

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**“DISEÑO DE UNA RED INALÁMBRICA DE BANDA ANCHA PARA
PROVEER SERVICIO DE INTERNET A LAS COMUNIDADES DEL
PUEBLO KICHWA DE RUKULLAKTA”**

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

ACUÑA PAREDES YESENIA DE LAS MERCEDES
yesyacua_4@yahoo.es

SALGADO ROMERO JAIME FERNANDO
jaimef.salgado@cnt.com.ec

DIRECTOR: ING. ADRIÁN ZAMBRANO
jose.zambrano@correo.epn.edu.ec

Quito, marzo 2010

DECLARACIÓN

Nosotros, ACUÑA PAREDES YESENIA DE LAS MERCEDES y SALGADO ROMERO JAIME FERNANDO, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

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

Acuña Paredes Yesenia de las Mercedes

Salgado Romero Jaime Fernando

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por ACUÑA PAREDES YESENIA DE LAS MERCEDES y SALGADO ROMERO JAIME FERNANDO, bajo mi supervisión.

Ing. Adrián Zambrano
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

A Dios sobre todo, por ser mi guía, mi fuente de sabiduría y mi fuerza en todo momento.

A mis padres con mucho cariño, quienes con su amor, comprensión y apoyo incondicional incentivaron este logro en mi vida.

A mi compañero de tesis, quien al ser una persona muy importante en este proyecto, siempre confió en mí y se desempeñó de la mejor manera en la realización de este sueño.

Debo expresar mis más sinceros agradecimientos a mi director de proyecto, Ing. Adrián Zambrano, por su confianza y apoyo en la realización de este proyecto. También al Ing. Juan Guerra por su valiosa ayuda.

A Cristina, una buena amiga, por su gran colaboración durante todo este tiempo y a todos mis amigos que siempre estuvieron allí brindándome su ayuda y sus consejos.

También agradezco a cada uno de los profesores de la Escuela Politécnica Nacional quienes aportaron con su gran conocimiento para desarrollarme como una gran profesional.

Yesenia,

DEDICATORIA

A mis amados padres, Anita Paredes y Ernesto Acuña, por siempre estar presentes en mi vida con su amor y sabios consejos.

A mi abuelita María Sánchez, quien fue tan linda conmigo y mi refugio en todo momento.

A mis hermanas Valeria y Glenda, a quienes quiero mucho, por compartir conmigo tantos instantes de mi vida y estar siempre en las buenas y en las malas.

A mis tías, tíos y primos que siempre confiaron en mí.

A mis amigas y amigos, Normi, Rocío, Cristina, Nicolás, Christian, Robert, Nelson, Andrés, Elizabeth, Gonzalo, Carlos, Julio, Stefany, Sergio, Vinicio, Amparito, Boris, Armando, Antonio, Leonardo, Jorge, Homero y también a aquellas personitas que estuvieron siempre pendientes del proceso de este sueño.

A todos ellos les dedico con todo mi corazón y amor este trabajo que con tanto sacrificio logre concluir para finalizar un proceso que es el principio de un largo camino que me queda por recorrer.

Yesenia,

AGRADECIMIENTO

Agradezco ante todo a Dios, por acompañarme siempre durante toda mi vida y permitirme cumplir todos mis objetivos.

Agradezco desde el fondo de mi corazón a mis padres Segundo y Faby, por su apoyo ante tantas adversidades que juntos las hemos superado. También a mis hermanos Carlos y Belén por su preocupación en todas mis actividades.

Quiero agradecer de manera especial al Ing. Adrián Zambrano, mi director de Tesis, por el apoyo y paciencia brindados durante la ejecución del presente proyecto.

Por otra parte, agradezco a Yess, mi compañera de Tesis, la persona que me ha soportado durante el desarrollo de este proyecto; sin su colaboración nada habría sido posible.

También extendiendo mi agradecimiento a las personas de Invetrónica: Ing. Guerra, Cristina Tarco y Paúl Arias por las recomendaciones proporcionadas para este proyecto.

Finalmente y no menos importante, agradezco a DYNV (En orden: Alex, Amparito, Antonio, Armando, Boris, Darío, Gaby, Homero, Jorge, Julio, Leonardo, Myrian, Sergio, Stefany y Vinicio) por su ayuda en todo. Sé que me olvido de muchas personas que contribuyeron a la finalización de este proyecto, mil disculpas por ello, pero igual mi agradecimiento.

Jaime,

DEDICATORIA

Como dice mi abuelita: “Amor con amor se paga”, así que llegó el momento de pagar las deudas:

“Tomado de tu mano inicié mi aprendizaje en la vida. Ahora casi todo lo que soy se lo debo a tu ejemplo de tenacidad y valor.

Por haber sido siempre mi más dilecta y respetable amiga, este proyecto es tuyo, mamá...”

A Carlos, Belén, Verito y Matías, para que sigamos juntos aunque el mundo se ponga en contra. ¡Saldremos adelante!

Matías: Desde que te vi por primera vez, me di cuenta que eres un triunfador. Aunque no lo entiendas todavía este proyecto también te lo dedico.

A todos mis familiares que dieron su apoyo desinteresado para culminar este objetivo.

A DYNV (mis panas de la Poli y de la vida), por ser mi segunda familia. Como siempre les he dicho; no sólo son mis amigos, sino mis hermanos.

Un fuerte abrazo de gratitud y afecto sincero, a todos.

Jaime,

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1

ESTUDIO DEL SISTEMA CANOPY DE MOTOROLA

1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 VISIÓN GENERAL DEL SISTEMA CANOPY DE MOTOROLA.....	2
1.3 ESTRUCTURA DEL SISTEMA CANOPY.....	4
1.3.1 PRINCIPALES COMPONENTES	5
1.3.1.1 Punto de Acceso (AP)	5
1.3.1.1.1 Clúster de APs	8
1.3.1.2 Módulo de Administración de Clúster (CMM)	8
1.3.1.3 Módulo Suscriptor.....	10
1.3.1.4 Módulo Backhaul	12
1.3.2. EQUIPOS ADICIONALES	14
1.4 CONFIGURACIONES DEL SISTEMA CANOPY	15
1.4.1 CONFIGURACIÓN PUNTO A PUNTO (PTP).....	15
1.4.2 CONFIGURACIÓN PUNTO A MULTIPUNTO (PMP)	16
1.5 GENERALIDADES DEL SISTEMA CANOPY	16
1.5.1 BANDAS DE FRECUENCIA DE OPERACIÓN	17
1.5.2 SELECCIÓN DE CANALES	19
1.5.3 RETARDOS.....	23
1.5.4 ANCHO DE BANDA.....	24
1.5.5 DISTANCIAS	26
1.5.6 POTENCIA	27
1.6 INTERFERENCIA DEL SISTEMA CANOPY.....	27
1.6.1 INTERFERENCIA EN SISTEMAS CON LICENCIA.....	28
1.6.2 INTERFERENCIA EN SISTEMAS SIN LICENCIA.....	28
1.6.2.1 En sistemas PMP	28
1.6.2.2 En sistemas PTP	29

1.6.3 SOLUCIONES DEL SISTEMA CANOPY A LA INTERFERENCIA	29
1.6.3.1 Soluciones a nivel de capa Física	30
1.6.3.1.1 Modulación y relación portadora a interferencia (C/I).....	30
1.6.3.1.2 Rendimiento de la antena	31
1.6.3.1.3 Sincronización TDD.....	31
1.6.3.2 Soluciones a nivel de capa MAC	33
1.6.3.2.1 Tamaño de la Trama/Intervalo	33
1.6.3.2.2 Solicitud de retransmisión automática (ARQ).....	34
1.6.3.2.3 Control centralizado de transmisión	34
1.7 INTERFAZ DE AIRE	35
1.7.1 Contenido de la trama de downlink.....	35
1.7.2 Contenido de la trama uplink	35
1.7.3 Estructura de la trama Canopy	36
1.8 SOFTWARE.....	37
1.8.1 SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE ELEMENTOS PRIZM (PrizmEMS).37	
1.8.2 ADMINISTRADOR DE ANCHO DE BANDA Y AUTENTICACIÓN (BAM). 37	
1.8.3 PROTOCOLO DE ADMINISTRACIÓN DE RED SIMPLE (SNMP).....	38
1.8.4 BASE DE INFORMACIÓN DE ADMINISTRACIÓN (MIB)	38
1.8.5 HERRAMIENTAS DE ENLACE PTP	39
1.9 SEGURIDAD.....	39
1.9.1 MODELO DE SEGURIDAD DEL SISTEMA CANOPY	40
1.9.1.1 Encriptación.....	40
1.9.1.2 Autenticación	41
1.9.1.2.1 Código de Color	42
1.9.2 PRIORIZACIÓN DE TRÁFICO	43
1.9.2.1 Ancho de Banda de alta prioridad	43
1.9.2.2 Servicio Diferenciado (DiffServe).....	43

1.9.2.3 CIR y MIR	44
1.10 ADMINISTRACIÓN	45
1.10.1 CONSIDERACIONES MAC	45
1.10.2 CONSIDERACIONES IP	45
1.10.2.1 Traducción de Direcciones de Red (NAT)	46
1.10.2.2 Bridging	47
1.10.2.3 Filtrado de protocolos y puertos	47
1.10.2.3.1 Filtrado Con/Sin NAT	48
1.11 VENTAJAS Y APLICACIONES.....	48

CAPÍTULO 2

DISEÑO DE LA RED

2.1 INTRODUCCIÓN	51
2.2 GENERALIDADES DEL PUEBLO KICHWA DE RUKULLAKTA.....	52
2.2.1 RELIEVE.....	56
2.2.2 CLIMA.....	56
2.2.3 HIDROGRAFÍA.....	56
2.2.4 RECURSO HIDROCARBURIFERO	56
2.2.5. ÁREAS PROTEGIDAS	57
2.2.6. SERVICIOS BÁSICOS	57
2.2.6.1 Salud	57
2.2.6.2 Educación.....	57
2.2.6.3 Agua potable y alcantarillado.....	58
2.2.6.4 Acceso, vialidad y transporte.....	58
2.2.6.5 Servicio eléctrico	59
2.2.6.6 Telefonía y comunicaciones	59
2.2.7 DISTRIBUCIÓN DE LAS COMUNIDADES DEL PUEBLO KICHWA DE RUKULLAKTA	59

2.3 PLANIFICACIÓN DEL DISEÑO DE LA RED	61
2.3.1 METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DE UN RADIOENLACE.....	62
2.3.1.1 Consideraciones para la ubicación de las antenas.....	62
2.3.1.2 Determinación del Perfil Topográfico.....	63
2.3.1.3 Determinación de las alturas para la ubicación de las antenas	67
2.3.1.3.1 Coeficiente de corrección de curvatura terrestre (K).....	67
2.3.1.3.2 Cálculo del abultamiento (c).....	67
2.3.1.3.3 Zona de Fresnel (rF1)	68
2.3.1.3.4 Establecimiento de la altura de las antenas	70
2.3.1.3.5 Valor de despeje (hdesp) y Margen de Seguridad (MS)	71
2.3.1.3.6 Potencia Isotrópica Radiada Efectiva (PIRE).....	72
2.3.1.3.7 Ganancia de las antenas.....	73
2.3.1.3.8 Pérdida de trayectoria de espacio libre (FSL)	73
2.3.1.3.9 Pérdidas por cable coaxial	73
2.3.1.3.10 Potencia nominal de recepción (PRX).....	74
2.3.1.3.11 Margen de umbral del sistema (MU)	75
2.3.1.3.12 Margen de desvanecimiento (FM).....	75
2.3.1.3.13 Confiabilidad (R).....	77
2.4 DISEÑO DE LA RED	78
2.4.1 UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES	78
2.4.2 ESTRUCTURACIÓN DE LA RED.....	81
2.4.2.1 Enlaces PTP (Backbone).....	81
2.4.2.2 Enlaces PMP (Enlaces secundarios).....	82
2.4.3 SELECCIÓN DE FRECUENCIAS.....	84
2.4.3.1 Frecuencias para los enlaces PTP (Backbone).....	84
2.4.3.2 Frecuencias para los enlaces PMP (Enlaces secundarios)	85

2.4.4 POSIBLE ESTRUCTURA TOTAL DE LA RED	87
2.5 JUSTIFICACIÓN DEL DISEÑO DE LA RED.....	90
2.5.1 JUSTIFICACIÓN DE LOS ENLACES PTP (BACKBONE).....	90
2.5.1.1 Enlace Archidona – Base 1	90
2.5.1.2 Enlace Base 1 - Pawayacu.....	96
2.5.1.3 Pawayacu – Base 3.....	100
2.5.1.4 Base 3 - Oritoyacu	105
2.5.1.5 Base 1 – Base 2	112
2.5.1.6 Base 2 – Llushianta	115
2.5.1.7 Resumen de las alturas de las antenas de los enlaces PTP	119
2.5.2 JUSTIFICACIÓN DE LOS ENLACES PMP (ENLACES SECUNDARIOS)	
.....	119
2.5.2.1 Base 1 – Yanayacu	120
2.5.2.2 Base 1 – Yawari	122
2.5.2.3 Base 1 – Rukullakta.....	125
2.5.2.4 Base 1 – Awayacu.....	128
2.5.2.5 Base 1 – Tampayacu.....	131
2.5.2.6 Base 1 – Porotoyacu	134
2.5.2.7 Resumen de las alturas de las antenas de los enlaces PMP con eje en Base 1	137
2.5.2.8 Base 2 – Itaquibilina	138
2.5.2.9 Base 2 – Ardillaurko.....	140
2.5.2.10 Base 2 – Villano.....	141
2.5.2.11 Base 2 – Nokuno	144
2.5.2.12 Resumen de las alturas de las antenas de los enlaces PMP con eje en Base 2	147

2.5.2.13 Pawayacu – Pawayacu *	147
2.5.2.14 Llushianta– Manku	148
2.5.2.15 Llushianta – Llushianta *	150
2.5.2.16 Resumen de las alturas de las antenas de los enlaces PMP con eje en Llushianta	150
2.5.2.17 Oritoyacu – Papanku	151
2.5.2.18 Oritoyacu – Mushullakta	154
2.5.2.19 Oritoyacu – Lupino	159
2.5.2.20 Oritoyacu– Oritoyacu *	164
2.5.2.21 Resumen de las alturas de las antenas de los enlaces PMP con eje en Oritoyacu	164

CAPÍTULO 3

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS Y PRESUPUESTO REFERENCIAL

3.1 INTRODUCCIÓN	165
3.2 SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS	166
3.2.1 EQUIPOS PARA LA CONFIGURACIÓN PUNTO A PUNTO (PTP)	166
3.2.2 EQUIPOS PARA LA CONFIGURACIÓN PUNTO A MULTIPUNTO (PMP)	166
3.3 ASIGNACIÓN DE EQUIPOS CANOPY	166
3.4 SELECCIÓN DEL ANCHO DE BANDA DEL INTERNET	168
3.5 SEGURIDAD	168
3.6 CANOPY Y CONSIDERACIONES IP	170
3.6.1 DIRECCIONAMIENTO IP DE LA RED	171
3.7 EQUIPOS DEL SISTEMA CANOPY DE MOTOROLA	173
3.7.1 PUNTO DE ACCESO	175
3.7.2 MÓDULO SUSCRIPTOR	176
3.7.3 MÓDULO BACKHAUL	177

3.7.4 MÓDULO DE ADMINISTRACIÓN DE CLÚSTER (CMM micro).....	178
3.7.4.1 Antena GPS.....	179
3.7.4.2 Supresor de Sobrecargas.....	180
3.7.5 CONSIDERACIONES PARA EL MONTAJE DEL EQUIPO CANOPY.....	180
3.7.6 REQUERIMIENTOS ELÉCTRICOS	182
3.8 PRESUPUESTO REFERENCIAL.....	185
3.8.1 PRESUPUESTO DE LOS EQUIPOS	185
3.8.1.1 Presupuesto referencial por enlace	186
3.8.1.1.1 Enlace Punto a Punto (PTP)	186
3.8.1.1.2 Enlace Punto a Multipunto (PMP)	186
3.8.1.2 Presupuesto referencial de toda la red.....	187

CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES	189
4.2 RECOMENDACIONES	193

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA	195
--------------------	-----

ANEXOS

ANEXOS.....	198
-------------	-----

ANEXOS

ANEXO 1: DIAGRAMAS DE PERFIL DE LOS ENLACES PTP DE LA RED

ANEXO 2: DIAGRAMAS DE PERFIL DE LOS ENLACES PMP DE LA RED

ANEXO 3: INSTALACIÓN DE UN AP

ANEXO 4: INSTALACIÓN DE UN SM

ANEXO 5: INSTALACIÓN DE UN BH-M y BH-S SINCRONIZADOS

ANEXO 6: INSTALACIÓN DE UN CMM micro

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

ESTUDIO DEL SISTEMA CANOPY DE MOTOROLA

FIGURA 1.1. Paquete MOTOwi4 de Motorola.....	3
FIGURA 1.2. Principales componentes del sistema Canopy	5
FIGURA 1.3. Versiones de APs y su compatibilidad con diferentes SMS	7
FIGURA 1.4. Clúster de APs.....	8
FIGURA 1.5. Módulo Suscriptor con y sin kit reflector	10
FIGURA 1.6. Conexión PTP con Módulos Backhaul (BH)	12
FIGURA 1.7. Configuraciones del sistema Canopy.....	15
FIGURA 1.8. Bandas de frecuencia de banda ancha.....	17
FIGURA 1.9. Plan de frecuencias en un clúster de APs	19
FIGURA 1.10. Sincronismo en un clúster de APs	32
FIGURA 1.11. Trama MAC del sistema TDD Canopy.....	33
FIGURA 1.12. Trama Canopy	36
FIGURA 1.13. Múltiples Capas de Seguridad	40

