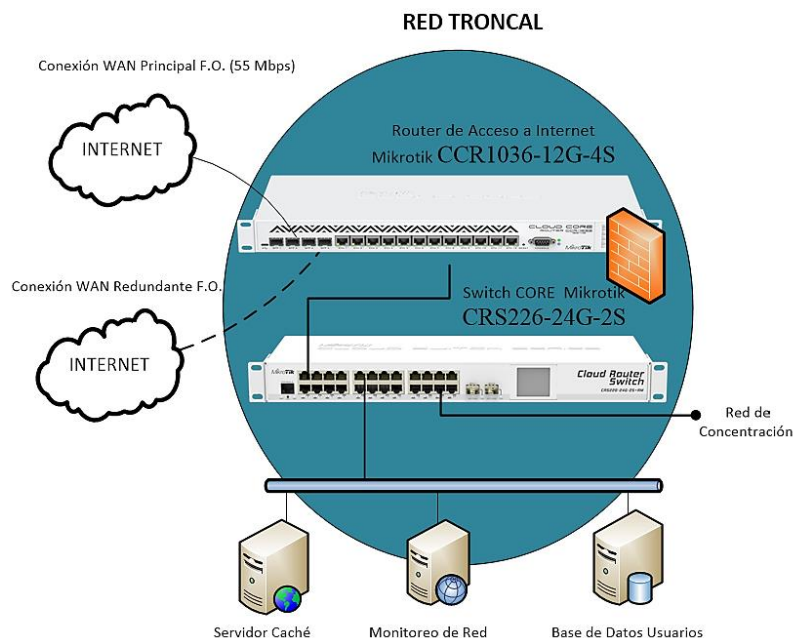


Figura 55: Diseño de Red Troncal

Fuente: Propia del autor, recuperado de: Microsoft Visio 2010

4.1.5 Red de Backhaul o Backbone inalámbrico

Una red de backhaul es una opción ideal para el transporte de información de forma económica y sustentable sin el uso de cables y cubriendo largas distancias, resolviendo necesidades de conectividad. Su función será la de interconectar los nodos de distribución del servicio mediante enlaces punto a punto, ampliando la red de cobertura del proveedor. Por las características del enlace se requiere el uso de antenas directivas con línea de vista entre antena transmisora y receptora, evitando obstáculos, operando a una frecuencia sin mucha saturación, aplicando a la señal método de encriptación, modulación y otros que garanticen la seguridad y buen desempeño del enlace. La figura 55 describe un diagrama general para una red backhaul.

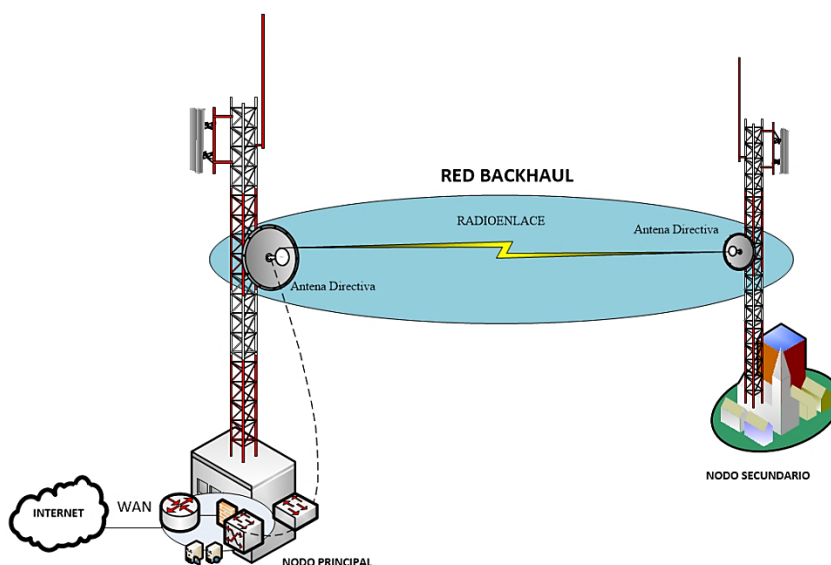


Figura 56 Topología física red backhaul

Fuente: Propia del Autor recuperada de: Microsoft Visio

Para el diseño de esta red se tomará en cuenta algunos factores que intervienen en su desempeño como ubicación, capacidad, elección de equipos y simulación de propagación. La frecuencia utilizada será la de 5 GHz considerando es de uso libre, que existen antenas de mayor ganancia y se tiene un menor grado de interferencia que a 2.4 GHz.

4.1.5.1 *Análisis Topográfico del Área de Cobertura y Ubicación de los nodos de transmisión*

La geografía del lugar presenta un valle con pocas depresiones y elevaciones casi imperceptibles, es decir, una geografía relativamente plana; sin embargo, es necesario hacer una revisión de la topografía de las zonas. La figura 56 muestra un mapa de perfil topográfico de las áreas de cobertura.

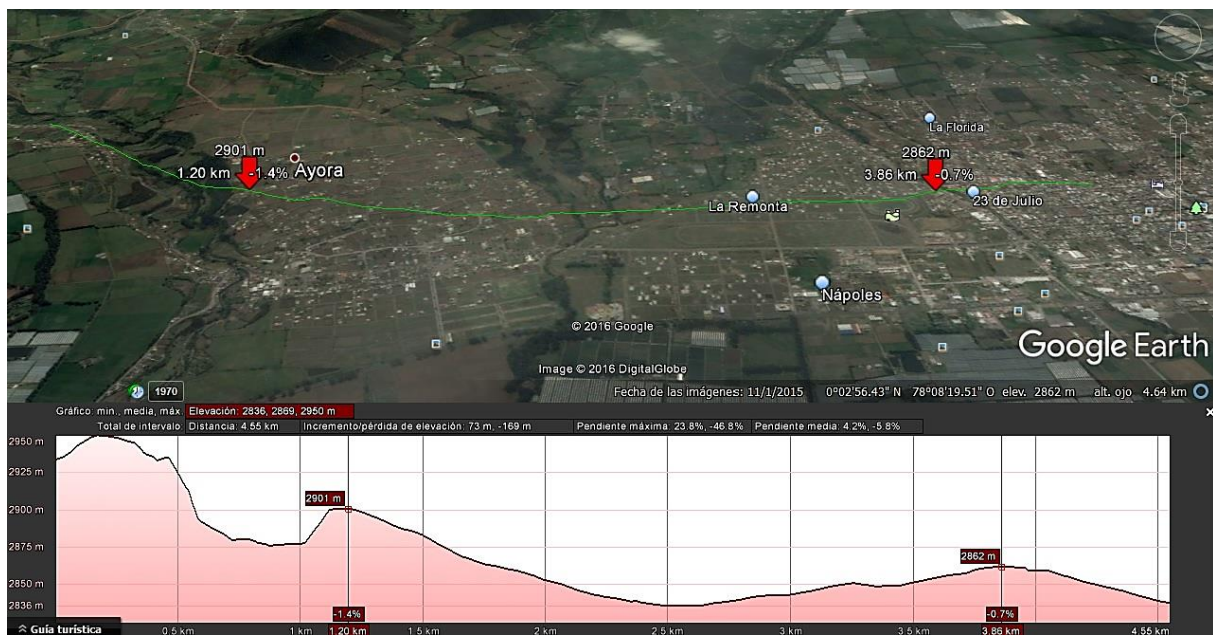


Figura 57 Perfil topográfico de las zonas de cobertura
Fuente: Propia del Autor extraído de: Microsoft Google Earth

La imagen muestra la existencia de dos puntos que sobresalen en la geografía de la zona que se extiende desde norte del cantón Cayambe hasta la parroquia de Ayora sobre un terreno irregular con variaciones topográficas producidas por la hidrografía del lugar. Uno de los puntos encuentra en el sector de 23 de Julio y el otro en la parroquia de Ayora, considerándose como puntos de interés para la ubicación de nodos de distribución del servicio.

Inicialmente se pretende dar cobertura desde un solo punto de distribución inalámbrico. Al realizar una inspección física de la zona de cobertura, se observa que la situación topográfica será un problema en la cobertura del servicio, sumado la gran cantidad de árboles que podrían tener un efecto negativo en la señal emitida, absorbiendo la radiación electromagnética, produciéndose atenuaciones o la pérdida total de la señal al atravesar este tipo de obstáculos. La calidad del servicio a ofrecer dependerá en gran parte de las óptimas condiciones en que se encuentre el radio enlace entre la antena suscriptora y las antenas de emisión del proveedor por lo que será necesario contar con puntos de distribución inalámbrico desde distintos sitios estratégicos, garantizando en lo posible la cobertura total de las zonas de interés.

Consideraciones para la ubicación de nodos de distribución

- **Línea de vista con la mayor cantidad de usuarios potenciales.** - Teniendo así mayor acogida de usuarios dentro de la zona de cobertura.
- **Cobertura en las zonas de interés.** - Tener mayor cobertura evitando al mínimo la necesidad de despliegues de puntos de distribución adicionales a los proyectados.
- **Densidad de usuarios con proyección a futuro.** - Teniendo en cuenta la saturación de servicio en un punto determinado.
- **Evitar interferencias entre celdas.** - Evitando interferencias en canales de comunicación que degradaría la calidad del servicio.
- **Topografía del terreno de ubicación de estaciones.** - La geografía del área de cobertura puede imposibilitar el acceso de usuarios al servicio. Se recomienda buscar los puntos más elevado geográficamente.

1. Ubicación de Nodos de Distribución

Tomando en cuenta las consideraciones de ubicación de un nodo de distribución, se buscan puntos estratégicos donde exista línea de vista para toda la zona de cobertura. Los sitios elegidos corresponden a los puntos más altos mostrados en el perfil topográfico de la figura 56 y se los observa en la figura 57 ya identificados a cuál le corresponde ser el nodo principal y nodo secundario.

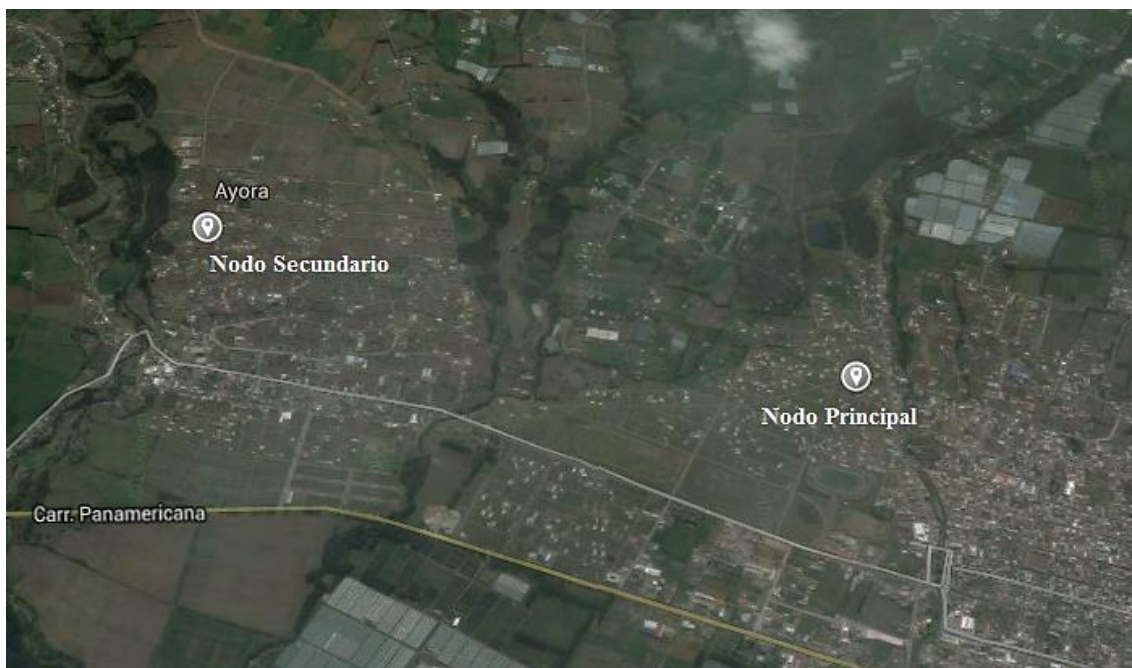


Figura 58: Análisis Topográfico Área de Cobertura

Fuente: Propia del Autor recuperado de: Software Google Earth

El nodo principal estará ubicado al norte del cantón Cayambe y dará cobertura a los sectores de La Florida, 23 de julio, La Remonta, Nápoles. La condición de nodo principal se da por la factibilidad técnica necesaria al momento de contratar el servicio portador a través de fibra óptica para la red troncal, es decir que en este nodo se encontrarán equipos de borde. El nodo secundario se ubicará en la parroquia de Ayora, dando cobertura en este sector, será necesario un enlace backhaul que lo comunique con el nodo principal. La ubicación en latitud

y longitud de estos puntos se obtiene con la ayuda del software de simulación Xirio Online.

La Tabla 15 contiene las coordenadas geográficas para el nodo principal

Tabla 15 Ubicación de Nodos Principal y Secundario

Nodo	Coordenadas Latitud	Coordenadas Longitud
Principal	0°(grados) 2'(minutos)	78°(grados) 8'(minutos)
	57.85"(segundos) Norte	18.28"(segundos) Oeste
Secundario	0°(grados) 4'(minutos)	78°(grados) 7'(minutos)
	07.41"(segundos) Norte	56.71"(segundos) Oeste

Fuente: Coordenadas geográficas, recuperado de Simulador XirioOnline

4.1.5.2 Cálculo del Radioenlace

El enlace backhaul se considera como un punto crítico para la red de acceso destinada a dar servicio de Internet al sector de Ayora. No cualquier dispositivo o equipo inalámbrico podría cumplir con los requerimientos necesarios para el desempeño de este tipo de red. Su elección requiere de la evaluación de algunos factores como el cálculo de potencias y ganancias en transmisión y recepción, pérdidas producidas por propagación de la señal y capacidad del canal de acuerdo a la densidad de usuarios. Los resultados obtenidos serán considerados como parámetros mínimos que deberá cumplir el equipo seleccionado.

1. Cálculo de densidad de Usuarios y tasa de transferencia enlace inalámbrico

Es la capacidad de canal medida en [Mbps] del enlace inalámbrico. La red backhaul será tomada como una extensión de la red troncal, es decir, esta red tendrá la misma capacidad siendo los equipos de red de concentración quienes controlen la velocidad de navegación del usuario.

La red backhaul tendrá una capacidad de 48 Mbps, considerando que se tendrá una LOS (línea de vista) libre de obstáculos y con el objetivo de alcanzar esta tasa de transferencia se realiza el siguiente análisis.

- **Potencias y Modulaciones:** La potencia está directamente relacionada con la distancia mas no la capacidad, si la potencia según el tipo de modulación requerida es mayor a la necesaria, se tendrá como resultado ruido o en otras palabras una deformación de la señal por el exceso de energía. Haciendo una revisión de la tabla 4 en la sección 2.9.1.5, tenemos que, para lograr una tasa de transferencia de 48 [Mbps], es necesario:
 - **Polaridad Simple:** MCS5, modulación 64-QAM, canal de 20 MHz o MCS3, modulación 16-QAM, canal de 40 MHz.
 - **Polaridad Doble:** MCS11, modulación 16-QAM, canal de 20 MHz o MCS9, modulación QPSK, canal de 40 MHz.

Para aprovechar frecuencias existentes al inicio y fin de un canal de 20 MHz, evitando interferencias entre canales adyacentes se utilizará una frecuencia de 40 MHz. Así mismo para tener un mejor rendimiento por la utilización de múltiples antenas (MIMO) se utilizará antenas con doble polaridad, que además es posible encontrar en el mercado. De esta manera se elige un esquema de modulación y codificación MSC9 con modulación QPSK en un canal de 40 MHz.

- **Data Rate:** Se considera como la tasa de negociación del enlace inalámbrico. La capacidad del canal throughput será del 50% del data rate. (Willems, 2013)

Es decir que si utilizamos un esquema de modulación y codificación MSC9 con un data rate de 60 [Mbps] en realidad se tendrá un throughput de solo 30 [Mbps], siendo necesario un MSC11 con un data rate de 120 [Mbps] alcanzando un throughput real de 60 [Mbps], canal suficiente para los 48 [Mbps] de la red backhaul.

- **Sensibilidad en Recepción:** de acuerdo a la tabla 16 para alcanzar un data rate de 120 [Mbps] es necesario que el nivel de señal mínimo en recepción sea de -73 [dBm].

Tabla 16 Modulación y Data Rate

	MSC	Streams	Modulación	Tasa de Codif.	Data Rate [Mbps]	Req. SNR [dB]	Mínima Señal [dBm]
Polaridad Simple (1 x 1)	0	1	BPS K	1/2	15	9.3	-88
	1	1	QPSK	1/2	30	11.3	-82
	2	1	QPSK	3/4	45	13.3	-79
	3	1	16-QAM	1/2	60	17.3	-76
	4	1	16-QAM	3/4	90	21.3	-73
	5	1	64-QAM	2/3	120	24.3	-68
	6	1	64-QAM	3/4	135	26.3	-65
Polaridad Doble (2 x 2)	7	1	64-QAM	5/6	150	27.3	-63
	8	2	BPS K	1/2	30	12.3	-85
	9	2	QPSK	1/2	60	14.3	-79
	10	2	QPSK	3/4	90	16.3	-76
	11	2	16-QAM	1/2	120	20.3	-73
	12	2	10-QAM	3/4	180	24.3	-70
	13	2	64-QAM	2/3	240	27.3	-65
	14	2	64-QAM	3/4	270	29.3	-62
	15	2	64-QAM	5/6	300	30.3	-60

Fuente: Esquemas de modulación y data rate, recuperado de (Willems, 2013, pág. 13)

- **CCQ:** Es un parámetro utilizado por equipos Wireless que permite determinar la calidad del enlace. (Willems, 2013) Si éste toma un valor de 100% significa que no existirán retransmisiones, pero de ser menor, la capacidad del canal reducirá. Existen factores que pueden degradar la calidad de la señal transmitida, como la lluvia o neblina produciéndose absorción y atenuando las señales. No se puede predecir un valor, sin embargo, se analiza el enlace con

CCQ = 80% en el que existirán un 20%. Utilizando la Ecuación 19 se obtendría lo siguiente según Willems (2013).

$$\text{Capacidad M\u00e1x. del Canal [MSC11]} = \text{Data Rate [Mbps]} * 50\% * \text{CCQ} \quad (19)$$

$$\text{Capacidad M\u00e1x. del Canal [MSC11]} = 60[\text{Mbps}] * 50\% * 80\% = 48 [\text{Mbps}]$$

Esto muestra que 80% es el CCQ m\u00ednimo para la red backhaul. De esta manera el enlace queda definido de la siguiente manera:

- Polaridad de Antena: doble (MIMO 2x2)
- Esquema de modulaci\u00f3n: MSC11
- Modulaci\u00f3n: 16-QAM
- Data Rate: 120 [Mbps]
- Throughput: 60 [Mbps]
- Se\u00f1al M\u00ednima en Recepci\u00f3n: - 73 [dBm]
- CCQ (min): 80%

2. C\u00e1lculo de p\u00e9rdida en espacio libre

Aplicando la ecuaci\u00f3n 3 se tiene:

- $d = 2.237$ Km (distancia entre el nodo principal y nodo secundario)
- $f = 5.805$ MHz (frecuencia permitida dentro del rango entre 5725-5825)

$$PEA(\text{dB}) = 20 \log_{10} (2.237) + 20 \log_{10} (5.805) + 92.4$$

$$PEA = 114.66 \text{ [dB]}$$

3. C\u00e1lculo de Margen de desvanecimiento

Aplicando la ecuaci\u00f3n 5 se tiene:

- Distancia Tx – Rx: 2.237 Km
- Factor de rugosidad del terreno: 1 (terreno normal)

- Factor de análisis climático: 0.125 (áreas montañosas de clima seco y fresco)
- Confiabilidad del enlace: 0.99

$$FM(\text{dB}) = 30 \log 2.237 + 10 \log 6(1)(0.125)(5.805) - 10 \log(1-0.99) - 70$$

$$FM(\text{dB}) = -33.12 \text{ [dB]}$$

4. Cálculo de la Potencia mínima en Transmisión

Para el cálculo: la sensibilidad del receptor será de -73 [dBm] obteniendo una tasa de transferencia ≥ 48 [Mbps], sin pérdidas por guía de onda. La ganancia de antenas en transmisión y recepción oscilan en valores de 15 – 25 [dBi] optando por un valor promedio de 20 [dBi]. Aplicando estos valores en la ecuación 8 se tiene:

$$P_{TX} = -73 + 33.12 + 0 - 20 + 114.66 - 20 + 0 = 34,78 \text{ [dBm]}$$

Este valor obtenido sobrepasa el nivel de potencia máxima permitida por la Arcotel para operar a frecuencias de 5 GHz. Una solución es aumentar la ganancia de las antenas. Con una ganancia en antenas de 25 [dBi] se obtiene los siguientes resultados.

$$P_{TX} = -73 + 33.12 + 0 - 25 + 114.66 - 25 + 0 = 24,78 \text{ [dBm]} \text{ (Valor dentro del rango aceptable)}$$

5. Cálculo de la potencia en Recepción

Tras haber determinado las pérdidas y potencia de transmisor, se determina el valor de la potencia en recepción mediante la ecuación 6, se tiene:

$$Pr = 24.78 - 0 + 25 - 114.66 + 25 - 0$$

$$Pr = -39.88 \text{ [dBm]}$$

4.1.5.3 Estudio de Perfil Radioeléctrico

El estudio de perfil radioeléctrico permite realizar un análisis de propagación de la señal en su trayecto de línea recta entre el transmisor y receptor, verificando principalmente si existe LOS (línea de vista) despejada. Será necesario ingresar algunos parámetros de los equipos, así como su ubicación. El simulador hace una alineación automática de las antenas calculando ángulos de azimut y elevación para el transmisor y receptor. Los parámetros para simulación se muestran en la tabla 17. En la figura 59 se muestra el radioenlace entre los puntos de interés.

Tabla 17 Parámetros para configuración de perfil radioeléctrico

Parámetros	TRANSMISOR - NODO PRINCIPAL	RECEPTOR - NODO SECUNDARIO
Frecuencia	5805 MHz	5805 MHz
Potencia en transmisión	24.78 [dBm]	-
Umbral de Recepción	-	-73 [dBm]
Ganancia Antena	25 [dBi]	25 [dBi]
Polarización de Antena	Dual	Dual
Altura Antena	18 m	18m
Latitud	0° 2' 57.87" Norte	0° 4' 07.41" Norte
Longitud	78° 8' 18.24" Oeste	78° 7' 56.71" Oeste

Fuente: Propia del Autor

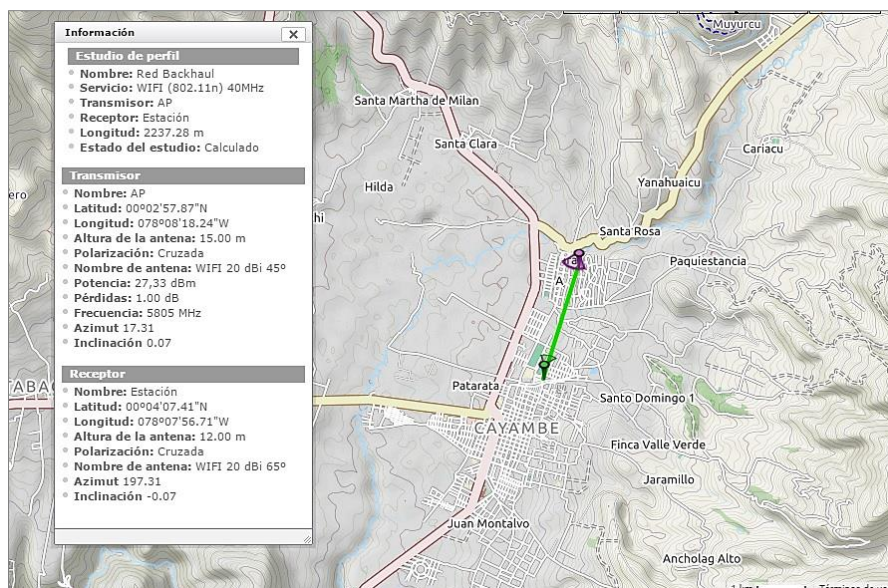


Figura 59 Ubicación de los Nodos

Fuente: Propia del Autor recuperado de: Simulador Xirio

La Figura 60 muestra el resultado del estudio de perfil radioeléctrico, niveles de potencia de la señal, gráfica de perfil y simulación de propagación en Google Earth.

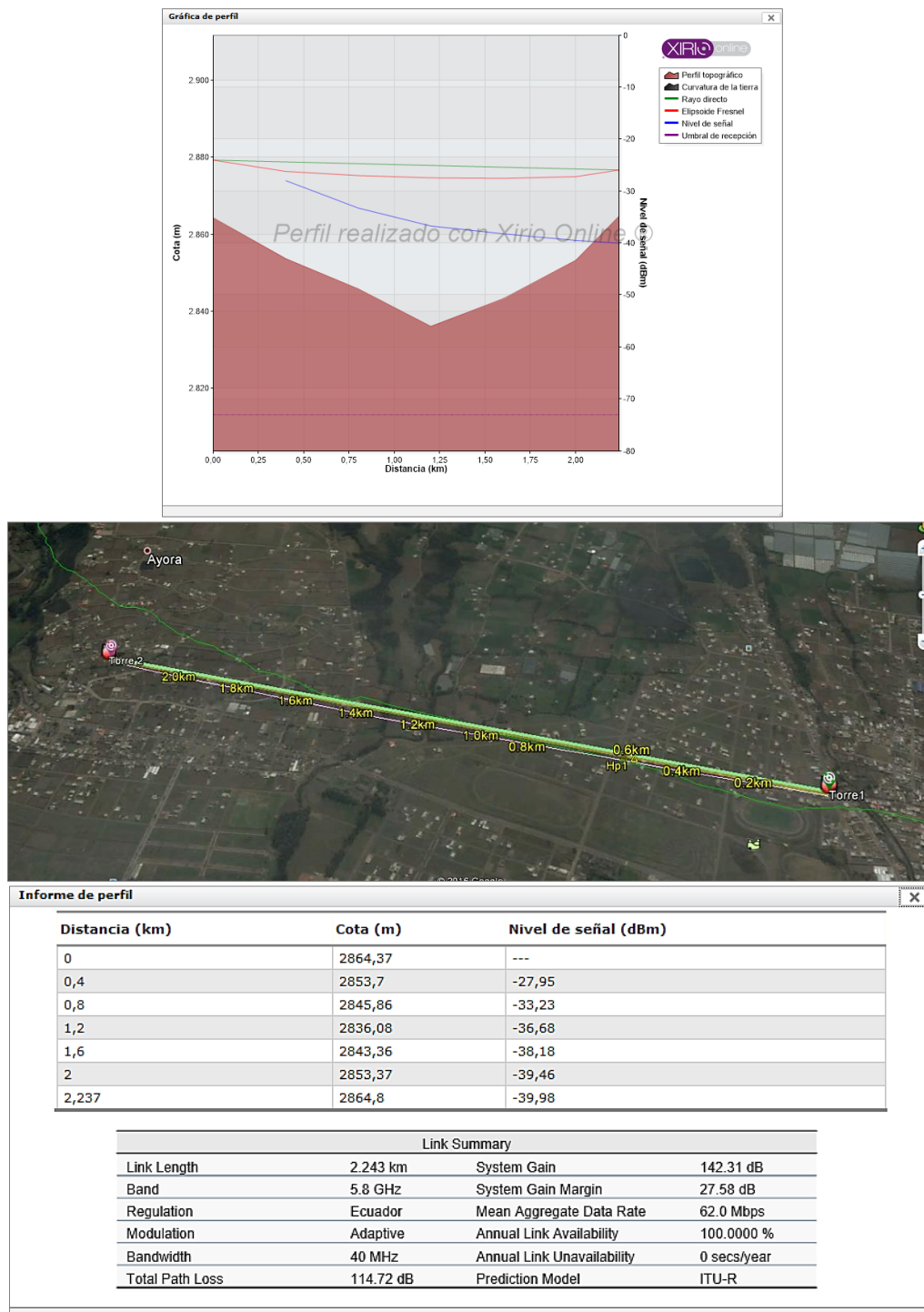


Figura 60 Resultados de estudio perfil radioeléctrico Nodo Principal – Nodo Secundario

Fuente: Propia del Autor, recuperado de: Simulador XIRIO

Realizando el análisis de los resultados se tiene un enlace exitoso con la zona de Fresnel libre de obstáculos. El nivel de potencia en recepción es de -39.98 [dBm], muy cercano a los -39.88 [dBm] obtenidos mediante cálculos. Una data rate poco superior a los 60 [Mbps] esperados, es decir, el enlace estará en la capacidad de soportar una capacidad de 48 [Mbps] a una frecuencia de 40 [MHz].

Cálculo de despeje de antenas

Se toma como referencia el diagrama de perfil radio eléctrico de la figura 61, donde se muestra alturas y distancias que intervienen en el sistema de comunicación inalámbrico. Se plantea inicialmente alturas de 15 y 12 metros para las antenas A y B respectivamente

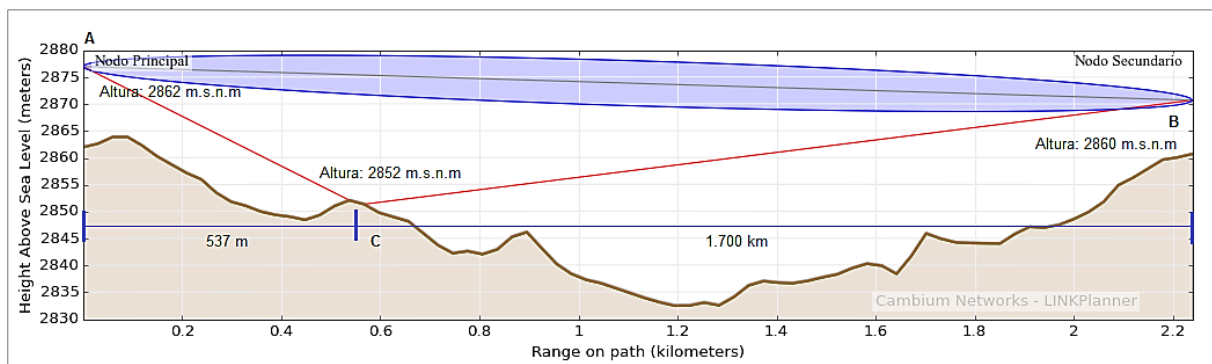


Figura 61: Diagrama para el cálculo de despeje de antenas

Fuente: Propia del Autor, recuperado de: Simulador Xirio

Datos:

- $f = 5.805$ GHz; frecuencia de radio enlace
- $d_1 = 0.537$ [km]; distancia del punto A al obstáculo C
- $d_2 = 1,700$ [km]; distancia del obstáculo al punto C
- $d = 2.237$ [km]; distancia total del enlace
- $h_c = 2852$ [m]; Altura del obstáculo s.n.m.
- $H_1 = 2862$ [m]; Altura del punto A s.n.m.
- $H_2 = 2860$ [m]; Altura del punto B s.n.m.
- $h_a = 15$ [m]; Altura de la antena A
- $h_b = 12$ [m]; Altura de la antena B

1. Abultamiento

Este parámetro se calcula con el fin de determinar el efecto de la curvatura de la tierra en el enlace, utilizando la ecuación 13 se tiene:

$$hab = \frac{d1[\text{km}] * d2 [\text{m}]}{2 * k * a[\text{km}]} * 10^3$$

$$hab = \frac{0.537 * 1.700}{2 * \frac{4}{3} * 6370} * 10^3 = 0.054 [\text{m}]$$

2. Zonas de Fresnel

Se calcula la primera zona de Fresnel evaluado en el punto C considerado como un obstáculo, utilizando la ecuación 9, se tiene:

$$rFn = 17,32 \sqrt{\frac{n * d_1(\text{km}) * d_2(\text{km})}{d(\text{km}) * f(\text{km})}}$$

$$rF(1) = 17,32 \sqrt{\frac{1 * 0.537 * 1.700}{2.237 * 5.805}} = 4.59[\text{m}]$$

3. Altura mínima de la antena Receptora

Aplicando la ecuación 14 se tiene:

$$hb \geq (hc + rF1 + hab) * \frac{d}{d_1} + (H1 + ha) * \left(1 - \frac{d}{d_1}\right) - H2$$

$$hb \geq (2852 + 4.59 + 0.054) * \frac{2.237}{0.537} + (2862 + 15) * \left(1 - \frac{2.237}{0.537}\right) - 2860 = -67.79 [\text{m}]$$

Un valor con resultado negativo muestra que aun cuando la antena se sitúe a una altura de 0 m se tendrá visión directa al transmisor sin obstrucciones en la zona de Fresnel, sin embargo, el simulador no toma en cuenta obstrucciones dentro del haz de propagación de la señal como árboles o edificaciones, por lo cual se toma altura acordada inicialmente de 12 m para la antena B evitado posibles obstáculos.

4. *Altura de Despeje*

Utilizando el valor de altura en B, considerando que no existen obstrucciones en la primera zona de Fresnel y la altura de la elevación más alta entre el enlace inalámbrico aplicando la ecuación 12 se tiene:

$$h_{desp} = h_1 - \frac{d_1}{d}(h_1 - h_2) - h_c - h_{ab}$$

$$h_{desp} = 2862 - \frac{0.537}{2.237}(2862 - 2860) - 2852 - \frac{0.537 * 1.700}{2 * \frac{4}{3} * 6370} * 10^3 = 9.47 [m]$$

5. *Margen de Despeje*

Aplicando la ecuación 14 se tiene:

$$MD[\%] = \frac{h_{desp}}{rF1} * 100$$

$$MD[\%] = \frac{9.47}{4.59} * 100 = 206.2\%$$

De esta manera se concluye que el enlace es viable ya que el margen de despeje es mayor al 100%, es decir que no existe obstrucción con el punto más alto existente



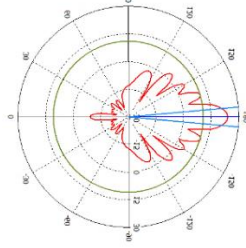
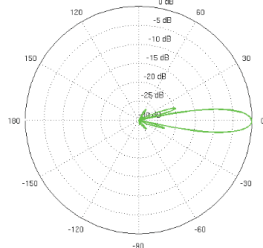
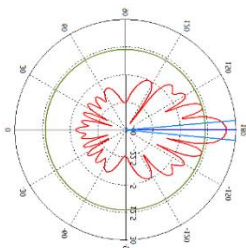
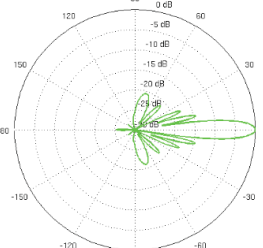
4.1.5.4 *Equipos*

Los equipos necesarios para realizar el enlace inalámbrico deberán cumplir los siguientes requerimientos:

- **Tipo de antena:** directiva
- **Estándar Utilizado:** 802.11n
- **Polarización:** doble 2x2
- **Frecuencia de operación:** 5 [GHz]
- **Canal:** 40 MHz
- **Ganancia de la antena:** 23 [dBi] o superior
- **Troughput:** esquema de modulación y codificación MSC11, data rate 120 [Mbps] o superior
- **Umbral de recepción mínimo:** - 73[dBm]
- **Potencia mínima de Tx:** 24.78 [dBm]

Tomando en cuenta las condiciones dadas, se analiza antenas de dos marcas distintas, cuyo funcionamiento está acorde a las necesidades requeridas para la red backhaul, en la tabla 18 se hace una comparación.

Tabla 18 Requerimientos mínimos y elección de equipos – red backhaul

Características	Equipos red backhaul	
	Mikrotik	Ubiquiti
Antena Directiva		
Modelo	RB911G-5HPnD-QRT	Nano Beam M5 400
Tipo de Antena	Panel	Parabólica
Banda de operación: 5 GHz	✓	✓
Estándar Inalámbrico 802.11n	✓	✓
Potencia \geq a 24.78 dBm	✓	
Ganancia antena \geq 23 dBi	✓	✓
MCS11 o superior	✓	✓
Ancho de canal 40 MHz	✓	✓
Umbral de Recepción -73 dBm o superior	✓	✓
Puertos Ethernet	One Gigabit port with Auto-MDI/X	(1) 10/100/1000
Administración	Avanzada	Simple
Autenticación capa 2 y capa3	✓	✓
Software administrable	✓	✓
Telnet, SNMP, SSH	✓	X
Soporte IPV6	✓	✓
Soporte WMM	✓	X
Diagrama Polarización Horizontal		
Diagrama Polarización Vertical		

Fuente: Características técnicas, recuperado de (Mikrotik, Routers & Wireless, 2015), (Ubiquiti, 2016)

Para la elección de la antena ideal para la red backhaul, se analiza la directividad del patrón de radiación. La antena de la marca Mikrotik si bien ofrece un software mucho más robusto en su administración, su diseño físico no permite concentrar toda la potencia en un punto focal y parte de la energía se dispersa; algo que no ocurre con la antena de la marca Ubiquiti, cuyo diseño parabólico concentra de mejor manera la energía radiada evitando además posibles interferencias. El anexo se muestra las características técnicas de la antena Power Beam M5 400. Determinados los equipos para el diseño, la red backhaul será diseñada como muestra la figura 62.

