



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE
COMUNICACIÓN**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN**

TEMA:

**DISEÑO DE LA RED INALÁMBRICA PARA BRINDAR EL ACCESO AL
INTERNET MEDIANTE LA TECNOLOGÍA IEEE 802.11AC EN LA
CUENCA DEL LAGO SAN PABLO PARA LA EMPRESA NETSERVICE**

AUTOR: EDY JAVIER ANTAMBA YASELGA

DIRECTOR: Msc. EDGAR MAYA

IBARRA-ECUADOR

2016



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

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

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

DATOS DEL CONTACTO	
Cédula de identidad	100327934-4
Apellidos y Nombres	Antamba Yaselga Edy Javier
Dirección	San Pablo – Araque Calle 14 de Febrero y el Lago
E-mail	ejantambay@utn.edu.ec
Teléfono fijo	3017383
Teléfono móvil	0981583752
DATOS DE LA OBRA	

Título	Diseño de la red inalámbrica para brindar el acceso al internet mediante la tecnología IEEE 802.11ac en la cuenca del lago San Pablo para la empresa NETSERVICE.
Autor	Antamba Yaselga Edy Javier
Fecha	Julio 2016
Programa	Pregrado
Título	Ingeniera en Electrónica y Redes de Comunicación
Director	Msc. Edgar Maya

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Antamba Yaselga Edy Javier, con cédula de identidad Nro. 100327934-4, 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 de material y como apoyo a la educación, investigación y extensión, en concordancia con la ley de Educación Superior Artículo 144.

3. CONSTANCIAS

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

Ibarra, a los 23 días del mes de Noviembre de 2016

EL AUTOR:

(Firma).....
Nombre: Antamba Yaselga Edy Javier



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

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

Yo, Antamba Yaselga Edy Javier con cédula de identidad número 100327934-4 manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador artículos 4, 5 y 6, en calidad de la autora del trabajo de grado con el tema: "DISEÑO DE LA RED INALÁMBRICA PARA BRINDAR EL ACCESO AL INTERNET MEDIANTE LA TECNOLOGÍA IEEE 802.11AC EN LA CUENCA DEL LAGO SAN PABLO PARA LA EMPRESA NETSERVICE". Que ha sido desarrollado con el propósito de obtener el título de Ingeniera en Electrónica y Redes de Comunicación de 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 en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Firma: _____

Antamba Yaselga Edy Javier

100327934-4

Ibarra, Julio de 2016



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN

Msc. EDGAR MAYA, DIRECTOR DEL PRESENTE TRABAJO DE TITULACIÓN
CERTIFICA

Que, el presente Trabajo de Titulación “DISEÑO DE LA RED INALÁMBRICA PARA
BRINDAR EL ACCESO AL INTERNET MEDIANTE LA TECNOLOGÍA IEEE
802.11AC EN LA CUENCA DEL LAGO SAN PABLO PARA LA EMPRESA
NETSERVICE”. Ha sido desarrollado por la señor Antamba Yaselga Edy Javier bajo mi
supervisión.

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

Msc. Edgar Maya

DIRECTOR



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CONSTANCIAS

Yo, ANTAMBA YASELGA EDY JAVIER, declaro bajo juramento que el trabajo aquí escrito es de mi autoría; y que este no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional y que he consultado las referencias bibliográficas que se presentan en este documento.

A través de la presente declaración cedo los derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Técnica del Norte, según lo establecido por las leyes de propiedad intelectual, reglamentos y normatividad vigente de la Universidad Técnica del Norte.

En la ciudad de Ibarra, Julio de 2016

EL AUTOR

Firma:

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Edy Javier', is written over a horizontal line.

Antamba Yaselga Edy Javier

CI: 100327934-4



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

DEDICATORIA

Esta tesis va dedicado a toda mi familia, padres, hermanos por todo el apoyo constante y enseñarme a ser contante a alcanzar mis metas, sueños y a ser una persona de bien.

Este trabajo le dedico de manera muy especial a mi hermana Fanny Antamba por su apoyo incondicional y su enseñanza a ser perseverante y luchador. A mis padres Yolanda Yaselga y Honorio Antamba por enseñarme a ser luchador ante la adversidad y a ser humilde, sin ustedes esto no sería una realidad.

Edy J. Antamba



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres, Yolanda Yaselga y Honorio Antamba por darme la vida para luchar por los sueños y metas que me he planteado en la vida.

A mi familia, en especial a mi hermana Fanny Antamba por creer en mí y brindarme su apoyo incondicional. Al Ing. Edgar Maya director de Tesis por su apoyo y capacidad para guiar nuestras ideas. Además a la empresa NetService por su colaboración en el transcurso de toda la tesis.

A mis hermanos Klever, Mariela y Geovanny por su apoyo incondicional, por ayudarme a confiar en mi persona para lograr la meta que me he propuestos que si ellos no se hubieran cristalizado este logro. Además a mis Abuelos Josefina y Eladio que están en en mi corazón.

A TODOS USTEDES UN AGRADECIMIENTO DE CORAZÓN MUCHAS GRACIAS

Edy J. Antamba

INDICE

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN	ii
CERTIFICACIÓN	¡Error! Marcador no definido.
CONSTANCIAS	¡Error! Marcador no definido.
DEDICATORIA	vii
AGRADECIMIENTO	viii
INDICE.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
ÍNDICE DE TABLAS	xvi
ÍNDICE DE ECUACIONES	xvii
RESUMEN	xviii
ABSTRACT	xix
CAPITULO I	20
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	20
1.2 OBJETIVOS.....	21
1.2.1 OBJETIVO GENERAL.....	21
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
1.3 ALCANCE DEL PROYECTO	22
1.4 JUSTIFICACIÓN	23
CAPITULO II	25
2 MARCO TEÓRICO.....	25
2.1 GENERALIDADES	25
2.2 INTRODUCCION A LA REDES INALAMBRICAS.....	25
2.3 CARACTERÍSTICAS DE LAS REDES INALÁMBRICAS	26
2.3.1 EL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO	27
2.4 PRINCIPALES ESTANADARES DE IEEE 802.11 (Wi-Fi)	28
2.4.1 ESTÁNDAR 802.11a	28
2.4.2 ESTÁNDAR 802.11B.....	29
2.4.3 ESTÁNDAR 802.11G	30
2.4.4 ESTÁNDAR 802.11 N	31
2.5 ESTÁNDAR 802.11ac	32
2.5.1 INTRODUCCIÓN.....	32
2.5.2 MIGRACIÓN DEL ESTÁNDAR 802.11N A 802.11AC	33
2.5.2.1 Factores que contribuyen al progreso del estándar 802.11ac.....	33
2.5.3 ASPECTOS TÉCNICOS DEL ESTÁNDAR 802.11AC.....	34

2.5.4	CAPA FÍSICA.....	37
2.5.4.2	Canales de radio en 802.11ac	38
2.5.4.3	Disposición de canales de radios.....	38
2.5.4.4	Transmisión: modulación, codificación y los intervalos de guarda.....	40
2.5.4.5	Modulación y codificación conjunto (MCS).....	41
2.5.4.5.1	Modulación 256 QAM	42
2.5.4.5.2	Intervalo de guarda	44
2.5.4.6	Estructura de trama de la capa PHY.....	44
2.5.4.6.1	L-STF (Legacy Short Training Field, campo abreviado de entrenamiento heredado)....	45
2.5.4.6.2	L-LTF (Legacy Long Training Field, Campo prolongado de entrenamiento heredado) ..	45
2.5.4.6.3	L-SIG (LegacySignal, Señal heredada).....	45
2.5.4.6.4	VHT-SIG-A.....	46
2.5.4.6.5	VHT-SIG-B.....	46
2.5.4.6.6	VHT-STF	46
2.5.4.6.7	DATA FIELD.....	46
2.5.4.7	Proceso de transmisión y recepción.....	47
2.5.4.8	Velocidades de datos en 802.11ac.....	49
2.5.5	SUBCAPA MAC	51
2.5.5.1	Tamaño y agregación de la trama	52
2.5.5.2	Procedimientos de acceso al medio.....	53
2.5.5.2.1	Mecanismo de acceso al medio en 802.11ac.....	53
2.5.5.2.2	Point Coordination Function (PCF).....	54
2.5.5.2.3	Canales primarios y secundarios.....	55
2.5.5.2.4	Operación de ancho de banda dinámico (RTS, listo para enviar/ CTS, libre para enviar)	57
2.5.6	FORMACIÓN DE HACES EN 802.11AC (BEAMFORMING).....	59
2.5.6.1	Proceso de formación de haz	60
2.5.6.2	Funcionamiento de beamformig.....	61
2.5.6.2.1	Paquetes de datos nulos (NDP).....	61
	CAPITULO III	65
3	ESTUDIO DE LA SITUACIÓN DEMOGRÁFICA Y REQUERIMIENTOS DEL DISEÑO DE RED.	65
3.1	SITUACIÓN ACTUAL.....	65
3.2	ANTECEDENTES DE LA SITUACIÓN DEMOGRÁFICA	68
3.3	PARROQUIA DE OTAVALO QUE INGRESAN AL PROYECTO.	69
3.3.1	SUPERFICIE Y POBLACIÓN DE LAS PARROQUIAS DEL CANTÓN OTAVALO.....	69

3.3.2 POBLACIÓN Y MUESTREO	70
3.4 CRITERIOS PARA LA REALIZACIÓN DE LA ENCUESTA A LA POBLACIÓN	72
3.4.1.1 Tabulación y procesamiento de la información	74
3.5 DIAGRAMA DE PROCESO DE RED.....	81
3.6 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL DISEÑO DE LA RED	82
3.6.1 SELECCIÓN DE LAS UBICACIONES DE LOS NODOS	82
3.6.2 Dimensionamiento de la red.....	87
3.6.2.1 Red troncal primaria.....	88
3.6.3 Red troncal secundaria	89
3.6.4 Red de acceso de última milla	90
3.6.5 DIMENSIONAMIENTO DEL ANCHO DE BANDA	91
3.6.5.1 Relación de competición y factor de Simultaneidad.....	92
3.6.5.2 Calculo de la velocidad para los puertos up-link.....	94
3.6.6 SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA INALÁMBRICA	94
3.6.6.1 IEEE 802.11ac (Wi-Fi).....	94
3.6.7 SELECCIÓN DE EQUIPOS.....	95
3.6.7.1 Tipos de antenas	97
3.6.7.1.1 Antenas direccionales	97
3.6.7.1.2 Antenas Omnidireccionales	97
3.6.7.1.3 Antenas sectoriales	97
3.6.7.1.4 Comparación de los tipos de antenas	97
3.6.7.2 Requerimientos para los radio enlaces	98
3.6.7.3 Selección de antenas para los radioenlaces punto a punto.....	99
3.6.7.3.1 Antena RocketDish RD-5G31-AC	100
3.6.7.3.2 Radios RocketAC-R5AC-PTP	101
3.6.7.4 Selección de antenas para los radioenlaces punto a multipunto	103
3.6.7.4.1 AirMAX AC sectorial- AM-5AC21-60	103
3.6.7.5 Selección de antenas para los radioenlaces punto a multipunto hacia el cliente.	105
3.6.7.6 Antenas sectoriales por nodo.....	105
3.6.8 ELECCIÓN DE LOS EQUIPOS DE ENRUTAMIENTO Y CONMUTACIÓN.....	106
3.7 ARQUITECTURA DE RED	110
CAPITULO IV	113
4 DISEÑO DE LA RED.....	113
4.1 ESTRUCTURA DE LA RED	113
4.2 JERARQUIZACIÓN DE LA RED	114

4.3	CÁLCULOS DE ENLACES.....	116
4.3.1	CÁLCULO DEL PRESUPUESTO DEL ENCALE O BALANCE DE POTENCIA.....	117
4.3.1.1	Potencia de transmisión.....	118
4.3.1.2	Ganancia de la antena.....	119
4.3.1.3	El mínimo nivel de señal recibida (RLS).....	119
4.3.1.4	Pérdidas en los cables y conectores.....	119
4.3.2	ENLACE CERRO COTACACHI-BELLAVISTA.....	120
4.3.2.1	Simulación de la red Cotacachi-Bellavista.....	126
4.3.3	ENLACE COTACACHI-SAN RAFAEL.....	130
4.3.3.1	Simulación de la Red Cotacachi-San Rafael.....	133
4.3.4	ENLACE BEALLAVISTA-SAN RAFAEL.....	137
4.3.4.1	Simulación de la Red Bellavista- San Rafael.....	140
4.3.5	ENLACE SAN RAFAEL-GONZALES SUAREZ.....	144
4.3.5.1	Simulación de la Red San Rafael-Gonzales Suarez.....	147
4.3.6	ENLACE BELLAVISTA-GONZALES SUAREZ.....	151
4.3.6.1	Simulación de la Red Bellavista-Gonzales Suarez.....	154
4.4	CALCULO DE POTENCIA UPS.....	158
4.4.1	CARACTERÍSTICAS DE DISPONIBILIDAD DE UN UPS.....	158
4.4.2	OMNIVS1500XL-UPS.....	160
4.5	MARCO LEGAL.....	161
4.5.1	NUEVA LEY ORGÁNICA DE TELECOMUNICACIONES.....	161
4.4.2	PLAN NACIONAL DE FRECUENCIAS.....	162
4.4.2.1	Frecuencias no licenciadas.....	162
4.4.2.2	Frecuencias licenciadas.....	163
4.5.2	REQUERIMIENTO GENERALES PARA LA AMPLIACIÓN DE UNA RED.....	164
4.5.3	FORMULARIO PARA INFORMACIÓN LEGAL (SISTEMAS DE MODULACION DIGITAL BA).....	165
4.4.4.	REGISTRÓ DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE ACCESO A INTERNET Y SERVICIOS DE VALOR AGREGADO.....	166
4.5	ANÁLISIS COSTO BENEFICIO.....	168
4.5.1	PRESUPUESTO DEL PROYECTO.....	168
4.5.2	PRESUPUESTO NODO CERRO COTACACHI.....	170
4.5.3	PRESUPUESTO NODO BELLAVISTA.....	170
4.5.4	PRESUPUESTO NODO SAN RAFAEL.....	171
4.5.5	PRESUPUESTO NODO GONZALES SUAREZ.....	171
4.5.6	PRESUPUESTO TOTAL DE DISPOSITIVOS EN LOS NODOS.....	172

4.5.7 PRESUPUESTO DEL FUNCIONAMIENTO DE LOS RADIO ENLACES.....	172
4.5.8 PRESUPUESTO DE INSTALACIÓN.....	174
4.5.9 PRESUPUESTO DE MANTENIMIENTO Y ADMINISTRACIÓN	175
4.5.10PRESUPUESTO TOTAL DE INVERSIÓN	175
4.5.11VAN (Valor Actual Neto) y TIR (Tasa Interna de Rendimiento).....	177
CAPÍTULO V	179
5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	179
5.1 CONCLUSIONES.....	179
5.2 RECOMENDACIONES.....	181
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	182
GLOSARIO DE TÉRMINOS	185
INDICES DE ACRÓNIMOS.....	187
ANEXOS	190

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Espectro electromagnético y usos para las comunicaciones	28
Figura 2. Ilustración del canal MIMO	32
Figura 3. Diseño de canales de 802.11a/g/n y 802.11ac.....	39
Figura 4. Asignación de canales de EE.UU para el 20/40/80/160 MHz.	40
Figura 5. Asignaciones canales de Europa para el 20/40/80/160 MHz.....	40
Figura 6. Comparación de constelación 64 QAM y 256 QAM.....	42
Figura 7. Vector de error de magnitud.	43
Figura 8. Formato de la trama de capa física VHT.	45
Figura 9. Diagrama de bloques para transmisión y recepción.....	47
Figura 10. Formato de trama subcapa MAC 802.11ac.....	51
Figura 11. Formato de Agregación de A-MPDU	52
Figura 12. Proceso de transmisión DCF	54
Figura 13. Coexistencia con método DCF y PCF	55
Figura 14. Selección del canal primario y secundario.....	56
Figura 15. Mecanismo RTS/CTS: a) ningún caso de interferencia; b) caso de interferencia	58
Figura 16. Comparación de difusión de haces 802.11n y 802.11ac	59
Figura 17. Proceso de formación de haz.....	60
Figura 18. Efectos de la matriz de orientación de haces	63
Figura 19. Diagrama de la Red 1 NETSERVICE	66
Figura 20. Diagrama de la Red 2 NETSERVICE	66
Figura 21. Diagrama de la Red 3 NETSERVICE	67
Figura 22. División de parroquia del cantón Otavalo.....	68
Figura 23. Localización de las parroquias del proyecto.	69
Figura 24. Diagrama de bloques de la red	81
Figura 25. Ubicación del nodo que no es considerado para el diseño.....	83
Figura 26. Ubicación de Nodo Bellavista.....	83
Figura 27. Ubicación del nodo que no es considerado para el diseño en San Rafael.....	84
Figura 28. Ubicación de Nodo San Rafael	85
Figura 29. Ubicación del nodo que no es considerado para el diseño en Sector Gonzales Suarez	86
Figura 30. Ubicación del nodo Gonzales Suarez.....	86
Figura 31. Ubicación de los nodos de la red.....	87
Figura 32. Interconexión de la red troncal primaria	89
Figura 33. Red secundaria	90
Figura 34. Red de última milla	91
Figura 35. Conexión de un Rocket AC y el Radio	102
Figura 36. Conexión de una antena sectorial y Radio	104
Figura 37. Irradiación de una Antena Sectorial.....	106
Figura 38. Equipo de enrutamiento Router CLOUD CORE 1036-12G-4S	108
Figura 39. Equipo de conmutación Switch TP-LINK TL-SG1016DE	110
Figura 40. Arquitectura de red.....	111
Figura 41. Estructura general de la red.....	113
Figura 42. Red jerárquica del proyecto	115

Figura 43. Sistema básico de comunicación inalámbrico.....	117
Figura 44. Especificación de potencia de Tx y Rx de un Rocket5AC-R5AC-PTP.....	118
Figura 45. Enlace cerro Cotacachi-Bellavista	122
Figura 46. Zona de Fresnel	125
Figura 47. Perfil del enlace entre Cerro Cotacachi-Bellavista	128
Figura 48. Enlace nodo Cotacachi-Bellavista.....	129
Figura 49. Enlace invertido entre Cerro Cotacachi-Bellavista	129
Figura 50. Enlace Cerro Cotacachi-San Rafael	131
Figura 51. Perfil del enlace entre Cerro Cotacachi-San Rafael	134
Figura 52. Enlace nodo Cotacachi-San Rafael	135
Figura 53. Enlace invertido entre Cerro Cotacachi-San Rafael.....	136
Figura 54. Enlace San Rafael-Bellavista	137
Figura 55. Perfil del enlace entre Bellavista-San Rafael	141
Figura 56. Enlace nodo Bellavista-San Rafael	142
Figura 57. Enlace invertido entre San Rafael-Bellavista.....	142
Figura 58. Área de cobertura de los nodos San Rafael Bellavista.....	143
Figura 59. Enlace San Rafael-Gonzales Suarez	144
Figura 60. Perfil del enlace entre San Rafael-Gonzales Suarez	148
Figura 61. Enlace nodo San Rafael-Gonzales Suarez	149
Figura 62. Enlace invertido entre San Rafael-Gonzales Suarez.....	149
Figura 63. Área de cobertura del enlace San Rafael-Gonzales Suarez	150
Figura 64. Enlace Gonzales Suarez-Bellavista.....	151
Figura 65. Perfil del enlace entre Bellavista-Gonzales Suarez.....	155
Figura 66. Enlace nodo Bellavista-Gonzales Suarez.....	156
Figura 67. Enlace invertido entre Gonzales Suarez-Bellavista	156
Figura 68. Área de cobertura de pos nodos Gonzales Suarez-Bellavista	157

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros de transmisión de IEEE 802.11a.	29
Tabla 2. Diferencia entre 802.11n y 802.11ac.....	35
Tabla 3. Operación del estándar 802.11 en la banda 2,4 GHz y 5 GHz.....	37
Tabla 4. Valores de índice MCS para 802.11ac	41
Tabla 5. Matriz de velocidades de datos de 802.11ac.	50
Tabla 6. Valores de MSC no validos en 802.11ac.....	50
Tabla 7. Número de ángulo y subportadoras.....	64
Tabla 8. Población urbana y rural del cantón Otavalo según el género.	69
Tabla 9. Población total y proyección de las parroquias a intervenir en el proyecto.	70
Tabla 10. Porcentaje de existencia de oferta de internet	75
Tabla 11. Porcentaje de acceso a internet en los hogares.....	75
Tabla 12. Dispositivos de navegación en internet	76
Tabla 13. Aplicaciones de navegación en internet	77
Tabla 14. Aceptación de navegación de internet.....	77
Tabla 15. Problema de conexión del servicio de internet.....	78
Tabla 16. Dificultad por no acceder al servicio de internet.....	79
Tabla 17. Posibles Usuario del servicio de internet.....	79
Tabla 18. Motivo de contratación de internet.....	80
Tabla 19. Disponibilidad de pago por el servicio	80
Tabla 20. Ubicación de los repetidores	88
Tabla 21. Requerimientos de ancho de banda.	92
Tabla 22. Comparación de los tipos de antenas.....	98
Tabla 23. Requerimientos de equipos para los radioenlaces	98
Tabla 24. Comparación de fabricantes de Antenas	99
Tabla 25. Descripción de las características RocketDish RD-5G31-AC.	101
Tabla 26. Descripción de las características RocketAC R5AC-PTP.....	101
Tabla 27. Descripción de las características de AirMax AC Sector AM-5AC21-60	104
Tabla 28. Comparación de fabricantes de equipos	107
Tabla 29. Características principales de Router CLOUD CORE 1036-12G-4S	108
Tabla 30. Comparación de marcas de Switch.....	109
Tabla 31. Calculo del presupuestó del enlace Cotacachi-Bellavista	124
Tabla 32. Calculo de la zona de Fresnel.....	126
Tabla 33. Parámetros de configuración de la simulación Nodo Cotacachi-Bellavista.....	127
Tabla 34. Comparación del enlace de datos calculados y simulados Cerro Cotacachi-Bellavista	130
Tabla 35. Calculo del presupuestó del enlace Cerro Cotacachi-San Rafael.....	133
Tabla 36. Parámetros de configuración de la simulación Nodo Cotacachi-San Rafael	133
Tabla 37. Comparación datos calculados y simulados del enlace San Rafael-Cotacachi .	136
Tabla 38. Calculo del presupuestó del enlace Bellavista-San Rafael.....	139
Tabla 39. Parámetros de configuración de la simulación Nodo Bellavista-San Rafael	140
Tabla 40. Comparación datos calculados y simulados del enlace Bellavista-San Rafael .	143
Tabla 41. Calculo del presupuestó del enlace San Rafael-Gonzales Suarez.	146

Tabla 42. Parámetros de configuración de la simulación Nodo San Rafael-Gonzales Suarez	147
Tabla 43. Comparación datos calculados y simulados del enlace San Rafael-Gonzales ..	150
Tabla 44. Calculo del presupuestó del enlace Gonzales Suarez-Bellavista	153
Tabla 45. Parámetros de configuración de la simulación Nodo Bellavista-Gonzales Suarez	154
Tabla 46. Comparación datos calculados y simulados del enlace Gonzales Suarez-Bellavista	157
Tabla 47. Cálculo de potencia de UPS	159
Tabla 48. Comparación de marcas de UPS	160
Tabla 49. Costos directos e indirectos	169
Tabla 50. Valores de arriendo por nodo	169
Tabla 51. Valor a pagar del ancho de banda.....	169
Tabla 52. Presupuesto de Infraestructura física.....	170
Tabla 53. Presupuesto equipos de red Nodo Cerró Cotacachi	170
Tabla 54. Presupuesto Nodo Bellavista.....	171
Tabla 55. Presupuesto Nodo San Rafael	171
Tabla 56. Presupuesto Nodo Gonzales Suarez	172
Tabla 57. Presupuestó total de dispositivos de los nodos.....	172
Tabla 58. Valor de coeficiente α_6	173
Tabla 59. Valor de la contante B	173
Tabla 60. Presupuesto de instalación de la infraestructura y equipos	174
Tabla 61. Presupuesto de mantenimiento y administración	175
Tabla 62. Presupuesto total de inversión de los nodos.....	175
Tabla 63. Total ingreso al año	176

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Tamaño de la muestra.....	71
Ecuación 2. Para determinar la velocidad de puertos up-link	94
Ecuación 3. Calculo de la Potencia Irradiada Isotrópica Efectiva.....	120
Ecuación 4. Calculo de la distancia de un punto a otro de la Tierra	121
Ecuación 5. Teorema de Pitágoras	121
Ecuación 6. Perdidas en el espacio libre.....	123
Ecuación 7. Calculo de la primera Zona de Fresnel	125
Ecuación 8. Tarifa Anual de un enlace.....	173
Ecuación 9. Valor Actual Neto (VAN)	177
Ecuación 10. Tasa Interna de Rendimiento (TIR).....	178

RESUMEN

El presente proyecto consiste en el diseño de la red inalámbrica para brindar el acceso al internet mediante el estándar IEEE 802.11ac en la cuenca del Lago San Pablo para la empresa NETSERVICE, que permitirá el acceso al internet en la zona, con la finalidad de contribuir a reducir la brecha digital, con ello mejorar la calidad de vida tanto laboral como personal en aspectos de las tecnologías de la información y comunicación (TIC). El primer capítulo se detalla el planteamiento del problema, los objetivos, el alcance del proyecto y el motivo que conlleva a solucionar el problema planteado. El segundo capítulo se detalla las características del estándar IEEE 802.11ac, en la capa física, sub-capa MAC, permitiendo alcanzar mayores velocidades de transmisión de datos, esto es posible a 4 aspectos fundamentales se son: canales más ancho, uso de la Modulación 256QAM, tecnología beamforming y MIMO MULTIUSUARIO (MU-MIMO). En el tercer capítulo se detalla la situación demográfica, ubicación de los nodos de transmisión, el dimensionamiento de tráfico de la red y la selección de los equipos. En el cuarto capítulo se realiza el diseño de la red Inalámbrica punto a punto de todos los enlaces, tanto cálculos matemáticos y simulación mediante el software Google Earth y Radio Mobile, además de la estructura y jerarquización de la red. Se estableció un marco legal para la operación de la red con formularios a la Arcotel y finalmente un presupuesto referencial para la ejecución del proyecto. En el quinto capítulo se detalla las conclusiones y recomendaciones que se obtuvo durante la realización del proyecto.

ABSTRACT

This project consists of the design of the wireless network to provide access to the internet using IEEE 802.11ac standard at the basin of Lake San Pablo for the NETSERVICE company, allowing access to the internet in the zone, with the purpose to contribute to reduce the digital breach, thus improve the quality of both in the labor and staff in aspects of information and communication technologies (TIC). The first chapter details the approach to the problem, the objectives, the scope of the project and the reason that entails to solve the problem raised. The second chapter is details the characteristics of the IEEE 802.11ac standard, in the layer physical, sub-layer MAC, allowing to reach higher data transmission speeds, this is possible to 4 aspects fundamental is are: channels more width, use of the modulation 256QAM, technology beamforming and MIMO MULTI-USER (MU-MIMO). In the third chapter details the demographic situation, location of the transmission nodes, the dimensioning of network traffic and the selection of equipment. In the fourth chapter is the design of wireless network point to point all links, both mathematical calculations and simulation using the Google Earth software Radio Mobile, in addition to the structure and hierarchization of the network. It established a legal framework for the operation of the network with forms to the Arcotel and finally a referential budget for the execution of the project. In the fifth chapter details the conclusions and recommendations that obtained during the realization of the Project.

CAPITULO I

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La empresa NETSERVICE es un proveedor de servicio de Internet, que brinda a la zona norte del Ecuador, mediante sistemas inalámbricos y se pretende una incursión con el servicio de Internet. NETSERVICE no cuenta con la cobertura en la cuenca del Lago San Pablo perteneciente al cantón Otavalo y nace la necesidad de la realización de un diseño de la red inalámbrica a dicha zona.

Por su situación geográfica los proveedores de servicio de telecomunicaciones no han podido incursionar en toda la zona de la cuenca del lago San Pablo con tecnologías cableadas, por su elevado costo de instalación de la infraestructura y es necesario de realizar un diseño de la red en esta zona con tecnologías inalámbricas, el cual permite llegar a los sectores más alejados, a fin de obtener un mejor desarrollo en la vida en los habitantes, tanto en el ámbito social, laboral, educativo u otras actividades que desempeñe, siguiendo así el plan del Acceso y servicio universal en los habitantes para el buen vivir en las zonas apartadas.

El siguiente proyecto tiene la finalidad de determinar las necesidades en el ámbito del acceso al Internet de los habitantes en la cuenca del lago San Pablo, y para ello se planteado un diseño de red inalámbrica ubicando nodos estratégicos, que permita tener una buena cobertura de la señal.

La falta de cobertura de la empresa NETSERVICE de brindar el servicio de Internet en la cuenca del Lago San Pablo, surge la necesidad de realizar un diseño de red, con tecnologías inalámbricas IEEE 802.11ac, ubicando nodos estratégicos en dicha zona, el cual permita una

buena cobertura del servicio en las zonas apartadas, siguiendo así el plan del Acceso y servicio universal en habitantes para un buen vivir.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar la red inalámbrica mediante la tecnología IEEE 802.11ac, estableciendo nodos de transmisión, para brindar el acceso al servicio de Internet en la cuenca del Lago San Pablo, para la empresa NETSERVICE.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer un estudio de las características técnicas del estándar IEEE 802.11ac y comparación de los estándares anteriores a la nueva tecnología, para determinar las ventajas del estándar.
- Un estudio de la situación demográfica, mediante la recopilación de la información, a fin de ver las necesidades y la demanda que dispone la zona en el ámbito del acceso al internet.
- Determinar la ubicación de los nodos de transmisión de la cuenca del Lago San Pablo mediante el software Google Earth y Radio Mobile para obtener una visualización del área de cobertura.
- Proponer la estructura de la red inalámbrica en Malla con el estándar IEEE 802.11ac, para obtener una área de cobertura amplia.
- Diseñar el área de cobertura mediante antenas sectoriales que me permita cubrir la mayor zona posible.

1.3 ALCANCE DEL PROYECTO

El presente proyecto se basa en la realización de un diseño de la red de cobertura para la empresa NETSERVICE el cual brindara el acceso al Internet, a los habitantes de la cuenca del Lago San Pablo. Tomando en consideración al Plan de Servicio Universal y al Acceso Universal se debe difundir la prestación de los servicios de telecomunicaciones, desarrollando una infraestructura necesaria para mejorar el acceso a uso de las TIC.

Se establecerá un estudio de las características del estándar IEEE Wi-Fi 802.11ac en comparación con l anteriores al estándar propuesto en el diseño, como aplicaciones, ancho de banda entre otros, a fin de establecer las ventajas y desventajas del estándar

Se realizará una situación demográfica y características de los requerimientos de diseño de la red, en la situación demográfica se deberá ver las necesidades de los habitantes y la demanda que dispone la zona, además del ancho de banda que requieren y la capacidad de pago. Por otra parte los requerimientos de los equipos tales como la potencia de transmisión, ganancias, interferencia y frecuencia de trabajo, entre otros.

El diseño de la red es conformada por dos partes: el enlace de la red de transporte que consiste en el enlace punto a punto con los diferentes nodos y la segunda parte es la red de acceso hacia el cliente, que consiste cuantas antenas sectoriales por nodo se necesita para cubrir el área propuesta y además cuantos usuarios por nodo se deberán receptor para satisfacer la demanda de la zona.

Identificar el área de cobertura en la cuenca del lago San Pablo mediante el software Google Earth y Radio Mobile el cual permite establecer una visualización real de la zona y determinar las coordenadas geográficas. Una vez establecido el área de cobertura se procederá a determinar la ubicación y la altura de nodos de transmisión.

Se establecerá una topología en Malla el cual consiste en la interconexión entre los nodos terminales entre sí, proporcionando una amplia cobertura. Además de que si algún nodo se cae o falle pueda tener un respaldo de otra ruta para el acceso al servicio logrando una red sustentable y operativa. Y posterior se realizara un diseño de la arquitectura de red, además de la selección y la descripción de los equipos requeridos para el diseño.

Posteriormente se debe realizar los radioenlaces con todos los nodos, mediante el software Google Earth y Radio Mobile. Además del diseño de cobertura con antenas sectoriales, a fin de cubrir la zona, por consiguiente ver el número de antenas sectoriales que contara por nodo.

Al ser una ampliación de cobertura se debe tomar en cuenta el Marco Legal, aquí se verificara los requisitos que son necesarios para el funcionamiento y operación de un ISP rigiéndose a la nueva ley orgánica de telecomunicaciones y al Plan Nacional de Frecuencias.

Se realizara el presupuesto referencial de los equipos de la red y un análisis de los costos de diseño del proyecto, además de un estudio de factibilidad del proyecto para verificar su viabilidad.

1.4 JUSTIFICACIÓN

El presente proyecto es de vital importancia para la empresa NETSERVICE el cual se incursionara con tecnologías inalámbrica de nueva generación IEEE 802.11ac en la zona norte del Ecuador y poder competir con los demás proveedores de servicio de internet y telecomunicaciones.

Por la ausencia parcial de la cobertura por las empresas proveedoras de internet en la cuenca del Lago San Pablo, es necesario la inclusión de nuevo proveedor de este servicio a fin de oferta

nuevas aplicaciones. Además aportar en el estudio de nuevas tecnologías Wi-Fi de última generación.

Además por las características del estándar IEEE 802.11ac el usuario podrá realizar nuevas aplicaciones por su gran ancho de banda, el cual con las actuales velocidades de transmisión de los anteriores estándar dificulta una correcta explotación de los dispositivos inalámbricos tales como Tablet, Smartphone, equipos portátiles, ente otros.

Actualmente no existen diseños de enlaces inalámbricos con el estándar IEEE 802.11ac, de parte de los proveedores de servicio de internet, el cual se pueda incursionar con más servicios para el usuario, a fin de obtener un mejor desarrollo en la vida de los habitantes, ya sea en el ámbito social, laboral, educativo, u otra actividad.

Además asido de mi interés las tecnologías inalámbricas, por lo que este proyecto hará de alguna manera fortalecer los conocimientos a adquirirse en el transcurso del desarrollo de proyecto y obtener experiencia en este tema.

CAPITULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 GENERALIDADES

En este capítulo se abordara los conceptos básicos que intervienen en el proyecto. Además de una investigación sobre las características técnicas del estándar 802.11ac y una comparación con los estándares inalámbricos anteriores a esta nueva tecnología para poder comprender las razones por las cuales hay un notable incremento del ancho de banda y alcance que ofrece este estándar.

2.2 INTRODUCCION A LA REDES INALAMBRICAS

La demanda del servicio de internet y el desarrollo de las telecomunicaciones en los últimos años. Se han basado en redes de comunicación cableada (cable coaxial, xDSL, fibra óptica) que llegan hasta el usuario para acceder al internet posee un costo muy elevado en la instalación. Además a esto, el acceso en las zonas rurales se dificulta la instalación de esta tecnología.

Considerando estos aspectos y otras limitaciones, tanto topológicas como tecnológicas, se han buscado nuevas alternativas para omitir este problema en la transmisión de datos, el cual no dependerá exclusivamente del medio físico como el cable. Como consecuencia, al no depender del cable, el periodo para desplegar se reduce considerablemente.

Con lo mencionado anteriormente, dieron el paso al desarrollo de los estándares inalámbricos IEEE 802.11 (más conocidos como WiFi), esta es una alternativa a los medios convencionales con los que se accedía a los servicios. Con la incursión de esta forma de transmitir la información y el mejoramiento en los servicio de telecomunicaciones intenten

satisfacer las necesidades de los usuarios en las zonas rurales más alejadas. (Salvetti, 2011, pág. 11)

2.3 CARACTERÍSTICAS DE LAS REDES INALÁMBRICAS

Los medios de transmisión inalámbricos poseen un sin número de características que constituyen muchas ventajas y desventajas frente a los medios cableados.

Las principales ventajas que nos ofrecen las redes inalámbricas son las siguientes:

- Rápida instalación de la red el cual no es necesario del cableado robusto.
- Permite la movilidad dentro de la cobertura o radio de recepción de la señal.
- Menos costo en el mantenimiento es decir al no tener medio de transmisión cableado el mantenimiento se reduce por su rápida intervención en la red.
- Accesibilidad a los dispositivos que soporten esta tecnología como por ejemplos portátiles, teléfonos móviles, PDA.
- Es la única alternativa para sitios a las que no llega el medio cableado, como es el caso de zonas rurales.
- También se da la facilidad de integración con redes cableadas.
- Las redes inalámbricas se da la facilidad de ampliación de la red con mayor rapidez y ser escalable.

Las desventajas que pueden aparecer en las redes inalámbricas son las siguientes:

- A los cambios atmosféricos como pueden ser lluvia, vientos fuertes, tornados, huracanes, etc. El cual impiden que las ondas de radio viajen normalmente.
- Interferencias externas es decir que las ondas se solapan con otros emisores de onda.

- Falta de seguridad, al emitirse libremente por el aire hay la posibilidad que alguna otra persona no autorizada pueda acceder a la red el cual se necesitaría del aumento de la seguridad y la encriptación.
- La velocidad es más limitada. (Andreu, 2010, pág. 212)

2.3.1 EL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

Cuando los electrones se desplazan, crean ondas electromagnéticas que se propagan a través del aire e incluso en el vacío. El número de oscilaciones por segundo de una onda es su frecuencia, f , se mide en Hz. La distancia entre dos máximos o mínimos consecutivos se llama longitud de onda y se simboliza mediante la letra griega λ (lambda) (Andrew S. Tanenbaum, 2012, pág. 91)

“Al conectar una antena del tamaño apropiado a un circuito electrónico, las ondas electromagnéticas se pueden difundir de manera eficiente y un receptor las puede captar a cierta distancia. Todas las comunicaciones inalámbricas se basan en este principio.”

(Andrew S. Tanenbaum, 2012, pág. 91)

En la figura 1 se muestra Espectro electromagnético y usos para las comunicaciones

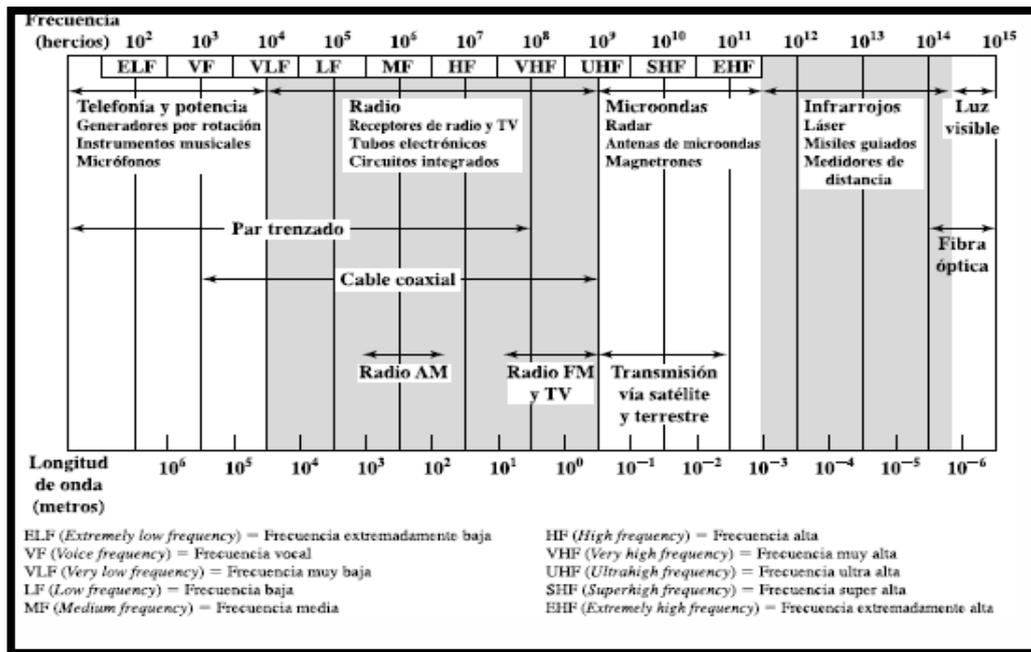


Figura 1. Espectro electromagnético y usos para las comunicaciones

Fuente: (Stallings, 2004)

2.4 PRINCIPALES ESTANADARES DE IEEE 802.11 (Wi-Fi)

El primer estándar de redes de área local inalámbrica es 802.11 Legacy, que especificaba un ancho de banda o velocidades de 1 y 2 Mbps que se transmitía por señales infrarrojas (IR) en la banda de 2,4 GHz, esta forma de transmisión tubo complicaciones debido a condiciones ambientales produciendo dificultad e interoperabilidad entre equipos de diferente marca, este estándar no fue utilizado para uso comercial.

2.4.1 ESTÁNDAR 802.11a

802.11a es una extensión de la capa física del estándar 802.11, que soporta velocidad de transmisión de hasta 54 Mbps en la banda ISM de 5GHz, llamada también Wi-Fi 5. 802.11 a

utiliza una técnica de multiplexión llamada OFDM (Multiplexión por División de Frecuencia Ortogonal), de modo que OFDM utiliza el espectro con eficiencia y resiste la atenuación de las señales inalámbrica tales como las de multitrayectoria. Es decir utiliza varias señales portadoras con frecuencias diferentes, enviando algunos de los bits totales por cada canal. (Andrew S. Tanenbaum, 2012, pág. 259)

Las velocidades de datos posibles en el estándar 802.11 a son 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, y 54 Mbps. El sistema utiliza hasta 52 subportadoras que usan una modulación BPSK, QPSK, QAM-16 en función de las velocidades requeridas, en la siguiente Tabla 1 se describe estas modulaciones. (Stallings, 2004, pág. 581)

Tabla 1. *Parámetros de transmisión de IEEE 802.11a.*

Data Rate (Mbps)	Constellation Scheme	Convolutional Coding Rate	Coded Bits per Subcarrier	Coded Bits per OFDM Symbol	Data Bits per OFDM Symbol
6	BPSK	1/2	1	48	24
9	BPSK	3/4	1	48	36
12	QPSK	1/2	2	96	48
18	QPSK	3/4	2	96	72
24	16-QAM	1/2	4	192	96
36	16-QAM	3/4	4	192	144
48	64-QAM	2/3	6	288	192
54	64-QAM	3/4	6	288	216

Fuente: (Roshan & Leary, 2003)

2.4.2 ESTÁNDAR 802.11B

Este estándar fue lanzado en el año de 1999, mejorando los inconvenientes del estándar anterior, proporcionando un ancho de banda de 11Mbps y en la banda de 2.4 GHz, por el cual proporciona una conexión más robusta.

La incorporación del estándar 802.11b, soporta en la capa física, con dos nuevas velocidades de 5,5 Mbps y 11 Mbps. Para lograr esto es necesario utilizar la técnica de DSSS, que es la única técnica de capa física para el estándar, debido al salto de frecuencias no puede soportar las altas tasas de transferencia de datos, sin alterar las regulaciones de la FCC. Esto conlleva a que 802.11b será compatible con las velocidades de 1 y 2 Mbps en los sistemas DSSS, pero no será posible su funcionalidad en sistemas FHSS (Espectro Ensanchado por salto de Frecuencias) en las velocidades anteriormente especificadas. FHSS actualmente ya no es funcional. (Eric, Fuller, & Robert, 2002, págs. 77-78)

Existe problemas al trabajar en la banda de 2.4 GHz, ya que existen un sin número de dispositivos en esta banda y causan interferencias especialmente en ambientes domésticos tales como microondas y teléfonos móviles. Su viabilidad de una red 802.11b dependerá de las características técnicas y la distancia que se encuentren los dispositivos de red. (Eric, Fuller, & Robert, 2002, pág. 78)

2.4.3 ESTÁNDAR 802.11G

802.11g es una extensión o evolución de 802.11b a una tasa de transmisión de datos mayor. Este estándar combina una serie de técnica de modulación de la capa física utilizadas en 802.11a y 802.11b para obtener diversas velocidades de datos. Además utiliza OFDM, (de 802.11a) y CCK (de 802.11b), como los esquemas de modulación con 24 Mbps como tasa máxima de datos de transmisión.

El estándar 802.11g, fue aprobado en junio de 2003, para proporcionar mayores velocidades de datos de 36, 48 y 54 Mbps e introduce extensiones tales como ERP (Extender rate PHY), para proporcionar velocidades de datos en la banda ISM de 2,4 GHz. 802.11g es compatible

con estándares anteriores, lo que significa que los puntos de acceso funcionan con adaptadores de red inalámbrica de 802.11b, y viceversa. (Roshan & Leary, 2003, pág. 132)

En 802.11g se define tres esquemas de modulación: ERP-OFDM, ERP_PBSS, y DSSS-OFDM. El esquema ERP-OFDM proporciona velocidades de 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48 y 54 Mbps, como velocidades de datos obligatorios de 6, 12 y 24 Mbps. El esquema ERP-PBSS permite velocidades opcionales con 22 y 33 Mbps y por último el esquema DSSS-OFDM con velocidades opcionales igual al esquema ERP-OFDM. (Roshan & Leary, 2003, pág. 132)

2.4.4 ESTÁNDAR 802.11 N

El estándar 802.11n llega al mercado en septiembre del 2009, en la cual emplea la tecnología MIMO (Multiple-Input/Multiple-Output), es decir Múltiples entradas/Múltiples salidas, donde tanto el emisor como el receptor poseen varias antenas (hasta cuatro) que amplían el ancho de banda y alcance de la señal con Multiplicación. (Andreu, 2010, pág. 218)

El estándar IEEE 802.11 puede alcanzar una velocidad máxima de 600 Mbps, a frecuencias comprendidas entre los 20 GHz y los 40 GHz, pudiendo funcionar en las bandas de 2.4 GHz y 5 GHz. En la tecnología MIMO es esencial saber en número de antenas emisoras y el número de antenas receptoras. El producto de ambas antenas nos indica el número de vías de comunicación diferentes se puede darse entre dos dispositivos. Así por ejemplo, una conexión de 4x4 existen cuatro antenas para emitir y cuatro para recibir, teniendo un total de 16 vías de comunicación. (Cano, 2015, pág. 37)

La tecnología MIMO Consigue aumentar la eficiencia de la red y ofrecer velocidades de transmisión más elevadas, conseguir mayores distancias de cobertura, mayor capacidad de usuarios y fiabilidad; aun así sin aumentar el ancho de banda, y la potencia de transmisión. (Horno, 2008)

En la siguiente figura 2 se muestra la transmisión y recepción de os haz, de la tecnología MIMO

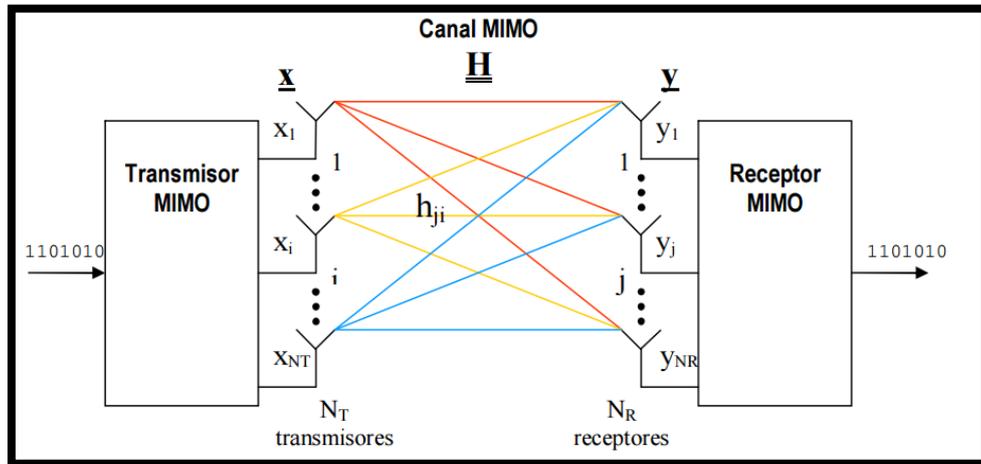


Figura 2. Ilustración del canal MIMO

Fuente: (Horno, 2008)

2.5 ESTÁNDAR 802.11ac

2.5.1 INTRODUCCIÓN

Actualmente la tecnología que está en auge en las redes inalámbricas es el estándar IEEE 802.11n, con sus velocidades máximas de 100Mbps, que ha permitido el desarrollo y la transferencia de información de los dispositivos inalámbricos en cuestiones de minutos... Pero esto aún no es suficiente para el usuario.

Con el pasar de los días, tanto en el hogar y en las empresas, necesitan de aplicaciones con mayor ancho de banda, como son video conferencias, el streaming de películas con mayor definición full HD. Estas aplicaciones con 802.11n será una solución para algunos usuarios,

pero a medida que se aumenta considerable en el uso de estas aplicaciones disminuye el ancho de banda disponible para cada uno de ellos. (CHANNEL NEW, 2012)

Por esta razón la IEEE ha lanzado la quinta generación del estándar para las red Wi-Fi (802.11ac), que permitirá mitigar estas situaciones o inconvenientes que presente al usuario.

2.5.2 MIGRACIÓN DEL ESTÁNDAR 802.11N A 802.11AC

La necesidad de un mayor desempeño en las redes inalámbricas y de puntos de acceso (AP) más compacta de satisfacer la elevada demanda de ancho de banda. Las versiones anteriores Wi-Fi como es la de 802.11n, con velocidades teóricas máximas de entre 300 Mbps y 450Mbps, que las empresas han estado utilizando desde el 2009. El cual en ese instante las empresas trabajaba normalmente, pero con la aparición de nuevas aplicaciones ya no es suficiente, por tanto la llevo a la IEEE a desarrollar un estándar para redes LAN inalámbricas de 1Gbps denominado “802.11ac”.

El estándar 802.11ac especifica en las redes LAN inalámbrica que operan en la banda de 5GHz, de tal forma que es compatible con dispositivos basados en el anterior estándar 802.11n y que la misma opera en la banda de 5GHz.

2.5.2.1 Factores que contribuyen al progreso del estándar 802.11ac

Existen varios factores que contribuyen al progreso de la industria al estándar 802.11ac:

- **Más usuarios.** La conexión Wi-Fi ha tenido bastante éxito y el volumen de tráfico creses con el pasar de los días el cual ha desplazado a las conexiones Ethernet en el acceso a la red corporativa, de tal manera que hay más usuarios de Wi-Fi creando tráfico. La demanda del volumen de tráfico va en aumento en lugares como por ejemplo,

a menudo los clientes desean utilizar Wi-Fi, con sus dispositivos en tiendas para ver precios; a su vez los comerciantes aprovechan la conectividad inalámbrica para publicar sus productos. Esto permitirá que el cliente puede comprobar precios y ver qué productos están en oferta y minimizar el tiempo.