CAPÍTULO 2

DISEÑO DE LA RED

FIGURA 2.1. Provincia de Napo.....	53
FIGURA 2.2. Ubicación geográfica del Pueblo kichwa de Rukullakta	54
FIGURA 2.3. Delimitación geográfica del Pueblo kichwa de Rukullakta	55
FIGURA 2.4. Distribución de las comunidades del Pueblo kichwa de Rukullakta.....	60
FIGURA 2.5. Ventana principal del software Arcview GIS 3.2	65
FIGURA 2.6. Ventana principal del software Motorola PTP LINKPlanner.....	66
FIGURA 2.7. Zona de Fresnel.....	68
FIGURA 2.8. Despeje.....	71
FIGURA 2.9. Estaciones involucradas en el diseño de la red	80
FIGURA 2.10. Propuesta de backbone de la red	82
FIGURA 2.11. Propuesta de enlaces PMP de la red.....	83

FIGURA 2.12. Algunos canales de la banda de frecuencia de 5.4GHz	84
FIGURA 2.13. Reutilización de frecuencias	86
FIGURA 2.14. Canales de la banda de frecuencia de 5.7GHz.....	86
FIGURA 2.15. Área de cobertura de un clúster de APs	86
FIGURA 2.16. Posible estructura total de la red.....	88
FIGURA 2.17. Bosquejo de la tentativa estructura total de la red	89
FIGURA 2.18. Vista Panorámica del Enlace Archidona – Base 1	90
FIGURA 2.19. Enlace Archidona – Base 1	91
FIGURA 2.20. Vista Panorámica del Enlace Base 1 - Pawayacu	97
FIGURA 2.21. Enlace Base 1 - Pawayacu	97
FIGURA 2.22. Vista Panorámica del Enlace Pawayacu – Base 3.....	100
FIGURA 2.23. Enlace Pawayacu – Base 3	101
FIGURA 2.24. Vista Panorámica del Enlace Base 3 - Oritoyacu.....	105
FIGURA 2.25. Enlace Base 3 - Oritoyacu	106
FIGURA 2.26. Vista Panorámica del Enlace Base 1 – Base 2.....	112
FIGURA 2.27. Enlace Base 1 – Base 2.....	113
FIGURA 2.28. Vista Panorámica del Enlace Base 2 - Llushianta.....	116
FIGURA 2.29. Enlace Base 2 - Llushianta	116
FIGURA 2.30. Vista Panorámica del Enlace Base 1 – Yanayacu	120
FIGURA 2.31. Enlace Base 1 – Yanayacu	120
FIGURA 2.32. Vista Panorámica del Enlace Base 1 – Yawari	123
FIGURA 2.33. Enlace Base 1 – Yawari.....	123
FIGURA 2.34. Vista Panorámica del Enlace Base 1 – Rukullakta	125
FIGURA 2.35. Enlace Base 1 – Rukullakta	126
FIGURA 2.36. Vista Panorámica del Enlace Base 1 – Awayacu.....	129
FIGURA 2.37. Enlace Base 1 – Awayacu	129
FIGURA 2.38. Vista Panorámica del Enlace Base 1 – Tampayacu	132
FIGURA 2.39. Enlace Base 1 – Tampayacu	132
FIGURA 2.40. Vista Panorámica del Enlace Base 1 – Porotoyacu	134
FIGURA 2.41. Enlace Base 1 – Porotoyacu.....	135

FIGURA 2.42. Vista Panorámica del Enlace Base 2 – Itaquibilina	138
FIGURA 2.43. Enlace Base 2 – Itaquibilina.....	139
FIGURA 2.44. Vista Panorámica del Enlace Base 2 – Ardillaurko	140
FIGURA 2.45. Enlace Base 2 – Ardillaurko	140
FIGURA 2.46. Vista Panorámica del Enlace Base 2 – Villano	142
FIGURA 2.47. Enlace Base 2 – Villano	142
FIGURA 2.48. Vista Panorámica del Enlace Base 2 – Nokuno.....	144
FIGURA 2.49. Enlace Base 2 – Nokuno	145
FIGURA 2.50. Vista Panorámica del Enlace Llushianta – Manku	148
FIGURA 2.51. Enlace Llushianta – Manku	149
FIGURA 2.52. Vista Panorámica del Enlace Oritoyacu – Papanku.....	151
FIGURA 2.53. Enlace Oritoyacu – Papanku.....	151
FIGURA 2.54. Vista Panorámica del Enlace Oritoyacu – Mushullakta.....	154
FIGURA 2.55. Enlace Oritoyacu – Mushullakta.....	155
FIGURA 2.56. Vista Panorámica del Enlace Oritoyacu – Lupino	159
FIGURA 2.57. Enlace Oritoyacu – Lupino	160

CAPÍTULO 3

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS Y PRESUPUESTO REFERENCIAL

FIGURA 3.1. Direcciones del sistema Canopy (sin NAT).....	171
FIGURA 3.2. Tráfico IP (con NAT)	172
FIGURA 3.3. Equipo del sistema Canopy de Motorola	173
FIGURA 3.4. Esquema del módulo AP	175
FIGURA 3.5. Módulo AP, kit reflector y adaptador de corriente AC	176
FIGURA 3.6. Módulo Backhaul y unidad PIDU	177
FIGURA 3.7. Esquema del CMM micro.....	178
FIGURA 3.8. Antena GPS y Supresor de sobrecargas 300SS	179
FIGURA 3.9. Montaje completo de un SM	182
FIGURA 3.10. Diagrama de configuración de cables de conexión Canopy	183
FIGURA 3.11. Pines de salida del RJ-11 para un cable directo de sincronización .	184

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO 1

ESTUDIO DEL SISTEMA CANOPY DE MOTOROLA

TABLA 1.1. Generaciones del Módulo de Administración de Clúster.....	.9
TABLA 1.2. Frecuencias de operación del sistema Canopy	19
TABLA 1.3. Banda de 900 MHz	20
TABLA 1.4. Banda de 900 MHz	20
TABLA 1.5. Banda de 2.4 GHz.....	. 20
TABLA 1.6. Banda de 2.4 GHz.....	20
TABLA 1.7. Banda de 2.4 GHz.....	21
TABLA 1.8. Banda de 5.2 GHz.....	21
TABLA 1.9. Banda de 5.2 GHz.....	21
TABLA 1.10. Banda de 5.4 GHz.....	22
TABLA 1.11. Banda de 5.7 GHz.....	22
TABLA 1.12. Banda de 5.7 GHz.....	23
TABLA 1.13. Retardos en el sistema Canopy PTP	23
TABLA 1.14. Rendimiento agregado de las soluciones Canopy PTP	25
TABLA 1.15. Rendimiento agregado de las soluciones Canopy PMP	26
TABLA 1.16. Distancias máximas con antenas externas	26
TABLA 1.17. Distancias máximas	27

CAPÍTULO 2

DISEÑO DE LA RED

TABLA 2.1. Comunidades del Pueblo kichwa de Rukullakta52
TABLA 2.2. Coordenadas geográficas del Pueblo kichwa de Rukullakta. .	.53
TABLA 2.3. Factores A y B.....	.76
TABLA 2.4. Estaciones base.....	78
TABLA 2.5. Estaciones terminales 79
TABLA 2.6. Estación Archidona	79

TABLA 2.7. Backbone de la red (enlaces PTP).....	81
TABLA 2.8. Enlaces secundarios (enlaces PMP).....	83
TABLA 2.9. Frecuencias para los enlaces PTP.....	85
TABLA 2.10. Frecuencias para los enlaces PMP.....	87
TABLA 2.11. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Archidona – Base 1.....	93
TABLA 2.12. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Base 1 – Pawayacu, considerando el obstáculo 1.....	98
TABLA 2.13. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Base 1 – Pawayacu, considerando el obstáculo 2.....	99
TABLA 2.14. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Pawayacu – Base 3, considerando el obstáculo 1.....	101
TABLA 2.15. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Pawayacu – Base 3, considerando el obstáculo 2.....	102
TABLA 2.16. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Pawayacu – Base 3, considerando el obstáculo 3.....	103
TABLA 2.17. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Pawayacu – Base 3, considerando el obstáculo 4.....	103
TABLA 2.18. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Base 3 - Oritoyacu, considerando el obstáculo 1.....	106
TABLA 2.19. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Base 3 - Oritoyacu, considerando el obstáculo 2.....	107
TABLA 2.20. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Base 3 - Oritoyacu, considerando el obstáculo 3.....	108
TABLA 2.21. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Base 3 - Oritoyacu, considerando el obstáculo 4.....	108
TABLA 2.22. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Base 3 - Oritoyacu, considerando el obstáculo 5.....	109
TABLA 2.23. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Base 3 - Oritoyacu, considerando el obstáculo 6.....	110
TABLA 2.24. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Base 3 - Oritoyacu, considerando el obstáculo 7.....	110
TABLA 2.25. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Base 1 – Base 2, considerando el obstáculo 1.....	113

TABLA 2.26. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Base 1 – Base 2, considerando el obstáculo 2	114
TABLA 2.27. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Base 2 - Llushianta, considerando el obstáculo 1	117
TABLA 2.28. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Base 2 - Llushianta, considerando el obstáculo 2.....	118
TABLA 2.29. Ubicación de las antenas en los enlaces PTP	119
TABLA 2.30. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Base 1 - Yanayacu, considerando el obstáculo 1	121
TABLA 2.31. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Base 1 - Yawari, considerando el obstáculo 1	124
TABLA 2.32. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Base 1 - Rukullakta, considerando el obstáculo 1	126
TABLA 2.33. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Base 1 - Rukullakta, considerando el obstáculo 2	127
TABLA 2.34. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Base 1 - Awayacu, considerando el obstáculo 1	130
TABLA 2.35. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Base 1 - Tampayacu, considerando el obstáculo 1	133
TABLA 2.36. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Base 1 - Porotoyacu, considerando el obstáculo 1	135
TABLA 2.37. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Base 1 - Porotoyacu, considerando el obstáculo 2.....	136
TABLA 2.38. Ubicación de las antenas de los enlaces PMPcon eje en Base 1	138
TABLA 2.39. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Base 2 - Villano, considerando el obstáculo 1	143
TABLA 2.40. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Base 2 - Nokuno, considerando el obstáculo 1	145
TABLA 2.41. Ubicación de las antenas de los enlaces PMPcon eje en Base 2	147
TABLA 2.42. Ubicación de las antenas de los enlaces PMPcon eje en Pawayacu	148
TABLA 2.43. Ubicación de las antenas de los enlaces PMPcon eje en Llushianta	150
TABLA 2.44. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Oritoyacu - Papanku, considerando el obstáculo 1	152

TABLA 2.45. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Oritoyacu - Papanku, considerando el obstáculo 2.....	153
TABLA 2.46. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Oritoyacu - Mushullakta, considerando el obstáculo 1.....	155
TABLA 2.47. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Oritoyacu - Mushullakta, considerando el obstáculo 2.....	156
TABLA 2.48. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Oritoyacu - Mushullakta, considerando el obstáculo 3.....	157
TABLA 2.49. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Oritoyacu - Mushullakta, considerando el obstáculo 4.....	157
TABLA 2.50. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Oritoyacu - Lupino, considerando el obstáculo 1.....	160
TABLA 2.51. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Oritoyacu - Lupino, considerando el obstáculo 2.....	161
TABLA 2.52. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Oritoyacu - Lupino, considerando el obstáculo 3.....	162
TABLA 2.53. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Oritoyacu - Lupino, considerando el obstáculo 4.....	162
TABLA 2.54. Ubicación de las antenas de los enlaces PMP con eje en Oritoyacu	164

CAPÍTULO 3

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS Y PRESUPUESTO REFERENCIAL

TABLA 3.1. Asignación de equipos Canopy.....	167
TABLA 3.2. Proceso de Autenticación.....	169
TABLA 3.3. Administración de llaves.....	170
TABLA 3.4. Especificaciones generales del sistema Canopy de Motorola.....	174
TABLA 3.5. Presupuesto referencial del enlace PTP Archidona – Base 1.....	186
TABLA 3.6. Presupuesto referencial del enlace PMP tomando como centro a Base 2.....	187
TABLA 3.7. Presupuesto referencial para la implementación de toda la red.....	188

RESUMEN

El presente proyecto tiene como finalidad el diseño de una red inalámbrica de banda ancha para proveer servicio de internet a las comunidades del Pueblo Kichwa de Rukullakta ubicadas en el cantón Archidona. Para ello se realiza un estudio del sistema Canopy de Motorola, como la solución ideal, describiendo sus principales componentes, las configuraciones que emplea, las generalidades y las distintas técnicas que utiliza para su completa operación; así mismo muestra las herramientas que dispone para su seguridad, administración y operación, y las ventajas y aplicaciones que ofrece a sus usuarios.

Para el desarrollo del diseño se da a conocer el estado actual del Pueblo Kichwa de Rukullakta, además se planifica la metodología a seguir para la determinación de los requerimientos técnicos y de operación. Luego se efectúa el diseño de la red mediante el sistema inalámbrico de banda ancha Canopy tomando en cuenta las consideraciones propias del sistema; como también se lleva a cabo la justificación por enlace de toda la red para comprobar la factibilidad de la red. Se procede a realizar la selección y asignación de los equipos de acuerdo a su respectiva configuración.

Se detallan, a su vez, las características técnicas de los equipos y se establece un presupuesto referencial por cada tipo de enlace y uno total para la futura implementación de la red, en el que se incluye los costos de operación, instalación y capacitación.

Por último se presentan las conclusiones y recomendaciones del proyecto, las mismas que pueden ser aplicadas en su implementación.

PRESENTACIÓN

Hoy en día, los negocios se mueven a la velocidad de Internet; por lo cual, contar con una conexión de banda ancha con el resto del mundo ya no sólo es necesario sino que imprescindible. Pero la gran mayoría de personas en el mundo no se concentra en las grandes ciudades. Ello no significa que la necesidad de banda ancha sea inferior; al contrario, por lo general vivir y trabajar en una comunidad pequeña implica que estas conexiones revisten aún mayor importancia.

El área rural de la región amazónica ecuatoriana presenta un bajo índice de cobertura de internet, sólo un pequeño porcentaje de la población tiene acceso a este servicio. Este bajo índice, se debe a que la población de esta zona es bastante dispersa, y ubicada en varios casos, a largas distancias de las redes de las empresas de Telecomunicaciones que operan en esta región.

El acceso inalámbrico de banda ancha se ha vislumbrado como una posible solución a este dilema, capaz de cerrar la "brecha digital" para quienes necesitan imperiosamente servicios de ancho de banda. Una de las nuevas empresas en el mundo del Acceso Inalámbrico de Banda Ancha (BWA) es Motorola, que cuenta con sistema BWA en las bandas exentas de licencia con su línea de productos Canopy.

Mediante el empleo del sistema Canopy se ha propuesto conectar al mundo a todas las comunidades que conforman el Pueblo Kichwa de Rukullakta a través del internet. Para ello se han efectuado el diseño de varios radioenlaces hasta lograr unir a todas las comunidades, ya sea con enlaces PTP o enlaces PMP.

Uno de los objetivos para el diseño de esta red, es contribuir a la ejecución de un proyecto que a futuro ayude principalmente a elevar el nivel de los centros educativos existentes en la zona.

CAPÍTULO 1

ESTUDIO DEL SISTEMA CANOPY DE MOTOROLA

1.1 INTRODUCCIÓN

Uno de los mercados que en los últimos tiempos ha mostrado un crecimiento mayor, y sobre todo, continuo, es el acceso a internet mediante tecnologías de banda ancha. El empleo de tecnologías de banda ancha se ha constituido en una de las tendencias más recientes para mejorar los sistemas de comunicaciones. En la actualidad, el término banda ancha es utilizado por muchas personas para hacer referencia a aquellas conexiones a internet relativamente rápidas, tales como: línea de abonado digital (DSL), cable módem, etc.

La fibra óptica, cable módem, DSL, los satélites y distintos servicios inalámbricos fijos y móviles; no son más que tecnologías de banda ancha que han permitido transformar todo el mundo de las telecomunicaciones, debido a que permiten transmitir señales de vídeo, voz y datos a alta velocidad.