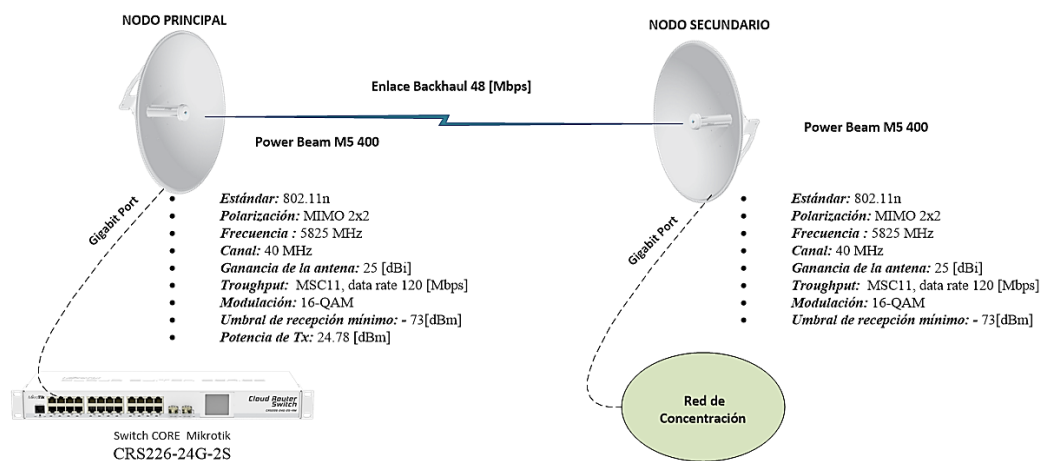


Figura 62: Diseño Red Backhaul

Fuente: Propia del Autor, recuperado de: Microsoft Visio 2010

4.1.6 RED DE CONCENTRACIÓN

La red de concentración es la encargada del control de las conexiones de los suscriptores en los puntos de presencia del proveedor, asignando el ancho de banda contratado por el cliente. Es un punto intermedio de la red del proveedor que interconecta la red de núcleo y acceso, enrutando todo el tráfico de una red a otra. Estas funciones se llevarán a cabo por routers y switches o bien por un solo dispositivo que integre las funcionalidades de los

dos equipos como switches de capa 3. Adicionalmente y por facilidad de administración de las conexiones, es posible utilizar alguna herramienta software que gestione y controle el desempeño de la red. La figura 63 muestra un diagrama general de la red de concentración.

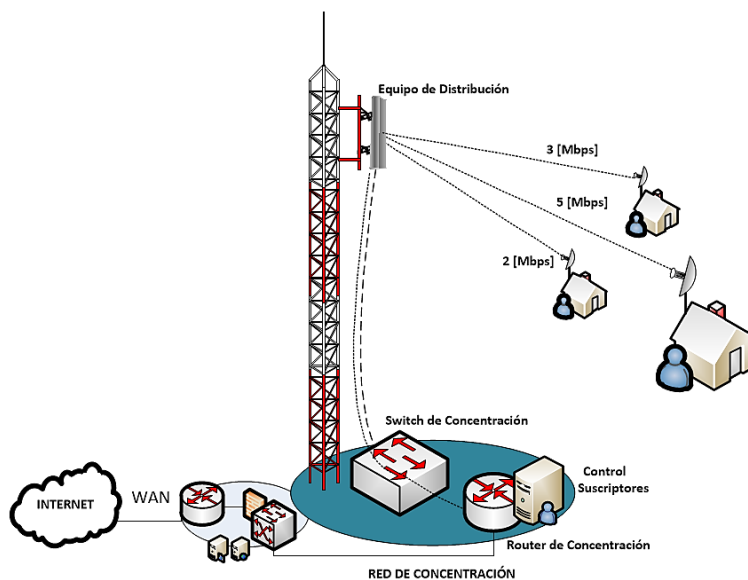


Figura 63: Topología Física Red de Concentración

Fuente: Propia del Autor recuperada de: Microsoft Visio

4.1.6.1 Equipos

Para evitar que se produzca saturación en los puertos de conmutación, los equipos tendrán capacidades similares a los establecidos para la red troncal. Deberán garantizar la escalabilidad de red mediante una densidad de puertos y a nivel lógico tener funciones adicionales al de enrutamiento de paquetes como: firewall, redes privadas virtuales y otras que se mencionan en la tabla 19.

Tabla 19 Requerimiento y elección de equipos red distribución

Características	SWITCH DE CONCENTRACIÓN	
Imagen		
Modelo	Mikrotik CRS125-24G-1S	CISCO 2960-S

Características	Mikrotik CRS125-24G-1S	CISCO 2960-S
Conectividad LAN (10/100/1000)	✓	✓
Nivel de Conmutación Capa2 y Capa 3	✓	X
Modular	✓	✓
Soporte VLAN's	✓	✓
Soporte para IPV6	✓	✓
Telnet, SNMP, SSH	✓	✓
IEEE 802.1Q (VLANs)	✓	✓
STP (Spanning – Tree Protocol IEEE 802.1D)	✓	✓
ACLs Capa 2 y Capa 3	✓	X
IEEE 802.1X	✓	✓
Ether Channel	✓	✓
Bajo Costo	✓	X
Rápida disponibilidad	✓	X

Fuente: Características técnicas, recuperado de (Mikrotik, Routers & Wireless, 2015), (CISCO, 2016)

Se elige el equipo de la marca Mikrotik, haciendo el mismo análisis de los equipos de red troncal. El software utilizado por el equipo elegido se denomina RouterOS y provee funcionalidades de router no solo a este equipo, sino a todos los de su marca y por la densidad de puertos con la que cuenta, lo hacen la mejor opción, con una relación costo/beneficio favorable para el despliegue de la red. De no contar con el software de gestión de clientes, el equipo integra una herramienta para control de ancho banda con calidad de servicio. En conclusión, es un equipo cuyo software está orientado a las necesidades requeridas.

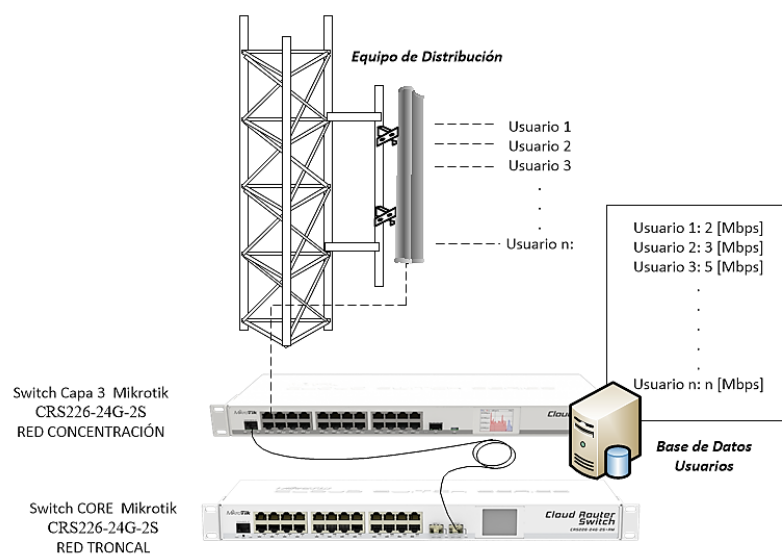


Figura 64: Diseño Red de Concentración

Fuente: Propia del Autor, Recuperado de: Microsoft Visio 2010

4.1.7 RED DE ACCESO

Esta red permite dar cobertura del servicio de Internet inalámbrico a los usuarios finales desde los nodos de distribución, utilizando una topología de red punto multi-punto. Esta red distingue dos tipos de estaciones: una encargada de proveer el servicio (estación base) que será parte de la red del proveedor y otra que recibirá el servicio (estación suscriptora) que estará ubicada en los domicilios del usuario.

4.1.7.1 Estación Base

Será el dispositivo inalámbrico desde el cual se emitirá la señal de Internet. Es posible utilizar antenas omnidireccionales o sectoriales dependiendo de las necesidades de cobertura. Una antena omnidireccional teóricamente emite a 360 grados, teniendo un haz amplio, pero de corto alcance. Una antena sectorial tiene mayor alcance que una antena omnidireccional pues emite en una sola dirección y dependiendo de su apertura emitirá en ángulos de 30, 60, 90 o 120 grados. Por esta razón en el diseño se tomará en cuenta antenas sectoriales. El ángulo de apertura adecuado será definido en base a las características de su patrón de radiación comparados en la figura 65.

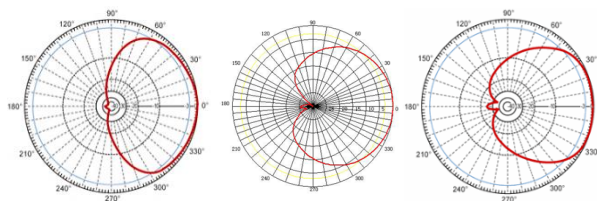


Figura 65 Patrón de Radiación para antenas de 120, 90 y 60 grados

Fuente: Patrones de Antenas (Viklund, 2015)

Una antena con un haz amplio permite muchas conexiones, pero a distancias cortas, mientras que con una antena de apertura estrecha logra distancia y no densidad en las

conexiones. La zona de cobertura se caracteriza por tener una gran densidad de usuarios cercanos a los nodos de distribución, por esta razón se utilizarán antenas sectoriales con un ángulo de apertura de 120°, frecuencia de 5GHz, un espectro menos saturado como a 2.4 GHz y en canales distintos de operación para evitar interferencias entre antenas. En caso de haber enlaces dedicados se utilizará antenas directivas para transmisiones punto a punto.

4.1.7.2 Estación Suscriptora

Son antenas directivas tipo outdoor receptores de la señal transmitida desde la estación base. Operan a la frecuencia establecida por las antenas transmisoras. Este tipo de dispositivo puede variar en forma y tamaño dependiendo de la distancia del usuario, tipo de suscriptor (residencial o comercial) y otras características (nivel de potencia, umbral de recepción, ganancia, otras) que garanticen una buena calidad del enlace y buen servicio para usuario. La Figura 61 muestra un diagrama general de la red de acceso

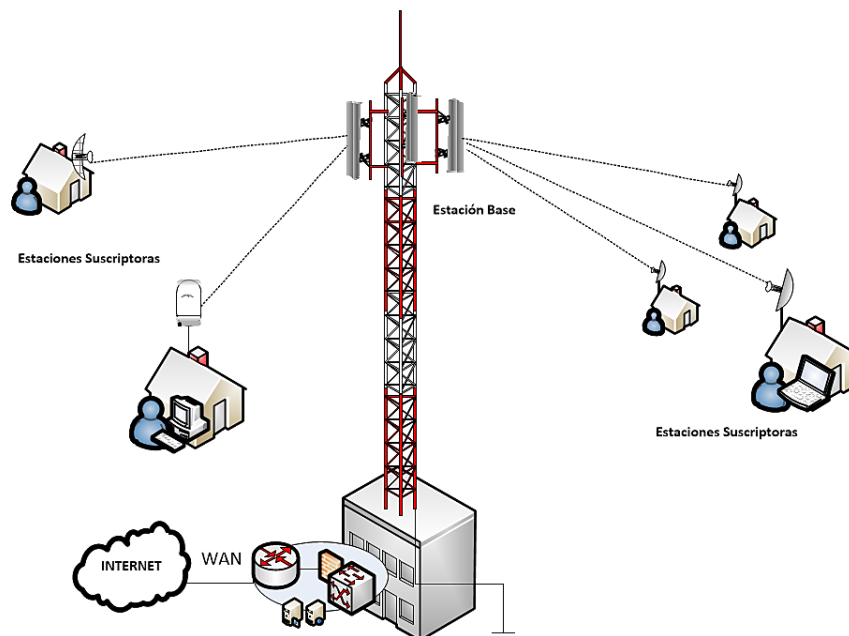


Figura 66: Topología General Red de Acceso

Fuente: Propia del Autor recuperada de: Microsoft Visio

4.1.7.3 Estudio de Cobertura

Áreas de cobertura

La cobertura del servicio está dirigida a la población ubicada noroeste del cantón Cayambe en la parroquia de Ayora. Está conformada por los sectores de La Florida, Ayora, Nápoles, La Remonta y 23 de Julio. Teniendo en cuenta un crecimiento en los próximos años se prevé una mayor área de cobertura en el servicio e incluiría toda la parte urbana y rural del cantón Cayambe en la provincia de Pichincha.

De acuerdo al planteamiento inicial se utilizará antenas sectoriales de 120 grados cubriendo con 3 antenas un total de 360 grados. Para determinar la mejor orientación de las antenas hacia las zonas de cobertura se hace uso de la herramienta Google Earth, trazando un diagrama de cobertura que se muestra en la figura 67.

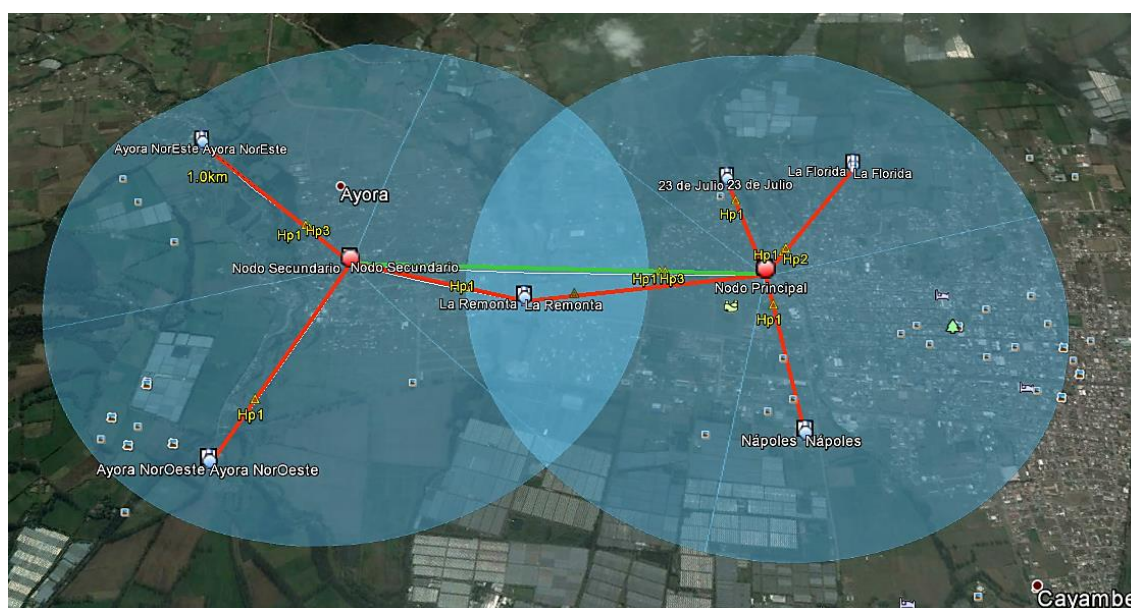


Figura 67: Disposición de antenas para cobertura del servicio de Internet

Fuente: Propia del autor, recuperado de: Simulador Xirio

Definido esto, es conveniente organizar la operación de los equipos, sobre todo las frecuencias de trabajo de tal manera que se aproveche eficientemente el uso del espectro radioeléctrico, evitando interferencia como co-canal y de canal adyacente, por esta razón se realiza una planificación de frecuencias, haciendo una reutilización de las mismas, considerando que se cuenta con un número limitado. En base a la tabla 3 de la sección 2.9.1.4 se plantea el diagrama de la figura 68. En la tabla 20 se hace un resumen de las frecuencias a ser utilizadas por los equipos y además para fines de cálculos posteriores se analiza el punto más lejano a dar cobertura que será tomado como la ubicación de un posible suscriptor.

Tabla 20 Tabla de asignación de frecuencias por sectores

Frecuencia	Estación Base Transmisora	Sector de Cobertura	Distancia de usuario potencial más alejado (Km)
5805	SECTORIAL A1	La Remonta	1.38
5785	SECTORIAL B1	La Florida – 23 de Julio	1.24 - 1.22
5765	SECTORIAL C1	Nápoles	1.12
5805	SECTORIAL A2	Ayora Noreste	1.206
5745	SECTORIAL B2	Ayora Noroeste	1.128
5785	SECTORIAL C2	Ayora Centro y Sur	1.054

Fuente: Propia del autor

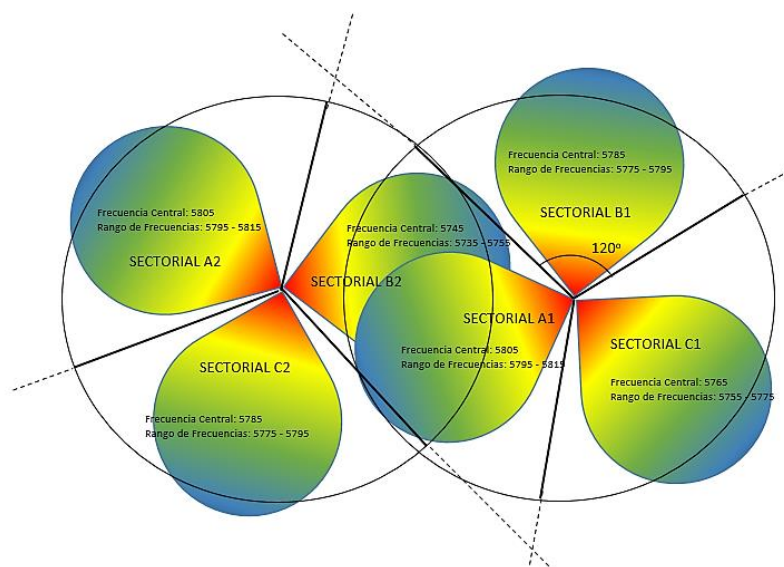


Figura 68: Diagrama de asignación de frecuencias por sectores

Fuente: Propia del autor, recuperada de: Microsoft Visio

Tasa de transferencia en la cobertura

De acuerdo a la tabla 11 de la sección 4.1.4.1, a nivel residencial y comercial el plan de servicio de Internet de mayor velocidad de navegación corresponde al de 5 [Mbps] y suponiendo que el usuario más alejado elija uno de estos planes, se deberá garantizar este valor. Haciendo el mismo análisis de la red backhaul para alcanzar un throughput de 5 [Mbps] es necesario un Data Rate de 15 [Mbps], con MSC0 y sensibilidad en recepción de -88 [dBm] en polarización simple o un Data Rate de 30[Mbps], con MSC8 y sensibilidad mínima en recepción de -85 [dBm] en polarización doble.

Se utilizará equipos con polarización doble aprovechando los beneficios de la tecnología MIMO 802.11n con un canal de 40[MHz]. Así las características de cobertura radioeléctrica quedan definidas de la siguiente manera:

- *Polaridad de Antena: doble (MIMO 2x2)*
- *Esquema de modulación: MSC8*
- *Modulación: BPSK*
- *Data Rate: 30 [Mbps]*
- *Canal: 40 [MHz]*
- *Throughput: 15 [Mbps]*
- *Sensibilidad Mínima en Recepción: - 85 [dBm]*

2. Cálculo de requerimientos mínimos en cobertura

Se realizará los cálculos de potencia en transmisión y recepción para alcanzar la tasa de transmisión en base a las pérdidas sufridas por la señal en su propagación. Estos valores serán utilizados para la simulación de cobertura radioeléctrica. Para todos los casos se analiza la situación de un suscriptor ubicado en la parte más alejada de su zona de cobertura respecto a su nodo de distribución al cual tendrá acceso descritos en la tabla 20.

Nodo Principal – La Remonta.

- *Cálculo de pérdida en espacio libre*

- Distancia: 1.389 Km
- Frecuencia: 5.805 GHz.

$$PEA(dB) = 20 \log(1.389) + 20 \log(5.805) + 92.4$$

$$PEA(dB) = 110.53 [dB]$$

- *Cálculo de Margen de desvanecimiento*

- Distancia Tx – Rx: 1.38 Km
- Factor de rugosidad del terreno: 1 (terreno normal)
- Factor de análisis climático: 0.125 (áreas montañosas de clima seco y fresco)
- Confiabilidad del enlace: 0.99

$$FM(dB) = 30 \log 1.389 + 10 \log 6(1)(0.125)(5.805) - 10 \log(1-0.99) - 70$$

$$FM(dB) = -39.33 [dB]$$

- *Cálculo de la Potencia mínima en Transmisión*

- Sensibilidad Mínima en recepción: - 85 [dBm] (MSC8)
- Pérdidas por guía de onda: 0 [dB]
- Ganancia de antenas: Las ganancias de antenas suscriptoras oscilan en valore de 15 y 27 [dBi], y para antenas transmisoras con una apertura de 120o se tiene valores de entre 19 y 21 [dBi]: se elige una ganancia promedio de 20 [dBi] para antenas transmisoras y receptoras

$$P_{TX} = -85 + 39.33 + 0 - 20 + 110.53 - 20 + 0$$

$$P_{TX} = 22.86 [dBm]$$

- *Cálculo de la potencia en Recepción*

$$Pr = 22.88 - 0 + 20 - 110.47 + 20 - 0$$

$$Pr = -47.61 [dBm]$$

Los valores calculados son aplicados al simulador. De los resultados obtenidos, la figura 69 muestran cómo se atenúa la señal entre la estación transmisora-receptora. La figura 70 presenta el nivel de señal por colores dentro del área de cobertura.

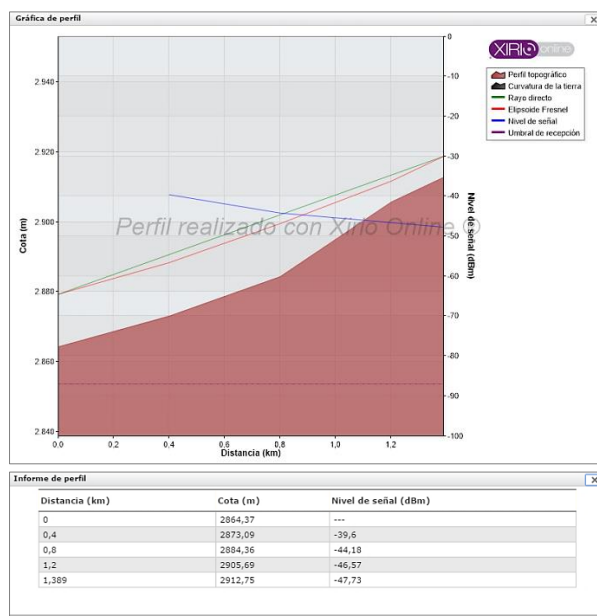


Figura 69: Perfil topográfico cobertura Nodo Principal - La Remonta

Fuente: Propia del Autor, recuperada de: Simulador Xirio

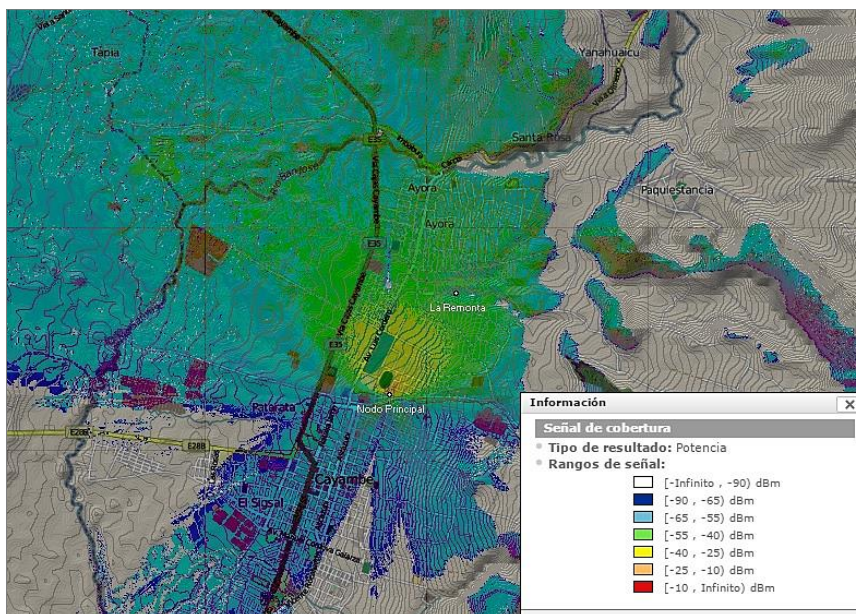


Figura 70: Cobertura Nodo Principal - La Remonta

Fuente: Propia del Autor, recuperado de: Simulador Xirio

Nodo Principal – Nápoles

- *Cálculo de pérdida en espacio libre*
 - Distancia: 2.576 Km
 - Frecuencia: 5.765 GHz

$$PEA(\text{dB})=20 \log(2.576)+20 \log(5.765)+92.4$$

$$PEA(\text{dB})=115.55 \text{ [dB]}$$

- *Cálculo de Margen de desvanecimiento*
 - Distancia: 2.576 Km
 - Factor de rugosidad del terreno: 2 (bosques)
 - Factor de análisis climático: 0.125 (áreas montañosas de clima seco y fresco)
 - Confiabilidad del enlace: 0.99

$$FM(\text{dB})=30 \log 2.576+10 \log 6(2)(0.125)(5.765)-10 \log(1-0.99)-70$$

$$FM(\text{dB}) = -28.44 \text{ [dB]}$$

- *Cálculo de la Potencia mínima en Transmisión*

Sensibilidad mínima en recepción: -85 [dB]

Pérdidas por guía de onda: 0 [dB]

Ganancia de antenas en transmisión y recepción: 20 [dBi].

$$P_{TX} = -85 + 28.44 + 0 - 20 + 115.55 - 20 + 0$$

$$P_{TX} = 16.99 \text{ [dBm]}$$

- *Cálculo de la potencia en Recepción*

$$Pr = 16.99 - 0 + 20 - 115.55 + 20 - 0$$

$$Pr = -58.56 \text{ [dBm]}$$

Los valores calculados son aplicados al simulador. De los resultados obtenidos, la figura 71 muestran cómo se atenúa la señal entre la estación transmisora-receptora. La figura 72 presenta el nivel de señal por colores dentro del área de cobertura.

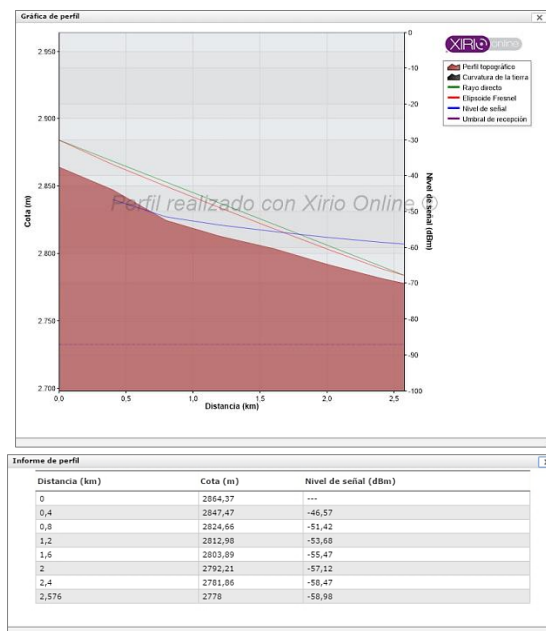


Figura 71: Perfil topográfico cobertura Nodo Principal – Nápoles

Fuente: Propia del Autor, recuperado de: Simulador Xirio

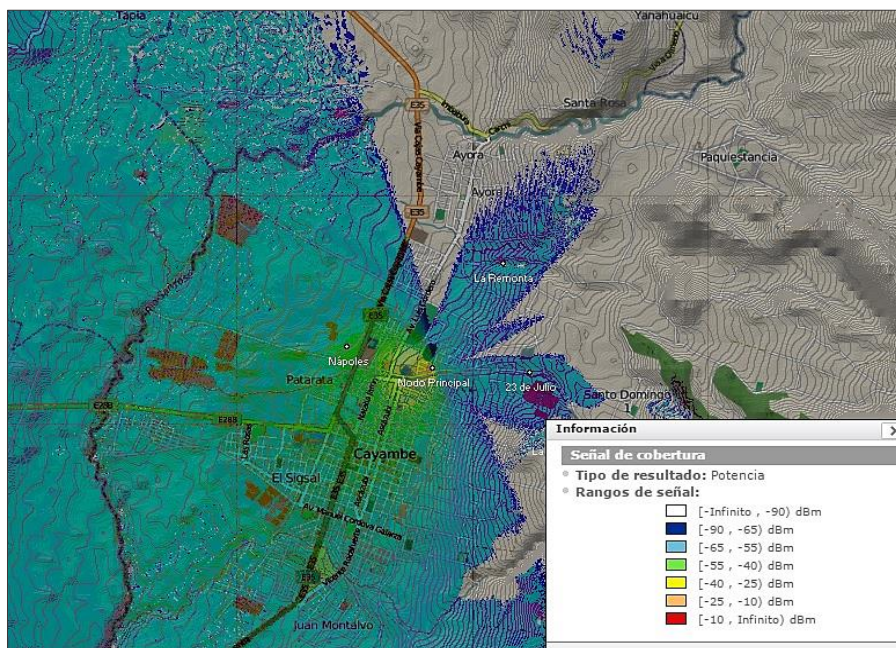


Figura 72: Cobertura Nodo Principal – Nápoles

Fuente: Propia del Autor, recuperado de: Simulador Xirio

Nodo Principal - Cobertura 23 de Julio/La Florida

- *Cálculo de pérdida en espacio libre*

- Distancia: 1.047Km
- Frecuencia: 5.785 GHz.

$$PEA(\text{dB})=20 \log 10 (1.047)+20 \log 10 (5.785)+92.4$$

$$PEA(\text{dB})=108.05 \text{ [dB]}$$

- *Cálculo de Margen de desvanecimiento*

- Distancia Tx – Rx: 0.845 Km
- Factor de rugosidad del terreno: 1 (terreno normal)
- Factor de análisis climático: 0.125 (áreas montañosas de clima seco y fresco)
- Confiabilidad del enlace: 0.99

$$FM(\text{dB})=30 \log 1.047 +10 \log 6(1)(0.125)(5.785) -10 \log(1-0.99) -70$$

$$FM(\text{dB}) = -43.03 \text{ [dB]}$$

- *Cálculo de la Potencia mínima en Transmisión*

- Sensibilidad mínima en recepción: -85 [dBm],
- Pérdidas por guía de onda: 0 [dB]
- Ganancia de antenas en transmisión y recepción: 20 [dBi].

$$P_{TX} = -85 + 43.07 + 0 - 20 + 108.05 - 20 + 0$$

$$P_{TX} = 24.12 \text{ [dBm]}$$

- *Cálculo de la potencia en Recepción*

$$Pr = 24.12 - 0 + 20 - 108.05 + 20 - 0$$

$$Pr = -43.93 \text{ [dBm]}$$

Los valores calculados son aplicados al simulador. De los resultados obtenidos, la figura 73 muestran cómo se atenúa la señal entre la estación transmisora-receptora. La figura 74 presenta el nivel de señal por colores dentro del área de cobertura.

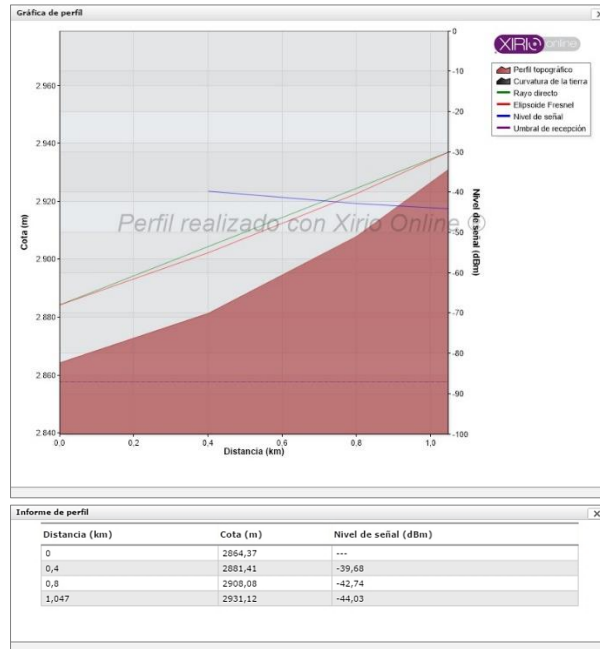


Figura 73: Perfil topográfico cobertura Nodo Principal – 23 de Julio/La Florida

Fuente: Propia del autor, recuperado de: Simulador Xirio

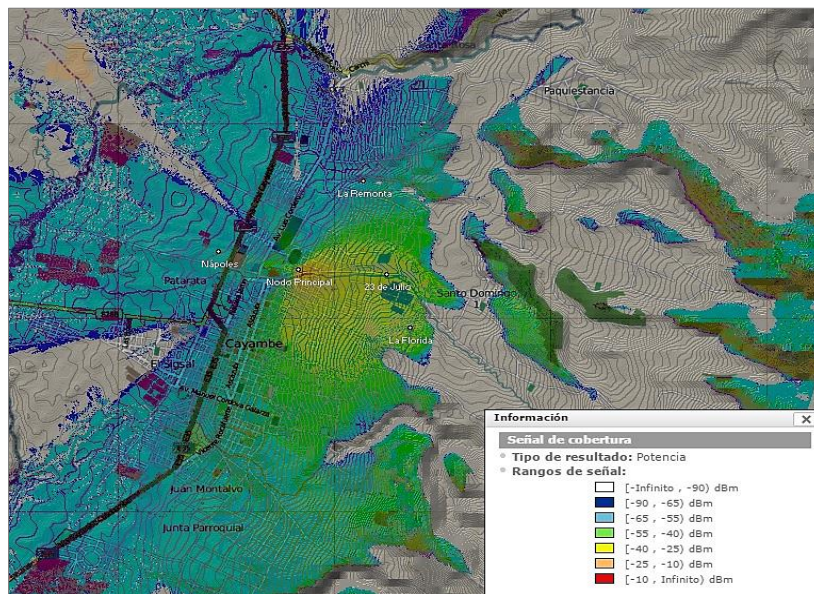


Figura 74: Cobertura Nodo Principal – 23 de Julio/La Florida

Fuente: Propia del autor, recuperado de: Simulador Xirio

Nodo Secundario - Cobertura Ayora Noreste

- *Cálculo de pérdida en espacio libre*

- Distancia: 1.326 Km
- Frecuencia: 5.805 GHz.

$$PEA(\text{dB})=20 \log(1.326)+20 \log(5.805)+92.4$$

$$PEA(\text{dB})=110.13 \text{ [dB]}$$

- *Cálculo de Margen de desvanecimiento*

- Distancia Tx – Rx: 1.326 Km
- Factor de rugosidad del terreno: 1 (terreno normal)
- Factor de análisis climático: 0.125 (áreas montañosas de clima seco y fresco)
- Confiabilidad del enlace: 0.99

$$FM(\text{dB})=30 \log 1.326+10 \log 6(1)(0.125)(5.805)-10 \log(1-0.99)-70$$

$$FM(\text{dB}) = -39.94 \text{ [dB]}$$

- *Cálculo de la Potencia mínima en Transmisión*

- Sensibilidad mínima en recepción: -87 [dB] (MSC8)
- Pérdidas por guía de onda: 0 [dB]
- Ganancia de antenas en transmisión y recepción: 20 [dBi]

$$P_{TX} = -85 + 39.94 + 0 - 20 + 110.13 - 20 + 0$$

$$P_{TX} = 23.07 \text{ [dBm]}$$

- *Cálculo de la potencia en Recepción*

$$Pr = 23.07 - 0 + 20 - 110.13 + 20 - 0$$

$$Pr = -47.06 \text{ [dBm]}$$

Los valores calculados son aplicados al simulador. De los resultados obtenidos, la figura 75 muestran cómo se atenúa la señal entre la estación transmisora-receptora. La figura 76 presenta el nivel de señal por colores dentro del área de cobertura.

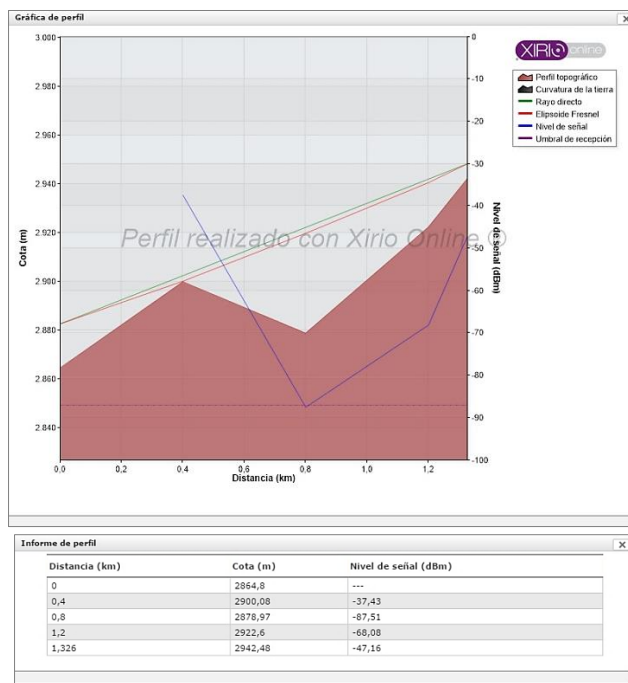


Figura 75: Perfil topográfico cobertura Nodo Secundario – Noreste

Fuente: Propia del autor, recuperado de: Simulador Xirio

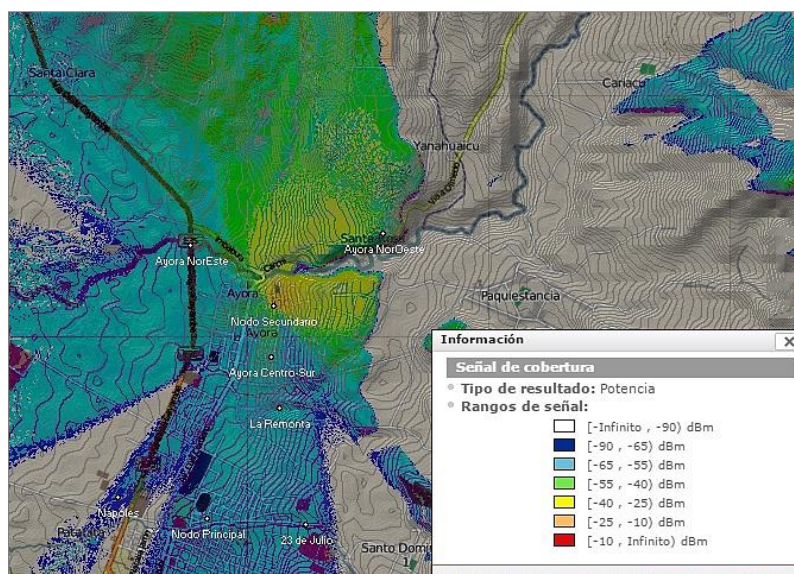


Figura 76: Cobertura Nodo Secundario - Ayora Noreste

Fuente: Propia del autor, recuperado de: Simulador Xirio

Nodo Secundario - Cobertura Ayora Noroeste

- *Cálculo de pérdida en espacio libre*

- Distancia: 1.421 Km
- Frecuencia: 5.745 GHz.

$$PEA(\text{dB})=20 \log(1.421) + 20 \log(5.745) + 92.4$$

$$PEA(\text{dB})=110.64 \text{ [dB]}$$

- *Cálculo de Margen de desvanecimiento*

- Distancia: 2.576 Km
- Factor de rugosidad del terreno: 1 (terreno normal)
- Factor de análisis climático: 0.125 (áreas montañosas de clima seco y fresco)
- Confiabilidad del enlace: 0.99

$$FM(\text{dB})=30 \log 1.421 + 10 \log 6(1)(0.125)(5.745) - 10 \log(1-0.99) - 70$$

$$FM(\text{dB}) = -39.08 \text{ [dB]}$$

- *Cálculo de la Potencia mínima en Transmisión*

- Sensibilidad mínima en recepción: -85 [dB]
- Pérdidas por guía de onda: 0 [dB]
- Ganancia de antenas en transmisión y recepción de 20 [dBi].

$$P_{TX} = -85 + 39.08 + 0 - 20 + 110.64 - 20 + 0$$

$$P_{TX} = 22.72 \text{ [dBm]}$$

- *Cálculo de la potencia en Recepción*

$$Pr = 22.72 - 0 + 20 - 110.64 + 20 - 0$$

$$Pr = -47.92 \text{ [dBm]}$$

Los valores calculados son aplicados al simulador. De los resultados obtenidos, la figura 77 muestran cómo se atenúa la señal entre la estación transmisora-receptora. La figura 78 presenta el nivel de señal por colores dentro del área de cobertura.