- **Más dispositivos por usuario.** Ahora los usuarios tienden a llevar al menos dos dispositivos, un teléfono móvil y una laptop, y en muchos casos también una Tablet. Esto implica que se crea una densa población de dispositivos que quieran acceder a la red inalámbrica, el cual generaría más tráfico y obliga a la empresa a diseñar nuevas redes Wi-Fi.
- **Aplicaciones.** Los usuario están ejecutando aplicaciones al mismo instante que utiliza un gran ancho de banda, tal como servicios de sincronización como Google Drive, video en alta definición, videoconferencia, aplicaciones de redes sociales entre otro. Esta aplicaciones consumen mucha más capacidad en la transferencia de datos y necesitan de mayor ancho de banda para su ejecución.
- **Descargas de las redes celulares.** algunos operadores de telefonía celular 3G/4G están interesados por pasar en tráfico de las redes WAM móviles a las conexiones Wi-Fi donde sea posible aplicar a fin de evitar el congestionamiento del tráfico en las redes celulares. esto será posible porque los dispositivos móviles soportan conexiones tanto como celular como Wi-Fi, así pues que los abonados de telefonía celular puedan pasar a una red Wi-Fi cuando se encuentre dentro del alcance. (MOTOROLA SOLUTIONS INC, 2013)

2.5.3 ASPECTOS TÉCNICOS DEL ESTÁNDAR 802.11AC

El estándar 802.11ac, también conocido como “Gigabit Wi-Fi”, es un paso evolutivo del estándar 802.11n, ya que este estándar se basa sustancialmente durante el desarrollo del estándar 802.11n. El estándar 802.11ac se ofrecerá en dos ondas.

Onda 1. Abarca los dispositivos que puedan alcanzar velocidades de hasta 1,3 Gbps utilizando canales unidos más anchos, modulación creciente y hasta tres flujos espaciales.

Onda 2. Abarca los dispositivos con velocidades de hasta 3.4 Gbps con la introducción de la unión de canales anchos, será posible hasta 8 flujos espaciales y la tecnología multiusuario, multientrada y multisalida (MU-MIMO).

A diferencia de 802.11n se desarrolló nuevas características importantes para mejorar la eficiencia del estándar 802.11ac y podemos mencionar en la siguiente tabla 2:

Tabla 2. *Diferencia entre 802.11n y 802.11ac*

PHY/característica	802.11n	Onda-1 802.11ac	Onda-2 802.11ac
Ancho de canal	20, 40 MHz	20, 40 MHz	20, 40, 80, 160MHz
Flujo espacial (Spatial Streams, SS)	1, 2, 3	2, 3	2, 3, 4
Modulación QAM	64 QAM	256 QAM	256 QAM
Tipo MIMO	SU-MIMO	SU-MIMO	MU-MIMO
Compatibilidad MCS	MCS de 0 a 23 para SS de 1, 2, 3	MCS de 0 a 9 para SS de 1, 2, 3	MCS de 0 a 9 para SS de 1, 2, 3, 4
Velocidad máxima de datos	450 Mbps	1.3 Gbps	3.467 Gbps
Variaciones de radio	2x2:2, 3x3:2, 3x3:3	2x2:2, 3x3:3	4x4:4*

Fuente: (Gast, 802.11ac: A Survival Guide, 2013)

- **CANALES MÁS ANCHOS**

Los dispositivos en el estándar 802.11n pueden admitir canales de 20 MHz o 40 MHz. En cambio los dispositivos de Onda-1 de 802.11ac admiten canales de 20, 40 y 80MHz, entretanto los dispositivos de la Onda-2 admite canales de 20, 40, 80 y 160 MHz. Los canales de 160 MHz

actualmente no están aplicados, debido a la falta de espacio de canales contiguo en la banda UNII de 5 GHz, pero con el informe de la FCC del 1 de abril del 2014, se propone cambios que podrían permitir hasta cuatro canales de 160 MHz que no se solapen en EE.UU. para los otros países depende de las autoridades regulatorias. (NETSCOUT, s.f.)

- **TRANSMISIÓN MEDIANTE EL USO DE LA MODULACIÓN 256QAM**

La modulación es el medio por el cual los datos se codifican en ondas de portadora. 802.11n trabaja en la modulación de 64 QAM, mientras que 802.11ac introdujo 256 QAM. 256 QAM es una modulación más compleja que soporta bits de datos, el cual es posible enviar ocho bits por periodo de símbolos. Esto permite lograr velocidades de datos más altas.

- **BEAMFORMING**

802.11ac adapta la tecnología beamforming para reducir las interferencias y mejorara las características de la señal Wi-Fi, permitiendo transmitir datos hacia direcciones específicas, en lugar de irradiar datos en todas las direcciones, es decir que se puede enviarse los datos directamente a dispositivos específicos, como si fuera un láser que puede enfocar su fuerza, por lo que puede llegar más lejos.

- **MIMO MULTIUSUARIO (MU-MIMO)**

MIMO multiusuarios le permite a un AP enviar tramas a varios usuarios al mismo tiempo en la misma frecuencia. Se puede decir que puede actuar parecido a un switch de Ethernet en lugar de un concentrador, asistiendo a más usuarios, esto posibilita optimizar el ancho de banda inalámbrico.

2.5.4 CAPA FÍSICA

En la capa física del estándar 802.11ac se define la modulación de las ondas de radio y las características de señalización para la transmisión de datos.

2.5.4.1 Banda de frecuencia que funciona 802.11ac

En 802.11n operan en todas las bandas de frecuencia sin licencia que son asignadas a las LAN inalámbricas, 802.11ac está limitada a operar en 5GHz. No está disponible en la banda de 2,4 GHz. En la siguiente Tabla 3 muestra las bandas de frecuencia que operan los principales estándares de 802.11. (Gast, 802.11ac: A Survival Guide, 2013)

Tabla 3. Operación del estándar 802.11 en la banda 2,4 GHz y 5 GHz

2.4 GHz	5 GHz
802.11 (direct sequence and frequency hopping)	802.11a
802.11b	802.11n
802.11g	802.11ac
802.11n	

Fuente: (Gast, 802.11ac: A Survival Guide, 2013)

Al utilizar completamente el canal de 80 MHz, por definición, toda la banda de frecuencia debe estar libre de otras transmisiones. El uso de canales de 40 MHz en redes 802.11na 2,4 GHz es bastante difícil debido a que dos de los tres canales de transmisión disponibles deben estar libres, con el fin de transmitir, aún más difícil mantener los tres canales de 2,4 GHz. Cabe mencionar que una red que está diseñada para usarse con nuevos dispositivos 802.11ac banda ancha, todavía habrá otros dispositivos de banda estrecha como teléfonos y Tablet. (Gast, 802.11ac: A Survival Guide, 2013)

Por otro lado la banda de frecuencia de 5 GHz es mucho más limpio porque no hay interferencias de señales Bluetooth, hornos microondas, teléfonos inalámbricos de 2, 4 GHz entre otros dispositivos contaminan esta banda y aumenta el nivel de ruido, todos juntos pueden elevar el ruido alrededor de 5dB en general. La regulación del funcionamiento en 5GHz es más protector a las interferencias. (Gast, 802.11ac: A Survival Guide, 2013)

2.5.4.2 Canales de radio en 802.11ac

La primera estandarización de OFDM es 802.11a para el canal de 20 MHz y el canal de 40 MHz es utilizada por el estándar 802.11n, ahora 802.11ac trae dos nuevos tamaños de canales más anchos que permitirá aportar mayor rendimiento en la red. Al igual que los estándares anteriores la transmisión basada en OFDM, 802.11ac divide el canal en subportadoras OFDM, cada uno de estas subportadoras tiene un ancho de banda de 321,5 KHz. Cada una de las subportadoras se utiliza como una transmisión independiente, por el cual OFDM distribuye los bits de datos entrantes entre las subportadoras. Hay algunas subportadoras que no transportan datos sino que son utilizadas para medir el canal. (Gast, 802.11ac: A Survival Guide, 2013)

2.5.4.3 Disposición de canales de radios

802.11ac introduce dos nuevos canales para aumentar el rendimiento. Por el cual se necesita que todos los dispositivos 802.11ac soporten canales de 80 MHz y 160 MHz, el primer canal se duplica lo que tiene el estándar 802.11n, y el segundo canal es de 160 MHz para velocidades mayores. (Gast, 802.11ac: A Survival Guide, 2013)

Debido a las limitaciones de que no hay canales contiguos en el espectro de 160 MHz, la norma indica que para un canal de 160 MHz a ser un bloque de dos canales no contiguos de 80

MHz. Por tanto en la figura muestra la disposición de los canales en términos de OFDM y portadores definidos por 802.11ac, de igual forma con las gráficas de los canales de 802.11a/g y n para su comparación. (Gast, 802.11ac: A Survival Guide, 2013)

En la figura 3 cada una de las líneas horizontales representa la disposición de la subportadoras OFDM, que va desde el canal de 20 MHz hasta el canal más ancho que ofrece 802.11ac.

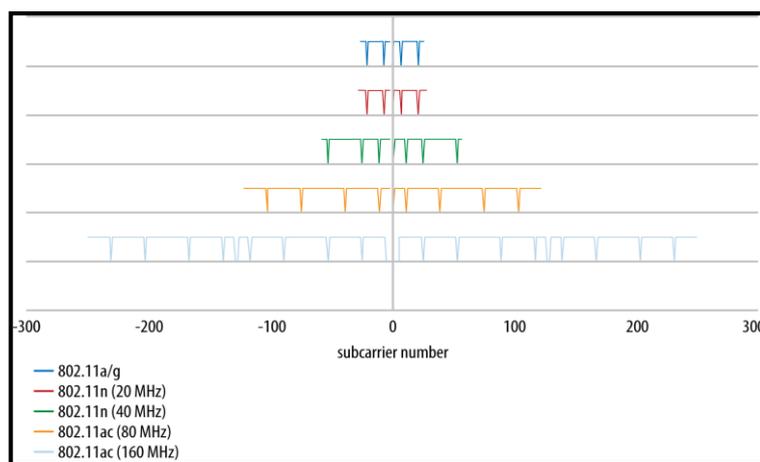


Figura 3. Diseño de canales de 802.11a/g/n y 802.11ac

Fuente: (Gast, 802.11ac: A Survival Guide, 2013)

La figura 3 describe la disposición del canal para un solo radio 802.11ac. Es decir que los puntos de acceso que se proporcionan inicialmente contarán de un solo canal 802.11ac en la frecuencia 5GHz.

En la figura 4 identifica la banda de frecuencias y el número de canales que posea esa banda. Cada canal está separada por cuatro dígitos dentro del canal, una de las frecuencias es asignada como canal primario y los demás serán canales secundarios. Dentro de una canal de 802.11ac el canal primario puede ser 44, y los canales 36, 40, y 48 serán los canales secundarios. (Gast, 802.11ac: A Survival Guide, 2013)

En conclusión, cuando se opera una WLAN envía tramas de señalización y anuncia su existencia en su canal primario y no en los secundarios. Estos canales son importantes para

mejorar las características en el ancho de banda. Normalmente se envía las tramas Beacom en los canales primarios para saber cuál canal está trasmitiendo.

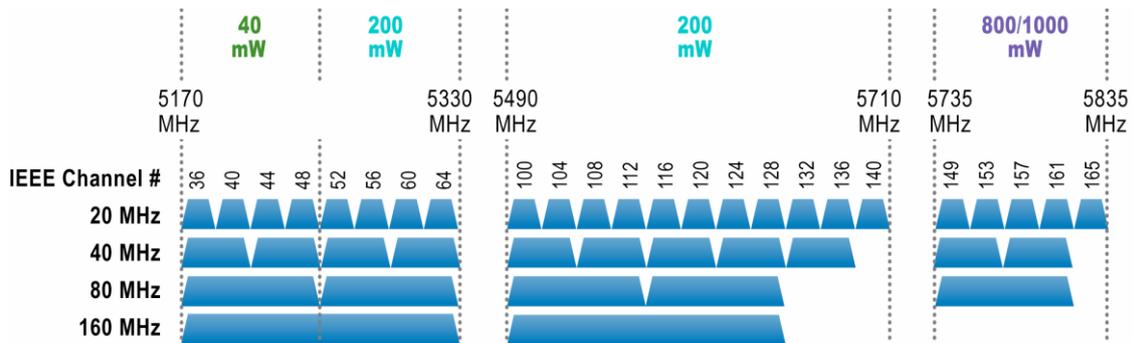


Figura 4. Asignación de canales de EE.UU para el 20/40/80/160 MHz.

Fuente: (Schelstraete, 2011)

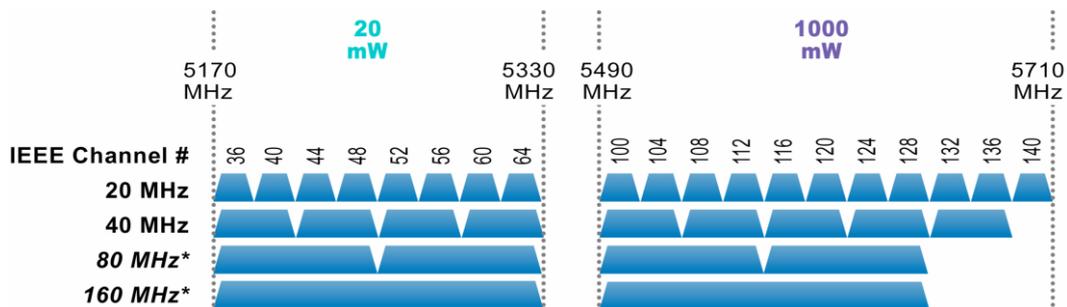


Figura 5. Asignaciones canales de Europa para el 20/40/80/160 MHz.

Fuente: (Schelstraete, 2011)

2.5.4.4 Transmisión: modulación, codificación y los intervalos de guarda

En comparación con el anterior estándar 802.11n, 802.11ac hace solo mejoras evolutivas a la modulación y codificación. 802.11ac descarta la modulación desigual, rara vez utilizadas o aplicadas.

2.5.4.5 Modulación y codificación conjunto (MCS)

La modulación y codificación conjunto (MSC) o llamado también índice MSC. 802.11ac especifica 10 índices MSC en lugar de las de más 70 que ofrece 802.11n, se puede visualizar en la Tabla 4. La modulación describe la cantidad de bits contenida dentro del incremento de tiempo de transmisión, como resultado de modulaciones más altas se puede transmitir más datos y necesita proporciones altas de señal a ruido. Al igual que el anterior estándar, 802.11ac utiliza un código de corrección de errores, una característica esencial es que añade información redundante en una proporción descrita por la tasa de código. (Gast, 802.11ac: A Survival Guide, 2013)

En 802.11ac, la modulación y la codificación se acoplan entre sí en un solo número, el índice de MSC. Cada uno de los valores de índice MSC puede corresponder a una gama de velocidades en función de la anchura del canal, el número de flujos espaciales, y el intervalo de guarda. (Gast, 802.11ac: A Survival Guide, 2013)

Cabe decir que 802.11ac simplifica la selección de modulación y codificación, ya no están enlazados a la anchura del canal, como estuvieron en 802.11n.

Tabla 4. Valores de índice MCS para 802.11ac

valor del índice MCS	Modulación	velocidad de código (R)
0	BPSK	1/2
1	QPSK	1/2
2	QPSK	3/4
3	16-QAM	1/2
4	16-QAM	3/4
5	64-QAM	2/3
6	64-QAM	3/4
7	64-QAM	5/6
8	256-QAM	3/4
9	256-QAM	5/6

Fuente: (Gast, 802.11ac: A Survival Guide, 2013)

2.5.4.5.1 Modulación 256 QAM

La modulación de amplitud en cuadratura (QAM) funciona mediante el uso de la combinación de nivel de amplitud y desplazamiento de fase para seleccionar uno de los muchos símbolos de la constelación. El estándar 802.11n describe una modulación de 64 QAM cada vez que se transmite un símbolo, existen 64 valores, ocho para cambio de desplazamiento de fase y ocho para amplitud de onda o niveles de cuadratura. (Gast, 802.11ac: A Survival Guide, 2013)

El estándar 802.11ac hace el uso de la modulación 256 QAM que tiene una constelación de 16 cambios de fase y 16 niveles de amplitud. La constelación de 64 QAM es similar a la constelación de 256 QAM, aunque existen más puntos de constelación en la modulación 256 QAM. Esto consiste en que el transmisor recoge un punto de destino y le codifica un cambio de amplitud y fase. Este cambio comienza en el punto de la constelación ideal, y el receptor arroja la transmisión en el aire y le asigna al punto de destino. (Gast, 802.11ac: A Survival Guide, 2013)

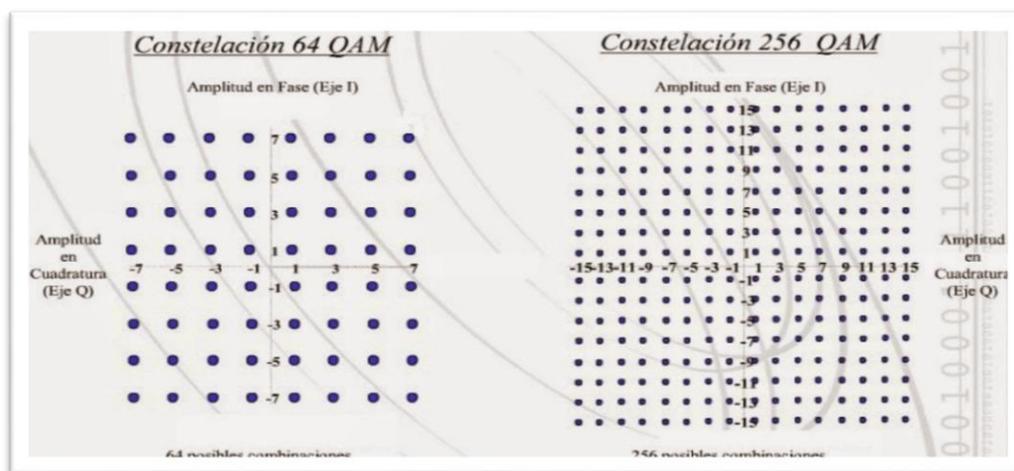


Figura 6. Comparación de constelación 64 QAM y 256 QAM

Fuente:<http://tdtdvb-t.blogspot.com/2013/02/medir-la-senal-dvb-t.html>

En la figura 6 se muestra la constelación de 64 QAM y la constelación de modulación 256 QAM con 256 posibles combinaciones y tiene la posibilidad de mejorar drásticamente la velocidad en la red. Por lo que en lugar de transmitir 6 bits en cada subportadoras en el canal, un enlace codificado de 256 QAM transmite ocho bits. Esto implica el aumento de la velocidad en un 33% por encima de 802.11n. (Gast, 802.11ac: A Survival Guide, 2013)

Para utilizar 256 QAM es necesario que los errores en el radioenlace deben ser más pequeños, de modo que un enlace perfecto con transmisiones ideales con libre de errores, los puntos recibidos deben alinearse exactamente a los puntos de la constelación y debería haber transmitido. Por el contrario en un radioenlace en el mundo real nunca es perfecto, debido a los ambientes naturales, sin embargo cuando se recibe un símbolo, que no se alinea exactamente en el punto de la constelación. Este fenómeno entre la constelación ideal y real, a este punto que corresponde entre estas dos dimensiones se describe mediante un vector de error de magnitud (EVM). (Gast, 802.11ac: A Survival Guide, 2013)

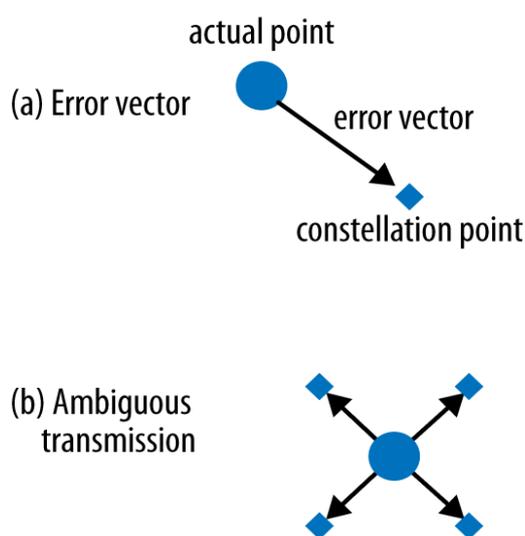


Figura 7. Vector de error de magnitud.

Fuente: (Gast, 802.11ac: A Survival Guide, 2013)

En la figura 7 (b) cuando un símbolo está en el medio de varios puntos de constelación el receptor debe elegir el uno de los puntos, así que el receptor tiende a equivocarse al elegir y necesitaría ser desechado todo el marco.

2.5.4.5.2 *Intervalo de guarda*

El intervalo de guarda se utiliza para asegurarse de que las diferentes transmisiones no interfieran entre ellas. 802.11ac selecciona un intervalo de guarda OFDM corto, por lo que el transmisor, como el receptor tiene la capacidad de procesar lo mismo. El intervalo de guarda se contrae a partir de 800ns a 400ns, proporcionando un impulso sobre el 10% en el rendimiento.

2.5.4.6 Estructura de trama de la capa PHY.

Para diseñar la trama de la capa PHY se basaron en las características de nuevo estándar que debía cumplir y de la compatibilidad de la capa física de los estándares anteriores, en si la trama es muy similar a la del estándar 802.11n. Por lo que un dispositivo 802.11ac al transmitir, los dispositivos 802.11a y 802.11n debe ser capaz de conocer la longitud de la trama para no transmitir en ese mismo intervalo de tiempo. (Gast, 802.11ac: A Survival Guide, 2013)

En la figura 8, se muestra el formato de la trama de la capa física VHT de 802.11ac es parecida al formato de la trama 802.11n y comienza con los mismos campos de 802.11a. La diferencia es que incluye una cabecera para permitir MIMO multiusuario, por lo que debe ser capaz de incluir el número de secuencias espaciales y permitir varios receptores para recibir las tramas. (Gast, 802.11ac: A Survival Guide, 2013)

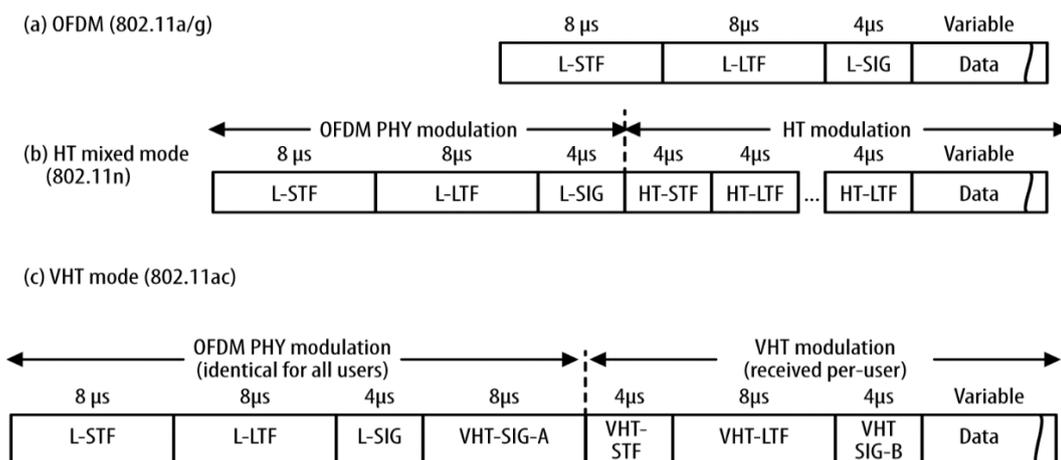


Figura 8. Formato de la trama de capa física VHT.

Fuente: (Gast, 802.11ac: A Survival Guide, 2013)

Los campos de la trama VHT son los siguientes:

2.5.4.6.1 L-STF (Legacy Short Training Field, campo abreviado de entrenamiento heredado)

Este campo realiza una secuencia de 12 símbolos de longitud OFDM para permitir la compatibilidad con los estándares anteriores de 802.11 para ancho de banda de 20 MHz, además sirve para comenzar la sincronización de los contadores de tiempo, la selección de una antena, y anunciar que va iniciar la transmisión.

2.5.4.6.2 L-LTF (Legacy Long Training Field, Campo prolongado de entrenamiento heredado)

Tiene muchas similitudes en las propiedades que la L-STF incluye los criterios de transmisión, que se transmiten en los canales de 20 MHz, y además se utiliza para decodificar los campos L-SIG y VHT-SIG-A.

2.5.4.6.3 L-SIG (LegacySignal, Señal heredada)

El campo de la señal es utilizado para describir la velocidad de datos y la longitud en bytes de la trama, es utilizada por los receptores para calcular el tiempo de transmisión de la trama.

2.5.4.6.4 VHT-SIG-A

En este campo consta de un símbolo que trasmite en BPSK y una segunda en QBPSK. Este modo de transmisión permite detectar la transmisión automática de VHT. La información presentada contiene para habilitar el receptor e interpretar correctamente los paquetes de datos. Además incluye la información del ancho de banda, numero de MIMO, intervalo de guarda, codificación LDPC, MSC, y la anchura del canal.

2.5.4.6.5 VHT-SIG-B

Este campo realiza la carga útil de datos que incluye la longitud de los datos y la modulación esquema de codificación para el modo multi-usuario. Los bits se repiten para cada 20 MHz subportadora.

2.5.4.6.6 VHT-STF

Este campo se utiliza para mejorar la estimación de control de ganancia para la operación MIMO. Por el cual ayuda al receptor para establecer la ganancia de recepción y para detectar parámetros repetidos.

2.5.4.6.7 DATA FIELD

Es campo contiene los datos que se va a transmitir. Si ningún dato está presente en este campo, es designado como un paquete nulo (NDP) de datos, lo cual es usado por el VHT PHY para el esquema del beamforming.

2.5.4.7 Proceso de transmisión y recepción

En la figura 9, muestra un diagrama de bloques para una interfaz del 802.11ac. Este diagrama de bloques puede usarse para recepción como para transmitir. Las tramas multiusuarios, pero este diagrama se enfoca al uso de transmisión de un solo usuario.

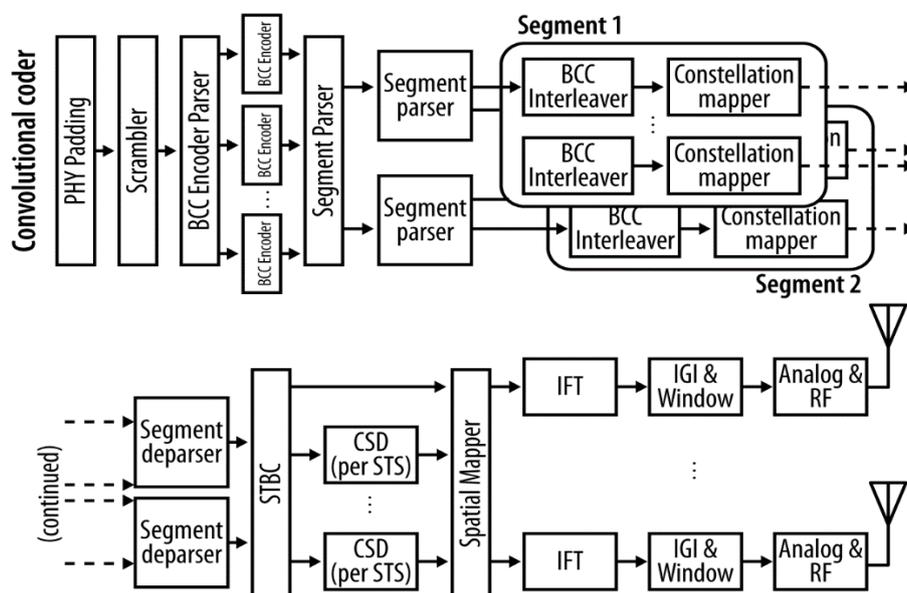


Figura 9. Diagrama de bloques para transmisión y recepción.

Fuente: (Gast, 802.11ac: A Survival Guide, 2013)

1. **La preparación de campo Service.** Antes de comenzar a transmitir los datos, se prepara el campo Service. El componente principal del campo Service es la prueba de redundancia cíclica, que se calcula a partir del contenido del campo de VHT-SIG B.
2. **PHY padding.** El primer paso en la transmisión es de rellenar la trama a fin de que su longitud corresponde al número requeridos.

3. **Scrambling and forward error correction (FEC) encoding.** El codificador reduce la probabilidad de largas cadenas de bits idénticos a su salida. La salida del codificador scrambler es alimentada para un codificador FEC, lo cual puede ser un codificador convolucional o un codificador LDPC.
4. **Stream parsing.** Se encargar de repartir equitativamente los bits que salen del codificador FEC para cada flujo espacial. La salida es enviada al *interleaver*, lo cual es el primer componente de cadena de radio enviado.
5. **Segment parsing.** Se usan para todas las transmisiones en 160 MHz, ya sea para usar en 160 MHz contiguos o en dos bloques de 80 MHz. Se mapea en dos segmentos de frecuencia de 80 MHz, no se realiza en transmisiones de 20 MHz, 40MHz y 80 MHz.
6. **Convolutional code interleaving.** Los códigos convolucional surten efecto mejor, cuando los errores son aislados, por el cual se toman trozos secuenciales de bits para separar los errores, es decir que se separan largas cadenas de bits en trozos más pequeños para simplificar los errores.
7. **Costellation mapping.** Los bits se mapean en la constelación seleccionada de modulación QAM.
8. **LDPC tonemapping.** Se toma puntos de la constelación y asegura que las subportadora OFDM este separado por una distancia adecuada, para evitar que se interfieran unos con otros.
9. **Segment de parsing.** Se usan para canales de 160 MHz, el cual vuelve a unir dos segmentos de frecuencia de 80 MHz, para la transformación de constelación de símbolos par una adecuada transmisión.
10. **Space-time block coding (STBC).** Este paso es optativo se usa para transmitir un flujo espacial a través de antenas multiples para conseguir una redundancia adicional, formando flujos espaciales de tiempo (space-time streams).

11. **Pilot insertion and cyclic shift diversity (CSD).** Los puntos de la constelación en la transmisión, están combinados con los datos para la subportadora pilotos, el cual crea un conjunto de datos para la transmisión. Cuando hay múltiples flujos de datos, se les aplica un desfase para poder distinguir entre ellas en el sistema receptor. Este desfase es llamado diversidad cíclica de cambio.
12. **Spatial mapping.** El mapeo space-time streams se traza en cadenas de transmisión por el mapeo espacial. Este proceso es un componente esencial para beamforming, lo cual puede usarse para modelar un flujo de espacio de tiempo para dirigir energía al receptor.
13. **Inverse Fourier Transform (IFT).** La transformada de Fourier inverso toma datos de dominio de frecuencia OFDM y lo convierte al dominio de tiempo para transmitirlos.
14. **Guardinsertion and windowing.** El intervalo de guarda inserta al principio de cada símbolo, y cada símbolo de windowing se utiliza para mejorar la calidad de la señal en el receptor.
15. **Preamble construction.** La cabecera VHT concite en los campos non-VHT-modulated training fields. La cabecera se le forma cada 20 MHz dentro del canal de transmisión.
16. **RF and analog section.** Este campo prepara los datos para la transmisión después de una antena de la cabecera VHT. La forma de onda obtenida del paso anterior en una señal puede ser colocada en una portadora en la frecuencia central del canal seleccionado por el AP actual.

2.5.4.8 Velocidades de datos en 802.11ac

Las velocidades de datos son determinadas por la combinación de la anchura del canal, la modulación, la codificación, el número de flujos espaciales, y el intervalo de guarda. 802.11ac

parte de una velocidad de referencia de un nivel básico de un único flujo espacial en el canal de 20 MHz. Para obtener velocidades se toma el tipo MSC con el canal inicial de 20 MHz, se multiplica por el número de secuencias espaciales, y luego el resultado se multiplica por un factor de corrección de canal, en la tabla 5 podemos describir la velocidad de datos de 802.11.

Tabla 5. *Matriz de velocidades de datos de 802.11ac.*

Tecnología	20 MHz	40 MHz	80 MHz	160 MHz
802.11b	11 Mbps			
802.11a / g	54 Mbps			
802.11n (1 SS)	72 Mbps	150 Mbps		
802.11ac (1 SS)	87 Mbps	200 Mbps	433 Mbps	867 Mbps
802.11n (2 SS)	144 Mbps	300 Mbps		
802.11ac (2 SS)	173 Mbps	400 Mbps	867 Mbps	1,7 Gbps
802.11n (3 SS)	216 Mbps	450 Mbps		
802.11ac (3 SS)	289 Mbps	600 Mbps	1,3 Gbps	2.3 Gbps
802.11n (4 SS)	289 Mbps	600 Mbps		
802.11ac (4 SS)	347 Mbps	800 Mbps	1,7 Gbps	3,5 Gbps
802.11ac (8 SS)	693 Mbps	1,6 Gbps	3.4 Gbps	6,9 Gbps

Fuente: (Gast, 802.11ac: A Survival Guide, 2013)

MCS 9 no está permitido para canales de 20 MHz. En términos generales, estas combinaciones de MCS y la anchura del canal no encajan limpiamente dentro de los límites del proceso de codificación y el intercalado se utiliza para ensamblar una trama, por lo que en la **tabla 6** se muestra esos valores.

Tabla 6. *Valores de MSC no validos en 802.11ac.*

	20 MHz	80 MHz	160 MHz
MCS 6	n / A	3 y 7 SS	n / A
MCS 9	1, 2, 4, 5, 7, y 8 SS	6 SS	2 SS

Fuente: (Gast, 802.11ac: A Survival Guide, 2013)

2.5.5 SUBCAPA MAC

La mayoría de la subcapa MAC de 802.11ac es heredada de los principales campos y mejoras introducidas en 802.11n. El trabajo de la subcapa MAC de 802.11ac consiste en añadir nuevas características de la capa física. Manteniendo la estructura de la trama utilizado en los anteriores estándares. (Gast, 802.11ac: A Survival Guide, 2013)

Hay dos cambios importantes. El primer cambio 802.11ac se extiende el tamaño máximo de la trama de 8000 bytes a 10000 bytes, lo que aumenta mayormente la capacidad de agregar tramas a capas superiores. En segundo lugar se vuelve a utilizar el campo de control HT de 802.11n, pero lo hace definiendo un nuevo formato. Cuando el campo de control HT comienza en 0, el formato es idéntico a 802.11n el campo es tipo HT. Cuando el campo de control HT comienza en 1, el campo de control es de tipo VHT. (Gast, 802.11ac: A Survival Guide, 2013)

Los campos de control HT y VHT se compone de los campos que se utiliza para comunicar la información MSC.

En la figura 10 se muestra el formato de la subcapa MAC.

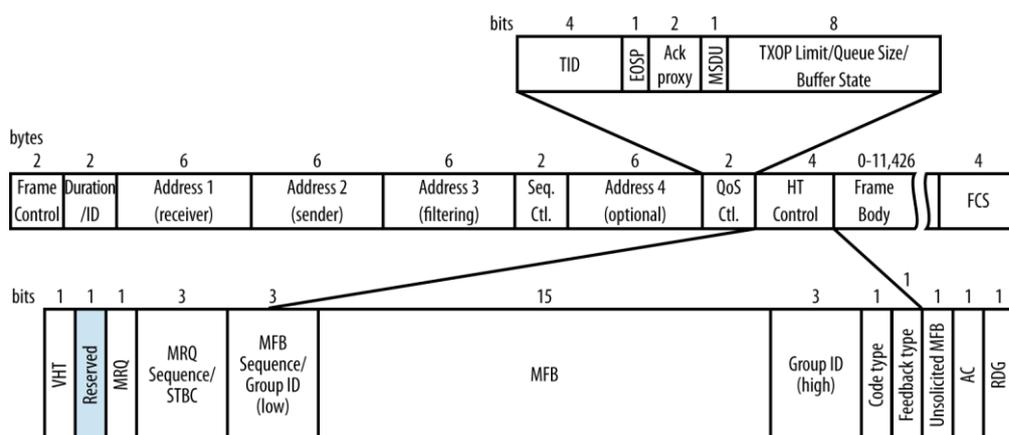


Figura 10. Formato de trama subcapa MAC 802.11ac

Fuente: (Gast, 802.11ac: A Survival Guide, 2013)

2.5.5.1 Tamaño y agregación de la trama

La agregación de la trama se insertó en 802.11n para mejorar la eficiencia del sistema. La agregación permite que un dispositivo pueda transmitir varias tramas a la vez, mientras accede al canal de transmisión. 802.11ac añade una nueva agregación, el formato que utiliza A-MPDU (Aggregated MAC Protocol Data Unit, Unidad de datos de Protocolo Mac Agregado) de transmisión. 802.11ac MAC debe hacerse cargo del procedimiento de entramado. Todas las tramas de datos 802.11ac son enviadas en un A-MPDU, incluso si el A-MPDU está formada por una sola trama. (Gast, 802.11ac: A Survival Guide, 2013)

Podría parecer que a primera instancia que la transmisión de cada trama como una A-MPDU, independientemente del contenido de datos el cual no sería eficiente, sin embargo, debido a las altas velocidades de 802.11ac simplemente la descripción de la longitud de la trama requiere de un gran número de bits. La longitud máxima de transmisión es un poco menos de 5,5 microsegundos. La longitud máxima de un A-MPDU se describe con la formula $2^{13+exponente} - 1bytes$ permite valores de exponente de 0 a 7, por lo que permite una longitud máxima en rango de 8 KB a 1 MB. (Gast, 802.11ac: A Survival Guide, 2013)

En la figura 11 se muestra el formato de la trama A-MPDU.

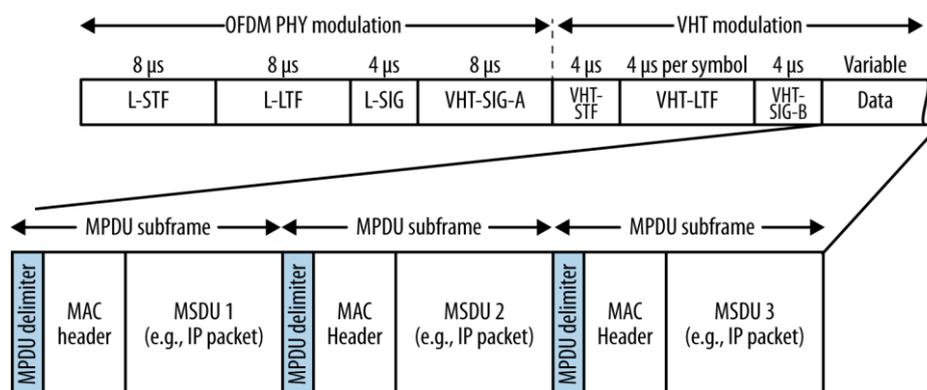


Figura 11. Formato de Agregación de A-MPDU

Fuente: (Gast, 802.11ac: A Survival Guide, 2013)

2.5.5.2 Procedimientos de acceso al medio.

802.11ac no introduce nuevos cambios en los dispositivos para acceder al medio de red. Pero con los nuevos anchos de banda el canal debe tener nuevas reglas para determinar si el canal está libre. Esto es posible añadiendo nuevas reglas que permita a los dispositivos indicar el consumo de ancho de banda destinados en los intercambios de RTS/CTS.

2.5.5.2.1 *Mecanismo de acceso al medio en 802.11ac.*

El mecanismo de acceso al medio que utiliza 802.11ac es distributed Coordination Function (DCF), función de coordinación distribuida. Que se basa en el mecanismo Carrier Sense Multiple Access - Collision Avoidance (CSMA-CA). (WORDPRESS, s.f.)

El protocolo CSMA-CA funciona del modo siguiente.

- Cuando una estación quiere enviar una trama, primeramente sondea el canal en que trabaja para detectar si existe una transmisión en ejecución. Esta función de sondeo se denomina Clear Channel Assessment (CCA).
- Cuando el canal está libre, la estación no transmite en ese instante, sino que sigue sondeando el canal para asegurarse que el canal está libre durante un periodo de tiempo DIFS (DCF InterFrame Space), Distribuido Espacio entre tramas. En ese instante puede transmitir una trama de gestión.
- Para asegurar un acceso equilibrado al canal, si se transmitió una trama y tiene otras tramas para transmitir debe esperar un periodo aleatorio obligatorio para seguir transmitiendo.
- Si el canal no está disponible la estación espera a que vuelva a estar durante un tiempo DIFS, a ese tiempo se le denomina proceso de backoff y sigue transmitiendo si está libre el canal.

- Cuando una estación recibe correctamente una trama de datos, espera un tiempo SIFS (Short Interframe Space) y envía la confirmación de ACK. SIFS debe ser menor que DIFS para proporcionar prioridad a los envíos ACKs.
- Si una estación transmite una trama y no recibe confirmación en un tiempo determinado, dará la trama por perdida, y procederá a la retransmisión. Para ello iniciara un nuevo sondeo del canal.

En la figura 12 se muestra el procesamiento de transmisión DCF.

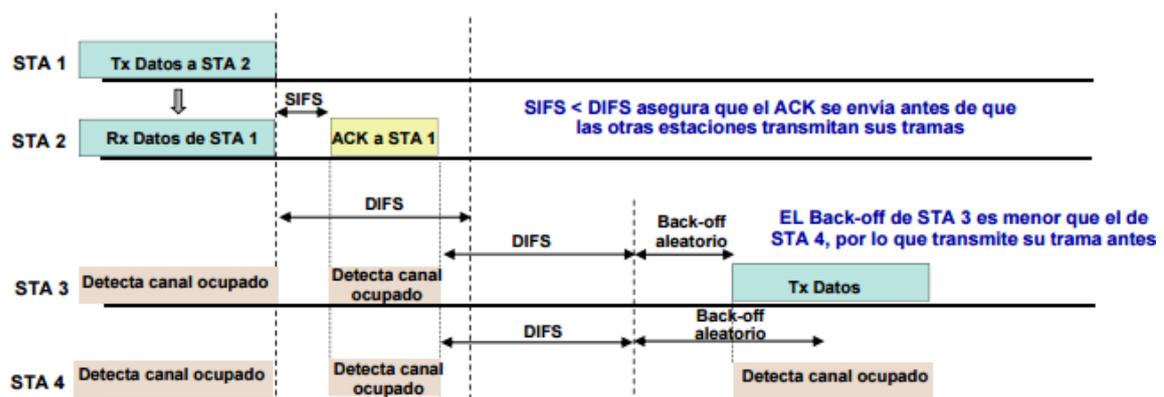


Figura 12. Proceso de transmisión DCF

Fuente: (WORDPRESS, s.f.)

2.5.5.2.2 Point Coordination Function (PCF)

Este método solo puede ser empleado en modo infraestructura. Emplea Point Coordinator (PC), quien coordinara dentro del BSS que estación tiene permisos para transferir. Es decir un único AP controla el acceso al medio. Si un BSS se ha creado con PCF activado, el tiempo es dividido entre los sistemas en modo PCF y DCF. (Universidad de Buenos Aires, 2011)

En la figura 13 se muestra Coexistencia de DCF y PCF cuando un PC esté operando en un BSS, ambos método se irán alternando y pueden convivir.

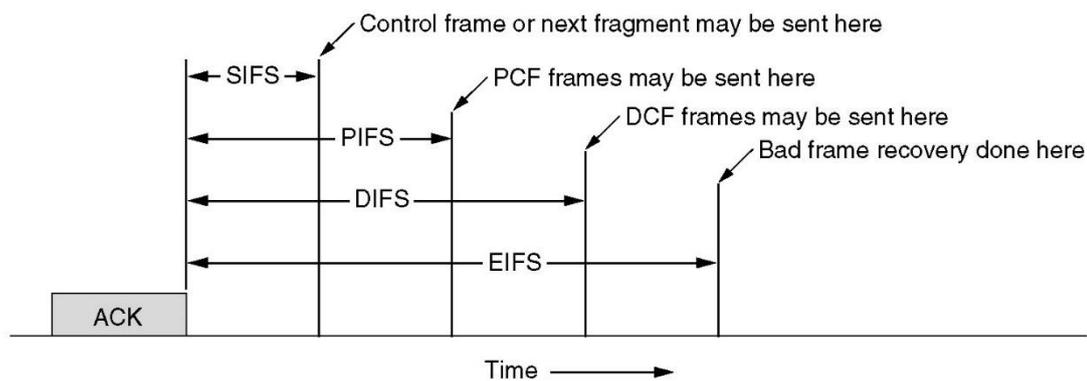


Figura 13. Coexistencia con método DCF y PCF

Fuente: (Universidad de Buenos Aires, 2011)

2.5.5.2.3 Canales primarios y secundarios.

Los canales primarios y secundarios son similares en 802.11n, que consta de un canal de 40 MHz, el cual requiere de un canal primario de 20MHz. Así mismo los canales de 80MHz requieren de un subcanal primario de 40MHz y por consiguiente un canal primario de 20 MHz y un canal secundario de 40 MHz. A igual que el canal de 80 MHz, el canal de 160 MHz requiere canales primarios de 80 + 80 MHz y subcanales secundarios de 80 MHz. (Bejarano & Knightly, 2013)

De todas maneras, los subcanales primarios se utilizan para detección de portadora con el fin de garantizar que ningún dispositivo este transmitiendo. La presencia de subcanal primario de 20 MHz es necesario para garantizar la convergencia y la compatibilidad con dispositivos con estándares anteriores de 802.11. Los subcanales primarios realizan la completa evaluación clara del canal (CCA), que implica la detección de paquetes inicializadas en el preámbulo. (Bejarano & Knightly, 2013)

Umbral de sensibilidad de la CCA en los subcanales primarios es:

- En señales de -82 dBm es válido para 802.11 de canal de 20 MHz.

- En señales de -79 dBm es válido para 802.11 de canal de 40 MHz.
- En señales de -76 dBm válido para el canal de 80 MHz.
- En señales de -73 dBm válido para el canal de 160 MHz.

Umbral de sensibilidad de la CCA en los subcanales secundarios es:

- La sensibilidad mejor de -62 dBm a -72 dBm para canales de 20 y 40 MHz en comparación de 802.11n.
- En señales de -69 dBm para canales de 80MHz.

De acuerdo con un dispositivo de 802.11ac debe detectar si el subcanal primario está ocupado dentro del tiempo de 4 ms se optime una probabilidad superior de 90 %. Por el contrario en subcanales secundarios el dispositivo tiene hasta 25 ms para detectar si está ocupado, la probabilidad es la misma, en la figura 14 se muestra los canales primario y secundarios. (Bejarano & Knightly, 2013)

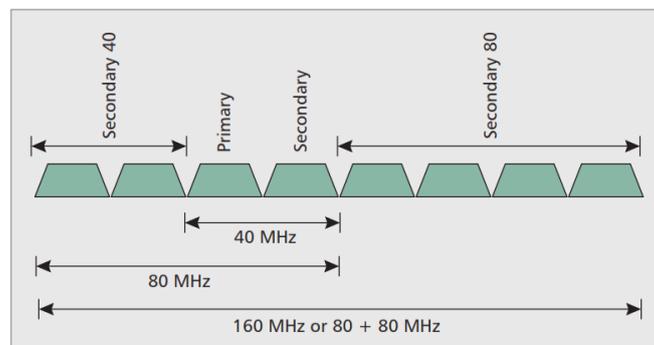


Figura 14. Selección del canal primario y secundario

Fuente: (Bejarano & Knightly, 2013)

Regla de acceso al canal. Una trama puede transmitir si el medio está inactivo. Si el medio está inactivo, depende de que tan utilizado está el canal de transmisión, por el cual un dispositivo VTH puede:

- Transmitir una trama de 20 MHz en un canal principal de 20 MHz. Es decir el CCA solo se fija en el canal primario de 20 Mhz.
- Transmitir una trama de 40 MHz en el canal primario de 40 MMz. Esto quiere decir que el canal secundario de 20 MHz debe estar inactivo y ha pasado la comprobación de CCA.
- Se transmitirá una trama de 80 MHz en el canal primario de 80 MHz. Aquí requiere que el canal primario y secundario de 40 MHz estén inactivos.
- Transmitir un trama de 160 MHz en el canal de 160 MHz, pero solo si los canales primario y secundario de 80 MHz están inactivos.