En la mayoría de casos, los proveedores de servicio de internet (ISP) que desean ampliar la cobertura de banda ancha, para atender a clientes ubicados no tan cerca de su red, encuentran inconvenientes, por ejemplo: afrontar difíciles obstáculos, climas extremos, largas distancias y terrenos montañosos. La solución en este entorno sería desplegar un sistema de acceso inalámbrico de banda ancha (BWA).

Las tecnologías de acceso inalámbrico de banda ancha se han convertido en una alternativa estratégica para las empresas y proveedores de servicios en todo el mundo. Ahora, la interrogante de un gran número de ISPs y proveedores de servicio de internet inalámbrico (WISP) es encontrar un sistema inalámbrico de banda ancha que proporcione una conexión rápida y efectiva.

De ahí que Motorola propone soluciones residenciales y empresariales, a través de su paquete MOTOWi4, y en especial, de su sistema Canopy, que es una plataforma de banda ancha inalámbrica de última generación, caracterizada por su simple configuración, despliegue rápido y extraordinaria rentabilidad.

1.2 VISIÓN GENERAL DEL SISTEMA CANOPY DE MOTOROLA

Muchos profesionales en el área, consideran que Motorola es una de las empresas que ha investigado a profundidad la banda ancha inalámbrica, obteniendo resultados satisfactorios. Es por este motivo, que Motorola ha lanzado al mercado su paquete MOTOWi4.

A continuación se detalla el conjunto de soluciones de banda ancha inalámbrica que comprenden el paquete MOTOWi4 de Motorola, y además se observan en la **FIGURA 1.1¹**:

- **Soluciones de interiores wi4.** Son soluciones para redes de área local inalámbricas (WLAN), generalmente en entornos empresariales, se caracterizan por su movilidad y conexión segura, además de manejar una amplia gama de aplicaciones.
- **Soluciones de exteriores wi4.** En este conjunto de soluciones, se pueden destacar:
 - *Soluciones wi4 Fixed.* Llamadas también soluciones backhaul, proporcionan conexiones punto a punto (PTP) para enlazar sitios remotos con conexiones confiables y de gran rendimiento.
 - *Banda ancha vía línea de alimentación.* Provee conectividad a alta velocidad, a través del sistema eléctrico por lo general a edificios.

¹ http://www.servicerepresentaciones.com/productos_canopy.htm

- *Soluciones wi4 Mesh.* Se trata de una red WiFi Mesh (mallada) de alto rendimiento, que proporciona acceso de banda ancha inalámbrica escalable y rentable a usuarios residenciales, empresas y entidades gubernamentales.
- *Soluciones Punto a Multipunto.* Provee una conectividad segura y económica entre múltiples instalaciones y ubicaciones, es decir, proporciona enlaces punto a multipunto (PMP).
- *Soluciones wi4 WiMAX.* Emplean bandas licenciadas, proveen los mayores beneficios. Son soluciones basadas en estándares.

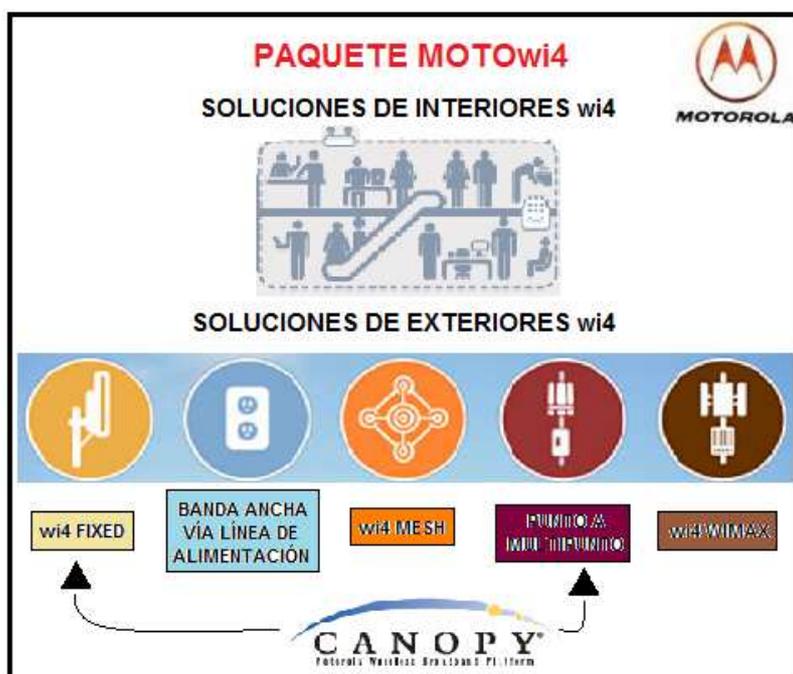


FIGURA 1.1. Paquete MOTOwi4 de Motorola.

Dentro del paquete MOTOwi4 se encuentra el sistema de banda ancha Canopy, que combina las soluciones wi4 Fixed y Punto a Multipunto. El sistema de banda ancha Canopy es considerado como una plataforma inalámbrica de internet y transmisión de datos de banda ancha altamente costeable, de gran rendimiento y tolerante a la interferencia; características que le han permitido incursionar en nuevas oportunidades de negocios a proveedores de servicios de todo tipo.

El sistema Canopy es la tecnología ideal para desarrollar, mejorar y extender servicios y redes de banda ancha. Aún más importante, las soluciones Canopy cumplen y exceden las expectativas en hogares y entornos corporativos de todo el mundo. Ayudan a los proveedores de servicios a obtener nuevos y significativos ingresos al ofrecer las aplicaciones actuales más innovadoras y demandadas, tales como conectividad de internet a alta velocidad, voz sobre el protocolo de internet (VoIP), vigilancia por video, juegos interactivos y nuevas aplicaciones, tan pronto como éstas se encuentren disponibles.

Con el fin de evitar confusiones, en este punto se aclara lo que no es el sistema Canopy:

- No corresponde a un sistema móvil, porque es imprescindible tener los módulos transmisores alineados en línea de vista (LOS) para establecer comunicación, la cual podría perderse si los dispositivos se encontraran en movimiento.
- No es un sistema diseñado para operar en ambientes internos, debido a que se estaría desaprovechando la tecnología que lo compone.
- El sistema Canopy cuenta con un protocolo de transmisión propietario, y sólo permite la comunicación con otros módulos Canopy y no con cualquier dispositivo, razón por la cual no se lo puede considerar un dispositivo de WiFi 802.11.

1.3 ESTRUCTURA DEL SISTEMA CANOPY

El desafío de incorporar soluciones inalámbricas de banda ancha, llevó a Motorola a crear el sistema Canopy. El desarrollo del sistema Canopy inició en 1997 en los laboratorios de Motorola, en el 2000 se realizaron las primeras pruebas, mientras que las pruebas de campo se efectuaron en el 2001, hasta que finalmente en junio del 2002 se lanza al mercado la primera versión del sistema Canopy.

En la actualidad el sistema Canopy cuenta con soluciones inalámbricas PTP y PMP. Dentro de las soluciones Canopy PTP, se encuentran las siguientes versiones: Serie 100, Serie 200, Serie 300, Serie 400, Serie 500 y Serie 600. Y como soluciones Canopy PMP se tiene: Serie 100 o Canopy Estándar, Serie 200 o Canopy Advantage, Serie 400 y Serie 500.

1.3.1 PRINCIPALES COMPONENTES

El Sistema Canopy está constituido por un conjunto básico de equipos, que agrupados en bloques de construcción inteligentes; proporcionan una conexión eficaz y de gran rendimiento. Los módulos básicos que forman el sistema Canopy son: el punto de acceso (AP), el módulo de administración de clúster (CMM), el módulo suscriptor (SM) y el módulo backhaul (BH), tal como se aprecia en la **FIGURA 1.2**²:

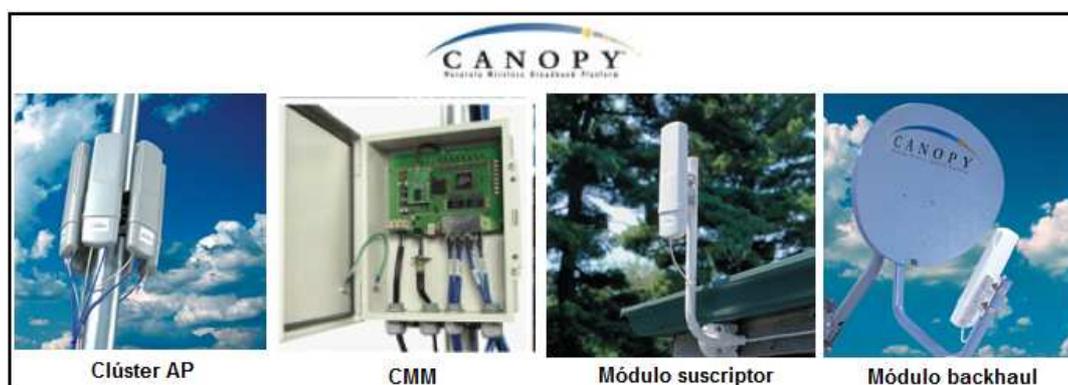


FIGURA 1.2. Principales componentes del sistema Canopy.

1.3.1.1 Punto de Acceso (AP)

El AP es el módulo encargado de recibir y transmitir datos desde y hacia los SMs (terminales de usuarios). El AP es considerado como la estación base, ya que distribuye servicios de red mediante una antena direccional, logrando un espacio de

² <http://www.motorola.com/canopy>

proyección espacial de 60° vertical por 60° horizontal, y sirviendo a una cantidad máxima de 200 usuarios. El AP es importante para proveer una mayor seguridad en la conexión inalámbrica. Además actúa como punto de interconexión entre la red Canopy y una red cableada (generalmente una LAN), para ampliar el alcance físico de un servicio al que tiene acceso un usuario inalámbrico. El AP usualmente es empleado en una configuración PMP y puede ser instalado al aire libre, eliminando la necesidad de otros gastos de instalación.

Cada AP cuenta con:

- Un conector RJ45 por donde recibe:
 - La alimentación de corriente mediante una fuente POE.
 - Los datos a transmitir.
- Un conector RJ11 de 6 pines que sirve para:
 - Conectar un cable especialmente armado para resetear el equipo sin alterar la configuración pero modificando la dirección IP por la dirección IP por defecto. Este cable es conocido como: cable default plug.
 - Conectar un cable especialmente armado para facilitar la labor del implementador. El cable posee un pequeño parlante o audífonos, que emite un sonido, el cual aumenta la frecuencia de repetición del sonido cuando se incrementa la intensidad de la señal de la onda electromagnética. A este cable se lo llama: cable tester.
 - Sincronización mediante el sistema de posicionamiento global (GPS).

EL módulo AP puede estar directamente conectado a PCs, dispositivos IP, gateways y SMs. El AP es configurable a través de una interfaz Web. Existen varias versiones del sistema Canopy, como se manifestó anteriormente, lo que da lugar a que haya diferentes versiones de APs:

- **AP Canopy Estándar.** Sólo puede comunicarse con SMs Canopy Estándar, mientras que no lo puede hacer con SMs Canopy Advantage o SMs Canopy

Lite o con los de la Serie 400. A partir de estas dificultades se lanzó al mercado el módulo AP Canopy Advantage.

- **AP Canopy Advantage.** El módulo AP Canopy Advantage mejoró su funcionamiento, de tal manera que puede distribuir servicios tan ampliamente como el AP Canopy Estándar y comunicarse con todos los SMs del sistema Canopy, es decir, con los SMs Canopy Estándar, SMs Canopy Advantage y con los SMs Canopy Lite. En la **FIGURA 1.3**³ se observa una ilustración de lo antes expuesto.
- **AP Serie 400.** Utiliza tecnología OFDM, como solución para atravesar obstáculos, permitiendo una recepción robusta de señales inalámbricas de banda ancha. Además ofrece gran rendimiento, para soportar las demandas que requieren ciertas aplicaciones.
- **AP Serie 500.** Tiene las mismas características que el AP Serie 400, con la diferencia que sólo opera en la banda de frecuencia licenciada de 3.5 GHz.

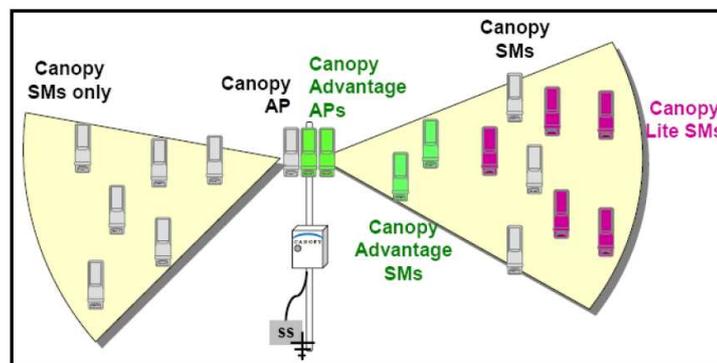


FIGURA 1.3. Versiones de APs y su compatibilidad con diferentes SMs.

Lo interesante del sistema Canopy es que se basa en la agrupación de AP, que a continuación se menciona.

³ <http://www.scribd.com/doc/8455007/Canopy-trroubleshooting>

1.3.1.1.1 Clúster de APs

Un clúster de APs es un arreglo de 2 a 6 APs, dispuestos de tal manera que proporcionan servicios de red a un conjunto de clientes. Si se utilizan 6 APs, se puede tener un rango de cobertura de 360° y servir hasta a 1200 SMs. Recordemos que cada AP tiene una cobertura de 60 grados y sirve a 200 SMs. Los múltiples APs pueden ser apilados para incrementar las capacidades de cobertura en función del número de usuarios de la red y del tamaño físico de la misma. A continuación en la **FIGURA 1.4**⁴ se observa un clúster de APs.



FIGURA 1.4. Clúster de APs.

1.3.1.2 Módulo de Administración de Clúster (CMM)

El fabricante del sistema Canopy se dio cuenta de la interferencia originada por la transmisión no simultánea de los APs en un clúster. Para resolver este problema diseñaron el Módulo de Administración de Clúster (CMM) que controla y sincroniza el funcionamiento de cada AP realizando lo que se denomina, duplexación por división de tiempo (TDD). El CMM sólo es requerido cuando se tienen más de 2 APs conectados. El CMM además proporciona alimentación y conexiones de red al clúster.

⁴ <http://www.solutionbox.com.ar/sbox/catalog/images/brands/sheets/193.pdf>

El CMM está constituido de las siguientes partes:

- **Receptor GPS.** Que tiene una antena, la cual se conecta con 8 o más satélites del sistema de posicionamiento global (GPS) y genera una señal de reloj muy precisa que es usada para sincronizar hasta 6 APs y 2 BHs. Usualmente las condiciones climáticas no interrumpen la conectividad con los satélites GPS, no obstante, los rayos cercanos pueden afectar la recepción. La antena GPS puede o no estar incluida y dependerá de la generación CMM.
- **Switch Ethernet.** Es un switch empleado para interconectar hasta 8 APs.
- **Cables y conectores.** Se utilizan cables UTP Categoría 5E, directos y cruzados con o sin blindaje. La antena GPS emplea cable coaxial LMR - 200, ordenados en longitudes hasta 30.4 m (100 pies) y conectores tipo N o BNC según la versión de CMM.
- **Supresor de Sobrecargas.** Proporciona un camino de puesta a tierra que protege de descargas eléctricas a equipos conectados, ya sea dentro de una conexión entre la red y el CMM, como también dentro del hogar.

En el mercado existen 3 generaciones del CMM: CMM2, CMM micro y CMM4. En la **TABLA 1.1**⁵ se aprecia una breve comparación de estas 3 generaciones.

Características	CMM2	CMM micro	CMM4
Cableado para cada Módulo	Requiere dos cables: <ul style="list-style-type: none"> • uno para Ethernet y potencia (RJ-45). • otro para sincronización (RJ-11). 	Requiere sólo un cable para distribuir Ethernet, potencia y sincronización (RJ-45).	Requiere 4 cables para Ethernet y sincronización; y uno para potencia (RJ-45).
Interconexión de Red Canopy y puertos adicionales	8 puertos Ethernet, un puerto para dispositivos de alimentación y un puerto para acceso local (computadora portátil).	8 puertos Ethernet administrables.	Switch EtherWAN para administrar 9 puertos incluido un puerto Gigabit Ethernet y 8 puertos Ethernet para APs y BHs.
Throughput de datos	Auto-negociable para full ó half duplex.	Auto-negociable para full ó half duplex.	Auto-negociable para full ó half duplex.
Estándar Ethernet de velocidad de operación	Auto-negociable para enlace 10Base-T o 100Base-TX.	Auto-negociable para enlace 10Base-T o 100Base-TX.	Auto-negociable para enlace 10Base-T, 100Base-TX o 1000Base-T.
Fuente de Poder	Equipo integrado de 24-V DC para accionar APs, BHs y el receptor GPS.	Equipo externo de 24-V DC para accionar APs, BHs y el receptor GPS.	Equipo externo para un sistema de 30 V DC.
Capacidad de administración	Ninguno	Previsto con SNMP e incluye una interfaz browser web.	Previsto con SNMP, browser web, Telnet, o el puerto de consola.