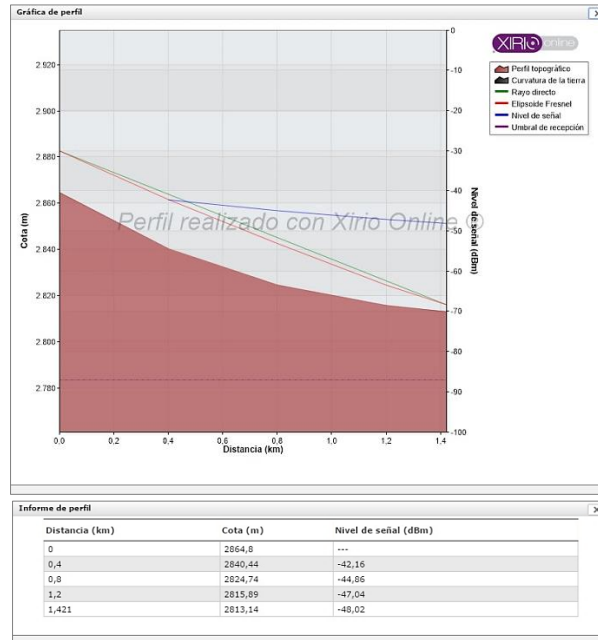


Figura 77: Perfil topográfico cobertura Nodo Secundario – Noroeste

Fuente: Propia del autor, recuperado de: Simulador Xirio

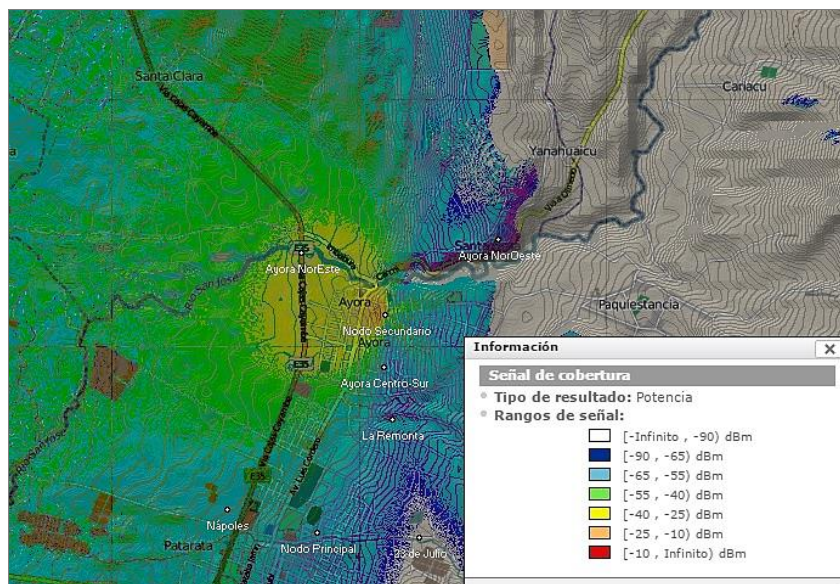


Figura 78: Cobertura Nodo Secundario - Ayora Noroeste

Fuente: Propia del autor, recuperado de: Simulador Xirio

Nodo Secundario - Cobertura Ayora Centro-Sur

- *Cálculo de pérdida en espacio libre*

- Distancia: 1.062 Km
- Frecuencia: 5.785 GHz.

$$PEA(dB) = 20 \log(1.062) + 20 \log(5.785) + 92.4$$

$$PEA(dB) = 108.17 [dB]$$

- *Cálculo de Margen de desvanecimiento*

Aplicando la ecuación se tiene:

- Distancia Tx – Rx: 1.062 Km
- Factor de rugosidad del terreno: 1 (terreno normal)
- Factor de análisis climático: 0.125 (áreas montañosas de clima seco y fresco)
- Confiabilidad del enlace: 0.99

$$FM(dB) = 30 \log 1.062 + 10 \log 6(1)(0.125)(5.785) - 10 \log(1 - 0.99) - 70$$

$$FM(dB) = -42.84 [dB]$$

- *Cálculo de la Potencia mínima en Transmisión*

- Sensibilidad mínima en recepción: -85 [dB] (MSC8)
- Pérdidas por guía de onda: 0 [dB]
- Ganancia de antenas en transmisión y recepción: 20 [dBi]

$$P_{TX} = -85 + 42.84 + 0 - 20 + 108.17 - 20 + 0$$

$$P_{TX} = 24.01 [dBm]$$

- *Cálculo de la potencia en Recepción*

$$Pr = 24.01 - 0 + 20 - 108.17 + 20 - 0$$

$$Pr = -44.16 [dBm]$$

Los valores calculados son aplicados al simulador. De los resultados obtenidos, la figura 79 muestran cómo se atenúa la señal entre la estación transmisora-receptora. La figura 80 presenta el nivel de señal por colores dentro del área de cobertura.

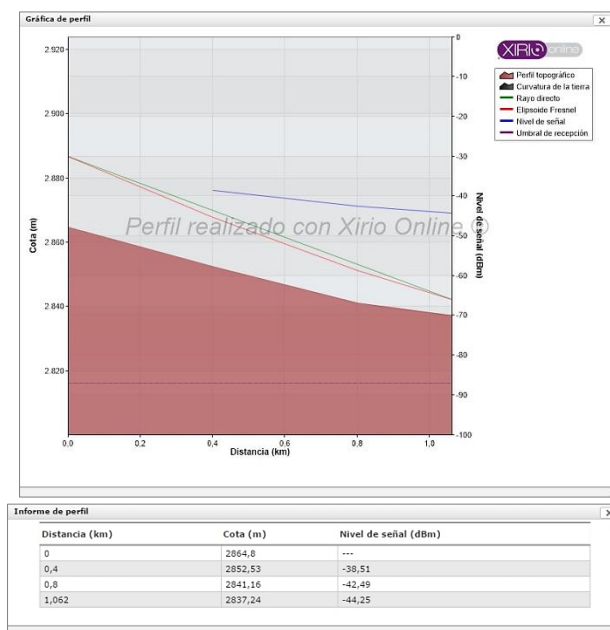


Figura 79: Perfil topográfico cobertura Nodo Secundario - Centro/Sur

Fuente: Propia del autor, recuperado de: Simulador Xirio

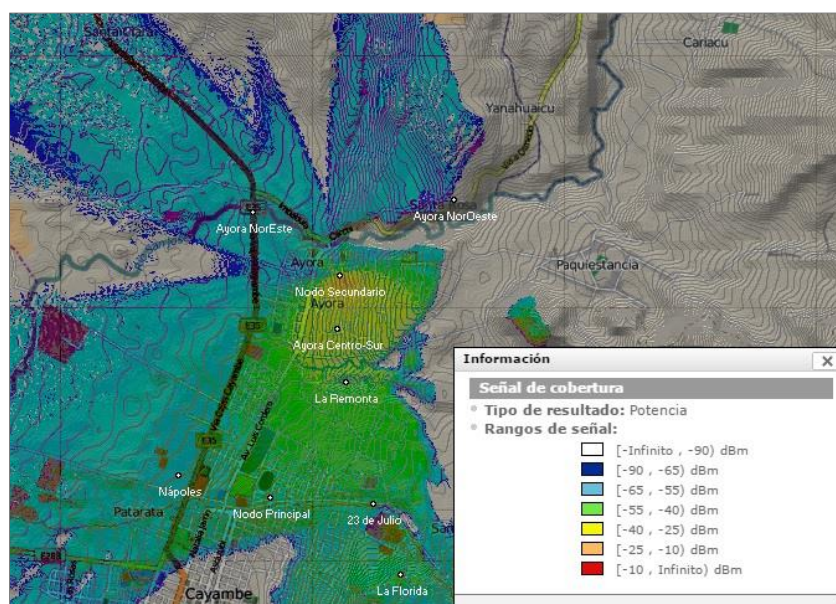


Figura 80: Cobertura Nodo Secundario - Ayora Centro Sur

Fuente: Propia del autor, recuperado de: Simulador Xirio







4.1.7.4 Equipos

El equipo adecuado que brinde un óptimo desempeño cumplirá con los parámetros técnicos ya establecidos. Las estaciones suscriptoras deberán cumplir como mínimo con los requisitos.

- **Tipo de antena:** *directiva*
- **Polarización de antena:** *doble (MIMO 2x2)*
- **Frecuencia de Operación:** 5.8 GHz
- **Umbral de recepción mínimo:** -85 dBm
- **Ganancia antenas:** 20 dBi o superior
- **Esquema de modulación y Codificación:** MSC8 o superior

En la tabla 21 se hace una comparación entre los equipos que podrían cumplir la función de estaciones suscriptoras que se encuentran al alcance en el mercado y de performance óptimo para el diseño de red.

Tabla 21 Requerimientos mínimos de equipos de estación suscriptoras





Características	Estaciones					
	UBIQUITI			MIKROTIK		
CPE						
Modelo	Nano Beam M5	NanoStatio M5	Nano Loco M5	Airgrid M5	SXT5HPND	LHG 5
Administración	Simple	Simple	Simple	Simple	Avanzada	Avanzada
Frecuencia 5 GHz	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Estándar 802.11n	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Alcance	largo	mediano	corto	largo	mediano	largo
Polarización Doble	✓	✓	✓	X	✓	✓
Sensibilidad mínima -85 dB	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Canal de 40 MHz	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Telnet, SNMP, SSH	X	X	X	X	✓	✓
Ganancia de antena 15 dBi o superior	✓	✓	✓	✓	✓	✓
MCS8 o superior	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Soporte IPV6	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Fuente: Datos técnicos equipo, extraído de (Mikrotik, Routers & Wireless, 2015), (Ubiquiti, 2016)

De acuerdo a la tabla 21 los equipos de las dos marcas cumplen con los requisitos mínimos para el desempeño y serán utilizados dependiendo de las características del enlace. En el Anexo 14 se describe en mayor detalle las características técnicas de estos equipos.

Los equipos de estación base no solo garantizarán la cobertura radioeléctrica, también dependerá de ellos administrar correctamente las conexiones simultáneas de los usuarios sin que se vea afectada su velocidad de navegación. Técnica como la Multiplexación por División de Tiempo (TDMA) permiten hacer una administración eficiente de las conexiones una por una, asignando un slot de tiempo a cada cliente. Por esta razón se recomienda que el equipo de estación base maneje este tipo de multiplexación.

Tabla 22 Parámetros mínimos de equipos de estación base

Características	Estación Base				
	Radios		Antenas		
Radios					
Marca	MIKROTIK		UBIQUITI	UBIQUITI	HYPERLINK
Modelo	RB912UAG-5HPnD-OUT 5GHz		Rocket M5	AMG19-120	HYP60
Estándar 802.11n	✓		✓	✓	✓
Frecuencia 5GHz	✓		✓	✓	✓
Canales de 40 MHz	✓		✓	–	–
MSC9 o superior	✓		✓	–	–
TDMA	✓		✓	–	–
Software de Administración	Avanzada		Media	–	–
Telnet, SNMP, SSH	✓		X	–	–
Interfaces Ethernet	Gigabit		Gigabit	–	–
Soporte IPV6	✓		✓	–	–
Soporte WM/QoS 802.11e	✓		✓	–	–
DHCP, NAT	✓		✓	–	–
VLANs	✓		✓	–	–
Polarización Vertical	–		–	✓	✓
Polarización Horizontal	–		–	✓	✓
Ganancia 19 dBi o superior	–		–	✓	✓
Apertura de 120 grados	–		–	✓	X

Fuente: Datos técnicos radios-antenas, recuperado de: (Mikrotik, Routers & Wireless, 2015), (Ubiquiti, 2016), (Connectivity, 2016)

Analizando las características de los equipos se concluye que se puede utilizar cualquiera de los radios, pero en antenas la única que cumple con las especificaciones de

diseño es la antena de la marca Ubiquiti. En mayor detalle se muestra sus características físicas y técnicas en los Anexos 11 y 12. Definidos los equipos, la red de acceso se diseña según la figura 81

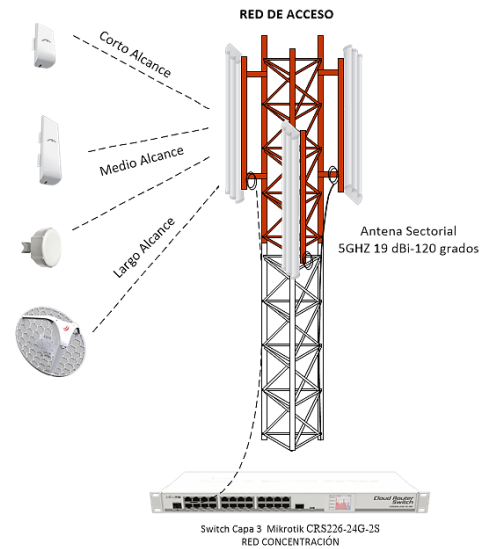


Figura 81: Diseño red de Acceso

Fuente. Propia del autor, recuperado de: Microsoft Visio 2010

Tanto para el nodo principal y nodo secundario se prevén el diseño de la figura 81. Así se tendrá cobertura en todos los puntos como se muestra en la figura 82

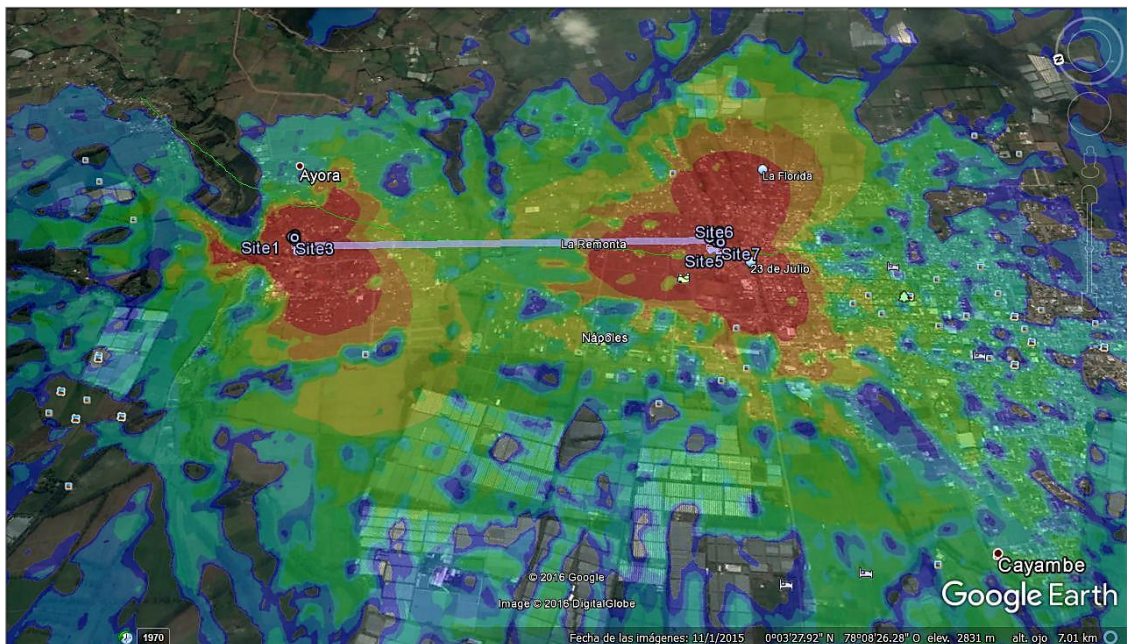


Figura 82: Cobertura Radioeléctrica Total

Fuente: Propia del autor, recuperado de: Microsoft Google Earth

4.1.8 RED DE GESTIÓN

Se tendrá una gestión a nivel físico que comprende sistemas de cableado estructurado y distribución del cuarto de equipos. A nivel lógico el uso software de monitoreo de los equipos de la red.

4.1.8.1 Cuarto de equipos

Un cuarto de equipos se considera al espacio donde se encuentran todos los equipos de telecomunicaciones. Para su diseño se tomará en cuenta recomendaciones que se ajusten al esquema del diseño del proyecto de los siguientes estándares.

ANSI/TEI/EIA 569 Espacios y canalizaciones para telecomunicaciones

Este estándar provee un conjunto de especificaciones necesarias para el diseño de instalaciones y la infraestructura de edificios necesarias para el cableado de telecomunicaciones. (Joskowicz, 2013) El estándar identifica seis componentes de la infraestructura para el cuarto de equipos, de todas estas se acoge aquellas que se adaptan al diseño del proyecto.

- Instalación de entrada. - corresponde al lugar por donde ingresan los servicios de telecomunicaciones. Se recomienda que la instalación de entrada sea por un lugar seco lo más próximo al cuarto de equipos. De este componente también formarán parte los equipos del proveedor de servicios de telecomunicaciones.

- Sala de equipos. - será el espacio donde se van ubicar los equipos de telecomunicaciones. El diseño será pensado tomando en cuenta expansiones futuras. Se evitará lugar con filtraciones de humedad y se deberá ubicar cerca de las canalizaciones de Backbone por la gran cantidad de cables que puedan llegarse a utilizar.
- Distancia a los cables de energía. - los cables de energía eléctrica deberán estar debidamente separados de los cables de telecomunicaciones de acuerdo la tabla 23.

Tabla 23: Distancia de cables de energía a los cables de telecomunicaciones

	Potencias		
	< 2 kVA	2 - 5 kVA	> 5 kVA
Líneas de potencia no blindadas, o equipos eléctricos próximos a canalizaciones no metálicas	127 mm	305 mm	610 mm
Líneas de potencia no blindadas, o equipos eléctricos próximos a canalizaciones metálicas aterradas	64 mm	152 mm	305 mm
Líneas de potencia en canalizaciones metálicas aterradas próximas a canalizaciones metálicas aterradas	–	76 mm	152 mm

Fuente: Distancia a cables de energía, recuperado de: (Joskowicz, 2013, pág. 18)

- Canalizaciones Internas. - serán canalizaciones sobre las cuales se instalarán las conexiones que comunicarán a los equipos de telecomunicaciones con las instalaciones de entrada. Estas canalizaciones pueden ser llevadas a cabo mediante ductos, bandejas, escalerillas, etc., de manera vertical u horizontal.
- Canalizaciones Horizontales. - permiten la conexión entre las salas de telecomunicaciones y las áreas de trabajo. Deberán ser diseñadas de tal manera que soporten cualquier tipo de cables como UTP, STP o fibra óptica. Utilizar pisos falsos permite dar un mejor manejo de cableado de telecomunicaciones, energía, etc., pero

no se recomienda dejar cables sueltos. También se puede utilizar ductos aparentes (canaletas) metálicas o de PVC.

Tomando en cuenta estas recomendaciones, el cuarto de equipos según el estándar ANSI/TIA/EIA 569 se diseñará de acuerdo a la figura 83.

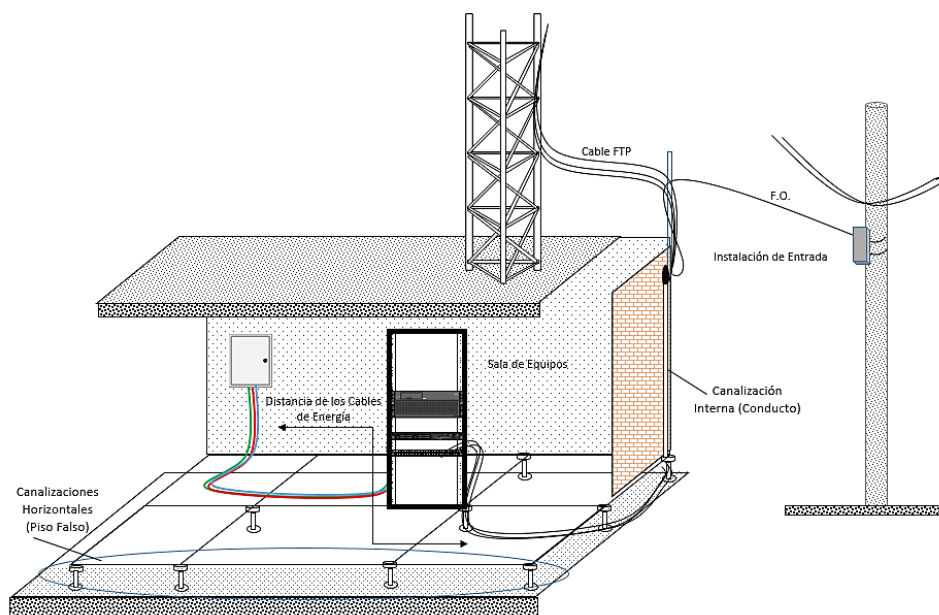


Figura 83: Cuarto de Equipos según el estándar ANSI/TIA/EIA-569

Fuente: Propia del autor, recuperado de: Microsoft Visio 2010

ANSI/J-STD-607 Tierras y aterramientos para los sistemas de telecomunicaciones de edificios comerciales.

El diseño de un sistema de puesta a tierra para una red de comunicaciones constituye parte esencial en la vida útil de los equipos y protección del personal a pesar de manejar voltajes bajos en este tipo de sistemas. Con el principal propósito de crear un camino adecuado para dirigir corrientes y voltajes estáticas y pasajeras hacia tierra se acoge algunas

recomendaciones dadas por el estándar ANSI/EIA/TIA 607 a tomarse en cuenta para el cuarto de equipos.

- **TMGB (Barra principal de tierra para telecomunicaciones)**

Los aterramientos de sistemas de telecomunicaciones parten del aterramiento principal del edificio. A partir de este punto se tendrá un conductor de tierra para telecomunicaciones hasta la TMGB (barra principal de tierra de telecomunicaciones). Esta barra será de cobre con perforaciones según el estándar NEMA, de espesor mínimo 6 mm y 100 mm de ancho con el largo adecuado para alojar todos los cables a tierra. El conductor preferentemente recubierto de color verde y de sección mínima 6 AWG y debidamente etiquetado. (Joskowics, 2013)

- **TGB (Barras de tierra para telecomunicaciones)**

En cada sala de equipos y de telecomunicaciones se ubicará una TGB (Barras de tierra para telecomunicaciones), que será el punto central de conexiones de tierra de los equipos. Esta barra será de cobre con perforaciones de estándar NEMA con un mínimo de 6 mm de espesor x 50 mm de ancho y el largo adecuado según la cantidad de conexiones. (Joskowicz, 2013)

- **TBB (Backbone de tierras)**

Es un conductor de cobre aislado que conecta las barras TGB's al TGMB con un diámetro mínimo 6 AWG, evitando empalmes en su recorrido. (Joskowicz, 2013)

Para el sistema de puesta a tierra para el cuarto de equipos la norma TIA/EIA 942 establece un valor máximo de 5Ω para la resistividad del terreno. Para conseguir dicha resistividad se utilizarán enriquecedores químicos de terreno descritos en una próxima sección. Tomando en cuenta estas recomendaciones el cuarto de equipos se diseña de acuerdo a la figura 84.

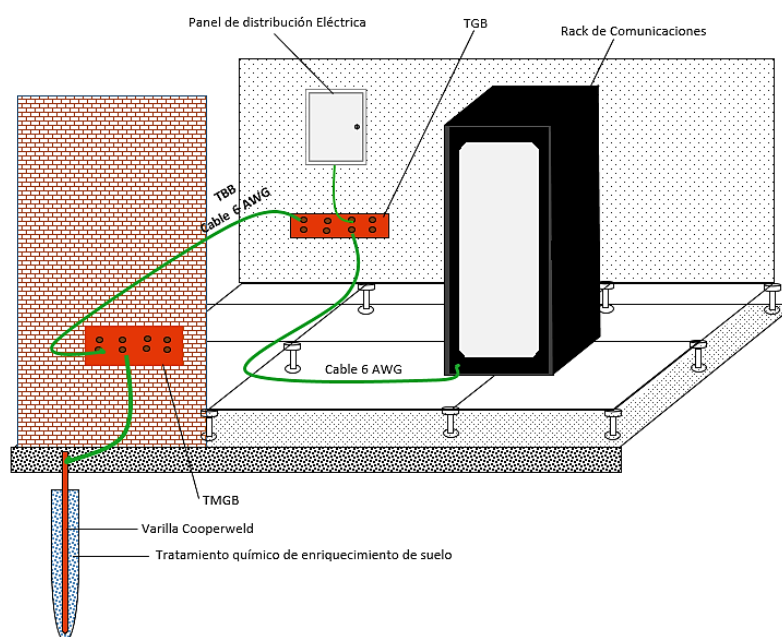


Figura 84: Cuarto de Equipos según el estándar ANSI/J-STD-607

Fuente: Propia del autor, recuperado de: Microsoft Visio 2010

ANSI/TIA/EIA 568 Cableado de telecomunicaciones para edificios comerciales

Este estándar especifica requerimientos de un sistema integral de cableado estructurado, independientemente de las aplicaciones y marcas utilizadas en su diseño. La última actualización de este estándar publicado por la TIA es el ANSI/TIA/EIA 568 C que consiste en una revisión del ANSI/TIA/EIA 568 B, creando una recomendación común para todo tipo de edificios. (Joskowicz, 2013) Este estándar se divide en 4 secciones.

- ANSI/TIA/EIA 568-C.0 Cableado Genérico de Telecomunicaciones para instalaciones de Cliente
- ANSI/TIA/EIA 568-C.1 Cableado de telecomunicaciones para Edificios Comerciales
- ANSI/TIA/EIA 568-C.2 Componentes y Cableado de telecomunicaciones de Par Trenzado Balanceado
- ANSI/TIA/EIA 568-C.3 Componentes de Cableado de Fibra Óptica

En el anexo 9 se muestra una recopilación del estándar completo. De este se tomarán en cuenta únicamente recomendaciones que se apeguen a las características del diseño del cuarto de equipos del proyecto y se definen así:

ANSI/TIA/EIA 568-C.1.- en esta sección del estándar se identifica los siguientes componentes funcionales.

- Instalaciones de Entrada: con las mismas definiciones dadas en el estándar ANSI/TIA/EIA-569
- Distribuidor o repartidor principal y secundario: el distribuidor principal o MDF (Main Distribution Frame) estará constituido por regletas, patcheras u otros elementos de conexión divididos en dos partes, una a la que llegan conexiones de equipos de telecomunicaciones y otras a la que llegan las conexiones de los cables de back-bone.

- **Distribuidores o Repartidores Horizontales (Horizontal Cross-Connect):** Son los puntos terminales de los cables de back-bone y áreas de trabajo. Generalmente consisten en paneles de interconexión (patch panels) que mediante cables de interconexión (patch cords) conectan el cableado a los equipos activos. Tanto paneles como cables de interconexión tendrán las mismas características mecánicas y eléctricas (CAT6 o CAT 6A) del cableado de back-bone.
- **Áreas de Trabajo:** incluyen conectores de telecomunicaciones, cables de interconexión pero no toma en cuenta el equipamiento de usuario final. De esta recomendación se tomará en cuenta la terminación de los conectores en jacks modulares de 8 contactos en los que se admiten dos tipos de conexiones T368A y T568B que difieren en la disposición de los conductores del cable utilizado.

ANSI/TIA/EIA 568-C.2: en esta sección se especifican las características de los elementos de cableado. El estándar reconoce algunas categorías de cables, para el diseño se tomará en cuenta cables FTP Categoría 6A diseñados para transmisiones superiores a 1Gbps, previniendo demandas futuras en la tasa de transmisión de la red back-bone.

Aplicando las recomendaciones de cableado estructurado, el cuarto de equipos se diseña como el diagrama de la figura 85. En él se hace énfasis el uso de un MDF que permitirá una administración centralizada, ordenada y bien estructurada tanto de equipos activos (routers, switches, servidores, etc.) y pasivos (paneles y regletas de conexión,

bandejas, cables de conexión Backbone) que conforman el cuarto de equipos del proveedor, teniendo en cuenta siempre una red escalable.

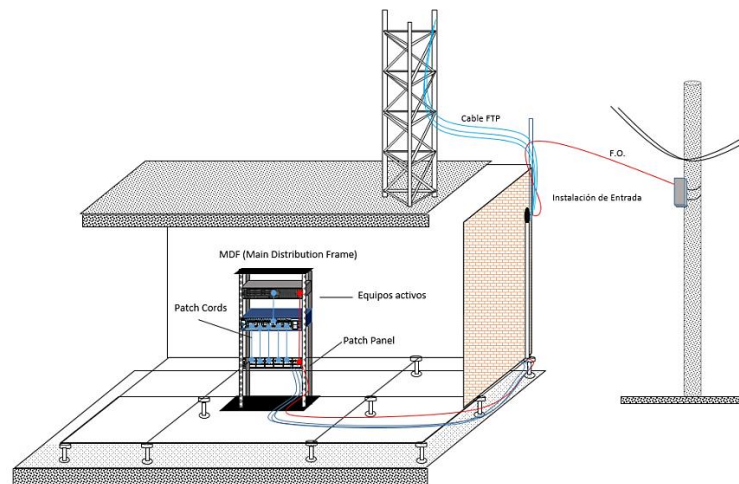


Figura 85: Cuarto de equipos según el estándar ANSI/TIA/EIA 568 C

Fuente: Propia del autor, recuperado de: Microsoft Visio 2010

Para el nodo secundario no se plantea un diseño de cuarto de equipos. Únicamente se utilizará un gabinete exterior de telecomunicaciones y en su interior se instalarán equipos activos, paneles de conexión, cables de interconexión de equipos, sistema de respaldo de energía, etc. La figura 86 muestra el diseño del MDF para el nodo secundario.

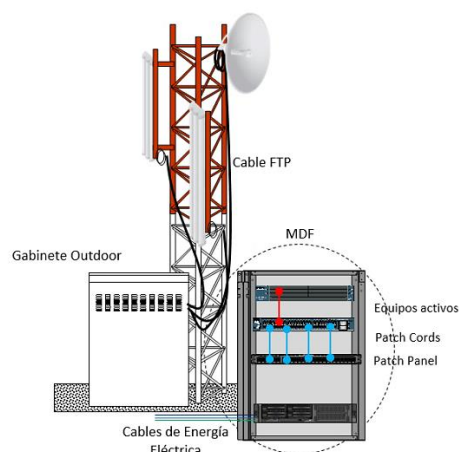


Figura 86: Diseño MDF nodo secundario

Fuente: Propia del autor, recuperado de: Microsoft Visio 2010

4.1.8.2 Sistema de Gestión de Red

Magedanz, (2006) afirma que: “La gestión de redes incluye el despliegue, integración y coordinación del hardware, software y los elementos humanos para monitorizar, probar, sondear, configurar, analizar, evaluar y controlar los recursos de la red para conseguir los requerimientos de tiempo real, desempeño operacional y calidad de servicio a un precio razonable”.

En el diseño de red de gestión se tomará en cuenta un sistema con la capacidad de medir el grado de utilización, rendimiento y detección de fallas en base a protocolos compatibles con los equipos que conformen la red. Por el tipo de despliegue de red, es necesario el uso de alguna herramienta que permita el monitoreo remoto no solo de equipos de Networking, sino que incluya otros como el sistema eléctrico, notificando al administrador de problemas que puedan ocurrir. El software a elegir deberá cumplir ciertas características, pero sobre todo compatibilidad con los equipos Mikrotik y Ubiquiti elegidos para el subsistema de telecomunicaciones de la sección 4.1. En la tabla 24 se hace una comparación de las herramientas de usuario que brindan los sistemas de monitoreo.

Tabla 24 Software de monitoreo y gestión de red

Parámetros	Herramienta de Monitoreo					
	Nagios	PTRG	Zenoss	WhatsUp	The Dude	OpManager
Alertas y Notificaciones	x	x	x	x	x	x
Gráficas y Estadísticas	x	x	x	x	x	x
Acceso a Plugins Actualizaciones	x		x		x	
Escalabilidad de Red	x	x	x		x	x
Reportes	x	x		x	x	
Interfaz WEB	x	x	x	x	x	x
Licencia Libre	x		x		x	
Información Disponible	x		x			
Fácil Administración		x		x	x	
Compatibilidad Mikrotik - Ubiquiti					x	

Fuente: Prestaciones de gestión de red, recuperado de: (Nagios, 2016) (PTRG, 2016) (ZENOSS, 2016) (WhatsUp, 2016) (Mikrotik, The Dude, s.f.) (OpManager, 2016)

Todos estos parámetros se han considerado como requerimientos para el sistema de gestión, si bien no cumple con todos, el sistema The Dude será el utilizado. Trabaja sobre la plataforma Mikrotik y de compatibilidad con equipos Ubiquiti, haciendo un monitoreo bajo MIBs propietarios con el protocolo simple de administración de red SNMP.

The Dude, escanea los equipos conectados a la red, trazando un mapa, monitoreando servicios en cada equipo y ejecuta acciones en base al cambio de estado de un equipo (activo/inactivo). Realiza una gestión organizada y centralizada de redes cableadas e inalámbrica. De instalación y configuración relativamente sencilla, no requiere de hardware con altos requerimientos cuya implementación no resulta costosa. La figura 87 muestra la interfaz de monitoreo de red mediante The Dude.

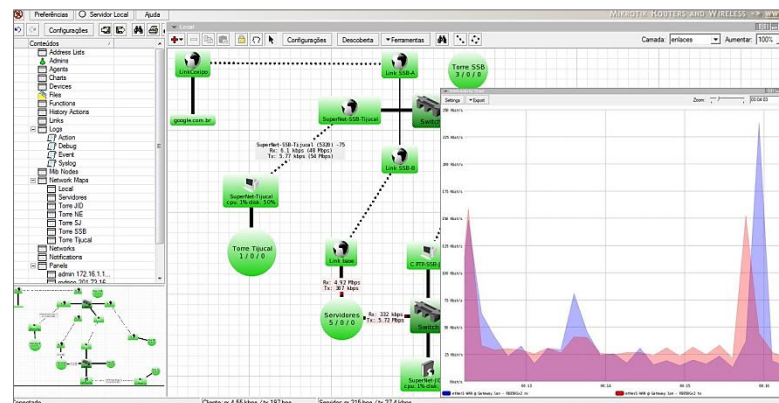


Figura 87: Monitoreo de red The Dude

Fuente: Monitoreo de velocidad de puerto, recuperado de: (Mikrotik, The Dude, s.f.)

4.2 Subsistema de Energía

Dado que no se garantiza el normal suministro de energía eléctrica, el objetivo de este sistema es el de proveer un abastecimiento ininterrumpido de energía para la red. Esto asegura

su normal funcionamiento evitando que el usuario se quede sin servicio. Considerando que la energía suministrada por la empresa eléctrica no es estable se pueden presentar ciertas deficiencias: (Jiménez, 2014)

- Corte de Energía: pérdida total de tensión de entrada.
- Sobretensión: tensión superior al 10% del valor nominal.
- Caída de Tensión: tensión inferior a 80-85% del valor nominal.
- Picos de Tensión: pulso de tensión de valor superior al nominal de corta duración (ms)
- Ruido Eléctrico o Electromagnético: señales parásitas o interferencias unidas a la señal eléctrica.
- Inestabilidad en la Frecuencia: en menor medida a la nominal.
- Distorsión Armónica: deformación de la onda sinusoidal suministrada.

La opción más adecuada es el uso de sistemas UPS (fuente de alimentación ininterrumpida). Un sistema UPS permite que los equipos reciban alimentación de emergencia por un tiempo estimado de acuerdo a las características del sistema al que alimentan, protegiéndolo además de sobre voltajes, caídas en la tensión, voltajes transitorios, entre otros. Para realizar un dimensionamiento correcto de un sistema de energía ininterumpida o UPS se tomara en cuenta lo siguiente:

- Identificar los equipos que queremos proteger; es decir, los mas importantes y que deberán seguir funcionando ante la falta o disturbio en la energía eléctrica. Estos equipos denominados críticos para operación de la red serán routers, switches, radios, antenas y otros, de tal manera que el servicio de Internet no se vea interrumpido para el usuario final.

- Se dimensionará el consumo de los equipos a proteger; es decir de cada equipo verificar su consumo de potencia. Si se ha especificado en watts, convertirlo a volt-ampere (VA) dividiendo el valor en watts entre el factor de potencia (f.d.p.). (TRIPP-LITE, Cómo Dimensionar su Solución de UPS, 2016)
- Y finalmente el tipo de dispositivo UPS que se va utilizar, de montaje en rack o de instalación directa sobre el piso. Además se tomará en cuenta el tipo de tomacorrientes que tendrá el UPS.

4.2.1 Factor de Potencia:

Es un indicador del correcto aprovechamiento de la Energía Eléctrica y puede tomar valores entre 0 (muy malo) y 1 (excelente). (Picolini, s.f.) Se define como la relación entre la potencia activa (P), y la potencia aparente (S), siendo tensiones y corrientes señales sinusoidales. Da una medida de la capacidad de una carga de absorber potencia activa, por tal razón, f.d.p. = 1 para cargas puramente resistivas y para elementos inductivos y capacitivos sin resistencia f.d.p. = 0. La figura 88 muestra el triángulo de potencias.



Figura 88 Triángulo de Potencia

Fuente: (Álvarez, 2015)

A partir de la figura 88 se obtiene la Ecuación 20 según ABB (2015).

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} \quad (20)$$

Dónde:

- S: Potencia Aparente [VA]
- P: Potencia Activa
- Cos φ : Factor de Potencia

Si el factor de potencia es inferior a 0.9, significa que se tiene un elevado consumo de energía reactiva respecto a la activa, dándose una circulación excesiva de la corriente eléctrica en las instalaciones del usuario y por ende en la red de distribución. (Pincolini, s.f.)