2.5.5.2.4 *Operación de ancho de banda dinámico (RTS, listo para enviar/ CTS, libre para enviar)*

En 802.11ac un Access Point (AP) operan en 80 MHz (o 160 MHz) debe ser capaz de permitir asociar estaciones de dispositivos de 802.11a o 802.11n. Por lo tanto, Los haz son enviados en un canal de 20 MHz, conocido como el canal primario, dentro del canal 80 MHz. (Cisco System, 2014)

Si un punto de acceso 802.11ac está cerca de otro, es posible que un canal primario de 20 MHz este dentro de un canal de 80 o 160 MHz. Esto significa que diferentes puntos de acceso y sus clientes pueden transmitir a la vez produciendo un solapamiento en diferentes subcanales, lo que conllevaría a tener colisiones. (Bejarano & Knightly, 2013)

Para solucionar este problema 802.11ac define un handshake que es una técnica utilizada para que una comunicación se establezca de manera correcta y manejar adecuadamente la asignación de canal estático y dinámico. Este handshake consiste en un mecanismo RTS/CTS, que proporciona información sobre la cantidad actual del ancho de banda disponible. (Bejarano & Knightly, 2013)

En la figura 15 considera un escenario en el que un AP quiere transmitir datos aun cliente que se asocia a través de un canal de 80MHz. El punto de acceso comprueba en primer lugar si el canal está inactivo. Si es así, transmite múltiples RTS en formato PPDU en 802.11a (uno para cada RTS subcanal de 20 MHz). Por lo cual se espera que cada dispositivo cercano en ya se en 802.11a/n o 802.11ac pueda recibir un RTS en su canal primario. (Bejarano & Knightly, 2013)

Antes de que un cliente responde con una CTS, se comprueba si alguno de los subcanales en la banda de 80 MHz está ocupado. Por tanto el cliente solo responde con un CTS en esos subcanales que están inactivos e informa del ancho de banda total del CTS replicado. Al igual que con los RTS, CTS envía un formato PPDU en 802.11a y se replica a través de los diferentes subcanales de 20MHz que están inactivos. (Bejarano & Knightly, 2013)

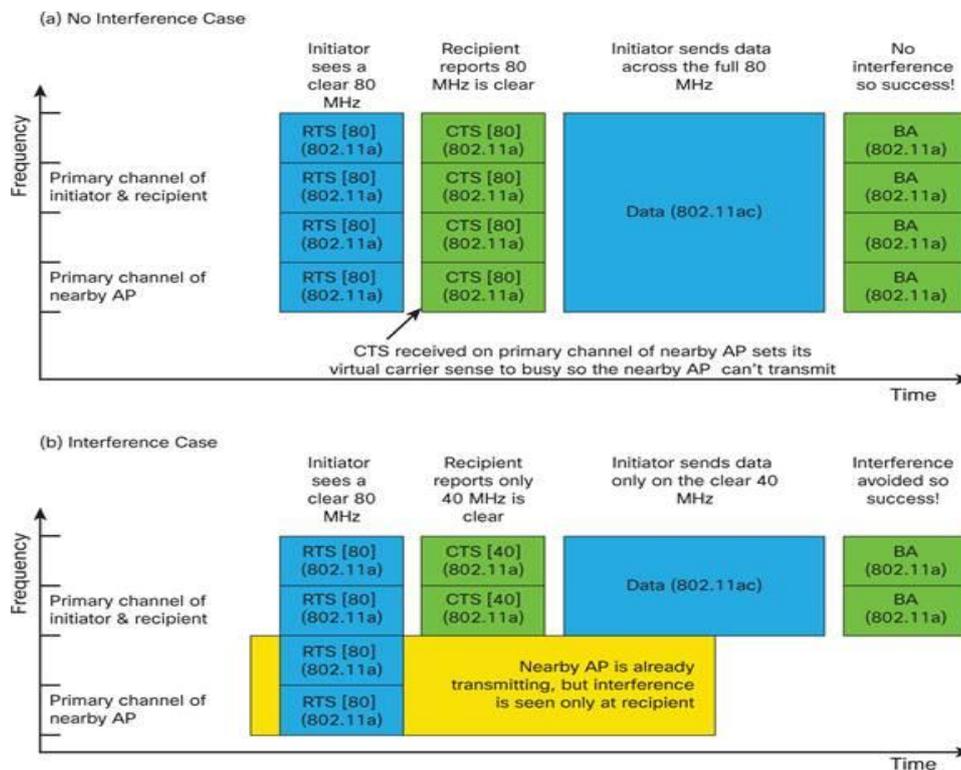


Figura 15. Mecanismo RTS/CTS: a) ningún caso de interferencia; b) caso de interferencia

Fuente: (Cisco System, 2014)

2.5.6 FORMACIÓN DE HACES EN 802.11AC (BEAMFORMING)

Las LAN Inalámbricas han ofrecido grandes beneficios a los usuarios de la red, principalmente en la forma de la movilidad, pero a cambio han ampliado el dominio de colisión en un puerto del switch que está conectado a un punto de acceso. Por lo tanto la aplicación MIMO multiusuario en 802.11ac funciona tomando ventaja de la formación de haz para enviar tramas a diversas ubicaciones al mismo tiempo. (Gast, 802.11ac: A Survival Guide, 2013)

802.11ac adapta la tecnología beamforming con el fin de reducir las interferencias inalámbricas y mejorar la fiabilidad de la señal. Un punto de acceso (AP) y los clientes suelen tener antenas omnidireccionales que irradian la señal de radiofrecuencia en todas las direcciones por lo que aumenta la interferencia entre estos dispositivos. (Gast, 802.11ac: A Survival Guide, 2013)

Beamforming puede transmitir datos hacia las direcciones específicas, en lugar de que los datos se irradian en todas las direcciones. Es decir, el beamforming actúa como un láser, el cual puede enviar los datos directamente a dispositivos específico, mientras que los estándares anteriores irradian la señal como una bombilla de difusión de luz. Por lo que beamforming puede enfocar mayor fuerza y proporciona una cobertura más amplia, en la figura 16 se muestra la actuación del beamforming con los estándares anteriores y el de 802.11ac. (Coleman & Westcott, 2015, pág. 680)



Figura 16. Comparación de difusión de haces 802.11n y 802.11ac

Fuente:<http://www.comunicacionesinalambricashoy.com/wireless/conceptos-basicos-de-wifi-2/>

2.5.6.1 Proceso de formación de haz

Para llevar a cabo la formación de haz, las múltiples cadenas de radio en el AP transmiten la misma información a través de diferentes antenas. Por lo que todas las transmisiones de onda de los APs deben llegar a las antenas de recepción al mismo tiempo y en fase entre sí. Esto da como resultado un aumento de la señal de aproximadamente de 3 decibeles. (Coleman & Westcott, 2015)

En la transmisión de datos, el dispositivo receptor debe reconocer los datos transmitidos. Esto es realizado mediante un acuse de recibo beamformed, así en cuyo caso el receptor también puede actuará como un formador de haces para la transmisión.

En un intercambio de tramas entre dos dispositivos, cada lado puede elegir calibrar el canal para la formación de haces; cuando los dispositivos cliente tienen grandes cantidades de datos a transmitir, la norma les permite calibrar el canal para dirigir las transmisiones hacia su AP que le da servicio. En la siguiente figura 17 se muestra la secuencia de calibración de los haces (Gast, 802.11ac: A Survival Guide, 2013)

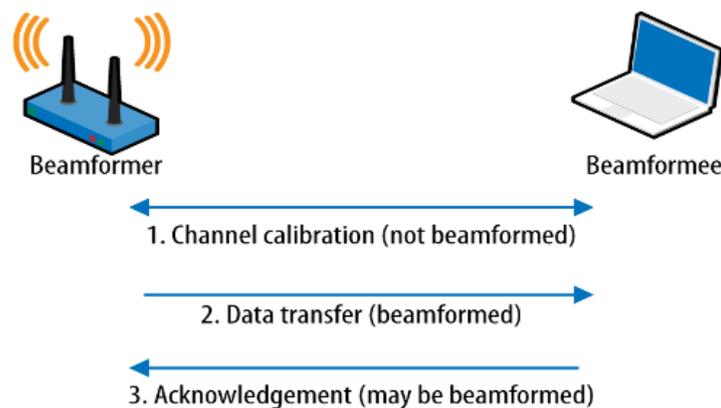


Figura 17. Proceso de formación de haz.

Fuente: (Gast, 802.11ac: A Survival Guide, 2013)

Técnicamente la tecnología beamforming se basa fundamentalmente en el procesamiento de señales digitales (DSP) y la tecnología MIMO. El cual Beamforming puede determinar la dirección correcta de un dispositivo cliente específico. Para ello, un beamformer (transmisor) cambia la fase y la amplitud relativa de la señal. Es decir que se puede crear una interferencia constructiva y una interferencia destructiva, emitiendo la señal más fuerte en la dirección deseada y la más débil en otras direcciones. (tpLink, s.f.)

2.5.6.2 Funcionamiento de beamforming

El beamforming 802.11ac se basa en el procedimiento de resonancia del canal, para elegir la dirección correcta. Por tanto, el transmisor envía una trama de anuncio NDP (Paquete de Datos Nulo).

2.5.6.2.1 Paquetes de datos nulos (NDP)

Consiste que el transmisor envía una trama de anuncio NDP (Paquete de Datos Nulo) al receptor, cuando el receptor obtiene el NDP, lo analiza y calcula una matriz de respuesta para el transmisor. Entonces el transmisor acepta y calcula la matriz de dirección de acuerdo con la información recibida. Esta matriz de dirección puede ajustar la fase y la amplitud de la señal, por lo que el transmisor puede transmitir datos hacia direcciones específicas. Así, en las direcciones especificadas, las señales serán más fuertes y en otras direcciones las señales se debilitarán, asegurando que la energía se utiliza de la manera más eficiente. (tpLink, s.f.)

Beamforming depende de los procedimientos de calibración de canal, llamados **canal de resonancia** en el estándar 802.11ac, para determinar cómo irradiar energía en una dirección preferida. Muchos factores pueden influir en cómo dirigir un haz en una dirección particular. Dentro del canal de OFDM de múltiples portadoras utilizado por 802.11ac, puede

haber una respuesta dependiente de la frecuencia fuerte que requiere la limitación de velocidades de datos sobre el canal. Alternativamente, entre dos dispositivos 802.11ac, una frecuencia particular puede responder mucho más fuertemente a una ruta que otro. La formación de haz permite a los puntos finales en ambos lados de un enlace para obtener el máximo rendimiento mediante el aprovechamiento de canales. (Gast, "Chapter 4." 802.11ac: A Survival Guide, 2013)

Matemáticamente, la capacidad de dirigir la energía está representada por la matriz de orientación, la cual se le otorga la letra Q en 802.11ac. Las matrices se utilizan para representar la información de dirección, ya que son una excelente herramienta para la representación de la respuesta de frecuencia de cada cadena de transmisión de la matriz sobre cada flujo de transmisión. Las operaciones con matrices permiten el asignador espacial para alterar la señal a transmitir para cada subportadora OFDM sobre cada ruta al receptor en una sola operación. Naturalmente, después de aplicar la matriz de orientación a los datos para la transmisión, dejará la red de antenas en un patrón decididamente no omnidireccional. (Gast, "Chapter 4." 802.11ac: A Survival Guide, 2013)

El sondeo de canal consta de cuatro pasos principales:

1. El formador de haces se inicia el proceso mediante la transmisión de una trama de anuncio de Null de Paquetes de Datos, que se utiliza para obtener el control del canal e identificar beamformees. Beamformees responderán a la Convocatoria NDP, mientras que todas las demás estaciones simplemente diferir el acceso de canal hasta que la secuencia de sondeo es completa.
2. El formador de haces sigue al anuncio PND con un paquete de datos nula. El valor de un PND es que el receptor puede analizar los campos de entrenamiento OFDM para

calcular la respuesta del canal, y por tanto la matriz de orientación. Para transmisiones de varios usuarios, múltiples PNDs pueden ser transmitidos.

3. El beamformee analiza los campos de entrenamiento en el PND recibida y calcula una matriz de realimentación. La matriz de retroalimentación, se refiere la letra V en la especificación 802.11ac, permite al formador de haces para calcular la matriz de orientación.
4. El conformador de haz recibe la matriz de realimentación y calcula la matriz de orientación a las transmisiones directas hacia el beamformee.

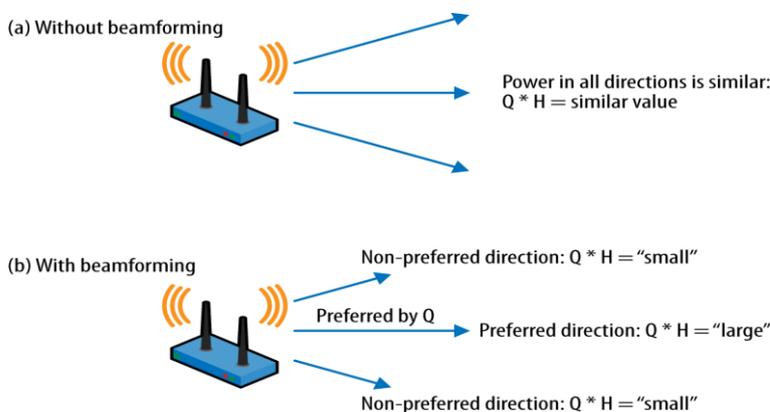


Figura 18. Efectos de la matriz de orientación de haces

Fuente: (Gast, "Chapter 4." 802.11ac: A Survival Guide, 2013)

En la figura 18 se muestra cuando se transmite con beamforming o sin beamforming

Cuando se transmite la matriz de realimentación, hay tres factores principales que determinan su tamaño. En primer lugar, los canales más anchos tienen más subportadoras OFDM, por lo que la matriz de realimentación debe ser más grandes para adaptarse a ellos. En segundo lugar, cuanto mayor sea el número de combinaciones de pares de antenas de transmisión y recepción, mayor es la matriz. Por último, 802.11ac permite que dos representaciones diferentes de los valores de ángulo para permitir que los dispositivos pueda

utilizar una resolución más alta cuando sea necesario. En la tabla 7 muestra el número de subportadoras y ángulos.

Tabla 7. Número de ángulo y subportadoras

Número de subportadoras	Por subportadoras ángulo de reencuentro	Tamaño del campo de ángulo
canal de 20 MHz: 52 subportadoras	2x2: 2 ángulos / subportadora	Usuario único: 6 bits o 10 bits / ángulo
canal de 40 MHz: 108 subportadoras	3x3: 6 ángulos / subportadora	Multiusuario: 12 bits o 16 bits / ángulo
canal de 80 MHz: 234 subportadoras	4x4: 12 ángulos / subportadora	
canal de 160 MHz: 486 subportadoras	6x6: 30 ángulos / subportadora	
	8x8: 56 ángulos / subportadora	

Fuente: (Gast, "Chapter 4." 802.11ac: A Survival Guide, 2013)

CAPITULO III

3 ESTUDIO DE LA SITUACIÓN DEMOGRÁFICA Y REQUERIMIENTOS DEL DISEÑO DE RED.

En este capítulo se realiza una investigación de la demanda del servicio de internet, además de las necesidades que requiere los habitantes en ámbito de las telecomunicaciones, con la realización de encuestas, y también de los requerimientos de diseño y equipos de red.

Incluso se analiza la ubicación de la zona a intervenir mediante mapas y ubicación del lugar donde se establecerán las antenas repetidoras y el dimensionamiento de la población para ver la demanda.

3.1 SITUACIÓN ACTUAL

NETSERVICE es una empresa de telecomunicaciones e internet que brinda bienes y servicios, con la finalidad de brindar mejor servicios de internet mediante sistemas inalámbricos, cableado estructurado, Diseño de páginas web, etc. En la zona norte del Ecuador.

NETSERVICE rigiéndose a su misión y visión empresarial, busca satisfacer las necesidades de sus clientes, ofreciendo tecnología de punta y excelencia en el servicio al cliente, laborando con cualidades empresariales de alto contenido humano y profesional tales como la asertividad y la proactividad para anticipar y prever la demandas del mercado actual.

Además, de proveer el servicio de Internet, no solo a nivel regional, sino a nivel nacional, con sistemas altamente funcionales y que cumplan con los más altos estándares de calidad y siguiendo al Plan de Desarrollo y Acceso Universal en las telecomunicaciones.

NETSERVICE cuenta con una Infraestructura en la provincia de Imbabura mediante sistemas Inalámbricas, cuenta con 3 subredes: la primera red está conformada con los nodos Nodo Arcángel y Nodo Bolívar como se muestra en la figura 19. Las antenas del nodo Boliviario se interconecta con el RouterBoard Mikrotik Rb 1100ah datasheet en el ANEXO I a) y este con el Switch cisco catalyst 3500 datasheet en el ANEXO I b).

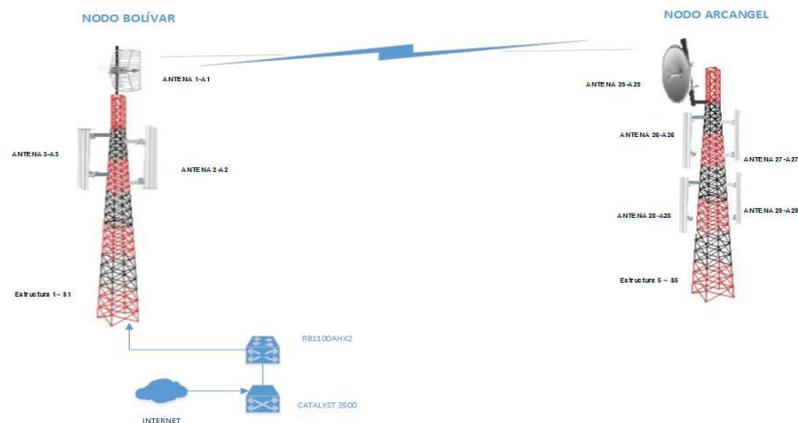


Figura 19. Diagrama de la Red 1 NETSERVICE

Fuente: NetService

La segunda red está conformada con los nodos: nodo Pincho Loco, Azaya, San Antonio y Urcuqui como se muestra en la figura 20.

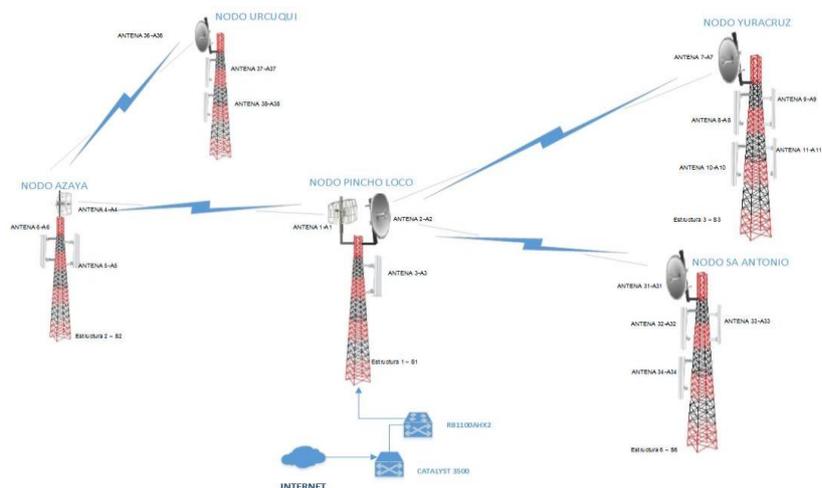


Figura 20. Diagrama de la Red 2 NETSERVICE

Fuente: NetService

La tercera red está conformada por los nodos: nodo Pucara, Cotacachi y Arbolito como se muestra en la figura 21.

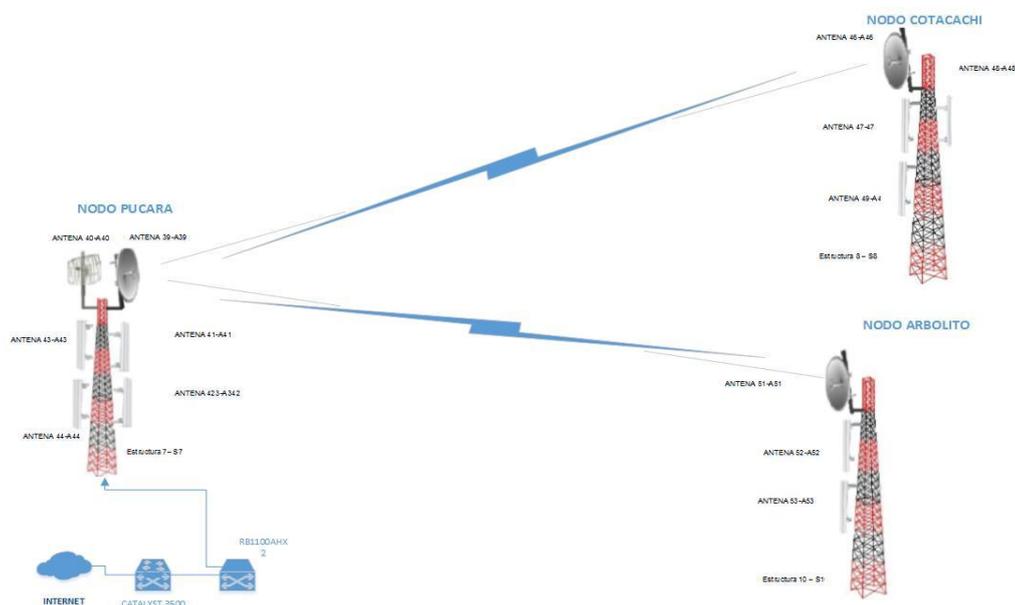


Figura 21. Diagrama de la Red 3 NETSERVICE

Fuente: NetService

En el Nodo cerro Cotacachi existe una torre de aproximadamente 18 metros tipo Aristada, con una caseta metálica para los equipos de telecomunicaciones, en este nodo se encuentran instalados los siguientes equipos:

- UBIQUITI ROCKET M5 - 5 GHz de 27dBm, 802.11a/n que se enlaza con el nodo Pucara, más características en el ANEXO I c).
- AirMax PowerBeam M5 de 25 dBi, 5GHz, 802.11a/n que irradia la señal a la ciudad de Cotacachi ANEXO I d).
- AIRGRID M5-HP – 23dBi, 802.11a/n, que irradia la señal a la ciudad de Otavalo ANEXO I e).
- TP-LINK TL-SG108 Switch 8 Puertos Gigabit equipo utilizado para conmutación entre los equipos de enrutamiento y las antenas de radio.

- MIKROTIK RB750G este equipo es para el enrutamiento y administración de la red ANEXO I f).

3.2 ANTECEDENTES DE LA SITUACIÓN DEMOGRÁFICA

Se realiza un estudio demográfico de la zona a intervenir en este caso es la Cuenca del Lago San Pablo perteneciente a la provincia de Imbabura cantón Otavalo.

La laguna de San Pablo es uno de los 28 lagos con que cuenta la provincia de Imbabura, a 2670 metros sobre el nivel del mar. La laguna de San Pablo se encuentra a los pies del volcán Imbabura. En sus alrededores se puede encontrar artesanías propias de la zona, además de hoteles, restaurantes.

El territorio de la cuenca del Lago san Pablo representa el 29 por ciento de la extensión del cantón. Allí habitan 35 mil habitantes, distribuidas en las parroquias de San Pablo, Gonzales Suarez, San Rafael, Eugenio Espejo y El Jordán-Otavalo, en la figura 22 se muestra el mapa del cantón Otavalo que se ingresa en el proyecto.

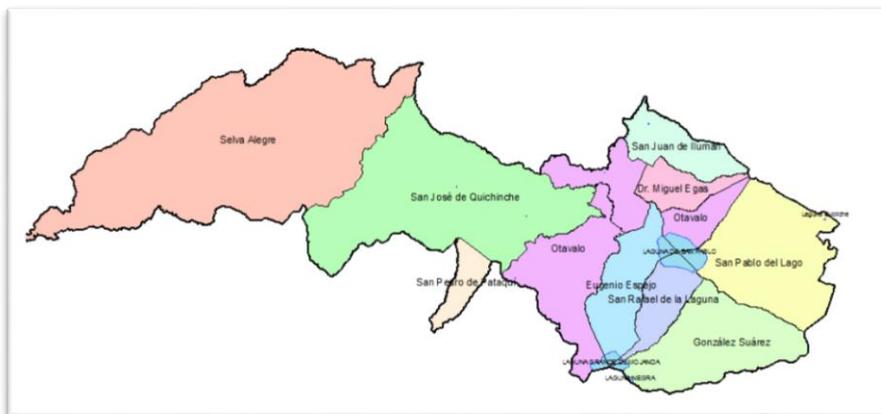


Figura 22. División de parroquia del cantón Otavalo

Fuente: http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/_OTAVALO_IMBABURA.pdf

3.3 PARROQUIA DE OTAVALO QUE INGRESAN AL PROYECTO.

En la figura 23 se ilustra las parroquias del cantón Otavalo que ingresan en el proyecto.

San Pablo, Gonzales Suarez, San Rafael, Eugenio Espejo y El Jordán-Otavalo.



Figura 23. Localización de las parroquias del proyecto.

Fuente: http://app.sni.gob.ec/sni_OTAVALO_IMBABURA.pdf

3.3.1 SUPERFICIE Y POBLACIÓN DE LAS PARROQUIAS DEL CANTÓN OTAVALO

Según el último censo de población 2010, los habitantes en el área urbana ascienden al 37.58% y en el área rural es del 62.48%. Se observa que la población rural ocupa la mayor parte del territorio, por lo que en la siguiente tabla 8 se describe el número de habitantes del cantón Otavalo por parroquia y sexo.

Tabla 8. Población urbana y rural del cantón Otavalo según el género.

	Hombre	Mujer	Total	Proyección al 2017 en un 14,4 %
DR. MIGUEL EGAS CABEZAS	2.344	2.539	4.883	5586

OTAVALO	EUGENIO ESPEJO (CALPAQUI)	3.499	3.858	7.357	8416
	GONZALEZ SUAREZ	2.753	2.877	5.630	6440
	OTAVALO	25.274	27.479	52.753	60349
	PATAQUI	128	141	269	307
	SAN JOSE DE QUICHINCHE	4.142	4.334	8.476	9696
	SAN JUAN DE ILUMAN	4.186	4.398	8.584	9820
	SAN PABLO	4.701	5.200	9.901	11326
	SAN RAFAEL	2.561	2.860	5.421	6201
	SELVA ALEGRE	858	742	1.600	1830
	Total	50.446	54.428	104.874	119975

Fuente: INEC, censo del 2010 y proyección poblacional al 2017

Según el INEC el crecimiento poblacional al 2017 será de un 14,4% en el Cantón Otavalo respecto al censo del 2010. Por lo que en la tabla 8 se muestra la proyección de la población en el cantón Otavalo y sus parroquias.

3.3.2 POBLACIÓN Y MUESTREO

En la tabla 9 se muestra las parroquias y la población total que se va intervenir a para el diseño de la red.

Tabla 9. Población total y proyección de las parroquias a intervenir en el proyecto.

POBLACIÓN				
PARROQUIAS	hombres	Mujeres	Total	Proyección 2017
Eugenio Espejo	3499	3858	7357	8416
González Suárez	2753	2877	5630	6440
San Rafael	2561	2860	5421	6201
San Pablo	4701	5200	9901	11326

Otavalo- Compañía- Camuendo	1121	1223	2344	2681
Total	14635	16018	30653	35064

Fuente: Elaborado por Autor

Cálculo del Tamaño de la Muestra conociendo el Tamaño de la Población.

La ecuación (1) utilizaremos para calcular el tamaño de muestra cuando se conoce el tamaño de la población.

$$n = \frac{N * (Z)^2 * S^2}{d^2(N - 1) + Z^2 * S^2} \quad (1)$$

n = tamaño de la muestra

N = Población

En nuestro caso

N= 35064 total pero como las posibles personas a contratar deben ser mayores de edad entones, según el INEC en Imbabura el 44.8% son mayores de 18 años por lo tanto al población se reduciría a lo siguiente.

N=15708

d= Error maestral, que en este caso por tratarse de población finita, se trabajará con el 7% de margen aceptable.

S= Desviación de la población al cuadrado o varianza: 0.25 porque se trabaja en el centro, es decir: 0.5 de éxito y 0.5 de fracaso.

Z = Valor tipificado que corresponde a 1.96 doble cola

Nivel de confianza 95%

(N-1) = Corrección geométrica, para muestras grandes > 50

$$n = \frac{15708 * (1.96)^2 * (0.5)^2}{(0.07)^2(15708 - 1) + (1.96)^2 * (0.5)^2}$$

$$n = \frac{15708 * 3.84 * 0.25}{0.0025(15708) + 3.84 * 0.25}$$

$$n = \frac{15085.96}{77.9247}$$

$$n = 194$$

3.4 CRITERIOS PARA LA REALIZACIÓN DE LA ENCUESTA A LA POBLACIÓN

El primer paso es identificar los objetivos de la realización de la encuesta es conocer la aceptación que podrá tener el servicio de acceso al Internet, conocer la demanda, las necesidades y problemas que el cliente podría tener en este servicio. Además de conocer los gustos, preferencias de los consumidores con respecto al servicio y medir la satisfacción del cliente y potenciales clientes. Por lo que el segundo pasó es saber la población y establecer una muestra para el número de encuestas a realizar.

Las necesidades de los habitantes en acceso a internet se debe tomar en cuenta algunos aspectos tales como:

- Analizar el grado de aceptación por partes de habitantes de la cuenca del lago san pablo en el servicio de acceso a la internet.
- Analizar los problemas que existe en el acceso a internet, ya sea en conectividad, falta de proveedores del servicio y la parte económica.
- Determinar el porcentaje de la utilización de las aplicaciones más comunes en el internet, en base a estos dimensionar el ancho de banda necesario para el diseño.

A continuación se describe las preguntas:

1. ¿Existe en su comunidad ofertas de acceso a internet?
 - a. Si
 - b. No

2. ¿Cuenta con servicio de acceso a Internet en su Hogar?
 - a. Si
 - b. No

3. Si de la pregunta 2 su respuesta es **Sí**. ¿En cuál o cuáles de los siguientes dispositivo electrónicos tiene conexión a internet?
 - a. Computador de escritorio
 - b. Computador portátil
 - c. Tablet
 - d. Celular
 - e. Todos los anteriores

4. ¿Cuál de las siguientes aplicaciones ha utilizado mediante el acceso al internet?
 - a. Redes sociales
 - b. Envío de correo electrónicos
 - c. Aplicaciones web.
 - d. Consultas online
 - e. Video y audio en tiempo real
 - f. U otro _____

5. ¿De las aplicaciones anteriores el internet que ha contratado le satisface en las necesidades de navegación?
 - a. Si
 - b. No

6. ¿Del internet que ha contratado ha tenido problemas conectividad y cobertura?
 - a. Si
 - b. No

7. Si la pregunta 2 su respuesta es **NO**. ¿Cuál es la razón que no posee acceso a Internet?
 - a. Falta de cobertura.
 - b. Falta de ofertas de los proveedores del servicio de internet.
 - c. Falta de recursos económicos.
 - d. No existe planes atractivos del proveedor.
 - e. Otros _____

8. De acuerdo a **SI** o **No** posee conexión a internet le gustaría contratar el servicio de internet Banda Ancha inalámbrico ilimitado de gran velocidad y a menor costo.
 - a. Si
 - b. No

9. ¿Cuál es la razón que le motivaría a contratar el servicio de internet en su hogar?
 - a. Estudio
 - b. Trabajo
 - c. Pasatiempo
 - d. Comunicación
 - e. Otros: _____

10. Estaría dispuesto a pagar \$26 dólares mensuales por un plan de 6 Mbps ilimitado de internet inalámbrico.
 - a. Si
 - b. No

3.4.1.1 Tabulación y procesamiento de la información

La recolección de la información mediante una encuesta me permite ver la necesidad, la demanda, el inconveniente y aceptación que tiene los residentes de las parroquias anteriormente mencionadas, en el ámbito del acceso de internet.

A continuación se describe el análisis de cada pregunta que se realizó en la encuesta a la población, tomando en consideración que los habitantes respondieron bajo su consentimiento e informados del proyecto que se está realizando en beneficio de la población.

Encuesta realizada a la población es la siguiente:

1. ¿Existe en su comunidad ofertas de acceso a internet?

Tabla 10. Porcentaje de existencia de oferta de internet

Respuesta	(#)	(%)
	Encuestados	Porcentaje
Si	153	79
No	41	21
Total	194	100



Fuente: Encuestas-realizado por el Autor

Realizando la tabulación los datos de la encuesta se la pregunta 1 se obtiene que el 79% de los habitantes encuestados afirman que existe oferta de acceso al internet y el 21% que no.

2. ¿Cuenta con servicio de acceso a Internet en su Hogar?

Tabla 11. Porcentaje de acceso a internet en los hogares.

Respuesta	(#)	(%)
	Encuestados	Porcentaje
Si	80	41
No	113	59
Total	193	100



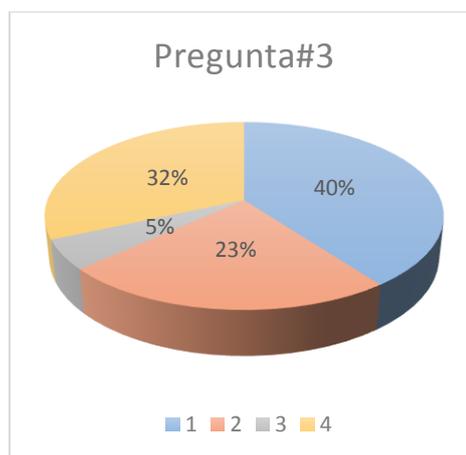
Fuente: Encuestas-realizado por el Autor

Según los resultados de obtenidos afirma que el 41 % tiene servicio de acceso a internet en su hogar y 59% no lo tiene por lo que es necesario ofertar el servicio a las familias de la zona.

3. Si de la pregunta 2 su respuesta es Sí. ¿En cuál o cuáles de los siguientes dispositivo electrónicos tiene conexión a internet?

Tabla 12. *Dispositivos de navegación en internet*

Respuesta	(#)	(%)
	Encuestados	Porcentaj
Computadora de escritorio	78	40,2
Computador portátil	46	23,7
Tablet	10	5,1
Celular	62	31,9
Total	194	100



Fuente: Encuestas-realizado por el Autor

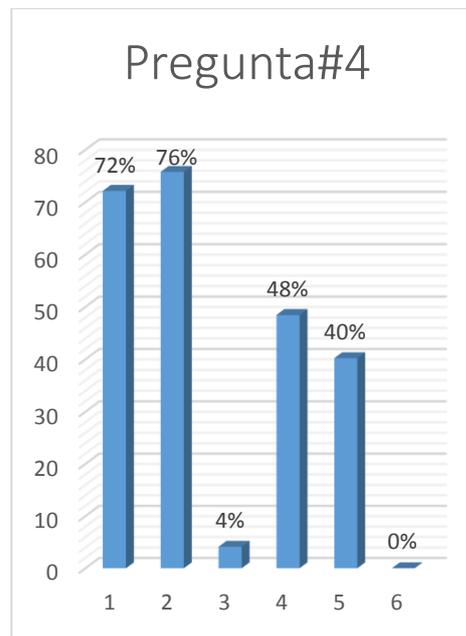
De acuerdo a los resultados obtenidos el 40,2% navega en internet con un computador de escritorio, un 23,7% con un computador portátil, 5,1% en una Tablet y un 31,9% con celular, cabe mencionar que en un hogar se conectan en internet más de 1 dispositivo, por lo tanto se necesita de mayor ancho de banda para la navegación.

4. ¿Cuál de las siguientes aplicaciones ha utilizado mediante el acceso al internet?

Los habitantes encuestados un 72,5% ha navegado en plataformas de redes sociales, un 76,1% afirmó que utiliza el internet para envío de correo electrónico, en aplicaciones web existe un porcentaje del 4,1%, un 48,7% utiliza para consultas en páginas web y 40% utiliza para ver video y escuchar audio en tiempo real. Por lo tanto el usuario navega en más de una aplicación a la vez.

Tabla 13. *Aplicaciones de navegación en internet*

Respuesta	(#)	(%)
	Encuesta	Porcentaje
	dos	
Redes sociales	140	72,5
Envió de correo electrónicos	147	76,1
Aplicaciones web	8	4,1
Consultas online	94	48,7
Video y audio en tiempo real	78	40
U otro	0	0
Total	194	100

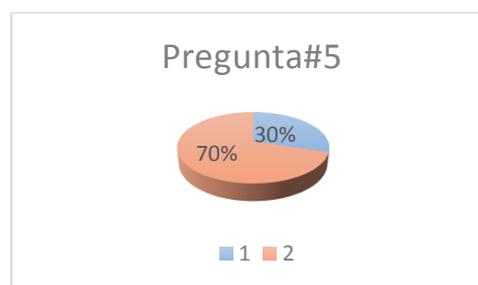


Fuente: Encuestas-realizado por el Autor

5. ¿De las aplicaciones anteriores el internet que ha contratado le satisface en las necesidades de navegación?

Tabla 14. *Aceptación de navegación de internet*

Respuesta	(#)	(%)
	Encuestados	Porcentaje
Si	24	30
No	56	70
Total	80	100



Fuente: Encuestas-realizado por el Autor

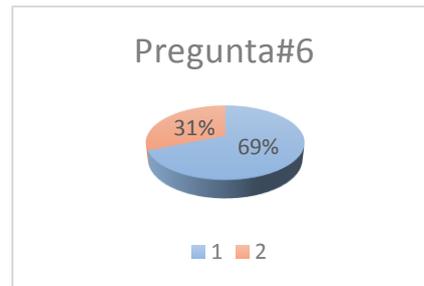
Los usuarios que tiene conexión a internet afirman que el 70% de los encuestados no están satisfechos en la navegación. Por lo que es necesario aumentar el ancho de banda para que todas

las aplicaciones ejecuten normalmente, sobretodo en video en tiempo real que necesita mayor ancho de banda.

6. ¿Del internet que ha contratado ha tenido problemas conectividad y cobertura?

Tabla 15. *Problema de conexión del servicio de internet.*

Respuesta	(#)	(%)
	Encuestados	Porcentaje
Si	55	69
No	25	31
Total	80	100



Fuente: Encuestas-realizado por el Autor

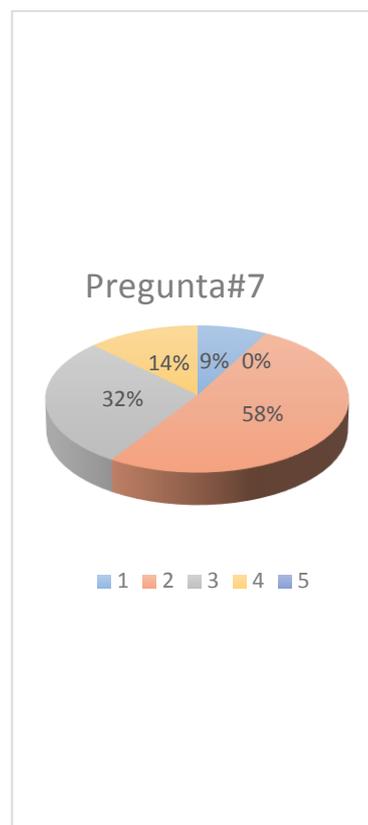
El 69% de los encuestados afirman que tiene inconvenientes de conectividad y cobertura para acceder a internet.

7. Si la pregunta 2 su respuesta es NO. ¿Cuál es la razón que no posee acceso a Internet?

El 57,5% de los encuestados no contratan el servicio de internet por falta de ofertas de parte de los proveedores del servicio por lo tanto los ISP se debe trabajar en difundir y captar con mayor eficaz el servicio con planes que satisfagan al usuario, el 31,8% por falta de recursos económicos, planes más económicos de acuerdo a lo que especifique la ley de telecomunicaciones que debe haber una igualdad en los precios del servicio.

Tabla 16. *Dificultad por no acceder al servicio de internet*

Respuesta	(#)	(%)
	Encuestados	Porcentaje
Falta de cobertura	10	8,8
Falta de ofertas de los proveedores del servicio de internet	65	57,5
Falta de recursos económicos	36	31,8
No existe planes atractivos del proveedor	16	14,1
Otros	0	0
Total	113	100

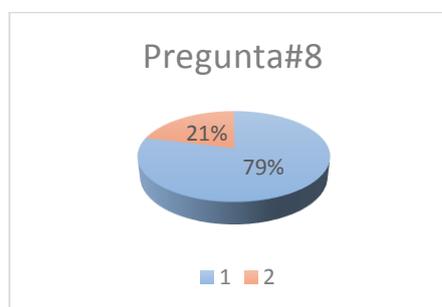


Fuente: Encuestas-realizado por el Autor

8. De acuerdo a SI o No posee conexión a internet le gustaría contratar el servicio de internet Banda Ancha inalámbrico ilimitado de gran velocidad y a menor costo.

Tabla 17. *Posibles Usuario del servicio de internet*

Respuesta	(#)	(%)
	Encuestados	Porcentaje
Si	153	79
No	41	21
Total	193	100



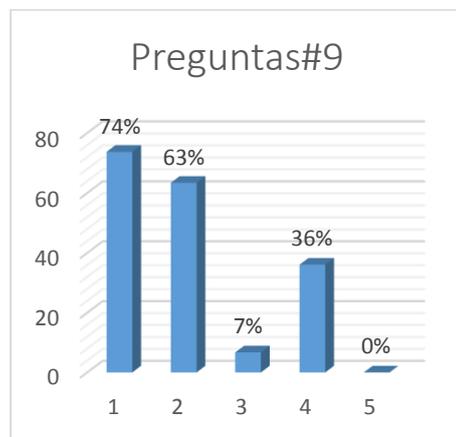
Fuente: Encuestas-realizado por el Autor

El 79% de los encuestados afirmaron contratar el servicio de internet banda ancha en su hogar y tener una visualización de posibles usuarios de la empresa del proveedor de servicio internet (ISP) al que estoy efectuando el proyecto.

9. ¿Cuál es la razón que le motivaría a contratar el servicio de internet en su hogar?

Tabla 18. *Motivo de contratación de internet*

Respuesta	(#)	(%)
	Encuestados	Porcentaje
Estudio	143	74
Trabajo	123	63,7
Pasatiempo	13	6,7
Comunicación	69	35,7
Otros	0	0
Total	194	100



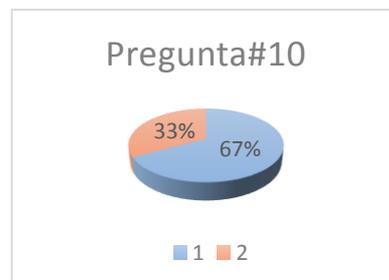
Fuente: Encuestas-realizado por el Autor

Un porcentaje de 74% de los encuestados, le motiva a contratar el servicio de internet por estudio y un 64% por trabajo.

10. Estaría dispuesto a pagar \$26 dólares mensuales por un plan de 6 Mbps ilimitado de internet inalámbrico.

Tabla 19. *Disponibilidad de pago por el servicio*

Respuesta	(#)	(%)
	Encuestados	Porcentaje
Si	130	67
No	64	33
Total	194	100



Fuente: Encuestas-realizado por el Autor

Se tiene un 67% de los encuestados afirman que si están dispuestos a pagar o cancelar el valor de 26 dólares este valor es uno de los planes que oferta la empresa, sin embargo el 33% menciona no estar dispuestos a pagar este valor por el servicio de internet.

3.5 DIAGRAMA DE PROCESO DE RED

Para la realización del presente proyecto del diseño de red es de vital importancia un diagrama de proceso para su correcta ejecución del mismo. En la figura 24 se muestra un diagrama de bloques que facilitara el diseño de red.

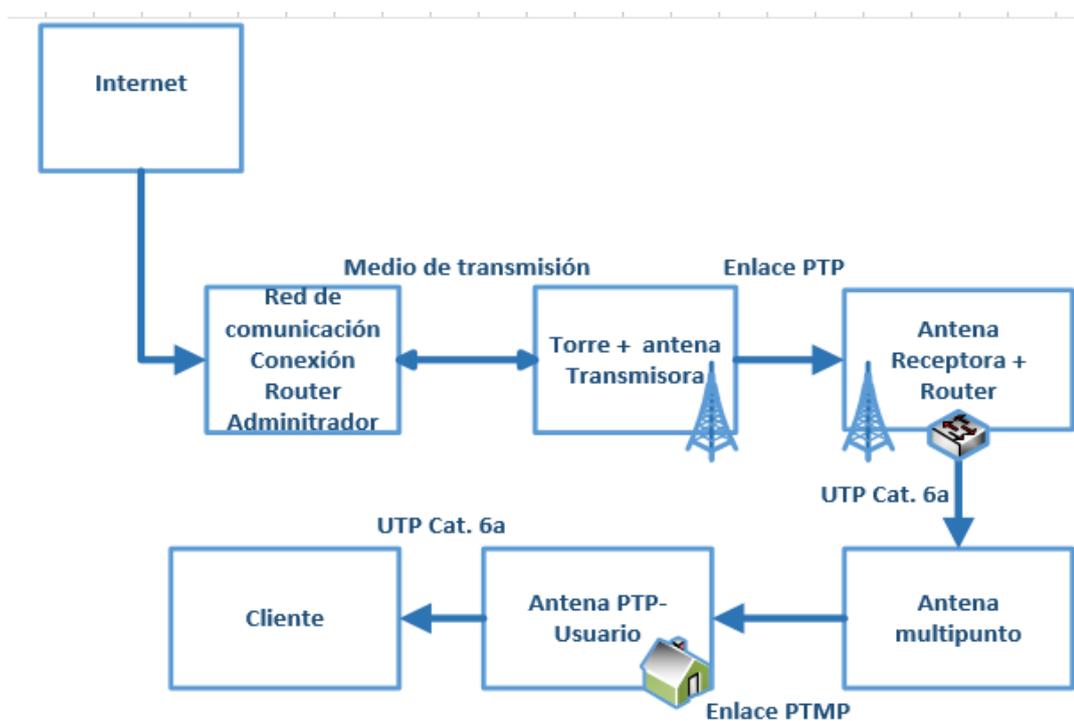


Figura 24. Diagrama de bloques de la red

Fuente: Elaborado por Autor

3.6 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL DISEÑO DE LA RED

El proyecto consiste en interconectar, mediante radio enlace repetidoras en puntos estratégicos de la zona a intervenir.

La ubicación de los nodos de transmisión es de vital importancia el cual me permitirá enlazar dos puntos de forma correcta, por lo que se debe tomar algunos aspectos

- El enlace entre dos puntos debe existir una línea de vista directa, sin obstáculos para la adecuada propagación de las ondas de radio.
- Se debe considerar una altura adecuada que me permita una visibilidad directa de transmisión. Este puede ser tanto para los enlaces punto a punto como para la transmisión omnidireccional hacia los usuarios.
- Se debe considerar el perfil del terreno y cálculo de la altura, a fin de la correcta ubicación del nodo.
- Tener en consideración los diferentes factores que puedan degradar la señal como por ejemplo el ruido.

3.6.1 SELECCIÓN DE LAS UBICACIONES DE LOS NODOS

Se seleccionaron dos ubicaciones y se verifica cual es el punto conveniente para el diseño, se tomara en consideración los aspectos anteriores y otros factores.

1. Nodo 1

a) Opción 1

En la figura 25 se muestra opción 1 para la ubicación del nodo 1.



Figura 25. Ubicación del nodo que no es considerado para el diseño

Fuente: Elaborado por Autor

b) Opción 2

En la figura 26 se muestra opción 2 para la ubicación del nodo 1

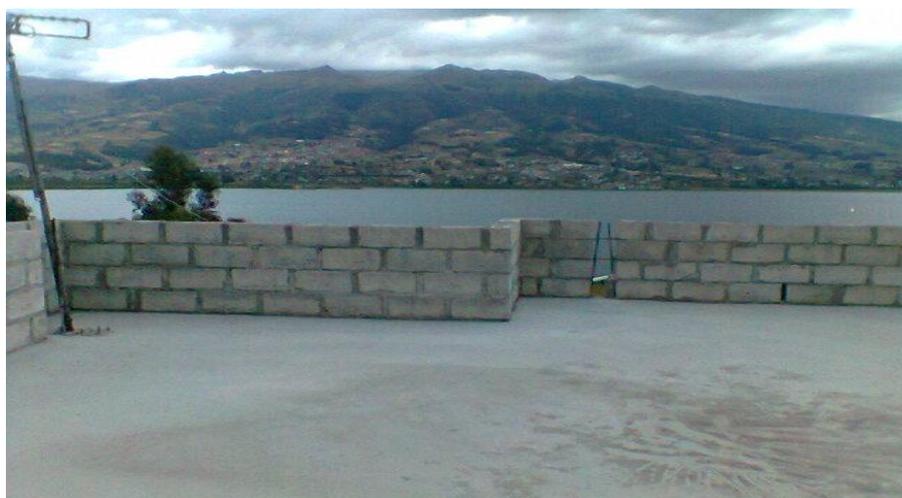


Figura 26. Ubicación de Nodo Bellavista

Fuente: Autor

La opción 1 no se consideró para el diseño de la red porque no dispone de una línea de vista directa hacia el nodo Cerro Cotacachi y Gonzales Suarez y necesitaría una torre con mayor altura, además de que en esta ubicación no existe energía eléctrica por lo que se tiene que instalar postes para llegar a la ubicación, por lo que conllevaría a un mayor costo en la implementación del proyecto.

Se consideró la opción 2 porque se tiene la facilidad de un montaje de la estructura sobre una losa de hormigón y además de la disponibilidad de energía eléctrica para la alimentación de los equipos, reduciendo el coste de tiempo en montar la estructura y costo económico.

2. Nodo 2

a) Opción 1

En la figura 27 se muestra opción 1 para la ubicación del nodo 2.



Figura 27. Ubicación del nodo que no es considerado para el diseño en San Rafael

Fuente: Elaborado por Autor

b) Opción 2

En la figura 28 se muestra opción 2 para la ubicación del nodo 2.



Figura 28. Ubicación de Nodo San Rafael

Fuente: Elaborado por Autor

La opción 1 no se consideró por motivo de que no se obtiene una línea de vista por obstrucción de árboles hacia los clientes por lo que reduce el área de cobertura y por ende pérdida de la señal

Se consideró la Opción 2 esta ubicación porque se tiene un línea de vista directa en todo los nodo de la red.

3. Nodo 3

a) Opción 1

En la figura 29 se muestra opción 1 para la ubicación del nodo 3.



Figura 29. Ubicación del nodo que no es considerado para el diseño en Sector Gonzales Suarez

Fuente: Elaborado por Autor

b) Opción 2

En la figura 30 se muestra opción 2 para la ubicación del nodo 3.



Figura 30. Ubicación del nodo Gonzales Suarez

Fuente: Autor

No se consideró la opción 1 para el diseño de la red por no tener línea de vista hacia en nodo San Rafael necesitaría una torre con mayor altura, además de que en esta ubicación no

existe energía eléctrica por lo que se tiene que instalar postes para llegar a la ubicación y se necesitaría de obra civil para instalar la torre, por lo que conllevaría a un mayor costo en la implementación del proyecto.

Se consideró la opción 2 porque se tiene la facilidad de un montaje de la estructura sobre una losa de hormigón y además de la disponibilidad de energía eléctrica para la alimentación de los equipos, reduciendo el costo de inversión.

Ubicación de los puntos donde se ubicaran los nodos de la red y se muestra en la siguiente figura 31.



Figura 31. Ubicación de los nodos de la red

Fuente: Elaborado por Autor

3.6.2 Dimensionamiento de la red

El diseño de la red se divide en tres subredes tales como se menciona a continuación.

- **Red troncal principal o Backbone:** interconecta con la repetidora ubicada en parroquia de San Pablo de Lago-Comunidad Araque- barrio Bellavista y la El nodo San Rafael ubicada en la parroquia de San Rafael. Se establecerá una conexión punto

a punto entre la repetidora Cotacachi usando la tecnología IEEE 802.11ac y que opera en la banda de 5 GHz.

- **Red troncal secundaria:** interconexión entre los repetidores o nodos secundarios ubicados en zonas estratégicas en la zona en la cuenca del Lago San Pablo-Otavallo. Esta interconexión se realizará en una red en malla con cada uno de los repetidores, la conexión se llevará a cabo usando equipos punto a punto, también utilizando tecnología IEEE 802.11ac en la banda de 5 GHz.
- **Red de acceso:** En las repetidoras secundarias estarán instaladas antenas sectoriales que permitiré irradiar la señal en toda la zona. En el lado del usuario está puntos de acceso que se enlazará con la antena sectorial ubicada en las repetidoras que proporcionará el acceso al internet al usuario, también se utilizará la tecnología IEEE 802.11ac.