TABLA 1.1. Generaciones del Módulo de Administración de Clúster.

⁵ <http://motorola.motowi4solutions.com/support/library/?region=1&cat=8>

1.3.1.3 Módulo Suscriptor

El Módulo Suscriptor (SM) es un terminal de usuario, es decir, es el dispositivo ubicado en las instalaciones del cliente. El SM es un transceptor que se comunica con el AP con el fin de ampliar los servicios de red del usuario, además es empleado en configuraciones PMP. El SM trabaja con una antena interna que brinda una cobertura en sectores de 60°, pero también puede utilizar una antena externa llamada kit reflector, la cual brinda una cobertura más direccional en sectores de 6°. En la **FIGURA 1.5**⁶ se observa el SM con antena interna y externa.



FIGURA 1.5. Módulo Suscriptor con y sin kit reflector.

El control y sincronización son automáticos una vez que arranca la unidad, debido a señales recibidas del AP. El SM puede desplegarse tanto en exteriores como en interiores, además cuenta con una señal luminosa que facilita su óptima ubicación. No es necesaria ninguna configuración de suscriptor en el SM. Después de haber inicializado el SM, éste escanea los canales posibles y se registra con el AP autenticado de forma automática⁷.

⁶ <http://www.motorola.com/canopy>

⁷ <http://www.latin-broadband.com/PDF/Canopy/Descriptivo.pdf>

Cada SM utiliza:

- **Conector RJ45.** Para conectar el cable Ethernet que sirve para suministro de energía y transporte de datos.
- **LEDs indicadores.** Muestran la condición del sistema y se utilizan para la alineación con el clúster de APs.
- **Kit reflector.** Es opcional y consiste de un plato parabólico, el cual aumenta la distancia de transmisión y mejora la comunicación con el clúster de APs.

En el mercado existen varias versiones de SMs, entre los que podemos destacar:

- **SM Canopy Estándar.** Cada SM Canopy Estándar puede comunicarse ya sea con un AP Canopy Estándar o con un AP Canopy Advantage.
- **SM Canopy Advantage.** El módulo SM Canopy Advantage ofrece la misma configuración y servicios que el SM Canopy Estándar, pero la diferencia radica en que cada SM Canopy Advantage sólo puede comunicarse con un AP Canopy Advantage.
- **SM Canopy Lite.** Ofrecen un rendimiento menor que los SM Canopy Estándar. Soportan las mismas frecuencias, toleran la interferencia, dan confianza en su operación y proporcionan a los proveedores la opción adicional de atender a los usuarios en función del costo y de los servicios que deseen. El SM Canopy Lite sólo puede comunicarse con un AP Canopy Advantage.
- **SM Serie 400.** Esta serie proporciona a cualquier empresa proveedora de servicios una solución poderosa y eficiente en base a costos, la cual permitirá llegar a todos sus usuarios, no importa donde se localicen. Utiliza tecnología OFDM.
- **SM Serie 500.** Es una mejora de la Serie 400, con característica adicional de trabajar en bandas licenciadas. Y puede ser empleada de la mejor manera en cualquier lugar del mundo.

1.3.1.4 Módulo Backhaul

El Módulo Backhaul (BH) es un equipo capaz de proporcionar conectividad punto a punto mediante la conexión con otro BH. Esta conexión de BHs en parejas maestro-esclavo es utilizada para transportar tráfico desde y hacia el clúster de APs. El BH provee voz, video y datos desde una ubicación remota. Cada BH sólo necesita una conexión 10/100 BaseT y una fuente de alimentación.

La interfaz primaria entre el sistema Canopy y la red de un proveedor de servicios se realiza mediante el BH del sistema Canopy. El BH se ha diseñado con interfaces estándar para proporcionar conectividad con cualquier red que posea el proveedor de servicios. Este hecho se puede observar en la **FIGURA 1.6**⁸.

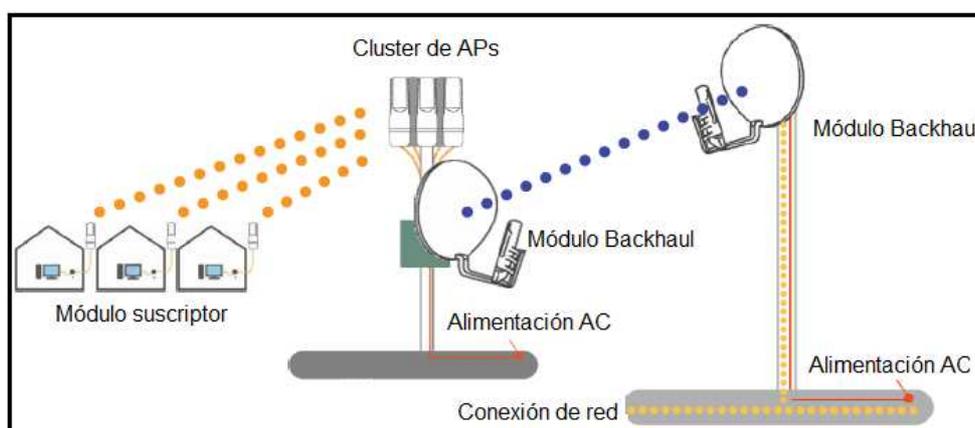


FIGURA 1.6. Conexión PTP con Módulos Backhaul (BH).

Cada BH dispone de lo siguiente:

- **Conector RJ45.** Se utiliza para unir el cable Ethernet al CMM, y así obtener transmisión de datos y alimentación.
- **Conector RJ11.** se utiliza para unir el cable de sincronización GPS al CMM.
- **LEDs indicadores.** Indican el estado del sistema y se emplean para la alineación con el otro BH del enlace.

⁸ <http://www.solutionbox.com.ar/sbox/catalog/images/brands/sheets/193.pdf>

- **Kit reflector.** Consiste de una antena externa adaptable o de un plato parabólico dependiendo de la versión, que permite aumentar la distancia de transmisión y mejora la comunicación con el otro BH del enlace. Es opcional.
- **Unidades.** Cada BH con tecnología OFDM consta de:
 - Una unidad para exteriores (ODU) integrada en el módulo BH, que contiene todas RF requeridas y todos los elementos de red.
 - Una unidad para interiores con alimentación (PIDU), que contiene dos diodos emisores de luz: uno de Power que indica que la unidad recibe alimentación y está funcionando y uno de Ethernet que indica que se están transfiriendo datos, como también la unidad cuenta con conexión de red.

En la actualidad se dispone de las siguientes versiones de BHs:

Todos los radios PTP, excepto los de la Serie 100 están disponibles en dos versiones: integrados y conectorizados. Los sistemas integrados tienen antenas incorporadas, mientras que las antenas conectorizadas ofrecen la ventaja de una ganancia por el uso de antenas externas. En entornos extremadamente adversos, las soluciones conectorizadas ofrecen enlaces de larga distancia con un alto nivel de confiabilidad y velocidad en comparación a otras soluciones.

- **BH Serie 100 y 200.** Están basados en la misma tecnología que los sistemas Canopy PMP. Los productos de la Serie 100 proporcionan conectividad LOS. Mientras que los de la Serie 200 utilizan modulación ortogonal por división de frecuencia (OFDM), brindando así conectividad LOS y nLOS.
- **BH Serie 300, 400, 500 y 600.** Utilizan una única combinación de tecnologías innovadoras, las cuales le han hecho merecedor a Motorola como el líder en el mercado. Estas series se caracterizan por el excepcional alcance, capacidad, confiabilidad y desempeño, especialmente sobre la superficie del agua o grandes distancias en condiciones de NLOS y nLOS, y en lugares donde hay

una significativa interferencia de radio frecuencia (RF). Esta única combinación de tecnologías incluye:

- Tecnología múltiples entradas / múltiples salidas (MIMO).
- Modulación ortogonal por división de frecuencia inteligente (i-OFDM).
- Administración avanzada de espectro con selección dinámica de frecuencia (i-DFS).
- Diversidad espacial inherente.

1.3.2. EQUIPOS ADICIONALES

A continuación se detallan, los siguientes equipos:

- **Multiplexer T1/E1 (opcional).** El multiplexer T1/E1 Canopy convierte la serie de datos desde puertos T1/E1 en paquetes Ethernet que son luego transportados sobre enlaces BH. Este dispositivo permite hasta tres circuitos T1 o hasta dos E1 extenderse sobre redes Ethernet. El multiplexer T1/E1 está disponible en dos configuraciones de potencia:
 - una fuente externa de potencia de 3.3-v DC desde un adaptador de 120/240-v AC
 - una conexión opcional para el suministro externo de -48V DC como respaldo de la batería.
- **Fuentes de Alimentación.** Existen varias fuentes de alimentación disponible de acuerdo a los requerimientos de cada uno de los módulos Canopy con características que incluyen por ejemplo: línea de cord, plug o adaptador.

1.4 CONFIGURACIONES DEL SISTEMA CANOPY

El sistema Canopy es una plataforma de banda ancha inalámbrica que se puede acoplar fácilmente a una amplia gama de mercados. Este sistema proporciona opciones de configuración que superan las expectativas de sus clientes, tanto a nivel residencial como corporativo. En la **FIGURA 1.7**⁹ se aprecia las dos configuraciones que ofrece el sistema Canopy.

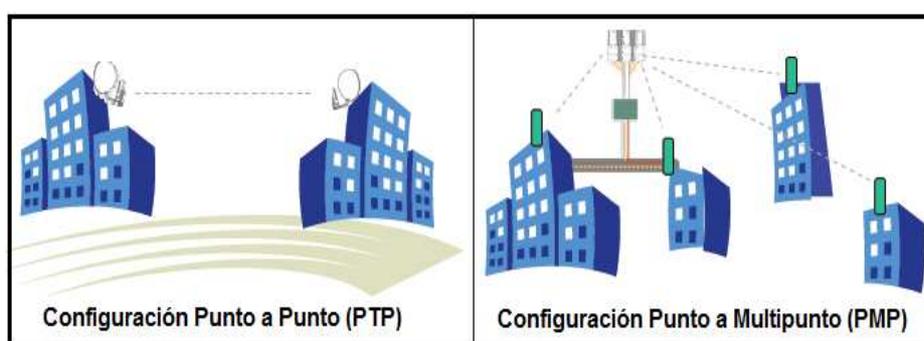


FIGURA 1.7. Configuraciones del sistema Canopy.

1.4.1 CONFIGURACIÓN PUNTO A PUNTO (PTP)

Es la configuración más simple, porque establece una conexión escalable y económica entre dos localidades remotas. A menudo, es utilizada en aquellas ocasiones en las que la fibra óptica o cable no son soluciones adecuadas. Esta configuración opera en frecuencias con y sin licencia.

Un enlace PTP sólo requiere 2 módulos BH con antenas muy direccionales, configurados de tal manera que un BH sea establecido como maestro (BH-M) y el otro como esclavo (BH-S). Este hecho, permite que el BH se sincronice con los AP contiguos para reducir la interferencia.

⁹ <http://www.solutionbox.com.ar/sbox/catalog/images/brands/sheets/193.pdf>

La solución que brinda el sistema Canopy, mediante su configuración PTP, permite transmitir datos con máxima confiabilidad, procesar tráfico IP y sobre todo, sirve como un gran enlace dedicado para entornos empresariales de cualquier tipo. Una característica importante de este tipo de configuración, es que, no existe solicitud de ancho de banda o proceso de reserva.

1.4.2 CONFIGURACIÓN PUNTO A MULTIPUNTO (PMP)

El sistema Canopy usualmente es implementado en su configuración PMP. Al igual que su configuración PTP, trabaja en bandas de frecuencias con y sin licencia. Su rango de operación y rendimiento dependen de muchos factores incluyendo: el área, follaje, energía de RF y otras condiciones. Por esta razón, los equipos Canopy que se utilizan en la configuración PMP han sido diseñados para trabajar aún en las más duras condiciones.

Esta es la configuración adecuada para un ISP o una red más compleja. La configuración PMP es empleada para conectar múltiples localidades e instalaciones. Se caracteriza por su buen desempeño en zonas altamente pobladas y sobre todo ruidosas.

Los APs y los SMs comprenden la configuración PMP. Cada AP es el centro de la distribución (origen) y cada uno puede servir hasta a 200 SMs (terminales). En este tipo de configuración los SMs deben solicitar permiso para transmitir los datos, de ahí que el AP cumple una función importante que es la de coordinar la recepción y envío de los datos, llamándosele a todo este proceso como Agendamiento.

1.5 GENERALIDADES DEL SISTEMA CANOPY

El sistema Canopy tiene ciertos aspectos que se consideran de gran importancia para su funcionamiento, y se los detallan a continuación:

1.5.1 BANDAS DE FRECUENCIA DE OPERACIÓN

Durante los inicios de la tecnología de banda ancha inalámbrica, los sistemas PTP y PMP trabajaban en altas frecuencias, y sobre todo, en bandas de frecuencia que necesitaban licencia, lo que imposibilitó y dificultó el éxito del acceso inalámbrico de banda ancha debido al costo adicional que implicaba pagar altas sumas de dinero por dichas licencias. Pero hoy en día la situación es diferente, porque se utiliza tecnología inalámbrica de banda ancha en bandas de frecuencia exentas de licencia. En la **FIGURA 1.8**¹⁰ se observan las bandas de frecuencia con y sin licencia.

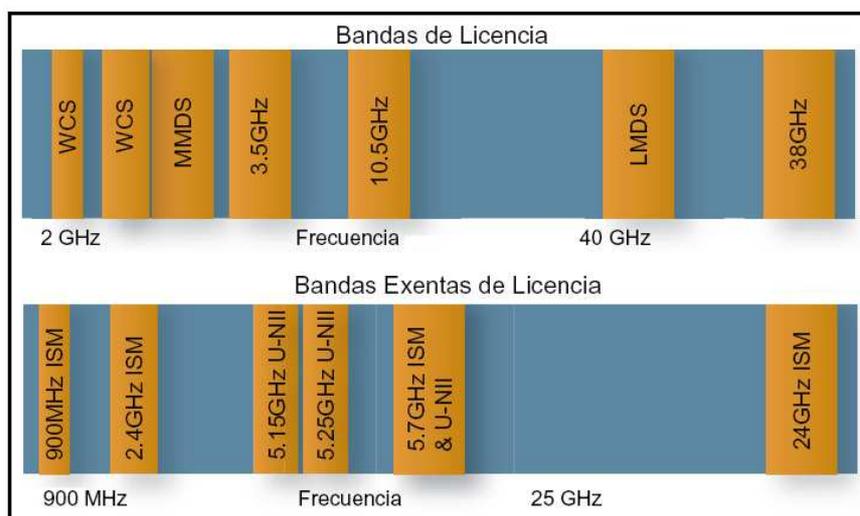


FIGURA 1.8. Bandas de frecuencia de banda ancha.

El sistema Canopy trabaja en bandas con y sin licencia. Pero su mejor aplicación está en las bandas exentas de licencia. Cabe resaltar que cualquier persona puede operar en estas bandas libres de licencia, siempre y cuando sus equipos obedezcan algunas reglas; con el objetivo de que puedan operar múltiples redes en una misma zona geográfica con una mínima interferencia. Existen diversas bandas de frecuencia que se han designado como exentas de licencia, y son:

¹⁰ http://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/stg/D-STG-SG02.20.1-2006-PDF-S.pdf

- **La banda médica, científica e industrial (ISM).** Es la banda más utilizada en la mayoría de países. Y sus rangos de operación son:
 - 902 MHz a 928 MHz: Conocida como la banda de los “900MHz”, se utiliza para los teléfonos inalámbricos.
 - 2.40 GHz a 2.4835 GHz: Conocida como la banda de “2.4 GHz”, se usa para los teléfonos inalámbricos, 802.11b/g, etc.
 - 5.725 GHz a 5.85 GHz: Conocida como la banda de “5.8 GHz”, se usa para BWA.
- **La banda de infraestructura de información nacional sin licencia (U-NII).** Apareció relativamente en los últimos años debido a la saturación de la banda ISM. Sus rangos de operación son:
 - 5.15 GHz a 5.25 GHz: Conocida como la banda de “5.1 GHz”, utilizada en interiores, 802.11a.
 - 5.25 GHz a 5.35 GHz: Conocida como la banda de “5.2 GHz”, se usa para BWA, 802.11a.
 - 5.47 GHz a 5.725 GHz: Conocida como la banda de “5.4 GHz”, es empleada para BWA.
 - 5.725 GHz a 5.825 GHz: Conocida como la banda de “5.7 GHz”, se usa para BWA.