La tarificación por energía eléctrica señala el pago por el suministro si el factor de potencia está comprendido entre 0.7 a 0.9. No se realizará ningún pago si es superior a 0.9, mientras que si $\cos\phi < 0.7$, se puede obligar al usuario a realizar la corrección. ((ABB), 2015) Tras esto se entiende que no toda la energía es aprovechada, lo que se puede verificar con el calentamiento de los equipos; para determinar la potencia aparente se tomará un factor de potencia menos favorable de 0.7.

Los equipos a proteger estarán divididos en dos puntos, unos se encontrarán en el nodo principal mientras que otros en el nodo secundario por lo que se realizara un dimensionamiento sistema de UPS por separado. Primeramente se dimensionará el consumo de potencia de los equipos críticos en el nodo principal. La tabla 25 describe estos valores dados por lo fabricantes.

Tabla 25 Potencia consumida en Equipos Nodo Principal

POTENCIA CONSUMIDA EN EQUIPOS			
Descripción	Potencia [watts]	Cantidad	Total [watts]
Antena Mikrotik SAR2	12	1	12

Descripción	Potencia [watts]	Cantidad	Total [watts]
Radio Mikrotik RB912UAG-5HPnD-OUT Basebox 5	11.5	3	34.5
Antena Sectorial AM-5G19-120 grados Ubiquiti	6.5	3	19.5
CCR Router Mikrorik	14	2	28
CCS Switch Mikrotik	14	2	14
PC de Monitoreo de Red (CPU+ Monitor LED)	(150+30)	1	180
TOTAL			288W/h

Fuente: Potencia consumida en equipos, recuperado de: (Mikrotik, Routers & Wireless, 2015), (Ubiquiti, 2016), (CISCO, 2016)

Para trabajar en unidades dadas por sistemas UPS aplicamos la fórmula:

$$S_{requerida} = \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{288}{0.7} = 411.43 [VA]$$

Los sistemas UPS están diseñados para entregar su carga máxima en periodos de tiempo estimados que van de 5 a 15 minutos. Si se quiere alcanzar mayores tiempos de suministro de energía será necesario bancos de baterías o sobredimensionar la carga que protegerá el UPS. Para determinar este tiempo se utiliza la Ecuación 21 según Álvarez (2015), pág. 142.

$$UPS(\text{requerido}) = S \times t \quad (21)$$

Donde:

S: Potencia Aparente Requerida

t: Tiempo de suministro de energía (horas)

Entre las alternativas a elegir están UPSs con una capacidad voltio-amperios de 1KVA o 1000 volt-amperes que al aplicar la fórmula se tendría un tiempo aproximado.

$$UPS(\text{requerido}) = S * t \rightarrow t = \frac{UPS[VA]}{S} = \frac{1000[VA]}{411.43[VA]} \approx 2h: 40min$$

De presentarse mayores tiempos de corte en el suministro, se tendrá tiempo suficiente para tomar otro tipo de acciones como el uso de generadores que no serán contemplados para el diseño. Para el nodo secundario se hace el mismo análisis de las cargas a ser protegidas y se muestran en la tabla 26.

Tabla 26 Potencia consumida en Equipos Nodo Secundario

POTENCIA CONSUMIDA EN EQUIPOS			
Descripción	Potencia [watts]	Cantidad	Total [watts]
Antena Mikrotik SAR2	12	1	12
Radio Mikrotik RB912UAG-5HPnD-OUT Basebox 5	11.5	3	34.5
Antena Sectorial AM-5G19-120 grados Ubiquiti	6.5	3	19.5
CCS Switch Mikrotik	14	2	14
TOTAL			80W/h

Fuente: Potencia consumida en equipos, recuperado de: (Mikrotik, Routers & Wireless, 2015), (Ubiquiti, 2016), (CISCO, 2016)

Para transformar a unidades VA se aplica la formula.

$$S_{requerida} = \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{80}{0.7} = 114.29 [VA]$$

Para determinar el tiempo de suministro para un UPS de 1KVA se aplica la fórmula.

$$UPS(requerido) = S * t \rightarrow t = \frac{UPS[VA]}{S} = \frac{1000[VA]}{114.29[VA]} \approx 9h$$

El nodo secundario estará ubicado en un sitio remoto, el problema más crítico puede ser el corte del suministro de energía; sin embargo, y de acuerdo a los cálculos, contar un UPS de 1KVA brinda un tiempo de respaldo de aproximadamente 9 horas de energía eléctrica, tiempo necesario para tomar alguna decisión que solucione los inconvenientes que haya provocado el corte del suministro eléctrico.

Determinadas las capacidades requeridas se analizan algunos criterios para la elección del tipo de UPS. Se los puede clasificar en dos grupos principales, los de instalación en rack que pueden ser ubicados en gabinete estándar de 19” usados normalmente para aplicaciones de servidores y redes, y los de fijación directa sobre el piso que pueden tener las mismas aplicaciones pero a menor escala (estaciones de trabajo de red y computadoras de escritorio) (TRIPP-LITE, Guía de Compra para Sistemas UPS, 2016) . En la tabla 27 se hace un análisis de estas características.

Tabla 27 Sistemas de respaldo Interactivos vs Online




USO TIPICO	Interactivo	En línea
	Racks pequeños de servidor, redes de oficina	Equipo de misión crítica en centros de datos y salas de servidores
Respaldo por Batería Energía de respaldo por emergencia para fallas de energía de la red pública	●	●
Protección contra Sobretensión Protección contra sobretensiones	●	●
Protección contra Caídas de Voltaje Mantiene niveles seguros de voltaje sin usar energía de la batería	●	●
Protección contra Sobrevoltajes Evitan que los sobrevoltajes dañen al equipo conectado sin usar energía de la batería	◐	●
Salida de Onda Sinusoidal Pura Energía perfecta para aparatos electrónicos delicados	◐	●
Operación 100% En Línea Cero tiempo de transferencia a la batería		●
	● Todos los modelos cumplen con esa característica	
	◐ Algunos Modelos cumplen con esa característica	

Fuente: (TRIPP-LITE, Guía de Compra para Sistemas UPS, 2016)

Por organización del rack de comunicaciones, por seguridad (protegido dentro del rack o gabinete de comunicaciones) y sobre todo por su capacidad de contrarrestar las anomalías del normal suministro de energía eléctrica se tomará en cuenta sistemas UPS en línea. Se han analizado tres alternativas de marcas de UPS con mayor comercialización en el país. Para

determinar el sistema de protección y sistema de energía ininterrumpido adecuado para el diseño se hace una comparación de las características de la tabla 28

Tabla 28 Parámetros de sistema de respaldo de energía eléctrica

UPS	CDP (Chicago Digital Power) Modelo: UPO11-1RT AX 	TRIPP-LITE Modelo: SU1000RTXLCD2U 	APC Schneider Electric Modelo: SURTA1000RMXL2U 
Capacidad	1000VA/900W	1000 VA/900W	800Vatios / 1.0 kVA
Dimensiones	438x88x380mm	8.89 x 44.45 x 31.75 cm	85mmx432mmx559mm
Forma de Onda	Sinusoidal pura	Sinusoidal pura	Sinusoidal pura
Tiempo de autonomía	Full carga 5 minutos / Media carga 14	Plena Carga 4.8 min/ Media Carga 11 min	Carga Completa 5 min/21min carga media
Voltaje Entrada	120 V	120 V	120V
Voltaje Salida	100/110/115/120Vca	100V; 110V; 115V; 120V; 127V	120V
Frecuencia	40Hz - 70Hz	50 / 60 Hz	50/60 Hz +/- 3 Hz ajustable por el usuario +/- 0,1
Administración	Control y mando para SNMP y web browser	SNMPWEBCARD; TLNETCARD; WEBCARDLX; MODBUSCARD; RELAYIOCARD	DB-9 RS-232 , Smart-Slot (provide SNMP functionality and Telnet access) , USB
Contactos Entrada	Nema 5-15 R	NEMA 5-15R	NEMA 5 – 15P
Contactos Salida	Nema 5-15 R x 6	(6) 5-15R	(6) NEMA 5-15R (Respaldo de batería)
Montaje en Rack	si	si	si
Espacio en Rack	2 U	2U	2U

Fuente: (Power, 2016) (TRIPP-LITE, SU1000RTXLCD2U, 2016) (Electric, 2016)

Tras haber analizado las tres opciones, se concluye que el UPS requerido será el APC Schneider Electric Modelo SURTA1000RMXL2U por tener un tiempo de respaldo o autonomía superior a las otras opciones. Será toamdo en cuenta tanto para protección de equipos en el nodo principal y secundario.

4.3 Subsistema de Protección Eléctrica

Las torres de comunicaciones por su estructura metálica, son puntos vulnerables a descargas eléctricas, un impacto directo de este tipo de fenómenos puede afectar en el funcionamiento de los equipos instalados sobre estas estructuras e inclusive en la integridad en la salud de las personas (técnicos o trabajadores) que se encuentran en sus proximidades.

Para neutralizar la energía de estos fenómenos y garantizar la seguridad de personas y equipos es necesario implementar un sistema pararrayos. Existen normas de protección atmosféricas, como la IEEE 81, IEEE 81.2, NFPA 780, entre otras, de las cuales se tomará ciertas recomendaciones al momento del diseño del sistema de protección.

No se puede optar por algún tipo de tecnología que por sí solo elimine el riesgo de averías por la caída de un rayo o las sobretensiones transitorias inducidas, sino que constituye todo un sistema que en conjunto brinde seguridad a las instalaciones.

1. Capturar la descarga atmosférica
2. Conducción de la energía producida a tierra
3. Disipar la energía en el sistema a tierra

4.3.1 Capturar la descarga atmosférica.

La descarga eléctrica producida por un rayo es el principal y más peligroso fenómeno eléctrico que causa daño en instalaciones eléctricas por la magnitud de la carga que se desprende. La forma más adecuada de protección es la instalación de pararrayos que capturen éstas descargas atmosféricas y posteriormente sean conducidas a tierra. Para el diseño de sistema de protección se aplicarán las normas internacionales: NFPA 780 para América y la IEC-62305 para Europa.

4.3.1.1 Pararrayos

Para pararrayos tipo Franklin, las normas NFPA 780 y CEI 62305 define un grado de riesgo, en función del cual se ha de seleccionar las puntas de los pararrayos, accesorios y

calibre del conductor para conexión con el sistema de puesta a tierra. (TELECOMUNICACIONES, 2011) Estos pararrayos consisten en electrodos de acero o materiales similares terminados en puntas.

Otro tipo son los denominados pararrayos con dispositivo de cebado (PDC) definido en la norma NFC 17-102. Su radio de protección se define en función del avance de cebado y del nivel de protección de los PDC que está determinada por la evaluación de riesgo ante rayos por la norma internacional CEI 62305. (FRANCE, s.f) Están formados por electrodos de acero o material similar terminados en puntas e incorporan dispositivos electrónicos.

Este tipo de pararrayos ionizan el aire y captan la descarga del rayo. Al descargarse el rayo, se generarán corrientes de alta tensión que serán conducidas a tierra por un conductor. Este tipo de pararrayos describe la figura 89.

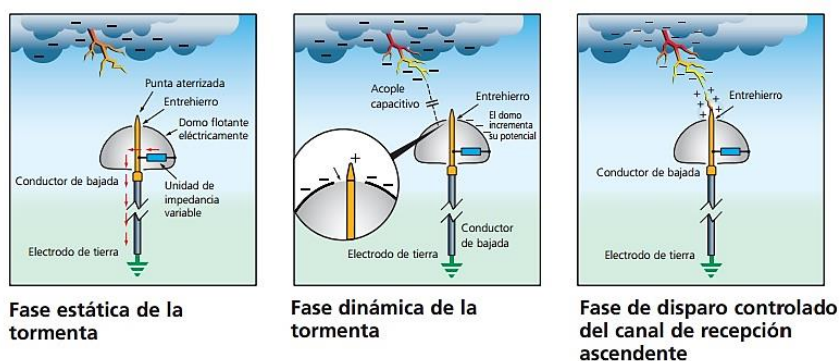


Figura 89 Pararrayos PDC

Figura: funcionamiento pararrayos con dispositivo de cebado, recuperado de: (FRANCE, s.f)

Para el diseño, se considera el uso de un pararrayos ionizante del tipo franklin por su costo y facilidad en instalación. Las torres a proteger tendrán alturas inferiores a los 60 m que de acuerdo a la norma NFP 780 será necesario un pararrayos de nivel II con un ángulo de

protección de 45°. Según datos del fabricante las características del pararrayos se definen de la siguiente manera:

4.3.1.2 Pararrayos Franklin

Es un elemento de protección física que interactúa con las condiciones atmosférico–eléctricas del medio ambiente.

Modo de operación:

- Una vez conectado a su sistema de descarga, conformado por el cable bajante y la malla de tierra, acelera la generación del trazador ascendente para captar las descargas atmosféricas inminentes cercanas a su radio de cobertura.
- En condiciones de correcta instalación, cuando se produzca la captura de un rayo, la energía se disipará en tierra en forma segura y confiable sin afectar las edificaciones protegidas y permitiendo que se nivelen los campos electrostáticos entre la atmósfera y el suelo.

Diseño físico:

Está constituido por:

- Una punta Central 1/2” 88 cm de largo, que termina en conector redondo 2” con dos agujeros, uno con tornillos tipo prisionero, para sujetar el cable bajante

a tierra (hasta 4/0 AW G), y el otro con rosca interna, tipo hembra para tubería NPT de 1/2, destinado al montaje del Pararrayos.

- Cuatro puntas 3/8" 12 cm de largo, equidistantes, montadas sobre una corona y que forman un ángulo de 45° con la punta central, ampliando el área de cobertura.

Aplicación:

- En Torres de Comunicación, Edificios, Viviendas, Fábricas, Galpones, y cualquier otra edificación que necesite protección contra descargas atmosféricas con limitado radio de cobertura.

Construcción:

- Acero inoxidable.

La figura 90 muestra el pararrayos a ser utilizado para el diseño de sistema de protección ante descargas atmosféricas.



Figura 90: Pararrayos Franklin

Fuente: Fotografía propia del autor

4.3.1.3 Recomendaciones para la instalación del pararrayos

- Según la norma NFPA 780, el pararrayos no mantendrá ningún tipo de contacto con la estructura metálica de la torre. Tendrá contacto únicamente con el conductor eléctrico de conexión a tierra. Estará a una altura mínima de 2 m sobre los elementos dentro de su ángulo de protección. (Televes, s.f.) Así el diseño de este sistema queda definido según la figura 91.

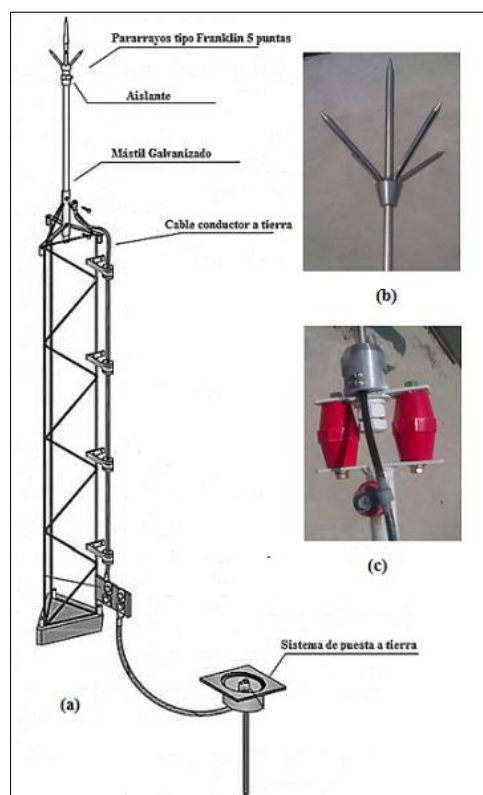


Figura 91: (a) Sistema de captación de descarga eléctrica, (b) Pararrayos Franklin 5 puntas, (c) Aisladores Cerámicos

Fuente: Propia del autor, recuperado de: (Televes, s.f.)

- El ángulo de protección de una punta vertical define un volumen de protección en forma de cono recto circular, de vértice en el eje de la punta.

Según la altura del captador (pararrayos), el ángulo de protección toma valores que define el nivel de sistema de protección contra rayos. Relacionando los factores que intervienen en la figura 92 se determina el nivel de protección de un pararrayos mostrado en la figura 93.

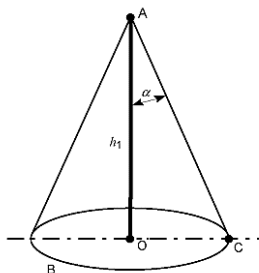


Figura 92: Volumen protegido por una punta vertical

Fuente: NFPA 780 (Televes, s.f.)

Dónde:

- A: Punta de la punta captadora
- B: Plano de referencia
- OC: Radio de la zona protegida
- h_1 : Altura de la punta captadora sobre el plano de referencia de la zona protegida
- α : Ángulo de protección

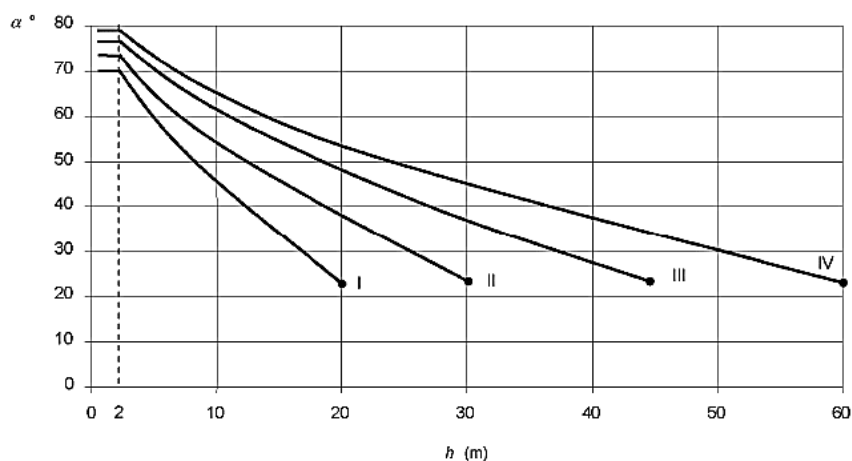


Figura 93 Ángulo de protección según posición del captador

Fuente: NFPA 780 (Televes, s.f.)

4.3.2 Conducción la energía producida a tierra

Al captar el rayo se genera una corriente de descarga que deberá ser conducida a tierra a través de un conductor. Para los pararrayos se debe contar con una trayectoria de bajada.

El conductor, así como su sistema cuentan con las siguientes características y especificaciones:

- El conductor tendrá una sección mínima de 50 mm² (recomendación: cable 0 AWG) (Villagrán, 2008)
- El conductor de bajada deberá estar aislado de la estructura de la torre mediante uso de separadores laterales y aisladores.
- El conductor de bajada tendrá un recorrido directo y vertical siguiendo el camino más corto en la mayor de las posibilidades, evitando ángulos de curvatura bruscos y contacto o cruce con otros cables de conducción eléctrica.
- Si el recorrido del conductor atraviesa edificaciones se instalará de la siguiente manera:
 - Si la pared es de material no combustible, los conductores de bajada podrán instalarse sobre su superficie o en su interior.
 - Si la pared es de un material combustible, los conductores de bajada deben instalarse a una distancia entre ellos superior a 0.1 m. Las abrazaderas de montaje pueden tener contacto con la superficie de la pared.

- Si no es posible bajar el cable por el exterior de la estructura, hacerlo por el interior de la edificación a través de tubos aislantes y no inflamables con sección mínima de 200 mm²
- Deberán estar protegidos por un tubo protector, hasta una altura superior a 2 [m] del nivel del suelo.

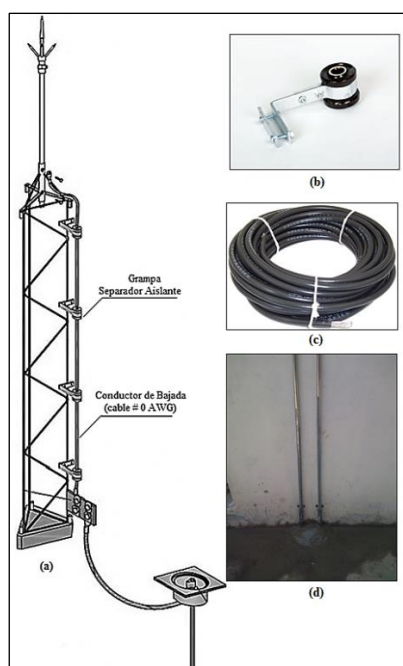


Figura 94 (a) Sistema de conducción de energía a tierra, (b) Grampa separador aislante, (c) Conductor de bajada, (d) Protección de conductor de bajada

Fuente: Cable conductor a tierra, recuperado de (Televes, s.f.)

4.3.3 Disipar la energía en el sistema a tierra

Las descargas atmosféricas transitorias con rápidos tiempos de formación y corrientes de gran magnitud implican la necesidad de un efectivo sistema de puesta a tierra. Cuando la descarga del rayo se transfiere a tierra su carga se neutraliza y depende de la resistencia del suelo la capacidad de aceptar ésta energía.

EPM, (2011) afirma que: “Un buen diseño de puesta a tierra debe reflejarse en el control de las tensiones de paso y de contacto, pueden tomarse como referencia los siguientes valores máximos de resistencia de puesta a tierra adoptados en las normas técnicas IEC 603644442, ANSI/IEEE 80, NTC 2050 y NTC 4552” (pág. 3). Además se tomará en cuenta la recomendación para un centro de datos dado por la EIA/TIA 942. La tabla 29 describe estos valores.

Tabla 29 Resistividad del suelo según el sistema protegido

APLICACIÓN	VALORES MÁXIMOS DE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA
Estructuras de líneas de transmisión. (y metálicas o con cable de guarda de distribución)	20 Ω
Subestaciones de alta y extra alta tensión	1 Ω
Subestaciones de media tensión	10 Ω
Neutro de acometida en baja tensión	25 Ω
Protección contra rayos	10 Ω
Data Center	5 Ω

Fuente: Valores máximos de resistividad del suelo, recuperado de: (Villagrán, 2008)

Los métodos y técnicas utilizadas en sistemas de puestas a tierra varían uno de otro, el más común consistente en un conjunto de varilla incrustadas en el terreno, con el fin de evitar sobretensiones peligrosas dispersas en el suelo, la disposición de los electrodos en la puesta a tierra es muy importante.

4.3.3.1 Criterios para el sistema de puesta a tierra

Un buen sistema de puesta a tierra cuenta con las siguientes características:

- De buena conductividad eléctrica.
- Conductores capaces de tolerar altas corrientes de cortocircuito.
- Baja resistencia e impedancia del suelo.
- De buena resistencia a la corrosión.

Impedancia del Suelo

Una baja impedancia es la clave en la protección de descargas atmosféricas. Las conexiones deben ser lo más directas posibles para minimizar inductancias y picos de tensión inducidas en las conexiones. La resistividad puede variar en función del tipo de suelo como se muestra en la tabla 30.

Tabla 30 Impedancia según tipo de suelo

Naturaleza del Terreno	Resistividad (Ohm-m)
Terrenos cultivables y fértiles	50
Terrenos compactos y húmedos	50
Terrenos cultivables poco fértiles	500
Suelo pedregoso desnudos, arena seca permeable	3000
Suelos rocosos fraccionados	6000
Suelos rocosos compactos	14000

Fuente: Impedancias características-puesta a tierra, recuperado de (Robert Satélite, s.f, p.28)

En suelos considerados pobres por tener una alta resistividad (suelos arenosos, de humedad variable y rocosa), es recomendable el uso de materiales enriquecedores, garantizando una conductividad superior y mejorando así la eficiencia de la puesta a tierra.

Electrodos o varillas para tierra

En un sistema de puesta a tierra, el electrodo o varilla provee la conexión con el suelo para disipar las corrientes. En general existen dos tipos de electrodos, uno intrínseco presente en las mismas edificaciones que incluye cualquier metal incrustado a tierra y los de tipo fabricados conocidos como varillas Copperwel; éstas varillas están constituidas por un núcleo de acero con recubrimiento de cobre que la protege de la corrosión del terreno, de baja resistencia y alta conductividad de corrientes de cortocircuito. Un método convencional para obtener un buen sistema de tierra es la combinación de electrodos verticales y horizontales,

siendo típicas las configuraciones de estrella, anillo o de malla. Lo complicado de estos sistemas radica en tratar de obtener una resistencia de tierra baja por el uso de un alto número de electrodos. Ya en la práctica por economía y espacio es casi imposible usar grandes distancias, por lo que usualmente se aplica métodos en los que se toma en cuenta la distancia de separación y configuración del electrodo. (Villagrán, 2008)

Criterios para la construcción de mallas conectadas a tierra

La configuración de electrodos en malla, para un sistema de protección de torres de comunicaciones deberá cumplir con los siguientes criterios: (Villagrán, 2008)

- Toda malla debe ser construida a una profundidad mínima de 1'- 6".
- El conductor utilizado para la construcción de mallas será de cobre sin cubierta, y de calibre mínimo 2/0 AWG
- Para construcción de mallas utilizar conexiones por soldadura exotérmica tipo Cadweld o similar.
- Se requiere utilizar varillas de acero revestidas de cobre de 5/8" de diámetro por 8 pies de largo.
- El número de varillas a instalarse y la distancia entre éstas se determina por el diseño de la malla.
- De acuerdo a la norma NEC 921-18, en la práctica se recomienda que la distancia entre electrodos sea de al menos la longitud del electrodo a ser enterrado y que usualmente varía entre 2.5 a 3 m.
- Se recomienda una malla de sección cuadrada o rectangular en torno a la torre de comunicaciones con conexión al cable bajante del pararrayos.

4.3.3.2 Descripción técnica del sistema de puesta a tierra

El sistema de puesta a tierra estará constituido por una malla de sección cuadrada de 3 x 3 m evitando posibles inducciones entre varillas. Contará con 4 varillas de cobre cooperweld que de acuerdo a la norma NEC-250-83-C tendrá una longitud mínima de 2.4m x 1/8". Se utilizará cable desnudo de cobre 2/0AWG para formar la malla y será enterrado a una profundidad de 6 pulgadas. Las conexiones se realizarán mediante soldadura exotérmica. La figura 95 describe el diseño de malla basado en casos reales como muestra la figura 96

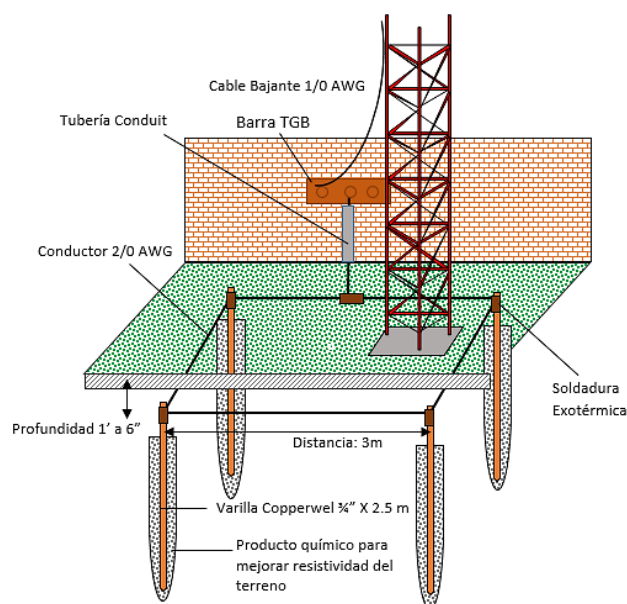


Figura 95: Diseño de sistema de puesta a tierra para la torre de telecomunicaciones

Fuente: Propia del autor, recuperado de: Microsoft Visio 2010



Figura 96: Instalación de un sistema de puesta a tierra para torres de telecomunicaciones

Fuente: Protecciones eléctricas, recuperado de (DESAMD, 2015)

Independientemente del tipo del suelo con que se cuente, se le dará un tratamiento químico a los pozos donde serán incrustadas las varillas con un tipo de compuesto llamado GEM ERICO. Este material de refuerzo que cumple con el estándar IEC 62561-7, puede ser instalado mezclado con agua o en forma seca y no depende de agua para mantener su conductividad. Ofrece una resistividad igual o menor a 2ohm/cm de forma permanente. La figura 96 describe el método de instalación de este compuesto químico.

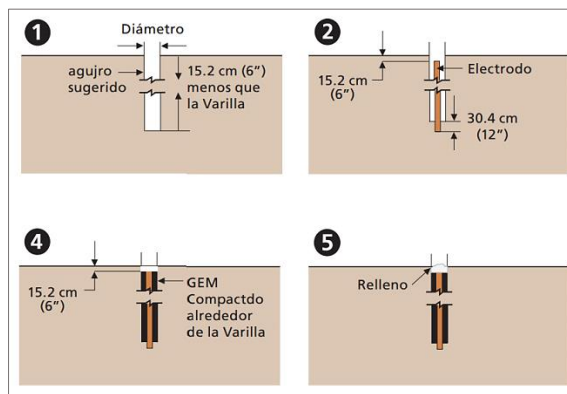


Figura 97: Tratamiento químico del suelo con electrodo vertical

Fuente: Instalación con Electrodo Vertical de Tierra, recuperado de: (ERICO, 2016, pág. 4)

La cantidad necesaria de este compuesto estará determinada en función del diámetro y longitud del agujero donde serán incrustadas las varillas de tal manera que exista una densidad de 1.018Kg/cm³, garantizando la resistividad dada por el material. La tabla 31 describe estos valores.

Tabla 31: Cantidad estimada de compuesto químico de tratamiento de suelos

Diámetro del agujero		Profundidad del agujero							
		Ft	cm	ft	cm	ft	cm	ft	cm
in	Cm	6	183	7	213	8	244	9	274
3	7.6	2		2		2		2	
4	10	2		3		3		3	
5	12.7	3		4		4		5	
6	15.2	5		5		6		7	
7	17.8	6		7		8		9	
8	20.3	8		9		11		12	
9	22.8	10		12		13		15	
10	25.4	12		14		16		18	

Fuente: Cantidad estimada de sacos GEM por agujero, recuperado de: (ERICO, 2016, pág. 4)

4.4 Subsistema de Infraestructura

En esta parte se describen las características generales e instalación de la infraestructura de la torre de comunicaciones. Sobre estas estructuras se montarán equipos de comunicaciones como antenas y de protección eléctrica y atmosférica. Existen distintos tipos de torres de comunicaciones, cuya estructura varía según las necesidades y condiciones del sitio donde serán implantadas, pero todas serán diseñadas e implementadas bajo el estándar ANSI/EIA/TIA-222-G de “Normas estructurales para torres de antena de acero y estructura de soporte de antenas”. A continuación, se distinguen tres tipos principales.

- Torres auto soportadas. - muy conocidas en el área de telecomunicaciones. Su diseño se basa en poseer amplias bases fuertemente cimentadas varios metros bajo el nivel del suelo que las mantienen firmes al piso sin la necesidad de cables atirantados y son construidas en terrenos de áreas urbanas o cerros. Estas torres soportan instalaciones para cualquier tipo de solución en telecomunicaciones como Wireless Wi-Fi, antenas de microondas, nodos de telefonía celular, repetidoras de televisión, estaciones VHF y UHF, nodos backbone, entre otros. Su geometría generalmente es de tipo piramidal con secciones triangulares lo que les permite alcanzar grandes alturas. Implementar estructuras de este tipo requiere de una inversión económica que está fuera del alcance de este proyecto, por tal razón se descarta su uso.
- Torres Tipo Monopolo. - Este tipo de torre a diferencia de la anterior, requiere de poco espacio para su instalación y su diseño permite conservar la estética de su alrededor. Consisten en postes galvanizados huecos apilados, cuya base

deberá tener una cimentación adecuada, sirviendo de soporte para antenas microondas y RF. De mane similar a las torres autoportadas, su implementación incurre en altos costos económicos quedando fuera de los propósitos del proyecto actual.

- Torres Atirantadas o Arriostradas. - se trata de torres de telecomunicaciones soportadas por tensores de cable de acero. Su estructura está formada por secciones en tramos de tubo circular galvanizado unido por secciones triangulares. Este tipo de torre de comunicaciones atirantada permite alcanzar gran altura a un costo muy bajo.

Para el diseño se tomará en cuenta la implementación de torres arriostradas, ya que requieren de un área reducida, el costo de la inversión económica está dentro del alcance del proyecto. Ofrece una estructura simple pero lo suficientemente estable y su montaje en reducido tiempo permite un rápido de redes inalámbricas. La figura 98 muestra su estructura y soportes necesarios para su instalación.

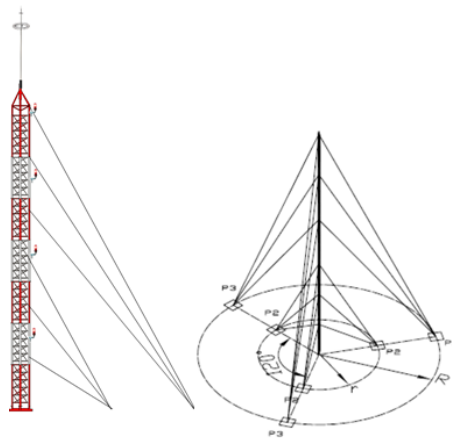


Figura 98: Torre Arriestrada

Fuente: Torre de comunicaciones, recuperado de (ROVER, s.f)

4.4.1 Diseño y Montaje de la torre de Telecomunicaciones

Para el diseño de esta estructura similar a la mostrada en la figura 99, se consideran las siguientes características: (Televes, s.f.)

- Altura: tramos de 3 metros
- Tramos unidos mediante secciones de varilla.
- Distancia entre centros: 432 mm.
- Número de pasos por tramo: 7 pasos
- Unión entre tramos: mediante 6 pernos galvanizados de 1/4"x2"
- Las torres de telecomunicaciones según normativas internacionales deberán respetar el color rojo y blanco en su pintura.

Cada tramo de torre está constituido por los siguientes elementos: (Televes, s.f.)

- Tubo poste redondo galvanizado norma NTE INEN 2415, 11^{1/4}"x 300 cm (Diámetro exterior: 31.75 mm, Espesor: 1.50 mm).
- Varilla de acero sección circular norma NTE INEN 2167, Diámetro: 10 mm



Figura 99: Estructura torre de telecomunicaciones

Fuente: Propia del Autor

La estructura de soporte de pararrayos se acoplará en la parte superior de la torre, será elaborada en base a los mismos materiales que constituyen el resto de la estructura de la torre con la diferencia que éste tramo contendrá un mástil de 2.5 m en el cual se instalará el pararrayos como se aprecia en la figura 100.

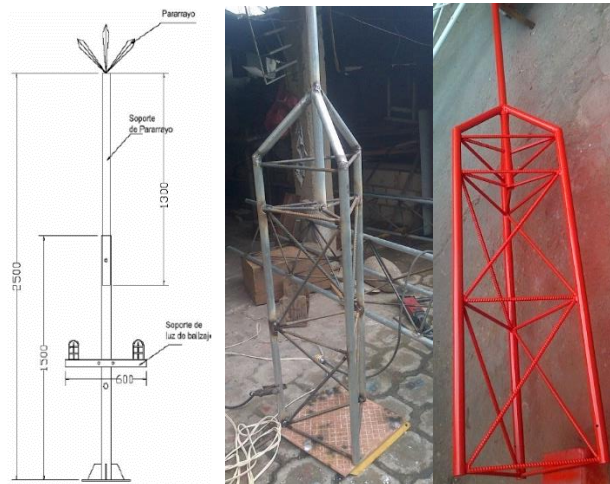


Figura 100: Estructura soporte de pararrayos

Fuente: Propia del Autor

4.4.2 Montaje

Para el montaje de la torre, Televes (s.f.) recomienda tener en cuenta las especificaciones siguientes:

- La base sobre la cual será instalada la torre deberá estar correctamente nivelada, generalmente se logra mediante el uso de placas metálicas fijadas al piso sobre una capa de hormigón

- Cada tramo de la torre será unido a su anterior mediante la fijación con pernos y tuercas incrustados en agujeros a los extremos de los tramos de la torre realizados con anterioridad al montaje.
- Los cables de acero que tensarán y sostendrán a la torre, denominados vientos, serán sujetos a los extremos de los tramos mediante el uso de un par de grilletes por cable cada dos secciones de la torre, esto si la altura total no sobre pasa los 45 m caso contrario cada 3 tramos.

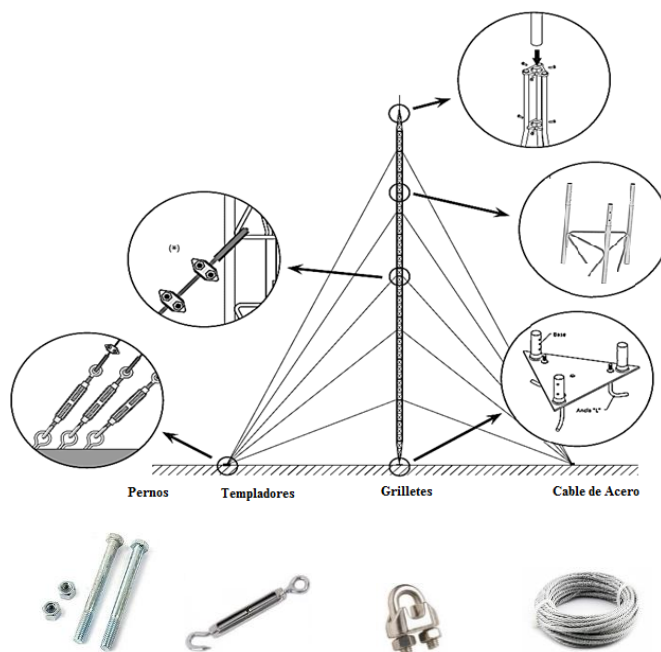


Figura 101 Características y elementos de la torre de telecomunicaciones

Fuente: (Televes, s.f.)

- Para tensar los vientos nos valdremos del uso de los templadores que estarán sujetos a puntos de anclaje en el piso, a medida de los giremos tensarán el

cable, dando la verticalidad necesaria de la torre. Las desviaciones respecto a la vertical no deberán ser mayores a como se indica en la Tabla 32.

Tabla 32 Desviaciones permitidas para torres de comunicaciones arriostradas

<u>Altura de la Torre</u>	<u>Desviación máxima respecto a la vertical en la cima de la torre</u>
18m, 30m, 45m	2 centímetros
54m, 60m 66m	2.5 centímetros
72m, 90m	4 centímetros

Fuente: inclinación permitida, recuperado de: (Televes, s.f.)