3.6.2.1 Red troncal primaria

La red troncal primaria se debe tener en cuenta que ancho de banda necesito para proporcionar a las redes troncales secundarias, el cual el enlace debe tener tiempos de respuesta bajos y una línea de vista sin obstáculos.

En la tabla 20 se muestra las coordenadas geográficas de los repetidores en longitud, latitud y altura de los mismos.

Tabla 20. Ubicación de los repetidores

Puntos	Latitud(N)	Longitud(O)	Altura(m.s.n.m)
Nodo Cerro Cotacachi	0°19'48.84"	78°20'19.29"	3974
Nodo Bellavista	0°12'40.14"	78°12'30.95"	2703
Nodo San Rafael	0°11'24.59"	78°13'33.17"	2757
Nodo Gonzales Suarez	0°10'44.63"	78°12'3.29"	2721

Fuente: Elaborado por Autor

Una vez obtenido las coordenadas geográficas de las repetidores en la figura 32 se muestra la interconexión de los nodos se enlaza con las redes secundarias de las repetidoras Cotacachi-Bellavista y/o el enlace Cotacachi-San Rafael por el cual, si fallara uno de estos enlaces, todos los nodos seguirán interconectados.

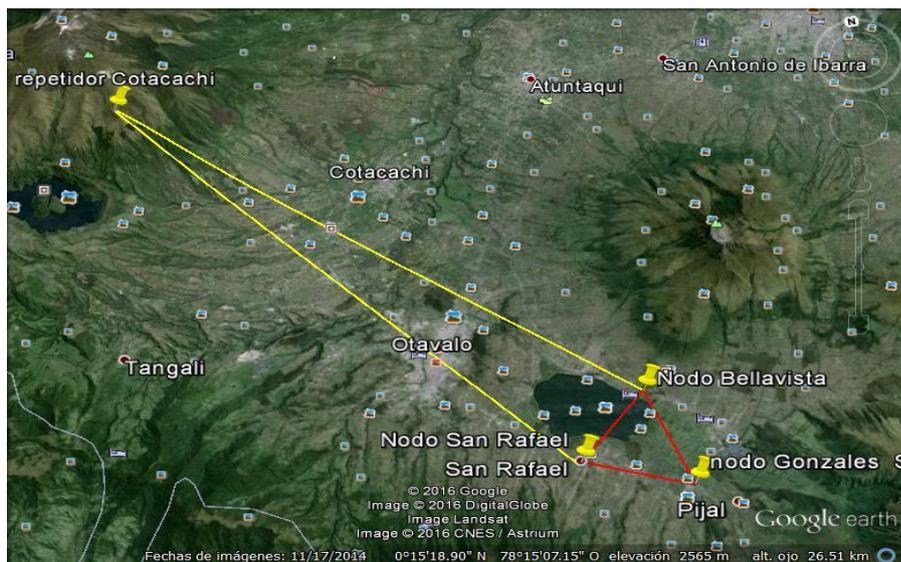


Figura 32. Interconexión de la red troncal primaria

Fuente: Recuperado de Google Earth

3.6.3 Red troncal secundaria

La red troncal secundaria es la interconexión de los nodos con topología en Malla por el cual los enlaces se realizaran punto a punto, una vez realizado los enlaces punto a punto se realizara la instalación de las antenas sectoriales para irradiar la señal hacia los hogares, en la siguiente figura 33 se muestra la conexión de los nodos.

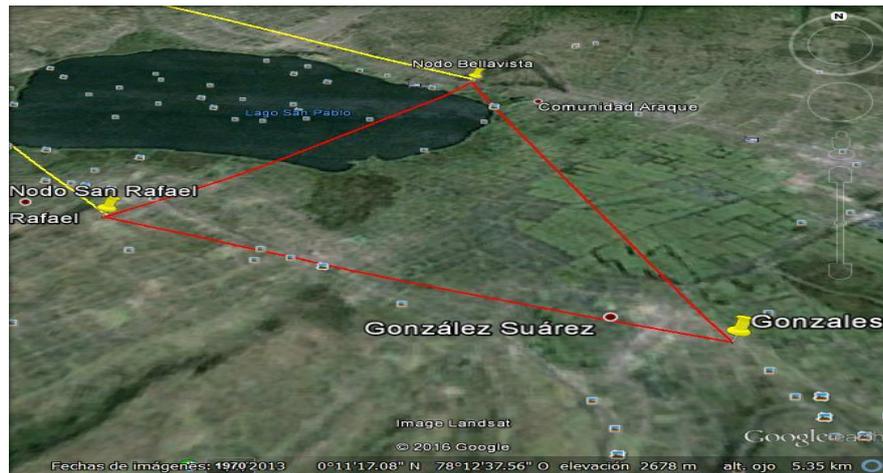


Figura 33. Red secundaria

Fuente: Recuperado de Google Earth

3.6.4 Red de acceso de última milla

La red de acceso es por vía radio el cual permite una reducción de los costes de infraestructura, además del tiempo necesario para poner en funcionamiento la red, los clientes se conectan a la red usando señales de radio en reemplazo del cobre, en parte o en toda la conexión entre el cliente y la central de conmutación.

Por lo tanto el cliente accederá al servicio, el cual se enlazará mediante una antena direccional hacia el nodo o el punto que irradia la señal. Esta antena en la parte del usuario debe tener línea de vista con el nodo y será configurada como modo cliente y en el otro lado como modo master es decir como modo Access Point. En la siguiente figura 34 se muestra la interconexión de la red de última milla.

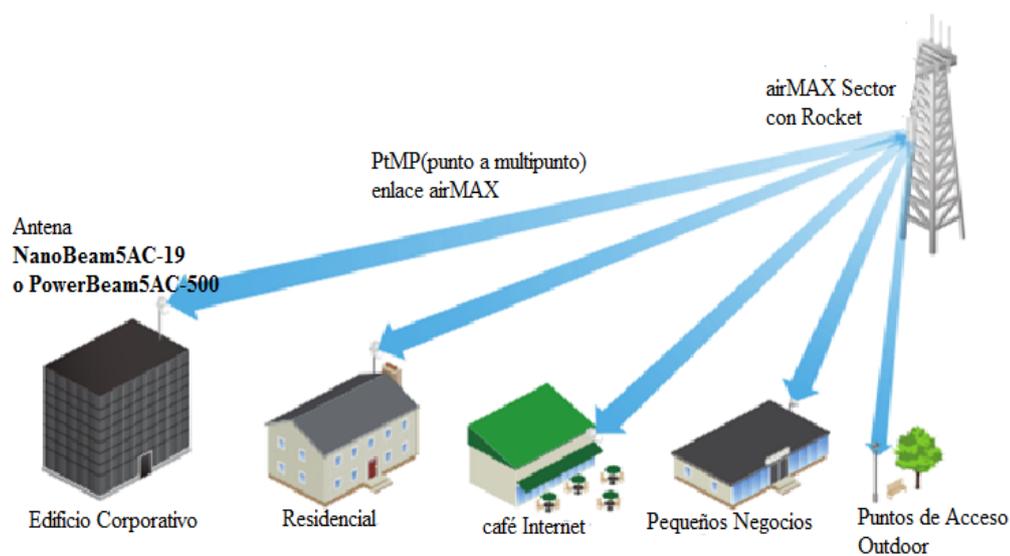


Figura 34. Red de última milla

Fuente: <https://www.ubnt.com/airmax/airmax-ac-sector-antenna/>

3.6.5 DIMENSIONAMIENTO DEL ANCHO DE BANDA

Es fundamental realizar una planificación de la red y analizar el tipo de tráfico que soportará la red, es dependerá exclusivamente del ancho de banda requerido. El tipo de tráfico que debe soportar la red es lo siguientes:

- Correo electrónico.
- Aplicaciones web.
- Video y audio en tiempo real
- Voz sobre IP
- Redes sociales

Las distintas aplicaciones de internet van a requerir diferente ancho de banda, en el siguiente tabla 21 se describirá algunas aplicaciones que requerirán un ancho de banda para su funcionalidad.

Tabla 21. *Requerimientos de ancho de banda.*

Aplicación	Requisitos de ancho de banda por usuario(Kbps)
Correo electrónico	100(kbps)
Navegación web	100(kbps)
Video en tiempo real	200(kbps)
Audio en tiempo real	160(kbps)
Redes sociales	100(kbps)
Total Ancho de Banda	660(Kbps)

Fuente: (Wireless Networking in the Developing World(WNDW), 2013)

3.6.5.1 Relación de competición y factor de Simultaneidad

La relación de compartición y el factor de simultaneidad hace referencia a que no todos los usuarios utilizan el servicio al mismo tiempo por la que existe una probabilidad pequeña que todos los usuarios utilicen simultáneamente el servicio, por lo que se debe dimensionar la capacidad de servicio en base este factor.

La relación de compartición, según la norma de calidad para el servicio de valor agregado (SVA), se define como el número de usuarios asignados a un determinado canal compartido, es decir es el canal de comunicación en el que se divide el ancho de banda disponible para el número de usuarios que ocupan simultáneamente. Se suele representarse como $n:1$, donde n es el número de usuarios simultáneos.

El factor de simultaneidad se puede expresar de la siguiente manera: $1/n$, en donde n es el número de usuarios simultáneos. La relación de compartición y el factor de simultaneidad

se utilizan con el mismo objetivo de determinar el número de usuarios que acceden simultáneamente al servicio, pero se expresan de diferente forma.

Para el acceso al internet se considera las siguientes comparticiones:

De 1:1 a 20:1 para redes con niveles de tráfico bajo

De 10:1 a 20:1 para redes con niveles de tráfico medio

De 4:1 a 12:1 redes empresariales con niveles de tráfico medio-alto (alto ancho de banda)

De 5:1 a 10:1 redes empresariales con tráfico con servidores virtuales.

De 1:1 a 4:1 redes de data Centers con nivel de tráfico alto.

Considerando una compartición de 8:1 que realiza la empresa para brindar el servicio de internet por lo tanto los 6 Mbps se compartirá a los 8 usuarios por lo que si al mismo tiempo los ocho usuarios están navegando se dividirá el ancho de banda, $6\text{Mbps}/8=750\text{ Kbps}$ para cada usuario, satisfaciendo la necesidad del usuario, sin embargo, si solo un usuario esta conectó todo el ancho de banda estará a su disposición.

Ahora para calcular el ancho de banda total para los 153 usuarios se necesita un ancho de banda de 120 Mbps que debe transmitir por la red, para cubrir la demanda, con un porcentaje de crecimiento un 25,3% por año según el ministerio de telecomunicaciones. Por lo tanto se debe seleccionar el equipo que trasporte un ancho de banda de 120 Mbps y una demanda para los cuatro años se necesita un ancho de banda de 360 Mbps. Por lo tanto se necesita equipos y tecnología que pueda transmitir este ancho de banda por la red.

3.6.5.2 Calculo de la velocidad para los puertos up-link

El cálculo de la velocidad de transmisión de los puertos up-link para seleccionar el equipo del enlace de backbone. Para un WISP se considera como una red empresarial medio alto que requiere un alto ancho de banda. La compartición será de 4:1 a 12:1

$$4 \leq \frac{\# \text{ total de puertos} * \text{ velocidad de puertos}}{\text{ velocidad del puerto up - link de enlaces con el Backbone}} \leq 12 \quad (2)$$

$$4 \leq \frac{\# \text{ total de puertos} * \text{ velocidad de puertos}}{\text{ velocidad del puerto up - link de enlaces con el Backbone}} \leq 12$$

$$4 \leq \frac{\# 10 \text{ puertos} * 200 \text{ Mbps}}{\text{ velocidad del puerto up - link de enlaces con el Backbone}} \leq 12$$

$$4 \leq \frac{\# 2 \text{ Gbps}}{\text{ velocidad del puerto up - link de enlaces con el Backbone}} \leq 12$$

$$\frac{2 \text{ Gbps}}{12} \leq \text{ velocidad del puerto up - link de enlaces con el Backbone} \leq \frac{2 \text{ Gbps}}{4}$$

$$0,16 \text{ Gbps} \leq \text{ velocidad del puerto up - link de enlaces con el Backbone} \leq 0,5 \text{ Gbps}$$

Al no existir puertos up-link entre 0,16Gbps y 0,5Gbps existen puertos estandarizados de velocidades de 1Gbps y cubrir la demanda actual y futura. Así que se debe seleccionar el equipo que tenga puertos con esta velocidad de transmisión.

3.6.6 SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA INALÁMBRICA

3.6.6.1 IEEE 802.11ac (Wi-Fi)

La tecnología IEEE 802.11ac (Wi-Fi) ase el uso del espectro sin licencia, la FCC comenzó a conceder licencias de espectro para uso flexible, en lugar de que circunscribe estrictamente

su uso a fines particulares, por lo cual el derecho sobre el espectro ayude a garantizar que el espectro se desplace hacia usos altamente valorados por el mercado y los consumidores.

Por lo tanto el espectro con licencia o sin licencia han dado el increíble ecosistema del internet móvil que se disfruta hoy en día, como en los dispositivos de teléfonos inteligente, tabletas, las nuevas aplicaciones y más. Además de una compatibilidad con equipos con los estándares anteriores.

La tecnología IEEE 802.11ac es una evolución del estándar 802.11n. La velocidad de transmisión real en 802.11n es de 150+ Mbps y para 802.11ac es 500+ Mbps.

Sus principales ventajas son:

- Mayores velocidades de transferencia de datos en el orden de los Gbps ideal.
- Bajo consumo energía en los dispositivos terminales.
- Uso eficiente del espectro electromagnético.
- Costo de la red más bajos, al tener mayor cobertura se necesitan menos Access point y por lo tanto menos costo en la instalación.
- Compatibilidad con equipamiento de estándares anteriores.

Todas estas ventajas hacen que el estándar IEEE 802.11ac sea la mejor opción.

3.6.7 SELECCIÓN DE EQUIPOS

En el mercado existe una gran variedad de fabricantes de equipos de telecomunicaciones. Los cuales diariamente desarrollan tecnologías de mejores características de transmisión para satisfacer a los clientes.

Para realizar la selección de equipos red de comunicación se tomara en cuenta aspectos como las características técnicas funcionales con la que cuenta los equipos de las diversas marcas en base a los requerimientos planteados, la disponibilidad en el mercado ecuatoriano y el costo. Por lo que se puede aplicar varias técnicas de selección que se menciona a continuación:

1. Saber las características técnicas de los equipos establecidos por los fabricantes.
 - **Escalabilidad.** El número de puertos para la interconexión de más equipos, así como el número de usuarios y servidores pueden aumentar en la red.
 - **Facilidad de administración.** Los equipos puedan ser monitoreados mediante un acceso remoto esto reduciría los costos de administración, ya que se evitarían mantenimientos manuales para corregir los problemas.
 - **Soporte técnico.** El fabricante debe dar un soporte técnico ya sea con manuales de usuario de configuración e instalación.
 - **Viabilidad del fabricante.** Se debe considerarse que el equipo este certificado por la normas correspondientes del fabricante y el nivel de servicio que puede proporcionar en caso de problemas.
2. Analizar las mejores propuestas económicas de los proveedores de equipos de red.
 - **Costo.** Inevitablemente el precio de adquisición es un factor determinante en la selección de los dispositivos. Los proveedores probablemente ofrezcan mejor precio, pero pueden tener los requerimientos técnicos necesarios para el diseño de la red.

3.6.7.1 Tipos de antenas

Tomado en consideración los parámetros anteriores se deben elegir el tipo de antena, tanto para los enlaces punto a punto y punto a multipunto.

3.6.7.1.1 Antenas direccionales

Esta antenas irradian en una sola dirección, lo usual son antenas que tienen ángulos de radiación de menos de 70 grados, debido a esto estas antenas son las que tienen mayor alcance al proyectarse hacia delante. Son utilizadas para enlaces de larga distancia punto a punto ya sea tanto en el lado del transmisor como el receptor. (Rojas & Rivera, s.f., pág. 45)

3.6.7.1.2 Antenas Omnidireccionales

Las antenas omnidireccionales son aquella que es capaz de radiar energía prácticamente en todas direcciones. Es decir, que pueden irradiar la señal a 368 grados, posee poca ganancia y corto alcance.

3.6.7.1.3 Antenas sectoriales

Estas antenas irradian en una área o zona determinada, poseen un mayor ángulo de irradiación de la señal, por lo tanto su alcance disminuye por no proyectarse en un punto específico, son de alcance medio y muy utilizadas para enlaces multipunto del lado del transmisor.

3.6.7.1.4 Comparación de los tipos de antenas

En la tabla 22 se describe una comparación de los tipos de antenas, para la elección más adecuada de la misma. Basándose en parámetros establecidos para el diseño de la red, tanto para los enlaces punto a punto y punto a multipunto.

Tabla 22. Comparación de los tipos de antenas

Característica	Direccional	Omnidireccional	Sectorial
Alcance	largo	Corto	Medio
Tipo de enlace	Punto a punto	Punto a multipunto	Punto a multipunto
Ganancia	Alta	Baja	Medio
Sensibilidad	Alta	Baja	Media

Fuente: Elaborado por Autor

3.6.7.2 Requerimientos para los radio enlaces

Para el diseño de la red inalámbrica se debe tomar una referencia de los parámetros mínimos que se deberían tener los equipos de comunicación a emplearse como se describen la tabla 23.

Tabla 23. Requerimientos de equipos para los radioenlaces

Parámetros	Característica
Estándar	802.11ac
Ancho del canal	20, 40, 80MHz
Velocidad de transmisión	500 Mbps
Modulación QAM	256QAM
Tecnología MIMO	SU-MIMO
Frecuencia de operación	5.8GHz
Potencia de transmisión	23dBm
Ganancia de transmisión	31dBi
Ganancia de recepción	31dBi
Distancia de enlace	5-20km

Fuente: Elaborado por el autor

3.6.7.3 Selección de antenas para los radioenlaces punto a punto

Elección de los equipos para los enlaces punto a punto y multipunto, para ello se analizará las características generales de tres marcas de equipos que se muestra en la tabla 24.

Tabla 24. Comparación de fabricantes de Antenas

Criterios	Ubiquiti AirMax	Mikrotik	LigoWave
Modelo	RocketAC-R5AC- PTP	SEXTANT G	DLB 2-9
Estándar 802.11ac	Si	Si	No
Ganancia	31dBi	16dBi	9dBi
Interfaz	Ethernet 10/100/1000 Mbps	Ethernet 10/100 Mbps	Ethernet 10/100 Mbps
Banda de Operación	2.4-5GHz	2.4-5GHz	2.4-5GHz
Tecnología MIMO	Si	Si	Si
Memoria RAM	128 MB	64 MB	
Velocidad de transmisión	500 Mbps	100Mbps	170 Mbps
Consumo de energía	8.4 W	8W	4.5W
carcasa	Plástico estabilizado UV y aluminio	Plástico	Plástico
Compatibilidad de Estándares anteriores	Si	Si	No
Disponibilidad de equipos	Existen proveedores de equipos en el País	Existen proveedores de equipos en el País	No existen proveedores de equipos en el País

Precio	Relativamente Bajo	Relativamente Bajo	Relativamente Alto
---------------	--------------------	--------------------	--------------------

Fuente: Elaborado por Autor

Para la selección de equipos se tomara las características de transmisión, por lo que en la tabla se menciona algunas características de tres fabricantes.

Primeramente el equipo debe soportar el estándar IEEE 802.11ac que es la principal característica que debe cumplir por ser el estándar de diseño del proyecto los equipos que cumplen es Ubiquiti y Mikrotik.

La mejor opción son las antenas Ubiquiti tiene mayor ganancia, posee puertos 10/100/1000 Mbps, velocidad de transmisión 500Mbps, Una carcasa de plástico y aluminio que reduce la interferencia al ruido. Además cabe mencionar que la empresa NETSERVICE trabaja ya muchos años y tiene el conocimiento como operan estos equipos y certifican su correcto desempeño, tanto en rendimiento, escalabilidad, seguridad. Así como el factor económico, además tienen la disponibilidad de ofertas de empresas que le proveen estos equipos con descuentos y facilidades de pagos.

3.6.7.3.1 Antena RocketDish RD-5G31-AC

Las antenas a utilizar para el enlace punto a punto (PtP) entre los diferentes nodos serán antenas parabólicas directivas que tiene una ganancia de 31 dBi.

El RocketDish RD-5G31-AC es el Plato de la antena que fue diseñado para integrarse con radios RocketAC-R5AC-PTP. Para establecer el enlace Punto-a-Punto. En la tabla 25 se describe las características de un Antena parabólica RocketDish RD-5G31-AC.

Tabla 25. Descripción de las características RocketDish RD-5G31-AC.

RocketDish RD-5G31-AC	
Características	Especificación
Dimensiones	748 x 748 x 349 mm (29.45 x 29.45 x 13.74 in)*
Peso	7,6 kg (16,76 lb)
Rango de frecuencia	5.1 - 5.8 GHz
Ganancia	31 dBi
Max. VSWR	1.4:1(magnitudes de VSWR reflexión, Pérdida de retorno dB(15,56) y potencia reflejada%(2,78))
La supervivencia del viento	200 km/h (125 mph)
Montaje	Montaje universal, RocketM soporte, y resistente a la intemperie RF
Polarización	Dual-Linear
Aislamiento Cross-pol	35 dB Min.

Fuente:https://dl.ubnt.com/guides/rocketdish/RocketDish_RD-5G31-AC_QSG.pdf

3.6.7.3.2 Radios RocketAC-R5AC-PTP

Ubiquiti cuenta con tecnología Airmax para el máximo rendimiento en enlaces inalámbricos. Los modelos de punto a punto (Point-to-Point) y PtMP (punto a multipunto) mejora el rendimiento de en la banda de 5 GHz en áreas de alta densidad.

En la tabla 26 se describe las características del radio RocketAC -R5AC-PTP.

Tabla 26. Descripción de las características RocketAC R5AC-PTP.

RocketAC R5AC-PTP	
Características	Especificación
Dimensiones	198.5 x 86.4 x 44.1 mm (7.82 x 3.40 x 1.74")
Peso	295 g (10.41 oz)

Operación de frecuencia	En todo el mundo: 5470 - 5875 MHz EE.UU.: 5725 - 5850 MHz
Interfaz de red	Puerto Ethernet (1) 10/100/1000 Mbps
Conectores de RF	(2) RP-SMA (impermeable)
Enclosure	UV estabilizado exterior de plástico
Max. Consumo de energía	8.5W
Fuente de alimentación	24V, 0.5A Gigabit PoE Adapter (Included)
Temperatura de funcionamiento	-40 to 80° C (-40 to 176° F)
ESD/EMP Protección	± 24 KV Contacto / Aire para Ethernet
Certificación	CE, FCC, IC
Modos de operación	Access Point, Station
Tamaños de canales	10/20/30/40/50/60/80 MHz

Fuente: https://dl.ubnt.com/guides/RocketAC/Rocket_R5AC-PTP_QSG.pdf

En la figura 35 se muestra la conexión de la antena RocketDish RD-5G31-AC y Radio RocketAC- R5AC-PTP.



Figura 35. Conexión de un Rocket AC y el Radio

Fuente: <https://www.ubnt.com/airmax/rocket-ac/>

Los radios rocket AC (Modelo: R5AC-PTMP) punto a multipunto que serán incorporados para la conexión de antenas sectoriales par irradiar la señal hacia el cliente. Las características son similares, la diferencia principal es el tamaño del canal para punto a multipunto que son 10/20/30/40 MHz, en cambió para punto a puntos trabaja en los anteriores canales y además del canal de 80 MHz.

3.6.7.4 Selección de antenas para los radioenlaces punto a multipunto

3.6.7.4.1 AirMAX AC sectorial- AM-5AC21-60

Las antenas sectoriales de redes Ubiquiti AirMAX AC sectoriales cuentan con avances significativos en escalabilidad, aislamiento de ruido, y rendimiento. Los equipos Rocket radios 5AC, también son compatibles con modelos RocketM5. (Ubiquiti Networks, 2014, pág. 2)

En las antenas AirMaxAC Sectoriales son altamente resistente a la interferencia de ruido en las implementaciones de co-localización. Los deflectores de diseño innovador reducen los lóbulos laterales y lóbulos posteriores, rechazar la interferencia de otros transmisores del área potencialmente ubicados en la misma torre. (Ubiquiti Networks, 2014)

Además, de las anteriores características mejora la relación señal-ruido (S / N o SNR) que permite una modulación de 256QAM en lugar de 16QAM. Esto aumenta el número de bits por segundo. Las antenas Airmax AC Sectoriales proporcionan mayor ganancia y la vida útil del dispositivo, rendimiento de alta capacidad, redes multipunto, etc. (Ubiquiti Networks, 2014)

En la figura 36 se puede visualizar la conexión entre la antena y el radio.



Figura 36. Conexión de una antena sectorial y Radio

Fuente: <https://www.ubnt.com/airmax/rocket-ac/>

Las características principales de un radio AirMax AC Sector AM-5AC21-60, AM-5AC22-45 se puede describir en la siguiente tabla 27.

Tabla 27. Descripción de las características de AirMax AC Sector AM-5AC21-60

AirMax AC Sector AM-5AC21-60	
Características	Especificación
Dimensiones	750 x 173 x 78 mm o (29.53 x 6.81 x 3.07")
Peso	4.8 kg o (10.58 lbs)
Rango de frecuencia	5.1 - 5.8 GHz
Ganancia	21 dBi
HPOL Ancho de haz	60° (6 dBi)
VPOL Ancho de haz	60° (6 dBi)
Ancho de haz eléctrico	4°
inclinación eléctrica	2°
Max. VSWR	1.5:1(magnitudes de VSWR reflexión, Pérdida de retorno dB(13,98) y potencia reflejada%(4))
La supervivencia del viento	200 km/h (125 mph)

Montaje	Montaje universal, RocketM soporte, y resistente a la intemperie RF
Polarización	Dual-Linear
Aislamiento Cross-pol	25 dB Min.

Fuente: <https://www.ubnt.com>

3.6.7.5 Selección de antenas para los radioenlaces punto a multipunto hacia el cliente.

Los equipos a utilizar en el lado del cliente son los siguientes:

- **LiteBeam 5AC-23.** Dispositivos inalámbricos de banda ancha para exteriores de Ubiquiti Networks. Cada uno de estos modelos fue diseñado para ser una solución de bajo costo y alto rendimiento para enlaces de larga alcance o como puente inalámbrico de banda ancha. Opera en el rango de frecuencia de los 5 GHz.
- **NanoBeam5AC-19.** Son antenas con alto con una excelente direccionalidad de la señal, además ofrece mejor rendimiento en ambientes con mucho ruido y baja latencia en las redes multipunto. (Ubiquiti Networks, 2016)
- **PowerBeam5AC-500.** Los PowerBeam soporta velocidades de transmisión hasta 450 Mbps en protocolo TCP/IP. Tiene una antena que ofrece 27 dBi de ganancia y 26 dBm de Potencia de Transmisión, opera en un rango de frecuencia de 5150 – 5875 MHz. Al igual de los NanoBreamAC, los equipos PowerBeamac dirige la energía de RF en un ancho de haz más preciso (Ubiquiti Networks, 2016)

3.6.7.6 Antenas sectoriales por nodo

Para el proyecto se elige las antenas Airmax Ac sectoriales para irradiar la señal hacia al cliente. Acuerdo a la figura 37 existen tres nodo que irradiaran las señal en la zona y del

datasheet de la antena sectorial Modelo AM-5AC21-60, esta antena irradia la señal en 60° grados como se visualiza en la figura 37.

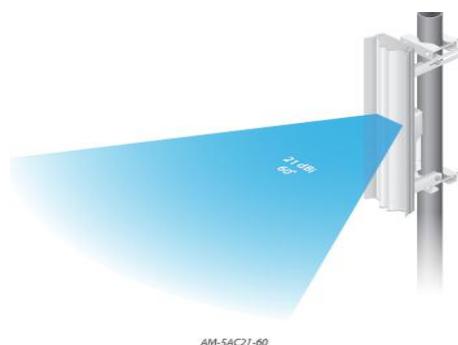


Figura 37. Irradiación de una Antena Sectorial

Fuente: https://dl.ubnt.com/datasheets/airMAX_ac_Sector/airMAX_ac_Sector_Antennas_DS.pdf

Se toma esta antena para cubrir más extensión en la zona y que no se pueda solapar la señal con muchas antenas instaladas en la torre, además del coste y presupuestó en más dispositivos. Tomando en consideración lo mencionado y además del número de clientes potenciales, el cálculo de número de antenas sectoriales dependerá del sector a cubrir y del número de clientes.

En nodo 1-Bellavita. Rigiéndose a la figura 37 se necesita cubrir un ángulo de 240° grados, por tanto las antenas sectoriales irradian la señal a 60° grados el número es la suma de las antenas sectoriales para cubrir el ángulo mencionado se necesitara 4 antenas por nodo.

3.6.8 ELECCIÓN DE LOS EQUIPOS DE ENRUTAMIENTO Y CONMUTACIÓN.

Los conmutadores y enrutadores son dos componentes esenciales de la red y su selección adecuada ayudara a garantizar que la red ofrezca un servicio rápido, confiable y que se adapte a las necesidades del cliente.

En la siguiente tabla 28 se muestra las características de tres marcas de enrutadores.

Tabla 28. Comparación de fabricantes de equipos

Característica	Mikrotik	HP	Cisco
Modelo	RB3011UiAS-RM	HPE 1410 16G	Cisco SG300-10PP 10
CPU	2	_____	_____
Memoria RAM	1GB	512kb	16MB
Interfaz	Ethernet 10/100/1000 Mbps	Ethernet 10/100/1000 Mbps	Ethernet 10/100/1000 Mbps
Sistema operativo	RouterOS	_____	Cisco IOS
Consumo de energía	10W	12W	15.4 W
Puerto SFP	1	_____	2
Aplicaciones	Identificación y prioridad de tráfico, Balanceo de conexiones WAN, Seguridad Wireless, Enlaces punto a punto, etc.	Autenticación web, VLAN, NAT	Calidad de servicio, autenticación web, RADIUS, VLAN
Precio	Relativamente bajo	Muy Elevado	Muy Elevado

Fuente: Elaborado por Autor

La mejor opción son los equipos Mikrotik Ofrecen un rendimiento extremadamente elevado, junto con una alta disponibilidad, resistencia, administrar cientos de usuarios conectarse a la red troncal de Internet a grandes velocidades. Además los equipos Mikrotik incorporan el programa de gestión WinBox que es una interfaz gráfica que permite controlar todos los equipos y saber cómo está el funcionamiento, esto permitirá el tiempo en el mantenimiento y administrar el ancho de banda a los usuarios.

Los enrutadores Mikrotik están especializados para empresa de proveedores de servicio de internet inalámbrico y la empresa NETSERVICE viene trabajando con estos equipos muchos años y certifican la robustez y confiabilidad de esta marca.

1. Router Core CCR1036-12G-4S

Es un cloud core router de nivel empresarial con un alto procesamiento, soportando millones de paquetes por segundo o una velocidad de hasta 16 gigabits de transferencia total.

El cloud core router viene integrado RouterOS, un sistema operativo de ruteo que posee un sin número de características tales como ruteo dinámico, hostpot, firewall, MPLS, VPN, calidad de servicio, configuración y monitoreo en tiempo real, etc. (Mikrotik, s.f.)

Este dispositivo tiene doce puertos GigabitEthernet, cuatro puertos SFP Gigabit, un puerto de consola serial, un puerto USB, este equipo puede soportar + 500¹ clientes. Este equipo se ajusta a las necesidades requeridas para la posterior implementación de este sistema de red, en la siguiente figura 38 se muestra el dispositivo mencionado. Este equipo ira en el nodo Cerro Cotacachi. (Mikrotik, s.f.)



Figura 38. Equipo de enrutamiento Router CLOUD CORE 1036-12G-4S

Fuente: <http://routerboard.com/CCR1036-12G-4S>

En la tabla 29 se describe las características principales de Router CLOUD CORE 1036-12G-4S.

Tabla 29. Características principales de Router CLOUD CORE 1036-12G-4S

Característica	Especificación
Frecuencia nominal de la CPU	1,2 GHz
Numero de núcleos CPU	36
Tamaño de RAM	4GB
10/100/1000 puertos Ethernet	12
Número de puertos USB	1
Tarjetas de memoria	1
Conector de alimentación	1
Tensión de entrada soportada	13 V - 30 V
Monitor de Voltaje	Sí
Monitor de temperatura de la CPU	Sí
Monitor de temperatura de PCB	Sí
Sistema operativo	RouterOSv6 (64 bits)
Temperatura ambiente probada	-20°C + 60°C
Consumo máximo de energía	69W
Puertos SFP +	4

¹ <https://www.youtube.com/watch?v=NJLma7MwYGo>

puertos y etiquetas el cual ayuda a mantener el trafico sensible a la latencia y VLAN para mejorar la seguridad y segmentación en la red.



Figura 39. Equipo de conmutación Switch TP-LINK TL-SG1016DE

Fuente: <http://www.tp-link.ec/products/details/TL-SG1016DE.html>

3.7 ARQUITECTURA DE RED

La arquitectura de comunicación de una red especifica la funcionalidad del sistema y sus componentes de red, es decir solamente describe los elementos del sistema y su disposición de la misma, en la figura 40 se muestra la arquitectura de red del proyecto.

La red en malla se utilizó para el proyecto porque cada nodo se enlace directamente con los demás nodos, por lo que si algún enlace falla o deja de funcionar, la información pueda viajar atreves del enlace de respaldó y llegar a su destino. Por lo que en los WISP se utiliza esa tipo de topología para solucionar este inconveniente.

Los ISP manejan un elevado tráfico de datos en sus enlaces inalámbricos, al tener un considerable número de usuarios que pueden estar enlazados al mismo instante y se forme un cuello de botella en la red y el enlace pude caerse y provoque inconvenientes y molestias con los usuarios.

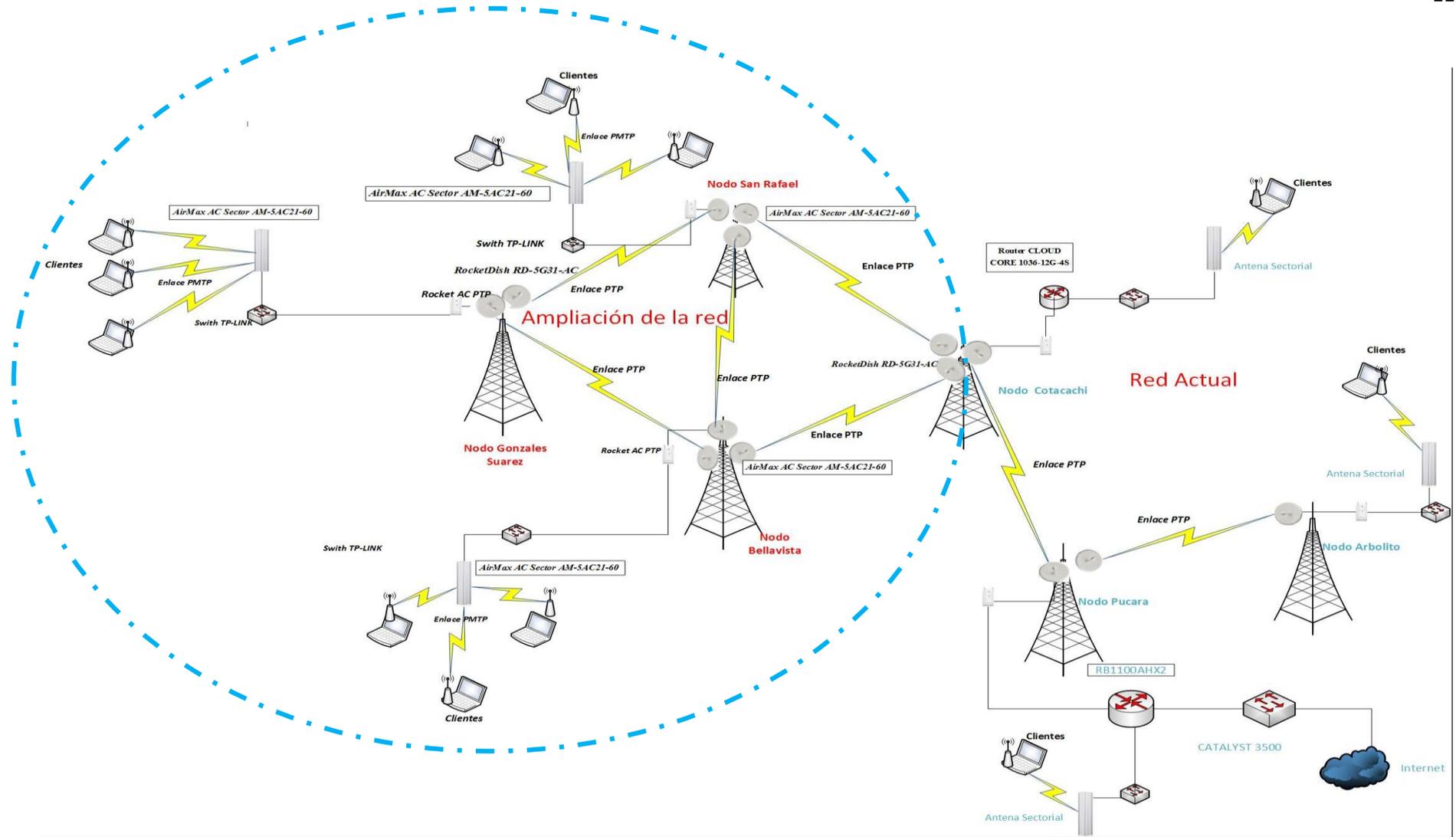


Figura 40. Arquitectura de red.

Fuente: Autor

En la figura 40 se muestra los nodos principales, secundarios y la red de acceso a los usuarios, además de los equipos que intervienen en la red.

La antena RocketDish RD-5G31-AC se utiliza para los enlaces punto a punto por medio del radio Rocket AC PTP, y que van enlazada con un enrutador RouterBoard Mikrotik el cual establece la comunicación entre los dos puntos, este equipo se conecta a un Switch y está a la vez con una antena sectorial AirMax AC Sector AM-5AC21-60, para difundir la señal hacia los clientes.

CAPITULO IV

4 DISEÑO DE LA RED

4.1 ESTRUCTURA DE LA RED

En este capítulo se realizara el diseño de la red inalámbrica en Malla en base a los requerimientos establecidos en el capítulo III. Además de la Estructura de la red ubicando nuevas repetidoras donde no había cobertura con enlaces PTP con equipos ubiquiti, mikrotik, TP-LINK.

En la siguiente figura 41 especifica la estructura general de la red.

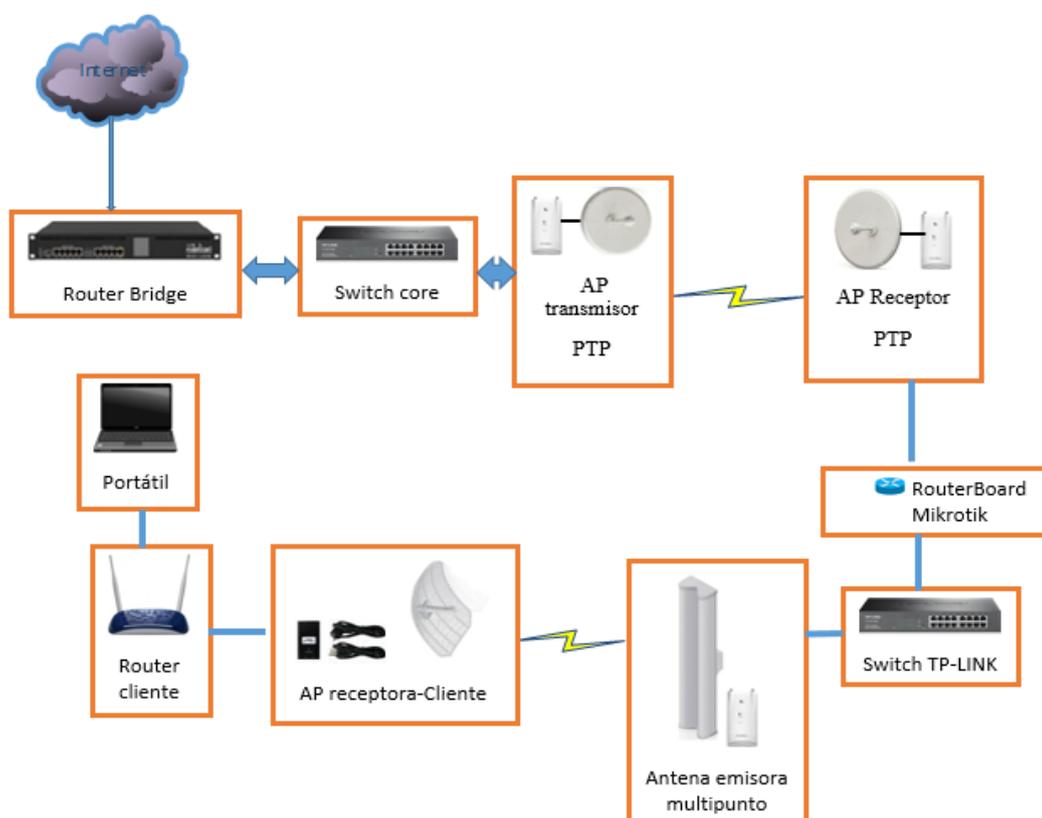


Figura 41. Estructura general de la red

Fuente: Autor

4.2 JERARQUIZACIÓN DE LA RED

Un diseño jerárquico implica dividir la red en capas independientes. Cada capa o nivel en la jerarquía proporciona funciones específicas que definen su función dentro de la red general. Esto me ayudara al diseño de la red a optimizar y seleccionar las características de, tanto de hardware y software de red adecuados. El modelo jerárquico se aplica al diseño de la LAN y WAN. (Sistemas Umma, 2012)

El diseño general de red LAN jerárquico incluyen las siguientes tres capas:

- **Capa de acceso:** proporciona acceso a la red para grupos de trabajo y los usuarios. Es decir permite la conexión entre los dispositivos finales (pc, laptor, impresoras, samrtphones) proporcionando la conexión a través de switch, router, Access point.
- **Capa distribución:** proporciona una conectividad basada en políticas y controla el flujo de información de la capa de acceso.
- **Capa de núcleo:** proporciona un transporte rápido entre los switch de distribución dentro del campus. Es decir es el backbone de alta velocidad que un router proveerá el acceso a internet y unirá las distintas secciones de la red en una sola red.

En la figura 42 se muestra la red jerárquica.

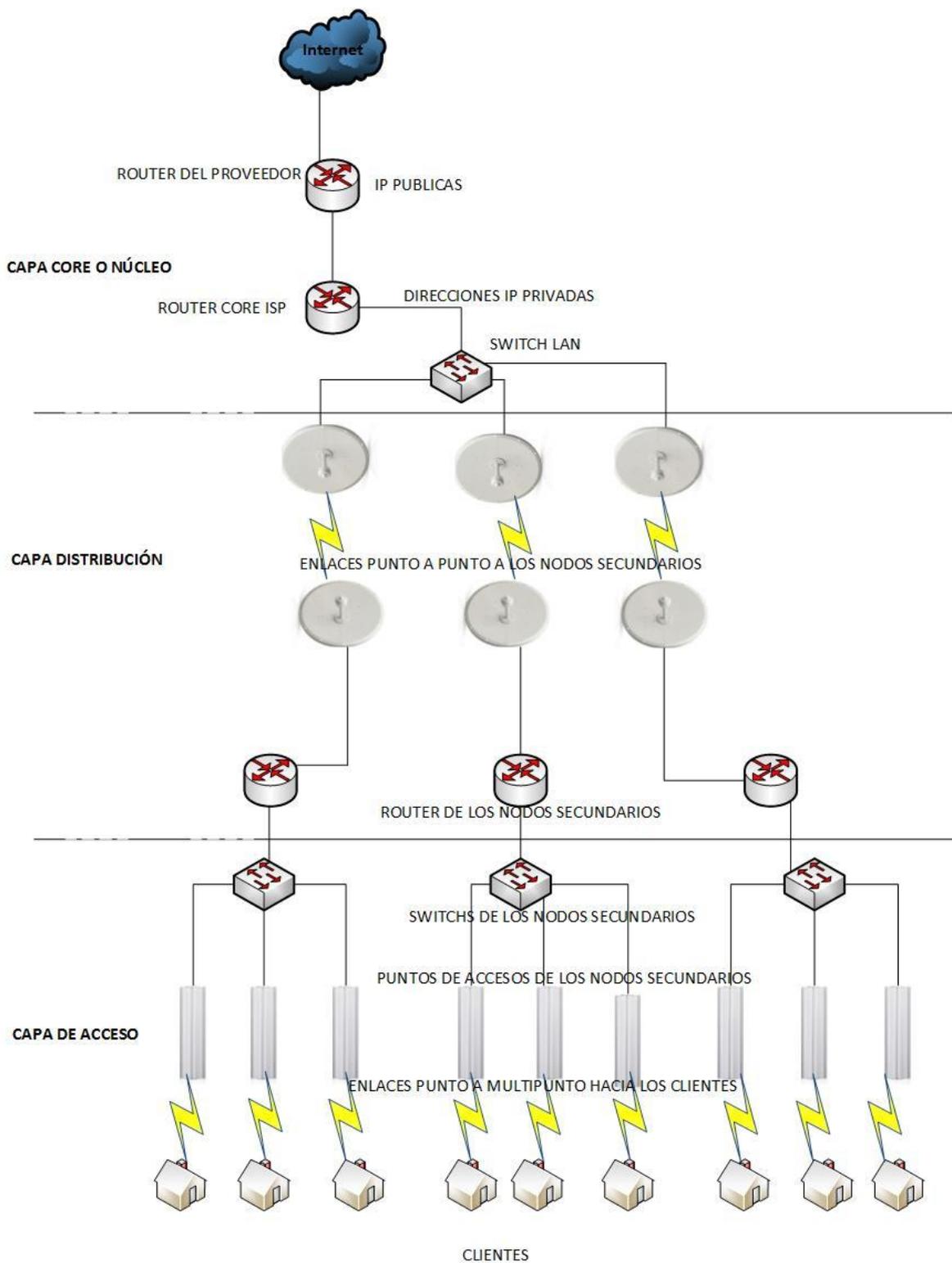


Figura 42. Red jerárquica del proyecto

Fuente: Autor

4.3 CÁLCULOS DE ENLACES

Para calcular es necesario saber las características de la tecnología que se va a utilizar. Para calcular la capacidad de un enlace es necesario entender la velocidad de un dispositivo inalámbrico que se refiere a la tasa a la cual los radios intercambian símbolos en baudios, no el caudal utilizable que se puede aprovechar. El caudal (throughput) es también conocido como la capacidad del canal, o simplemente ancho de banda. (Butrich & Butler, 2013, pág. 182).

El ancho de banda se refiere al caudal que se mide en Mbps, pero en realidad al ancho de banda se mide en MHz. Por lo que para un enlace punto a punto en el estándar 802.11ac es para la onda 1 es 1300 Mbps, pero va a proporcionar más de 500 Mbps del caudal real y depende del equipo que se utilice y de algunos factores como la relación señal ruido. Y el resto estará (overhead) que necesita los radios para coordinar las señales. (Butrich & Butler, 2013, pág. 182)

Cabe mencionar si se supera ese caudal va a tomar más tiempo en enlazarse. Por lo que el tiempo necesario para que los datos atraviesen el enlace se llama latencia, por consiguiente si existe una alta latencia a eso se le conoce como retardo. Al tener alta latencia el enlace se va a largar en enviar los datos hacia el usuario, esto depende del tráfico que está cruzando por el enlace, por tanto el usuario que caudal va a necesitar, esto dependerá de cuántos usuarios o dispositivos se van a conectar y de las aplicaciones de internet que están utilizando, esto nos dará la pauta para ver que ancho de banda requerirá el usuario para la contratación de un plan de internet. (Butrich & Butler, 2013, pág. 182)

4.3.1 CÁLCULO DEL PRESUPUESTO DEL ENLACE O BALANCE DE POTENCIA

El proceso para determinar si un enlace es viable se denomina cálculo del presupuesto del enlace o balance de potencia y puede ser hecho manualmente o usando herramientas especializadas. Antes de utilizar una herramienta de simulación se va realizar los cálculos de forma manual con las características del nuevo estándar IEEE 802.11ac.

Un sistema de comunicación básico consiste en dos radios, cada uno con su antena y separados por el trayecto a ser cubierto por el enlace como se muestra en la figura. Para que el enlace se logre, la señal recibida tiene que estar por encima de un cierto nivel mínimo para que la comunicación pueda ser confiable.

El que las señales puedan o no ser transmitidas entre los radios va a depender de las características del equipo y de la disminución de la señal debido a la distancia, lo que se llama pérdida de trayectoria. En este sistema algunos parámetros pueden ser modificados, mientras que otros permanecen fijos.

En la figura 43 se muestra un sistema básico de comunicación inalámbrica.

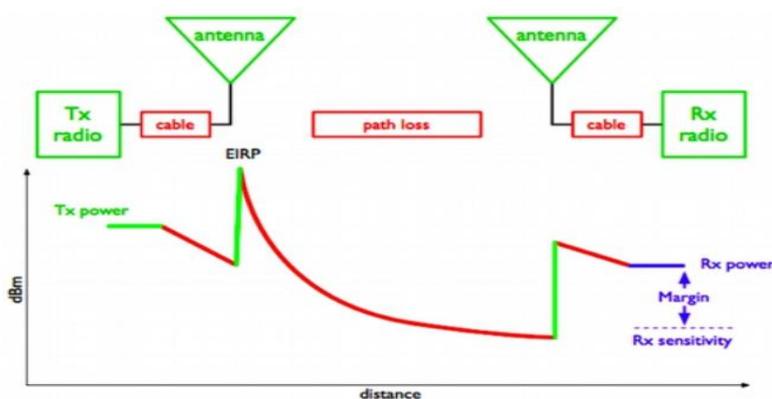


Figura 43. Sistema básico de comunicación inalámbrica.

Fuente: (Butrich & Butler, 2013)

Las características del equipo a considerar cuando se calcula el presupuesto del enlace son las siguientes:

4.3.1.1 Potencia de transmisión.

Se expresa en milivatios o en dBm. La potencia de transmisión a menudo depende de la tasa de transmisión. La potencia TX de un dispositivo dado debería especificarse en los manuales del fabricante.

A continuación un ejemplo donde se puede observar que al usar airMAXac la potencia de transmisión de salida TX es de 22dBm del Rocket5AC-R5AC-PTP Data Rate en 8x256QAM (3/4) y potencia de recepción RX tiene una sensibilidad de -69 dBm y en 8x256QAM(5/6) posee una potencia de recepción RX de sensibilidad de -65 dBm.