Estas bandas generalmente cubren el mismo espectro de frecuencia pero con ciertas variaciones en los límites permitidos de potencia, tamaño de canales, etc. La principal diferencia entre estas bandas radica en si se debe o no dispersar la señal. En la banda U-NII no es necesaria la dispersión, lo cual usualmente permite un mayor rendimiento que en la banda ISM. En la **TABLA 1.2** se muestra las frecuencias en las que opera el sistema Canopy en sus diferentes series:

	PTP	PMP
Serie 100	2.4 GHz, 5.1 GHz, 5.2 GHz, 5.4 GHz, 5.7 GHz, 5.8 GHz	2.4 GHz, 5.1 GHz, 5.2 GHz, 5.4 GHz, 5.7 GHz, 6.0 GHz
Serie 200	5.4GHz	900 MHz, 2.4 GHz, 5.1 GHz, 5.2 GHz, 5.4 GHz, 5.7 GHz, 6.0 GHz
Serie 300	5.4 GHz, 5.8 GHz	NA
Serie 400	4.9 GHz, 5.4 GHz, 5.8 GHz	4.9 GHz, 5.4 GHz
Serie 500	5.4 GHz, 5.8 GHz	3.5 GHz
Serie 600	2.5 GHz, 4.5 GHz, 4.9 GHz; 5.4 GHz, 5.8 GHz, 5.9 GHz	NA

NA = No Aplica

TABLA 1.2 Frecuencias de operación del sistema Canopy.

1.5.2 SELECCIÓN DE CANALES

El sistema Canopy requiere de una coordinación y planificación de frecuencias muy simple. La idea es usar 3 canales no superpuestos 2 veces en cada clúster de APs, con el fin de coexistir en una misma área. En la **FIGURA 1.9**¹¹ se aprecia dicha explicación.

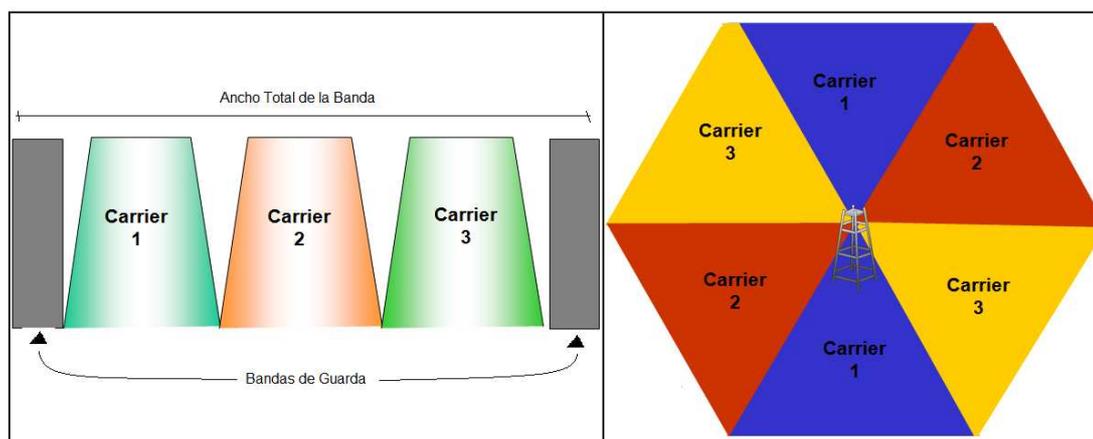


FIGURA 1.9. Plan de frecuencias en un clúster de APs.

➤ Canales de la banda de 900 MHz

- Un único AP de 900 MHz puede operar con canales de 8 MHz, centrados en cualquiera de las siguientes frecuencias:

¹¹ <http://www.scribd.com/doc/8454709/Canopy-Overview>

(Todas las frecuencias en MHz)					
906	909	912	915	918	922
907	910	913	916	919	923
908	911	914	917	920	924

TABLA 1.3. Banda de 900 MHz.

- Para un clúster de APs de 900 MHz se recomiendan 3 canales no superpuestos. La recomendación permite 9MHz de separación entre los centros de los canales, así se tiene:

(Todas las frecuencias en MHz)		
906	915	924

TABLA 1.4. Banda de 900 MHz.

➤ **Canales de la banda de 2.4 GHz**

- Un BH o un único AP de 2.4 GHz puede operar en los siguientes canales, los cuales están separados en incrementos de 2.5 MHz:

(Todas las frecuencias en GHz)			
2.4150	2.4275	2.4400	2.4525
2.4175	2.4300	2.4425	2.4550
2.4200	2.4325	2.4450	2.4575
2.4225	2.4350	2.4475	
2.4250	2.4375	2.4500	

TABLA 1.5. Banda de 2.4GHz.

Los canales de APs adyacentes de 2.4 GHz deben estar separados al menos 20 MHz.

- Se recomienda utilizar 3 canales no superpuestos en un clúster de APs de 2.4 GHz:

(Todas las frecuencias en GHz)		
2.4150	2.4350	2.4575

TABLA 1.6. Banda de 2.4GHz.

La recomendación permite 20 MHz de separación entre un par de canales y 22.5 MHz entre el otro par. En caso de existir interferencia en los canales anteriormente citados, se sugiere tomar en cuenta estos canales:

(Todas las frecuencias en GHz)		
2.4175	2.4375	2.455

TABLA 1.7. Banda de 2.4GHz.

➤ **Canales de la banda de 5.2 GHz**

- Un BH o un único AP de 5.2 GHz puede operar en los siguientes canales, los cuales están separados en incrementos de 5 MHz:

(Todas las frecuencias en GHz)			
5.275	5.290	5.305	5.320
5.280	5.295	5.310	5.325
5.285	5.300	5.315	

TABLA 1.8. Banda de 5.2GHz.

Los canales de APs adyacentes deben estar separados al menos 20 MHz, sin embargo, 25 MHz de separación es lo aconsejable.

- Se recomienda utilizar 3 canales no superpuestos en un clúster de APs de 5.2 GHz.

(Todas las frecuencias en GHz)		
5.275	5.300	5.325

TABLA 1.9. Banda de 5.2GHz.

➤ **Canales de la banda de 5.4 GHz**

- Un BH o un único AP de 5.4 GHz puede operar en los siguientes canales, los cuales están separados en incrementos de 5 MHz:

(Todas las frecuencias en GHz)										
5.495	5.515	5.535	5.555	5.575	5.595	5.615	5.635	5.655	5.675	5.695
5.500	5.520	5.540	5.560	5.580	5.600	5.620	5.640	5.660	5.680	5.700
5.505	5.525	5.545	5.565	5.585	5.605	5.625	5.645	5.665	5.685	5.705
5.510	5.530	5.550	5.570	5.590	5.610	5.630	5.650	5.670	5.690	

TABLA 1.10. Banda de 5.4GHz.

Los canales de APs adyacentes deben estar separados al menos 20 MHz.

- Un clúster completamente poblado (de 6 APs) requiere sólo 3 canales, pero en esta banda de 5.4 GHz, existen varios grupos de 3 canales no superpuestos. Hay 11 canales no superpuestos de 20 MHz, con los cuales se podría atender a 3 clústers completos y a un clúster de 4 APs. También se pueden tener una menor cantidad de canales asumiendo un ancho de canal de 25 MHz, con el objetivo de evitar interferencia.

➤ **Canales de la banda de 5.7 GHz**

- Un BH o un único AP de 5.7 GHz habilitado para las bandas ISM/U-NII, puede operar en los siguientes canales, los cuales están separados en incrementos de 5 MHz:

(Todas las frecuencias en GHz)			
5.735	5.765	5.795	5.825
5.740	5.770	5.800	5.830
5.745	5.775	5.805	5.835
5.750	5.780	5.810	5.840
5.755	5.785	5.815	
5.760	5.790	5.820	

TABLA 1.11. Banda de 5.7GHz.

Los canales de APs adyacentes deben estar separados al menos 20 MHz, no obstante, se aconseja una separación de 25 MHz.

- 6 canales ISM/U-NII no superpuestos se recomienda utilizar en un clúster de APs de 5.7 GHz.

(Todas las frecuencias en GHz)		
5.735	5.775	5.815
5.755	5.795	5.835

TABLA 1.12. Banda de 5.7GHz.

Un clúster completamente poblado sólo necesita 3 canales. Por lo tanto, para los 6 canales de arriba se pueden emplear en 2 clústers completos o también se los puede utilizar para enlaces punto a punto con los BHs.

➤ **Canales para BHs que trabajan con OFDM**

Los canales de los BHs cambian dinámicamente cuando la señal se degrada considerablemente, para ello, utilizan una técnica denominada selección dinámica de frecuencias (DFS).

1.5.3 RETARDOS

El sistema Canopy proporciona un retardo o latencia relativamente bajo en sus comunicaciones, haciendo que muchos servicios de banda ancha como la vigilancia de seguridad, los servicios de video, VoIP, el acceso a internet de banda ancha, la extensión de E1/T1, los juegos y muchos más, resulten tanto económicos como eficientes. El sistema Canopy en su configuración PTP ofrece un retardo tanto para el uplink como para el downlink de aproximadamente de 2.5 ms (una trama de tiempo). Claro está que, este valor de retardo cambia dependiendo de la serie de los equipos utilizados. A continuación se citan los retardos de algunas de las series:

Serie 200	Serie 300	Serie 400	Serie 500	Serie 600
5 ms-7 ms	< 6 ms	5.4 GHz < 7 ms 4.9 GHz < 6 ms	< 6 ms	5.4 GHz < 1 ms 5.8 GHz < 1 ms 2.5 GHz 2 ms-4 ms 4.5 GHz 2 ms-4 ms

TABLA 1.13. Retardos en el sistema Canopy PTP.

Mientras tanto, en un sistema Canopy PMP el retardo varía dependiendo del rendimiento y de la longitud del paquete. En la serie Canopy Estándar el retardo para el downlink es de 4 milisegundos y para el uplink de 15 ms, proporcionando un retardo uniforme aproximado de 20 ms en los dos sentidos. En tanto que, en la serie Canopy Advantage el retardo se ha reducido de 20 ms a 6 ms. Esta triple reducción permite la compatibilidad con VoIP y juegos en línea.

1.5.4 ANCHO DE BANDA

El ancho de banda es simplemente una medida del rango de frecuencias que un medio es capaz de transmitir sin distorsión, se expresa en hertzios (Hz). Pero el ancho de banda que se define aquí está muy relacionado con la cantidad de datos que se puede transmitir dentro de él. El término ancho de banda es a menudo utilizado por algo que se debe denominar tasa de transmisión de datos, y se mide en bits por segundo (bps). Por ejemplo una conexión a internet de 1 Mbps de ancho de banda, significa que ésta puede transmitir datos a 1 megabit por segundo. Los enlaces inalámbricos pueden proporcionar a los usuarios un rendimiento mayor que las conexiones que ofrecen tecnologías como DSL o cable módem. El rendimiento también se denomina capacidad del canal, throughput o simplemente ancho de banda.

El rendimiento del sistema Canopy está diseñado para un alto número de usuarios, de manera que no disminuya su rendimiento a medida que se integran más suscriptores. Por ejemplo: en las soluciones Canopy PTP, la Serie 100 en su versión Lite ofrece una velocidad de datos sin formato (tasa de señalización) de los radios que corresponde a 10 Mbps y un rendimiento agregado (suma de ambas direcciones: BH-S a BH-M “uplink” y BH-M a BH-S “downlink”) de 7.5 Mbps. Al momento de ser despachado el producto, tal rendimiento se divide en partes iguales (3.75 Mbps en cada dirección), pero en general es configurado de acuerdo a las necesidades del usuario o del tipo de tráfico.

Mientras tanto, en los sistemas Canopy PMP de la Serie 100 se proporciona un rendimiento agregado de 6.2 Mbps en cada AP. Al momento de recibir este producto de la fábrica, el rendimiento agregado viene dividido en 4.7 Mbps para las transmisiones descendentes (AP-SM) y 1.5 Mbps para las ascendentes (SM-AP). El proveedor de servicios puede controlar los límites tanto en la capacidad de transmisiones ascendentes (uplink) como descendentes (downlink) de todos los SMs registrados en el AP. Sin embargo, este no es un parámetro que pueda ajustarse en el SM. La posibilidad de cambiar el ancho de banda únicamente en el AP, confiere al proveedor de servicios el máximo control sobre el ancho de banda de cada uno de sus clientes.

En la **TABLA 1.14** se observa el rendimiento agregado de las soluciones Canopy PTP.

Bandas de Frecuencia	Serie 100		Serie 200	Serie 300	Serie 400		Serie 500		Serie 600	
	Lite	Completa			Lite	Completa	Lite	Completa	Lite	Completa
2.4 GHz	7.5 Mbps	14 Mbps	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2.5 GHz	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	150 Mbps	300 Mbps
4.5 GHz	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	150 Mbps	300 Mbps
4.9 GHz	NA	NA	NA	NA	21 Mbps	43 Mbps	NA	NA	150 Mbps	300 Mbps
5.1 GHz	7.5 Mbps	14 Mbps	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
5.2 GHz	7.5 Mbps	14 Mbps	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
5.4 GHz	7.5 Mbps	14 Mbps	21 Mbps	25 Mbps	21 Mbps	43 Mbps	52.5 Mbps	105 Mbps	150 Mbps	300 Mbps
5.7 GHz	7.5 Mbps	14 Mbps	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
5.8 GHz	7.5 Mbps	14 Mbps	NA	25 Mbps	21 Mbps	43 Mbps	52.5 Mbps	105 Mbps	150 Mbps	300 Mbps
5.9 GHz	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	150 Mbps	300 Mbps

Nota: NA - No Aplica

TABLA 1.14. Rendimiento agregado de las soluciones Canopy PTP.

En la **TABLA 1.15** se aprecia el rendimiento agregado de las soluciones Canopy PMP.

Banda de Frecuencia	AP Serie 100 SM Serie 100	AP Serie 200 SM Serie 100	AP Serie 200 SM Serie 200	AP Serie 200 SM Canopy Lite	AP Serie 400 SM Serie 400	AP Serie 500 SM Serie 500
900 MHz	NA	NA	4 Mbps	NA	NA	NA
2.4 GHz	6.2 Mbps	7 Mbps	14 Mbps	512 Kbps	NA	NA
3.5 GHz	NA	NA	NA	NA	NA	13.5 Mbps
4.9 GHz	NA	NA	NA	NA	21 Mbps	NA
5.1 GHz	6.2 Mbps	NA	14 Mbps	NA	NA	NA
5.2 GHz	6.2 Mbps	7 Mbps	14 Mbps	512 Kbps	NA	NA
5.4 GHz	6.2 Mbps	7 Mbps	14 Mbps	512 Kbps	21 Mbps	NA
5.7 GHz	6.2 Mbps	7 Mbps	14 Mbps	512 Kbps	NA	NA
6.0 GHz	6.2 Mbps	NA	14 Mbps	NA	NA	NA

Nota: NA - No Aplica

TABLA 1.15. Rendimiento agregado de las soluciones Canopy PMP.

1.5.5 DISTANCIAS

El sistema Canopy en su configuración PTP puede cubrir distancias hasta de 250 km, dependiendo de la serie utilizada. En la **TABLA 1.16** se observa un detalle de las distancias que alcanza este tipo de configuración.

	Serie 100	Serie 200	Serie 300	Serie 400	Serie 500	Serie 600
Distancia LOS	56 km	I: 8 km	250 km	200 km	250 km	200 km
Distancia nLOS	NA	I: 8 km	32 km	40 km	32 km	32 km
Distancia NLOS	NA	NA	8 km	10 km	8 km	8 km

Nota: NA - No Aplica
I: Antena Integrada

TABLA 1.16. Distancias máximas con antenas externas.

Mientras tanto, la configuración PMP del sistema Canopy puede alcanzar distancias de hasta 64 km, tal como se aprecia en la **TABLA 1.17**.

Banda de Frecuencia	AP Serie 100 SM Serie 100	AP Serie 200 SM Serie 100	AP Serie 200 SM Serie 200	AP Serie 200 SM Canopy Lite	AP Serie 400 SM Serie 400	AP Serie 500 SM Serie 500
900 MHz	NA	NA	64 km / NA	NA	NA	NA
2.4 GHz	8 km / 24 km	8 km / 24 km	4 km / 12 km	8 km / 24 km	NA	NA
3.5 GHz	NA	NA	NA	NA	NA	8 km / NA
4.9 GHz	NA	NA	NA	NA	8 km / NA	NA
5.1 GHz	3.2 km / NA	3.2 km / NA	1.6 km / NA	NA	NA	NA
5.2 GHz	3.2 km / NA	3.2 km / NA	1.6 km / NA	3.2 km / NA	NA	NA
5.4 GHz	3.2 km / NA	3.2 km / NA	1.6 km / NA	3.2 km / NA	8 km / NA	NA
5.7 GHz	3.2 km / 16 km	3.2 km / 16 km	1.6 km / 8 km	3.2 km / 16 km	NA	NA
6.0 GHz	3.2 km / NA	3.2 km / NA	1.6 km / NA	NA	NA	NA
Nota: Distancia sin kit reflector / Distancia con kit reflector						
NA - No Aplica						

TABLA 1.17. Distancias máximas.