Fuente: Parámetros de instalación torres arriostradas, recuperado de: (WNDW, 2013, pág. 141)

- Los puntos de anclaje de los templadores serán bloques de hormigón separados 120° en base a una descripción circular alrededor de la torre

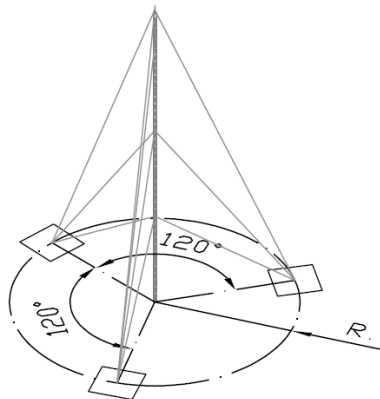


Figura 102 Disposición de los puntos de anclaje

Fuente: Disposición de vientos, recuperado de: (ROVER, s.f)

CAPITULO V

ANÁLISIS ECONÓMICO – FINANCIERO

Realizar un análisis financiero de un proyecto, se realiza con la finalidad de brindar información sobre el estado de ingresos y egresos a quienes están involucrados en el proyecto como inversionistas, determinando costos, tarifas de producción y/o servicios justificando su viabilidad, sostenibilidad y rentabilidad en el transcurso de periodos mediante indicadores económicos.

5.1 Presupuesto

El presupuesto referencial del proyecto toma en cuenta todos los costos necesarios invertidos en la red para ponerla funcionamiento

- Costos Equipos Nodo Principal y Nodo Secundario
- Elementos de red cuartos de equipos
- Costos de Infraestructura de torres de comunicaciones
- Costos del Sistema de Protección Eléctrica
- Costos de Utilitarios de Oficina

La Tabla 33 muestra en forma detallada la descripción y costos de los equipos que serán instalados en el nodo principal: antenas, routers, switches, respaldo de energía eléctrica

y equipos de administración, valores tomados de la proforma propuesta por la empresa Aire.ec (Wireless and Security Solutions) mostrados en el Anexo 22.

Tabla 33 Costos de los equipos de nodos de transmisión y de respaldo de energía

COSTO EQUIPOS NODO PRINCIPAL – NODO SECUNDARIO				
Equipos	Descripción	Precio unitario USD	Cantidad	Precio Total USD
Nodo principal	UBIQUITI AIRMAX ANTENA SECTORIAL 19 DBI / 5GHZ / 120° / DOBLE POLARIDAD	183,75	4	735,00
	MIKROTIK BASE BOX 5 / 1000MW / 600MHZ / 64MB / 1 GIGABIT / 5GHZ	125,00	4	500,00
	MIKROTIK RB SXT SAR / 30 DBM / 14 DBI / 90G /5GHZ / LEVEL 4	125,00	2	250,00
	MIKROTIK ROUTERBOARD CCR1016-12G / 16 CORES/ 2GB/ Nivel 6	770,00	1	770,00
	MIKROTIK ROUTERBOARD CCR1036-12G-4S-EM / 36 CORES/ 16GB/ Nivel 6	1390,00	1	1390,00
	MIKROTIK SWITCH CRS226-24G-2S+IN /24 PUERTOS GIGABIT /Nivel 5	354,00	1	354,00
	MIKROTIK SWITCH CR125-24G-1S-RM / 24 PUERTOS GIGABIT/ Nivel 5	264,00	1	264,00
	UPS CDP UPO 3KVA online ups in 115 out w/battery	756,30	1	756,30
	COMPUTADOR COMARI I54440/MBOASUH81/HDSEA1T/DIM4GB/DVD/MON19.5/CAS/MOU/KEY	790,00	1	790,00
TOTAL(equipos nodo principal) USD sin IVA				5.809,30
Equipos	Descripción	Precio unitario USD	Cantidad	Precio Total USD
Nodo Secundario	Gabinete Cerrado Rack Abatible 12ur Puerta Beaucoup	339,00	1	339,00
	ORGANIZADOR HORIZONTAL CON CANALETA 80X80 19P. (BEA ORGH-44)	13,47	1	13,47
	BANDEJA SIMPLE 1Ur 19P. 46.5X444X373mm VENTILADA (BEA BNJ-105V)	12,65	1	12,65
	PATCH PANEL MODULAR 24 PUERTOS (LEV 49255-H24)	26,50	1	26,50
	JACK CAT. 6 AZUL (LEV 61110-RL6)	4,55	24	109,20
	MULTITOMA HORIZONTAL 19 4 TOMAS DOBLES (BEA TPL-19-4)	26,04	1	26,04
	MIKROTIK SWITCH CRS226-24G-2S+IN /24 PUERTOS GIGABIT /Nivel 5	354,00	1	354,00
	MIKROTIK SWITCH CR125-24G-1S-RM / 24 PUERTOS GIGABIT/ Nivel 5	264,00	1	264,00
	Ups CDP UPO de 2KVA	655,55	1	655,55
	ELEMENTOS DE CABLEADO ESTRUCTURADO, SISTEMA ELÉCTRICO E INSTALACION	150,00	1	150,00
TOTAL (equipos nodo secundario) USD sin IVA				1.950,41
TOTAL USD sin IVA				7.759,71

Fuente: Propia del Autor, extraído de: Proforma presupuestaria empresa #2039 y #2045 Aire.ec

La Tabla 34 contiene en forma detallada la descripción y costos de los elementos de red y cableado estructurado necesarios para la instalación del cuarto de equipos. Estos valores

corresponden a los presentados por la empresa MARTEL a través de su proforma contenida en el Anexo 22.

Tabla 34 Costos de los elementos y materiales de red y cableado estructurado

Equipos	Descripción	Precio unitario USD	Cantidad	Precio Total USD
Cuarto de Equipos	RACK ABIERTO DE PISO 37UR. TUERCA ENCAPSULADA 1829X590MM (BEA ORFE-36)	123,94	1	123,94
	ORGANIZADOR HORIZONTAL CON CANALETA 80X80 19P. (BEA ORGH-44)	13,47	2	26,94
	BANDEJA SIMPLE 1Ur 19P. 46.5X444X373mm VENTILADA (BEA BNJ-105V)	12,65	2	25,30
	MULTITOMA HORIZONTAL 19 4 TOMAS DOBLES (BEA TPL-19-4)	26,04	2	52,08
	PATCH PANEL MODULAR 24 PUERTOS (LEV 49255-H24)	26,50	2	53,00
	JACK CAT. 6 AZUL (LEV 61110-RL6)	4,55	48	218,40
	ROLLO DE CABLE UTP CAT6A 305m	220,00	1	220,00
	CANALETA DEXON 60X40	0,80	10	8,00
	CANALETA DEXON 32X12	0,40	20	8,00
	ELEMENTOS DE CABLEADO ESTRUCTURADO, SISTEMA ELÉCTRICO E INSTALACION	200,00	1	200,00
TOTAL USD sin IVA				935,66

Fuente: Propia del Autor, extraído de: Proforma presupuestaria empresa MARTEL

La Tabla 35 contiene en forma detallada la descripción y costos de los materiales necesarios para el montaje de las torres de comunicaciones, éstos valor corresponden a los presentados por la empresa AlfaEnlace a través de su proforma contenida en el Anexo 22.

Tabla 35 Costos de los materiales necesarios para el montaje de las torres de comunicaciones

<u>Equipos</u>	<u>Descripción</u>	<u>Precio Unitario USD</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Precio Total USD</u>
Infraestructura	TORRE DE COMUNICACIONES, SECCIONES DE 3m	\$40,00	12	\$480,00
	CABLE DE ACERO 1/8"	\$0,80	200	\$160,00
	PERNOS GALVANIZADOS 1/4"x2"	\$0,35	100	\$35,00
	GRILLETES GALVANIZADOS	\$0,65	50	\$32,50
	TENSOR GALVANIZADO 1/2"	\$1,10	12	\$13,20
TOTAL USD sin IVA				\$720,70

Fuente: Propia del Autor, extraída de: Proforma presupuestaria empresa AlfaEnlace

La Tabla 36 contiene en forma detallada la descripción y costos de los materiales de los sistemas de protección eléctrica, valores tomados de la proforma presentada por la empresa INTRÓNICA presentada en el Anexo 22.

Tabla 36 Costos de los materiales de los sistemas de protección eléctrica

<u>Equipos</u>	<u>Descripción</u>	<u>Precio Unitario USD</u>	<u>Cantid ad</u>	<u>Precio Total USD</u>
Protección Eléctrica	PARARRAYOS FRANKLIN 5 PUNTAS	\$ 148,00	2	\$ 296,00
	CABLE ELÉCTRICO 4 AWG, metros	\$ 1,50	100	\$ 150,00
	CABLE ELECTRICO 8 AWG, metros	\$ 0,80	50	\$ 40,00
	AISLADOR CERÁMICO ALTA TENSIÓN GRANDE	\$ 3,80	4	\$ 15,20
	AISLADOR CERÁMICO ALTA TENSIÓN MEDIANO	\$ 2,40	20	\$ 48,00
	VARILLA COOPERWELD ALTA CAMADA 1.80 mts.	\$ 10,93	8	\$ 87,44
	GEM ERICO	\$ 27,96	8	\$ 223,68
	SUELDA EXOTERMICA CARGA 90	\$ 4,72	10	\$ 47,20
	BARRA NEUTRO	\$ 5,00	2	\$ 10,00
	GABINETES MODULARES PARA MONTAJE EN PARED 200mm x 200mm	\$ 19,80	2	\$ 39,60
	ROLLO DE CABLE ELECTRICO MULTIFILAR 12 AWG	\$ 28,00	3	\$ 84,00
TOTAL USD sin IVA				\$1.041,12

Fuente: Propia del Autor, extraído de: Proforma presupuestaria empresa INTRÓNICA

La Tabla 37 contiene en forma detallada la descripción y costos de los utilitarios de oficina.

Tabla 37 Costos de los utilitarios de oficina

<u>Equipos</u>	<u>Descripción</u>	<u>Precio Unitario USD</u>	<u>Cantid ad</u>	<u>Precio Total USD</u>
Utilitarios Oficina	Computador Genérico HDD: 1TB, RAM: 8 GB, PROCESADOR: CORE I5	\$ 570,00	2	\$ 1140,00
	Impresora Epson TMU-220PD-653, Paralela	\$ 327,20	1	\$ 327,20
	Impresora Multifunción EPSON L365	\$ 300,00	1	\$ 300,00
	Equipo de Oficina: Sillas, Escritorio, Archivador	\$ 480,00	1	\$ 480,00
	Material de Oficina: Folders, Papelería, Separadores, Sellos, Grapadoras, Perforadoras, etc.	\$ 200,00	1	\$ 200,00
TOTAL USD sin IVA				\$ 2.447,20

Fuente: Propia del Autor

La Tabla 38 describe el costo de permiso de prestación de servicio de valor agregado, válido por 10 años y renovable previo a la solicitud de renovación de acuerdo a lo estipulado por la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones.

Tabla 38 Costos Regulación del Servicio

PERMISO DE FUNCIONAMIENTO	Costo (10 años) USD
PERMISO DE PRESTACIÓN DE SERVICIO DE VALOR AGREGADO	\$ 500,00
HOMOLOGACIÓN RADIO BASE Y CPEs	\$ 513,00
TOTAL	\$ 1.013,00

Fuente: Propia del Autor, extraído de (Agencia de Regulación y Control de la Telecomunicaciones, 2015)

Sumando todos los costos se obtienen la inversión inicial. Valores que se presentan en la Tabla 39.

Tabla 39 Costo de Inversión Inicial

COSTO DE INVERSIÓN INICIAL	
EQUIPOS NODO PRINCIPAL	\$5809,30
ELEMENTOS Y MATERIALES DE RED CUARTO DE EQUIPOS	\$935,66
EQUIPOS, MATERIALES Y ELEMENTOS DE RED NODO SECUNDARIO	\$1950,41
INFRESTRUCTURA TORRES DE COMUNICACIÓN	\$720,70
SISTEMA DE PROTECCIÓN ELÉCTRICA	\$1041,12
UTILITARIOS DE OFICINA	\$2447,20
PERMISO DE PRESTACIÓN DE SERVICIO DE VALOR AGREGADO	\$500,00
HOMOLOGACIÓN RADIO BASE Y CPEs	\$513,00
INSTALACIÓN ENLACE INTERNET	\$300,00
Total USD sin IVA	\$14.217,39
IVA 12%	\$1.706,09
Total USD con IVA	\$15.923,48

Fuente: Propia del Autor

5.2 Financiamiento

Su objetivo es la búsqueda de recursos económicos con los cuales financiar el proyecto.

El financiamiento de la inversión será a través del capital social de los interesados en la ejecución del proyecto. Este capital social será la aportación económica de tres personas constituidos como accionistas de la empresa con un monto por igual de \$ 5.307,83 como lo detalla la Tabla 39. Este capital cubrirá el 100% de la inversión inicial y tras la capitalización no se tendrán aportes de los socios.

Tabla 40 Financiamiento del Proyecto

FINANCIAMIENTO	
Inversión Inicial	\$ 15.923,48
Número de Socios	3
Aporte Individual	\$ 5.307,83

Fuente: Propia del Autor

5.3 Tarifación

Para determinar la tarifa mensual de los planes de servicio de internet se analizará dos aspectos. Uno es las tarifas promedio impuestas por la Agencia de Regulación y Control que se muestran en la figura 103. El otro es obtener información de los costos de servicios dados por otras operadoras, de tal manera que los costos elegidos sean competitivos

COMPARTICIÓN 8:1						
VELOCIDADES	vel ≤ 500 Kbps	500 K<vel≤1 M	1 M<vel≤2 M	2 M<vel≤5 M	5 M<vel≤10 M	10 M<vel≤20 M
TARIFAS PROMEDIO	22,00	22,00	28,00	33,00	59,00	69,00

Figura 103: Tarifa promedio de planes de internet fijo

Fuente: Tarifas promedio impuestas, recuperado de: (Agencia de Regulación y Control de la Telecomunicaciones, 2015)

La competencia existente en el mercado oferta los servicios en plan residencial a costos mostrados en la tabla 41.

Tabla 41 Costos de servicio ofertado por la competencia

Proveedor	Tecnología usada	Costo de Instalación	Costo Mensual			
			Costo Plan Residencial 2 Mbps (1:8)	Costo Plan Residencial 3Mbps (1:8)	Costo Plan Residencial 5 Mbps (1:8)	Costo Plan Comercial 5Mbps
CNT	Cableada	\$50	-----	\$20,16	\$27.89	-----
SAITEL	Inalámbrica	\$80	\$20	\$25	\$30	Compartición (1:3) \$225
CAYAMBE VISIÓN	Inalámbrica	\$90	\$20	\$25	\$35	-----
COFEE NET	Inalámbrica	\$90	\$20	\$25	\$35	-----

Fuente: Propia del Autor

Haciendo un análisis de la competencia existente se tiene que la mayoría de proveedores ofertan únicamente servicio de internet en planes residenciales. En alusión a las siguientes situaciones:

- Demasiada atenuación en las líneas de transmisión por el distanciamiento del usuario al punto de presencia del proveedor
- Brindan únicamente servicio tipo residencial

Sin embargo, es necesario también tomar en cuenta que existe al menos una empresa con la capacidad de ofertar tanto servicio residencial y comercial dentro del área de cobertura del proyecto. Para la tarifa mensual se elige un valor promedio con el que actualmente se tiene en el mercado, tomando en cuenta las falencias de la competencia. Del estudio de mercado se evidencia la insatisfacción del usuario por factores como: servicio interrumpido, velocidades menores a las contratadas, servicio costos, entre otros, dejando abierta la posibilidad de

contratar a un nuevo proveedor que satisfaga sus demandas. La Tabla 42 contiene los valores para cada plan a ofertar, así como el costo de instalación.

Tabla 42 Propuesta de costo instalación y mensualidad

Tipo de Servicio	Compartición de Canal	Costo Mensual
Residencial 1	2Mbps 1:8 (Download/Upload)	\$20
Residencial 2	3 Mbps 1:8 (Download/Upload)	\$25
Residencial 3	4 Mbps 1:8 (Download/Upload)	\$30
Residencial 4	5 Mbps 1:8 (Download/Upload)	\$35
Comercial 1	3 Mbps 1:3 (Download/Upload)	\$75
Comercial 2	4 Mbps 1:3 (Download/Upload)	\$125
Comercial 3	5 Mbps 1:3 (Download/Upload)	\$175

Fuente: Propia del Autor, recuperado de: Microsoft Excel

5.4 Ingresos

Los ingresos serán el pago de los abonados por el servicio contratado mensualmente. La red fue diseñada para un caso crítico en el que todos los usuarios contraten los planes más altos de servicio, y no se produzcan saturación del servicio. Para el análisis financiero la situación crítica se considerará para el caso en que todos los usuarios contraten el plan más bajo ofrecido a nivel residencial y comercial, dando ingresos en menor grado mostrados en la tabla 43.

Tabla 43 Ingresos por contratación de servicio de Internet

Ingresos Plan Residencial 2Mbps (1:8)				
Periodo	Número de Abonados	Costo del Servicio	Ingreso Mensual	Ingreso anual
Año 1	142	\$20,00	\$2.840,00	\$34.080,00
Año 2	184	\$20,00	\$3.680,00	\$44.160,00
Año 4	234	\$20,00	\$4.680,00	\$56.160,00
Año 5	273	\$20,00	\$5.460,00	\$65.520,00
Ingresos Plan Comercial 3Mbps (1:3)				
Periodo	Número de Abonados	Costo del Servicio	Ingreso Mensual	Ingreso anual
Año 1	21	\$75,00	\$1.575,00	\$18.900,00

Año 2	27	\$75,00	\$2.025,00	\$24.300,00
Periodo	Número de Abonados	Costo del Servicio	Ingreso Mensual	Ingreso anual
Año 3	31	\$75,00	\$2.325,00	\$27.900,00
Año 4	35	\$75,00	\$2.625,00	\$31.500,00
Año 5	40	\$75,00	\$3.000,00	\$36.000,00
Total de Ingresos				
Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
\$52.980,00	\$68.460,00	\$84.060,00	\$87.660,00	\$101.520,00

Fuente: Propia del Autor, recuperado de: Microsoft Excel

5.5 Costos

Constituyen los egresos de la empresa en su transcurso de operación y se conforman de la siguiente manera.

5.5.1 Costos de Mantenimiento

En los costos de mantenimiento se incluyen valores de mantenimiento preventivo y correctivo de equipos teniendo en cuenta que su vida útil es de 10 años de acuerdo a datos del fabricantes y también costos de mantenimiento de la infraestructura de red (eléctrico, protección, cableado estructurado). De no existir fallas en el normal desempeño de la red se prevé un mantenimiento semestral para un buen desempeño de la red. La tabla 44 describe estos valores.

Tabla 44 Costos de mantenimiento

COSTOS DE MANTENIMIENTO	COSTO SEMESTRAL	COSTO ANUAL
INFRESTRUCTURA DE RED	\$177,00	\$354,00
MANTENIMIENTO DE EQUIPOS	\$354,00	\$708,00
TOTAL USD		\$1062,00

Fuente: Propia del Autor

5.5.2 Costos de Sueldo del Personal

El costo en salarios constituye el del personal encargado de la administración, contabilidad, soporte técnico. Estos valores corresponden a la última actualización del Ministerio del Trabajo en su tabla de sueldos mínimos sectoriales para el 2016. En base a un sueldo inicial programado para el primer año se calcula un aumento anual de 10%, acorde a datos históricos de sueldos en el Ecuador, permitiendo hacer una estimación en el transcurso del tiempo. La tabla 45 presenta lo valores con proyección a 5 años.

Tabla 45 Salarios Personal

Descripción	Salario Mensual	Número de personal	Salario Año 1	Salario Año 2	Salario Año 3	Salario Año 4	Salario Año 5
Administrador/Gerente	\$ 858,85	1	\$10306,20	\$11336,82	\$12470,50	\$13717,55	\$15089,31
Secretaría/Contabilidad	\$ 656,05	1	\$7872,60	\$8659,86	\$9525,85	\$10478,43	\$11526,27
Técnico instalador Servicios Agregados	\$ 393,49	2	\$9443,76	\$10388,14	\$11426,95	\$12569,64	\$13826,61
TOTAL			\$27.622,56	\$30.384,82	\$33.423,30	\$36.765,63	\$40.442,19

Fuente: Propia del Autor, valores referenciales extraídos de: (Ministerio del Trabajo, 2016)

5.5.3 Gastos Administrativos

Los gastos administrativos serán los necesarios para el funcionamiento de la empresa, éstos incluyen: servicios básicos, suministros de oficina, de limpieza, movilización. Estos valores son referenciales y acordes para el funcionamiento de una oficina en la zona urbana de Cayambe. Además, se suman los valores por concepto de arriendo de oficina para atención al cliente y de espacio de uso de torres de comunicación. Estos valores se presentan en la tabla 46.

Tabla 46 Gastos de Administración

Gastos Administrativos		
Descripción	Mensual	Anual
Suministros de Oficina (folders, hojas, etc.)	\$30,00	\$360,00
Suministros de Limpieza	\$40,00	\$480,00
Arriendo Oficina	\$180,00	\$2.160,00
Arriendo Espacio Torres de Comunicación	\$160,00	\$1.920,00
Movilización	\$80,00	\$960,00
TOTAL	\$540,00	\$6.480,00

Fuente: Propia del Autor

5.5.4 Acceso a Internet

Los gastos por acceso a internet corresponden al valor a pagar por el número de megas contratado. Suponiendo que todos los usuarios proyectados contratarán los planes de navegación más bajos a nivel residencial y comercial, se realizará el cálculo aplicando el mismo criterio de la sección 4.1.4.1. La empresa Telconet según su propuesta comercial contenida en el Anexo 22, para proveedores de internet con velocidades simétricas ofrece la tarifación según lo estimado en la Tabla 47.

Tabla 47 Costo de contratación anual de servicios Telconet

Periodo	Mbps Contratado	Costo Telconet	TOTAL
Año 1	10	(670 + costo de instalación)	820
Año 2	13	820	820
Año 3	15	920	920
Año 4	17	1020	1020
Año 5	19	1120	1120

Fuente: Propuesta comercial Telconet, recuperado de Anexo 19

5.6 Análisis financiero de la empresa

Para realizar el análisis financiero es necesario realizar un flujo de fondos. Para una empresa que evalúa su proyecto necesita determinar cuál es su flujo de fondos generados por el proyecto año a año. Esto se hace determinando el monto de ingresos y egresos para cada año.

Los ingresos corresponderán a la tarifa mensual del usuario por el costo del servicio contratado y los egresos al valor a cancelar al proveedor de la red, pago de personal, costos de mantenimiento, gastos administrativos, utilidades de trabajadores e impuesto al Servicio de Rentas Internas (SRI). Se calcula para un periodo de cinco años con una tarifa congelada durante este periodo con el fin de que el flujo de fondos ingresos/egreso no disminuya la rentabilidad.

Tabla 48 Flujo Neto de Fondos

Descripción	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos		\$52.980,00	\$68.460,00	\$84.060,00	\$87.660,00	\$101.520,00
Egresos (Pago Proveedor)		\$960,00	\$1.020,00	\$1.160,00	\$1.300,00	\$1.440,00
Egresos (Pago Personal)		\$27.622,56	\$30.384,82	\$33.423,30	\$36.765,63	\$40.442,19
Aporte Trabajadores IEES (9,45%)		\$2.610,33	\$2.871,37	\$3.158,50	\$3.474,35	\$3.821,79
Egreso Neto Trabajadores		\$25.012,23	\$27.513,45	\$30.264,80	\$33.291,28	\$36.620,40
Aporte Patronal IEES (11,15%)		\$3.079,92	\$3.387,91	\$3.726,70	\$4.099,37	\$4.509,30
Egresos (Costo de Mantenimiento)		\$1.062,00	\$1.062,00	\$1.062,00	\$1.062,00	\$1.062,00
Egresos (Gastos administrativos)		\$6.480,00	\$6.480,00	\$6.480,00	\$6.480,00	\$6.480,00
Utilidad Previo a participaciones e Impuestos		\$16.385,86	\$28.996,64	\$41.366,51	\$41.427,36	\$51.408,29
Participaciones trabajadores (Utilidad 15%)		\$2.457,88	\$4.349,50	\$6.204,98	\$6.214,10	\$7.711,24
Utilidad Previo al pago de Impuesto a la Renta		\$13.927,98	\$24.647,15	\$35.161,53	\$35.213,25	\$43.697,05
Impuesto a la Renta 25%		\$3.481,99	\$6.161,79	\$8.790,38	\$8.803,31	\$10.924,26
Utilidad Neta		\$10.445,98	\$18.485,36	\$26.371,15	\$26.409,94	\$32.772,79
Costo de Inversión	15923,48					
FLUJO DE FONDOS	15923,48	\$10.445,98	\$18.485,36	\$26.371,15	\$26.409,94	\$32.772,79

Fuente: Propia del Autor, recuperado de Microsoft Excel

Para evaluar el proyecto se debe tomar en cuenta indicadores de rentabilidad, esto dará una base sobre la cual realizar la toma de decisiones evitando posibles problemas a largo plazo. Estos indicadores son los siguientes.

- Valor Presente Neto
- Relación Costo – Beneficio
- Tasa Interna de Retorno

5.3.1 Valor Presente Neto (VPN)

Este método permite evaluar proyectos a largo plazo, determinando si una inversión cumplió su objetivo de maximizar la inversión inicial. Se evalúa de la siguiente manera.

Si:

- $VPN > 0$, el proyecto es aceptable y representa ganancias
- $VPN = 0$ el proyecto es indiferente, no representa ni pérdidas ni ganancias
- $VPN < 0$, el proyecto representa pérdidas frente a un interés de oportunidad o alternativa de inversión.

El valor presente neto se calcula aplicando la Ecuación 22, según Stone (2015).

$$VPN = \sum_{t=0}^n \frac{FFNI_t}{(1+i)^t} \quad (22)$$

Dónde:

- $FFNI_t$ = Flujo de fondos netos incremental en ese periodo
- i = tasa de interés de oportunidad
- t = periodo

Para determinar este valor utilizaremos Excel. El flujo de fondos netos corresponde a los obtenidos para los próximos 5 años, la tasa de interés de oportunidad será del 11.83% según lo establecido por el Banco Central de Ecuador (Tasa Efectiva Máxima para el Segmento Productivo Pymes – octubre 2015), y a un periodo de 5 años considerado como periodo de vida útil de la red.

Se tiene entonces una VPN = \$62679,14 USD, Es decir un valor > 0, concluyendo que el proyecto es aceptable y representa ganancias.

5.3.2 Relación Costo - Beneficio

La relación costo beneficio constituye el valor de los ingresos totales sobre los egresos totales. Si esta relación es mayor a 1, significa que el proyecto es rentable. Su cálculo se realiza aplicando la ecuación 23, según Stone (2015).

$$\text{Relación Costo-Beneficio} = \frac{\text{VPN Ingresos}}{\text{VPN Egresos}} \quad (23)$$

$$\text{Relación Costo-Beneficio} = \frac{78602,62}{15923,48} = 4,93$$

Es decir que el proyecto es rentable por obtener un valor de 4,93 superiores a la unidad.

5.3.4 Tasa Interna de Retorno (TIR)

La Tasa de interés de retorno es la tasa de interés necesaria para que el Valor Presente Neto (VPN) tenga un valor igual a cero. Se la utiliza habitualmente para evaluar si conviene la inversión en un proyecto. Su valor se determina con la Ecuación 24, según Stone (2015).

$$0 = \sum_{t=0}^n \frac{FFNI_t}{(1+TIR)^t} \quad (24)$$

Para el cálculo se toma en cuenta todos los valores de flujo de netos totales incluyendo la inversión inicial. Realizando este cálculo en Excel se tiene una TIR = 0,99%. La tasa de interés calculado es mayor que la tasa de oportunidad, es decir que la TIR es mayor que la tasa de interés y como inversionistas del proyecto conviene realizar la inversión porque se obtendría un mayor rendimiento de la inversión que la que se obtendría en otra alternativa de inversión.

5.3.5 Periodo de Recuperación (PRI)

El periodo de recuperación de la inversión es un indicador que mide la liquidez del proyecto y el riesgo relativo permitiendo anticipar eventos a corto plazo. Al igual que la Tasa interna de Retorno optimiza la toma de decisiones.

Tabla 48 Flujo Neto de Periodo de Recuperación

FLUJO DE FONDOS NETO						
Descripción	Inversión Inicial	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
FLUJO DE FONDOS	15923,48	\$10.445,98	\$18.485,36	\$26.371,15	\$26.409,94	\$32.772,79

Fuente: Propia del Autor, recuperado de: Microsoft Excel

Para determinar el periodo de recuperación, uno a uno se va acumulando los fondos netos, hasta llegar a cubrir el monto de la inversión inicial.

→ El Periodo de Recuperación corresponde al segundo periodo

Para determinar con exactitud el periodo de recuperación se seguirá el proceso:

- Se toma el periodo de recuperación a la inversión total.
- Calcular el costo no recuperado en ese periodo
- Dividir el costo no recuperado entre el flujo neto para el siguiente año.
- Este valor lo sumamos al periodo anterior al de recuperación total.

→ Para el proyecto el PRI = 2 periodos

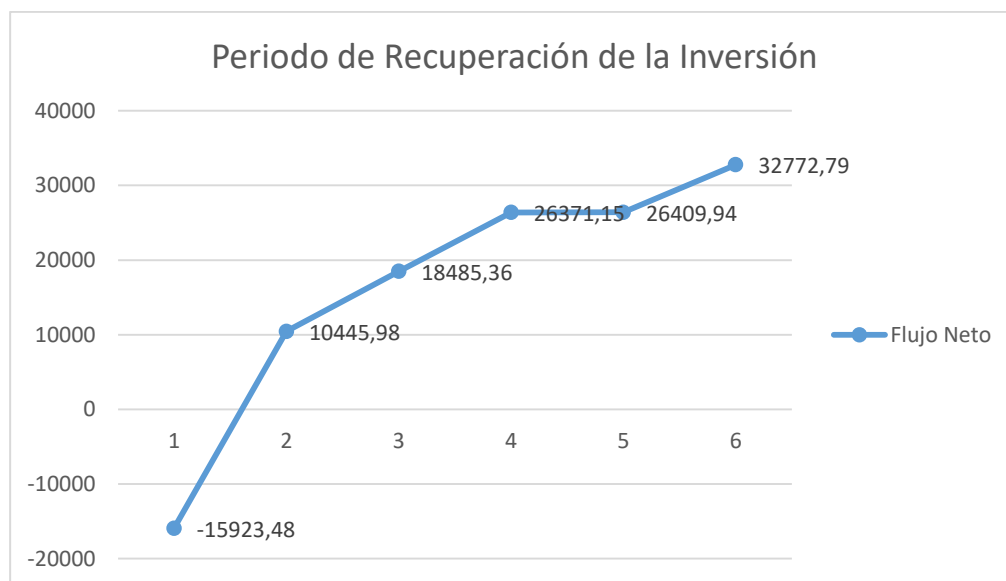


Figura 104: Periodo de Recuperación de la Inversión

Fuente: Propia del Autor extraída de: Microsoft Excel

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Aplicar el estándar inalámbrico 802.11n en el diseño del proyecto permite implementar redes flexibles, escalables, de rápido despliegue y baratas en comparación con tecnologías cableadas, si bien no es un estándar nuevo, es una versión muy probada y estable del estándar 802.11, con mejoras significativas respecto a versiones anteriores tanto a nivel de capa PHY y MAC logrando mayores tasas de transferencia en frecuencias de 2,4 y 5 GHz.
- El proyecto se perfila como una solución idónea que se ajusta a la situación actual y topográfica de las áreas de cobertura, brindando una solución a la demanda de servicio de Internet a un costo razonable para el usuario y de réditos económicas para el proveedor, mejorando además la calidad de vida de los habitantes a través de su inclusión en el uso de las tecnologías de acceso a la información.
- La Agencia de Regulación y Control de la Telecomunicaciones (ARCOTEL) como ente regulador y supervisor del espectro radioeléctrico en el Ecuador, impone límites a los parámetros de funcionamiento de los sistemas de comunicación inalámbrica como frecuencias, potencias de emisión, etc., que deberán ser cumplidas de forma estricta. Además, la operación en la venta del

servicio de Internet requiere de títulos habilitantes dados por la misma entidad reguladora previo a la presentación de solicitudes e informes relacionados al proyecto.

- La capacidad de canal medida en [bps] para el acceso internacional a Internet de la red troncal está directamente relacionada con la cantidad de suscriptores de la red de acceso. Para su cálculo se aplicó métodos que relacionan índices de simultaneidad y compartición del servicio. Según el número de usuarios proyectados en el estudio de mercado y suponiendo que no siempre el usuario estará haciendo uso del servicio y que existe una probabilidad de que no todos los usuarios utilizarán su servicio de forma simultánea, se aplicó una compartición 8:1 considerado muy bueno para servicio residencial, y 3:1 para servicio comercial o corporativo por tratarse de enlaces semi-dedicados con un índice de simultaneidad del 20%, valor aplicado a entornos semi-urbanos. Así, es necesario contratar un ancho de banda de 48 [Mbps] en el quinto año de operación, capacidad que el diseño de la red deberá estar en condiciones de soportar sin que la calidad del servicio al usuario final se vea afectada.
- La calidad de un radio enlace depende la correcta elección del dispositivo o antena según las necesidades en potencia, ganancia, directividad, etc. Su proceso de planificación inicia sabiendo cual será la tasa de transferencia que deberá soportar. Se ha utilizado la banda de 5 GHz por considerarse menos propensa a interferencias y sobre todo es una banda de libre operación. A nivel de capa física, el estándar 802.11n define esquemas de modulación y codificación los cuales determinan la velocidad de transmisión, así, mientras mayor sea la tasa de transferencia, se aplicará el tipo de modulación adecuado.

El radio enlace, depende además de otros factores como el nivel de sensibilidad de las antenas, relación señal a ruido, potencia de transmisión y la instalación del dispositivo, manteniendo una perfecta alineación de antenas y verificando que no existan obstrucciones dentro de la zona de Fresnel. Estas emisiones deberán realizarse bajo los límites impuestos por la Arcotel.

- Mediante la utilización de la herramienta de simulación Xirio, se verificó la viabilidad de los enlaces de backhaul y red de acceso con diagramas de propagación e informes de los resultados, mostrando el comportamiento de las señales transmitidas y sirviendo de apoyo a la planificación de sistemas de comunicación inalámbricos, previo a su instalación.
- El diseño de los subsistemas de respaldo de energía, protección eléctrica y de infraestructura son parte importante para el desempeño de la red inalámbrica proveedora del servicio, aplicando estándares se garantiza la disponibilidad continua del servicio para los usuarios y protección de los equipos y personal de trabajo, ante posibles alteraciones en el suministro eléctrico o perturbaciones atmosféricas.
- El análisis financiero del proyecto ha permitido verificar que la implementación del proyecto es viable y representa rentabilidad para los inversionistas, con un periodo de recuperación de la inversión inicial ya en el segundo año. Si bien puede haber indicadores no analizados, el éxito o fracaso del proyecto dependerá de la toma de decisiones oportunas sin que se vea afectado el servicio al usuario, de quienes depende económicamente la operación del proyecto.

RECOMENDACIONES

- El proceso que conlleva ejecutar un proyecto de estas características, requiere de personal con conocimientos en varias ramas de la ciencia como: normativa jurídica de telecomunicaciones, redes de comunicación, redes inalámbricas, electricidad, administración, márketing, servicio de atención al cliente, entre otras. De esta manera y asignando tareas según su especialidad se conseguirá un único fin, el de dar un servicio de calidad a usuario.
- La ejecución del proyecto y operación en la venta de servicio de Internet requiere contar con el título habilitante otorgados por la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones, de no ser así, se considera como una operación ilegal sujeta a sanciones impuestas por el mismo ente regulatorio.
- La calidad del servicio para el usuario depende de la cobertura del servicio en su sector. Así mismo la calidad de la cobertura depende de la ubicación de los puntos de presencia del proveedor. Para su ubicación deberá realizarse un análisis topográfico de las zonas de interés, tomando en cuenta factores ambientales como árboles, crecimiento urbano (edificaciones), etc., que podrían degradar la calidad del enlace. De ser el caso será necesario la implementación de nodos secundarios que amplíen la cobertura del servicio.

- La banda de 5 GHz se caracteriza por ser de libre operación y no presentar demasiadas interferencias como sucede con la banda de 2,4 GHz, sin embargo, esta misma ventaja ha hecho que otros operadores de servicio de internet operen en la misma banda, pudiéndose ocasionar interferencias en los equipos por fuentes externas al sistema. Para evitar estas situaciones deberá existir una adecuada planificación, principalmente se recomienda hacer un escaneo del espectro radioeléctrico eligiendo un canal no saturado para las transmisiones.
- En el mercado actualmente se cuenta con equipos de distintas marcas para el despliegue de redes inalámbricas, si bien son equipos estandarizados traen consigo protocolos propietarios basados en el estándar 802.11n que mejoran la calidad del enlace, de contar con redes híbridas con equipos de más de una marca, es recomendable desactivar éstos protocolos, evitando incompatibilidades y el mal funcionamiento de la red.
- Tras una implementación de este tipo de proyectos, es recomendable dar soporte técnico, no solo a los equipos activos, sino a toda la infraestructura de red, haciendo una inspección de los sistemas de puesta a tierra, torres de comunicaciones, cableado eléctrico, cableado estructurado y otros que son susceptibles al deterioro causado principalmente por factores ambientales.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Abonado.- Persona o entidad que tiene relación contractual con un proveedor de servicios.

ADSL.- Línea de abonado digital asimétrica

AP.- Access Point p Punto de Acceso. Dispositivo de interconexión en redes inalámbricas de área local (WAN).

ARCOTEL.- Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones.

Asignación (de una frecuencia o de canal radioeléctrico).- Autorización que da una administración para que una estación radioeléctrica utilice una frecuencia o un canal radioeléctrico determinado en condiciones especificadas.

Autenticación.- Proceso de verificación de identidad del usuario, terminal o proveedor de servicios.

BER.- Tasa de Bits errados, Relación bits recibidos incorrectamente respecto al número de bit enviados en un intervalo de tiempo.

CONATEL.- Consejo Nacional de Telecomunicaciones.

CPE.- Equipo Local del Cliente.