R5AC-PTP Output Power: 27dBm							
TX Power Specifications				RX Power Specifications			
Modulation	Data Rate	Avg. TX	Tolerance	Modulation	Data Rate	Sensitivity	Tolerance
airMAX ac	1x BPSK (1/2)	27 dBm	± 2 dB	airMAX ac	1x BPSK (1/2)	-96 dBm	± 2 dB
	2x QPSK (1/2)	27 dBm	± 2 dB		2x QPSK (1/2)	-95 dBm	± 2 dB
	2x QPSK (3/4)	27 dBm	± 2 dB		2x QPSK (3/4)	-92 dBm	± 2 dB
	4x 16QAM (1/2)	27 dBm	± 2 dB		4x 16QAM (1/2)	-90 dBm	± 2 dB
	4x 16QAM (3/4)	27 dBm	± 2 dB		4x 16QAM (3/4)	-86 dBm	± 2 dB
	6x 64QAM (2/3)	27 dBm	± 2 dB		6x 64QAM (2/3)	-83 dBm	± 2 dB
	6x 64QAM (3/4)	26 dBm	± 2 dB		6x 64QAM (3/4)	-77 dBm	± 2 dB
	6x 64QAM (5/6)	25 dBm	± 2 dB		6x 64QAM (5/6)	-74 dBm	± 2 dB
	8x 256QAM (3/4)	23 dBm	± 2 dB		8x 256QAM (3/4)	-69 dBm	± 2 dB
	8x 256QAM (5/6)	22 dBm	± 2 dB		8x 256QAM (5/6)	-65 dBm	± 2 dB

Figura 44. Especificación de potencia de Tx y Rx de un Rocket5AC-R5AC-PTP

Fuente: https://dl.ubnt.com/datasheets/RocketAC/Rocket5ac_DS.pdf

En la figura 44 se muestra el del datasheet del radio transmisor TX Rocket5AC-R5AC-PTP es de 8x256QAM (3/4) con la ganancia de 23dB.

4.3.1.2 **Ganancia de la antena.**

La Ganancia es la característica más importante de una antena, representada en (dBi), el cual viene a ser la potencia de amplificación de la señal. Para nuestro diseño se ha elegido para los enlaces punto a punto entre los nodos una antena parabólica RocketDish RD-5G31-AC, cuya descripción técnica está especificada en la tabla. Y trabajan en la frecuencia de 5GHz y cuya ganancia es 31 dBi.

4.3.1.3 **El mínimo nivel de señal recibida (RLS)**

EL RLS es la sensibilidad del receptor. El RSL mínimo se expresa siempre como dBm negativos (-dBm) y es el nivel más bajo de señal que el radio puede leer. Por lo que el mínimo de sensibilidad depende de la tasa de transmisión, al igual que la potencia TX. Las especificaciones debe proporcionarlas el fabricante del equipo en la hoja de datos que se presenta en la tabla 25 se visualizar una sensibilidad del receptor, con 8x256 QAM (3/4) a -69 dBm y 8x256 QAM (5/6) a -65 dBm.

4.3.1.4 **Pérdidas en los cables y conectores.**

Parte de la energía de la señal que se transmite, se pierde en los conectores y en algún otro dispositivo que se encuentre en conexión, Por lo tanto para minimizar esta pérdida depende del tipo de cable utilizado y de su longitud.

La pérdida de la señal para cables coaxiales cortos y conectores es un poco baja, en el rango de los 2-3 dB. Por lo cual es recomendable usar cables lo más corto posible. En nuestro

caso la antena a utilizar tienen un cable de 15 centímetros de longitud y que los conectores vienen en la misma antena el cual se puede tomar en cuenta lo mencionado anteriormente para el cálculo correspondiente.

Una vez obtenido la potencia de transmisión (TX), la Ganancia de la antena y las pérdidas en los cables y conectores, se puede calcular el PIRE (Potencia Irradiada Isotrópica Efectiva), el cual se calcula con siguiente ecuación.

$$\begin{aligned}
 PIRE(dBm) &= \text{Potencia de transmisión } TX(dBm) & (3) \\
 &- \text{pérdida en cables y conectores}(dB) \\
 &+ \text{Ganancia de la antena}(dBi)
 \end{aligned}$$

$$PIRE(dBm) = 23 (dBm) - 3 (dB) + 31 (dBi)$$

$$PIRE(dBm) = 51 (dBm)$$

Para todos los enlaces punto a punto se utilizarán las mismas antenas y conectores por el cual será el mismo PIRE.

4.3.2 ENLACE CERRO COTACACHI-BELLAVISTA

1. Cálculo de la distancia y azimut

Se puede mejorar la precisión se utiliza la fórmula de la Distancia del Gran Círculo. Esta fórmula requiere utilizar algunas cosas de geometría esférica.

$$d = r * \arcsin [\sin (\text{lat1}) * \sin (\text{lat2}) + \cos (\text{lat1}) * \cos (\text{lat2}) * \cos (\text{lon2} - \text{lon1})] \quad (4)$$

Donde r es el radio medio de la tierra que es de 6378.1 en la línea ecuatorial. Para calcular una distancia exacta entre dos puntos en la Tierra, se debe usar la geometría esférica (no - euclidiana) y algunas funciones de trigonometría; debido principalmente a la esfericidad de la tierra (estrictamente hablando, la tierra es un esferoide).

El radio equivolumétrico de la tierra (el de una esfera que tuviera el mismo volumen que el planeta) viene andando por los 6.378.1 Km. Con ese radio, el cuadrante terrestre mediría 40.030 Km, y el avance por grado sería de 111,195 Km.

Por lo que en la ecuación (4) $r=111.195$ Km

Una vez calculado el d debemos aplicar el teorema de Pitágoras para encontrar la distancia de D que es la distancia entre la antena transmisora y receptora.

$$\text{Teorema de Pitágoras } D = \sqrt{X^2 + Y^2} \quad (5)$$

2. Calculo distancia Cerro Cotacachi-Bellavista

En la figura 45 se muestra la estructura y la distancia del enlace

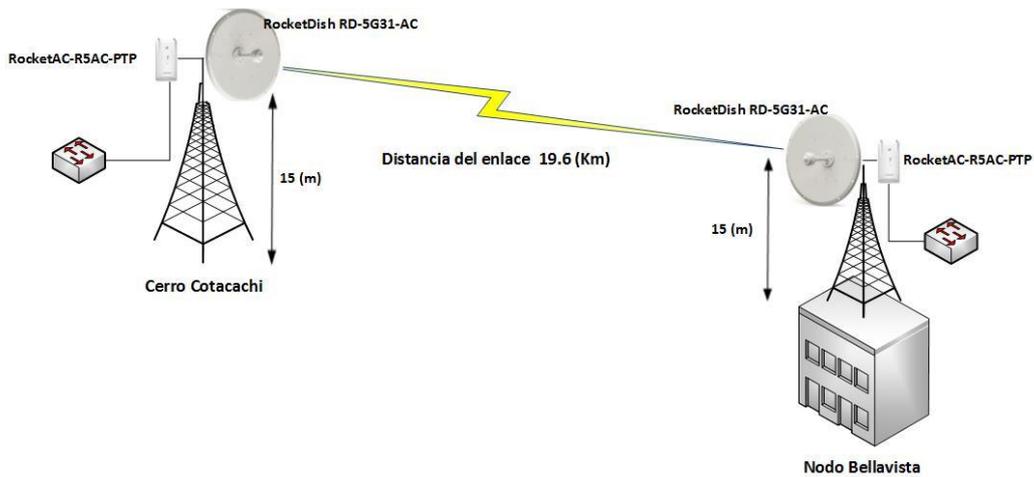


Figura 45. Enlace cerro Cotacachi-Bellavista

Fuente: Elaborado por Autor

Conversión de la latitud y longitud en grados decimal y radianes.

$$\text{LatC}=0^{\circ}19'48.84''=0.33023=0.58 \text{ (rad)}$$

$$\text{LatBE}=0^{\circ}12'40.14''=0.21115=0.368 \text{ (rad)}$$

$$\text{LongC}=78^{\circ}20'19.29''=-78.33869167=-1.367 \text{ (rad)}$$

$$\text{LongBE}=78^{\circ}12'30.95''=-78.20859722=-1.364 \text{ (rad)}$$

Remplazando en la ecuación 4 y resolviendo tenemos lo siguiente:

$$d = 111.19 * \text{Arcos}[(\text{sen}(0.33023) * \text{sen}(0.21115) + \text{cos}(0.33023) * \text{cos}(0.21115)) * \text{cos}(-78.20859 + 78.33869)]$$

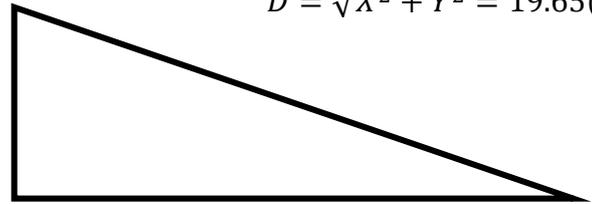
$$d = 111.19 * \text{Arcos}(0,9999952623)$$

$$d = 19.61 \text{ (Km)}$$

Con esta distancia tenemos la distancia en X y la altura Y con lo que aplicando el teorema de Pitágoras por ser un triángulo rectángulo podemos aplicar la siguiente ecuación 5.

$$a = (3974 + 30)m - (2703 + 18)m$$

$$a = 1283(m) = 1.283 (Km)$$



$$D = \sqrt{X^2 + Y^2} = 19.65(km)$$

$$d = 19.61 (km)$$

$$D = \sqrt{19.61^2 + 1.283^2}$$

$$D = 19.65(Km)$$

3. PÉRDIDAS EN EL ESPACIO LIBRE

Perdidas en el espacio libre para dos enlaces se podrá calcular utilizando la ecuación descrita a continuación.

Las distancias entre los distintos nodos están en la tabla.

$$FSL(dB) = 32.44 + 20\log f(\text{Mhz}) + 20\log d(\text{km}) \quad (6)$$

Donde:

L=perdidas en el espacio libre

F= frecuencia en Mhz

D= la distancia en km

D=14.57 (km)

F=5800 (Mhz)

$$FSL(dB) = 32.44 + 20\log(5800(\text{Mhz})) + 20\log(19.65(\text{km}))$$

$$\text{FSL(dB)} = 32.44 + 20 * 3.7634 + 20 * 1.293$$

$$\text{FSL(dB)} = 32.44 + 75.268 + 25.86$$

$$\text{FSL(dB)} = 133.575(\text{dB})$$

4. PRESUPUESTO DE ENLACE TOTAL

Presupuesto de enlace completo es el margen para estar seguro en el receptor es mayor que el un cierto umbral por lo que se resume en la siguiente tabla 31.

Presupuesto de enlace=Ganancia Total (dB) + pérdidas en el espacio libre (dB)- sensibilidad del Receptor (dBm)

Tabla 31. *Calculo del presupuesto del enlace Cotacachi-Bellavista*

Datos	Elementos	Valores
Distancia: 19.65(Km) Frecuencia: 5,8 GHz	Potencia de salida del Transmisor TX	+23 dBm
	Ganancia de la antena TX	+31dBi
	Cables y conectores TX	-3 dB
	Ganancia de la antena RX	+31 dBi
	Cables y conectores RX	-3 dB
	Ganancia Total=	79 dB
	Pérdidas en el espacio libre (FSL)	-133.57dB
	Nivel Mínimo de señal Recibida en Rx(RSL)=Ganancia total-FSL	-54.57dBm
	Sensibilidad Receptor	-69 dBm
	Total(Margen)=Nivel de señal esperado RX-(-Sensibilidad del Receptor)	+14.43dB

Fuente: Elaborado por Autor

5. ZONA DE FRESNEL

Teniendo como inicio el principio de Huygens, podemos calcular la primera zona de Fresnel, el espacio alrededor del eje que constituye la transferencia de potencia entre el transmisor y el receptor. (Buettrich, 2007, pág. 10)

Par el cálculo de la primera zona de Fresnel del enlace si hubiera un obstáculo ya sea un edificio, una colina, la propia curvatura de la tierra, alguna árbol) esta zona es para contener o evitar las pérdidas. (Buettrich, 2007, pág. 10)

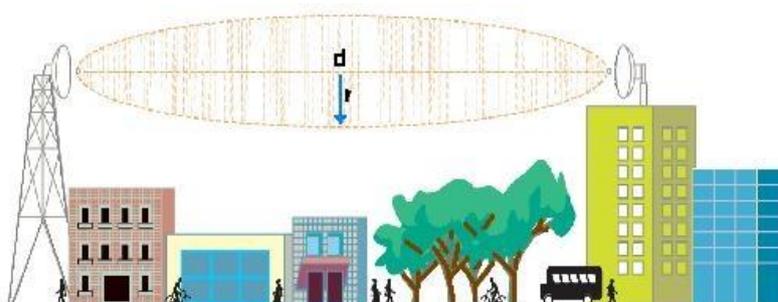


Figura 46. Zona de Fresnel

Fuente: (Buettrich, 2007)

En la figura 46 se visualiza la primera zona de Fresnel este sin obstáculo, pero normalmente se toma un porcentaje de 60% del radio para tener un enlace satisfactorio, en enlaces críticos cuando la condiciones anormales de propagación se requiere la altura adicional como torre.

La siguiente ecuación 7 calcula la primera zona de Fresnel sin obstáculos:

$$r(m) = 17.32 \sqrt{\frac{D}{4 * F}} \quad (7)$$

r= radio (m)

D=distancia total de una antena a la otra en (Km)

F= frecuencia del enlace (GHz)

Ejemplo:

Enlace entre Cerro Cotacachi-San Rafael

D=19.9 (Km)

F= 5.8 (GHz)

$$r(m) = 17,32 \sqrt{\frac{19,9(Km)}{4 * 5,8(Ghz)}}$$

$$r(m) = 17,32 \sqrt{\frac{19,9 (Km)}{23,2}}$$

$$r(m) = 17,32 * 0,926$$

$$r(m) = 16,04(m)$$

Tabla 32. *Calculo de la zona de Fresnel*

Enlace	Distancia entre antenas(Km)	Zona de Fresnel (m)
Cerro Cotacachi-Bellavista	19,9	16
Cerro Cotacachi-San Rafael	19,6	15,9
San Rafael-Bellavista	2,8	6
San Rafael-Gonzales Suarez	2,9	6,1
Bellavista -Gonzales Suarez	3,6	6,8

Fuente: Elaborado por Autor

En la tabla 32 nos indica el cálculo de la zona de Fresnel de todos los enlaces de la red con su respectiva distancia.

4.3.2.1 Simulación de la red Cotacachi-Bellavista.

Hacer la simulación utilizaremos el software gratuito Radio Mobile 11.6.0, es un programa de simulación de radio propagación para predecir el comportamiento de sistemas de radio, simular radioenlaces y observar el área de cobertura de una red. (Grupo de Radiocomunicaciones Departamento SSR ETSIT-UPM, 2007)

Este software trabaja en el rango de frecuencias entre 20 MHz y 20 GHz y está basado en el modelo de propagación ITM (Irregular Terrain Model) o modelo Longley-Rice, modelo de predicción troposférica para transmisiones de radio sobre terreno irregular y enlaces de

medio-largo alcance. (Grupo de Radiocomunicaciones Departamento SSR ETSIT-UPM, 2007)

El primer paso para crear la red debemos saber las coordenadas geográficas de latitud y longitud de los puntos que se realizará los enlaces, para ello utilizaremos el programa gratuito google Earth.

En la tabla 33 se muestra los parámetros de configuración en el simulador Radio Mobile.

Tabla 33. *Parámetros de configuración de la simulación Nodo Cotacachi-Bellavista*

Nodo Cotacachi			Nodo Bellavista		
Característica	Especificación		Característica	Especificación	
Latitud	0°19'48.84"N		Latitud	0°12'40.14"N	
Longitud	78°20'19.29"O		Longitud	78°12'30.95"	
Elevación	3974 m		Elevación	2703 m	
Altura de torre	18m		Altura	15 m	
SISTEMAS DE RADIO					
Tipo de Antena	RocketDish	RD-	Tipo de Antena	RocketDish	RD-
	5G31-AC			5G31-AC	
Ganancia de Antena Tx	31 dBi		Ganancia de Antena Tx	31 dBi	
Tipo de Radio	RocketAC	-R5AC-	Tipo de Radio	RocketAC	-R5AC-
	PTP			PTP	
Potencia de Tx (dBm)	23 dBm		Potencia de Tx (dBm)	23 dBm	
Sensibilidad de recepción Rx(dBm)	-69 dBm		Sensibilidad de recepción Rx(dBm)	-69 dBm	
Frecuencia (GHz)	(5100-5800) GHz		Frecuencia (GHz)	(5100-5800) GHz	

Fuente: Elaborado por Autor

En la figura 47 se muestra los parámetros del enlace entre los nodos de Cerro Cotacachi-Bellavista, la estación transmisora es el Cerro Cotacachi y la receptora es el nodo Bellavista. Además de los parámetros del enlace como potencia de transmisión, ganancia de la antena, frecuencia de operación tanto del transmisor como receptor y elevación del terreno.

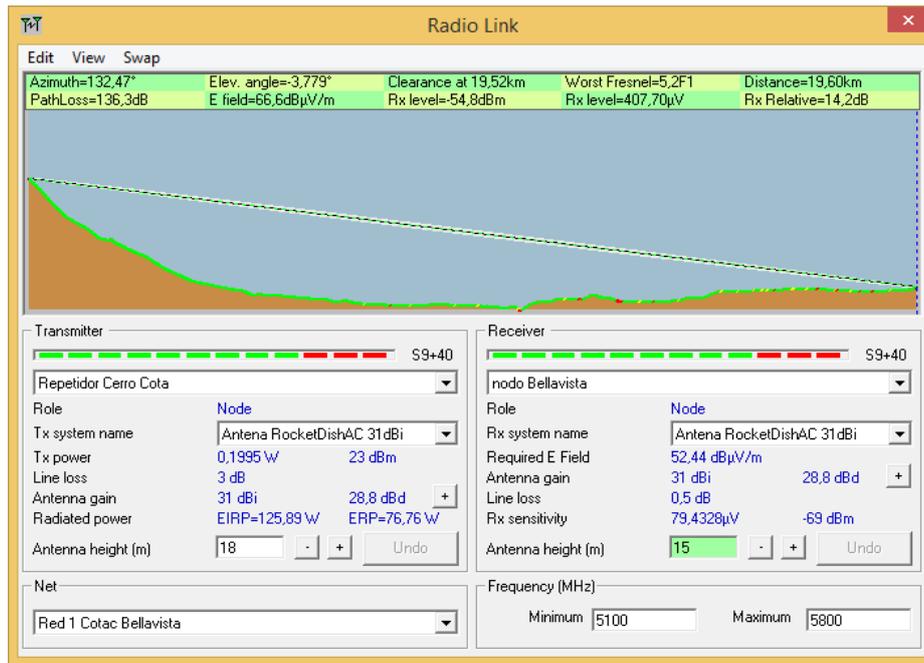


Figura 47. Perfil del enlace entre Cerro Cotacachi-Bellavista

Fuente: Recuperado de Radio Mobile

En la figura 47 nos describe los resultados de la simulación, tales como, el ángulo de azimut que está orientada la antena que es de $132,37^\circ$ en orientación del trasmisor, pérdidas en el espacio libre de 136,3dB, distancia del enlace 19,99 Km, el pero ángulo de Fresnel es de 5,2F1. El enlace es óptimo esto es debido a que un parámetro importante en enlace es el Nivel Rx en dBm, cuanto menor sea ese valor mejor calidad tendrá el enlace, lo ideal es se encuentre entre -40 y -70 dBm, en por lo tanto tenemos un valor de -54,8 dBm que están en rango ideal y El margen de la potencia de recepción que permite conocer el valor de margen respecto de la sensibilidad del sistema receptor con que llega la señal recibida y tenemos 14,2 dB.

Para tener una visualización en google earth nos vamos a **edit >export to** y escogemos la opción google earth, en la siguiente figura 48 se muestra el enlace Cotacachi-Bellavista.

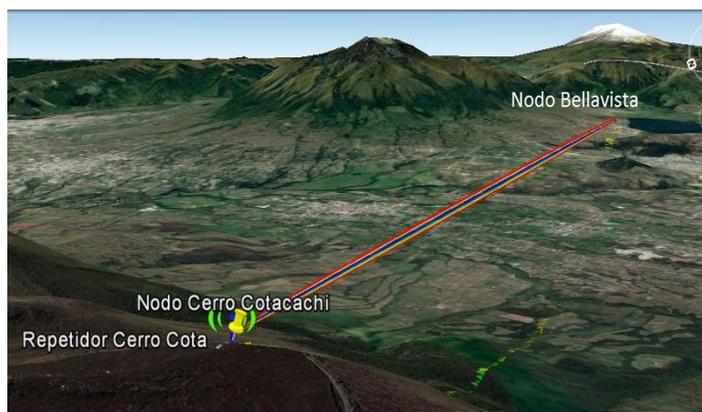


Figura 48. Enlace nodo Cotacachi-Bellavista

Fuente: Recuperado de Google earth

En Radio Mobile hay la opción se puede invertir el enlace es decir el transmisor será el nodo Bellavista y el receptor es el nodo Cotacachi, en la figura 49 se muestra el enlace invertido.

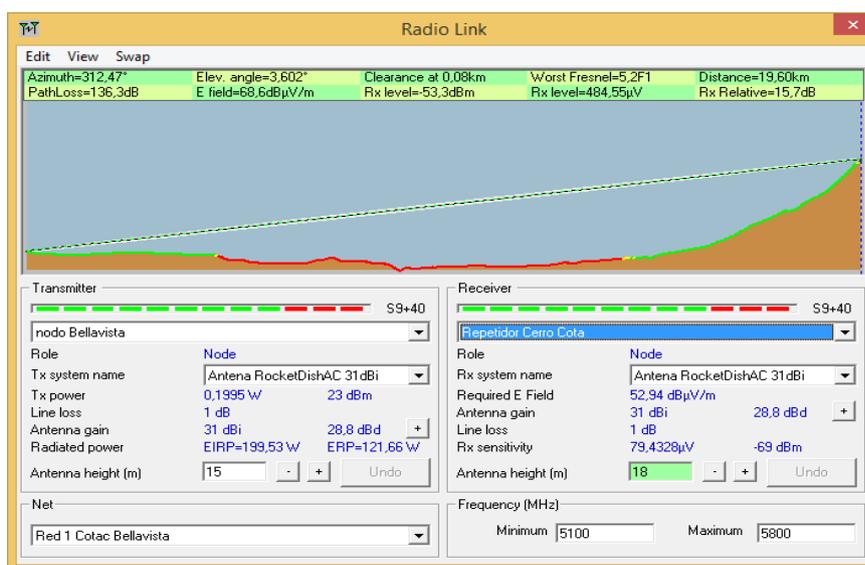


Figura 49. Enlace invertido entre Cerro Cotacachi-Bellavista

Fuente: Recuperado de Radio Mobile

En la figura 49 cambia el azimut esto es debido a la orientación del sistema y los demás datos se mantienen.

En la siguiente tabla 34 se describe la comparación de los cálculos matemáticos realizados y la simulación en radio Mobile.

Tabla 34. Comparación del enlace de datos calculados y simulados Cerro Cotacachi-Bellavista

Enlace Cerro Cotacachi-Bellavista			
Característica	Datos calculados	Datos simulados	Margen de error
Distancia entre los nodos	19,65 (Km)	19,6 (Km)	0.05(Km)
Perdidas en el espacio libre (FSL)	133,57(dB)	136,3(dB)	2,75(dB)
Nivel Mínimo de señal Recibida en Rx(RSL)=Ganancia total-FSL	-54,57 (dBm)	-54,8(dBm)	0,23 (dBm)
Margen de potencia Rx	14,43 (dB)	14,2(dB)	0,23(dB)

Fuente: Elaborado por Autor

En la tabla 34 se describe los resultados obtenidos de los datos calculados matemáticamente y en el software Radio Mobile, existe un margen de error debido a que en el software determina perdidas adicionales por múltiples trayectoria y obstáculos, además que en el simulador no existe el tipo de antena RocketDish RD-5G31-AC, por lo que se debe elegir una antena similar en propagación de los lóbulo de radiación que es la Antena Corner, debido a estos factores es la variación de los resultados.

4.3.3 ENLACE COTACACHI-SAN RAFAEL

1. Calculo distancia Cerro Cotacachi-San Rafael

En la figura 50 se muestra la estructura y la distancia del enlace

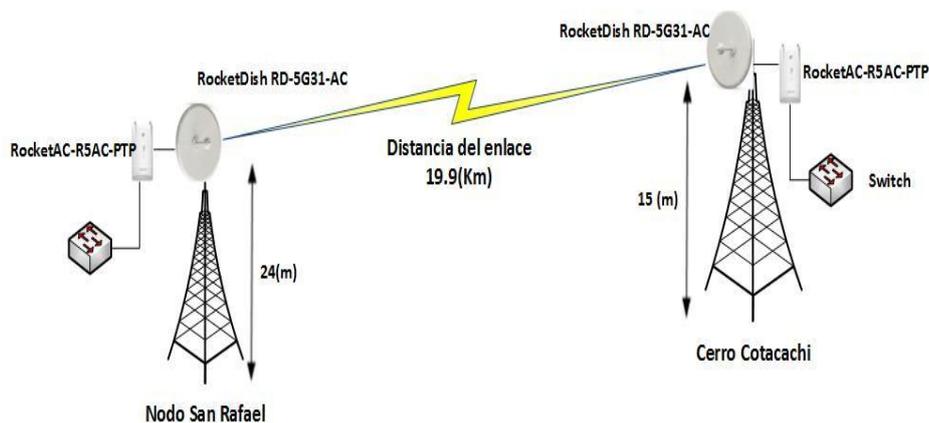


Figura 50. Enlace Cerro Cotacachi-San Rafael

Fuente: Elaborado por Autor

Conversión de la latitud y longitud en grados decimal y radianes.

$$\text{LatC}=0^{\circ}19'48.84''=0.33023=0.58 \text{ (rad)}$$

$$\text{LatSR}=0^{\circ}11'29.41''=0.19150=0.33 \text{ (rad)}$$

$$\text{LongC}=78^{\circ}20'19.29''=-78.3386=-1.367 \text{ (rad)}$$

$$\text{LongSR}=78^{\circ}13'31.43''=-78.2253=-1.365 \text{ (rad)}$$

Remplazando en la ecuación 4 y resolviendo tenemos lo siguiente:

$$d = 111.19 * \text{Arcos}[(\text{sen}(0.3302) * \text{sen}(0.19150) + \text{cos}(0.3302) * \text{cos}(0.19150)) * \text{cos}(-78.2253 + 78.3386)]$$

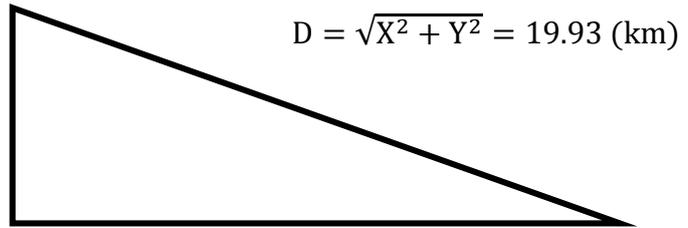
$$d = 111.19 * \text{Arcos}(0,9999951148)$$

$$d = 19.9 \text{ (Km)}$$

Con esta distancia tenemos la distancia en X y la altura Y con lo que aplicando el teorema de Pitágoras por ser un triángulo rectángulo podemos aplicar la siguiente ecuación 5.

$$a = (3974 + 30)\text{m} - (2757 + 24)\text{m}$$

$$a = 1223(\text{m}) = 1.223 (\text{km})$$



$$d = 19.9(\text{km})$$

$$D = \sqrt{19.9^2 + 1.223^2}$$

$$D = 19.93(\text{Km})$$

2. PÉRDIDAS EN EL ESPACIO LIBRE

$$\text{FSL}(\text{dB}) = 32.44 + 20\log f(\text{Mhz}) + 20\log d(\text{km})$$

Donde:

L=perdidas en el espacio libre

F= frecuencia en Mhz

D= la distancia en km

D=15.97 (km)

F=5800 (Mhz)

$$\text{FSL}(\text{dB}) = 32.44 + 20\log(5800(\text{Mhz})) + 20\log(19.93(\text{km}))$$

$$\text{FSL}(\text{dB}) = 32.44 + 20 * 3.763 + 20 * 1.299$$

$$\text{FSL}(\text{dB}) = 32.44 + 75.268 + 25.99$$

$$\text{FSL}(\text{dB}) = 133.698 (\text{dB})$$

3. PRESUPUESTO DE ENLACE TOTAL

Presupuesto de enlace completo es el margen para estar seguro en el receptor es mayor que el un cierto umbral por lo que se resume en la siguiente tabla 35.

**Presupuesto de enlace=Ganancia Total (dB) + pérdidas en el espacio libre (dB)-
sensibilidad del Receptor (dBm)**

Tabla 35. *Calculo del presupuestó del enlace Cerro Cotacachi-San Rafael*

Datos	Elementos	Valores
Distancia: 19.93 (Km) Frecuencia: 5,8 GHz	Potencia de salida del Transmisor TX	+23 dBm
	Ganancia de la antena TX	+31dBi
	Cables y conectores TX	-3 dB
	Ganancia de la antena RX	+31 dBi
	Cables y conectores RX	-3 dB
	Ganancia Total=	79 dB
	Pérdidas en el espacio libre (FSL)	-133.698 dB
	Nivel Mínimo de señal Recibida en Rx(RSL)=Ganancia total-FSL	-54,698dBm
	Sensibilidad Receptor	-69 dBm
	Total(Margen)=Nivel de señal esperado RX-(-Sensibilidad del Receptor)	+14.30 dB

Fuente: Elaborado por Autor

4.3.3.1 Simulación de la Red Cotacachi-San Rafael

El primer paso para crear la red debemos saber las coordenadas geográficas de latitud y longitud de los puntos que se realizará los enlaces, para ello utilizaremos el programa gratuito google Earth.

En la tabla 36 se muestra los parámetros de configuración en el simulador Radio Mobile.

Tabla 36. *Parámetros de configuración de la simulación Nodo Cotacachi-San Rafael*

Nodo Cotacachi		Nodo San Rafael	
Característica	Especificación	Característica	Especificación
Latitud	0°19'48.84"N	Latitud	0°11'24.59"N
Longitud	78°20'19.29"O	Longitud	78°13'33.17"O
Elevación	3974 m	Elevación	2757 m
Altura de torre	18m	Altura	24 m

SISTEMAS DE RADIO

Tipo de Antena	RocketDish 5G31-AC	RD-	Tipo de Antena	RocketDish 5G31-AC	RD-
Ganancia de Antena Tx	31 dBi		Ganancia de Antena Tx	31 dBi	
Tipo de Radio	RocketAC PTP	-R5AC-	Tipo de Radio	RocketAC PTP	-R5AC-
Potencia de Tx (dBm)	23 dBm		Potencia de Tx (dBm)	23 dBm	
Sensibilidad de recepción Rx(dBm)	-69 dBm		Sensibilidad de recepción Rx(dBm)	-69 dBm	
Frecuencia (GHz)	(5100-5800) GHz		Frecuencia (GHz)	(5100-5800) GHz	

Fuente: Elaborado por Autor

En la figura 51 se muestra los parámetros de enlace entre los nodos de Cerro Cotacachi-San Rafael, la estación transmisora es el Cerro Cotacachi y la receptora es el nodo San Rafael. Además de los parámetros del enlace como potencia de transmisión, ganancia de la antena, frecuencia de operación tanto del transmisor como receptor y elevación del terreno.

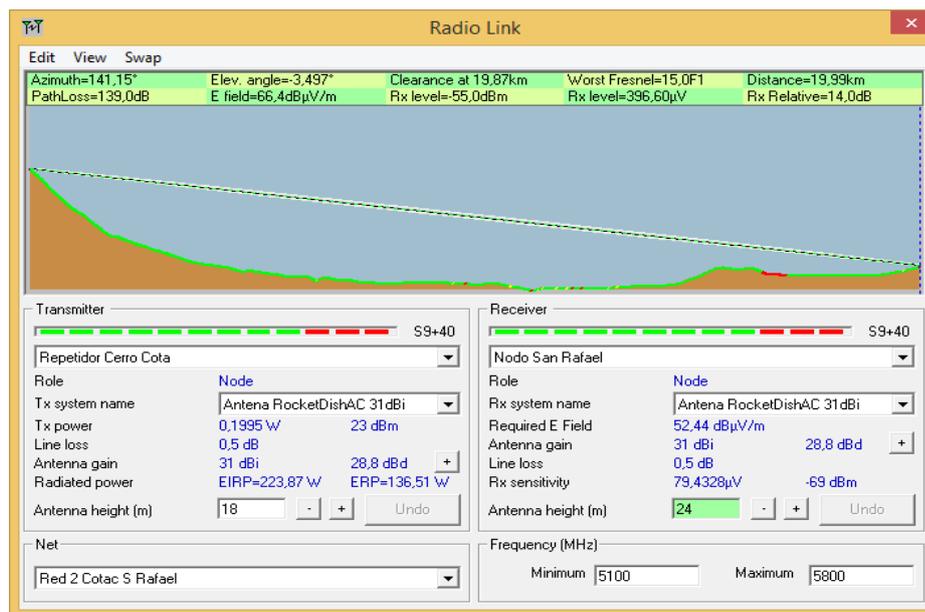


Figura 51. Perfil del enlace entre Cerro Cotacachi-San Rafael

Fuente: Recuperado de Radio Mobile

En la figura 51 nos describe los resultados de la simulación, tales como, el ángulo de azimut que está orientada la antena que es de 141,15° en orientación del transmisor, pérdidas en el espacio libre de 139,0dB, distancia del enlace 19,99 Km, el pero ángulo de Fresnel es

de 15,0F1. El enlace es óptimo esto es debido a que un parámetro importante en enlace es el Nivel Rx en dBm, cuanto menor sea ese valor mejor calidad tendrá el enlace, lo ideal es se encuentre entre -40 y -70 dBm, en por lo tanto tenemos un valor de -55,0 dBm que están en rango ideal y El margen de la potencia de recepción que permite conocer el valor de margen respecto de la sensibilidad del sistema receptor con que llega la señal recibida y tenemos 14,0 dB.

Para tener una visualización en google earth nos vamos a **edit >export to** y escogemos la opción google earth, en la siguiente figura 52 se muestra el enlace Cotacachi-Bellavista.



Figura 52. Enlace nodo Cotacachi-San Rafael

Fuente: Recuperado de Google Earth

En Radio Mobile hay la opción se puede invertir el enlace es decir el trasmisor será el nodo Bellavista y el receptor es el nodo Cotacachi, en la figura 53 se muestra el enlace invertido y cambia el azimut esto es debido a la orientación del sistema y los demás datos se mantienen.

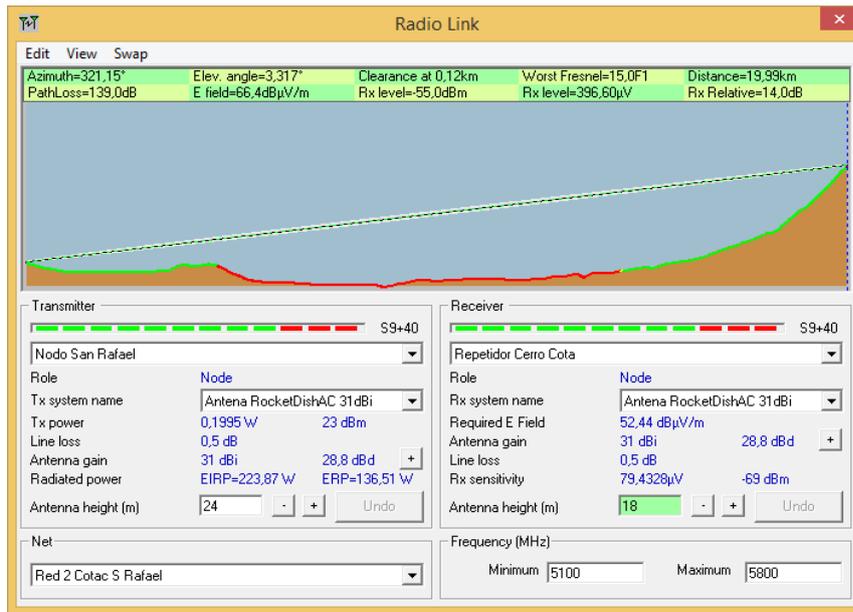


Figura 53. Enlace invertido entre Cerro Cotacachi-San Rafael

Fuente: Recuperado de Radio Mobile

En la tabla 37 se describe una comparación de los cálculos matemáticos y la simulación en radio Mobile obtenidos, los resultados son similares con una diferencia mínima entre los datos calculados y simulados.

Tabla 37. Comparación datos calculados y simulados del enlace San Rafael-Cotacachi

Enlace San Rafael- Cotacachi			
Característica	Datos calculados	Datos simulados	Margen de error
Distancia entre los nodos	19.9(Km)	19.99(Km)	0,09(Km)
Perdidas en el espacio libre (FSL)	133.69(dB)	139.0(dB)	5,31(dB)
Nivel de la Señal RX esperado	-54.69 (dBm)	-55.0(dBm)	0,31 (dBm)
Margen Rx	14.30(dB)	14.0(dB)	0,30 (dB)

Fuente: Elaborado por Autor

En la tabla 37 se describe los resultados obtenidos de los datos calculados matemáticamente y en el software Radio Mobile, existe un margen de error debido a que en el software determina perdidas adicionales por múltiples trayectoria y obstáculos, además que en el simulador no existe el tipo de antena RocketDish RD-5G31-AC, por lo que se debe

elegir una antena similar en propagación de los lóbulos de radiación que es la Antena Corner, debido a estos factores es la variación de los resultados.

4.3.4 ENLACE BEALLAVISTA-SAN RAFAEL

1. Calculo de la distancia San Rafael-Bellavista

En la figura 54 se muestra la estructura y la distancia del enlace

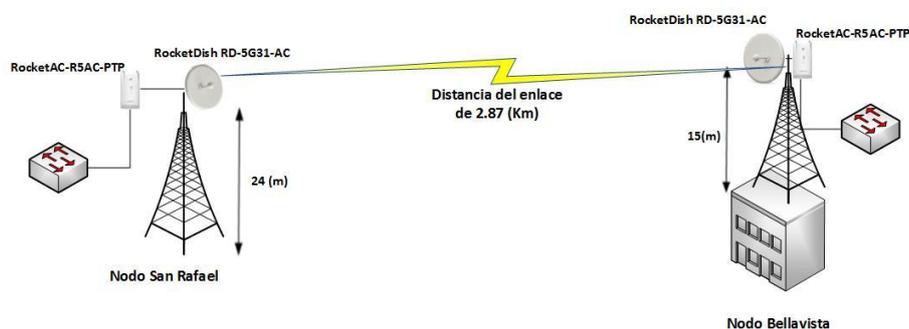


Figura 54. Enlace San Rafael-Bellavista

Fuente: Elaborado por Autor

Conversión de la latitud y longitud en grados decimal y radianes.

$$\text{LatSR} = 0^{\circ}11'29.41'' = 0.1915 = 0.33 \text{ (rad)}$$

$$\text{LatBE} = 0^{\circ}12'40.14'' = 0.21115 = 0.368 \text{ (rad)}$$

$$\text{LongSR} = 78^{\circ}13'31.43'' = -78.2253 = -1.365 \text{ (rad)}$$

$$\text{LongBE} = 78^{\circ}13'33.17'' = -78.2085 = -1.364 \text{ (rad)}$$

Remplazando en la ecuación 4 resolviendo tenemos lo siguiente:

$$d = 111.19 * \text{Arcos}[(\text{sen}(0.1915) * \text{sen}(0.21115) + \text{cos}(0.1915) * \text{cos}(0.21115)) * \text{cos}(-78.2085 + 78.2253)]$$

$$d = 111.19 * \text{Arcos}[(1.231722309 \times 10^{-5} + 0.999987581)]$$

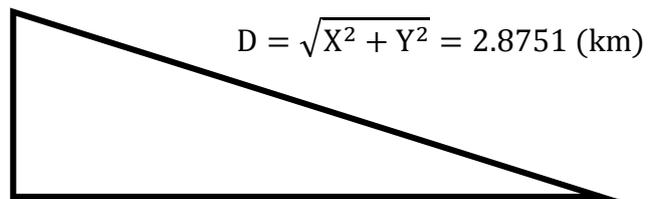
$$d = 111.19 * \text{Arcos}(0.9999998982)$$

$$d = 2.8745(\text{Km})$$

Con esta distancia tenemos la distancia en X y la altura Y con lo que aplicando el teorema de Pitágoras por ser un triángulo rectángulo podemos aplicar la siguiente ecuación 5.

$$Y = (2757 + 24)\text{m} - (2703 + 18)\text{m}$$

$$Y = 60(\text{m}) = 0.06 (\text{km})$$



$$X = 2.8745 (\text{Km})$$

$$D = \sqrt{2.8745^2 + 0.06^2}$$

$$D = 2.8751(\text{Km})$$

2. PÉRDIDAS EN EL ESPACIO LIBRE

Perdidas en el espacio libre para dos enlaces se podrá calcular utilizando la ecuación 6 descrita a continuación.

Las distancias entre los distintos nodos están en la tabla.

$$\text{FSL}(\text{dB}) = 32.44 + 20\log f(\text{Mhz}) + 20\log d(\text{km})$$

Donde:

L=perdidas en el espacio libre

F= frecuencia en Mhz

D= la distancia en km

D=2.8751 (km)

F=5800 (Mhz)

$$\text{FSL(dB)} = 32.44 + 20\log(5800(\text{Mhz})) + 20\log(2.8751(\text{km}))$$

$$\text{FSL(dB)} = 32.44 + 20 * 3.7634 + 20 * 0.4586$$

$$\text{FSL(dB)} = 32.44 + 75.268 + 9.17$$

$$\text{FSL(dB)} = 116.87(\text{dB})$$

3. PRESUPUESTO DE ENLACE TOTAL

Presupuesto de enlace completo es el margen para estar seguro en el receptor es mayor que el un cierto umbral por lo que se resume en la siguiente tabla 38.

Presupuesto de enlace=Ganancia Total (dB) + perdidas en el espacio libre (dB)- sensibilidad del Receptor (dBm)

Tabla 38. *Calculo del presupuesto del enlace Bellavista-San Rafael*

Datos	Elementos	Valores
Distancia: 2.8751 (Km) Frecuencia: 5,8 GHz	Potencia de salida del Transmisor TX	+23 dBm
	Ganancia de la antena TX	+31dBi
	Cables y conectores TX	-3 dB
	Ganancia de la antena RX	+31 dBi
	Cables y conectores RX	-3 dB
	Ganancia Total=	79 dB
	Pérdidas en el espacio libre (FSL)	-116.87 dB
	Nivel Mínimo de señal Recibida en Rx(RSL)=Ganancia total-FSL	-37.87dBm
	Sensibilidad Receptor	-69 dBm
	Total(Margen)=Nivel de señal esperado RX-(-Sensibilidad del Receptor)	+31.12 dB

Fuente: Elaborado por Autor

4.3.4.1 Simulación de la Red Bellavista- San Rafael

En la tabla 39 se muestra los parámetros de configuración en el simulador Radio Mobile.

Tabla 39. *Parámetros de configuración de la simulación Nodo Bellavista-San Rafael*

Nodo Bellavista		Nodo San Rafael	
Característica	Especificación	Característica	Especificación
Latitud	0°12'40.14"N	Latitud	0°11'24.59"N
Longitud	78°12'30.95"O	Longitud	78°13'33.17"O
Elevación	2703 m	Elevación	2757 m
Altura de torre	15m	Altura	24 m
SISTEMAS DE RADIO			
Tipo de Antena	RocketDishRD-5G31-AC	Tipo de Antena	RocketDishRD-5G31-AC
Ganancia de Antena Tx	31 dBi	Ganancia de Antena Tx	31 dBi
Tipo de Radio	RocketAC-R5AC-PTP	Tipo de Radio	RocketAC-R5AC-PTP
Potencia de Tx (dBm)	23 dBm	Potencia de Tx (dBm)	23 dBm
Sensibilidad de recepción Rx(dBm)	-69 dBm	Sensibilidad de recepción Rx(dBm)	-69 dBm
Frecuencia (GHz)	(5100-5800) GHz	Frecuencia (GHz)	(5100-5800) GHz

Fuente: Elaborado por Autor

En la figura 55 se muestra los parámetros del enlace entre los nodos de Bellavista-San Rafael, la estación transmisora es el Bellavista y la receptora es el nodo San Rafael. Además de los parámetros del enlace como potencia de transmisión, ganancia de la antena, frecuencia de operación tanto del transmisor como receptor y elevación del terreno.

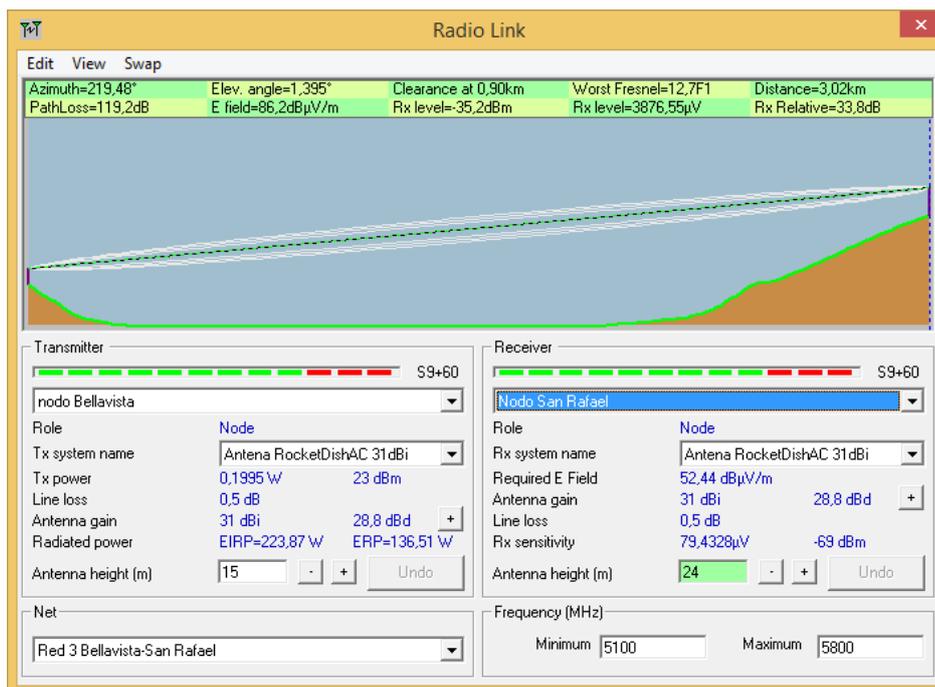


Figura 55. Perfil del enlace entre Bellavista-San Rafael

Fuente: Recuperado de Radio Mobile

En la figura 55 nos describe los resultados de la simulación, tales como, el ángulo de azimut que está orientada la antena que es de $219,48^\circ$ en orientación del trasmisor, pérdidas en el espacio libre de 119,2dB, distancia del enlace 3,02 Km, el pero ángulo de Fresnel es de 12,7F1. El enlace es óptimo esto es debido a que un parámetro importante en enlace es el Nivel Rx en dBm, cuanto menor sea ese valor mejor calidad tendrá el enlace, lo ideal es se encuentre entre -40 y -70 dBm, en por lo tanto tenemos un valor de -35,2 dBm que están en rango ideal y El margen de la potencia de recepción que permite conocer el valor de margen respecto de la sensibilidad del sistema receptor con que llega la señal recibida y tenemos 33,8 dB.

Para tener una visualización en google earth nos vamos a **edit > export to** y escogemos la opción google earth, en la siguiente figura 56 se muestra el enlace Cotacachi-Bellavista.

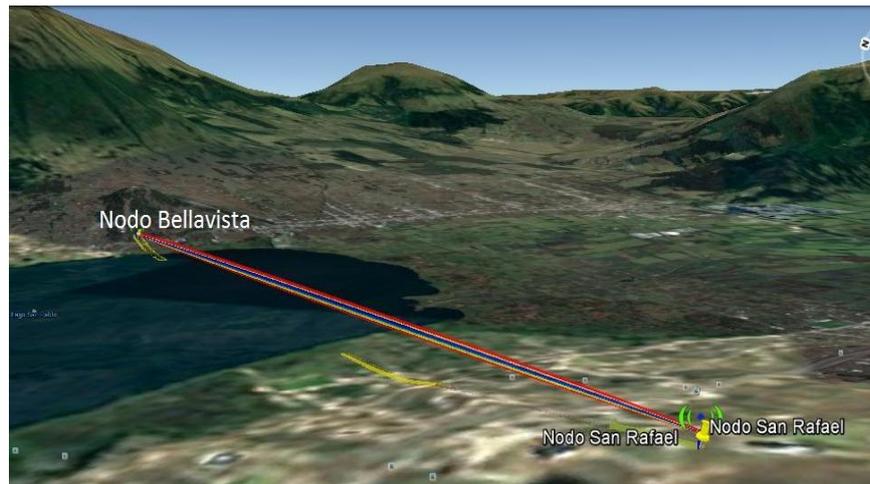


Figura 56. Enlace nodo Bellavista-San Rafael

Fuente: Recuperado de Google Earth

Invirtiéndolo el enlace el transmisor será el nodo San Rafael y el receptor es el nodo Bellavista, en la figura 57 se muestra el enlace invertido, por lo tanto cambia el azimut esto es debido a la orientación del sistema y los demás datos se mantienen.