1.5.6 POTENCIA

Se limita tanto la cantidad de potencia transmitida (proveniente del puerto analógico de RF) como la Potencia Isotrópica Radiada Efectiva (PIRE), que es la potencia resultante emitida por la antena. Esto incluye la potencia del puerto de RF más la ganancia de la antena, menos cualquier pérdida de cable y conector. Para dispositivos ISM en configuraciones PMP, el límite de potencia es de 1 watt, mientras que el PIRE es de 4 watt. La potencia U-NII posee diferentes niveles dependiendo de la banda específica, y está ligada a la cantidad de ancho de banda que se utilice. Sólo a aquellos dispositivos que utilizan 20MHz de ancho de banda se les permite usar la potencia completa regulada. Si un dispositivo sólo opera en un espectro de 10MHz, la potencia permitida disminuirá progresivamente, o a la mitad.

1.6 INTERFERENCIA DEL SISTEMA CANOPY

La interferencia en comunicaciones inalámbricas, se produce cuando señales de radio no deseadas trabajan en las mismas bandas o canales de frecuencia que una

transmisión establecida. La interferencia puede dividirse en dos formas: interferencia autoinducida si la interferencia proviene de su propia red, o interferencia externa si ésta se origina en una fuente externa. Es decir, la definición del tipo de interferencia que desee combatir no se basa en la tecnología, sino en la fuente donde se origina.

1.6.1 INTERFERENCIA EN SISTEMAS CON LICENCIA

Si bien operar en una banda con licencia involucra una inversión inicial significativa, la licencia en sí implica que nadie más puede usar la misma frecuencia. Por lo que al abordar el problema de la interferencia, en el diseño de la red sólo hay que preocuparse por la interferencia autoinducida.

1.6.2 INTERFERENCIA EN SISTEMAS SIN LICENCIA

En las bandas sin licencia además de la interferencia autoinducida, debe también contemplarse la interferencia externa. Ello puede representar un gran desafío, pues no existe una forma de prever dónde pueden encontrarse o desde dónde se originarán estas señales externas, o incluso qué intensidad tendrán las transmisiones que causan interferencia en relación a las transmisiones deseadas. La capacidad de una red desplegada en bandas sin licencia para tolerar la interferencia tanto la autoinducida como la generada por otras fuentes es en gran medida una función del equipo utilizado.

1.6.2.1 En sistemas PMP

En una red PMP en bandas sin licencia, la interferencia de su propia red es tan sólo uno de los factores a considerar, ya que también se debe contemplar la interferencia de otras redes. Estas fuentes de interferencia pueden presentarse durante el despliegue inicial de la red, o bien un año o más después de su implantación. La interferencia autoinducida o externa en una red PMP, es usualmente un problema

que afecta más al AP que al SM. Estas dos interferencias se incrementan mientras mayor sea el ángulo de las antenas que utilizan los APs para comunicarse con diversos SMs distribuidos en una zona determinada.

Debido a que un solo AP admite decenas, inclusive cientos de SMs, la interferencia en esta etapa de la instalación de la red puede acarrear grandes inconvenientes. En una red diseñada para aceptar datos o tráfico IP puede ser incluso más serio. En este caso, una escasa cantidad de interferencia de radiofrecuencia (RF) puede afectar considerablemente el rendimiento de la red.

1.6.2.2 En sistemas PTP

Por otro lado, en una red PTP en bandas exentas de licencia, la interferencia aún es un factor a considerar. Aunque estos problemas no son tan significativos como los presentes en las redes PMP (debido al uso de antenas direccionales en ambos extremos), la interrupción de estos enlaces generalmente puede acarrear incluso más consecuencias, ya que manejan el tráfico de numerosos clientes a la vez.

1.6.3 SOLUCIONES DEL SISTEMA CANOPY A LA INTERFERENCIA

La imposibilidad de controlar la interferencia de RF, era uno de los problemas que afrontaban los sistemas BWA. Pero los tiempos cambian y la tecnología avanza, y los productos de hoy en día han comenzado a enfrentar este serio problema. Es por eso que los clientes deben estar seguros de que la tecnología que elijan no presente inconvenientes y siempre esté disponible.

Toda la experiencia obtenida por parte de Motorola en el diseño de productos para redes celulares, ha servido para que su sistema Canopy aproveche muchas de estas mismas funciones y pautas de despliegue para lograr una operación confiable sin interferencia. Logrando hoy en día obtener el sistema BWA más estable y sólido de RF del mercado; no sólo mediante un sólido diseño de RF, sino también de las áreas

más sensibles tales como la estructura de la capa de control de acceso al medio (MAC) y las técnicas de corrección de errores.

1.6.3.1 Soluciones a nivel de capa Física

A continuación se detallan los principales métodos para combatir la interferencia a nivel de RF.

1.6.3.1.1 Modulación y relación portadora a interferencia (C/I)

La relación portadora a interferencia (C/I) es un coeficiente que determina la capacidad de una estación receptora para descifrar una señal entrante. En otras palabras, indica cuán fuerte es la portadora (señal deseada) en comparación con la interferencia (señales no deseadas). Este factor C/I se basa principalmente en la modulación utilizada, razón por la que modulaciones más complejas requieren mayores números de C/I que las modulaciones más robustas, tales como la BFSK.

Tomando en cuenta esta característica, el sistema Canopy utiliza BFSK o 2-FSK para la modulación. Con esta modulación la relación C/I necesaria para funcionar de manera adecuada con una tasa de error de 1×10^{-4} bits por segundo es de solamente 3 dB, es decir que la potencia de la señal deseada sólo debe ser 3 dB superior a la interferencia. Un sistema que funciona con 16 QAM a esos niveles exigirá una relación C/I de aproximadamente 12 a 14 dB.

Si bien es cierto que Canopy utiliza modulación 2-FSK, también es verdad que en determinadas series se emplea OFDM como modulación. Las Series 100 y 200 del sistema Canopy tanto en configuraciones PMP como PTP se caracterizan por la utilización de la modulación 2-FSK; en tanto que, las Series 400 y 500 de Canopy PMP y las Series 300, 400, 500 y 600 de Canopy PTP trabajan con OFDM.

La modulación 2-FSK junto con otras técnicas como la sincronización GPS, el control de acceso al medio, la transmisión de trama en forma dispersa, la emisión de paquetes cortos y ciertas técnicas de antenas constituyen la tecnología DTSS (dynamic time-synchronized spreading) característica de las Series 100 y 200 de Canopy PMP y PTP. Esta tecnología DTSS hace que Canopy sea una de las soluciones inalámbricas de banda ancha más rápidas, confiables y de bajo costo del mercado.

Por otro lado, OFDM junto con MIMO, DFS, modulación adaptable y diversidad espacial forman un conjunto de tecnologías poderosas que hacen de las Series PTP 300, 400, 500 y 600 de Canopy un sistema realmente poderoso, capaz de brindar acceso inalámbrico de banda ancha en áreas donde las señales BWA típicas no pueden penetrar el follaje ni atravesar edificios u otros obstáculos, permitiendo una recepción robusta de señales de banda ancha inalámbrica bloqueadas y reflejadas.

1.6.3.1.2 Rendimiento de la antena

Cuando las redes se despliegan en una topología celular; el rendimiento de la antena para rechazar señales no deseadas desde detrás es una característica importante. El sistema Canopy, con sus antenas integradas en el AP, tiene una relación anterior/posterior de 20 dB. Sumado a la excelente relación C/I, esto significa que un AP Canopy que recibe una señal en el umbral (la señal más débil que pueda detectar) puede recibir una señal interferente desde detrás, ya sea interna o externa, del orden de -60 dBm y soportar conexiones con una tasa de error aceptable.

1.6.3.1.3 Sincronización TDD

La duplexación por división de tiempo (TDD) es una poderosa técnica para aislar y ajustar la cantidad de ancho de banda destinado a las comunicaciones con dirección ascendente y descendente sin modificar el hardware. Los sistemas TDD operan

mediante una transmisión descendente durante un período determinado. Después de un intervalo de protección, los SMs realizan la transmisión ascendente a la misma frecuencia. En un sitio de celdas en el que más de un radio opera en el modo TDD, es importante que todos los sectores de la celda realicen la transmisión y recepción exactamente al mismo tiempo. De lo contrario, si el sector A transmite mientras el sector B recibe, puede producirse interferencia en la transmisión entrante del sector B incluso si se encuentran en diferentes canales de frecuencia, pues la señal del sector A está tan próxima que su intensidad puede afectar a los componentes electrónicos en el sector B. En este caso, se requiere una sincronización intercelular para garantizar que todos los sectores en todos los sitios de celdas estén temporizados y sincronizados debidamente en función a las comunicaciones con dirección descendente y ascendente.

En la **FIGURA 1.10**¹² se observa un ejemplo, en el cual el AP4 no está sincronizado con los otros APs y está transmitiendo solamente a algunos centímetros de los otros APs, en el momento en el cual estos están intentando escuchar a las transmisiones de los SMs ubicados a la máxima distancia.

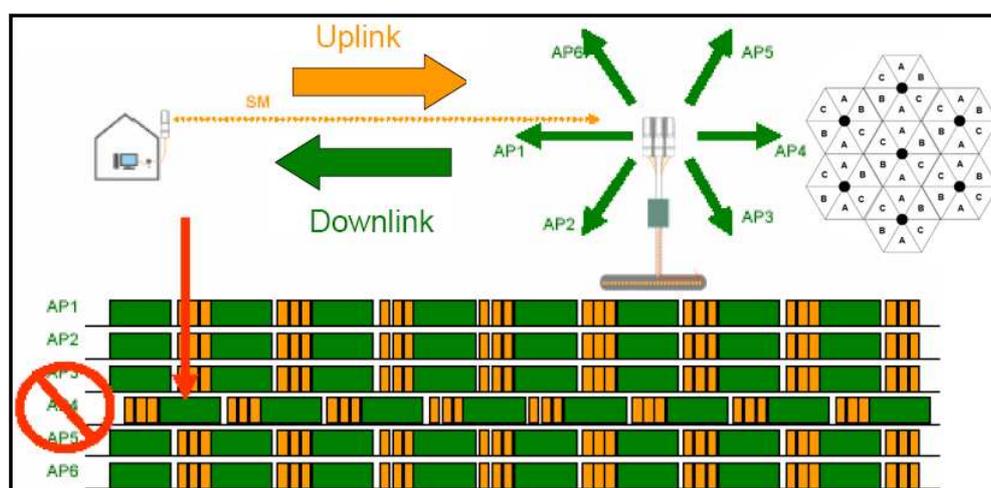


FIGURA 1.10. Sincronismo en un clúster de APs.

¹² <http://www.solutionbox.com.ar/sbox/catalog/images/brands/sheets/193.pdf>

La sincronización TDD se ha resuelto con la utilización de una señal GPS. Estas señales de satélite precisas se utilizan para la temporización y, por consiguiente, para la sincronización de la transmisión y recepción, por lo que todos los sectores de una red Canopy funcionan con el mismo reloj.

1.6.3.2 Soluciones a nivel de capa MAC

Después de mencionar distintas técnicas de la capa física para enfrentar la interferencia. Se analizará las no menos importantes técnicas para combatir las señales no deseadas, adoptado un enfoque en la capa MAC.

1.6.3.2.1 Tamaño de la Trama/Intervalo

En la **FIGURA 1.11**¹³ se puede observar como las porciones en dirección ascendente y descendente de una trama MAC típica de un sistema TDD (como lo es Canopy) están divididas en intervalos, cada uno de los cuales transmite un paquete de datos radial (RDP). Los datos originales, por ejemplo un paquete IP, se dividen en paquetes que se adaptan al RDP.

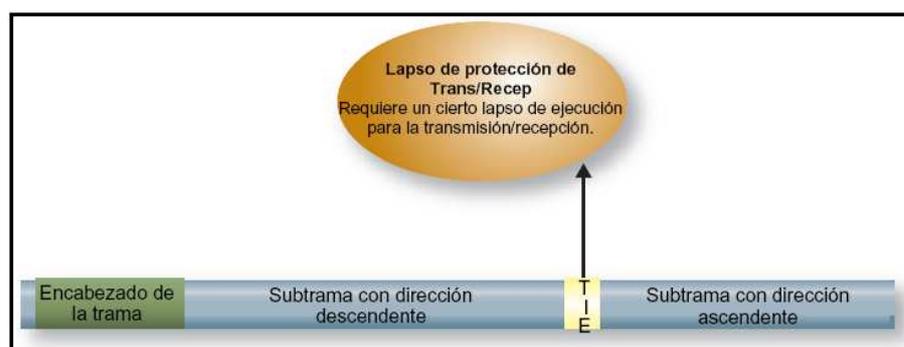


FIGURA 1.11. Tama MAC del sistema TDD Canopy.

¹³ <http://bieec.epn.edu.ec:8180/dspace/handle/123456789/940>

Aunque el sistema Canopy cuenta con un diseño extremadamente sólido, habrá casos en que la interferencia superará estas medidas y dañará total o parcialmente una trama MAC. Cuando esto pasa, los datos dañados deberán volver a enviarse. Canopy utiliza paquetes RDP de 64 bytes. Gracias a este menor tamaño del paquete RDP, la retransmisión puede limitarse sólo a aquellos bytes que fueron dañados, evitando así el reenvío de grandes volúmenes de datos válidos. El tamaño del RDP podría haber sido menor, pero el encabezado del intervalo que es fijo pasaría a formar una porción más significativa de los datos del paquete, aumentando por consiguiente el costo general de la capa MAC. Además, el intervalo de 64 bytes posee el tamaño ideal para manipular los reconocimientos TCP enviados para la mayoría de los paquetes IP.

1.6.3.2.2 Solicitud de retransmisión automática (ARQ)

El sistema Canopy resuelve el problema de combinar TCP/IP con redes inalámbricas y los índices de error del operador, mediante la solicitud de retransmisión automática (ARQ). ARQ inspecciona los RDPs que entran en el SM receptor y busca errores. Si detecta un error, el SM (o AP) enviará a la entidad transmisora una solicitud para que reenvíe el RDP.

1.6.3.2.3 Control centralizado de transmisión

Ciertos protocolos MAC de BWA, tales como los utilizados en la norma IEEE 802.11, funcionan en una modalidad que se conoce como control distribuido. Ello significa que cada SM tiene la capacidad de enviar un paquete cuando lo estime conveniente. En este caso el SM escuchará, y si no detecta ninguna transmisión, supondrá que el canal está libre y enviará sus datos. El problema se produce si el SM transmisor no puede escuchar a otros SMs. Entonces puede que dos o más SMs envíen paquetes simultáneamente, causando daños en ambos, por lo cual tendrá que realizarse una

retransmisión. La interferencia también es culpable de impedir que los SMs puedan escucharse entre sí, causando el mismo efecto.

El sistema Canopy resuelve este problema mediante el despliegue de un esquema de control centralizado, en el cual el AP controla todas las transmisiones en el sector, tanto en dirección ascendente como descendente. Un SM sólo enviará sus datos cuando se le permita. Si se interfiere con una solicitud para enviar datos de un SM, éste esperará y volverá a intentarlo, pero en ningún momento transmitirá en el canal de frecuencia sin antes obtener la autorización de la estación.

1.7 INTERFAZ DE AIRE

La duración predefinida de la trama Canopy es 2,5 ms (400 tramas por segundo) y de 5 ms en la banda de 900 MHz (200 tramas por segundo), dividido entre uplink y downlink. A continuación se detalla ciertas características de las tramas downlink y uplink del sistema Canopy PMP, ya que el sistema Canopy PTP trabaja con OFDM.

1.7.1 Contenido de la trama de downlink

El AP emite tramas downlink, entre las que se contemplan: información de control, tramas beacon y datos que específicamente los SMs han solicitado. Cada SM analiza la trama de downlink para distinguir si está dirigida para ese SM, después solicita los datos dirigidos a éste y finalmente encamina los datos al usuario apropiado.

1.7.2 Contenido de la trama uplink

Las tramas uplink contienen control de información para cada SM que solicita el servicio. La cantidad de datos enviados por el SM en la trama uplink son controlados por el AP. Como el AP sirve hasta 200 SM, y si todos tuviesen datos para pasar al AP simultáneamente, todos solicitarán el servicio al AP en la trama uplink (que se

encuentra predefinido para 3 SMs por trama), por lo que el valor del slot de control podrá ser aumentado si hay muchos SM disputando los mismos 3 slots de control.

1.7.3 Estructura de la trama Canopy

En la **FIGURA 1.12**¹⁴ se puede apreciar un slot de 64 bytes, la trama Canopy consiste de:

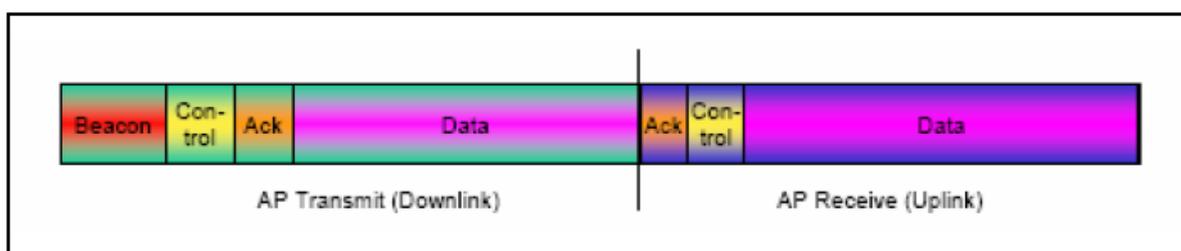


FIGURA 1.12. Trama Canopy.