CSMA/CA.- (*Carrier Sense Multiple Access*). Acceso Múltiple por Detección de Portadora. Método de transferencia de datos utilizado para prevenir posible colisión de datos.

DHCP.- (*Dynamic Host Configuration Protocol*). Protocolo de configuración dinámica de host

DNS.- (Domain Name System – Sistema de Nombres de Dominio),

Dirección IP.- Número que identifica de manera lógica y jerárquica a la interfaz de un dispositivo en una red que utilice protocolo IP.

EIA.- (*Electronic Industries Association*). Asociación de Industrias Electrónicas.

Encriptación.- Transformar los datos con el fin de ocultar el contenido de la información evitando su utilización no deseada.

Emisión.- radiación producida, o producción de radiación por una estación transmisora radioeléctrica.

Espectro Radioeléctrico.- Conjunto de ondas electromagnéticas que se propagan por el espacio sin necesidad de guía artificial utilizado para la prestación de servicios de telecomunicaciones, radiodifusión sonora y televisión, seguridad, defensa, emergencias, transporte e investigación científica, así como para un elevado número de aplicaciones industriales científicas y médicas.

Estación Base (EB).- Equipos de radiocomunicaciones situados en un mismo lugar que da servicio a una o varias células.

Fail Over.- Capacidad de un sistema de ser tolerante a fallos.

Firewall.- Parte de un sistema o red que permite comunicaciones autorizadas o bloquea accesos no autorizados.

Firmware.- Código de instrucciones de propósito específico que ejecuta un dispositivo de red.

Interferencia.- Efecto de energías no deseadas debido a una o varias emisiones, radiaciones, inducciones sobre un sistema receptor de radiocomunicaciones originando degradación de la calidad de señal o pérdida de información.

MIMO.- (*Multiple-Input Multiple-Output*). Múltiple-Entrada Múltiple-Salida

NAT.- (*Network Address Translation*). Traducción de direcciones de red

Proveedor de Servicios.- Persona o entidad encargada de la prestación de un servicio o conjunto de servicios hacia el usuario, negociando las capacidades de red y servicios que presta.

Punto a Punto.- Modo de funcionamiento de un enlace entre dos entidades de la red.

Radio.- Término general que se aplica al empleo de las ondas radioeléctricas.

Radiocomunicación.- Toda telecomunicación transmitida por ondas radioeléctricas (CS) (CV).

Red.- Conjunto de enlaces y nodos que proporciona conexión entre dos o más puntos facilitando la telecomunicación entre sí.

Seguridad.- Protección de la disponibilidad

Servicio Fijo.- Servicio de radiocomunicación entre puntos fijos determinados.

Servicio Portador.- Servicio de telecomunicación que proporciona la capacidad de transmitir señales entre puntos de acceso.

SSID.- Identificador de conjunto de servicio. Nombre que identifica a una red inalámbrica.

TDMA.- (*Time Division Multiple Access*). Acceso Múltiple por División de Tiempo

Terminal.- Equipo que constituye la interfaz del usuario final.

TIA.- (*Telecommunications Industry Association*). Asociación de Industrias de Telecomunicaciones.

Trama.- Bloque de longitud variable identificado por un etiqueta en la capa 2 del modelo de referencia OSI.

UIT.- Unión Internacional de Telecomunicaciones.

Última Milla.- Enlace entre el nodo de distribución de la red y el usuario final.

Wi-Fi.- Término creado por la Wi-Fi Alliance utilizado para la descripción de redes inalámbricas 802.11.

WEP.- (*Wired Equivalent Privacy-Privacidad equivalente al cableado*). Seguridad básica en redes inalámbricas Wi-Fi.

WISP.- Proveedor de Servicios de Internet Inalámbrico.

WPA.- (*Wi-Fi Protected Access-Acceso Wi-fi protegido*). Estándar de seguridad Wi-Fi que corrige deficiencias del sistema WEP.

BIBLIOGRAFÍA

- Agencia de Regulación y Control de la Telecomunicaciones. (s.f de s.f de 2015). *FORMULARIOS_SAI_TECNICO*. Obtenido de Formularios e Instructivos de Otorgamiento de Título Habilitante de Servicios de Acceso a Internet OTH: <http://www.arcotel.gob.ec/servicios-de-valor-agregado-formularios-e-instructivos/>
- (ABB), A. B. (s.f. de s.f. de s.f.). *Corrección del factor de potencia y filtrado de armónicos en las instalaciones eléctricas*. Obtenido de Cuaderno de aplicaciones técnicas nº 8: https://library.e.abb.com/public/897462d590876b5fc125791a003bd1e0/1TXA007107G0701_CT8.pdf
- Adastra. (4 de Mayo de 2012). *Wireless Hacking – Conceptos Básicos sobre WPA/WPA2– Parte XIII*. Obtenido de Seguridad en Sistemas y Técnicas de Hacking. TheHackerWay (THW): <http://thehackerway.com/2012/05/04/wireless-hacking-conceptos-basicos-sobre-wpawpa2-parte-xiii/>
- Águeda Talaya, E., de Madariaga Miranda, J., Narros González, J., Olarte Pascual, C., Reinares Lara, E. M., & Saco Vázquez, M. (2008). *Principios de marketing*. Madrid-España : ESIC.
- Alberto, R. D. (s.f de s.f de s.f). Obtenido de Soluciones Actuales de Seguridad WIFI: <http://lsiunne.com.ar/teleproceso/soluciones%20actuales2.html>
- Álvarez, J. A. (25 de abril de 2015). *QUÉ ES EL FACTOR DE POTENCIA*. Obtenido de http://www.asifunciona.com/electrotecnia/ke_factor_potencia/ke_factor_potencia_4.htm
- Antenaruval. (s.f de s.f de s.f). *Parámetros Antenas*. Obtenido de Ancho de Banda: http://www.antenaruval.mex.tl/imagesnew2/0/0/0/2/0/5/4/9/3/1/TEMA%202_6.pdf
- ARCOTEL. (18 de Febrero de 2015). *LEY ORGÁNICA DE TELECOMUNICACIONES*. Obtenido de Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones : http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/03/ro_ley_organica_de_telecomunicaciones_ro_439_tercer_suplemento_del_18-02-2015.pdf
- Ariganello, E., & Barrientos Sevilla, E. (junio de 2010). *REDES CISCO CCNP a Fondo*. México D.F., México.
- Aznar, Á. C., Roca, L. J., & Ruis Casals, J. M. (2002). *Antenas*. Barcelona : EDICIONS UPC.

- Balaco, J. (s.f. de noviembre de 2008). *“Radio Enlaces Digitales en un Entorno .* Obtenido de http://postgrado.info.unlp.edu.ar/Carreras/Especializaciones/Redes_y_Seguridad/Trabajos_Finales/Balacco_Jose.pdf
- Buettrich, S. (Octubre de 2007). *Presupuesto de potencia del enlace.* Obtenido de Cálculo de Radioenlace: http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless_es/files/06_es_calculo-de-radioenlace_guia_v02.pdf
- Carlos , V., & Luis , D. (2002). *Redes Inalámbricas.* Obtenido de <http://www.blyx.com/public/wireless/redesInalambricas.pdf>
- Cayambe, G. M. (18 de junio de 2001). *Ordenanza de Delimitación Urbana .* Obtenido de http://municipiocayambe.gob.ec/images/ley_transparencia/Ordenanzas/2001/038.PDF
- certification, V.-n. w. (2002). *Certified Wireless Network Administrator.* Bremen Georgia: Planet3 Wireless.
- Chávez, C. N. (14 de octubre de 2009). *Estudio del estándar IEEE 802.11n.* Obtenido de Taller de Carrera: <http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/7834/memoria.pdf>
- Chersanaz , L., & Dobladez , M. (08 de diciembre de 2008). *Calculando a largura de banda por cliente.* Obtenido de WDC Networks: <https://under-linux.org/showthread.php?t=118846>
- CISCO. (28 de marzo de 2016). *Cisco 800 Series Routers.* Obtenido de <http://www.cisco.com/c/en/us/products/routers/800-series-routers/index.html>
- CNT, C. N. (17 de febrero de 2016). *INTERNET ISP.* Obtenido de <https://www.cnt.gob.ec/internet/plan-corporativo/internet-isps/>
- CONATEL. (20 de Febrero de 2002). *Resolución 071-03-CONATEL-2002.* Obtenido de ARCOTEL: http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/11/1_regulacion_vigente_definiciones1.pdf
- CONATEL. (s.f.). *INSTRUCTIVO APLICABLE A LAS SOLICITUDES PARA PERMISOS PARA LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE VALOR AGREGADO.* Obtenido de ARCOTEL: http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/11/001-INTRODUCCION_AL_INSTRUCTIVO_Y_FORMULARIOS-v2.doc
- Connectivity, L. c. (28 de marzo de 2016). *HyperLink Technologies.* Obtenido de <http://www.l-com.com/content/HyperLinkBrand.html>
- DESAMD. (18 de marzo de 2015). *INFRAESTRUCTURA.* Obtenido de PROTECCIONES ELECTRICAS: http://desamd.cl/infra-eol.html#protec_elec

- Electric, A. S. (28 de abril de 2016). *SURTA1000RML2U*. Obtenido de <http://www.apc.com/shop/ec/es/products/Unidad-Smart-UPS-RT-de-APC-de-1000-VA-y-120V-para-rack/P-SURTA1000RML2U>
- Electronic Soft. (20 de febrero de 2016). *Zona de Fresnel*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Zona_de_Fresnel
- EPM. (s.f. de junio de 2011). *Normas Técnicas*. Obtenido de Puesta a tierra de redes de distribución eléctrica: https://www.epm.com.co/site/Portals/0/centro_de_documentos/proveedores_y_contratistas/normas_y_especificaciones/normas_aereas/grupo_6_Normas_de_montajes_complementarios/NORMARA6-010junio.pdf
- ERICO. (s.f. de febrero de 2016). *GEM MATERIAL DE REFUERZO DE TIERRA*. Obtenido de <https://www.erico.com/catalog/literature/E978B-LASP.pdf>
- Expomaquinaria. (25 de septiembre de 2016). *Radio Comunicaciones*. Obtenido de Radio Enlace: <http://www.radiocomunicaciones.net/radio/radio-enlace-que-es-un-radioenlace/>
- FRANCE, F. (s.f de s.f de s.f). *La Solución PDC*. Obtenido de El enfoque global del rayo: http://www.franklin-france.com/IMG/pdf_FRANKLIN-FRANCE-PDC-ES.pdf
- G., E. C. (08 de mayo de 2013). *RADIOENLACES POR MICROONDAS - CALCULOS DE TRAYECTORIA* . Obtenido de <http://es.slideshare.net/edisoncoimbra/66-calculos-de-radioenlaces>
- GARCIA, E. O. (11 de agosto de 2105). *Cómo Configurar MikroTik Wireless para trabajar eficientemente en Ambientes de Ruido*. Obtenido de MIKROTIKUSER MEETING 2015: http://mum.mikrotik.com/presentations/CO15/presentation_2556_1439899736.pdf
- García, J. I. (2014). *Estudio de viabilidad parra llevar Internet 4G LTE a zonas rurales* . Obtenido de http://bibliotecadigital.usb.edu.co/bitstream/10819/2904/1/estudio_viabilidad_internet_Salgado_2014.pdf
- Garrido Ojeda, A. M., & Santos Cevallos, D. L. (s.f de enero de 2011). *Diseño de una red inalámbrica para dar acceso a internet a 46 establecimientos educativos del cantón Pimampiro en la provincia de Imbabura*. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/3908/1/CD-3444.pdf>
- Geoffrey, R. (2003). *Principios de Marketing*. Thomson Editores Sapin.
- gonzales, m. (28 de agosto de 2014). *Velocidad de las redes WiFi N* . Obtenido de Redes Telemáticas: <http://redestelematicas.com/velocidad-de-las-redes-wifi-n-en-entornos-residenciales/>
- IEEE. (s.f de s.f de 2016). *IEEE STANDARS ASSOCIATION*. Obtenido de <http://standards.ieee.org/about/get/802/802.11.html>

- INEC, I. N. (18 de noviembre de 2015). *Población Y Demografía* . Obtenido de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>
- Jácome Muñoz, J., Melenchón Ibarra, A., & Pérez Escudero, J. (s.f. de s.f. de s.f.). *Proyecto Wimax en Puerto Tomás Maestre*. Obtenido de <https://www.upct.es/~orientap/Ej4%20teleco.pdf>
- Jiménez, S. Á. (2014). *UF1878: Ejecución de proyectos de implantación de infraestructuras de redes telemáticas* . Málaga : IC Editorial.
- Joskowics, D. I. (octubre de 2013). *TIA-607 Tierras y aterramientos para los sistemas de telecomunicaciones de edificios comerciales*. Obtenido de CABLEADO ESTRUCTURADO: <http://ie.fing.edu.uy/ense/asign/ccu/material/docs/Cableado%20Estructurado.pdf>
- Joskowicz, D. I. (Octubre de 2013). *CABLEADO ESTRUCTURADO*. Obtenido de Comunicaciones Corporativas Unificadas: <http://ie.fing.edu.uy/ense/asign/ccu/material/docs/Cableado%20Estructurado.pdf>
- Kotler, P., Bloom, P., & Hayes, T. (2004). *Marketing de Servicios Profesionales*. Barcelona: Ediciones Paidós Ibérica S.A .
- Magedanz, T. a. (2006). Network Management. *From Networks and Network Management into Service and Service Management*, 17.
- Mayté, J. (2005). *Tipos de Modulación Digital*. Obtenido de Estado actual de las comunicaciones inalámbricas: http://www.jcee.upc.edu/JCEE2004/pdf/EstadoActual_WirelessRF_SILICA.pdf
- Microsoft. (enero de 2005). *Autenticación con EAP, EAP-TLS, EAP-MS-CHAP v2 y PEAP*. Obtenido de Descripción de la autenticación 802.1X para redes inalámbricas: [https://msdn.microsoft.com/es-es/library/cc759077\(v=ws.10\).aspx](https://msdn.microsoft.com/es-es/library/cc759077(v=ws.10).aspx)
- Mifsud Talón, E., & Lerma-Blasco, R. (s.f.). *Despliegue de redes inalámbricas*. Obtenido de CFGM. Servicios en red: <https://serviciosenred2012inma93.files.wordpress.com/2012/03/diapositivas-u-t-9.pdf>
- Mikrotik. (01 de octubre de 2008). *Virtual Router Redundancy Protocol (VRRP)*. Obtenido de VRRP spanish example: http://wiki.mikrotik.com/wiki/VRRP_spanish_example
- Mikrotik. (s.f de s.f de 2015). *Routers & Wireless*. Obtenido de <http://www.mikrotik.com/>
- Mikrotik. (s.f. de s.f. de s.f.). *The Dude*. Obtenido de <http://www.mikrotik.com/thedude>
- Ministerio del Trabajo. (07 de enero de 2016). *Tablas Salarios Mínimos Sectoriales 2016*. Obtenido de http://ecuadorinmediato.com/modules/umFileManager/pndata/2016-01/tablas_salarios_minimos_sectoriales_2016__46895.pdf


- Nagios. (2016). *Nagios Documentation*. Obtenido de <https://www.nagios.org/documentation/>
- Nave, M. O. (s.f de s.f de s.f). *Clasificación de la Polarización*. Obtenido de hyperphysics: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/phyopt/polclas.html>
- OpManager. (2016). *Software de monitorización de redes - Prestaciones principales*. Obtenido de <https://www.manageengine.com/es/network-monitoring/features.html>
- Physics, I. C. (18 de junio de 2010). *Materiales de entrenamiento para instructores de redes inalámbricas*. Obtenido de Introducción a las redes Wifi: http://www.eslared.org.ve/walc2012/material/track1/05-Introduccion_a_las_redes_WiFi-es-v2.3-notes.pdf
- Pincolini, I. E. (s.f. de s.f. de s.f.). *¿QUE ES EL FACTOR DE POTENCIA?* Obtenido de Consultora en Instalaciones Eléctricas y Termomecánicas: http://www.cietconsultora.com.ar/pdf/compensacion_de_energia_reactiva_o_factor_potencia.pdf
- POWER, C. C. (s.f de s.f de 2016). *Manual de Usuario UPO11RTAX 1, 2, 3 KVA*. Obtenido de <http://grupocdpcol.net/manuales/manual-upo11rt.pdf>
- Power, C. D. (28 de abril de 2016). *UPO11-IRT AX*. Obtenido de <http://www.cdpu.com/prodetails.asp?p=MTU3&c=MTUy&l=2&T=#page=page-1>
- PTRG. (2016). *Soporte Usuarios* . Obtenido de <https://www.es.paessler.com/support>
- R., L. (28 de noviembre de 2008). *El modelo jerárquico de 3 capas de Cisco*. Obtenido de IP reference: <https://ipref.wordpress.com/2008/11/28/modelo-jerarquico-de-red/>
- Ramírez, L. R. (2015). *Sistemas de radiocomunicaciones* . Madrid: Paraninfo.
- Rojas Villegas, R., Rivera Paredes , R., & Quispe Ch., W. (s.f.). *Internet y Redes Inalámbricas*. Arequipa: CLANAR.
- ROVER, S. (s.f de s.f de s.f). *INSTRUCCIONES DE MONTAJE* . Obtenido de TORRES ARRIOSTRADAS 180 : <http://www.sateliterover.com/media/multimedia/ficheros/1592.pdf>
- Salam, T. A. (23 de octubre de 2011). *Cálculo del Presupuesto de Potencia*. Obtenido de http://www.eslared.org.ve/walc2012/material/track1/07-Presupuesto_de_potencia-es-v1.14-Notes.pdf
- SENATEL. (28 de febrero de 2015). *Ley Orgánica de Transparencia y Acceso a la Información Pública* . Obtenido de ARCOTEL: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/4471/1/04%20RED%20051%20TESIS.pdf>
- skype. (19 de febrero de 2016). *¿Qué ancho de banda necesita Skype?* Obtenido de <https://support.skype.com/es/faq/FA1417/que-ancho-de-banda-necesita-skype>

- Stone, C. M. (s.f. de s.f. de s.f.). *Evaluación Financiera*. Obtenido de <http://www.economia.unam.mx/secss/docs/tesisfe/MartinezSCM/cap4.pdf>
- Tanenbaum, A. S. (2003). *Redes de computadoras*. México: PEARSON Educación.
- Technologies, S. (21 de febrero de 2016). *Bandwidth and Storage Calculator*. Obtenido de <http://www.stardot.com/bandwidth-and-storage-calculator>
- Telconet. (17 de febrero de 2016). *TRANSITO AL BACKBONE DE INTERNET*. Obtenido de <http://www.telconet.net/servicios/backbone>
- TELECOMUNICACIONES, S. I. (2011). Recomendaciones y buenas prácticas para el diseño, construcción y uso compartido de torres de telecomunicación. 28.
- Telecomunicaciones, U. I. (s.f de s.f de s.f). *INFORME 464-5**. Obtenido de POLARIZACIÓN DE LAS EMSIONES DE RADIODIFUSIÓN: https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/rep/R-REP-BS.463-5-1990-PDF-S.pdf
- Televes. (s.f. de s.f. de s.f.). *Instrucciones de montaje*. Obtenido de TORRE ARRIOSTRADA: http://www.televes.com/sites/default/files/catalogos/doc_technique_pylones_180.pdf
- Téllez, A. C. (04 de marzo de 2004). *Factibilidad de un Radio Enlace de UHF*. Obtenido de www.uaz.edu.mx/cippublicaciones/eninvie/Corr1_CITEDI.pdf
- Thornycroft, P. (2007). *Designed for Speed Network Infrastructure in a 802.11n World*. ARUBA Networks.
- Torres, J. J. (s.f de s.f de s.f). *COMPONENTES DE LA ARQUITECTURA 802.11*. Obtenido de EL ESTÁNDAR IEEE 802.11: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11138/fichero/memoria%252FCap%EDtu1o+3.pdf>
- Torres, M., Paz, K., & Salazar, F. (s.f de s.f de s.f). *Boletín Electrónico*. Obtenido de TAMAÑO DE UNA MUESTRA PARA UNA INVESTIGACIÓN DE MERCADO: http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL_02_BAS02.pdf
- TRIPP-LITE. (03 de marzo de 2016). *Cómo Dimensionar su Solución de UPS*. Obtenido de Dimensionamiento de UPS: <https://www.tripplite.com/products/ups-sizing>
- TRIPP-LITE. (17 de febrero de 2016). *Guía de Compra para Sistemas UPS*. Obtenido de <https://www.tripplite.com/products/ups-buying-guide>
- TRIPP-LITE. (28 de abril de 2016). *SU1000RTXLCD2U*. Obtenido de <https://www.tripplite.com/sistema-ups-doble-conversi%C3%B3n-en-l%C3%ADnea-1kva-2u-rack-torre-tomacorrientes-100v-110v-120v-127v-pantalla-lcd-tomacorrientes-nema~SU1000RTXLCD2U/>
- Ubiquiti. (s.f de s.f de 2016). *Ubiquiti Networks*. Obtenido de <https://www.ubnt.com/>
- Viklund, A. (1 de Abril de 2015). *Area Calculator Using Maps*. Obtenido de Free Map Tools: <http://www.freemaptools.com/>


- Villacís, A. C. (s.f. de s.f. de s.f.). *CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE CONMUTACIÓN DE LOS EQUIPOS ACTIVOS PARA UNA RED LAN CORPORATIVA*. Obtenido de http://www.academia.edu/7056330/C%C3%81LCULO_DE_LA_CAPACIDAD_DE_CONMUTACION_DE_LOS_EQUIPOS_ACTIVOS_PARA_UNA_RED_LAN_CORPORATIVA
- Villacís, A. C. (s.f.). *Velocidad de puertos*. Obtenido de Cálculo de la capacidad de conmutación de los equipos activos para una red LAN corporativa: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/3717/3/T-ESPE-031373-A.pdf>
- Villagrán, C. G. (septiembre de 2008). *SISTEMA DE PUESTA A TIERRA Y PROTECCIÓN PARA SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES*. Obtenido de <http://www.sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/1/573/579/3190.pdf>
- WhatsUp. (2016). *Recursos y Soporte*. Obtenido de <http://www.whatsupgold.com/es/>
- Willems, H. (16 de noviembre de 2013). *MUM ZAI3*. Obtenido de <http://mum.mikrotik.com/presentations/EC13/mario.pdf>
- Wireless LAN, A. (2002). *Certified Wireless Network Administrator*. Bremen Georgia: Planet3 Wireless.
- Wispro. (s.f. de s.f. de s.f.). *Índice de Simultaneidad*. Obtenido de http://doc.wispro.co/index.php?title=Guia_de_Indice_de_Simultaneidad
- WNDW, A. (2013). *Redes Inalámbricas en los Países en Desarrollo*. Copenhagen: Creative Commons Attribution -ShareAlike 3.0.
- ZENOSS. (2016). *Services & Suport*. Obtenido de <https://www.zenoss.com/services-support>

ANEXOS

ANEXO 1: FORMULARIO SVA-AT-01: DESCRIPCIÓN TÉCNICA DETALLADA DEL SERVICIO PROPUESTO Y COBERTURA

 Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones	FORMULARIO PARA ANÁLISIS TÉCNICO SOLICITUD PERMISO SVA	SVA-AT-01 Elab.: DGGST Fecha:																																																																											
a. NOMBRE O RAZÓN SOCIAL DEL SOLICITANTE:																																																																													
SVA-AT-01: DESCRIPCIÓN TÉCNICA DETALLADA DE CADA SERVICIO PROPUESTO Y COBERTURA																																																																													
b. DESCRIPCIÓN DEL SERVICIO PROPUESTO																																																																													
De conformidad con la normativa vigente, son servicios de valor agregado aquellos que utilizan servicios finales o portadores de telecomunicaciones e incorporan aplicaciones que permiten transformar el contenido de la información transmitida. Esta transformación puede incluir un cambio neto entre los puntos extremos de la transmisión en el código, protocolo o formato de la información.																																																																													
c. DETALLAR LOS SERVICIOS PROPUESTOS DE SVA SOLICITADO																																																																													
Acceso a Internet: incluye: Correo Electrónico, Redes Sociales, Búsqueda y Transferencia de Archivos, Alojamiento y Actualización de Sitios y Páginas Web, VoIP, Acceso a Servidores de: Correo, DNS, NAT, World Wide Web, Abse de Datos, Telnet, Intranet y Extranet, entre otros																																																																													
(Añadir hojas adicionales en el caso de que se requiera)																																																																													
d. ÁREA DE COBERTURA																																																																													
Inicialmente el área de cobertura solicitada para la prestación de Servicios de Valor Agregado por parte del SOLITANTE comprende las actuales regiones de:																																																																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th>#</th> <th>Provincia / Ciudad</th> <th>SI</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>Azuay</td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>Bolívar</td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td>Cañar</td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td>Carchi</td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td>Chimborazo</td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td>Cotopaxi</td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td>El Oro</td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td>Esmeraldas</td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td>Galápagos</td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td>Guayas</td><td></td></tr> <tr><td>11</td><td>Imbabura</td><td></td></tr> <tr><td>12</td><td>Loja</td><td></td></tr> <tr><td>13</td><td>Los Ríos</td><td></td></tr> <tr><td>14</td><td>Manabí</td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td>Morona Santiago</td><td></td></tr> <tr><td>16</td><td>Napo</td><td></td></tr> <tr><td>17</td><td>Orellana</td><td></td></tr> <tr><td>18</td><td>Pastaza</td><td></td></tr> <tr><td>19</td><td>Pichincha</td><td style="text-align: center;">X</td></tr> <tr><td>20</td><td>Santa Elena</td><td></td></tr> <tr><td>21</td><td>Santo Domingo de los Tsáchilas</td><td></td></tr> <tr><td>22</td><td>Sucumbios</td><td></td></tr> <tr><td>23</td><td>Tungurahua</td><td></td></tr> <tr><td>24</td><td>Zamora Chinchipe</td><td></td></tr> </tbody> </table>	#	Provincia / Ciudad	SI	1	Azuay		2	Bolívar		3	Cañar		4	Carchi		5	Chimborazo		6	Cotopaxi		7	El Oro		8	Esmeraldas		9	Galápagos		10	Guayas		11	Imbabura		12	Loja		13	Los Ríos		14	Manabí		15	Morona Santiago		16	Napo		17	Orellana		18	Pastaza		19	Pichincha	X	20	Santa Elena		21	Santo Domingo de los Tsáchilas		22	Sucumbios		23	Tungurahua		24	Zamora Chinchipe			
#	Provincia / Ciudad	SI																																																																											
1	Azuay																																																																												
2	Bolívar																																																																												
3	Cañar																																																																												
4	Carchi																																																																												
5	Chimborazo																																																																												
6	Cotopaxi																																																																												
7	El Oro																																																																												
8	Esmeraldas																																																																												
9	Galápagos																																																																												
10	Guayas																																																																												
11	Imbabura																																																																												
12	Loja																																																																												
13	Los Ríos																																																																												
14	Manabí																																																																												
15	Morona Santiago																																																																												
16	Napo																																																																												
17	Orellana																																																																												
18	Pastaza																																																																												
19	Pichincha	X																																																																											
20	Santa Elena																																																																												
21	Santo Domingo de los Tsáchilas																																																																												
22	Sucumbios																																																																												
23	Tungurahua																																																																												
24	Zamora Chinchipe																																																																												


ANEXO 2: FORMULARIO SVA-AT-02: DESCRIPCIÓN DE NODOS FÍSICOS Y EQUIPAMIENTO Y SISTEMAS

		FORMULARIO PARA ANÁLISIS TÉCNICO SOLICITUD PERMISO SVA			SVA-AT-02 Eab.: DGGST Fecha:	
a. NOMBRE O RAZÓN SOCIAL DEL SOLICITANTE:						
SVA-AT-02: DESCRIPCIÓN DE NODOS						
b. NODOS (PRINCIPALES (1))						
Nodo 1:						
Nombre del Nodo:		NOC				
Código Asignado al Nodo (#):		001-001				
Ubicación Geográfica						
Provincia:	Cantón:	Parroquia:	Ciudad / Localidad:			
Pichincha	Cayambe	Cayambe	Cayambe			
Dirección						
Av./Calle principal:	No.	Av./Calle intersección 1:	Av./Calle intersección 2:	Referencia		
Juan Montalvo	E 1-75	23 de Julio		Rio Blanco		
Coordenada Geográfica LATITUD						
° (grados)	' (minutos)	'' (segundos)	Observaciones			
0	2	57.85	Norte			
Coordenada Geográfica LONGITUD						
° (grados)	' (minutos)	'' (segundos)	Observaciones			
78	8	18.28	Oeste			
c. NODOS (SECUNDARIOS (2))						
Inicialmente requiere:	si	<input checked="" type="checkbox"/>	Inicialmente no requiere:	no	<input type="checkbox"/>	
Observaciones:						
Nodo 1:						
Nombre del Nodo:		BASE 1				
Código Asignado al Nodo (#):		002-001				
Ubicación Geográfica						
Provincia:	Cantón:	Parroquia:	Ciudad / Localidad:			
Pichincha	Cayambe	Ayora	Cayambe			
Dirección						
Av./Calle principal:	No.	Av./Calle intersección 1:	Av./Calle intersección 2:	Referencia		
Zamora	68 N	Pastaza				
Coordenada Geográfica LATITUD						
° (grados)	' (minutos)	'' (segundos)	Observaciones			
0	4	7.41	Norte			
Coordenada Geográfica LONGITUD						
° (grados)	' (minutos)	'' (segundos)	Observaciones			
78	7	56.71	Oeste			
d. DESCRIPCIÓN DE EQUIPAMIENTO Y SISTEMAS. ADJUNTAR DIAGRAMAS Y DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS Y SOFTWARE DE LOS NODOS, Y COPIA DE LOS CATÁLOGOS TÉCNICOS.						
Incluye						
Observaciones: Anexo 1						
#	EQUIPO Y SOFTWARE	# DE EQUIPOS O SOFTWARE	MARCA	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO DEL NODO DONDE ESTÁN UBICADOS LOS EQUIPOS O SOFTWARE	OBSERVACIONES
EQ001	MIKROTIK CCR1016-12G	1	MIKROTIK	ROUTER DE BORDE	001001	
EQ002	MIKROTIK SWITCH CRS226-24G-2S+IN	1	MIKROTIK	SWITCH CAPA 3	001001	
EQ003	SERVIDOR	1	HP	SERVIDOR CACHE	001001	
EQ004	MIKROTIK SWITCH CR125-24G-1S-RM	2	MIKROTIK	STICH DE ACCESO	001001 - 002001	
EQ005	MIKROTIK ROUTERBOARD CCR1036-12G-4S-EM	2	MIKROTIK	ROUTER DE ACCESO	001001 - 002001	
EQ006	UPS CDP UPO 3KVA	2	CDP	RESPALDO ENERGÍA	001001 - 002001	
EQ007	UBIQUITI ANTENA SECTORIAL 19 DBI / 5GHZ / 120°	6	UBIQUITI	COBERTURA	001001 - 002001	
(Añadir hojas adicionales en el caso de que se requiera)						
<p>Nodo: para efectos del estudio técnico se considera como nodo al sitio de concentración de elementos pasivos y activos de red para la prestación del servicio</p> <p>En el caso de SVA-ISP se considera:</p> <p>[1] <u>Nodos principales: son aquellos con conexión internacional</u></p> <p>[2] <u>Nodos secundarios: aquellos que realizan su conexión internacional a través del nodo.</u></p>						


ANEXO 3: FORMULARIO SVA-AT-03: DESCRIPCIÓN DE ENLACES FÍSICOS ENTRE NODOS (CONEXIÓN NACIONAL)

		FORMULARIO PARA ANÁLISIS TÉCNICO SOLICITUD PERMISO SVA				SVA-AT-03 Elab.: DGGST Fecha:		
a. NOMBRE O RAZÓN SOCIAL DEL SOLICITANTE:								
SVA-AT-03: DESCRIPCIÓN DE ENLACES ENTRE NODOS (CONEXIÓN NACIONAL)								
b. CONEXIÓN ENTRE NODOS								
Inicialmente si requiere	X	Inicialmente no requiere						
Observaciones:								
Descripción de Enlaces:								
ENLACES				CIUDAD	MEDIO DE TRANSMISIÓN	EMPRESA PROVEEDORA	VELOCIDAD TX/RX	OBSERVACIONES
NODO A		NODO B						
#	Dirección	#	Dirección					
001001	Calle Juan Montalvo y 23 de Julio	002001	Calle Zamora y Pastaza	Cayambe	Radio	Empresa portadora debidamente autorizada	50MB/50MB	
(Añadir hojas adicionales en el caso de que se requiera) (Detallar todos los saltos de los enlaces)								

ANEXO 4: FORMULARIO SVA-AT-04: DESCRIPCIÓN DE CONEXIÓN INTERNACIONAL

 Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones			FORMULARIO PARA ANÁLISIS TÉCNICO SOLICITUD PERMISO SVA				SVA-AT-04 Elab.: DGGST Fecha:		
a. NOMBRE O RAZÓN SOCIAL DEL SOLICITANTE:									
SVA-AT-04: DESCRIPCIÓN DE CONEXIÓN INTERNACIONAL									
b. SALIDA O CONEXIÓN INTERNACIONAL:									
Si requiere	<input checked="" type="checkbox"/>	No requiere							
Observaciones:									
Descripción de Enlaces de Conexión Internacional:									
TRAMO 1			TRAMO 2				VELOCIDAD (TX/RX)	NIVEL DE COMPARTICIÓN (1:X)	OBSERVACIONES
NODO A	NODO B	MEDIO DE TRANSMISIÓN	NODO B	NODO C	MEDIO DE TRANSMISIÓN				
001001	EMPRESA AUTORIZADA SERVICIO PORTADOR	Inalámbrico	EMPRESA AUTORIZADA SERVICIO PORTADOR	EMPRESA AUTORIZADA SERVICIO PORTADOR	FIBRA ÓPTICA	EMPRESA AUTORIZADA SERVICIO PORTADOR	60MB/60MB	1:1	
(Añadir hojas adicionales en el caso de que se requiera) (Detallar todos los saltos de los enlaces)									

ANEXO 6: FORMULARIO SVA-AT-06: DESCRIPCIÓN DE TIPOS DE MEDIOS DE TRANSMISIÓN SW WNLACES FÍSICOS DE RED DE TRANSPORTE

 Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones	FORMULARIO PARA ANÁLISIS TÉCNICO	SVA-AT-05-01 Eab.: DGGST Fecha:
a. NOMBRE O RAZÓN SOCIAL DEL SOLICITANTE:		
SVA-AT-05-1: DESCRIPCIÓN DE TIPOS DE MEDIOS DE TRANSMISIÓN DE ENLACES FÍSICOS DE RED DE TRANSPORTE		
b. CARACTERÍSTICAS DE LA FIBRA ÓPTICA (F.O.) A UTILIZARSE		
TIPO DE FIBRA (MONOMODO/MULTIMODO)		
MATERIAL DE LA FIBRA (MDRIO/PLÁSTICO)		
DIÁMETRO DEL NÚCLEO Y DEL REVESTIMIENTO (MULTIMODO)		
TIPO DE FIBRA MULTIMODO (ÍNDICE DE PASO / ÍNDICE GRADUAL)		
DIÁMETRO DEL CAMPO MODAL (MONOMODO) - MFD: mode field diameter.		
PERFIL DEL ÍNDICE REFRACTIVO (MONOMODO)		
ATENÚACION TOTAL. COEFICIENTE DE ATENUACIÓN (pérdidas en la fibra) (dB/Km)		
ATENÚACION POR EMPALME (pérdida por empalme) (dB)		
NÚMERO DE EMPALMES DEL ENLACE		
LONGITUD DE ONDA DE OPERACIÓN (primera ventana-825 nm, segunda ventana-1310 nm y tercera ventana 1550 nm).		
ANCHO DE BANDA (Hz/Km)		
RECOMENDACIÓN DE LA U.I.T. QUE CUMPLE LA F.O.		
c. CARACTERÍSTICAS DEL CABLE DE F.O. A UTILIZARSE		
NÚMERO DE FIBRAS QUE CONTIENE EL CABLE.		
TIPO DEL CABLE (PARA INSTALACIÓN AÉREA, SUBTERRÁNEA, SUBMARINA, ETC)		
OTRAS CARACTERÍSTICAS DEL CABLE DE F.O. (DEPENDE DEL FABRICANTE)		
d. CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO TERMINAL DE LÍNEA DE TX / RX		
DISPOSITIVO EMISOR DE LUZ (DIODO EMISOR DE LUZ - LED / DIODO LÁSER - LD)		
POTENCIA MEDIA DEL EMISOR (dBm)		
CARACTERÍSTICAS DEL EMISOR (DEPENDE DEL FABRICANTE)		
DISPOSITIVO DETECTOR DE LUZ (FOTODIODO PIN - FOTODIODO DE AVALANCHA APD - COMBINACIÓN DE UN APD Y UN FET (TRANSISTOR DE EFECTO DE CAMPO))		
SENSIBILIDAD DEL DETECTOR (dBm a una VTX)		
CARACTERÍSTICAS DEL DETECTOR (DEPENDE DEL FABRICANTE)		
e. CARACTERÍSTICAS DEL ENLACE DE F.O.		
FORMATO DE TRANSMISIÓN DIGITAL (PDH, SDH, etc)		
PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN		
CAPACIDAD DE TRANSMISIÓN (bps)		
DISPONIBILIDAD		
UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS PUNTOS TERMINALES A Y B. (DIRECCIONES Y COORDENADAS)		
LONGITUD DEL ENLACE (m)		
TIPO DE RESTAURACIÓN (BACK UP)		
f. CARACTERÍSTICAS DEL CABLE DE COBRE A UTILIZARSE		
TIPO DE CABLE		
CARACTERÍSTICAS DEL CABLE (DEPENDE DEL FABRICANTE)		
ANCHO DE BANDA		
CAPACIDAD DE TRANSMISIÓN		
ATENÚACION (pérdidas en el cable)		
TIPO DE INSTALACIÓN (AÉREA, SUBTERRÁNEA, SUBMARINA)		
DISPOSITIVOS O COMPONENTES DE TX/RX		
POTENCIA TRANSMITIDA		
SENSIBILIDAD EN LA RECEPCIÓN		
DISPONIBILIDAD		
UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS PUNTOS TERMINALES A Y B. (DIRECCIONES Y COORDENADAS)		
LONGITUD DEL ENLACE (m)		
TIPO DE RESTAURACIÓN (BACK UP)		
NORMA PARA LA FABRICACIÓN DEL CABLE.		
g. CARACTERÍSTICAS DE OTROS MEDIOS DE TRANSMISIÓN:		
(Añadir hojas adicionales en el caso de que se requiera)		

ANEXO 7: FORMULARIO SVA-AT-06: OTROS ANEXOS

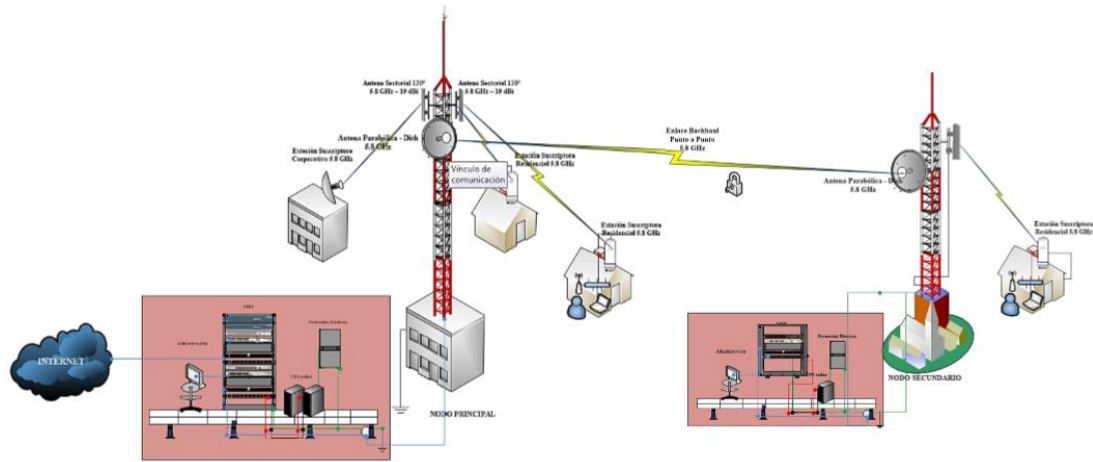
	FORMULARIO PARA ANÁLISIS TÉCNICO SOLICITUD PERMISO SVA	SVA-AT-06 Etab.: DGGST Fecha:
---	---	---

a. NOMBRE O RAZÓN SOCIAL DEL SOLICITANTE:

SVA-AT-06: OTROS ANEXOS

b. DIAGRAMA ESQUEMÁTICO TOTAL DE LA INFRAESTRUCTURA EMPLEADA PARA LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO, DETALLANDO CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS TALES COMO: VELOCIDAD DE TX/RX, MEDIO DE TRANSMISIÓN, PROVEEDOR, PUNTOS DE CONEXIÓN.