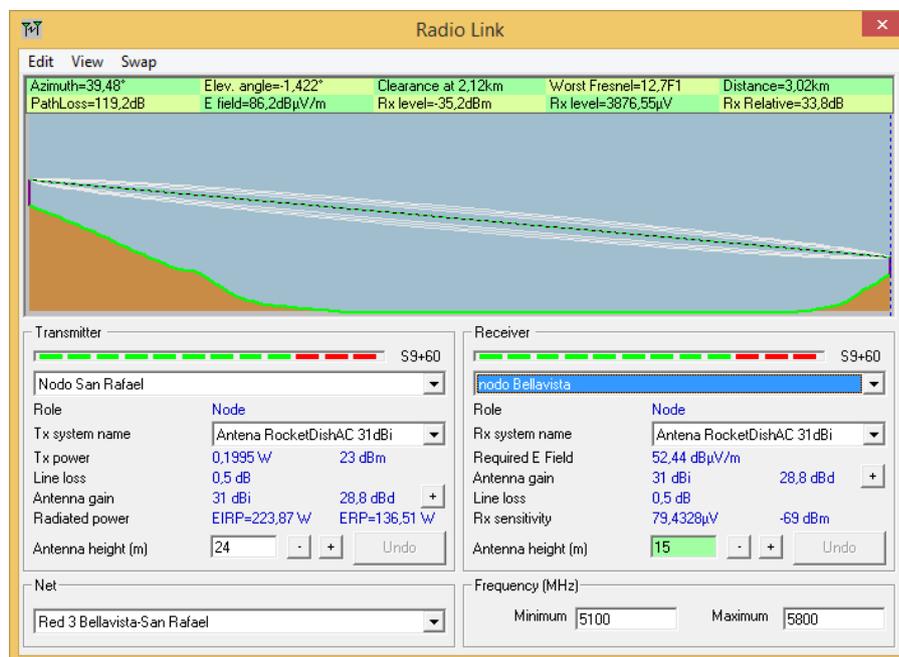


Figura 57. Enlace invertido entre San Rafael-Bellavista.

Fuente: Autor.

Con la herramienta Radio Converge permite dibujar el área de cobertura de un enlace de radio, con la opción Single Polar calcula el área de cobertura de una estación transmisora fija, realizando un barrido en toda el área. En la siguiente figura 58 se muestra el área de cobertura del enlace San Rafael-Bellavista.



Figura 58. Área de cobertura de los nodos San Rafael Bellavista

Fuente: Recuperado de Radio Mobile

En la tabla 40 se describe los cálculos matemáticos y la simulación en Radio Mobile del enlace San Rafael-Bellavista.

Tabla 40. Comparación datos calculados y simulados del enlace Bellavista-San Rafael

Enlace Bellavista-San Rafael			
Característica	Datos calculados	Datos simulados	Margen de error
Distancia entre los nodos	2.87 (Km)	3.02 (Km)	0,15 (Km)
Perdidas en el espacio libre (FSL)	116.8(dB)	119.2(dB)	2,4 (dB)
Nivel Mínimo de señal Recibida en Rx (RSL)=Ganancia total-FSL	-37.87(dBm)	-35.2(dBm)	2,6 (dBm)
Margen Rx	31.12(dB)	33.8(dB)	2,6(dBm)

Fuente: Elaborado por Autor

En la tabla 40 se describe los resultados obtenidos de los datos calculados matemáticamente y en el software Radio Mobile, existe un margen de error debido a que en el software determina perdidas adicionales por múltiples trayectoria y obstáculos, además

que en el simulador no existe el tipo de antena RocketDish RD-5G31-AC, por lo que se debe elegir una antena similar en propagación de los lóbulos de radiación que es la Antena Corner, debido a estos factores es la variación de los resultados.

4.3.5 ENLACE SAN RAFAEL-GONZALES SUAREZ

1. Calculo de la distancia San Rafael-Gonzales Suarez

En la figura 59 se muestra la estructura y la distancia del enlace

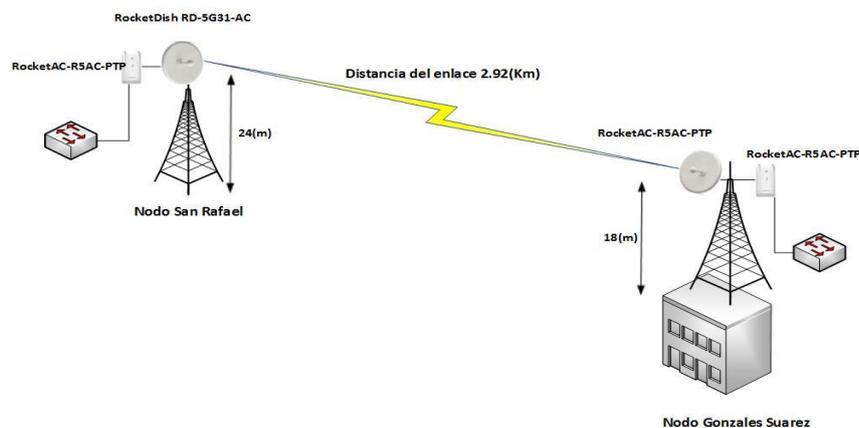


Figura 59. Enlace San Rafael-Gonzales Suarez

Fuente: Elaborado por Autor

Conversión de la latitud y longitud en grados decimal y radianes.

$$\text{LatSR} = 0^{\circ}11'29.41'' = 0.1915 = 0.33 \text{ (rad)}$$

$$\text{LatGS} = 0^{\circ}10'44.63'' = 0.17906 = 0.368 \text{ (rad)}$$

$$\text{LongSR} = 78^{\circ}13'31.43'' = 78.2253 = -1.365 \text{ (rad)}$$

$$\text{LongGS} = 78^{\circ}12'3.29'' = -78.2009 = -1.364 \text{ (rad)}$$

Reemplazando en la ecuación 4 y resolviendo tenemos lo siguiente:

$$d = 111.19 * \text{Arcos}[(\text{sen}(0.1915) * \text{sen}(0.17906) + \text{cos}(0.1915) * \text{cos}(0.17906)) * \text{cos}(-78.2009 + 78.2253)]$$

$$d = 111.19 * \text{Arcos}[(1.044529 \times 10^{-5} + 0,9999894405)]$$

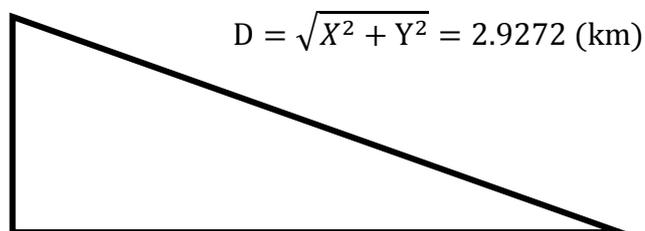
$$d = 111.19 * \text{Arcos}(0,9999998958)$$

$$d = 2.927(\text{Km})$$

Con esta distancia tenemos la distancia en X y la altura Y con lo que aplicando el teorema de Pitágoras por ser un triángulo rectángulo podemos aplicar la siguiente ecuación 5.

$$a = (2757 + 24)\text{m} - (2721 + 24)\text{m}$$

$$a = 36(\text{m}) = 0.036(\text{km})$$



$$d = 2.927(\text{Km})$$

$$D = \sqrt{2.927^2 + 0.036^2}$$

$$D = 2.9272(\text{Km})$$

2. PÉRDIDAS EN EL ESPACIO LIBRE

Perdidas en el espacio libre para dos enlaces se podrá calcular utilizando la ecuación 6 descrita a continuación.

Las distancias entre los distintos nodos están en la tabla 20.

$$\text{PEA}(\text{dB}) = 32.44 + 20\log f(\text{Mhz}) + 20\log d(\text{km})$$

Donde:

L=perdidas en el espacio libre

F= frecuencia en Mhz

D= la distancia en km

D=2.9272 (km)

F=5800 (Mhz)

$$FSL(dB) = 32.44 + 20\log(5800(\text{Mhz})) + 20\log(2.9272(\text{km}))$$

$$FSL(dB) = 32.44 + 20 * 3.7634 + 20 * 0.4664$$

$$FSL(dB) = 32.44 + 75.268 + 9.32$$

$$FSL(dB) = 117.03(dB)$$

3. PRESUPUESTO DE ENLACE TOTAL

Presupuesto de enlace completo es el margen para estar seguro en el receptor es mayor que el un cierto umbral por lo que se resume en la siguiente tabla 41.

Presupuesto de enlace=Ganancia Total (dB) + perdidas en el espacio libre (dB)- sensibilidad del Receptor (dBm)

Tabla 41. *Calculo del presupuesto del enlace San Rafael-Gonzales Suarez.*

Datos	Elementos	Valores
Distancia: 2.8751 (Km) Frecuencia: 5,8 GHz	Potencia de salida del Transmisor TX	+23 dBm
	Ganancia de la antena TX	+31dBi
	Cables y conectores TX	-3 dB
	Ganancia de la antena RX	+31 dBi
	Cables y conectores RX	-3 dB
	Ganancia Total=	79 dB
	Pérdidas en el espacio libre (FSL)	-117.03dB
	Nivel Mínimo de señal Recibida en Rx(RSL)=Ganancia total-FSL	-38.03dBm
	Sensibilidad Receptor	-69 dBm

	Total(Margen)=Nivel de señal esperado RX-(-Sensibilidad del Receptor)	+30.96 dB
--	--	------------------

Fuente: Elaborado por Autor

4.3.5.1 Simulación de la Red San Rafael-Gonzales Suarez

En la tabla 42 se muestra los parámetros de configuración en el simulador Radio Mobile

Tabla 42. *Parámetros de configuración de la simulación Nodo San Rafael-Gonzales Suarez*

Nodo San Rafael		Nodo Gonzales Suarez	
Característica	Especificación	Característica	Especificación
Latitud	0°11'24.59"N	Latitud	0°10'44.63"N
Longitud	78°13'33.17"O	Longitud	78°12'3.29"O
Elevación	2757 m	Elevación	2721 m
Altura de torre	24 m	Altura de Torre	18 m
SISTEMAS DE RADIO			
Tipo de Antena	RocketDishRD-5G31-AC	Tipo de Antena	RocketDishRD-5G31-AC
Ganancia de Antena Tx	31 dBi	Ganancia de Antena Tx	31 dBi
Tipo de Radio	RocketAC-R5AC-PTP	Tipo de Radio	RocketAC-R5AC-PTP
Potencia de Tx (dBm)	23 dBm	Potencia de Tx (dBm)	23 dBm
Sensibilidad de recepción Rx(dBm)	-69 dBm	Sensibilidad de recepción Rx(dBm)	-69 dBm
Frecuencia (GHz)	(5100-5800) GHz	Frecuencia (GHz)	(5100-5800) GHz

En la figura 60 se muestra los parámetros del enlace entre los nodos de San Rafael-Gonzales Suarez, la estación transmisora es el San Rafael y la receptora es el nodo Gonzales Suarez. Además de los parámetros del enlace como potencia de transmisión, ganancia de la antena, frecuencia de operación tanto del transmisor como receptor y elevación del terreno.

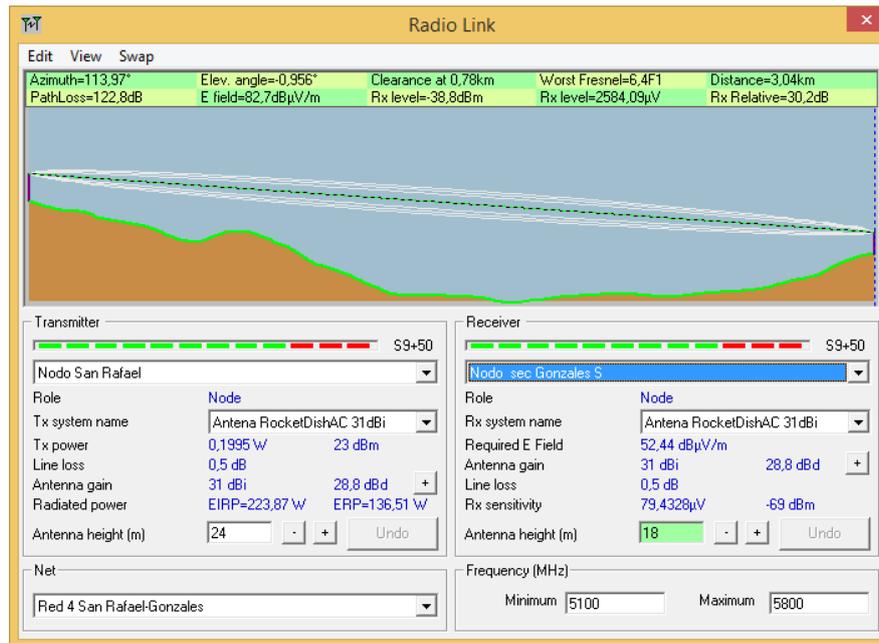


Figura 60. Perfil del enlace entre San Rafael-Gonzales Suarez

Fuente: Recuperado de Radio Mobile

En la figura 60 nos describe los resultados de la simulación, tales como, el ángulo de azimut que está orientada la antena que es de $113,97^\circ$ en orientación del transmisor, pérdidas en el espacio libre de 122,8dB, distancia del enlace 3,04 Km, el pero ángulo de Fresnel es de 6,4F1. El enlace es óptimo esto es debido a que un parámetro importante en enlace es el Nivel Rx en dBm, cuanto menor sea ese valor mejor calidad tendrá el enlace, lo ideal es se encuentre entre -40 y -70 dBm, en por lo tanto tenemos un valor de -38,8 dBm que están en rango ideal y El margen de la potencia de recepción que permite conocer el valor de margen respecto de la sensibilidad del sistema receptor con que llega la señal recibida y tenemos 30,2 dB.

Para tener una visualización en google earth nos vamos a **edit >export to** y escogemos la opción google earth, en la siguiente figura 61 se muestra el enlace Cotacachi-Bellavista.



Figura 61. Enlace nodo San Rafael-Gonzales Suarez

Fuente: Recuperado de Google Earth

Al invertir el enlace el transmisor será el nodo Gonzales Suarez y el receptor es el nodo San Rafael en la figura 62 se muestra el enlace invertido. Por lo tanto cambia el ángulo de azimut debido al cambio de orientación del sistema.

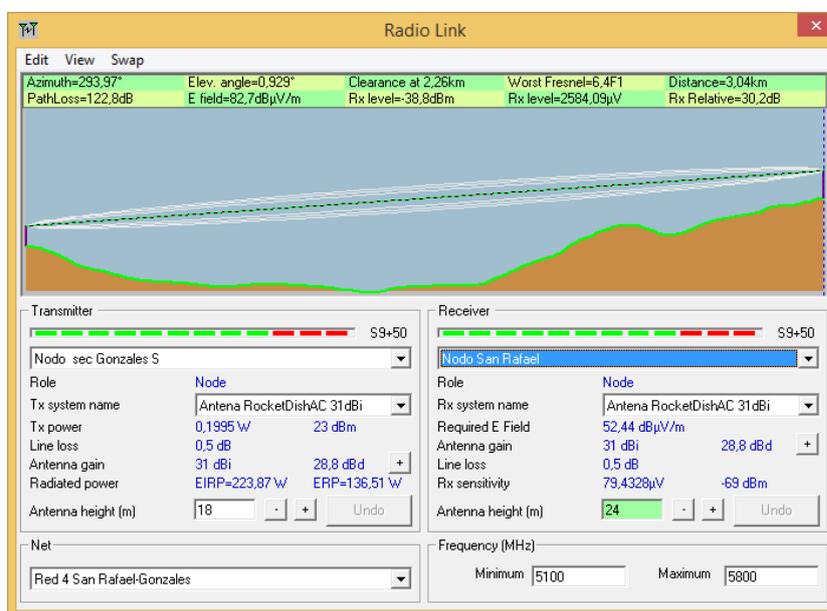


Figura 62. Enlace invertido entre San Rafael-Gonzales Suarez

Fuente: Recuperado de Radio Mobile

De igual manera aplicamos la herramienta Radio Converge para dibujar el área de cobertura de un enlace de radio, con la opción Single Polar calcula el área de cobertura de una estación transmisora fija, realizando un barrido en toda el área. En la siguiente figura 63 se muestra el área de cobertura del enlace San Rafael-Gonzales Suarez.

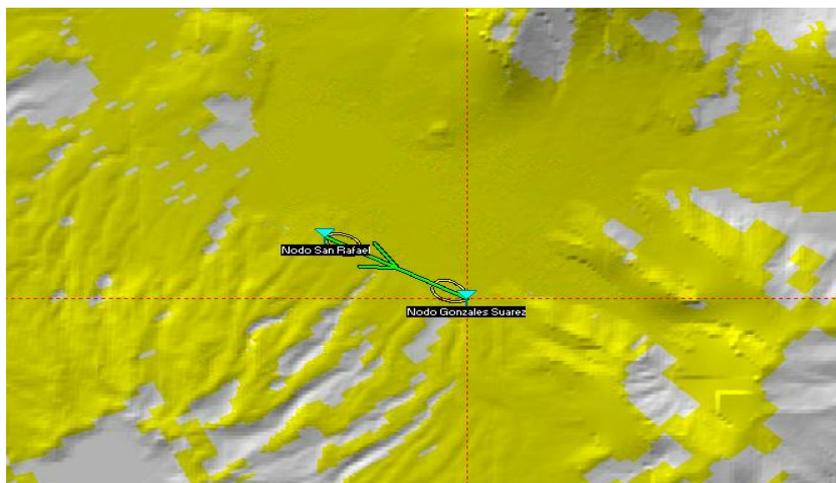


Figura 63. Área de cobertura del enlace San Rafael-Gonzales Suarez

Fuente: Recuperado de Radio Mobile

En la siguiente tabla 43 se describe una comparación entre los cálculos matemáticos y la simulación en Radio Mobile.

Tabla 43. Comparación datos calculados y simulados del enlace San Rafael-Gonzales

San Rafael-Gonzales Suarez			
Característica	Datos calculados	Datos simulados	Margen de error
Distancia entre los nodos	2.92 (Km)	3.04 (Km)	0,12(Km)
Perdidas en el espacio libre (FSL)	117.03(dB)	122.8(dB)	5,7(dB)
Nivel Mínimo de señal Recibida en Rx(RSL)=Ganancia total-FSL	-38.03(dBm)	-38.8(dBm)	0,77(dBm)
Margen Rx	30,9(dB)	30.2(dB)	0,7(dBm)

Fuente: Elaborado por Autor

En la tabla 43 se describe los resultados obtenidos de los datos calculados matemáticamente y en el software Radio Mobile, existe un margen de error debido a que en

el software determina pérdidas adicionales por múltiples trayectoria y obstáculos, además que en el simulador no existe el tipo de antena RocketDish RD-5G31-AC, por lo que se debe elegir una antena similar en propagación de los lóbulos de radiación que es la Antena Corner, debido a estos factores es la variación de los resultados.

4.3.6 ENLACE BELLAVISTA-GONZALES SUAREZ

1. Cálculo de la distancia Gonzales Suarez-Bellavista

En la figura 64 se muestra la estructura y la distancia del enlace

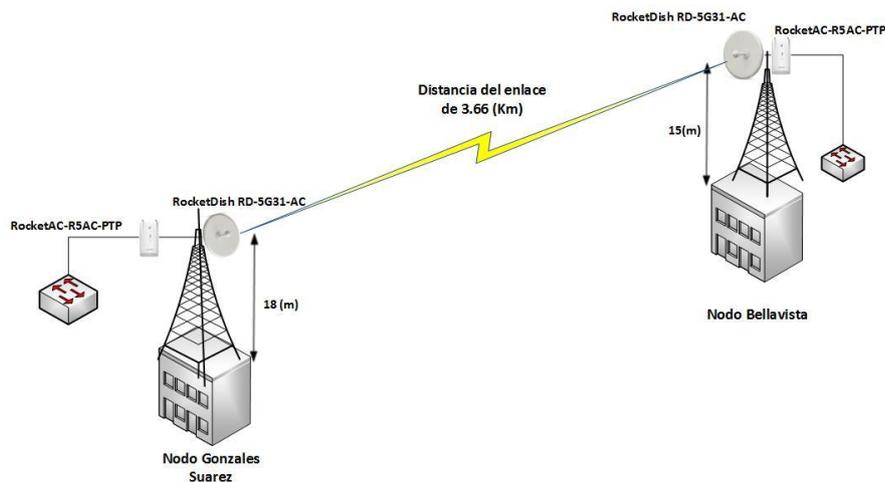


Figura 64. Enlace Gonzales Suarez-Bellavista

Fuente: Autor

Conversión de la latitud y longitud en grados decimal y radianes.

$$\text{LatGS}=0^{\circ}10'44.63''=0.17906=0.368 \text{ (rad)}$$

$$\text{LatBE}=0^{\circ}12'40.14''=0.21115=0.368 \text{ (rad)}$$

$$\text{LongGS}=78^{\circ}12'3.29''=-78.2009=-1.364 \text{ (rad)}$$

$$\text{LongBE}=78^{\circ}12'30.95''=-78.20859722=-1.364 \text{ (rad)}$$

Remplazando en la ecuación 4 y resolviendo tenemos lo siguiente:

$$d = 111.19 * \text{Arcos}[(\text{sen}(0.17906) * \text{sen}(0.21115) + \cos(0.17906) * \cos(0.2115)) * \cos(-78.2085 + 78.2009)]$$

$$d = 111.19 * \text{Arcos}[(1.1517 \times 10^{-5} + 0.9999883173)]$$

$$d = 111.19 * \text{Arcos}(0.9999998344)$$

$$d = 3.66(\text{Km})$$

Con esta distancia tenemos la distancia en X y la altura Y con lo que aplicando el teorema de Pitágoras por ser un triángulo rectángulo podemos aplicar la siguiente ecuación 5.

$$D = \sqrt{X^2 + Y^2} = 3.66 (\text{km})$$

$Y = (2721 + 24)m - (2703 + 18)m$
 $Y = 24(m) = 0.024 (\text{km})$
 $X = 3.66 (\text{Km})$
 $D = \sqrt{3.66^2 + 0.024^2}$
 $D = 3.66(\text{Km})$

2. PÉRDIDAS EN EL ESPACIO LIBRE (FSL)

Perdidas en el espacio libre para dos enlaces se podrá calcular utilizando la ecuación 5 descrita a continuación.

Las distancias entre los distintos nodos están en la tabla 20.

$$FSL(\text{dB}) = 32.44 + 20\log f(\text{Mhz}) + 20\log d(\text{km})$$

Donde:

L=perdidas en el espacio libre

F= frecuencia en Mhz

D= la distancia en km

D=3.66 (km)

F=5800 (Mhz)

$$FSL(dB) = 32.44 + 20\log(5800(Mhz)) + 20\log(3.66(km))$$

$$FSL(dB) = 32.44 + 20 * 3.7634 + 20 * 0.563$$

$$FSL(dB) = 32.44 + 75.268 + 11.26$$

$$FSL(dB) = 118.97(dB)$$

3. PRESUPUESTO DE ENLACE TOTAL

Presupuesto de enlace completo es el margen para estar seguro en el receptor es mayor que el un cierto umbral por lo que se resume en la siguiente tabla 44.

Presupuesto de enlace=Ganancia Total (dB) + perdidas en el espacio libre (dB)- sensibilidad del Receptor (dBm)

Tabla 44. *Calculo del presupuesto del enlace Gonzales Suarez-Bellavista*

Datos	Elementos	Valores
Distancia: 3.66 (Km) Frecuencia: 5,8 GHz	Potencia de salida del Transmisor TX	+23 dBm
	Ganancia de la antena TX	+31dBi
	Cables y conectores TX	-3 dB
	Ganancia de la antena RX	+31 dBi
	Cables y conectores RX	-3 dB
	Ganancia Total=	79 dB
	Pérdidas en el espacio libre (FSL)	-118,97dB
	Nivel de la señal esperado en RX=Gt-FSL	-39.97dBm
	Sensibilidad Receptor	-69 dBm

	Total(Margen)=Nivel de señal esperado RX-(-Sensibilidad del Receptor)	+29 dB
--	--	---------------

Fuente: Elaborado por autor

4.3.6.1 Simulación de la Red Bellavista-Gonzales Suarez

En la tabla 45 se muestra los parámetros de configuración en el simulador Radio Mobile

Tabla 45. *Parámetros de configuración de la simulación Nodo Bellavista-Gonzales Suarez*

Nodo Bellavista		Nodo Gonzales Suarez	
Característica	Especificación	Característica	Especificación
Latitud	0°12'40.14"N	Latitud	0°10'44.63"N
Longitud	78°12'30.95"O	Longitud	78°12'3.29"O
Elevación	2703 m	Elevación	2721 m
Altura torre	15 m	Altura Torre	18 m
SISTEMAS DE RADIO			
Tipo de Antena	RocketDishRD-5G31-AC	Tipo de Antena	RocketDishRD-5G31-AC
Ganancia de Antena Tx	31 dBi	Ganancia de Antena Tx	31 dBi
Tipo de Radio	RocketAC-R5AC-PTP	Tipo de Radio	RocketAC-R5AC-PTP
Potencia de Tx (dBm)	23 dBm	Potencia de Tx (dBm)	23 dBm
Sensibilidad de recepción Rx(dBm)	-69 dBm	Sensibilidad de recepción Rx(dBm)	-69 dBm
Frecuencia (GHz)	(5100-5800) GHz	Frecuencia (GHz)	(5100-5800) GHz

En la figura 65 se muestra los parámetros del enlace entre los nodos de Bellavista-Gonzales Suarez, la estación transmisora es el Bellavista y la receptora es el nodo Gonzales Suarez. Además de los parámetros del enlace como potencia de transmisión, ganancia de la antena, frecuencia de operación tanto del transmisor como receptor y elevación del terreno.

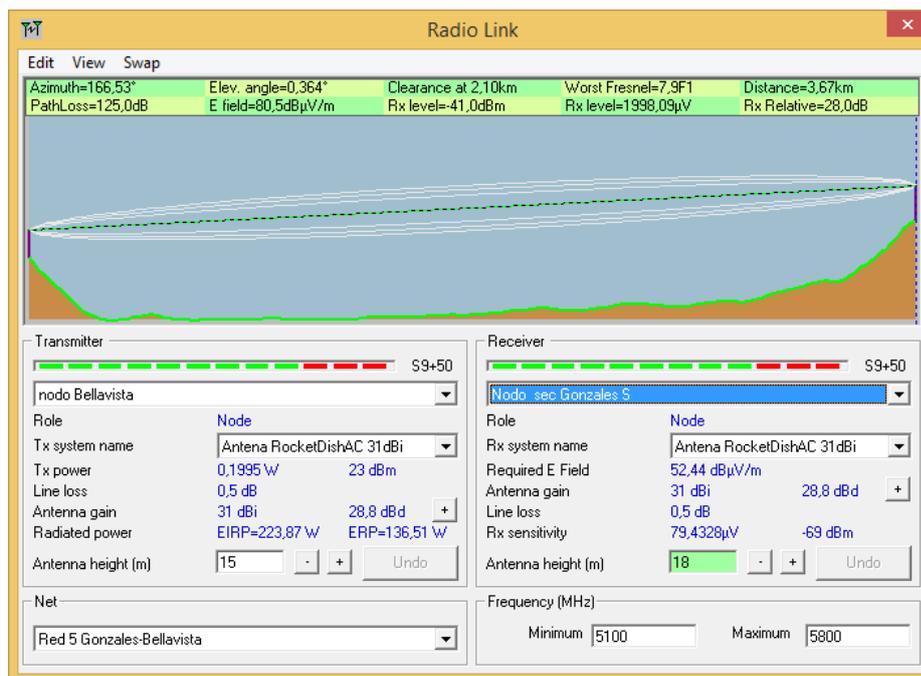


Figura 65. Perfil del enlace entre Bellavista-Gonzales Suarez

Fuente: Autor

En la figura 65 nos describe los resultados de la simulación, tales como, el ángulo de azimut que está orientada la antena que es de $166,53^\circ$ en orientación del transmisor, pérdidas en el espacio libre de 125,0dB, distancia del enlace 3,67 Km, el pero ángulo de Fresnel es de 7,9F1. El enlace es óptimo esto es debido a que un parámetro importante en enlace es el Nivel Rx en dBm, cuanto menor sea ese valor mejor calidad tendrá el enlace, lo ideal es se encuentre entre -40 y -70 dBm, en por lo tanto tenemos un valor de -41.0 dBm que están en rango ideal y El margen de la potencia de recepción que permite conocer el valor de margen respecto de la sensibilidad del sistema receptor con que llega la señal recibida y tenemos 28.0 dB.

Para tener una visualización en google earth nos vamos a **edit >export to** y escogemos la opción google earth, en la siguiente figura 66 se muestra el enlace Cotacachi-Bellavista.

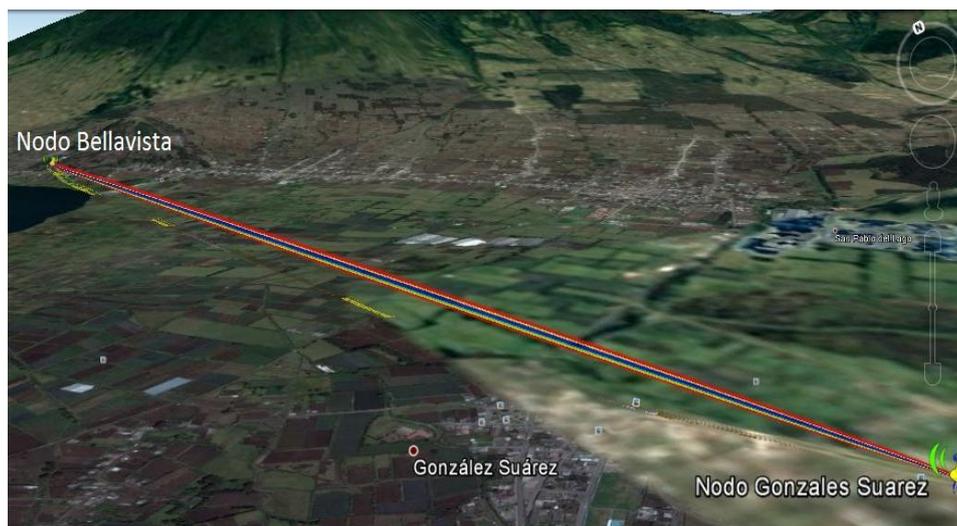


Figura 66. Enlace nodo Bellavista-Gonzales Suarez

Fuente: Recuperado de Google Earth

En Radio Mobile hay la opción se puede invertir el enlace es decir el trasmisor será el nodo Gonzales Suarez y el receptor es el nodo Bellavista, en la figura 67 se muestra el enlace invertido.

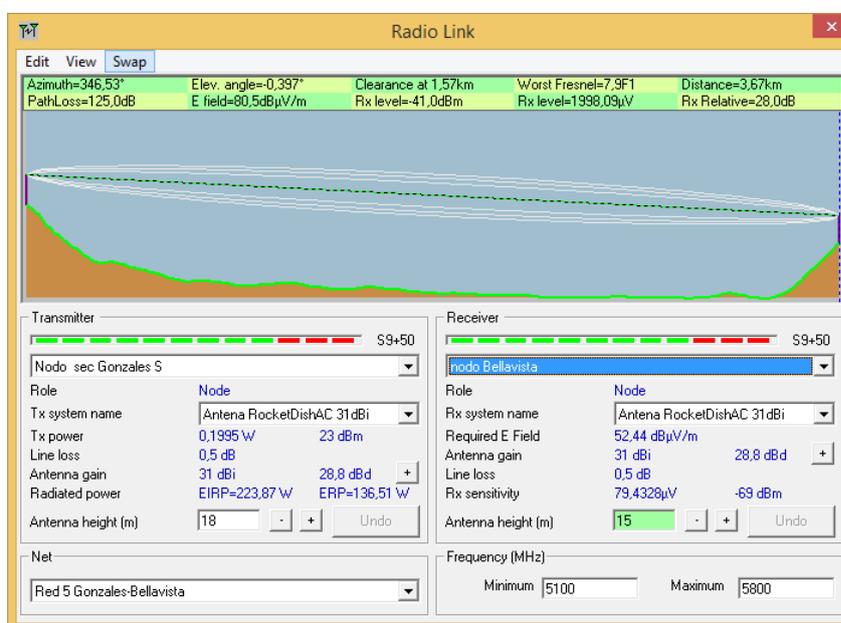


Figura 67. Enlace invertido entre Gonzales Suarez-Bellavista

Fuente: Recuperado de Radio Mobile

En la siguiente figura 68 se muestra el área de cobertura del enlace de los nodos Gonzales Suarez-Bellavista aplicando la herramienta Radio Converage.



Figura 68. Área de cobertura de pos nodos Gonzales Suarez-Bellavista

Fuente: Recuperado de Radio Mobile

En la siguiente tabla 46 se describe una comparación entre los cálculos matemáticos y la simulación en Radio Mobile.

Tabla 46. Comparación datos calculados y simulados del enlace Gonzales Suarez-Bellavista

Enlace Gonzales Suarez-Bellavista			
Característica	Datos calculados	Datos simulados	Margen de error
Distancia entre los nodos	3.66 (Km)	3.67 (Km)	0,01 (Km)
Perdidas en el espacio libre (FSL)	118.97(dB)	125.0(dB)	6,03(dB)
Nivel Mínimo de señal Recibida en Rx(RSL)	-39.97(dBm)	-41.0(dBm)	1,03 (dBm)
Margen de la potencia de recepción	29(dB)	28.0(dB)	1 (dB)

Fuente: Elaborado por Autor

En la tabla 46 se describe los resultados obtenidos de los datos calculados matemáticamente y en el software Radio Mobile, existe un margen de error debido a que en

el software determina pérdidas adicionales por múltiples trayectoria y obstáculos, además que en el simulador no existe el tipo de antena RocketDish RD-5G31-AC, por lo que se debe elegir una antena similar en propagación de los lóbulo de radiación que es la Antena Corner, debido a estos factores es la variación de los resultados.

4.4 CALCULO DE POTENCIA UPS

Se puede definir a un UPS (Sistema de Energía Interrumpible), es un dispositivo encargado de suministrar energía frente alguna interrupción de la misma, integra una circuitería especial que permite alimentar un juego de baterías recargables internas, su función es mejorar el suministro de energía a equipos de alto riesgo eléctrico durante un periodo de tiempo en forma automática. (Bernal, 2012)

Para la determinación y selección de un equipo UPS se requiere calcular la potencia demandada, en este caso se calcula la corriente máxima de la carga para poder determinar la potencia requerida tomando en cuenta que se debe dejar un margen del 25 % por si existe crecimiento a futuro, se debe considerar además, la temperatura ambiente por presentarse condiciones extremas que impidan el buen funcionamiento de los equipos UPS.

4.4.1 CARACTERÍSTICAS DE DISPONIBILIDAD DE UN UPS.

Las organizaciones pueden utilizar una gran variedad de opciones, tecnologías y servicios de implementación para incrementar la confiabilidad de su solución de protección de energía. Aquí hay algunas de las más efectivas. (Loeffler, 2011)

Arquitecturas redundantes de implementación: Para implementar los UPS en grupos redundantes, se puede incrementar la disponibilidad, al asegurar que las cargas críticas se mantienen protegidas, incluso si uno o más UPS fallan. Hay tres clases principales de arquitectura redundante de UPS:

- a. **Zona:** En una arquitectura de zonas, uno o más UPS proporcionan soporte dedicado a un conjunto específico de recursos del centro de datos. De esa manera, si un UPS falla durante un corte de energía, el impacto se limita a la zona a la que el equipo da soporte.
- b. **Serial:** En una arquitectura serial, múltiples UPS están conectados extremo a extremo para que si cualquier UPS en la cadena falla, los otros puedan compensarlo de manera automática.
- c. **Paralelo:** Las arquitecturas paralelas utilizan múltiples UPS conectados en paralelo para alcanzar una redundancia incrementada, se utiliza cuando un UPS falla.

En la tabla 47 se describe el cálculo para la determinación de la potencia de un UPS.

Tabla 47. *Cálculo de potencia de UPS*

Equipos	Nº de Equipos	Volts(V)	Amperes(A)	VA(Voltv*Amperes)
RocketAC R5AC-PTP	3	24	0.5	36(VA)
RocketAC R5AC-PTMP	3	24	0.5	36(VA)
Router Core CCR1036-12G-4S	1	110	0.54	60(VA)
Switch TL-SG1016DE	1	100-240	2.5	270(VA)
Subtotal				402(VA)
Factor de crecimiento (25% del subtotal)				103(VA)
VA requeridos				502(VA)
Capacidad Total				1KVA

Fuente: Elaborado por Autor

Elección del UPS se debe conseguir un equilibrio entre la calidad y precio, se analiza las características para la elección de la misma entre algunas marcas como se muestra en la tabla 48.

Tabla 48. Comparación de marcas de UPS

Característica	OMNIVS1500XL-UPS Tripp Lite	R-Smart 751 APC	Eaton 3105 UPS
Capacidad de Salida (VA)	1500(VA)	750(VA)	700(VA)
Capacidad de Salida (Watts)	940(W)	350(W)	100(W)
Detalles del Voltaje Nominal	115 Vca en modo de respaldo por batería	115Vca	110/115/120Vca
Tiempo de respaldo	75 Minutos una (PC)	20 Minutos una (PC)	10 Minutos(PC)
Tiempo de recarga	4,5 h a 90% (940W)	4 h a 90%	5 horas 90% después de la carga completa
Tomacorrientes	6 tomacorrientes UPS, 2 tomacorrientes solo anti-sobretensión	8 tomacorrientes UPS	8 tomacorrientes UPS

Fuente: Elaborado por Autor

Debido a los cálculos obtenidos y a las características del UPS que se describe en la tabla se ha elegido OMNIVS1500XL-UPS, porque posee una capacidad de voltaje de salida de 1KVA que las demás marcas no disponen, además se tiene un tiempo de respaldo de hasta 75 Minutos, el cual permita que los equipos estén activos y no se apaguen bruscamente ante in apagón.

4.4.2 OMNIVS1500XL-UPS

Sistema UPS OMNIVS1500XL interactivo de Tripp Lite; ofrece regulación de voltaje, supresión de sobretensiones y duradero soporte de batería ampliable para computadoras personales, equipos de conexión en red y otros aparatos electrónicos delicados. Las baterías internas del UPS soportan sistemas de PC básicos hasta 75 minutos durante fallas en el

suministro eléctrico de modo que los equipos conectados se puedan apagar sin pérdida de datos. (TRIPP-LITE, 2016).

4.5 MARCO LEGAL

4.5.1 NUEVA LEY ORGÁNICA DE TELECOMUNICACIONES

La constitución de la República del Ecuador en su artículo 408, determina que el espectro radioeléctrico es un recurso natural de propiedad inalienable, imprescriptible e inembargable del estado.

Por lo que en el artículo 16, consagra el derecho de todas las personas en forma individual o colectiva al acceso en igualdad de condiciones al uso de las frecuencias del espectro radioeléctrico para la gestión de estaciones en bandas libres para la explotación de redes inalámbricas.

En el artículo 13 de la ley Orgánica de Telecomunicaciones menciona que las redes privadas son aquellas utilizadas por personas naturales o jurídicas en su exclusivo beneficio, con el propósito de conectar distintas instalaciones de su propiedad o bajo su control. Su operación requiere de un registro realizado ante la Agencia de regulación y control de las Telecomunicaciones y en caso de requerir de uso de frecuencias del espectro radioeléctrico, del respectivo título habilitante respectivo.

Por tanto las redes privadas están destinadas a satisfacer las necesidades propias de su titular, lo que excluye la prestación de estos servicios a terceros y está sujeta a la normativa que se emita para este fin.

Para la prestación de servicios de telecomunicaciones en el artículo 15 de la LOT, para la iniciativa privada se otorga títulos habilitantes para la provisión de servicios públicos de

telecomunicaciones y para el uso del espectro radioeléctrico asociado a dicha provisión, en los siguientes casos:

1. Cuando sea necesario y adecuado para satisfacer el interés público, colectivo o general;
2. Cuando la demanda del servicio no pueda ser cubierta por empresas públicas o mixtas en las que el Estado tenga mayoría accionaria;
3. Cuando el Estado no tenga la capacidad técnica o económica;
4. Cuando los servicios de telecomunicaciones se estén prestando en régimen de competencia por empresas públicas y privadas de telecomunicaciones;
5. Cuando sea necesario para promover la competencia en un determinado mercado; y,
6. Para garantizar el derecho de los usuarios a disponer de servicios públicos de telecomunicaciones de óptima calidad a precios y tarifas equitativas.

En el artículo 27 de LOT, las políticas y normas sobre el despliegue de redes inalámbricas relacionadas con los principios de precaución y prevención, así como las de mimetización y reducción de contaminación e impacto visual de exclusiva competencia del Estado central a través del Ministerio encargado del sector de la TIC y de la Arcotel, en coordinación con más entidades públicas.

4.4.2 PLAN NACIONAL DE FRECUENCIAS

4.4.2.1 Frecuencias no licenciadas

En la constitución vigente del Ecuador (2008), en el “Art. 17.- El Estado fomentará la pluralidad y la diversidad en la comunicación, y al efecto:

- a. Garantizará la asignación, a través de métodos transparentes y en igualdad de condiciones, de las frecuencias del espectro radioeléctrico, para la gestión de estaciones de radio y televisión públicas, privadas y comunitarias, así como el acceso a bandas libres para la explotación de redes inalámbricas, y precautelaré que en su utilización prevalezca el interés colectivo.”

Ahora en el Plan nacional de frecuencias de julio del 2012 las bandas de frecuencias no licenciadas son las siguientes:

- 13553-13567 KHz (frecuencia central 13560 KHz)
- 26957-27283 KHz (frecuencia central 27120 KHz)
- 40,66-40,70 MHz (frecuencia central 40,68 MHz)
- 902-928 MHz en la región 2 (frecuencia central 915 MHz)
- 2400-2500 MHz (frecuencia central 2450 MHz)
- 5725-5875 MHz (frecuencia central 5800 MHz)
- 24-24,25 GHz (frecuencia central 24,125 GHz)

Estas frecuencias están designadas para aplicaciones industriales, científicas y médicas (ICM). Los servicios de radiocomunicación que funcionan en estas bandas deben aceptar la interferencia perjudicial resultante de estas aplicaciones. (Arcotel, 2012)

4.4.2.2 Frecuencias licenciadas

Las Frecuencias No Licenciadas y Frecuencias Licenciadas, con la ayuda de organismos internacionales de los cuales Ecuador es miembro y signatario de varios convenios internacionales, entre ellos el Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT, que define un

marco general de referencia. Algunos sectores son críticos y de seguridad nacional, así que deben ser licenciadas y no deben ser ocupadas por otros servicios.

Atribución de Bandas de Frecuencia por lo que el espectro radioeléctrico se subdivide en nueve bandas de frecuencias, que se designan por números enteros, en orden creciente.

Dado que la unidad de frecuencia es el hertzio (Hz)

Kilohertzios (kHz) hasta 3000 kHz, inclusive;

Megahertzios (MHz) por encima de 3 MHz hasta 3000 MHz, inclusive;

Gigahertzios (GHz) por encima de 3 GHz hasta 3000 GHz, inclusive.

Podemos ver en la investigación como nuestro país si posee una regulación bastante clara en el tema referente a las bandas libres, y ampara el uso de estas bandas para investigaciones.

Las Bandas libres en si no significan bandas gratuitas, pero si costos accesibles para la mayoría, además que nos dan libertad de acceso al espectro.

Pero como bien lo indica el Plan Nacional de Frecuencias trabajar en estas bandas produce interferencias, causadas básicamente por la saturación de aplicaciones existentes.

4.5.2 REQUERIMIENTO GENERALES PARA LA AMPLIACIÓN DE UNA RED

Para la regularización en la aplicación de una red y los enlaces de radio se debe registrarse los nodos que se van a enlazar y los equipos que intervendrán en la red.

Para ello descargamos los formularios en la página de la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (<http://www.arcotel.gob.ec>) en la pestaña Programas/servicios, y posterior en red privada.

4.5.3 FORMULARIO PARA INFORMACIÓN LEGAL (SISTEMAS DE MODULACION DIGITAL BA)

RC-1B el objetivo de la solicitud de permitir la operación de la red Privada, así como ampliaciones y/o modificaciones del mismo (marcar en una solamente), llenar el formulario de acuerdo, como se muestra en el ANEXO II.

FORMULARIO PARA INFORMACIÓN TÉCNICA

ST-2A este formulario especifica qué tipo de enlaces van ópera en la red punto a punto o punto a multipunto, la cobertura, características del sistema como medio de transmisión, nuero de estaciones y los formularios que se deben ajuntar en el proyecto como se muestra en el ANEXO III.

FORMULARIO PARA INFORMACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMAS DE RADIOCOMUNICACIONES

El formulario RC-2A establece las características físicas del sistema de radiocomunicaciones, ubicación geográfica, tipo de alimentación y protección, como se muestra en el ANEXO IV.

FORMULARIO PARA INFORMACION DE ANTENAS

El formulario RC-3A establece el código de la antena, marca, modelo, tipo de antena la frecuencia de operación y la ganancia en dBd, como se muestra en el ANEXO V.

FORMULARIO PARA INFORMACION DE EQUIPOS

En el formulario RC-4A se estable el código del equipo de radio, marca, modelo, potencia máxima de salida en watts, tipo de modulación, el rango de frecuencias de trabajo en MHz, además de la sensibilidad Rx, como se muestra en el ANEXO VI.

FORMULARIO PARA SISTEMAS DE MODULACION DIGITAL DE BANDA ANCHA (ENLACES PUNTO-PUNTO)

En el formulario RC-9A se debe ingresar el nombre del enlace, la banda de frecuencia, tipo de operación en nuestro caso es TDMA, la distancia del enlace, actividad a realizar con la estación indicada por lo que en la red será un incremento de la red, además del perfil topográfico del enlace y esquema del sistema, como se muestra en el ANEXO VII.

4.4.4. REGISTRO DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE ACCESO A INTERNET Y SERVICIOS DE VALOR AGREGADO.

Aquellos que utilizan servicios finales de telecomunicaciones (SMA, Telefonía Fija) y/o servicios portadores de telecomunicaciones para llegar a sus usuarios finales, e incorporan aplicaciones que permiten transformar el contenido de la información transmitida. Ejemplo de servicio de valor agregado es el acceso a Internet.

INSTRUCTIVO PARA FORMULARIOS TÉCNICOS PARA LA MODIFICACION Y AMPLIACION DE INFRAESTRUCTURA DEL TITULO HABILITANTE DE PRESTACION DE SERVICIOS DE ACCESO A INTERNET.

Para solicitar un registro de modificación y ampliación de infraestructura del título habilitante de prestación de servicio de acceso a internet deberá adjuntar los siguientes formularios que se describen a continuación, conforme la regulación vigente:

- A. Formulario SAI-T-ATH-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, como se muestra en el ANEXO VIII

- B. Formulario SAI-T-ATH- 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, como se muestra en el ANEXO IX.
- C. Formulario SAI-T- ATH- 03 (Formulario para descripción de enlaces físicos entre nodos (conexión nacional)).- En este formulario se debe registrar toda la información y descripción de los enlaces entre los nodos de conexión nacional.
- D. Formulario SAI-T-ATH- 05 (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. correspondientes para la concesión o registro de uso de frecuencias del espectro radioeléctrico.
- E. Formulario SAI-T-ATH-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.
- F. Formulario SAI-T-ATH-06 (Formulario para Descripción de Otros Anexos).- En este formulario se debe registrar los anexos solicitados, como se muestra en el ANEXO X.

Toda la información requerida en los formularios debe ser llenada de acuerdo con lo establecido en este instructivo. Todos estos formularios servirán para tener constancia para el ARCOTEL² para la ampliación de la red de este proyecto. (ARCOTEL, 2016)

² Arcotel. Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones

4.5 ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

El análisis costo–beneficio implica los beneficios a un costo en la ejecución del proyecto que constara en una lista detallada de los elementos técnicos para una futura implementación de la red, permitiendo alcanzar una ganancia a corto y largo plazo mediante una inversión inicial.

4.5.1 PRESUPUESTO DEL PROYECTO

Aquí determinaremos los costos para la implementación con un costo estimado de los equipos, y materiales para la puesta en marcha del proyecto. El presupuesto se realizara por cada nodo para posterior determinar el presupuesto final del proyecto.

1. Capital de trabajo.

Constituye el conjunto de recursos necesarios para lograr seguir en marcha el proyecto y corresponde al monto necesario para cubrir los gastos operativos hasta generar los ingresos necesarios por la venta del producto, evitando caer en un desfásé de efectivo.

El capital de trabajo está formado por el costo directo que es la materia prima, es decir, la conexión del internet del proveedor principal, y el costo indirecto que son los costos que se derivan por la producción del servicio, en este caso los costos mensuales de arriendos y el costo mensual del personal, como se detalla en la tabla 43.

Cabe mencionar que compartición de Mbps es de 1:1 que se contrata el ISP al proveedor nacional que es Telconet S.A. el precio referencial de 10 Mbps es de \$120³, según realizada la encuesta se necesitaría 115 Mbps de ancho de banda para un total de 153. En la empresa

³ <http://www.telconet.net/servicios/internetdedicado>

realiza comparación 8:1. Por consiguiente, se iniciara contratando 40 Mbps para el primer mes en la tabla 49 se describe para cada 2 meses el ancho de banda requerido.

Tabla 49. *Costos directos e indirectos*

Acceso a internet	Precio
costos mensuales de acceso a Internet 40 Mbps	\$480
Total costos directos	\$480

Fuente: <http://www.telconet.net/servicios/internetdedicado>

En la tabla 50 se describe los costó de arriendo por mes y año.

Tabla 50. *Valores de arriendo por nodo*

COSTOS INDIRECTOS		
Arriendos	(\$)Valor Mensual	Valor al año
Arriendo de nodo secundario Bellavista	\$ 120,00	\$ 1440
Arriendo de nodo secundario San Rafael	\$ 120,00	\$ 1440
Arriendo de nodo secundario Gonzales Suárez	\$ 120,00	\$ 1440
Costo por energía eléctrica por los 4 nodos	\$ 80,00	\$ 960
Total costos Indirectos	\$ 440,00	\$ 5280

Fuente: valor de arriendo de que cancela Netservice por la infraestructura montada.

En la tabla 51 se muestra el valor a pagar por la contratación el ancho de banda para un año.

Tabla 51. *Valor a pagar del ancho de banda*

Internet(Mbps)	Valor a pagar
Internet primer mes 40Mbps	\$ 960,00
Internet tercer mes 50Mbps	\$ 1800,00
Internet sexto mes 70Mbps	\$ 1680,00
Internet noveno mes 90Mbps	\$ 2160,00
Internet doceavo mes 120Mbps	\$ 2880,00
Total a pagar Internet al año	\$ 9480,00

Fuente. Elaborado por Autor

Determinación de los costos estimado de la infraestructura física de la red, como se muestra en la tabla 52.

Tabla 52. Presupuesto de Infraestructura física

Infraestructura			
Elemento	cantidad	\$ Precio Unitario	\$Total precio
Armario metálico 0.8x1.2 metros	3	\$ 299,00 ⁴	\$ 894,00
Torre Arriostrada de 15 metros	1	\$ 1600,00	\$ 1600,00
Torre Arriostrada de 18 metros	1	\$ 1920,00	\$ 1920,00
Torre Arriostrada de 24metros	1	\$ 2560,00	\$ 2560,00
Sistema de Pararrayos	4	\$ 222,13 ⁵	\$ 2836,00
Total			\$ 9156,00

Fuente: (Arévalo, 2015, pág. 173)

4.5.2 PRESUPUESTO NODO CERRO COTACACHI

En la tabla 53 se describe los equipos que se instalaran en este nodo.