- Slots de datos: Para uplink/downlink (varía dependiendo de la configuración).
- 1 slot de control downlink.
- 1 – 7 slots de “ack” uplink/downlink (por default = 3 slots).
- 0 – 6 slots “ack” uplink/downlink para alta prioridad (por default = 0 slots).
- 1 – 16 slots de control uplink (por default = 3 slots).
- 0 – 15 slots de control uplink para alta prioridad (por default = 0 slots).
- Los slots de datos para alta prioridad uplink (varían).
- 1 slot de Beacon para uplink/downlink: Para identidad de Broadcasts, información de configuración, sincronización y distribución para los SM. En el contenido del Beacon se encuentran avisos de:
 - Relación UL/DL.
 - Código de Color.
 - Modo Punto a Punto o Multipunto.
 - Número de Usuarios Registrados en el AP.
 - Número del Presente Frame.
 - Información de Control de Slot.

¹⁴ <http://www.motorola.com/canopy>

1.8 SOFTWARE

Para mejorar la seguridad de administración, las operaciones de red y el proceso de instalación, el sistema Canopy, puede disponer de las siguientes herramientas:

1.8.1 SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE ELEMENTOS PRIZM (PrizmEMS).

PrizmEMS del sistema Canopy o simplemente Prizm es una óptima plataforma administrativa, diseñada para operar como un sistema independiente o integrado con otros sistemas de administración de red (NMS) a través de interfaces abiertas. El sistema actúa como un agregador de red o concentrador de información de los elementos de la red (módulos Canopy); y proporciona capacidades que incluyen prestaciones de autodescubrimiento, monitoreo de la red, diversos niveles de acceso a la red, gestión de fallas y de elementos (genera alertas y notificaciones), etc.

1.8.2 ADMINISTRADOR DE ANCHO DE BANDA Y AUTENTICACIÓN (BAM)

El BAM es una herramienta de control configurada en el AP que reduce el esfuerzo administrativo. Puede trabajar de la siguiente manera:

- **Independiente del sistema Prizm.** Maneja sólo autenticación, planes de servicio de ancho de banda y perfiles VLAN de SMs.
- **Integrado al sistema Prizm.** Maneja la funcionalidad del BAM independiente del sistema Prizm y además controla los atributos de todos los elementos de la red.

La funcionalidad BAM se describe a continuación:

- **Manejo de Ancho de banda.** Facilita a los administradores de la red opciones de servicio diferenciado como el control de asignación de ancho de banda para fijar máximas tasas de datos por SM, mediante parámetros como tasa de

datos sostenida y asignación de ráfaga tanto para uplink como downlink para mantener una adecuada calidad de servicio (QoS) en la red.

- **Manejo de Autenticación.** Permite autenticar a cada SM que intente registrarse en un AP, para restringir su acceso a los datos del sistema Canopy.
- **Manejo de VLANs.** Establece un grupo lógico de SMs y APs dentro de la red, proporcionándole flexibilidad en la segmentación de la red, administración más simple e incrementó de seguridad. De esta manera, sin tener en cuenta la posición física inicial o eventual, el administrador tiene acceso a los mismos datos en cualquier punto de la red.

1.8.3 PROTOCOLO DE ADMINISTRACIÓN DE RED SIMPLE (SNMP)

El SNMP es usado junto con las herramientas de administración para controlar y monitorear módulos Canopy, mediante los siguientes comandos básicos:

- **Set.** Cambia los datos mediante instrucciones dadas al agente que maneja un modulo.
- **Get.** Obtiene y envía información mediante un agente al administrador de la red.
- **Trap.** Envía mensajes no solicitados al administrador, a través del agente.

1.8.4 BASE DE INFORMACIÓN DE ADMINISTRACIÓN (MIB)

MIB es una estructura de datos definida en SNMP, que facilita la administración de los elementos de red. El sistema Canopy cuenta con Canopy MIB empresarial, el cual proporciona control e información adicional para trabajar en cualquier NMS y EMS. Además acepta el estándar MIB-II (Management Information Base Systems and Interface) para integrarse con las plataformas reconocidas por la industria.

1.8.5 HERRAMIENTAS DE ENLACE PTP

Para establecer un enlace de calidad antes de ser instalado en ambientes NLoS y LoS, los usuarios se pueden valer de las siguientes herramientas:

- **Link Planner.** Para la adquisición de datos de perfil de la trayectoria.
- **Link Estimator.** Para establecer la fiabilidad sobre esa trayectoria, mediante un formato en Excel.

Para indicar en pantalla los parámetros de configuración y estadísticas de rendimiento del enlace en una forma fácil de entender, estas aplicaciones realizan cálculos, teniendo en cuenta la situación geográfica, distancia, altura de la antena, potencia de transmisión y otros factores que el usuario indica para identificar posibles acciones de mejoramiento.

1.9 SEGURIDAD

La privacidad y la integridad de los datos son consideraciones cruciales y de gran preocupación para todos los usuarios de red de banda ancha. La seguridad de las comunicaciones debe ser impenetrable y fácil de manejar; es por ello que el sistema Canopy incorpora un modelo de seguridad flexible, el cual soporta una amplia variedad de configuraciones que van desde sistemas totalmente abiertos a un enlace de aire autenticado/encryptado con asignación dinámica de llaves por sesión. El sistema usa tecnologías de fabricación comprobada como son el Estándar de Encriptación de Datos (DES) que protege contra invasores de red y el Estándar de Encriptación Avanzada (AES) que está disponible como una opción para clientes que demandan la red más segura.

1.9.1 MODELO DE SEGURIDAD DEL SISTEMA CANOPY

El modelo de seguridad Canopy se basa en múltiples capas, cada una de ellas contribuyen a la seguridad de las comunicaciones del usuario, como podemos observar en la **FIGURA 1.13**¹⁵.

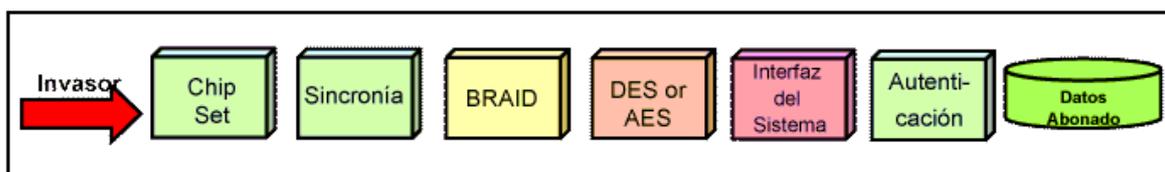


FIGURA 1.13. Múltiples Capas de Seguridad.

El modelo de seguridad se divide en dos etapas que comprenden la encriptación y la autenticación.

1.9.1.1 Encriptación

Contiene varias capas que contemplan algunas técnicas de encriptación transparentes para firewalls, servidores y otros dispositivos en la red, como se describen a continuación:

- **Chip Set.** Es un conjunto de chips, diseñados por Motorola, para uso exclusivo del sistema Canopy. Reduce el acceso experimental con algoritmos incorporados.
- **Sincronía.** Realiza sincronización GPS, técnica única del sistema Canopy, proporciona alto grado de seguridad que otras alternativas 802.11, requiriendo la sincronización precisa de todos los módulos de la red.

¹⁵ <http://www.motorola.com/canopy/> CPT200: SEGURIDAD

- **BRAID.** Es un algoritmo de encriptación de llaves, estándar de la Asociación de Industrias de Telecomunicaciones (TIA). La operación de este sistema se basa en los continuos cambios de llave, logrando así, que los enlaces sean los más seguros del mercado.
- **Estándar de Encriptación de Datos (DES).** La fortaleza de la encriptación DES está en el balance de seguridad que implica tamaño de llave y protección correcta de la llave. DES especifica dos algoritmos de encriptación aprobados por el Estándar de Procesamiento de Información Federal (FIPS). Estos algoritmos especifican las operaciones de encriptación y desencriptación que se basan en un número binario llamado llave. Una llave DES consiste en 64 dígitos binarios ("0"s o "1"s) de los cuales 56 bits son generados aleatoriamente y usados directamente por el algoritmo, lo que significa que hay aproximadamente 7.2×10^{16} posibles llaves DES. Los otros 8 bits, no son usados por el algoritmo y pueden ser usados para detección de errores. La seguridad criptográfica de los datos depende de la seguridad provista.
- **Estándar de Encriptación Avanzada (AES).** Es la continuación de DES y fue certificado por FIPS 197. El estándar utiliza un código de 128 bits de cifrado, aproximadamente de 3.4×10^{38} posibles llaves únicas, las cuales aseguran la correcta entrega de todo tipo de datos a través del enlace inalámbrico. Por el despliegue de los módulos AES Canopy en puntos estratégicos de la red, los operadores puedan adaptar un nivel específico de seguridad para satisfacer los requerimientos de sus clientes.

1.9.1.2 Autenticación

La etapa de autenticación contiene también varias capas que a continuación se describen:

- **Interfaz del Sistema.** Denominada también interfaz aérea, provee una fuerte base en contra de ataques de invasores.
- **Autenticación.** El sistema Canopy emplea un protocolo propietario para transmisiones, así evita que los datos sean fácilmente monitoreados. Cuando este protocolo es combinado con BAM, un nivel añadido de seguridad es alcanzado para el administrador y la red.

Dentro del proceso de autenticación, el SM escanea los canales posibles e intenta registrarse a un AP. El AP llama al servidor BAM para notificarle la acción requerida. El servidor BAM trata de encontrar una llave para asignarle al AP; en el caso de no encontrarla, requerirá de la ayuda de otros servidores de gestión de llaves, los cuales le informarán si la operación se pudo procesar. Cuando la llave ha sido asignada, se envía al SM un desafío con un número aleatorio, de esta manera el administrador de la red nunca ve esta llave. El SM usa una llave, prefijada en fábrica (dirección MAC) o determinada por el administrador para calcular la respuesta al desafío, la misma que es enviada mediante el AP al servidor BAM para que continúe con el proceso de autenticación. BAM compara la respuesta con la llave de autenticación almacenada en su base de datos, y si es correcta, envía al AP un mensaje que autentica al SM y brinda información de QoS que el AP y el SM usan y almacenan. Mientras que, si la respuesta es incorrecta el servidor BAM envía al AP un mensaje que desautoriza al SM y prohíbe su intento de autenticación por un lapso de 15 minutos.

1.9.1.2.1 Código de Color

Parámetro que identifica a los módulos con los que se permite una comunicación entre sí, es decir, este parámetro determinará en qué Punto de Acceso se registrará el Módulo Suscriptor como también los módulos Backhaul. El rango para este parámetro es de 0 a 255, el valor 0 está definido por defecto en todos los módulos y

no restringe la comunicación con cualquier otro módulo. Para evitar aquello ambos módulos deben tener el mismo código de color cuando se realice el registro.

1.9.2 PRIORIZACIÓN DE TRÁFICO

Desde el punto de vista de calidad de servicio (QoS), la confiabilidad es primordial en el envío de datos, es por esta razón que el sistema Canopy ha establecido parámetros y valores diferenciados de servicio que permitan priorizar cualquier tipo de tráfico por un canal seguro de envío de datos.

1.9.2.1 Ancho de Banda de alta prioridad

Para soportar tráfico de baja latencia como VoIP o video, el sistema Canopy implementó un canal de alta prioridad. Este canal (habilitado en un SM) no afecta las latencias inherentes del sistema Canopy pero permite que el tráfico de alta prioridad sea inmediatamente atendido; como también separa el tráfico de baja latencia del tráfico tolerante a latencias (por ejemplo, el tráfico estándar de la web y la descarga de archivos). De esta manera, cuando un modulo Canopy recibe un paquete inicia la priorización del tráfico, según si:

- Lee el bit de baja latencia (Bit 3) en el byte de Tipo de Servicio (ToS) del IPv4.
- Lee el campo 802.1p del encabezado 802.1Q, cuando la VLAN sea o no habilitada en el AP.
- Compara los 6 bits del campo de punto de código de servicios diferenciados (DSCP).

1.9.2.2 Servicio Diferenciado (DiffServe)

DiffServ permite definir los parámetros de un servicio diferenciado y especificar el nivel de prioridad. Utiliza el campo DSCP para remplazar el byte ToS, cuyos valores

correlacionan al canal en el cual el paquete debería ser enviado. Los módulos Canopy monitorean el campo DSCP, de acuerdo a las siguientes descripciones:

- 6 bits permite especificar uno de los 64 servicios diferenciados.
- estos servicios diferenciados correlacionan a 64 parámetros individuales (Puntos de Código) para los valores de 0 a 7 en la etiqueta DiffServe.
- 3 de estos 64 puntos de código tienen valores fijos y no pueden ser cambiados.
- para todos o cualquiera de los demás 61 puntos de código, se puede especificar un valor, así:
 - 0 a 3 para el mapeo del canal de baja prioridad.
 - 4 a 7 para el mapeo del canal de alta prioridad.

Los mapeos equivalen a las prioridades 802.1p VLAN. Entre los parámetros seteables, los valores establecidos en el AP y BHM son todos para downlink dentro del sector y en el SM y BHS para cada uplink.

1.9.2.3 CIR y MIR

El sistema Canopy ha incluido dos parámetros, la tasa de Información comprometida (CIR) y la tasa de información máxima (MIR), para la administración de recursos de conexión individual, mediante el cumplimiento con los acuerdos de nivel de servicio (SLA). De esta forma le permite al proveedor de servicios garantizar a cualquier suscriptor un ancho de banda fijo para un caudal de transmisión segura. En la implementación Canopy, este servicio divide su control en parámetros como CIR de baja prioridad del uplink, CIR de baja prioridad del downlink, CIR de alta prioridad del uplink y CIR alta prioridad del downlink; mientras que el MIR se vale de la tasa de datos sostenida del uplink, la asignación de ráfaga del uplink, la tasa de datos sostenida del downlink y la asignación de ráfaga del downlink. Ambos parámetros pueden ser configurados en la página de configuración del SM, aunque el CIR para cada SM puede utilizar el sistema BAM.

1.10 ADMINISTRACIÓN

El sistema Canopy dispone de un sofisticado esquema de direccionamiento para poder identificar y manejar cualquier elemento de la red con la seguridad que esta requiere al establecer cualquier comunicación.

1.10.1 CONSIDERACIONES MAC

Los módulos Canopy al igual que los hosts tienen universalmente asignadas direcciones MAC (48 bits) para ser identificados en la red. En la red Canopy, un AP puede aceptar 4096 direcciones MAC. La tabla MAC establecida contiene 2 direcciones del mismo valor (seteado a 0 y 1 según el sistema), donde la primera dirección MAC 0x-xx-xx-xx-xx-xx representa el interfaz Ethernet y la segunda dirección MAC 1x-xx-xx-xx-xx-xx representa el interfaz de RF. La dirección que contenga solo unos (1s) estará reservada para manejar difusión, de esta manera todos los hosts podrán ver el mensaje.

1.10.2 CONSIDERACIONES IP

Cada modulo Canopy requiere una dirección IP para la correcta operación y seguridad de la red. El direccionamiento IP es manejado por el administrador de red y puede ser usado internamente por cada AP para direccionar los SM, como también para acceder directamente al SM vía enrutamiento IP. Las direcciones IP (no ruteables a través de Internet) pueden ser privadas como característica de seguridad; aunque pueden ser configuradas en los SM sin ningún espacio de dirección IP. El sistema Canopy generalmente opera como un switch de capa 2 y por ende su configuración acepta protocolos de capa 2 como DHCP (Protocolo de Configuración Dinámica de Host) que permite obtener direcciones IP de forma manual y automática, PPPoE (Protocolo Punto a Punto sobre Ethernet) que maneja detección de errores y gestión de direcciones IP en el momento de la conexión; VPN (Redes Privadas Virtuales) para la comunicación sobre una red pública., etc.

Por defecto, las asignaciones de fábrica para elementos de la red Canopy son:

- La dirección IP de 169.254.1.1, excepto para un BHM de la serie OFDM, cuya dirección IP es 169.254.1.2.
- La máscara de subred de 255.255.0.0.
- La dirección gateway de red de 169.254.0.0.

Para que cualquier computadora se comunice con un módulo Canopy, la computadora debe ser configurada:

- **Con DHCP.** En este caso, cuando no esté conectada a la red, la computadora deduce una dirección IP en la red 169.254 en un plazo de dos minutos.
- **Sin DHCP.** Debe tener asignada una dirección IP estática en la red 169.254 (por ejemplo, 169.254.1.5).

El sistema Canopy puede trabajar de la siguiente manera:

- **Con NAT.** Realiza traducción de direcciones IP
- **Sin NAT.** Actúa como Bridge de capa 2, no realiza ruteo/switching de direcciones IP.