Incluye:
 Observaciones: Anexo 2




FLIA 1	
CODIGO DEL EQUIPO	E1
MARCA	UBIQUITI
MODELO	ROCKRT M5
ANCHO DE BANDA	27MHz
SEPARACION TX Y RX	20
TIPO DE MODULACION	DSSS: OFDM
VELOCIDAD TRANSMISION	6000 - 54000
POTENCIA	0.5011
RANGO DE OPERACION	5470 TO 5825 MHz
SENSIBILIDAD	- 94dBm
FLIA 2	
CODIGO DEL EQUIPO	E2
MARCA	UBIQUITI
MODELO	ROCKRT M5
ANCHO DE BANDA	27MHz
SEPARACION TX Y RX	20
TIPO DE MODULACION	DSSS: OFDM
VELOCIDAD TRANSMISION	6000 - 54000
POTENCIA	0.5011
RANGO DE OPERACION	5470 TO 5825 MHz
SENSIBILIDAD	- 94dBm

c. DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE CADA NODO DETALLANDO CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS TALES COMO: VELOCIDAD DE TX/RX, MEDIO DE TRANSMISIÓN, PROVEEDOR, PUNTOS DE CONEXIÓN.

Incluye:
 Observaciones: Anexo 3

(Añadir hojas adicionales en el caso de que se requiera)

ANEXO 8: FORMULARIO SVA-AT-07: PLAN TARIFARIO PROPUESTO

 <p>Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones</p>	<p>FORMULARIO TÉCNICO PARA EL OTORGAMIENTO DE TITULO HABILITANTE DE PRESTACION DE SERVICIOS DE ACCESO A INTERNET</p>	<p>SAI-T-07 Elab.: DRS 2015 Fecha:</p>
<p>a. NOMBRE O RAZÓN SOCIAL DEL SOLICITANTE:</p>		
<p>SAI-T-07: PLAN TARIFARIO PROPUESTO</p>		
<p>b. PLAN TARIFARIO PROPUESTO:</p>		
<p>Incluir información según instructivo</p>		
<p>Observaciones:</p>	<p>Anexo 4</p>	
<p>(Añadir hojas adicionales en el caso de que se requiera)</p>		

ANEXO 9: ESTÁNDAR ANSI/TIA/EIA 568 C

Estándar ANSI/TIA/EIA 568-C Cableado de Telecomunicaciones Genérico para Instalaciones de Clientes

El estándar ANSI/TIA/EIA 568-B.1 que había sido creado para cubrir edificios comerciales dedicados a oficinas, ha sido ampliamente utilizado para cubrir otros tipos de edificios comerciales como aeropuertos, escuelas y estadios. Por lo que no había opción para estos otros tipos de instalaciones, así que el estándar 568-B.1 se convirtió en el estándar por omisión.

Por lo anterior se creó el estándar 568-C “Estándar para el Cableado de Telecomunicaciones Genérico para Instalaciones de Clientes” que fue desarrollado para que se convirtiera en la fuente de información común.

El nuevo estándar ANSI/TIA-568-C se dividió en cuatro principales documentos y son los siguientes:

- ANSI/TIA-568-C.0 Cableado Genérico de Telecomunicaciones para Instalaciones de Clientes, publicado en febrero 2009.
- ANSI/TIA-568-C.1 Cableado de Telecomunicaciones para Edificios Comerciales, publicado en febrero 2009.
- ANSI/TIA-568-C.2 Componentes y Cableado de Telecomunicaciones de Par Trenzado Balanceado, publicado en agosto 2009.
- ANSI/TIA-568-C.3 Componentes de Cableado de Fibra Óptica, publicado en junio 2008.

Estándar ANSI/TIA/EIA 568-C.0 Cableado Genérico de Telecomunicaciones para Instalaciones de Clientes.

El estándar ANSI/TIA/EIA 568-C.0 permite la planificación e instalación de un sistema de cableado estructurado para todo tipo de instalaciones de cliente. El estándar especifica los requisitos para el cableado genérico de telecomunicaciones, incluyendo:

- Cableado de las estructuras del sistema
- Topologías y distancias
- La instalación, rendimiento y pruebas
- Transmisión de fibra óptica y los requisitos de prueba.

Las actualizaciones clave y los cambios realizados al estándar incluyen:

- Terminología genérica introducida para describir los segmentos de cableado y puntos de conexión.
- Categoría 6A añadido como un medio de comunicación reconocido.

- Requisitos de pruebas de enlaces de fibra óptica fueron trasladados a este documento.
- Requisitos de rendimiento de enlaces de fibra óptica fueron trasladados a este documento.
- Requerimiento de radio para la instalación de cables UTP y F/UTP ha cambiado a “4x cable od” y el radio de cordones de parcheo ha cambiado a “1x cable od” para dar cabida a los cables de mayor diámetro.
- Texto añadido reconociendo las necesidades de apoyar el medio ambiente sostenible y la conservación de los combustibles fósiles

Estructura del sistema de cableado de telecomunicaciones

La nueva terminología de los elementos funcionales de un cableado genérico para ANSI/TIA/EIA 568-C.0 es la que se muestra en la Figura 2.1. Comparandola con la terminología de ANSI/TIA/EIA 568-C.1, que se utiliza para el cableado en un edificio comercial, se encuentra lo siguiente: los subsistemas de cableado para los segmentos de cableado, el Distribuidor C representa la conexión cruzada principal (MC- Main Cross-Connect), el Distribuidor B representa la conexión cruzada intermedia (IC- Intermediate Cross-Connect), el Distribuidor A representa la conexión cruzada horizontal (HC- Horizontal Cross-Connect) y la salida de equipos (EO- Equipment Outlet) representa la salida o conector de telecomunicaciones.

Topología

La topología recomendada es en estrella, con no más de dos distribuidores entre el Distribuidor C y una salida de equipo.

Equipo de salida

También llamado área de trabajo en 568-C.1, es el punto para la terminación del cable en una topología en estrella jerárquica.

Distribuidores

Nos proporcionan una ubicación para la administración, la reconfiguración, la conexión de equipo y pruebas. Pueden ser las interconexiones o conexiones cruzadas.

Medios de comunicación

Los medios de comunicación reconocidos por este estándar, que se pueden utilizar individualmente o en combinación, son los siguientes:

- Cable de par trenzado balanceado de 100Ω.
- Fibra óptica multimodo.
- Fibra óptica monomodo.

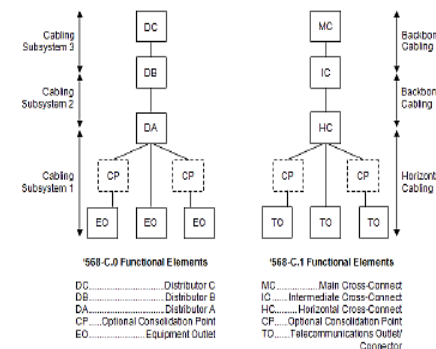


Figura 1. Comparación de la terminología de los elementos funcionales para 568-C.0 y 568-C.1

Cableado de par trenzado Balanceado

La tensión de tiro de un cable de 4 pares de par trenzado balanceado no deberá exceder 110 [N] durante la instalación. El radio mínimo de curvatura para la instalación de cables UTP y F/UTP debe ser de 4 veces el diámetro del cable, y el radio mínimo para los cordones de parcheo deberá ser una vez el diámetro del cable.

Para el cable UTP de 4 pares el conector a utilizar es el llamado jack de 8 posiciones o pines. Hay dos formas de asignación de los pines, basada en los colores de cada par del cable, se denominan T568A y T568B, que se muestran en la Figura 2.

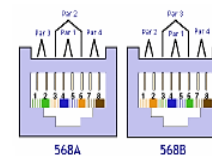


Figura 2. Asignación de pines para el conector del cable UTP

Cableado de fibra óptica

Medido en la curvatura interior, el radio de curvatura es lo mínimo que un cable se pueda doblar sin ningún riesgo para torceduras, daño o acortar su vida. Cuanto menor sea el radio de curvatura, mayor será la flexibilidad del material.

Estándar ANSI/TIA/EIA 568-C.1 Cableado de Telecomunicaciones para Edificios Comerciales.

El estándar ANSI/TIA/EIA 568-C.1 permite la planificación e instalación de un sistema de cableado estructurado en un edificio comercial y entre edificios en un entorno de campus. El estándar es compatible con una amplia gama de aplicaciones comerciales como por ejemplo: voz, datos, texto, video e imágenes entre otras. También es compatible con las obras de construcción con una extensión geográfica de 3000 m hasta 1 000 000 m² de espacios de oficinas y con una población de hasta 50 000 usuarios.

Las actualizaciones clave y los cambios realizados al estándar incluyen:

- Incorpora la nomenclatura genérica que se encuentra en 568-C.0.
- Incluye la Categoría 6A como un medio de comunicación reconocido.
- La Fibra óptica 50/125 μm optimizada para láser 850 nm se recomienda si la fibra óptica multimodo se utiliza para cableado de backbone.
- La Categoría 5, 150 Ω STP, y cable coaxial de 50 Ω y 75 Ω se han eliminado de la lista de medios reconocidos.

Estructura del Sistema de Cableado de Telecomunicaciones

Establece una estructura para el cableado basado en la estructura del sistema de cableado genérico de ANSI/TIA/EIA 568-C.0, que se muestra en la Figura 2.3. Los elementos del sistema de cableado de telecomunicaciones en un edificio comercial son los siguientes:

- Entrada de servicios (Access Provider – AP).
- Cuarto de equipo (Equipment Room- ER) (contiene al Distribuidor C, pero puede contener también el Distribuidor B)
- Cuarto de telecomunicaciones (Telecommunications Room- TR) (contiene al Distribuidor A, pero puede contener a los Distribuidores B y C) o, en algunas ocasiones llamado armario de telecomunicaciones (contiene al Distribuidor A)
- Cableado de backbone (cableado del subsistema 2 y cableado del subsistema 3)
- Cableado horizontal (cableado del subsistema 1)
- Área de trabajo (Work Area- WA) (contiene la salida del equipo)

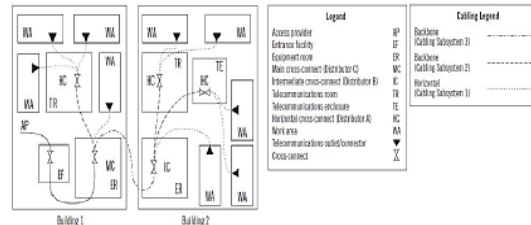


Figura 3. Modelo del sistema de cableado de telecomunicaciones en un edificio comercial

Descripción de subsistemas de cableado estructurado en un edificio.

Entrada de servicio

La entrada al edificio es el lugar donde ingresan los servicios de telecomunicaciones al edificio y donde llegan las conexiones con otros edificios si se trata de un campus. Contiene el punto de demarcación de la red, hardware de conexión, dispositivos de protección, equipo que se conecta con el proveedor de acceso o con el cableado de la red privada. Incluyen las conexiones entre la planta exterior y el cableado interior del edificio. No proporciona una interconectividad en el edificio y entre edificios.

Cuarto de Equipo

El cuarto de equipo a diferencia del cuarto de telecomunicaciones o armarios de telecomunicaciones, contiene equipos más complejos como son los servidores y equipo que proporciona conectividad con otros edificios así como con los cuartos de telecomunicaciones localizados en cada piso del edificio. El cuarto de equipo puede proporcionar algunas o todas las funciones de un cuarto de telecomunicaciones.

Cuarto y armario de telecomunicaciones

Proporcionan la interconexión entre el cableado horizontal y el cableado de backbone. Aloja equipo de telecomunicaciones. El armario de telecomunicaciones está destinado a servir una superficie más pequeña que un cuarto de telecomunicaciones, puede ser utilizado en combinación con el mínimo de un TR por piso.

Cableado de Backbone

Proporciona la interconexión entre los cuartos de telecomunicaciones, armarios de telecomunicaciones, cuartos de equipo y la entrada de servicio del sistema de cableado

estructurado. El cableado de backbone incluye cables troncales, conexión cruzada intermedia y principal, dispositivos de terminación mecánica, cables de conexión y el cableado entre edificios.

La topología a utilizar es la de estrella. Permite un máximo de dos niveles jerárquicos de conexiones cruzadas. La longitud del cableado depende de la aplicación y de los medios de comunicación a utilizar. Los medios de comunicación reconocidos por el estándar, que se pueden utilizar individualmente o en combinación, son los siguientes:

- Cable de par trenzado balanceado de 100 Ω (Categoría 3, 5e, 6 y 6A)
- Fibra óptica multimodo de 62.5/125 μm , 50/125 μm , o 50/125 μm optimizada para láser 850 nm.
- Fibra óptica monomodo 9/125 μm 1310 y 1550 nm.

Cableado horizontal

Es la porción del sistema de cableado estructurado que se extiende desde las salidas o tomas de telecomunicaciones del área de trabajo hasta la conexión cruzada horizontal en el cuarto de telecomunicaciones. Incluye cables horizontales, salidas y conectores en el área de trabajo y patch cords del cuarto de telecomunicaciones, también puede incluir salidas multiusuario y puntos de consolidación. Las salidas del área de trabajo deben de contar con un mínimo de una toma de telecomunicaciones que contenga dos o más conectores.

El cableado horizontal se deberá instalar con una topología en estrella. Cada salida de telecomunicaciones en el área de trabajo debe ser conectada a una conexión cruzada en el cuarto de telecomunicaciones a través del cable horizontal.

La distancia horizontal máxima será de 90 m. Tomando en cuenta 10 metros adicionales para la distancia en conjunto de cables de empate (cordones o cables de interconexión patch cords) utilizados en las áreas de trabajo y el cuarto de telecomunicaciones completando una distancia de 100 m de punta a punta. Se recomienda que los cables de interconexión en cada extremo no superen los 5 m.

Los medios de comunicación reconocidos por el estándar, que se pueden utilizar individualmente o en combinación, son los siguientes:

- Cable de par trenzado balanceado de 100 Ω (Categoría 3, 5e, 6 y 6A)
- Fibra óptica multimodo de 62.5/125 μm , 50/125 μm , o 50/125 μm optimizada para láser 850 nm.
- Fibra óptica monomodo 9/125 μm 1310 y 1550 nm.

Área de trabajo

El área de trabajo es el espacio dentro de un edificio donde los usuarios del sistema de comunicación, interactúan con los equipos de comunicación, abarca desde la toma de telecomunicaciones del cableado horizontal hasta los equipos de la estación de trabajo. El equipo de la estación de trabajo puede ser entre otros teléfonos, terminales de datos y computadoras. El cableado del área de trabajo por lo general no es permanente y debe ser fácil de cambiar. La toma de telecomunicaciones y el conector deberá cumplir los requisitos de ANSI/TIA 568-C.0. En la Figura 4, se muestran los subsistemas del cableado estructurado en un edificio.

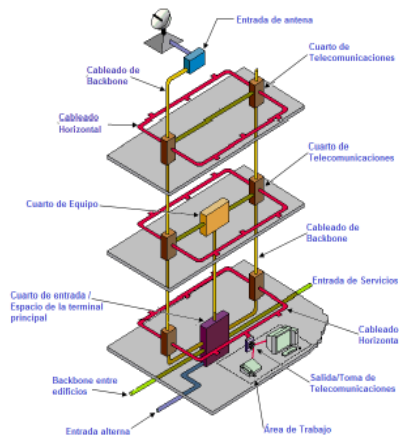


Figura 4. Modelo del sistema de cableado de telecomunicaciones en un edificio comercial

MUTOA (Multi-User Telecommunications Outlet Assembly)

Las salidas multiusuario son puntos de terminación del cableado horizontal, que consisten en varios conectores en una misma caja, puede tener hasta 12 conectores.



Figura 2.5. Salidas Multiusuario

Se utiliza la MUTOA (Salidas Multiusuario) cuando las áreas de trabajo se reconfiguran o hay cambios con frecuencia, teniendo al cableado horizontal intacto. Las distancias máximas utilizando cable de cobre y MUTOA son las que se presentan en la Tabla 2.1, teniendo en cuenta los 5m de cable de conexión en el cuarto de telecomunicaciones y que la distancia total no supere los 100 m de punta a punta.

Tabla 2.1. Longitud del cableado del área de trabajo en relación con el cableado horizontal.

Longitud del cable horizontal (m)	Cable UTP calibre 24 AWG		Cable UTP calibre 26 AWG	
	Longitud máxima del cordón de área de trabajo (m)	Longitud máxima combinada del cordón del área de trabajo, cordón de parcheo y cable de equipo (m)	Longitud máxima del cordón de área de trabajo (m)	Longitud máxima combinada del cordón del área de trabajo, cordón de parcheo y cable de equipo (m)
90	5	10	4	8
85	9	14	7	11
80	13	18	11	15
75	17	22	14	18
70	22	27	17	21

Punto de consolidación

Los puntos de consolidación son lugares de interconexión entre cableado horizontal proveniente del cuarto de telecomunicaciones y el cableado horizontal que termina en las áreas de trabajo o en los MUTOA. El fin de los puntos de consolidación es tener un punto intermedio que permita, re-cablear únicamente parte del cableado horizontal.

Se recomienda que los puntos de consolidación, de ser necesarios, estén a más de 15 m del cuarto de telecomunicaciones para evitar efectos que se pueden producir en tramos cortos de cables, producidos por rebotes en los puntos de interconexión.

Estándar ANSI/TIA/EIA 568-C.2 Componentes y Cableado de Telecomunicaciones de Par Trenzado Balanceado.

Este estándar incluye especificaciones de los componentes y el cableado, así como los requisitos de prueba para el cableado de cobre, incluyendo la categoría 5e, 6 y 6A. Requisitos de rendimiento para el cable de par trenzado balanceado fueron trasladados a este documento. Las actualizaciones clave y los cambios realizados al estándar incluyen:

- Cableado de categoría 5e se recomienda para soportar aplicaciones de 100 Mhz.
- Valores de rendimiento de canal para categoría 5 se han conservado en un anexo informativo.
- Requisitos de funcionamiento de canal y enlace permanente de par trenzado balanceado se trasladaron a este documento.
- Ecuaciones de rendimiento para los parámetros de transmisión individuales se enumeran en una sola tabla para todas las categorías.
- Atenuación de acoplamiento se ha introducido como un parámetro que está en estudio para caracterizar la potencia máxima radiada, generados por las corrientes de modo común para los cables apantallados.
- Se ha definido un solo método de laboratorio para todas las categorías de hardware de conexión.

Como las tasas de transmisión de datos han aumentado, el mayor rendimiento del cableado de par trenzado se ha convertido en una necesidad. Además, algunos medios de la clasificación de cables horizontales de par trenzado y hardware de conexión por la capacidad de actuación tuvo que ser establecido. Estas capacidades se han desglosado en una serie de categorías. Las categorías siguientes son las reconocidas actualmente:

- Categoría 5e: Cables y hardware de conexión con los parámetros de transmisión caracterizados hasta 100 MHz.
- Categoría 6: Cables y hardware de conexión con los parámetros de transmisión caracterizados hasta 250 MHz.
- Categoría 6A: Cables y hardware de conexión con los parámetros de transmisión caracterizados hasta 500 MHz. Además, los requisitos de diafonía exógena se especifican con el fin de soportar 10GBASE-T, los sistemas de transmisión.

ANEXO 10: FORMATO ENCUESTA

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS APLICADAS



Encuesta dirigida a la población de los sectores La Florida, 23 de Julio, La Remonta, Nápoles y Ayora con el objetivo de recolectar información sobre la situación actual y nivel de penetración del servicio de Internet en los sectores mencionados.

INDICACIONES:

- No se tendrá acceso a datos personales del encuestado (nombres, apellidos, C.I., género, otros)
- Sea lo más directo y conciso en sus respuestas
- Marque con una (X) en la opción que se ajuste a su respuesta o responda según indique la pregunta.

1. ¿Cree usted que actualmente es importante contar con servicio de Internet?

- a) SI ()
- b) NO ()
- c) Desconoce del servicio ()

2. ¿Cuenta usted actualmente con el Servicio de Internet?

- a) SI ()
- b) NO ()

3. ¿Qué tipo de tecnología utiliza actualmente en su servicio de Internet?

- a) ADSL ()
- b) Inalámbrico Fijo ()
- c) Inalámbrico Móvil ()
- d) Otros ()

4. ¿Qué proveedor le brinda actualmente el Servicio de Internet?

- a) CNT ()
- b) SAITEL ()
- c) CLARO ()
- d) MOVISTAR ()
- e) Otros ()

5. ¿Se siente satisfecho con la calidad el servicio que actualmente le brinda su proveedor de servicio de Internet?

- a) SI ()
- b) NO ()

6. ¿Qué problemas presenta en el uso de su servicio de Internet?

- a) Servicio Interrumpido ()
- b) Servicio Lento ()
- c) Costoso ()
- d) Otros ()
- e) Ninguno ()

7. ¿Estaría interesado en cambiar de proveedor si existiera otra alternativa?

- a) SI ()
- b) NO ()

8. ¿En caso de no contar con Internet en el domicilio a donde acude en busca del servicio?

- a) Cybers ()
- b) Trabajo ()
- c) Centro Educativo ()
- d) Operadora Móvil ()
- e) Otros ()

9. ¿Cree usted que optar por un proveedor de servicio de Internet inalámbrico es su mejor opción?

- a) SI ()
- b) NO ()
- c) No tiene conocimiento ()

10. ¿En caso de interés por contrato de servicio, qué tipo de plan estaría dispuesto a contratar?

- a) Residencial ()
- b) Comercial ()

11. ¿Qué valor estaría dispuesto a pagar por un buen servicio de Internet?

- a) 15 a 20 ()
- b) 21 a 25 ()
- c) 26 a 35 ()
- d) Más de 35 ()

12. ¿Cuántas horas a la semana utiliza el servicio de Internet?

- a) 1 a 10 ()
- b) 11 a 20 ()
- c) 21 a 30 ()
- d) Más de 30 ()

13. ¿Qué servicios de Internet utiliza frecuentemente?

- a) Navegación Web en busca de información ()
- b) Correo Electrónico ()
- c) Multimedia ()
- d) Redes sociales ()
- e) Otros: ()

ANEXO 11: TABULACIÓN DE ENCUESTAS

1. ¿Cree usted que actualmente es importante contar con servicio de Internet?

Tabla Resultado Encuestas Pregunta N° 2

	<u>OPCIONES</u>	<u>RESPUESTA</u>	<u>PORCENTAJE</u>
(a)	SI	98	100%
(b)	NO	0	0%
(c)	Desconoce del Servicio	0	0%
TOTAL			100%

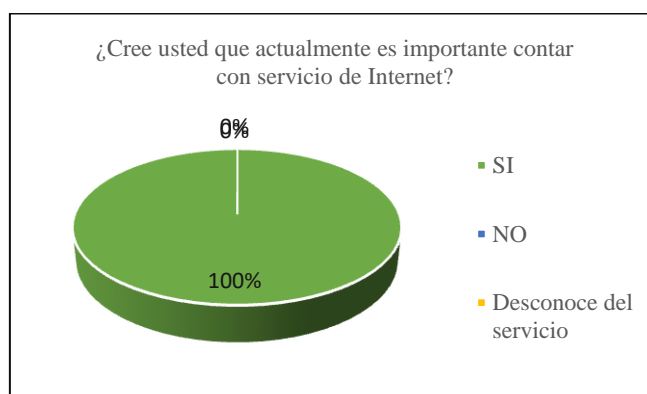


Figura: Representación porcentual resultado pregunta #1 encuestas

2. ¿Cuenta usted actualmente con el Servicio de Internet?

Tabla Resultado Encuestas Pregunta N° 2

	<u>OPCIONES</u>	<u>RESPUESTA</u>	<u>PORCENTAJE</u>
(a)	SI	56	57,14%
(b)	NO	42	42,86%
TOTAL			98
			100%

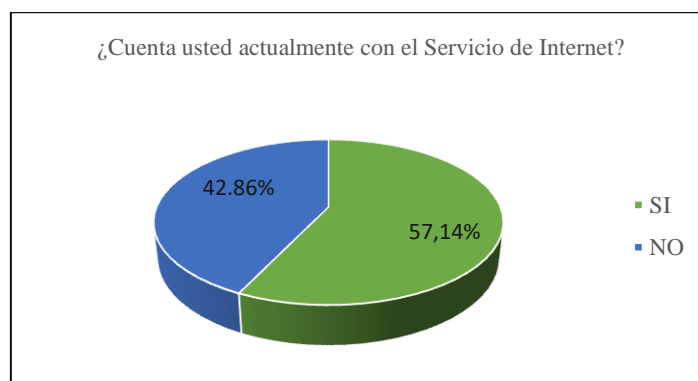


Figura: Representación porcentual resultado pregunta #2 encuestas

3. ¿Qué tipo de tecnología utiliza actualmente en su servicio de Internet?

Tabla Resultado Encuestas Pregunta N° 3

	OPCIONES	RESPUESTA	PORCENTAJE
(a)	ADSL	16	28,57%
(b)	Inalámbrico Fijo	34	60,71%
(c)	Inalámbrico Móvil	6	10,71%
(d)	Otros	0	0%
	TOTAL	56	100%

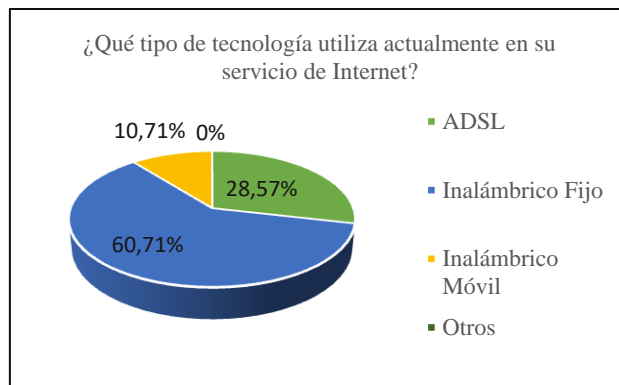


Figura: Representación porcentual resultado pregunta #3 encuestas

4. ¿Qué proveedor le brinda actualmente el Servicio de Internet?

Tabla Resultado Encuestas Pregunta N° 4

	OPCIONES	RESPUESTA	PORCENTAJE
(a)	CNT	16	28,57%
(b)	SAITEL	25	44,64%
(c)	CLARO	4	7,14%
(d)	MOVISTAR	2	3,57%
(e)	Otros	9	16,07%
	TOTAL	56	100%

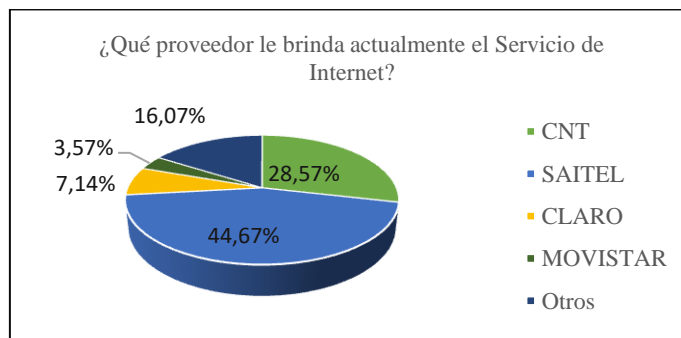


Figura: Representación porcentual resultado pregunta #4 encuestas

5. ¿Se siente satisfecho con la calidad el servicio que actualmente le brinda su proveedor de servicio de Internet?

Tabla Resultado Encuestas Pregunta N° 5

	<u>OPCIONES</u>	<u>RESPUESTA</u>	<u>PORCENTAJE</u>
(a)	SI	25	44,64%
(b)	NO	31	55,36%
	TOTAL	56	100%

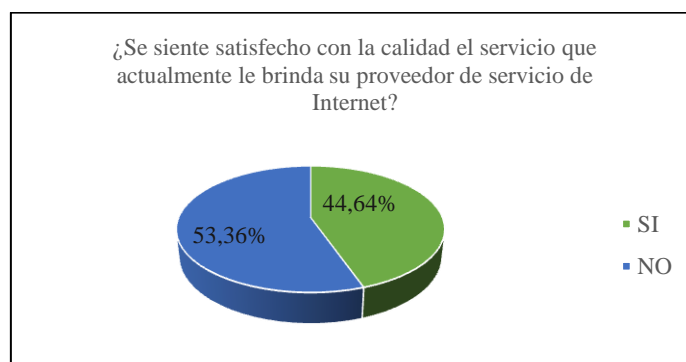


Figura: Representación porcentual resultado pregunta #5 encuestas

6. ¿Qué problemas presenta en el uso de su servicio de Internet?

Tabla Resultado Encuestas Pregunta N° 6

	<u>OPCIONES</u>	<u>RESPUESTA</u>	<u>PORCENTAJE</u>
(a)	Servicio Interrumpido	12	21,43%
(b)	Servicio Lento	18	32,14%
(c)	Costoso	8	14,28%
(d)	Otros	5	8,92%
(e)	Ninguno	13	23,21%
	TOTAL	56	100%

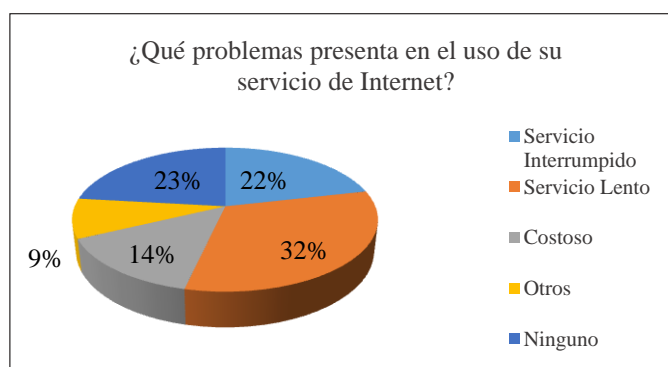


Figura: Representación porcentual resultado pregunta #6 encuestas

7. ¿Estaría interesado en cambiar de proveedor si existiera otra alternativa?

Tabla Resultado Encuestas Pregunta N° 7

	<u>OPCIONES</u>	<u>RESPUESTA</u>	<u>PORCENTAJE</u>
(a)	SI	23	41,07%
(b)	NO	33	58,93%
	TOTAL	56	100%

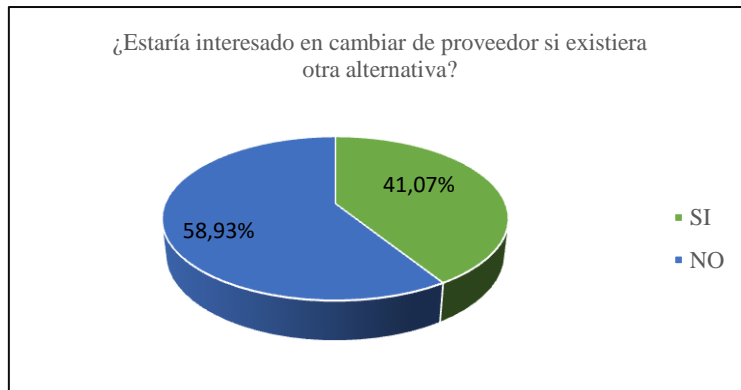


Figura: Representación porcentual resultado pregunta #7 encuestas

8. ¿En caso de no contar con Internet en el domicilio a donde acude en busca del servicio

Tabla Resultado Encuestas Pregunta N° 8

	<u>OPCIONES</u>	<u>RESPUESTA</u>	<u>PORCENTAJE</u>
(a)	Cybers	32	76,19%
(b)	Trabajo	6	14,28%
(c)	Centro Educativo	0	0%
(d)	Operadora Móvil	4	9,52%
(e)	Otros	0	0%
	TOTAL	42	100%

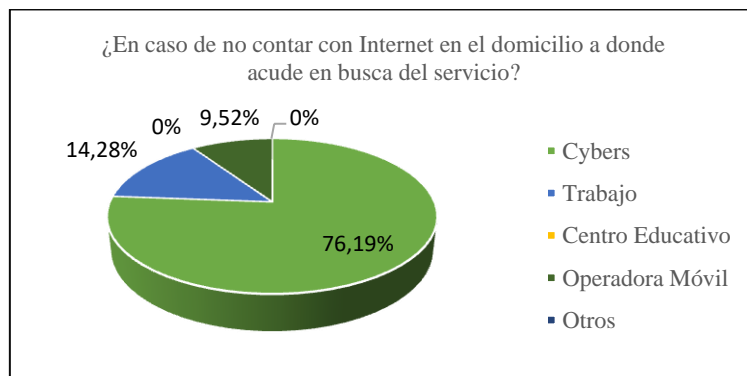


Figura 52: Representación porcentual resultado pregunta #8 encuestas

Fuente: Propia del Autor extraída de Microsoft Excel

9. ¿Cree usted que optar por un proveedor de servicio de Internet inalámbrico es su mejor opción?

Tabla Resultado Encuestas Pregunta N° 9

	<u>OPCIONES</u>	<u>RESPUESTA</u>	<u>PORCENTAJE</u>
(a)	SI	62	63,27%
(b)	NO	29	29,59%
(c)	No tiene conocimiento	7	7,14%
	TOTAL	98	100%

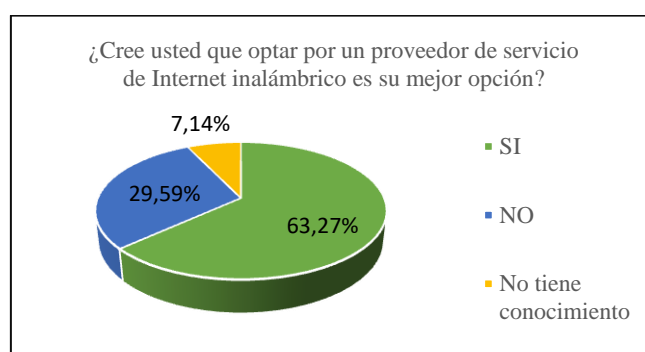


Figura: Representación gráfica porcentual resultado pregunta #9 encuestas

10. ¿En caso de interés por contrato de servicio de Internet, que tipo de plan estaría dispuesto a contratar?

Tabla Resultado Encuestas Pregunta N° 10

	<u>OPCIONES</u>	<u>RESPUESTA</u>	<u>PORCENTAJE</u>
(a)	Residencial	36	86,74%
(b)	Comercial	6	13,26%
	TOTAL	42	100%

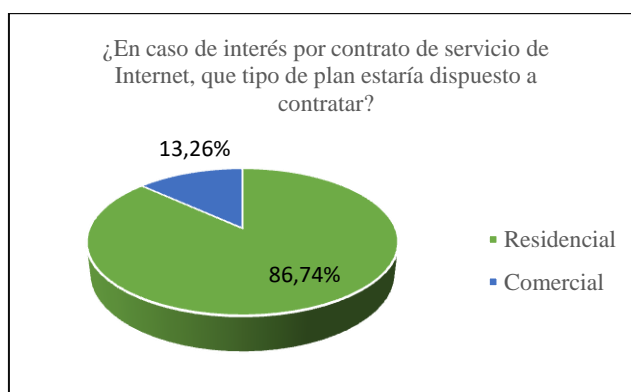
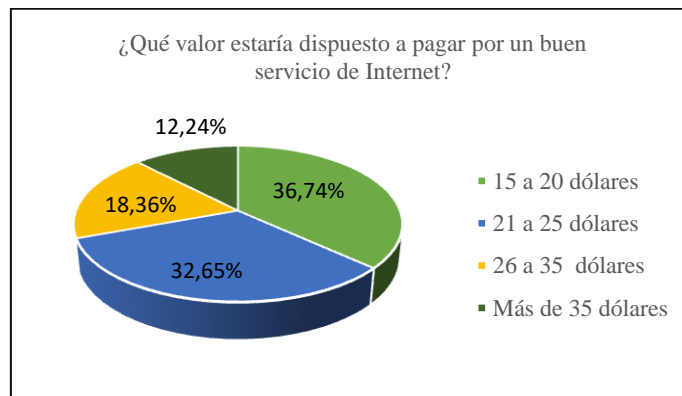


Figura: Representación porcentual resultado pregunta #10 encuestas

11. ¿Qué valor estaría dispuesto a pagar por un buen servicio de Internet?