Tabla 53. Presupuesto equipos de red Nodo Cerró Cotacachi

Nodo Cerro Cotacachi			
Elemento	Cantidad	\$ Precio Unitario	\$ Total precio
RocketDish RD-5G31-AC	2	\$ 239,00	\$ 598,00
RocketAC R5AC-PTP	2	\$ 171,00	\$ 342,00
Router CLOUD CORE 1036-12G-4S	1	\$ 1475,00	\$ 1475,00
Switch TL-SG1016DE	1	\$ 191,00	\$ 191,00
OMNIVS1500XL-UPS	2	\$ 219,00	\$ 438,00
Total			\$ 3044,98

Fuente: (Dynacom Telematics, s.f.)

4.5.3 PRESUPUESTO NODO BELLAVISTA

En la tabla 54 se describe los equipos que se instalaran en este nodo.

⁴ http://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-410310529-rack-gabinete-armario-mueble-metalico-servidores-hp-g4g5g6-_JM

⁵ http://www.ecuador.generadordeprecios.info/obra_nueva/Instalaciones/Proteccion_frente_al_rayo/Sistema_mas_externos/Pararrayos_de_punta_Franklin.html

Tabla 54. Presupuesto Nodo Bellavista

Nodo Bellavista			
Elemento	Cantidad	\$Precio Unitario	\$Total precio
RocketDish RD-5G31-AC	3	\$ 299,00	\$ 897
RocketAC R5AC-PTP	3	\$ 171,00	\$ 513
RocketAC R5AC-PTMP	4	\$ 211,00	\$ 844
AirMax AC Sector AM-5AC21-60	4	\$ 196,96	\$ 787,84
Switch TL-SG1016DE	1	\$ 129,49 ⁶	\$ 191
OMNIVS1500XL-UPS	2	\$ 200,00 ⁷	\$ 438
Total			\$ 3270,84

Fuente: Elaborado por Autor

4.5.4 PRESUPUESTO NODO SAN RAFAEL

En la tabla 55 se describe los equipos que se instalaran en este nodo.

Tabla 55. Presupuesto Nodo San Rafael

Nodo San Rafael			
Elemento	Cantidad	\$Precio Unitario	\$Total precio
RocketDish RD-5G31-AC	3	\$ 299,00	\$ 897,00
RocketAC R5AC-PTP	3	\$ 199,25	\$ 513,00
RocketAC R5AC-PTMP	4	\$ 213,90	\$ 844,00
AirMax AC Sector AM-5AC21-60	4	\$ 196,96	\$ 787,84
Switch TL-SG1016DE	1	\$ 191,00	\$ 191,00
OMNIVS1500XL-UPS	2	\$ 219,00	\$ 438,00
Total			\$ 3040,84

Fuente: Elaborado por Autor

4.5.5 PRESUPUESTO NODO GONZALES SUAREZ

En la tabla 56 se describe los equipos que se instalaran en este nodo.

⁶ <http://ec.traetelo.com/jetstream-tl-sg1016de-switch-verwaltet-p-4780467.html>

⁷ <https://www.upsecuador.com>

Tabla 56. *Presupuesto Nodo Gonzales Suarez*

Nodo Gonzales Suarez			
Elemento	cantidad	\$ Precio Unitario	\$Total precio
RocketDish RD-5G31-AC	2	\$ 239,00	\$ 438,00
RocketAC R5AC-PTP	2	\$ 171,00	\$ 342,00
RocketAC R5AC-PTMP	4	\$ 211,00	\$ 844,00
AirMax AC Sector AM-5AC21-60	4	\$ 194,00	\$ 778,84
Switch TL-SG1016DE	1	\$ 191,00	\$ 191,00
OMNIVS1500XL-UPS	2	\$ 219,00	\$ 438,00
Total			\$ 3040,84

Fuente: Elaborado por Autor

4.5.6 PRESUPUESTO TOTAL DE DISPOSITIVOS EN LOS NODOS

En la tabla 57 se describe el presupuesto total de dispositivos en los cuatro nodos.

Tabla 57. *Presupuestó total de dispositivos de los nodos*

Total presupuestó de Dispositivos	
Elemento	\$Total precio
Nodo Cerro Cotacachi	\$3044,00
Nodo Bellavista	\$3670,84
Nodo San Rafael	\$3670,84
Nodo Gonzales Suarez	\$3040,84
Total	\$13605,52

Fuente: Elaborado por Autor

4.5.7 PRESUPUESTO DEL FUNCIONAMIENTO DE LOS RADIO ENLACES

De las estaciones que utilizan frecuencias en bandas de Espectro Ensanchado. Artículo 19.- Los sistemas de Espectro Ensanchado de gran alcance (utilizando salto de frecuencia, secuencia directa u otras técnicas de modulación digital), en las bandas que el CONATEL

determine, pagarán una tarifa por uso de frecuencias por anticipado, por un período de un año, según la ecuación.

$$TA(US\$) = K_a * \alpha_6 * \beta_6 * B * NTE \quad (8)$$

Donde:

TA (US\$) = Tarifa anual en dólares de los Estados Unidos de América

Ka = Factor de ajuste por inflación. El factor tendrá un valor igual a 1 según el Arcotel

α_6 = Coeficiente de valoración del espectro para los Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha. De acuerdo al Arcotel se muestra en la tabla 58

Tabla 58. Valor de coeficiente α_6

Valor de α_6	Sistema
0.533333	Modulación Digital de Banda Ancha

Fuente: (ARCOTEL, 2016)

β_6 = Coeficiente de corrección para los Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha.

El coeficiente β_6 tendrá un valor igual a 1 según el Arcotel

B = Constante de servicio para los Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha, como se muestra en la tabla 59.

Tabla 59. Valor de la contante B

Valor de B	Sistema
12	Sistema punto a punto, punto a multipunto y sistemas móviles

Fuente: (ARCOTEL, 2016)

NTE = Es el número total de Estaciones Fijas, de Base, Móviles y Estaciones Receptoras de Triangulación, de acuerdo al sistema.

$$TA(US\$) = 1 * 0,533333 * 1 * 12 * 4$$

$$TA(US\$) = 25,599$$

Este valor TA le multiplicamos por los 5 radioenlaces, el total del sistema será:

$$TA(US\$) = 25,599 * 6$$

$$TA(US\$) = 153,59 \text{ dolares por año}$$

Además se le debe sumar el valor del título habilitante para el funcionamiento de la red según el Arcotel se debe cancelar el valor de 500 dólares. Sumando el valor TA es igual a 653,59 dólares.

4.5.8 PRESUPUESTO DE INSTALACIÓN

En la tabla 60 se describe el presupuesto de instalación de la infraestructura y equipos de red, los salarios mínimos sectoriales del 2016 según el Ministerio de Trabajo de Ecuador para un técnico en instalaciones y mantenimiento de equipos de telecomunicaciones es de 393,49 dólares, si se trabaja 21 días al mes, a día se pagara \$18 dólares.

Tabla 60. Presupuesto de instalación de la infraestructura y equipos

Descripción de instalación	#de trabajadores	# de Días	\$ Precio por día	\$ Precio Total
Instalación y configuración de equipos	2	3	\$ 18,00	\$108,00
Instalación de una torre de 24 m	4	2	\$ 18,00	\$ 144,00
Instalación de una torre de 18 m	4	2	\$ 18,00	\$ 144,00
Instalación de una torre de 15m	4	2	\$ 18,00	\$ 144,00
Obra civil	2	2	\$ 18,00	\$ 72,00
Total				\$ 574,00

Fuente: Ministerio de Trabajo de Ecuador para un técnico en instalaciones y mantenimiento por día.

4.5.9 PRESUPUESTO DE MANTENIMIENTO Y ADMINISTRACIÓN

Para el mantenimiento e instalación del servicio se necesitara dos técnicos y un administrador de la red, en la tabla 61 se describe el presupuesto para el mantenimiento y administración de la red.

Tabla 61. *Presupuesto de mantenimiento y administración*

Cargo	Cantidad	Costo por Mes(dólares)	Total por mes	Costo Total (dólares) al año
Técnico mantenimiento e instalación	de 2 e	\$ 393,49	\$ 786,98	\$ 9443,76
Administrador de la Red	de la 1	\$ 393,49	\$ 393,49	\$ 4721,88
Total			\$1180,47	\$ 14165,64

Fuente: Ministerio de Trabajo de Ecuador para un técnico en instalaciones y mantenimiento de equipos de telecomunicaciones

4.5.10 PRESUPUESTO TOTAL DE INVERSIÓN

Tabla 62. *Presupuesto total de inversión de los nodos*

Presupuesto total de los nodos	
Total costos directos	\$ 480,00
Total costos indirectos	\$ 440,00
Total infraestructura	\$ 9156,00
Total costos de Dispositivos de red	\$ 13605,52
Total de funcionamiento radioenlaces	\$ 653,59
Presupuesto de instalación	\$ 574,00

Presupuesto de mantenimiento y administración	\$ 1180,47
Total presupuestó de la red	\$ 26089,58

Fuente: Elaborado por autor

En la tabla 62 se muestra la inversión inicial será de **\$ 26089,58** dólares para la puesta en marcha del proyecto. Como se mencionó anteriormente en el capítulo III los potenciales clientes en un número de 153 están interesados en contratar el servicio de internet en la comunidad tomaremos el 25% de crecimiento del internet en Imbabura, según el ministerio de telecomunicaciones y sociedad de la información, por consiguiente de 153 nos da 38 clientes que iniciaran contratando el servicio en el primer mes. En la tabla 63 se muestra el ingreso al año.

Tabla 63. *Total ingreso al año*

Mes	Valor por mes	Número de clientes por mes
1	\$ 988,00	38
2	\$ 1728,00	48
3	\$ 2088,00	58
4	\$ 2448,00	68
5	\$ 2808,00	78
6	\$ 3168,00	88
7	\$ 3528,00	98
8	\$ 3888,00	108
9	\$ 4248,00	118
10	\$ 4608,00	128
11	\$ 4968,00	138
12	\$ 5328,00	148
Ingreso al Año	\$ 39796,00	

Ingreso total Año- Costos Directos e indirecto	\$ 25036
---	-----------------

Fuente: Elaborado por Autor

4.5.11 VAN (Valor Actual Neto) y TIR (Tasa Interna de Rendimiento)

El VAN va a expresar una medida de rentabilidad del proyecto en términos absolutos netos.

$$VAN = -A + \frac{Q_1}{(1+k)} + \frac{Q_2}{(1+k)^2} \quad (9)$$

Donde:

A= Desembolso inicial

Qi=Flujo neto de caja del año i

K= tipo de actualización o descuento

Para el primer año

$$VAN = -26089,58 + \frac{25036}{(1+0,14)}$$

$$VAN = -4128,17 \text{ dolares}$$

Para el segundo año

$$VAN = -26089,58 + \frac{25036}{(1+0,14)} + \frac{50072}{(1+0,14)^2}$$

$$VAN = 34400,6 \text{ dolares}$$

En el primer año tendré \$-4128,17 dólares que aún no se recupera lo invertido, por lo que en el segundo año se recuperar la inversión con un valor de \$ 34400,6 dólares descontando los costos directos e indirectos, de los radio enlaces, mantenimiento y administración se obtendrá una valor neto de \$6824,90 dólares que será ya una ganancia para la empresa.

TIR de la inversión es la tasa de interés a la que el valor actual neto de los costos (los flujos de caja negativos) de la inversión es igual al valor presente neto de los beneficios (flujos positivos de efectivo) de la inversión.

Calculo del TIR

$$-A + \frac{Q_1}{(1+k)} = 0 \quad (10)$$

Por lo que despejando $k = \text{TIR}$

Primer año

$$K = \frac{Q_1 - A}{A}$$

$$K = \frac{25036 - 26089,58}{26089,58}$$

$$TIR = -4,03 \%$$

Por lo tanto la tasa interna de retorno de una inversión anual es de -4,03%, aun no se recupera la inversión.

Segundo año

$$-A + \frac{Q_1}{(1+k)} + \frac{Q_1}{(1+k)^2} = 0$$

$$-26089,58 + \frac{25036}{(1+k)} + \frac{50072}{(1+k)^2} = 0$$

$$26089,58(1+k)^2 - 50072(1+k) - 25036 = 0$$

$$TIR = 2,33\%$$

Para el segundo año se obtendrá una ganancia de \$6824,90 dolares, por tanto esta inversión en el proyecto es viable a corto y largo plazo.

CAPÍTULO V

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- El diseño de la red se utilizó el nuevo estándar IEEE 802.11ac opera en la banda libre de 5GHz que esta menos congestionada con respecto a la banda de 2,4 GHz, por lo que es menos propensa a interferencia, aportando con ventajas referente a los estándares anteriores aumentando la velocidad de transmisión en un 33 %, haciéndole a la red robusta y escalable.
- El acceso al internet en una zona rural permitirá contribuir a reducir la brecha digital permitiendo a los ciudadanos acceder a oportunidades de desarrollo laboral y personal que a su vez permitirá la inclusión en el ámbito de las tecnologías de la información (TIC), aportando con las políticas como el Plan Nacional de aislamiento digital y al Plan del Buen vivir impulsado por el gobierno nacional.
- El proyecto proveerá el acceso de internet inalámbrico en la cuenca del lago San Pablo a precio asequible para los suscriptores que requieran el servicio. por lo que en la encuesta realizada un 79 % si está dispuesto a contratar el servicio.
- Se estableció la ubicación de tres puntos para cubrir la cuenca del Lago San Pablo, para que los clientes puedan acceder al acceso a internet, estableciendo radioenlaces con equipos que soporten el estándar IEEE 802.11ac, estos puntos se consideró de acuerdo a la línea de vista directa que existen entre los puntos.
- Con el análisis realizado para el dimensionamiento del ancho de banda de las distintas aplicaciones, se logró establecer cuanto tráfico cruza por la red para satisfacer la demanda de 153 clientes será de 120 Mbps.

- Se determinó los equipos para realizar los enlaces punto a punto y multipunto o se analizó otras marcas como es la de Ubiquiti, Mikrotik y LigoWave, destacando como la mejor opción la marca Ubiquiti por sus características funcionales.
- Se realizó los radioenlaces mediante el software de simulación Radio Mobile y Google Earth de los 5 enlaces establecidos en la topología de red, de tal manera una vez realizado los radioenlaces, uno de los parámetros importantes es el nivel de la señal en el receptor, el cual cumplen los 5 enlaces en rango aceptable.
- La inversión inicial será de \$ 26089,58 dólares para la puesta en marcha del proyecto, Existe 153 clientes potenciales según la encuesta realizada se toma el 25% de crecimiento del internet en las zonas rurales según el ministerio de telecomunicaciones y sociedad de la información, por consiguiente de 153 nos da 38 clientes que iniciaran contratando el servicio en el primer mes. Así pues al inicio del primer año tendrá un Valor Actual Neto (VAN) de -\$4128,17 dólares, por lo que en el segundo año se recuperará la inversión con un valor de \$6824,90 dólares netos de ganancias. Por cuanto la ejecución del proyecto es viable.

5.2 RECOMENDACIONES

- Por el crecimiento de los habitantes en la cuneca del lago San Pablo es un mercado potencialmente rentable para muchos proveedores de internet el cual bajaría sus costos del servicio. por lo que se considere futuras ampliaciones de puntos de acceso de la red.
- Se recomienda que se revise constantemente las nuevas tecnologías, y podrece actualizarse tecnológicamente, para mejorar el servicio sin aumentar el costo del servicio.
- Se debe utilizar equipos robustos para los enlaces punto a punto, por razones que son más económicos y robustos en ambiente que la naturaleza pueda presentarse como son tormentas de lluvias, extremo viento, etc.
- Se recomienda revisar continuamente el marco regulatoria, yaqué se actualizan constantemente los formularios y permiso habitantes en la Arcotel con el fin de evitar multas y suspensión del servicio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andreu, G. J. (2010). Servicios en red. En *Informática y comunicaciones* (pág. 300). Madrid: Editex.
- Andrew S. Tanenbaum, D. J. (2012). *Redes de computadoras*. México: Pearson Educación.
- Arcotel. (2012). *Plan Nacional de Frecuencias Ecuador*. Recuperado el 22 de Junio de 2016, de http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/06/PNF_plan_nacional_frecuencias6.pdf
- ARCOTEL. (2016). *Formularios registro de Modificación y Ampliación de Infraestructura ATH*. Recuperado el 22 de Junio de 2016, de <http://www.arcotel.gob.ec/formulario-de-registro-de-infraestructura-modificaciones-y-ampliaciones/>
- Arévalo, S. E. (2015). DISEÑO DE UNA RED INALÁMBRICA MEDIANTE LA TECNOLOGÍA WIFI LONG DISTANCE PARA LOS ESTABLECIMIENTOS EDUCATIVOS DEL ÁREA ANDINA DEL CANTÓN COTACACHI.
- Bejarano, O., & Knightly, E. (Octubre de 2013). Recuperado el 29 de Abril de 2016, de IEEE 802.11ac From Channelization to Multi-User MIMO: <http://www.dcc.fc.up.pt/~slc/aulas/RCM/1415/Trabalho/papers/06619570.pdf>
- Bello, C. T. (26 de Noviembre de 2014). *Calculo de UPS*. Recuperado el 26 de Mayo de 2016, de <https://prezi.com/j2b7wpzdon5p/calculo-de-ups/>
- Bernal, I. D. (31 de Agosto de 2012). *Administración Informática*. Recuperado el 26 de Mayo de 2016, de DEFINICIÓN DE UPS Y SU FUNCIÓN: <https://administracioninformatica.wordpress.com/2012/08/31/definicion-de-ups-y-su-funcion/>
- Buettrich, S. (Octubre de 2007). *Calculo de Radioenlace*. Recuperado el 25 de Mayo de 2016, de <http://www.analfatecnicos.net/archivos/24.CalculoDeRadioenlace.pdf>
- Business Wire. (20 de Agosto de 2009). *Ubiquiti Networks presenta la revolucionaria tecnología inalámbrica de banda ancha AirMax*. Recuperado el 18 de Mayo de 2016, de <http://www.businesswire.com/news/home/20090820006099/es/>
- BUSINESS WIRE. (20 de Agosto de 2009). *Ubiquiti Networks presenta la revolucionaria tecnología inalámbrica de banda ancha AirMax*. Recuperado el 18 de Mayo de 2016, de <http://www.businesswire.com/news/home/20090820006099/es/>
- Butrich, S., & Butler, J. (2013). *Redes Inalámbricas en los Países en Desarrollo*. En S. Butrich, & J. Butler. Copenhagen: BookSprint. Recuperado el 12 de Marzo de 2016, de <http://wndw.net/pdf/wndw3-es/wndw3-es-ebook.pdf>
- Cano, J. C. (2015). *Instalación y mantenimiento de redes para transmision de datos*. En J. C. Cano. EDITEX S.A.

- CHANNEL NEW. (Agosto de 2012). *802.11ac El nuevo estandar para el Wi-Fi*. Recuperado el 18 de Abril de 2016, de <http://www.emb.cl/channelnews/articulo.mvc?xid=2162>
- Cisco System. (27 de Marzo de 2014). *802.11ac: The Fifth Generation of Wi-Fi Technical White Paper*. Recuperado el 15 de Abril de 2016, de http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/wireless/aironet-3600-series/white_paper_c11-713103.html
- Coleman, D. D., & Westcott, D. A. (2015). *CWNA Certified Wireless Network Administrator Official Deluxe Study Guide: Exam CWNA-106*. En D. D. Coleman, & D. A. Westcott. Indianapolis: SYBEX A Wiley Brand.
- Dynacom Telematics. (s.f.). *AirMax Antenas*. Obtenido de <http://dynacom.ec/tienda/index.php>
- Eric, O., Fuller, R., & Robert, P. (2002). *Building a Cisco Wireless LAN*. En O. Eric, R. Fuller, & P. Robert. Syngress Media.
- Gast, M. S. (2013). *"Chapter 4." 802.11ac: A Survival Guide* (Primera edición ed.). EE.UU: O'Reilly Media, Inc.
- Gast, M. S. (2013). *802.11ac: A Survival Guide*. EE.UU: O Reilly Media; primera Edición.
- Grupo de Radiocomunicaciones Departamento SSR ETSIT-UPM. (Febrero de 2007). *Tutorial de Radio Mobile*. Recuperado el 19 de Junio de 2016, de <http://www3.fi.mdp.edu.ar/electronica/catedras/mediosdetransmision/files/ManualRadioMobile.pdf>.
- Horno, J. J. (2008). *Redes de Área Local Inalámbricas: Diseño de la WLAN de Wheelers Lane Technology College. tesis pregrado*. SEVILLA: UNIVERSIDAD DE SEVILLA.
- Izaskun Pellejero, F. A. (2006). *Redes WLAN*. En *Fundamentos y aplicaciones de seguridad en redes WLAN* (pág. 10). Barcelona: MARCOMBO S.A.
- Loeffler, C. (Octubre de 2011). *Powering Business Worlwine*. Recuperado el 26 de Mayo de 2016, de Básicos para UPS: http://lit.powerware.com/ll_download.asp?file=UPSbasics-ESP.pdf
- Mediatelecom. (18 de Agosto de 2014). *El uso de Internet en Ecuador creció 11 veces en siete años*. Recuperado el 20 de Abril de 2016, de <http://www.mediatelecom.com.mx/index.php/telecomunicaciones/banda-ancha/item/71732-el-uso-de-internet-en-ecuador-creció-11-veces-en-siete-años>
- Mikrotik. (s.f.). *Routerboard*. Recuperado el 07 de Junio de 2016, de <http://routerboard.com/CCR1036-12G-4S-EM>
- Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información. (s.f.). *El 40,4% de los Ecuatorianos utilizó internet*. Recuperado el 01 de Julio de 2016, de <http://www.telecomunicaciones.gob.ec/el-404-de-los-ecuatorianos-utilizo-internet-en-los-ultimos-12-meses/#>
- MOTOROLA SOLUTIONS INC. (2013). *Lo que se debe saber del Estándar 802.11ac*. Recuperado el 19 de Abril de 2016, de http://motorola-latinamerica.hosted.jivesoftware.com/servlet/JiveServlet/download/3073-5-7540/MOT_80211ac_White_Paper_ES_120313_v2.pdf

- NETSCOUT. (s.f.). *Documentación técnica: Guía de migración de IEEE 802.11ac*. Recuperado el 10 de Marzo de 2016, de <http://enterprise-es.netscout.com/content/white-paper-ieee-80211ac-migration-guide>
- Rojas, R., & Rivera, R. (s.f.). *Internet y Redes Inalámbricas*. En R. Rojas, & R. Rivera. Arequipa: CLANAR Internacional.
- Roshan, P., & Leary, J. (2003). *802.11 Wireless LAN Fundamentals*. En P. Roshan, & J. Leary. Indianapolis: Cisco Press.
- Salveti, D. I. (2011). *REDES WIRELESS*. BUENOS AIRES: DÁLAGA S.A.
- Schelstraete, S. (Septiembre de 2011). *An Introduction to 802.11ac*. Recuperado el 22 de Abril de 2016, de Quantenna Communications: <http://www.quantenna.com/pdf/Intro80211ac.pdf>
- Sistemas Umma. (19 de Febrero de 2012). *Redes Jerarquicas*. Recuperado el 07 de Junio de 2016, de <https://sistemasumma.com/2012/02/19/redes-jerarquicas/>
- Stallings, W. (2004). *COMUNICACIONES Y REDES DE COMPUTADORES*. Madrid: PEARSON EDUCACIÓN, S. A.
- TANENBAUM, A., & WETHERALL, D. (2012). *Redes de computadoras*. México: PEARSON EDUCACIÓN.
- tpLink. (s.f.). *Qué es la tecnología beamforming*. Recuperado el 30 de Abril de 2016, de http://www.tp-link.com/resources/document/beamforming_es.pdf
- TRIPP-LITE. (2016). *UPS interactivo en línea OmniVS de 120V, 1500VA y 940W, operación extendida, torre, puerto USB*. Recuperado el 17 de Junio de 2016, de <http://www.tripplite.com/sku/OMNIVS1500XL/lang/es>
- Ubiquiti Networks. (2014). *DATASHEET*. Recuperado el 19 de Mayo de 2016, de airMAX AC Sector 2x2 MIMO BaseStation Sector Antenna: https://dl.ubnt.com/datasheets/airMAX_ac_Sector/airMAX_ac_Sector_Antennas_DS.pdf
- Ubiquiti Networks. (2016). *GLOBAL INTERNET ACCESS TECHNOLOGY*. Recuperado el 19 de MAYO de 2016, de <https://www.ubnt.com/airmax/nanobeam-ac/>
- Universidad de Buenos Aires. (Agosto de 2011). *Redes Inalámbricas*. Obtenido de Teoría de las Comunicaciones: <http://www-2.dc.uba.ar/materias/tc/downloads/diapositivas/RedesInalambricas-2C2011.ppt>
- Wireless Networking in the Developing World(WNDW). (2013). *Redes inalámbricas en los países en desarrollo*. Jane Butler. Obtenido de <http://wndw.net>
- WNI MEXICO. (s.f.). *Wireless Solution*. Recuperado el 19 de Mayo de 2016, de Planeción e Instalacion de Enlaces: http://www.wni.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=127:planeacion-e-instalacion-de-enlaces&catid=31:general&Itemid=79
- WORDPRESS. (s.f.). *Redes WLAN y WMAN: Wi-Fi y WIMAX*. Obtenido de REDES DE ACCESO CELULAR: https://profearias.files.wordpress.com/2012/08/redes-wlan_wman_wifi_wimax.pdf

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Beamforming	Un método de uso de los cambios de fase precisas en una red de antenas que se centra la transmisión resultante en una dirección particular. El envío de transmisiones beamformed puede requerir un intercambio de información de control para configurar la red de antenas.
Subportadoras	Es una señal separada análoga o digital en una transmisión de radio. Técnicamente es una señal ya modulada que se modula a continuación en otra señal de frecuencia y anchura de banda más alta
Beamformee.	El receptor de una transmisión beamformed. El beamformee puede necesitar para transmitir algunos paquetes en un intercambio de configuración de formación de haz, pero el propósito principal de la bolsa de la formación de haz es recibir una transmisión direccional.
Beamformer.	El remitente de una transmisión beamformed. El conformador puede necesitar recibir algunos paquetes en un cambio de configuración de la formación de haz, pero el objetivo principal de este tipo de intercambio es la de enviar una transmisión direccional.
Amplitud	Magnitud que mide la intensidad o nivel de una señal electromagnética
Ancho De Banda	Capacidad de transferencia de datos en una nada de frecuencia
Routers	Es un software que funciona como un Sistema Operativo para convertir un PC o una placa Mikrotik
Hostpot	Es un lugar que ofrece acceso a Internet a través de una red inalámbrica y un enrutador conectado a un proveedor de servicios de Internet
Mpls	Se basa en el etiquetado de los paquetes en base a criterios de prioridad y/o calidad (QoS). MPLS es realizar la conmutación

de los paquetes o datagramas en función de las etiquetas añadidas en capa 2 y etiquetar dichos paquetes según la clasificación establecida por la QoS

Vpn	Es una tecnología de red que se utiliza para conectar una o más computadoras a una red privada utilizando Internet
Throughput	Tasa máxima de bits por segundo
Overhead	cantidad de datos por unidad de tiempo que se entregan, mediante de un medio físico o lógico, en un nodo de la red
Latencia	La suma de retardos temporales dentro de una red
Código Convolutional	Es el código de detección de errores donde cada símbolo de m bits de información al codificarse se convierte en un símbolo de n bits.
Multitrayectorias	Consiste en la propagación de una onda por varios caminos diferentes, eso se debe al fenómeno de reflexión y de difracción.
Handshak	Técnica utilizada para que una comunicación se establezca de manera correcta.
Antena	Dispositivo que transforma la energía eléctrica en energía electromagnética.
Beacon	Señales que envía un Access point para que cualquier estación pueda conectarse a la red.
Frecuencia	Magnitud de una onda que indica que tanto se repite en un periodo determinado de tiempo
Internet	Red extensa que interconecta casi todas la redes de computadoras.
Irradiar	Acción de dispersarse una onda electromagnética en un medio de transmisión
Omnidireccional	Patrón de irradiación de una onda hacia todas las direcciones
Direccional	Patrón de irradiación de una onda en una dirección específica

INDICES DE ACRÓNIMOS

IEEE: Institute of Electrical and Electronic Engineers (Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica)

TIC: Technology of the information and communication (Tecnologías de la información y la comunicación)

DSSS: direct sequence spread spectrum (espectro ensanchado por secuencia directa)

FCC: Federal Communications Commission (Comisión Federal de Comunicaciones)

FHSS: Frequency Hopping Spread Spectrum (espectro ensanchado por salto de frecuencia)

OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexin (Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales)

MIMO: Multiple-Input/Multiple-Output (Múltiples entradas/Múltiples salidas)

MU-MIMO: multiusuario, multientrada

QAM: Quadrature amplitude modulation (Modulación de amplitud en cuadratura)

MSC: modulation and coding set (modulación y codificación conjunto)

VHT: very high throughput (Muy Alto Rendimiento)

L-STF: Legacy Short Training Field (campo abreviado de entrenamiento heredado)

L-LTF: Legacy Long Training Field, Campo prolongado de entrenamiento heredado

L-SIG: LegacySignal, Señal heredada

NDP: Null Data Packet (Paquete de Datos Nulo)

LDPC: Low density parity check (comprobación de paridad de baja densidad)

STBC: Space-Time Block Codes (Codigos De bloques espacio-Tiempo)

CSD: cyclic shift diversity (diversidad de desplazamiento cíclico)

IFT: Inverse Fourier Transform (transformada de Fourier inversa)

HT: modo de alta capacidad de proceso

A-MPDU: Aggregated MAC Protocol Data Unit, Unidad de datos de Protocolo Mac Agregado

RTS/CTS: Request to Send/ Clear to Send (Solicitud de envío / Listo para enviar)

DSP: procesamiento de señales digitales

TDMA: Time Division Multiple Access (Acceso Múltiple por División de Tiempo)

PIRE: Effective Isotropic Radiated Power (Potencia Irradiada Isotrópica Efectiva)

UPS: Uninterruptible Power Supply (Sistema de Energía Interrumpible)

CCA: clear Channel Assesment (Evaluación de disponibilidad del canal)

ANEXOS

ANEXO I

- a. Datasheet routerboard rb1100ahx2

RB1100AH



This device is our best performance 1U Ethernet router. With a dual core CPU, it can million packets per

It has thirteen individual gigabit Ethernet ports, switch groups, and includes Ethernet bypass

2GB of SODIMM RAM are included, there is one card slot, a beeper and a

The RB1100AH comes preinstalled in a 1U rackmount case, assembled and ready to



CP	PowerPC P2020 dual core 1066MHz network CPU with
Memo	SODIMM DDR Slot, 2GB installed (RouterOS will use only
Boot	RouterBOOT, 1Mbit
Data	Onboard NAND memory chip, one microSD
Ethern	Thirteen 10/100/1000 Mbit/s Gigabit Ethernet
Ethern	Includes switch to enable Ethernet bypass mode
miniP	non
Serial	One DB9 RS232C asynchronous
Extr	Reset switch, beeper, voltage and
Power	Built-in power supply (IEC C14 standard connector 2V on 13
Fa	Built in fans, and Fan
Dimensio	1U case: 44 x 176 x 442 mm, 1275g. Board
Operating	MikroTik RouterOS, Level 6

b. Datasheet cisco catalyst 3500

Catalyst 3500 Series XL — Stackable 10/100 and Gigabit Ethernet Switches

Product Overview

The Cisco Systems Catalyst 3500 series XL is a scalable line of stackable 10/100 and Gigabit Ethernet switches that deliver premium performance, manageability, and flexibility, with unparalleled investment protection. This line of low-cost, high-performance switching solutions provides next-generation stackable switching. Catalyst 3500 XL stacks allow management of all switched ports from a single IP address and provide interconnected switches with an independent high-speed stack bus that preserves valuable desktop ports.

Cisco Catalyst 3500 series XL switches take stacking to a new level with revolutionary Cisco Switch Clustering technology and GigaStack GBICs. With Cisco Switch Clustering, users can manage over 380 ports from a single IP address, and connect up to 16 switches, regardless of physical location, with a broad range of Ethernet, Fast Ethernet, and Gigabit Ethernet media. Cisco Switch Clustering is supported on all Catalyst 3500 XL, 2900 XL and Catalyst 1900 switches.

All Catalyst 3500 series XL switches feature Cisco IOS software and Cisco Visual Switch Manager (CVSM) software, an easy-to-use Web-based management interface. All high-performance Catalyst 3500 series XL switches are available in either Standard or Enterprise Editions. Enterprise Edition switches offer advanced software features, including complete 802.1Q and ISL VLAN support, TACACS+ security, and fault tolerance through Uplink Fast.

Key Features and Benefits

Exceptional Performance

- 10 Gbps switching fabric and up to 6.5 million packets-per-second forwarding rate, ensuring full-wire speed operation for each 10BaseT/100BaseTX and Gigabit Ethernet port
- 4 MB shared memory architecture, ensures the highest-possible throughput with a design that eliminates head-of-line blocking, minimizes packet loss, and delivers better overall performance in environments with extensive multicast and broadcast traffic
- Full-duplex operation on all ports, delivering up to 200 Mbps on 10/100 ports or 2 Gbps on 1000BaseX ports
- 8 MB DRAM and 4 MB Flash memory onboard, enabling the addition of a continuous stream of feature upgrades
- Two priority forwarding queues on each 10/100 port and eight priority forwarding queues on all Gigabit Ethernet ports, enabling network traffic prioritization and seamless data, voice, and video integration (enabled in future software)

Flexible and Scalable Switch Clustering and Stacking

- GigaStack GBIC delivers a low-cost, independent stack bus with a 1 Gbps forwarding bandwidth in a daisy-chain configuration, with up to nine Catalyst 3500 XL or gigabit-enabled Catalyst 2900 series XL switches or a 2 Gbps forwarding rate in a point-to-point configuration
- Cisco switch clustering technology allows a user to manage up to 16 interconnected Catalyst 3500 XL, 2900 XL, and Catalyst 1900 switches through a single IP address regardless of location
- GBIC-based Gigabit Ethernet ports give customers a choice of 1000BaseSX, 1000BaseLX/LH, or Cisco GigaStack stacking GBICs to fit their connection needs

Integrated Cisco IOS Switching Solution

- Bandwidth aggregation through Fast EtherChannel and Gigabit EtherChannel technology, enhancing fault tolerance and offering from 400 Mbps up to 4 Gbps of aggregated bandwidth between switches, and to routers and individual servers
- Cisco Group Management Protocol (CGMP) Fast Leave support reduces network traffic by allowing a switch to selectively and dynamically forward routed IP multicast traffic to targeted end stations, providing network support for multimedia and minimizing network traffic
- Virtual LAN trunks can be created from any port using either standards-based 802.1Q tagging or the Cisco ISL VLAN architecture

Superior Manageability

Description	Specification
Connectors and Cabling	10BaseT ports: RJ-45 connectors; two-pair category 3, 4, or 5 unshielded twisted-pair (UTP) cabling 100BaseTX ports: RJ-45 connectors; two-pair Category 5 UTP cabling 1000BaseX GBIC ports: SC fiber connectors, single mode or multimode fiber GigaStack GBIC ports: copper-based Cisco GigaStack cabling Management console port: RJ-45 connector, RS-232 serial cabling
Indicators	Per-port status LEDs - link integrity, disabled, activity, speed, and full-duplex indications System status LEDs - system, RPS, and bandwidth utilization indications
Warranty	Note All units include a lifetime return-to-factory warranty

Table 21-119: Power Requirements for Catalyst 3500 Series

Description	Catalyst 3512 XL	Catalyst 3524 XL	Catalyst 3548 XL	Catalyst 3508G
Power consumption	70W maximum; 600 BTU per hour (vice 239)	70W maximum; 600 BTU per hour (vice 239)	100W maximum; 600 BTU per hour (vice 239)	70W maximum; 600 BTU per hour (vice 239)
AC input voltage	100 to 120/200 to 240 VAC (autoranging) 50 to 60 Hz	100 to 120/200 to 240 VAC (autoranging) 50 to 60 Hz	100 to 120/200 to 240 VAC (autoranging) 50 to 60 Hz	100 to 120/200 to 240 VAC (autoranging) 50 to 60 Hz

Table 21-120: Physical and Environmental Specifications for Catalyst 3500 Series

Description	Catalyst 3512 XL	Catalyst 3524 XL	Catalyst 3548 XL	Catalyst 3508G
Operating temperature	32 to 113°F (0 to 45°C)			
Storage temperature	-13 to 158°F (-25 to 70°C)			
Operating relative humidity	10 to 85% noncondensing			
Operating altitude	Up to 10,000 ft (3000 m)			
Weight	10.25 lb (4.6 kg)	10.25 lb (4.6 kg)	10.5 lb (4.7 kg)	12 lb (5.4 kg)
Dimensions (H x W x D)	1.75 x 17.5 x 11.8 in. (4.4 x 44.5 x 30 cm)	1.75 x 17.5 x 11.8 in. (4.4 x 44.5 x 30 cm)	1.75 x 17.5 x 15.3 in. (4.4 x 44.5 x 39 cm)	1.75 x 17.5 x 16 in. (4.4 x 44.5 x 40.6 cm)

Figure 21-7: Creating an Independent Stack Bus

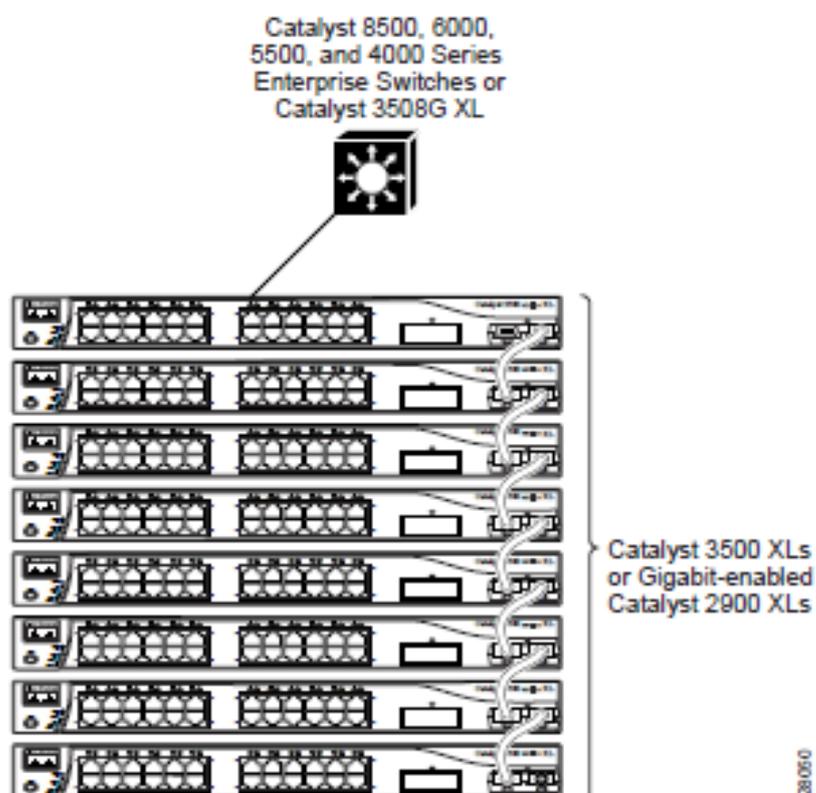
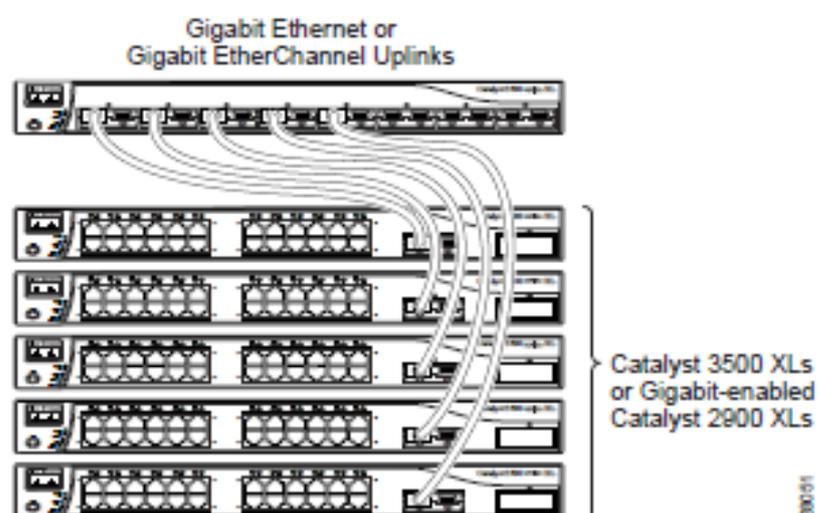


Figure 21-8: Point-to-point stacking



c. Datasheet UBIQUITI ROCKET M5 - 5 GHz

UBIQUITI NETWORKS

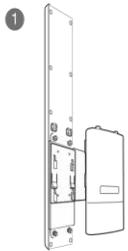
TECHNICAL SPECS / DATASHEET

ROCKET M5: 5GHz Hi Power 2x2 MIMO AirMax TDMA BaseStation

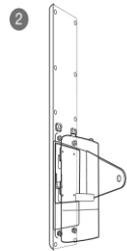




1



2



3





MIMO TDMA Protocol

COMPATIBLE ANTENNAS
AirMax Sector 5G-17-90
AirMax Sector 5G-16-120
AirMax Sector 5G-20-90
AirMax Sector 5G-19-120
Rocket Dish 5G-30

Ubiquiti Networks Inc., 91 E. Tasman Dr., San Jose, CA 95134 www.ubnt.com

d. Datasheet AirMax PowerBeam M5



PowerBeam[®] ac

High-Performance airMAX[®] Bridge

Models: PBE-SAC-300, PBE-SAC-400, PBE-SAC-500, PBE-SAC-620

Uniform Beamwidth Maximizes Noise Immunity

Innovative Mechanical Design



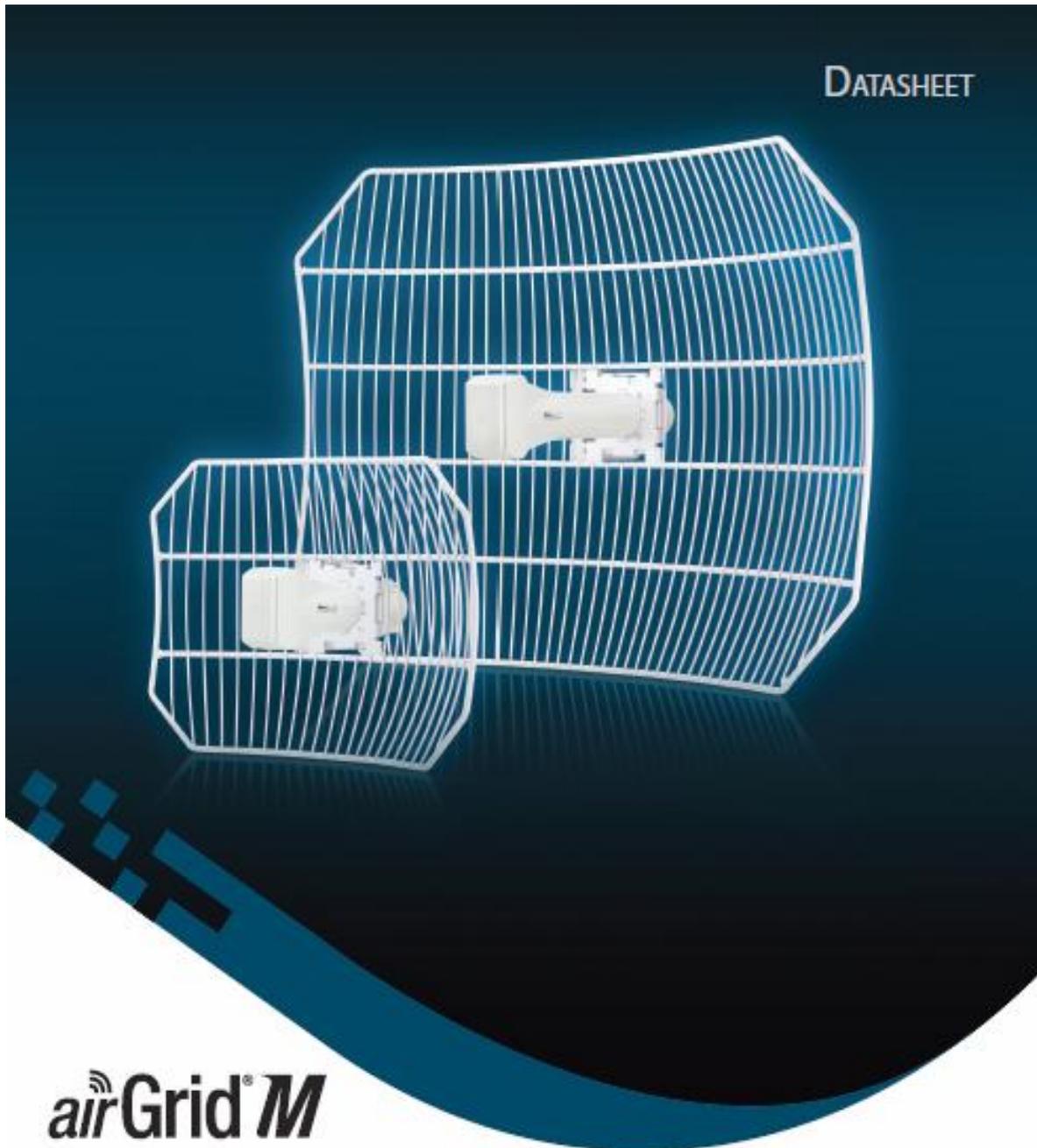
Specifications

PBE-5AC-300					
Dimensions	325 x 325 x 256 mm (12.8 x 12.8 x 10.1")				
Weight	1.200 kg (2.65 lbs)				
Power Supply	24V, 0.5A Gigabit PoE				
Max. Power Consumption	5.5W				
Power Method	Passive PoE (Pairs 4, 5+; 7, 8 Return)				
Supported Voltage Range	20-24VDC				
Operating Frequency	Worldwide	USA: U-NII-1	USA: U-NII-3A	USA: U-NII-3C	USA: U-NII-3
	5150 - 5875 MHz	5150 - 5250 MHz*	5250 - 5350 MHz*	5470 - 5725 MHz*	5725 - 5850 MHz*
Gain	23 dBi				
Networking Interface	(1) 10/100/1000 Ethernet Port				
Processor Specs	Atheros MIPS 745c, 560 MHz				
Memory	64 MB DDR2, 16 MB Flash				
LEDs	(1) Power, (1) LAN, (4) WLAN				
Signal Strength LEDs	Software-Adjustable to Correspond to Custom RSSI Levels				
Max. VSWR	1.5:1				
Channel Sizes	PTP Mode		PMP Mode		
	10/20/30/40/50/80/160 MHz		10/20/30/40 MHz		
Polarization	Dual Linear				
Enclosure	Outdoor UV Stabilized Plastic				
Mounting	Pole-Mount (01 Included)				
Wind Loading	145.2 N @ 120 km/h (33 lbf @ 75 mph)				
Wind Survivability	120 km/h (75 mph)				
ESD/EMP Protection	Air: ± 24 kV, Contact: ± 24 kV				
Operating Temperature	-40 to 70° C (-40 to 158° F)				
Operating Humidity	5 to 95% Noncondensing				
Wireless Approvals	FCC, IC, CE				
RoHS Compliance	Yes				
Salt Fog Test	IEC 68-3-11 (ASTM B117), Equivalent: MIL-STD-883C Method 509.5				
Vibration Test	IEC 68-3-6				
Temperature Shock Test	IEC 68-3-14				
UV Test	IEC 68-3-5 at 40° C (104° F), Equivalent: ETS 300 019-1-4				
Wind-Driven Rain Test	ETS 300 019-1-4, Equivalent: MIL-STD-883C Method 509.5				

PBE-5AC-300 Output Power: 25 dBm							
TX Power Specifications				RX Power Specifications			
Modulation	Data Rate	Avg. TX	Tolerance	Modulation	Data Rate	Sensitivity	Tolerance
airMAX ac	1x BPSK (¼)	25 dBm	± 2 dB	airMAX ac	1x BPSK (¼)	-96 dBm Min.	± 2 dB
	2x QPSK (¼)	25 dBm	± 2 dB		2x QPSK (¼)	-95 dBm	± 2 dB
	2x QPSK (½)	25 dBm	± 2 dB		2x QPSK (½)	-92 dBm	± 2 dB
	4x 16QAM (¼)	25 dBm	± 2 dB		4x 16QAM (¼)	-90 dBm	± 2 dB
	4x 16QAM (½)	25 dBm	± 2 dB		4x 16QAM (½)	-86 dBm	± 2 dB
	6x 64QAM (¼)	25 dBm	± 2 dB		6x 64QAM (¼)	-83 dBm	± 2 dB
	6x 64QAM (½)	24 dBm	± 2 dB		6x 64QAM (½)	-77 dBm	± 2 dB
	6x 64QAM (¾)	23 dBm	± 2 dB		6x 64QAM (¾)	-74 dBm	± 2 dB
	8x 256QAM (¼)	21 dBm	± 2 dB		8x 256QAM (¼)	-69 dBm	± 2 dB
	8x 256QAM (½)	21 dBm	± 2 dB		8x 256QAM (½)	-65 dBm	± 2 dB

* Some frequencies may require activation; visit: <https://www.cable.com/fcc/labelrequest>

e. Datasheet airgrid m5 23db



airGrid[®] M

airMAX[®] Wireless Broadband CPE

Models: AG-HP-2G16, AG-HP-2G20, AG-HP-5G23, AG-HP-5G27

High Performance, Long Range

Integrated InnerFeed[®] CPE

Easy Assembly and Installation



Specifications

System Information	
Processor Specs	Atheros MIPS 74Kc, 560 MHz
Memory Information	64 MB DDR2, 8 MB Flash
Networking Interface	(1) 10/100 Ethernet Port

Regulatory / Compliance Information	
Wireless Approvals	FCC Part 15.247, IC RS210, CE
RoHS Compliance	Yes

Physical / Electrical / Environmental	
Enclosure Characteristics	Outdoor UV Stabilized Plastic
Mounting Kit	Pole Mounting Kit (Included)
Max. Power Consumption	3W
Power Supply	24V, 0.5A PoE Adapter (Included)
Power Method	Passive Power over Ethernet (Pairs 4, 5+; 7, 8 Return)
Operating Temperature	-30 to 75° C (-22 to 167° F)
Operating Humidity	5 to 95% Condensing
Shock and Vibration	ETSI300-019-1.4
ETSI Specification	EN 302 326 DN2



f. Datasheet RouterBoard 750GL

RouterBOARD 750GL



The RB750GL is a small SOHO router in a white plastic case. It has five independent Gigabit Ethernet ports and optional switch chip functionality for wire speed Gigabit throughput.