Tabla 16 Resultado Encuestas Pregunta N° 11

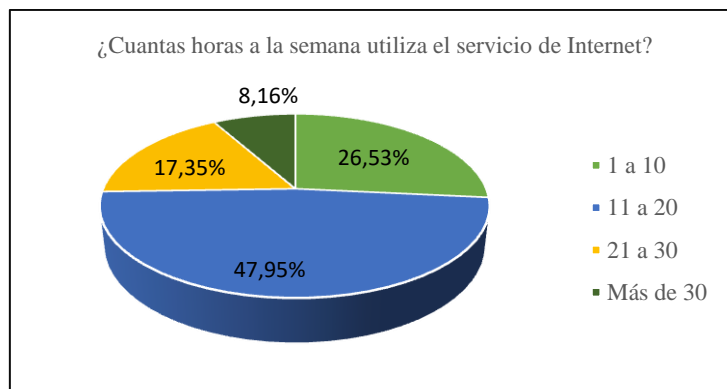
	OPCIONES	RESPUESTA	PORCENTAJE
(a)	15 a 20 dólares	36	36,74%
(b)	21 a 25 dólares	32	32,65%
(c)	26 a 35 dólares	18	18,36%
	Más de 35 dólares	12	12,24%
	TOTAL	98	100%

**Figura:** Representación porcentual resultado pregunta #10 encuestas

12. ¿Cuántas horas a la semana utiliza el servicio de Internet?

Tabla 17 Resultado Encuestas Pregunta N° 12

	OPCIONES	RESPUESTA	PORCENTAJE
(a)	1 a 10	26	26.53%
(b)	11 a 20	47	47.95%
(c)	21 a 30	17	17.35%
	Más de 30	8	8.16%
	TOTAL	98	100%

**Figura:** Representación porcentual resultado pregunta #11 encuestas

13. ¿Qué servicios de Internet utiliza frecuentemente?

Tabla Resultado Encuestas Pregunta N° 13

<u>OPCIONES</u>	<u>RESPUESTA</u>	<u>PORCENTAJE</u>
(a) Navegación Web en busca de información	27	26.55%
(b) Correo Electrónico	13	13.26%
(c) Multimedia	19	19.38%
(d) Redes Sociales	34	34.69%
(e) Otros	5	5.1%
TOTAL	98	100%

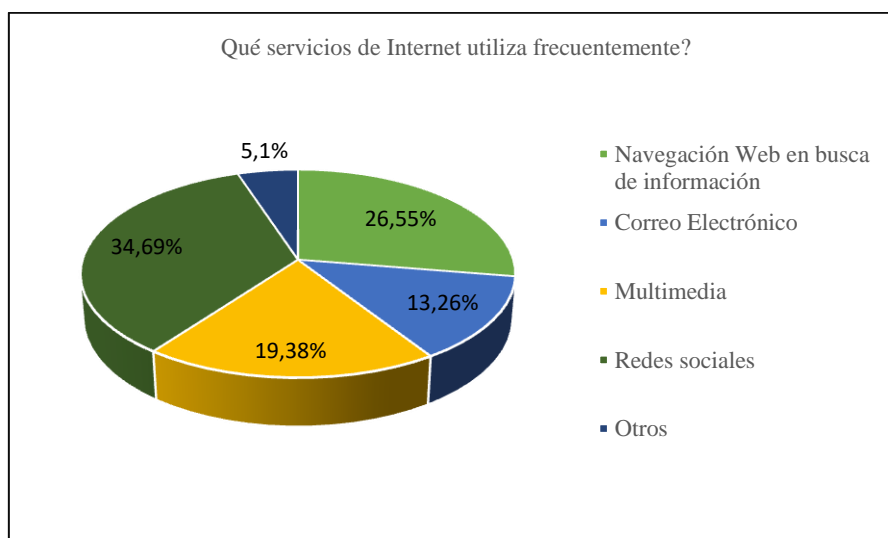
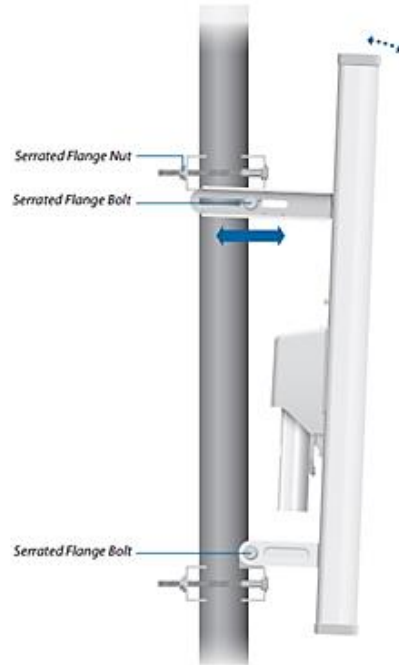


Figura: Representación porcentual resultado pregunta #12 encuestas

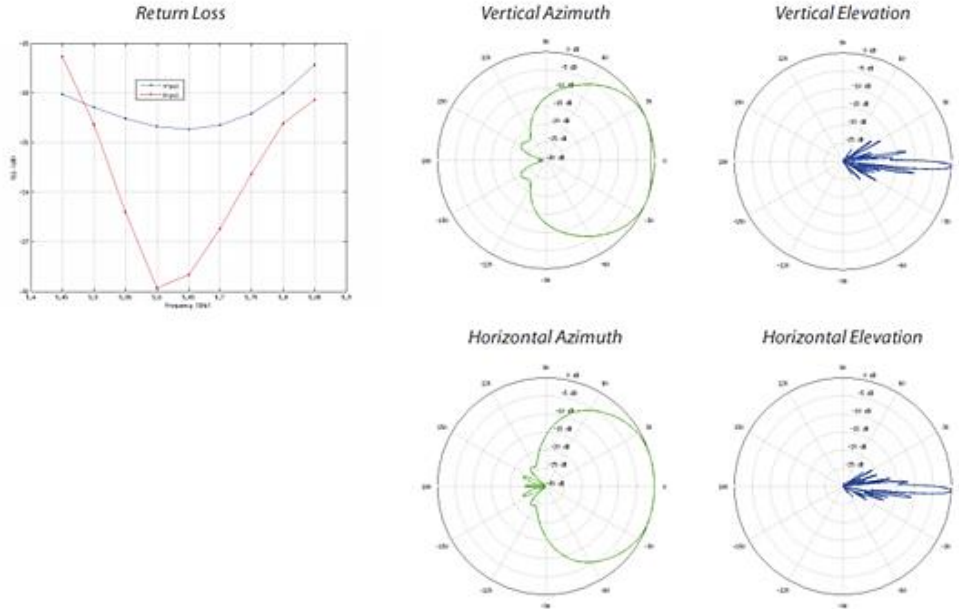
**ANEXO 12: FICHA TÉCNICA ANTENA airMAX Sector AM-5G19-120 5GHz
2x2 MIMO**

Specifications


AM-5G19-120	
Dimensions	700 x 135 x 73 mm (27.56 x 5.32 x 2.87")
Weight (Mount Included)	5.9 kg (13 lbs)
Frequency	5.15 - 5.85 GHz
Gain	18.6 - 19.1 dBi
HPOL Beamwidth	123° (6 dB)
VPOL Beamwidth	123° (6 dB)
Elevation Beamwidth	4°
Electrical Downtilt	2°
Max. VSWR	1.5:1
Wind Survivability	200 km/h (125 mph)
Wind Loading	137.9 N @ 200 km/h (31 lbf @ 125 mph)
Polarization	Dual Linear
Cross-Pol Isolation	28 dB Min.
ETSI Specification	EN 302 326 DN2
Mounting	Universal Pole Mount, Rocket Bracket, and Weatherproof RF Jumpers Included




AM-5G19-120 Antenna Information





ANEXO 13: FICHA TÉCNICA RADIO MIKROTIK BASEBOX5 RB912UAG-5HPnD-OUT





Rendered image shows internals of BaseBox with optional second wireless card


24V 6.8A Adapter


Mounting loops


Metal ring


Gigabit PoE injector


DIN mount

Using the optionally available Flesguide cable, you can use the BaseBox with any 3rd party antenna

BaseBox



The BaseBox is an outdoor wireless device, based on our popular RB912 model, fitted with two SMA connectors for antennas, and a cable hood for protection against moisture. Also available are three additional places for antenna connectors, in case you wish to use the BaseBox miniPCIe slot for one more wireless interface to make a dual band device, or a 3G/4G modem.

The case can be opened with one hand, and is protected against the elements. USB, Ethernet and a Grounding wire exits are provided on the bottom, behind a protective door. Two models are available - BaseBox 2 and BaseBox 5 (2 or 5GHz wireless, respectively).

Comes with a mounting loop for towerpole mounting, and a separate DIN rail mount is also provided. Package also includes a PoE injector and power supply unit.

Model	BaseBox 5	BaseBox 2
Order code	RB912UAG-5HPnD-OUT	RB912UAG-2HPnD-OUT
Features	1 Ethernet, 1 miniPCIe, USB, Additional memory, Gigabit, High power, Dual chain, Outdoor case	
CPU	Atheros AR9342 600MHz network processor	
Memory	64MB DDR onboard memory	
Ethernet	One Gigabit port with Auto-MDIX	
Wireless	Built-in 5GHz 802.11a/n, 2x RP-SMA connectors	Built-in 2GHz 802.11b/g/n, 2x RP-SMA connectors
Connector type	RP-SMA Female (outside thread)	
Extras	beeper, signal and status LEDs, 3M slot (requires 3g miniPCIe card), voltage and temperature sensors	
Expansion	miniPCIe slot for 802.11 or 3G (using 3G disables the USB port), USB 2.0 port	
Power options	PoE: 8-30V DC on Ethernet (Non 802.3af), Consumption: 14W at 24V	
Dimensions	246x135x50mm; Weight: 390g	
OS	Mikrotik RouterOS, Level4 license (supports wireless AP mode)	
Kit includes	RB912 outdoor unit, PSU, PoE injector, mounting loop, DIN rail mount, mounting ring	

	RB912UAG-5HPnD-OUT	RB912UAG-2HPnD-OUT
TX/RX at MCS0	3048m / -96dBm	3048m / -96dBm
TX/RX at MCS7	2448m / -78dBm	2448m / -78dBm
TX/RX at 6Mbit	3048m / -96dBm	3048m / -96dBm
TX/RX at 64Mbit	2748m / -80dBm	2748m / -80dBm
Frequency range	4900-5920MHz	2400MHz-2500MHz

ANEXO 14: FICHA TÉCNICA RADIO MIKROTIK SXT-5HPnD-Sar2



90°


24V 6.25A Adapter


Mounting Ring


Pole mounting bracket


Gigabit PoE injector

SXT SA

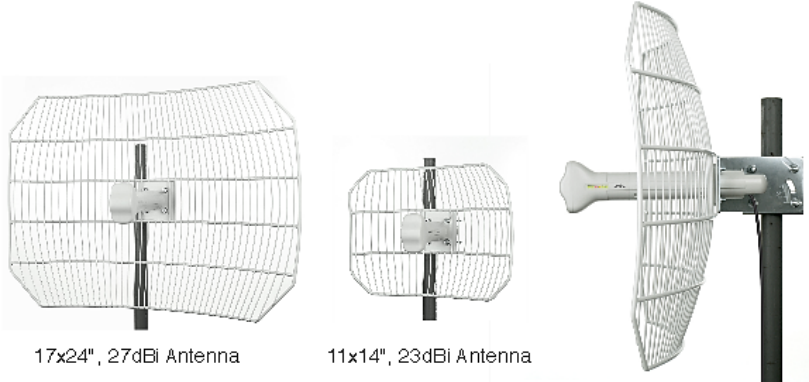
SXTG-5HPnD-Sar2 is a low cost, high speed 5GHz outdoor wireless sector access point. It has a 90 degree antenna to provide a wider coverage than our previous SXT units.

Complete with a ready to mount enclosure and built-in 14dBi antenna, the package contains everything you need to set it up in a matter of minutes. The inside of the case is covered in special shielding to improve operation in high interference areas and antenna front to back ratio.

Model	RB912G-5HPnD-Sar2
CPU	AR9344-B C2A100MHz
Memory	64MB DDR2
Ethernet	1 x 10/100/1000 Gigabit
Wireless cards	Onboard dual chain, 5GHz 802.11a/n, AR9344-BC2A wireless module; 180V ESD protection on each RF port
Frequency range	4920-5920MHz, Operating range limited by Country Regulations
Extras	Reset switch, beeper, USB 2.0 port, voltage and temperature monitors
LEDs	Power LED, Ethernet LED, 5 wireless signal LED
Power options	Power over Ethernet: 8-30V DC Packaged with 24V DC 0.9A power adapter and passive PoE injector
Dimensions	140x140x55mm; Weight without packaging, adapters and cables: 285g
Max consumption	11W at 24V
Operating Temp	-30C - +40C
OS	Level4 AP license
Package contains	SXT wireless device with integrated antenna, pole mounting bracket, mounting ring, Gigabit PoE injector, power adapter, quick setup guide
Certifications	FCC, CE, ROHS

TX/RX at MCS0	3048m / -96dBm
TX/RX at MCS7	2448m / -78dBm
TX/RX at 6Mbit	3048m / -96dBm
TX/RX at 64Mbit	2748m / -80dBm
Antenna	Dual pol. 90 deg, -35dB port to port isolation, 14dBi gain



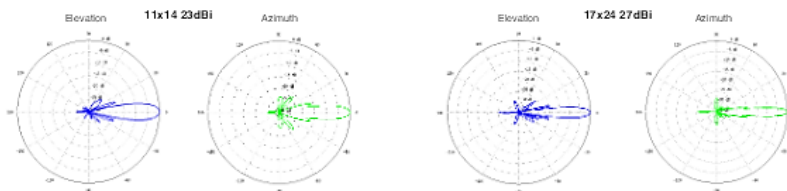




17x24" , 27dBi Antenna 11x14" , 23dBi Antenna

SYSTEM INFORMATION	
Processor Specs	Atheros MIPS 24Kc, 400MHz
Memory Information	32MB SDRAM, 8MB Flash
Networking Interface	1 X 10/100 BASE-TX (Cat. 5, RJ-45) Ethernet Interface
REGULATORY / COMPLIANCE INFORMATION	
Wireless Approvals	FCC Part 15.247, IC RS210, CE
RoHS Compliance	YES
PHYSICAL / ELECTRICAL / ENVIRONMENTAL	
Weight	0.2kg (feed), .65kg(mount), .8kg (11x14" reflector), 1.9kg (17x24" reflector)
Enclosure Characteristics	Outdoor UV Stabilized Plastic
Mounting Kit	Pole Mounting Kit included
Max Power Consumption	3.0 Watts
Power Method	Passive Power over Ethernet (pairs 4,5+; 7,8 return)
Operating Temperature	-30C to 75C
Operating Humidity	5 to 95% Condensing
Shock and Vibration	ETS1300-019-1.4
Power Supply	5V USB+ POE Adapter Included

Included 24v POE requires host system USB port and supports maximum 20M ethernet cable length. For more flexibility, use AirGrid POE (sold separately)

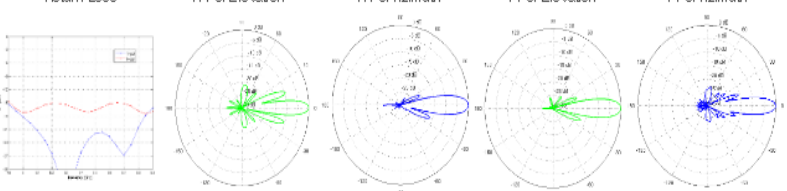
ANTENNA INFORMATION			
Elevation	11x14 23dBi	Azimuth	
Elevation		17x24 27dBi	Azimuth

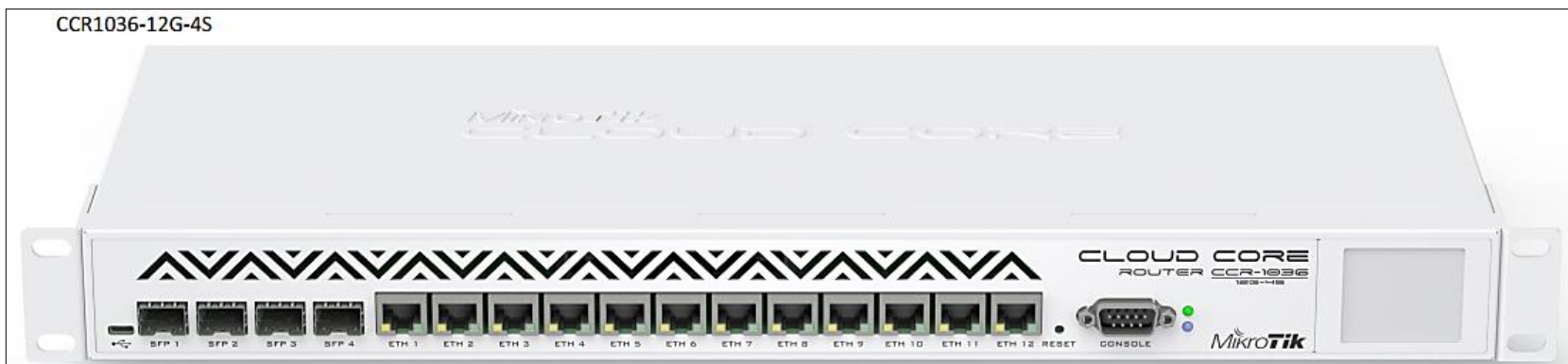
2 MODELS
 NBM5-22 (22dBi Antenna)
 NBM5-25 (25dBi Antenna)

SYSTEM INFORMATION	
Processor Specs	Atheros MIPS 24Kc, 400MHz
Memory Information	32MB SDRAM, 8MB Flash
Networking Interface	1 X 10/100 BASE-TX (Cat. 5, RJ-45) Ethernet Interface
REGULATORY / COMPLIANCE INFORMATION	
Wireless Approvals	FCC Part 15.247, IC RS210, CE
RoHS Compliance	YES
PHYSICAL / ELECTRICAL / ENVIRONMENTAL	
Dimensions	326mm diameter (22dBi) or 420mm diameter (25dBi)
Weight	135g (feed), 680g(bracket), 750g(dish)
Enclosure Characteristics	Outdoor UV Rated Plastic
Mounting Kit	Pole Mounting Kit included
Max Power Consumption	5.5 Watts
Power Supply	24V Carrier POE Adapter Included (POE-24)
Power Method	Passive Power over Ethernet (pairs 4,5+; 7,8 return)
Operating Temperature	-30C to 75C
Operating Humidity	5 to 95% Condensing
Shock and Vibration	ETS1300-019-1.4
Antenna Gain	22dBi or 25dBi

ANTENNA DATA				
Return Loss	H-Pol Elevation	H-Pol Azimuth	V-Pol Elevation	V-Pol Azimuth



ANEXO 16: FICHA TÉCNICA CLOUD CORE ROUTER CCR1016-12G



CCR1036-12G-4S is an industrial grade router with cutting edge 36 core CPU! Unprecedented power and unbeatable performance - this is our new flagship device, the Cloud Core Router (CCR1036). If you need many millions of packets per second - Cloud Core Router with 36 cores is your best choice.

The device comes in a 1U rackmount case, has four SFP ports, twelve Gigabit ethernet ports, a serial console cable and a USB port.

The CCR1036-12G-4S has two DDR3 SODIMM slots, by default it is shipped with 4GB of RAM, but has no memory limit in RouterOS (will accept and utilize 16GB or more).



New generation CPU

- 36 core CPU
- 1.2GHz clock per core
- 12 Mbytes total on-chip cache
- State of the art TILE GX architecture

Highest performance


- 8 mpps standard forwarding
- 24 mpps fastpath forwarding (wire speed for all ports)
- Up to 16Gbit/s throughput

Full set of features

- 1U rackmount case
- 12x Gigabit ports
- 4x SFP ports
- Color touchscreen LCD
- Ports directly connected to CPU

CPU	Tilera Tile-Gx36 CPU (36-cores, 1.2Ghz per core)
Memory	Two SODIMM DDR3 slots, 2x 2GB DDR3 10600 modules installed
Ethernet	Twelve 10/100/1000 Mbit/s Gigabit Ethernet with Auto-MDIX
SFP	Four 1.25G Ethernet SFP cage (Mini-GBIC; SFP module not included)
Expansion	microUSB port, host and device mode
Storage	1GB Onboard NAND
Serial port	One DB9 RS232C asynchronous serial port
Extras	Reset switch; speed controlled fan; beeper; voltage, current and temperature monitoring
Power options	IEC C14 standard connector 110/220V (PSU included), up to 60W power consumption
Board dimensions	355x145mm55mm
Temperature	Max ambient temperature 50° @ 1.2GHz; 70° @ 1GHz CPU core frequency
OS	MikroTik RouterOS v6 (64bit), Level 6 license
Included	Router in a 1U case with LCD, PSU, power cable, usb cable

ANEXO 17: FICHA TÉCNICA SWITCH CRS226-24G-2S



CRS226-24G-2S+IN

CRS226-24G-2S+RM

Cloud Router Switch

CRS226-24G-2S+

Cloud Router Switch is our new member of our Smart Switch series. It combines the best features of a fully functional router and a Layer 3 switch, is powered by the familiar RouterOS. All the specific Switch configuration options are available in a special Switch menu, but if you want, ports can be removed from the switch configuration, and used for routing purposes


The CRS226 uses a new class of switch chips, which allows us to have two SFP+ ports for 10G connectivity.

- Fully manageable L3 switch, full wire speed switching
- Configure ports as switch, or for routing
- If required, full RouterOS power right there
- SFP+ ports for 10G connectivity

Two models are available:


- CRS226-24G-2S+IN - desktop enclosure
- CRS226-24G-2S+RM - 1U rackmount enclosure

CPU	Qualcomm Atheros QCA8519 400 MHz
Memory	64MB
Ethernet	24x 10/100/1000 Mbit/s Gigabit Ethernet with Auto-MDI/X
SFP	Two 10G Ethernet SFP+ cages (Mini-GBIC; SFP module not included), DDMI support. First port supports 1.25G/10G modules, second port only 10G modules.
Storage	128MB Onboard NAND with multiple OS partition support
Serial port	One RJ45 serial port
Extras	Reset switch; beeper; voltage and temperature monitoring; touchscreen LCD
Power options	8-28V, 24V 1.2A PSU included, PoE in: 8-30V on Ether1
Case dimensions	285x145x45mm (-IN model), 443x145x45mm (-RM model)
Temperature	-35C to +65C tested
OS	MikroTik RouterOS v6, Level 5 license
Included	CRS switch, power adapter




CRS226-24G-2S+

ANEXO 18: FICHA TÉCNICA ROUTER CCR1016-12G



CCR1016-12G



CCR1016-12G-BU

Cloud Core Router

CCR1016_{-12G}

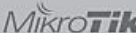
CCR1016 is an industrial grade super fast router with cutting edge 16 core CPU. If you need many millions of packets per second - Cloud Core Router is your best choice.

The device is available with a 1U rackmount case (CCR1016-12G) or without the case as a board unit (CCR1016-12G-BU), has twelve Gigabit ethernet ports, a serial console cable and a USB port.

The CCR1016-12G has two SODIMM slots, by default it is shipped with 2GB of RAM, but has no memory limit in RouterOS (will accept and utilize 16GB or more).

- 16 core networking CPU, 1.2GHz clock per core
- 12 Mbytes total on-chip cache
- State of the art TILE GX architecture
- Ports directly connected to CPU
- 1U rackmount case option
- 12x Gigabit ports
- Color touchscreen LCD display
- Up to 1.5 mpps throughput in regular mode
- Up to 17.8 mpps throughput in fastpath mode (wire speed)
- Up to 12 Gbps throughput with RouterOS queue/firewall configuration
- 3-10x faster than RB1100AHx2

CPU	Tilera Tile-Gx16 CPU (16-cores, 1.2Ghz per core)
Memory	Two SODIMM DDR slots, 2x 1GB installed (no hw or software max limit)
Ethernet	Twelve 10/100/1000 Mbit/s Gigabit Ethernet with Auto-MDIX
Expansion	microUSB port, host and device mode
Storage	512MB Onboard NAND
Serial port	One DB9 RS232C asynchronous serial port
Extras	Reset switch; beeper; voltage, current and temperature monitoring; speed controlled fan
Power options	IEC C14 standard connector 110/220V, Power jack (BU model only). PSU included in both models.
Board dimensions	355x145mmx55mm
Temperature	Max ambient temperature 50° @ 1.2GHz; 70° @ 1GHz CPU core frequency
OS	MikroTik RouterOS v6 (64bit), Level 6 license
Included	CCR1016-12G: router in a 1U case with LCD, PSU, power cable, usb cable CCR1016-12G-BU: router, PSU, power cable, mounted LCD screen, usb cable



ANEXO 19: FICA TÉCNICA SWITCH CRS125-24G-1S

Perfect SOHO gateway router and switch


- Ethernet, Fiber, or 4G (with optional USB modem) gateway connection to Internet
- RouterOS gateway/firewall/VPN router
- up to twenty-five gigabit switch ports (1xSFP and 24xRJ45)

Cloud Router Switch
CRS125 -24G-1S


Cloud Router Switch is our new Smart Switch series. It is a fully functional Layer 3 switch, and is powered by the familiar RouterOS. All the specific Switch configuration options are available in a special Switch menu, but if you want, ports can be removed from the switch configuration, and used for routing purposes

Two models are available:

1. CRS125-24G-1S-IN - desktop enclosure
2. CRS125-24G-1S-RM - 1U rackmount enclosure




CRS125-24G-1S-RM




CRS125-24G-1S-IN

- Fully manageable L3 switch, full wire speed switching
- Configure ports as switch, or for routing
- If required, full RouterOS power right there

CPU	Qualcomm Atheros AR9344 600 MHz
Memory	128MB
Ethernet	24x 1G/10G/1000 Mbit/s Gigabit Ethernet with Auto-MDIX
Expansion	microUSB port
Storage	128MB Onboard NAND with multiple OS partition support
Serial port	One RJ45 serial port
Extras	Reset switch, beeper, voltage and temperature monitoring, touchscreen LCD
Power options	9-28V, 24V 0.8A PSU included
Case dimensions	285x145x45mm
Temperature	-35C to +65C tested
OS	MikroTik RouterOS v6, Level 5 license
Included	CRS switch, power adapter, and USB OTG cable (for 4G dongle or USB drive)



ANEXO 20: PROFORMAS, PROPUESTAS COMERCIALES Y COSTOS DE PROYECTO



Wireless and Security Solutions

PROFORMA P... 2039


Fecha: 08/04/2015

CLIENTE:
JORGE HERNAN CACUANGO TANDAYAMO

DIRECCION:
VELASCO IBARRA 0404025 Y MARCO REINOSO
PEDRO MONCAYO

Item	Descripcion	Cant.	Valor Unit.	Total:
RBSXT-SNDR2	5Ghz 16dbi The SXT Lite5 integrated antenna with 600MHz CPU, 64MB RAM and RouterOS L3 installed.		81.25	81.25T
RBSXTG-SHPacD	5Ghz SXTG 802.11 ac with RouterOS L4, power supply and po		148.75	148.75T
RB1100Ah2	RouterBOARD 1100 Ah2 with power supply and case		650.00	650.00T
RB750	RouterBOARD 750 with ART240CPU, 32MB RAM 5 Lam port, Router OS L4 Plastic Case		77.50	77.50T
RB750GL	RouterBOARD ART242 CPU 64mb 5 lan iM4 OS		93.75	93.75T
RB9110-SHPnd-...	QRT-5 (RouterOS L4) with PSU,Gbit POE and case		256.25	256.25T
RB912UAG-SHPn...	Base BOX 5 RB912UAG-SHPnd-OUT w/ PSU,Gil POE and case RouterOS L4		143.75	143.75T
RBomniTIKU-SHnD	5Ghz Dual Chain 802.11a/n OmniTIKU-SHnD RouterOS L4		143.75	143.75T
RBMETALSSHPN	Mikrotik-RouterBoard Metal-SSHPn With 400 MHz Atheros CPU,64MB RAM, 1 Lam .		143.75	143.75T
			Subtotal:	\$1,738.75
			Iva: (12.0%)	\$208.65
			Total:	\$1,947.40

* Garantia equipos un año, los POE 30 dias * Validez de la proforma: 8 dias.
* Girar cheque a nombre de Andewireless Cia Ltda
1. Banco del Pichincha Cia Cte. 3455091604
2. Banco de Guayaquil Cia Cte. 9438580
3. Banco Internacional Cia Cte. 0630608499
4. Banco del Pacifico Cia Cte. 7498257
5. Cta. Paypal: ventas@aire.ec - financie su compra sin recargo y al plazo que necesita!



Wireless and Security Solutions

PROFORMA P... 2046

Fecha: 09/04/2015

CLIENTE:
JORGE HERNAN CACUANGO TANDAYAMO

DIRECCION:
VELASCO IBARRA 0404025 Y MARCO REINOSO
PEDRO MONCAYO

Item	Descripcion	Cant.	Valor Unit.	Total:
AG-HP-SG23	Algrid M5_23dbi		86.25	86.25T
AG-HP-SG27	AlgridMax27dbi 5GHZ		100.00	100.00T
NBE-SAC-19	NanoBeam SAC, 620mm		140.91	140.91T
NBE-M5-19	Uuquifit Nano Beam M AIRMAX 19dbi		116.25	116.25T
NBE-M5-16	Nano Beam M5 16dbi		95.00	95.00T
NBE-M2-400	Nano Beam M2 HP		111.25	111.25T
NBE-M5-300	NanoBeam M5 AirMax con antena tipo plato de 22 dBi, 802.11a/n (5.1 - 5.8 GHz).		116.25	116.25T
NBE-M5-400	Uuquifit 5GHz Nano Beam, AIRMAX, 400 mm		142.50	142.50T
RD-SG24	2GHz Rocket Dish,24dbi		311.25	311.25T
RD-SG30	5GHz Rocket Dish,30dbi		261.25	261.25T
RD-SG31-AC	RD-SG31-AC (5GHz RocketDish,31dbi,AC)		650.00	650.00T
RD-SG34	5GHz Rocket Dish,34dbi		548.75	548.75T
ROCKET M2	2.4GHz Rocket MIMO,AIRMAX		140.00	140.00T
ROCKET M5	5GHz Rocket MIMO,AIRMAX		140.00	140.00T
RSAC-Lite	Rocket SAC, 500mm		237.50	237.50T
RSAC-PTP	Rocket SAC,PTP,AirPrism		373.75	373.75T
AM-SAC21-60	5GHz AirMax Base Station ,21dbi,60 deg,AC		305.68T	305.68T
AM-SAC22-45	5GHz AirMax Base Station, 22dbi,45 deg-AC		305.68T	305.68T
AM-SG-19-120	5GHz AirMax Base Station,19dbi 120		261.25T	261.25T
UAP	Unifi AP		102.50	102.50T
			Subtotal:	\$4,546.02
			Iva: (12.0%)	\$545.52
			Total:	\$5,091.54

* Garantia equipos un año, los POE 30 dias * Validez de la proforma: 8 dias.
* Girar cheque a nombre de Andewireless Cia Ltda
1. Banco del Pichincha Cia Cte. 3455091604
2. Banco de Guayaquil Cia Cte. 9438580
3. Banco Internacional Cia Cte. 0630608499
4. Banco del Pacifico Cia Cte. 7498257
5. Cta. Paypal: ventas@aire.ec - financie su compra sin recargo y al plazo que necesita!



PROFORMA 00-01-134

Fecha: 08/05/2015

CLIENTE: JUAN CARLOS CACUANGO TANDAYAMO

Dirección:
Libertad y Terán - Cayambe

Descripción	Precio Unitario USD	Cantidad	Precio Total USD
TORRE DE COMUNICACIONES, SECCIONES DE 3m (Tubo redonde tipo poste 1 1/4")	40	12	280
CABLE DE ACERO 1/8"	0,8	200	160
PERNOS GALVANIZADOS 1/4"x2"	0,35	100	35
GRILLETES GALVANIZADOS	0,65	50	32,5
TENSOR GALVANIZADO 1/2"	1,1	12	13,2
INSTALACIÓN	200	1	200
Subtotal:			720,7
IVA (0.12%)			86.484
Total:			\$807,184



Número:
001-001-000681562
Ambiente:
PRODUCCION
Número de autorización SRI:
PROCESANDO
Tipo de emisión:
NORMAL

MARTEL CIA. LTDA.

Matriz: JUAN GONZALEZ N35-76 Y JUAN PABLO SANZ
Sucursal: JUAN GONZÁLEZ N35-76 Y JUAN PABLO SANZ
RUC: 1791240901001
Teléfonos: 2251102
Email: info@martel.com.ec
Web: www.martel.com.ec

FACTURA ELECTRÓNICA

Contribuyente especial N° 155
OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD

Sr (a): CACUANGO TANDAYAMO JORGE HERNÁN
R.U.C.I.L.: 1713245064001
Fecha de emisión: 2015-06-11
Fecha de vencimiento: 2015-06-12
Dirección: 23 DE JULIO Y ROCAFUERTE
Teléfono: 0992271487
E-mail del receptor: joner1976@yahoo.com
Observación: MR/PY CREDITO 1 IDA JUN-26257

DETALLE			
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO \$	TOTAL \$
1	BANDEJA SIMPLE 1Ur 19P. 46.5X444X373mm VENTILADA (BEA BNJ-105V)	12.6500	12.65
1	RACK ABIERTO DE PISO 37U. TUERCA ENCAPSULADA 1829X590MM (BEA ORFE-36)	123.9400	123.94
1	ORGANIZADOR HORIZONTAL CON CANALETA 80X80 19P. (BEA ORGH-44)	13.4700	13.47
1	MULTITOMA HORIZONTAL 19 4 TOMAS DOBLES (BEA TPL-19-4)	26.0400	26.04
1	PATCH PANEL MODULAR 24 PUERTOS (LEV 49255-H24)	26.5000	26.50
24	JACK CAT. 6 AZUL (LEV 61110-RL6)	4.5500	109.20

SUBTOTAL 12% \$ 311.80
SUBTOTAL 0% \$ 0.00
SUBTOTAL SIN IMPUESTOS \$ 311.80
IVA 12% \$ 37.42
VALOR TOTAL \$ 349.22

Estimado Cliente,
Su comprobante electrónico está siendo PROCESADO por el SRI.
Inmediatamente sea autorizado, será enviado al correo electrónico que usted nos proporcionó.
Caso contrario puede descargarlo directamente desde nuestro portal www.martel.com.ec en el ícono COMPROBANTES ELECTRONICOS.
También puede consultarlo directamente desde el portal del SRI con la siguiente clave de acceso:

CLAVE DE ACCESO:

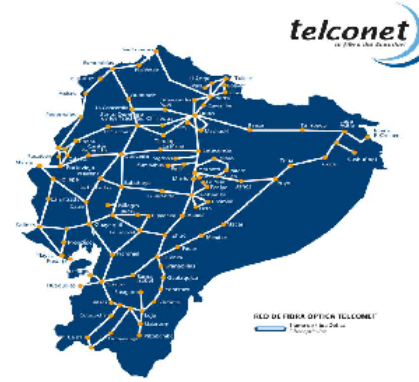
1106201501179124090100120010010006815623245347119



PROPUESTA COMERCIAL
 JUAN CARLOS CACUANGO - FOR_VEN_06_OFERTA_COMERCIAL_VER_09_11_2015 INTERNET CAYAMBE
 FOR VEN 06 Ver. 09 08 2015

COTIZACION
 Febrero 2016.xlsx
 1/1

CLIENTE: JUAN CARLOS CACUANGO
MAIL: juancs06ct@gmail.com
CONTACTO COMERCIAL: SR. JUAN CARLOS CUACANGO
FECHA: domingo, 07 de febrero de 2016
RELACION ANCHO DE BANDA: 1:1 Carrier Class
SERVICIO COTIZADO: INTERNET DEDICADO 1:1



CALIDAD DE SERVICIOS:
 DELAY CIRCUITO INTERNACIONAL: 120 ms
 DELAY CIRCUITO NACIONAL: 20 ms
 DELAY CIRCUITO LOCAL: 1 ms
 SLA: 99,6%
 PACKET LOSS: Cercanos al 0%
 MTTR: 4 HORAS
 SOPORTE TECNICO: 7X24X365

NUM	Punto A	Punto B	SERVICIO	BW (Kbps)	MEDIO TRANSMISION (ULTIMA MILLA)	INSTALACION (USD)	PRECIO MENSUAL (USD)
1	MATRIZ CAYAMBE calle 23 de julio y rocafuerte	TELCONET S.A.	INTERNET DEDICADO 1:1	2048	FIBRA OPTICA	150.00	250.00
2	MATRIZ CAYAMBE calle 23 de julio y rocafuerte	TELCONET S.A.	INTERNET DEDICADO 1:1	3072	FIBRA OPTICA	150.00	320.00
SUBTOTAL						300.00	570.00
IVA (12%)						36.00	68.40
TOTAL						336.00	638.40

Condiciones comerciales y/o técnicas:
 Contrato: 12 MESES
 Anticipo: Instalación y una mensualidad correspondiente al mes 12, pagados a la firma del contrato y orden de servicio.
 Tiempo de Instalación: 5- 15 DÍAS LABORABLES, una vez firmado el Contrato
 Tiempo de Validez de la Oferta: 15 días.
 El costo de instalación es referencial, el cual puede variar al finalizar la instalación
 No incluye Obras Civiles, acometidas, torres de ser necesario en los sitios.
 No incluye permisos para ingresos de la Fibra Optica.

Garantía:
 1. Telconet está supeditado a todas las regulaciones de la Agencia de Regulación de Telecomunicaciones de Ecuador (ARCOTEL), respaldando así su operación.
 2. Telconet garantiza un tiempo arriba en el orden de 99% gracias a su infraestructura basada en una red metropolitana que en un 90% esta estructurada en fibra óptica propia.
 3. Telconet garantiza su servicio de soporte técnico basado en el respaldo de CISCO y en la permanente capacitación de su personal.
 4. Telconet cuenta con oficinas y personal de soporte técnico a nivel nacional

POR TELCONET

Tigo. Cecilia Chinacalle
 Asesor Comercial Corporativo
 Celular: 0984980011

PBX: 3963100 Ext. 1121
 Email: ccchinacalle@telconet.ec