It's probably the most affordable MPLS capable Gigabit router on the market and now it is even more affordable than before. Compared to the previous model, the RB750GL has almost the same performance, but is significantly lower cost, **only \$59.95!**

With its compact design and clean looks, it will fit perfectly into any SOHO environment.

CPU	Atheros AR7242 400MHz network processor
Memory	64MB DDR SDRAM onboard memory
Boot loader	RouterBOOT
Data storage	64MB onboard NAND memory chip
Ethernet	Five 10/100/1000 Mbit/s Gigabit Ethernet ports with Auto-MDIX, L2MTU frame size up to 4074
Extras	Reset switch
LEDs	5 Ethernet LEDs, power, user (configurable)
Power options	Passive 9-30V PoE, Power Jack 9-30V
Consumption	~6W
Dimensions	113x89x28mm. Weight without packaging and cables: 129g
Operating temperature	-30C to +70C
Operating system	MikroTik RouterOS v5, Level4 license
Package contains	RB750GL, 12V power adapter

ANEXO II

	FORMULARIO PARA INFORMACION LEGAL (SISTEMAS DE MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA)		RC – 1B
			Elab.: DGGGER Versión: 02
			1) No. Registro:
SOLICITUD:			
2) OBJETO DE LA SOLICITUD:	(G) <u>REGISTRO</u> <u>RENOVACION</u> <u>MODIFICACION</u>		
3) TIPO DE SISTEMA:	(PR) <u>PRIVADO</u> <u>EXPLOTACION</u>		
DATOS DEL SOLICITANTE Y PROFESIONAL TECNICO:			
4) PERSONA NATURAL O REPRESENTANTE LEGAL			
APELLIDO PATERNO: CALDERÓN	APELLIDO MATERNO: AYALA	NOMBRES: DIEGO XAVIER	CI:
5) CARGO: GERENTE			
PERSONA JURIDICA			
6) NOMBRE DE LA EMPRESA: NET SERVICE			
7) ACTIVIDAD DE LA EMPRESA: PROVEEDOR SERVICIO DE INTERNET			RUC: 109173058400
8) <i>DIRECCION</i>			
PROVINCIA: IMBABURA	CIUDAD: IBARRA	DIRECCION: BOLIVAR 13-118 Y TEODORO GÓMEZ	
e-mail: Diego.calderon.netservice@gmail.com		CASILLA:	TELEFONO / FAX: 062-951-670 / 062-955-410
9) <i>CERTIFICACION DEL PROFESIONAL TECNICO (RESPONSABLE TÉCNICO)</i>			

Certifico que el presente proyecto técnico fue elaborado por el suscrito y asumo la responsabilidad técnica respectiva			
APELLIDO PATERNO: Medina	APELLIDO MATERNO: Picuasi	NOMBRES: Alex Fabián	LIC. PROF.:
e-mail: ciercom.alex.medina@gmail.com	CASILLA:	TELEFONO / FAX: 0939966902	
DIRECCION (CIUDAD, CALLE Y No): Atuntaqui- Las Vertientes y General Enríquez	FECHA: 18/11/2016	_____ FIRMA	
<p>10)</p> <p><i>CERTIFICACION Y DECLARACION DE LA PERSONA NATURAL, REPRESENTANTE LEGAL O PERSONA DEBIDAMENTE AUTORIZADA</i></p> <p>Certifico que el presente proyecto técnico fue elaborado acorde con mis necesidades de comunicación</p>			
<p>Declaro que:</p> <p>En caso de que el presente sistema cause interferencia a sistemas debidamente autorizados, asumo el compromiso de solucionar a mi costo, dichas interferencias, o en su defecto retirarme de la banda.</p> <p>Acepto las interferencias que otros sistemas debidamente autorizados acusen al presente sistema.</p>			
NOMBRE: Diego Xabier Calderón Ayala	FECHA: 18/11/2016	_____ FIRMA	
<p>11)</p> <p>OBSERVACIONES:</p>			

ANEXO III

		FORMULARIO DE INFORMACIÓN TÉCNICO PARA SOLICITAR PERMISOS DE RED PRIVADA				ST- 2A Elab.: DGGST
2) CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA (SISTEMA MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA)						
PUNTO A PUNTO (X)			PUNTO A MULTIPUNTO (X)			
3) COBERTURA (Provincias, ciudades o poblaciones que cubre el sistema solicitado)*						
IMBABURA, COTACACHI, OTAVALO, CUENCA DEL LAGO SAN PABL						
4) CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA (SISTEMA MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA, SERVICIO FIJO MÓVIL POR SATÉLITE, COBRE Y/O FIBRA ÓPTICA)*						
No. ESTACIONES	No. REPETIDORES	No. ENLACES FÍSICOS		ENLACES INALÁMBRICOS		No. TOTAL DE ENLACES
		COBRE	FIBRA ÓPTICA	FIJO MÓVIL POR SATÉLITE	MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA	
4	1				X	4
5) FORMULARIOS QUE SE DEBEN ADJUNTAR						
SISTEMA DE MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA (en el caso de utilizar este tipo de sistemas)						
FORMULARIO RC-1B FORMULARIO PARA INFORMACIÓN LEGAL			(X)			
FORMULARIO RC-3A FORMULARIO PARA INFORMACIÓN DE ANTENAS			(X)			
FORMULARIO RC-9A FORMULARIO PARA LOS SISTEMAS DE SMDBA (ENLACES PUNTO-PUNTO)			()			
FORMULARIO RC-2A FORMULARIO PARA LA INFORMACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA			(X)			
FORMULARIO RC-4A FORMULARIO PARA INFORMACIÓN DE EQUIPAMIENTO			(X)			
FORMULARIO RC-9B FORMULARIO PARA LOS SISTEMAS DE SMDBA (SISTEMA PUNTO-MULTIPUNTO)			(X)			
FORMULARIO RC-15A FORMULARIO DE EMISIONES DEL RNI			(X)			
SERVICIO FIJO MOVIL POR SATÉLITE (en el caso de utilizar este tipo de sistemas)						
FORMULARIO RC-1A FORMULARIO PARA INFORMACIÓN LEGAL			()			
FORMULARIO RC-3A FORMULARIO PARA INFORMACIÓN DE ANTENAS			()			
FORMULARIO RC-11A FORMULARIO PARA LOS SISTEMAS FIJO POR SATÉLITE			()			
FORMULARIO RC-2A FORMULARIO PARA LA INFORMACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA			()			

FORMULARIO RC-4A FORMULARIO PARA INFORMACIÓN DE EQUIPAMIENTO	()
FORMULARIO RC-15A FORMULARIO DE EMISIONES DEL RNI	()

ANEXO IV

	FORMULARIO PARA INFORMACION DE LA INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES		RC – 2A	
			Elab.: DRE	
			Versión: 02	
			1)	
			Cod. Cont.:	
ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES				
2) ESTRUCTURA 1				
TIPO DE ESTRUCTURA DE SOPORTE:			ALTURA DE LA ESTRUCTURA s.n.m. (m): 3974	
Torre empotrada en una edificación				
CODIGO DE REGISTRO DE LA ESTRUCTURA:			ALTURA DE LA ESTRUCTURA (BASE-CIMA) (m): 15	
001001				
3) UBICACION DE LA ESTRUCTURA:				
PROVINCIA	CIUDAD / CANTON	LOCALIDAD/CALLE y No.	UBICACION GEOGRAFICA (WGS84)	
			LATITUD (S/N) (°) (') (") (S/N)	LONGITUD (W) (°) (') (") (W)
Imbabura	Otavalo	Gonzales Suarez- Sector Mirador	0° 19' 48.84"N	78° 20' 19.29"W
4) PROTECCIONES ELECTRICAS A INSTALAR EN LA ESTRUCTURA:				
PUESTA A TIERRA		SI (X) NO ()	PARARRAYOS	
			SI (X) NO ()	
OTROS (Describa):				
5) TIPO DE FUENTE DE ENERGIA A UTILIZAR:				
LINEA COMERCIAL (X)	GENERADOR ()	BANCO DE BATERIAS ()	EXISTE RESPALDO SI (X) NO ()	
TIPO DE RESPALDO				
GENERADOR ()	BANCO DE BATERIAS ()	UPS (X)	OTRO:	

6)				
PROPIETARIO DE LA ESTRUCTURA: NETSERVICE				
2) ESTRUCTURA 2				

TIPO DE ESTRUCTURA DE SOPORTE: Torre empotrada en una edificación		ALTURA DE LA ESTRUCTURA s.n.m. (m): 2703		
CODIGO DE REGISTRO DE LA ESTRUCTURA: 002001		ALTURA DE LA ESTRUCTURA (BASE-CIMA) (m): 15		
3) UBICACION DE LA ESTRUCTURA:				
PROVINCIA	CIUDAD / CANTON	LOCALIDAD/CALLE y No.	UBICACION GEOGRAFICA (WGS84)	
			LATITUD (S/N) (°) (') (") (S/N)	LONGITUD (W) (°) (') (") (W)
Imbabura	Otavalo	Araque-Sector Bellavista/ calle Sucre	0° 12' 40.14"N	78° 12' 30.95" W
4) PROTECCIONES ELECTRICAS A INSTALAR EN LA ESTRUCTURA:				
PUESTA A TIERRA SI (X) NO ()		PARARRAYOS SI (X) NO ()		
OTROS (Describe):				
5) TIPO DE FUENTE DE ENERGIA A UTILIZAR:				
LINEA COMERCIAL (X)	GENERADOR ()	BANCO DE BATERIAS ()	EXISTE RESPALDO SI (x) NO ()	
TIPO DE RESPALDO				
GENERADOR ()	BANCO DE BATERIAS ()	UPS (X)	OTRO: _____	
6)				
PROPIETARIO DE LA ESTRUCTURA: NETSERVICE				
2) ESTRUCTURA 3				
TIPO DE ESTRUCTURA DE SOPORTE: Torre montada en un terreno		ALTURA DE LA ESTRUCTURA s.n.m. (m): 2757		
CODIGO DE REGISTRO DE LA ESTRUCTURA: 002002		ALTURA DE LA ESTRUCTURA (BASE-CIMA) (m): 24		
3) UBICACION DE LA ESTRUCTURA:				
PROVINCIA	CIUDAD / CANTON	LOCALIDAD/CALLE y No.	UBICACION GEOGRAFICA (WGS84)	
			LATITUD (S/N) (°) (') (") (S/N)	LONGITUD (W) (°) (') (") (W)
Imbabura	Otavalo	San Rafael de la Laguna	0°11'24.59" N	78°13'33.17" W
4) PROTECCIONES ELECTRICAS A INSTALAR EN LA ESTRUCTURA:				
PUESTA A TIERRA SI (X) NO ()		PARARRAYOS SI (X) NO ()		
OTROS (Describe):				

5) TIPO DE FUENTE DE ENERGIA A UTILIZAR:			
LINEA COMERCIAL (X)	GENERADOR ()	BANCO DE BATERIAS ()	EXISTE RESPALDO SI (X) NO ()
TIPO DE RESPALDO			
GENERADOR ()	BANCO DE BATERIAS ()	UPS (X)	OTRO: _____
6) PROPIETARIO DE LA ESTRUCTURA: NETSERVICE			

ANEXO V

 Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones		FORMULARIO PARA INFORMACION DE ANTENAS			RC-3A Elab.: DRE Versión: 03	
1) CODIGO DE ANTENA	2) MARCA	3) MODELO	4) RANGO DE FRECUENCIAS [MHz]	5) TIPO	6) GANANCA [dBd]	7) DIAMETRO [m]
			FREC. INICIAL - FREC. FINAL			
AN1	Ubiquiti	RocketDish RD-5G31-AC	5100 - 5800	Parabólica	13.86	0,74
AN2	Ubiquiti	AirMax AC Sector AM-5AC21-60	5100 - 5800	Sectorial	11.23	0.65

ANEXO VII**FORMULARIO DE ENLACE PUNTO A PUNTO CERRO COTACACHI-BELLAVISTA**

	FORMULARIO PARA SISTEMAS DE MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA (ENLACES PUNTO-PUNTO)		RC- 9A Elab.: DRE Versión: 02										
			1) No. Registro:										
2)													
CLASE DE SISTEMA													
PRIVADO EXPLOTACION (P)		NOTA: En el caso de que su empresa cuente con el Permiso de Operación de Red Privada, adjuntar una copia.											
3)													
CARACTERISTICAS TECNICAS Y DE OPERACION DEL SISTEMA FIJO PUNTO - PUNTO													
No. ENLACE	BANDA DE FRECUENCIAS (MHz)		TIPO DE OPERACION		DISTANCIA DEL ENLACE (Km)								
			SECUENCIA DIRECTA ; TDMA; FHSS ; HIBRIDO ; OFDM; OTRAS										
L1	5100 - 5800		(T)		19.6								
4)													
CARACTERISTICAS DE LAS ESTACIONES FIJAS													
INDICATIVO	AC. (A,M,I,E)	ESTRUCTURA ASOCIADA	ANTENA(S) ASOCIADA(S)	POTENCIA DE OPERACION (mW)	EQUIPO UTILIZADO								
F1	M	S5	A4	8.5	RocketDish RD-5G31-AC								
5)													
PERFIL TOPOGRAFICO													
DISTANCIA (Km)	0	D/12	D/6	D/4	D/3	5D/12	D/2	7D/12	2D/3	3D/4	5D/6	11D/12	D
ALTURA s.n.m. (m)	2717	2708	2691	2613	2557	2601	2499	2514	2567	2645	2840	3223	3885
Donde D = Distancia entre las estaciones del enlace.													
NOTA: Adjuntar las gráficas del perfil del enlace.													

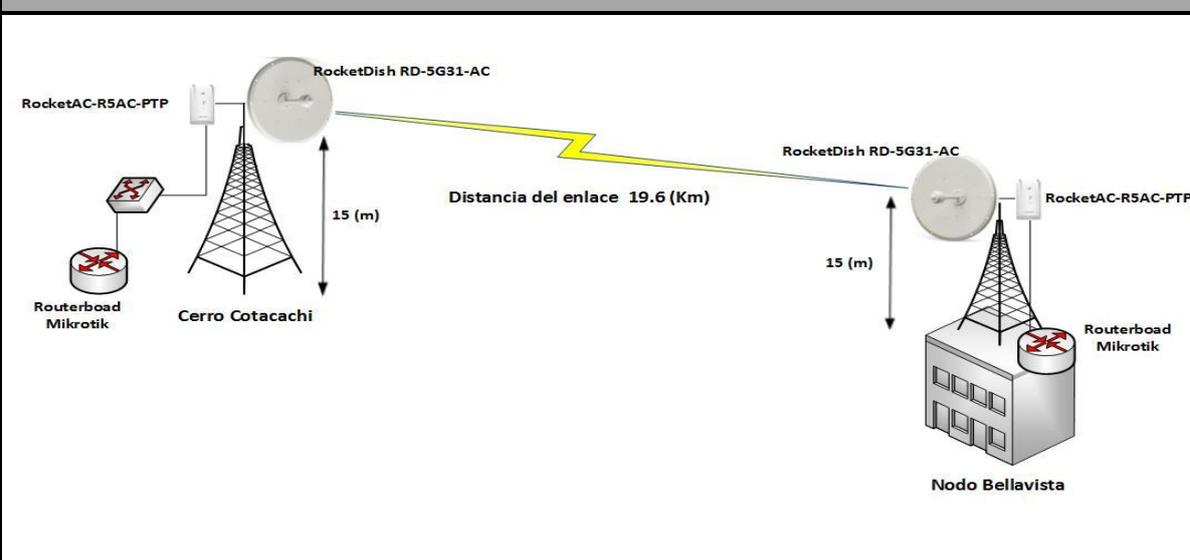
6)

GRAFICA DEL PERFIL TOPOGRAFICO



7)

ESQUEMA DEL SISTEMA



FORMULARIO DE ENLACE PUNTO A PUNTO CERRO COTACAHU-SAN RAFAEL

	FORMULARIO PARA SISTEMAS DE MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA (ENLACES PUNTO-PUNTO)		RC- 9A										
			Elab.: DRE Versión: 02										
2)													
<i>CLASE DE SISTEMA</i>													
PRIVADO <u>EX</u> PLOTACION (P)			NOTA: En el caso de que su empresa cuente con el Permiso de Operación de Red Privada, adjuntar una copia.										
3)													
<i>CARACTERISTICAS TECNICAS Y DE OPERACION DEL SISTEMA FIJO PUNTO - PUNTO</i>													
No. ENLACE	BANDA DE FRECUENCIAS (MHz)	TIPO DE OPERACION		DISTANCIA DEL ENLACE (Km)									
		SECUENCIA <u>D</u> IRECTA ; <u>T</u> DMA; <u>F</u> HSS ; <u>H</u> IBRIDO ; <u>O</u> FDM; <u>O</u> TRAS											
L1	5100 - 5800	(T)		19.9									
4)													
<i>CARACTERISTICAS DE LAS ESTACIONES FIJAS</i>													
INDICATIVO	AC. (A,M,I, E)	ESTRUCTURA ASOCIADA	ANTENA(S) ASOCIADA(S)	POTENCIA DE OPERACION (mW)	EQUIPO UTILIZADO								
F1	M	S5	A4	8.5	RocketDish RD-5G31-AC								
5)													
<i>PERFIL TOPOGRAFICO</i>													
DISTANCIA (Km)	0	D/12	D/6	D/4	D/3	5D/1 2	D/2	7D/1 2	2D/3	3D/4	5D/6	11D/ 12	D
ALTURA s.n.m. (m)	2770	2667	2673	2650	2521	2498	2542	2571	2614	2700	2830	3155	3970
Donde D = Distancia entre las estaciones del enlace. NOTA: Adjuntar las gráficas del perfil del enlace.													

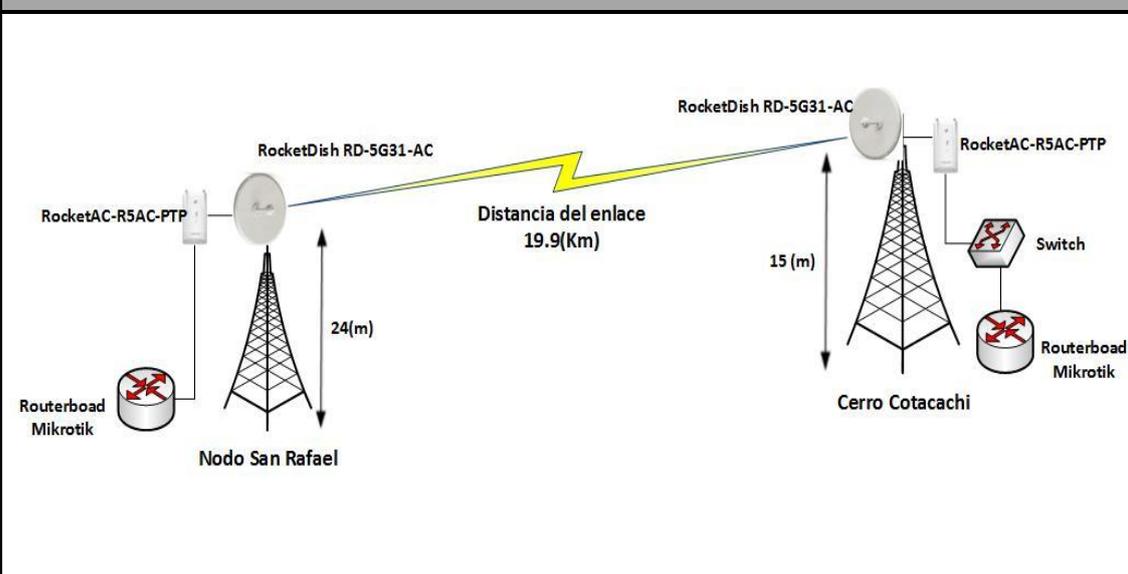
6)

GRAFICA DEL PERFIL TOPOGRAFICO



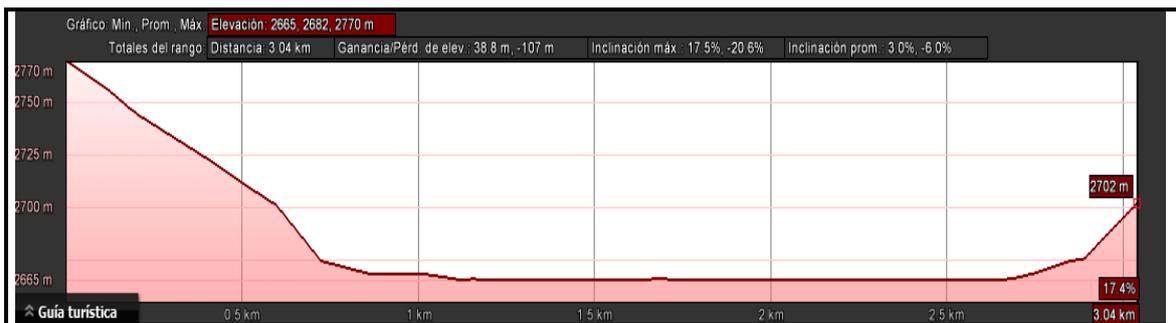
7)

ESQUEMA DEL SISTEMA



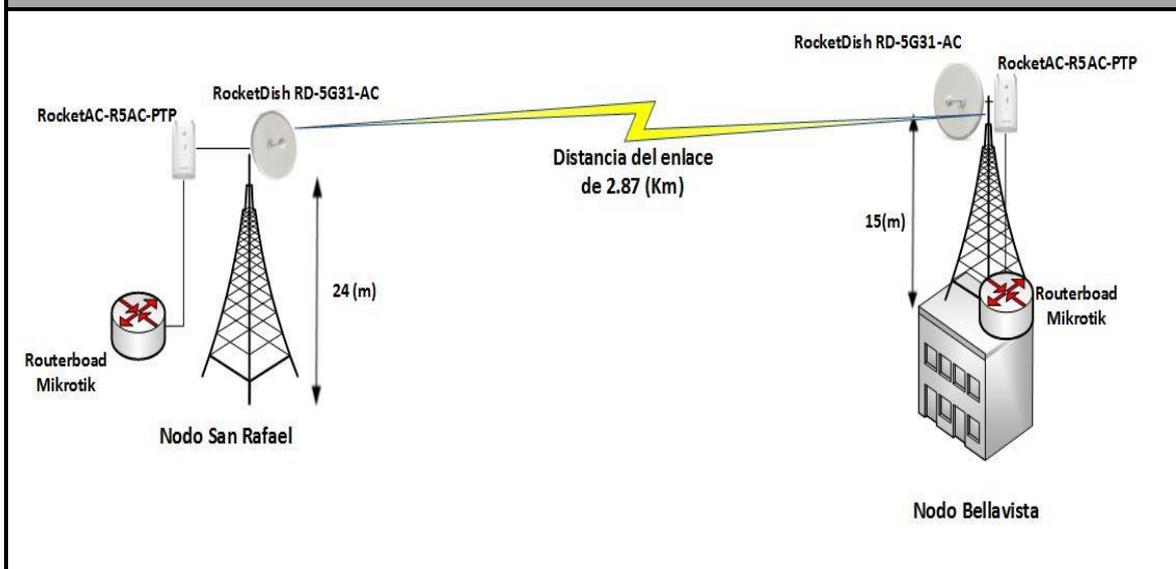
FORMULARIO DE ENLACE PUNTO A PUNTO SAN RAFAEL-BELLAVISTA

	FORMULARIO PARA SISTEMAS DE MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA (ENLACES PUNTO-PUNTO)		RC- 9A										
			Elab.: DRE Versión: 02										
2) CLASE DE SISTEMA													
PRIVADO EXPLOTACION (P)			NOTA: En el caso de que su empresa cuente con el Permiso de Operación de Red Privada, adjuntar una copia.										
3) CARACTERISTICAS TECNICAS Y DE OPERACION DEL SISTEMA FIJO PUNTO - PUNTO													
No. ENLACE	BANDA DE FRECUENCIAS (MHz)	TIPO DE OPERACION		DISTANCIA DEL ENLACE (Km)									
		SECUENCIA DIRECTA ; TDMA; FHSS ; HIBRIDO ; OFDM; OTRAS											
L1	5100 - 5800	(T)		2.87									
4) CARACTERISTICAS DE LAS ESTACIONES FIJAS													
INDICATIVO	AC. (A,M,I,E)	ESTRUCTURA ASOCIADA	ANTENA(S) ASOCIADA(S)	POTENCIA DE OPERACION (mW)	EQUIPO UTILIZADO								
F1	M	S5	A4	8.5	RocketDish RD-5G31-AC								
5) PERFIL TOPOGRAFICO													
DISTANCIA (Km)	0	D/12	D/6	D/4	D/3	5D/12	D/2	7D/12	2D/3	3D/4	5D/6	11D/12	D
ALTURA s.n.m. (m)	2770	2740	2714	2675	2668	2665	2665	2665	2665	2665	2665	2665	2702
Donde D = Distancia entre las estaciones del enlace. NOTA: Adjuntar las gráficas del perfil del enlace.													
6) GRAFICA DEL PERFIL TOPOGRAFICO													



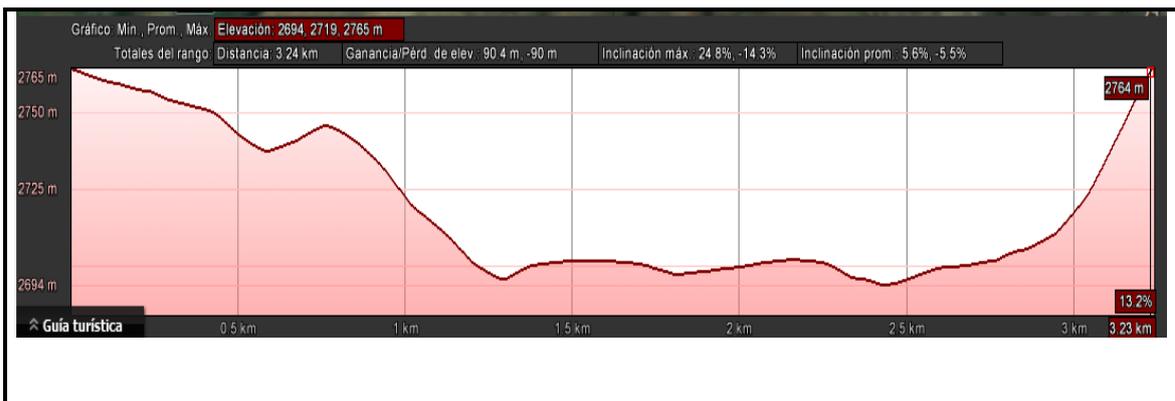
7)

ESQUEMA DEL SISTEMA



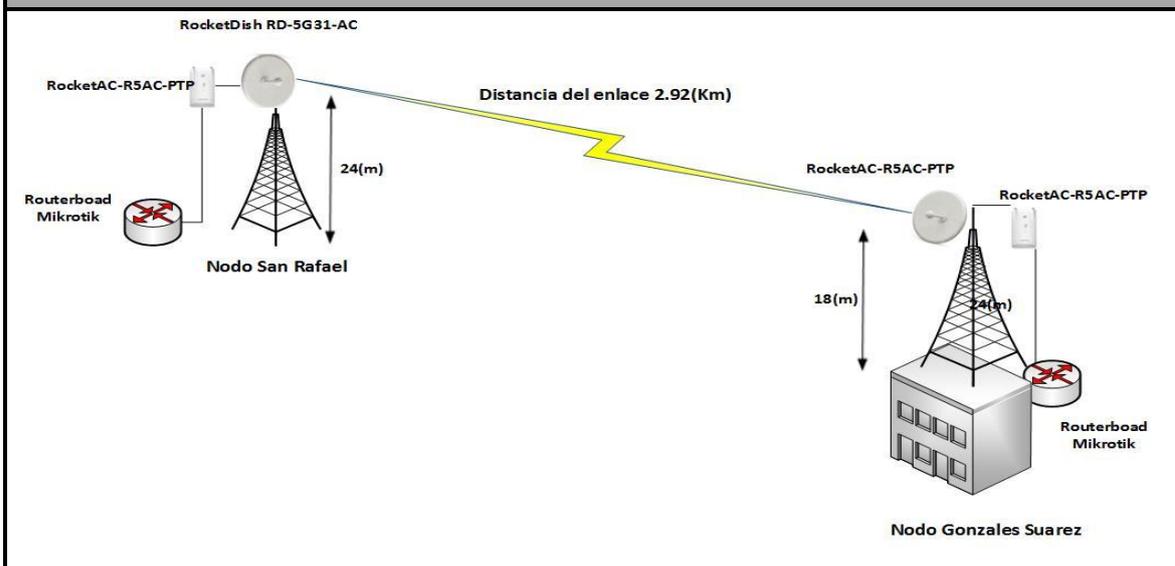
FORMULARIO DE ENLACE PUNTO A PUNTO SAN RAFAEL-GONZALES SUAREZ

	FORMULARIO PARA SISTEMAS DE MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA (ENLACES PUNTO-PUNTO)		RC- 9A										
			Elab.: DRE Versión: 02										
			1) No. Registro:										
2)													
CLASE DE SISTEMA													
PRIVADO EXPLOTACION (P)			NOTA: En el caso de que su empresa cuente con el Permiso de Operación de Red Privada, adjuntar una copia.										
3)													
CARACTERISTICAS TECNICAS Y DE OPERACION DEL SISTEMA FIJO PUNTO - PUNTO													
No. ENLACE	BANDA DE FRECUENCIAS (MHz)		TIPO DE OPERACION		DISTANCIA DEL ENLACE (Km)								
			SECUENCIA <u>D</u> IRECTA ; <u>I</u> DMA; <u>F</u> HSS ; <u>H</u> IBRIDO ; <u>Q</u> FDm; <u>O</u> TRAS										
L1	5100 - 5800		(T)		2.92								
4)													
CARACTERISTICAS DE LAS ESTACIONES FIJAS													
INDICATIVO	AC. (A,M,I,E)	ESTRUCTURA ASOCIADA	ANTENA(S) ASOCIADA(S)	POTENCIA DE OPERACION (mW)	EQUIPO UTILIZADO								
F1	M	S5	A4	8.5	RocketDish RD-5G31-AC								
5)													
PERFIL TOPOGRAFICO													
DISTANCIA (Km)	0	D/12	D/6	D/4	D/3	5D/12	D/2	7D/12	2D/3	3D/4	5D/6	11D/12	D
ALTURA s.n.m. (m)	2770	2753	2743	2746	2721	2698	2702	2669	2700	2701	2696	2702	2763
Donde D = Distancia entre las estaciones del enlace.													
NOTA: Adjuntar las gráficas del perfil del enlace.													
6)													
GRAFICA DEL PERFIL TOPOGRAFICO													



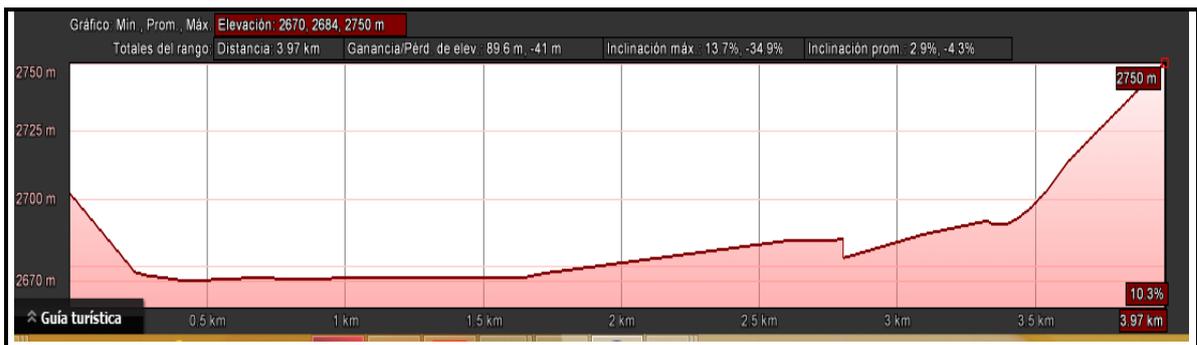
7)

ESQUEMA DEL SISTEMA



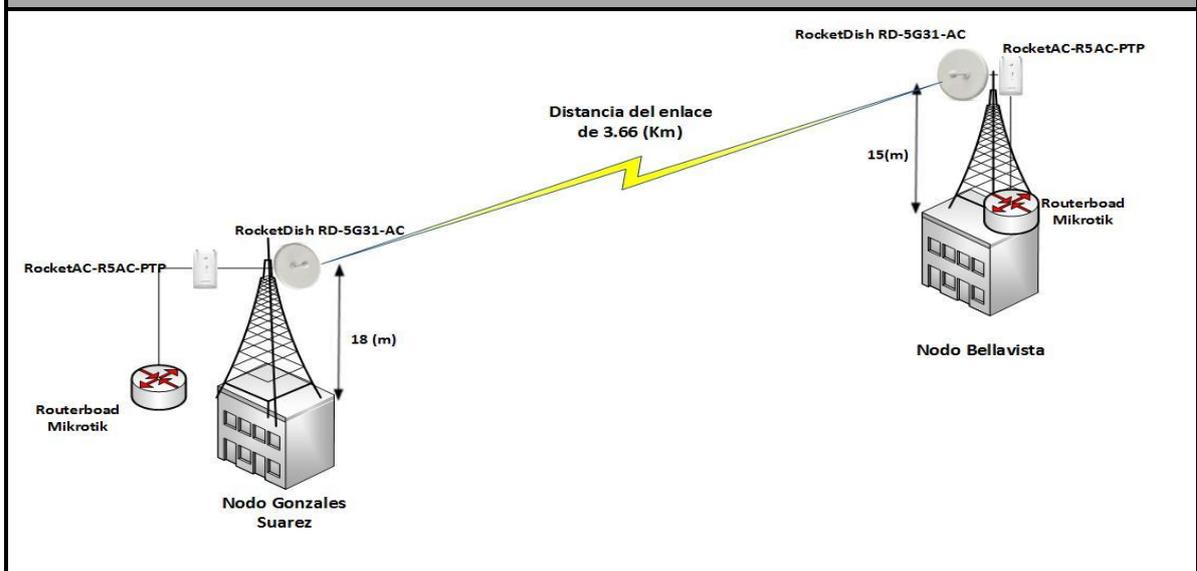
FORMULARIO DE ENLACE PUNTO A PUNTO GONZALES SUAREZ- BELLAVISTA

	FORMULARIO PARA SISTEMAS DE MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA (ENLACES PUNTO-PUNTO)		RC- 9A										
			Elab.: DRE Versión: 02										
		1) No. Registro:											
2)													
CLASE DE SISTEMA													
PRIVADO		EXPLORACION (P)		NOTA: En el caso de que su empresa cuente con el Permiso de Operación de Red Privada, adjuntar una copia.									
3)													
CARACTERISTICAS TECNICAS Y DE OPERACION DEL SISTEMA FIJO PUNTO - PUNTO													
No. ENLACE	BANDA DE FRECUENCIAS (MHz)		TIPO DE OPERACION		DISTANCIA DEL ENLACE (Km)								
			SECUENCIA DIRECTA ; IDMA; FHSS ; HIBRIDO ; QFDM; OTRAS										
L1	5100 - 5800		(T)		3.66								
4)													
CARACTERISTICAS DE LAS ESTACIONES FIJAS													
INDICATIVO	AC. (A,M,I,E)	ESTRUCTURA ASOCIADA	ANTENA(S) ASOCIADA(S)	POTENCIA DE OPERACION (mW)	EQUIPO UTILIZADO								
F1	M	S5	A4	8.5	RocketDish RD-5G31-AC								
5)													
PERFIL TOPOGRAFICO													
DISTANCIA (Km)	0	D/12	D/6	D/4	D/3	5D/12	D/2	7D/12	2D/3	3D/4	5D/6	11D/12	D
ALTURA s.n.m. (m)	2702	2674	2671	2670	2671	2671	2674	2678	2683	2685	2686	2691	2763
Donde D = Distancia entre las estaciones del enlace.													
NOTA: Adjuntar las gráficas del perfil del enlace.													
6)													
GRAFICA DEL PERFIL TOPOGRAFICO													



7)

ESQUEMA DEL SISTEMA



ANEXO VIII

 Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones	FORMULARIO TÉCNICO PARA LA MODIFICACION DE INFRAESTRUCTURA DEL TITULO HABILITANTE DE PRESTACION DE SERVICIOS DE ACCESO A INTERNET	SAI-T-ATH-01 Edib.: DRS 2015 Fecha:
--	--	--

a. NOMBRE O RAZÓN SOCIAL DEL SOLICITANTE: Ampliación de la red inalámbrica para la empresa Netservice (ISP)

SAI-T-ATH- 01: DESCRIPCIÓN TÉCNICA DETALLADA DEL 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. ÁREA DE COBERTURA (Marque con una x):

El área de cobertura solicitada para la Prestación de servicios de acceso a Internet por parte del poseedor del título habilitante comprende las provincias de:

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

d. RESPONSABLE TÉCNICO:

Nombres completos: Edy Javier Antamba Yaseiga
 Teléfonos: 091503752
 e-mail: edyjavierantamba@gmail.com
 Dirección: San Pablo de Lago-Araque
 Código:
 Senescyt:

e. REPRESENTANTE LEGAL O PERSONA NATURAL:

Nombres completos: Sr. Diego Xavier Calderón Ayala
 Teléfonos: 0969743150
 e-mail: diego.calderon.netservice@gmail.com
 Dirección: Ibarra- La Victoria
 Código:
 Senescyt:

ANEXO IX

 Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones	FORMULARIO TECNICO PARA LA MODIFICACION DE INFRAESTRUCTURA DEL TITULO HABILITANTE DEL PRESTACION DE SERVICIOS DE ACCESO A INTERNET	SAI-T-ATH-02 Sub DRS 2015 Fecha:
---	---	--

a. NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL SOLICITANTE: Ampliación de la red inalámbrica para la empresa NetService (ISP)

SAI-T-ATH- 02: DESCRIPCIÓN DE NODOS FÍSICOS Y EQUIPAMIENTO Y SISTEMAS

b. DESCRIPCIÓN DE EQUIPAMIENTO Y SISTEMAS. ADJUNTAR DIAGRAMAS Y DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS Y SOFTWARE DE LOS NODOS, Y COPIA DE LOS CATALOGOS TECNICOS.

Catalogos técnicos Anexo 1



#	EQUIPO Y SOFTWARE	# DE EQUIPOS O SOFTWARE	MARCA	COSTO REFERENCIAL (USD)	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO DEL NODO DONDE ESTÁN UBICADOS LOS EQUIPOS O SOFTWARE	OBSERVACIONES
1	<u>RocketDish RD-5G31-AC</u>	2	<u>Ubiquiti</u>	\$299	Antena Parabolica enlace puto a punto	1001	
2	<u>RocketAC R5AC-PTP</u>	2	<u>Ubiquiti</u>	\$171	Radio <u>Rocket AC</u> enlace Punto a Punto	1001	
3	Router Core CCR1036-12G-4S	1	<u>Mikrotik</u>	\$1475	Enrutador	1001	
4	<u>Switch TL-SG1016DE</u>	1	<u>TP-Link</u>	\$191	Conmutador	1001	
5	<u>OMNIVS1500XL-UPS</u>	2	<u>OMNIVS</u>	\$219	UPS	1001	

c. DETALLE DE NODOS PRIMARIOS Y SECUNDARIOS FISICOS

- Nodo primario Cerro Cotacachi código: 1001
- Nodo secundario Bellavista código: 2001
- Nodo secundario San Rafael código: 2002
- Nodo secundario Gonzales Suarez código: 2003

a. NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL SOLICITANTE:	Ampliación de la red inalámbrica para la empresa <u>NetService</u> (ISP)
---	--

SAI-T-ATH- 02: DESCRIPCIÓN DE NODOS FÍSICOS Y EQUIPAMIENTO Y SISTEMAS

b. DESCRIPCIÓN DE EQUIPAMIENTO Y SISTEMAS. ADJUNTAR DIAGRAMAS Y DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS Y SOFTWARE DE LOS NODOS, Y COPIA DE LOS CATALOGOS TECNICOS.

Catalogos técnicos [Anexo 1](#)

#	EQUIPO Y SOFTWARE	# DE EQUIPOS O SOFTWARE	MARCA	COSTO REFERENCIAL (USD)	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO DEL NODO DONDE ESTÁN UBICADOS LOS EQUIPOS O SOFTWARE	OBSERVACIONES
1	<u>RocketDish</u> RD-5G31-AC	3	<u>Ubiquiti</u>	\$299	Antena Parabolica enlace puto a punto	2001	
2	<u>RocketAC</u> R5AC-PTP	3	<u>Ubiquiti</u>	\$171	Radio <u>Rocket AC</u> enlace Punto a Punto	2001	
3	<u>RocketAC</u> R5AC-PTMP	3	<u>Ubiquiti</u>	\$211	Radio <u>Rocket AC</u> enlace Punto a Multipunto	2001	
4	<u>AirMax</u> AC Sector AM-5AC21-60	3	<u>Ubiquiti</u>	\$194	Antena sectorial	2001	
5	<u>Switch</u> TL-SG1016DE	1	TP-Link	\$191	Conmutador	2001	
6	OMNIVS1500XL-UPS	2	OMNIVS	\$219	UPS	2001	

(Añadir campos adicionales en el caso de que se requiera)

a. NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL SOLICITANTE:	Ampliación de la red inalámbrica para la empresa <u>NetService</u> (ISP)
---	--

SAI-T-ATH- 02: DESCRIPCIÓN DE NODOS FÍSICOS Y EQUIPAMIENTO Y SISTEMAS

b. DESCRIPCIÓN DE EQUIPAMIENTO Y SISTEMAS. ADJUNTAR DIAGRAMAS Y DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS Y SOFTWARE DE LOS NODOS, Y COPIA DE LOS CATALOGOS TECNICOS.

Catálogos técnicos [Anexo 1](#)

#	EQUIPO Y SOFTWARE	# DE EQUIPOS O SOFTWARE	MARCA	COSTO REFERENCIAL (USD)	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO DEL NODO DONDE ESTÁN UBICADOS LOS EQUIPOS O SOFTWARE	OBSERVACIONES
1	<u>RocketDish</u> RD-5G31-AC	3	<u>Ubiquiti</u>	\$299	Antena Parabolica enlace puto a punto	2002	
2	<u>RocketAC</u> R5AC-PTP	3	<u>Ubiquiti</u>	\$171	Radio <u>Rocket AC</u> enlace Punto a Punto	2002	
3	<u>RocketAC</u> R5AC-PTMP	3	<u>Ubiquiti</u>	\$211	Radio <u>Rocket AC</u> enlace Punto a Multipunto	2002	
4	<u>AirMax</u> AC Sector AM-5AC21-60	3	<u>Ubiquiti</u>	\$194	Antena sectorial	2002	
5	<u>Switch</u> TL-SG1016DE	1	TP-Link	\$191	Conmutador	2002	
6	OMNIVS1500XL-UPS	2	OMNIVS	\$219	UPS	2002	

(Añadir campos adicionales en el caso de que se requiera)

a. NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL SOLICITANTE:	Ampliación de la red inalámbrica para la empresa NetService (ISP)
---	--

SAI-T-ATH- 02: DESCRIPCIÓN DE NODOS FÍSICOS Y EQUIPAMIENTO Y SISTEMAS

b. DESCRIPCIÓN DE EQUIPAMIENTO Y SISTEMAS. ADJUNTAR DIAGRAMAS Y DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS Y SOFTWARE DE LOS NODOS, Y COPIA DE LOS CATALOGOS TECNICOS.

Catálogos técnicos [Anexo 1](#)

#	EQUIPO Y SOFTWARE	# DE EQUIPOS O SOFTWARE	MARCA	COSTO REFERENCIAL (USD)	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO DEL NODO DONDE ESTÁN UBICADOS LOS EQUIPOS O SOFTWARE	OBSERVACIONES
1	RocketDish RD-5G31-AC	3	Ubiquiti	\$299	Antena Parabólica enlace puto a punto	2003	
2	RocketAC R5AC-PTP	3	Ubiquiti	\$171	Radio Rocket AC enlace Punto a Punto	2003	
3	RocketAC R5AC-PTMP	3	Ubiquiti	\$211	Radio Rocket AC enlace Punto a Multipunto	2003	
4	AirMax AC Sector AM-5AC21-60	3	Ubiquiti	\$194	Antena sectorial	2003	
5	Switch TL-SG1016DE	1	TP-Link	\$191	Conmutador	2003	
6	OMNIVS1500XL-UPS	2	OMNIVS	\$219	UPS	2003	

(Añadir campos adicionales en el caso de que se requiera)

ANEXO X

 <p>Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones</p>	<p>FORMULARIO TÉCNICO PARA LA MODIFICACION DE INFRAESTRUCTURA DEL TITULO HABILITANTE DE PRESTACION DE SERVICIOS DE ACCESO A INTERNET</p>	<p>SAI-T-ATH-06 Elab.: DRS 2015</p> <p>Fecha:</p>
--	---	--

<p>a. NOMBRE O RAZÓN SOCIAL DEL SOLICITANTE:</p>	<p>Ampliación de la Red inalámbrica NetService</p>
---	--

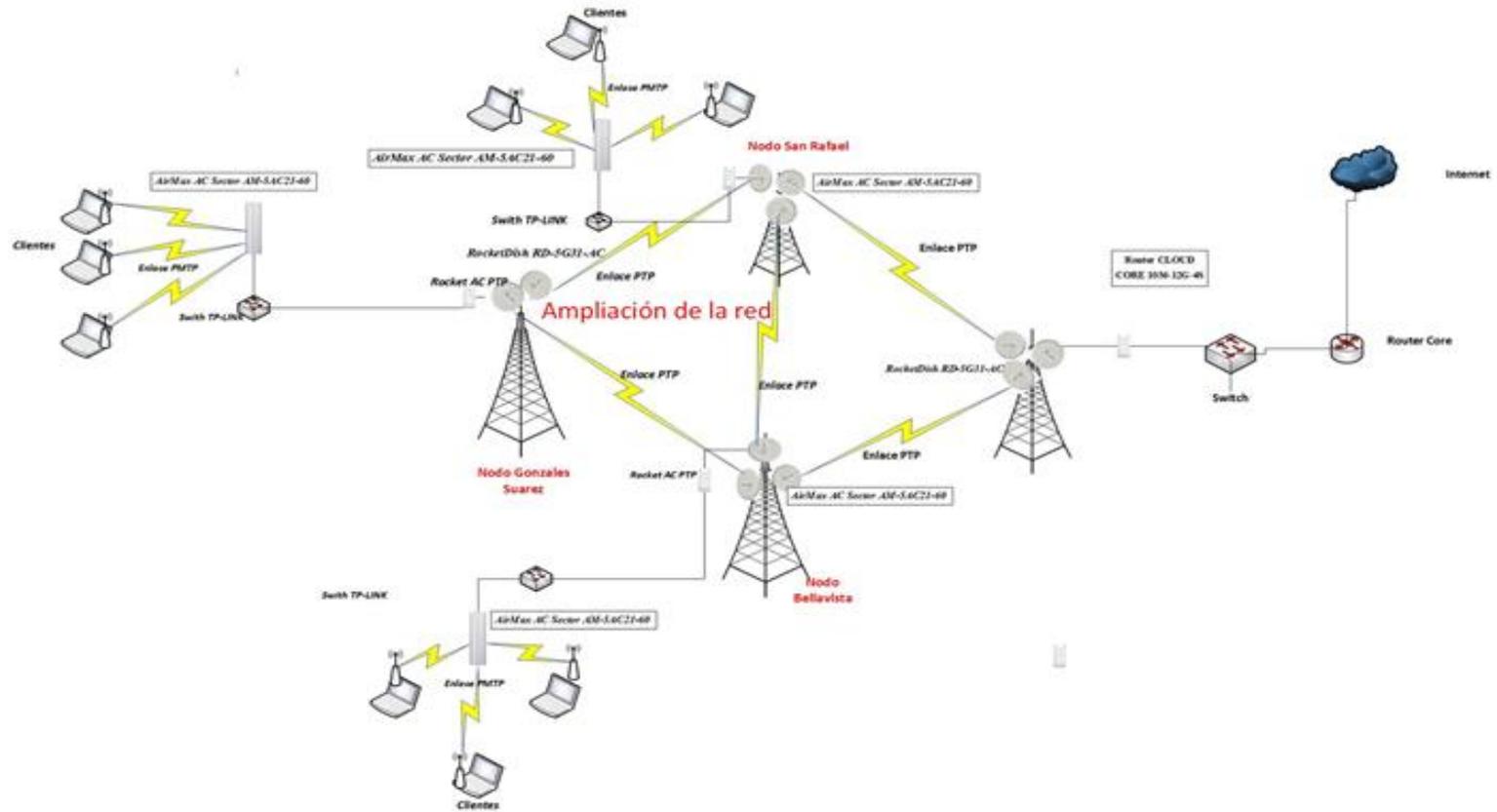
SAI-T-ATH-06: OTROS ANEXOS

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:	

En la figura se muestra la infraestructura de red

- Esta infraestructura se empleara para prestar servicio de acceso a internet banda ancha
- Con una velocidad ideal de 500 Mbps en la transmisión de datos, el de recepción para el usuario dependerá del plan a contratar
- Medio de transmisión Inalámbrico.
- Proveedor NetService
- 3 puntos para acceder al servicio, nodo Bellavista, San Rafael, Gonzales Suarez.



c. DIAGRAMA ESQUEMATICO DE CADA NODO DETALLANDO CARACTERISTICAS TECNICAS TALES COMO: VELOCIDAD DE TX/RX, MEDIO DE TRANSMISION, PROVEEDOR, PUNTOS DE CONEXION.

Incluye	
Observaciones:	

Anexo 3

- Nodo Bellavista**
- Velocidad ideal 400 Mbps
 - Transmisión inalámbrica
 - Proveedor NetService
 - En el diagrama anterior se describe el nodo Bellavista.
- Nota: tos los nodos de la red tendrán las misma características.