1.10.2.1 Traducción de Direcciones de Red (NAT)

NAT proporciona un servicio de traducción de direcciones privada a direcciones públicas, sin considerar routers, switches o firewall; de esta manera cualquier computador puede tener acceso a recursos a través de Internet. Esta traducción se realiza a nivel de puerto y con inspección “stateful” de los paquetes que llegan para comprobar que son una respuesta a los paquetes que se generan desde la red privada.

NAT puede funcionar como un firewall, impidiendo el acceso a la red privada desde la red pública. Las configuraciones que NAT pueda tener dependerán de la configuración de red, direccionamiento IP y si DHCP es habilitado.

Cuando NAT es habilitado, un SM se convierte en un switch capa 3 y puede usar cuatro direcciones IP, las mismas que pueden ser privadas dependiendo de los requisitos de la red.

En el sistema Canopy, NAT soporta muchos protocolos, incluyendo HTTP, ICMP (Protocolo de Mensajes de Control de Internet), y FTP (Protocolo de Transferencia de Archivos). Para la implementación de redes privadas virtuales (VPNs) solo soporta L2TP sobre IPSec (Protocolo de Seguridad de Internet sobre el Protocolo de Túnel de Capa 2).

1.10.2.2 Bridging

Si NAT no está activada, entonces la traducción Bridging es habilitada en el AP, la cual modifica todo tráfico uplink. Cada SM mantiene una tabla mapeada de direcciones MAC de los dispositivos etiquetados de APs traducidas a direcciones IP para su registro, es decir el mapeo de direcciones MAC de usuarios finales a direcciones IP se pierde. De esta manera la tabla Bridging permite que los datos sean enviados al módulo correcto en la red Canopy.

1.10.2.3 Filtrado de protocolos y puertos

El sistema Canopy permite al administrador de un SM filtrar protocolos (excepto el SNMP) y puertos específicos para impedir su entrada en la red, conforme los paquetes salen del SM y se encaminen a la interfaz aérea (entrada a la red Canopy). Esta operación protege a la red de carga de paquetes o rastreo de puertos por usuarios ajenos a la red.

1.10.2.3.1 Filtrado Con/Sin NAT

El administrador, cuando NAT este habilitado puede filtrar tres puertos específicos, mientras que cuando NAT esta deshabilitado puede:

- Filtrar protocolos y tres puertos especificados por el usuario.
- Admitir o bloquear todos los protocolos excepto los especificados, como pueden ser PPPoE, cualquier combinación de los protocolos enlistados IPv4, o el protocolo de resolución de direcciones (ARP).

1.11 VENTAJAS Y APLICACIONES

Canopy presenta varias ventajas que significan la solución a las demandas que deben enfrentar los usuarios de la red de servicios de comunicaciones:

- **Mayor Rapidez.** La transferencia de carga y descarga de información es más rápida que cualquier otra solución; permitiendo al usuario desarrollar al máximo sus actividades.
- **Mejor desempeño.** Dispone de un esquema propietario de modulación que mejora la calidad de la transmisión de datos, disminuye la interferencia de otros sistemas y su rendimiento no se degrada con la distancia.
- **Escalabilidad.** Puede incorporar rápidamente nuevas necesidades, zonas geográficas más amplias, poblaciones más numerosas y mayores volúmenes de tráfico.
- **Costo accesible.** Como es una solución inalámbrica no hay necesidad de redes cableadas y al operar en una banda sin licencia no se necesita adquirir espectro. De esta forma los costos iniciales para la instalación de redes y la seguridad que implica son mucho menores que cualquier otra opción de conectividad, constituyendo así, una inversión única de capital.
- **Facilidad para instalar y operar.** Canopy dispone de un equipo eficiente y sencillo de instalar, por lo que no necesita tender ni enterrar cables, ni

tampoco instalar enlaces de microondas o software. Cuenta con asistencia en el despliegue en tiempo récord, mediante recursos de control y diagnóstico accesibles por interfaz web, actualizables según lo que se requiera. De esta manera una comunidad puede utilizar los servicios rápidamente sin importa la distancia.

- **Flexibilidad.** Adapta las necesidades y expectativas de las diferentes comunidades de clientes como residencias, negocios y corporaciones que se encuentren en cualquier lugar aún si es de difícil acceso o que no cuenten con infraestructura previa.
- **Seguridad.** Ofrece transmisión de datos segura con una fiabilidad excepcional a través de encriptación en la interfaz de aire.

A diferencia de las innumerables soluciones disponibles actualmente, Canopy de Motorola logra resultados sin complicaciones. Gracias a aquellas ventajas que se han visto reflejadas en la puesta en marcha de las distintas aplicaciones.

Su potencial es evidente en el servicio extraordinario de Internet de banda ancha para que usuarios de computadoras portátiles puedan acceder a los servicios de red.

Canopy puede conectar y extender redes de área local (LAN), permite establecer Back-up de redundancia en la red, como también reemplazar los servicios de E1/T1 existentes con asequibles enlaces punto a punto mediante dos Módulos Backhaul entre edificios que presenten una trayectoria con y sin obstrucciones, y a la vez comunicarse hacia la red PSTN (Red Pública de Telefonía).

Para fines de supervisión y seguridad remota de los distintos puntos de acceso es posible incorporar cámaras web de internet y servicios multicast de video con máxima compatibilidad y alto rendimiento, como también integrar un software de fácil uso para monitorear múltiples situaciones del entorno, tomando imágenes y

enviándolas de manera instantánea por Internet o a una base de datos, de esta forma se puede enviar alarmas para el control de eventos.

Su diseño ha permitido soportar todos los estándares de VoIP y priorizar su tráfico en caso de ser necesario para garantizar su máximo rendimiento. También se encuentra preparado para soportar cualquier tipo de tecnología compatible con IP, como también resulta más sencillo y práctico enviar imágenes en tiempo real, fotografías de alta resolución, datos de rasgos geográficos, fallas, estructuras y cartografía.

Todas estas aplicaciones tienen su punto de acción en cualquier ambiente residencial, educativo, de negocios o corporativo.

CAPÍTULO 2

DISEÑO DE LA RED

2.1 INTRODUCCIÓN

A diferencia del acceso en las ciudades, la conectividad rural, se enfrenta a mayores dificultades, sobre todo en el aspecto económico. Estas áreas presentan en la mayoría de los casos la falta de infraestructura básica como energía eléctrica, líneas telefónicas, y más aún internet. Teniendo en cuenta que la comunicación e internet son herramientas fundamentales en el mundo de los negocios, la educación, la comunicación social, y dado que el Pueblo Kichwa de Rukullakta no cuenta con acceso a internet, sino que debía movilizarse hacía otras comunidades de la región; se ha visto la necesidad de diseñar una red inalámbrica de banda ancha para proveer de dicho servicio a este sector.

Las considerables distancias a cubrir en las áreas rurales, la disponibilidad de equipos y sobre todo su costo son factores que se deben tomar en cuenta al momento de seleccionar tal o cual tecnología para el diseño de la red. Es por ello que se propone la utilización del sistema inalámbrico de banda ancha Canopy de Motorola en sus configuraciones Punto a Punto (PTP) y Punto Multipunto (PMP) como la solución más apropiada para el diseño de la red en este tipo de entornos.

Mediante el análisis de parámetros, tales como: distancias entre las comunidades, el tipo de terreno, zonas de cobertura, posibles enlaces, consideraciones de propagación, además de otros parámetros técnicos; se determinará la factibilidad del diseño de la red, y por consiguiente la apropiada ubicación de los equipos para satisfacer los requerimientos actuales y posteriores del Pueblo Kichwa de Rukullakta.

2.2 GENERALIDADES DEL PUEBLO KICHWA DE RUKULLAKTA¹⁶

El Pueblo Kichwa de Rukullakta, tiene su origen hace 31 años con el nombre de Cooperativa Rukullakta. Con una extensión aproximada de 43000 hectáreas, su principal objetivo es la explotación agropecuaria. Está formado por 17 comunidades indígenas de nacionalidad kichwa, tal como se detalla en la **TABLA 2.1**.

Pueblo	Organización Política		
	Parroquia	Cantón	Provincia
Ardillaurko Awayacu Itaquibilina Llushianta Lupino Manku Nokuno Porotoyacu Tampayacu Villano	SAN PABLO	ARCHIDONA	NAPO
Mushullakta Oritoyacu Papanku Pawayacu	COTUNDO		
Rukullakta Yanayacu Yawari	ARCHIDONA		

TABLA 2.1. Comunidades del Pueblo Kichwa de Rukullakta.

El Pueblo Kichwa de Rukullakta se encuentra ubicado al sur - este del cantón Archidona en la provincia de Napo, tal como se puede apreciar en la **FIGURA 2.1**¹⁷ y

¹⁶ <http://bibdigital.epn.edu.ec/dspace/bitstream/15000/880/1/CD-1745%282008-10-14-10-44-17%29.pdf>

¹⁷ http://www.codeso.com/TurismoEcuador/Mapa_Napo.html

FIGURA 2.2¹⁸. Además en la TABLA 2.2 y en la FIGURA 2.3¹⁹ se puede ver la delimitación geográfica del Pueblo Kichwa de Rukullakta.

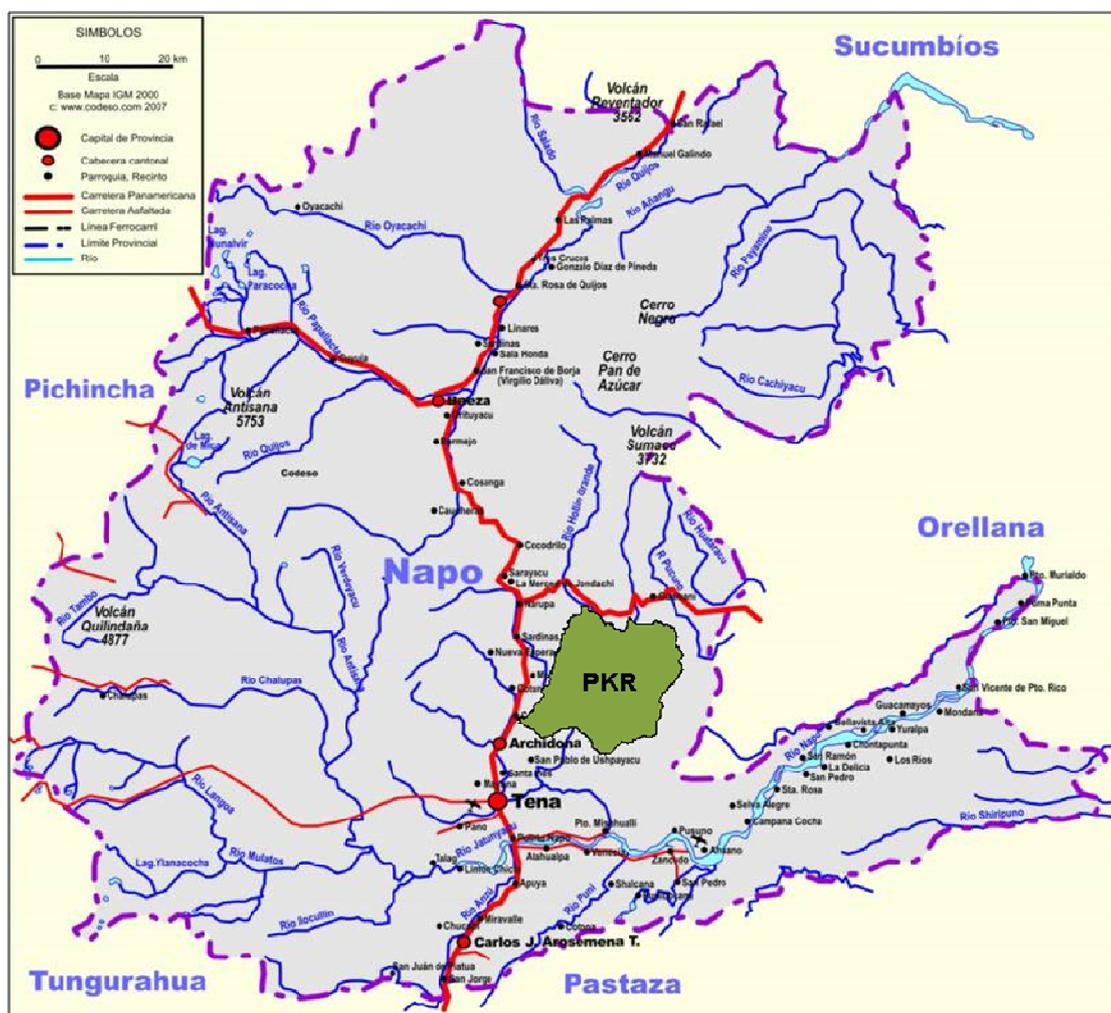


FIGURA 2.1. Provincia de Napo.

	Latitud	Longitud
Norte	0° 40' 13,28" S	77° 47' 19,23" W
Oeste	0° 52' 48,31" S	77° 42' 0,8" W
Este	0° 48' 56,66" S	77° 36' 24,47" W
Sur	0° 58' 26,62" S	77° 44' 11,92" W

TABLA 2.2. Coordenadas geográficas del Pueblo Kichwa de Rukullakta.

¹⁸ Fuente: Instituto Geográfico Militar (IGM)

¹⁹ Archivo.jpg realizado en software digital Arcview GIS 3.2

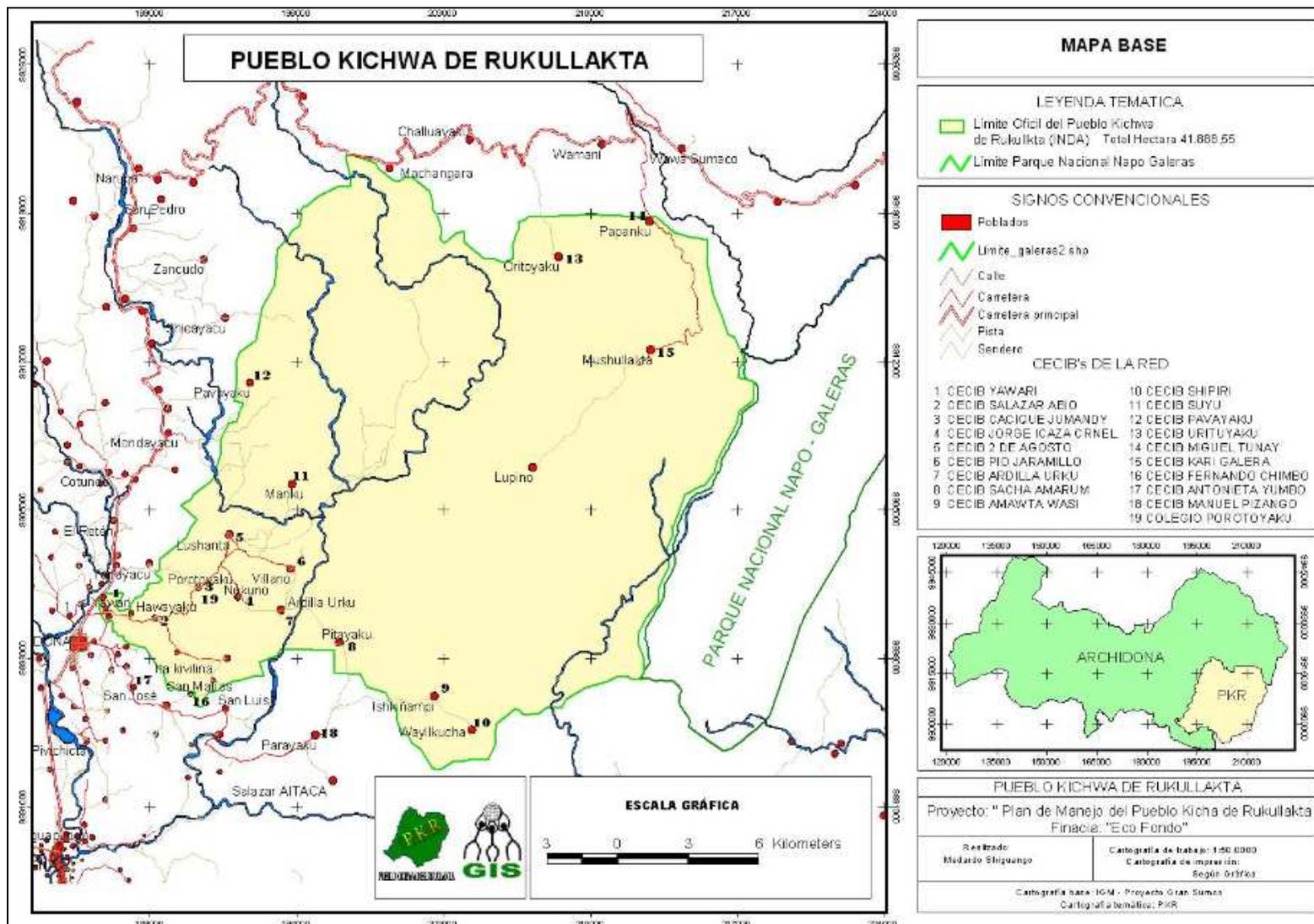


FIGURA 2.2. Ubicación geográfica del Pueblo Kichwa de Rukullakta.

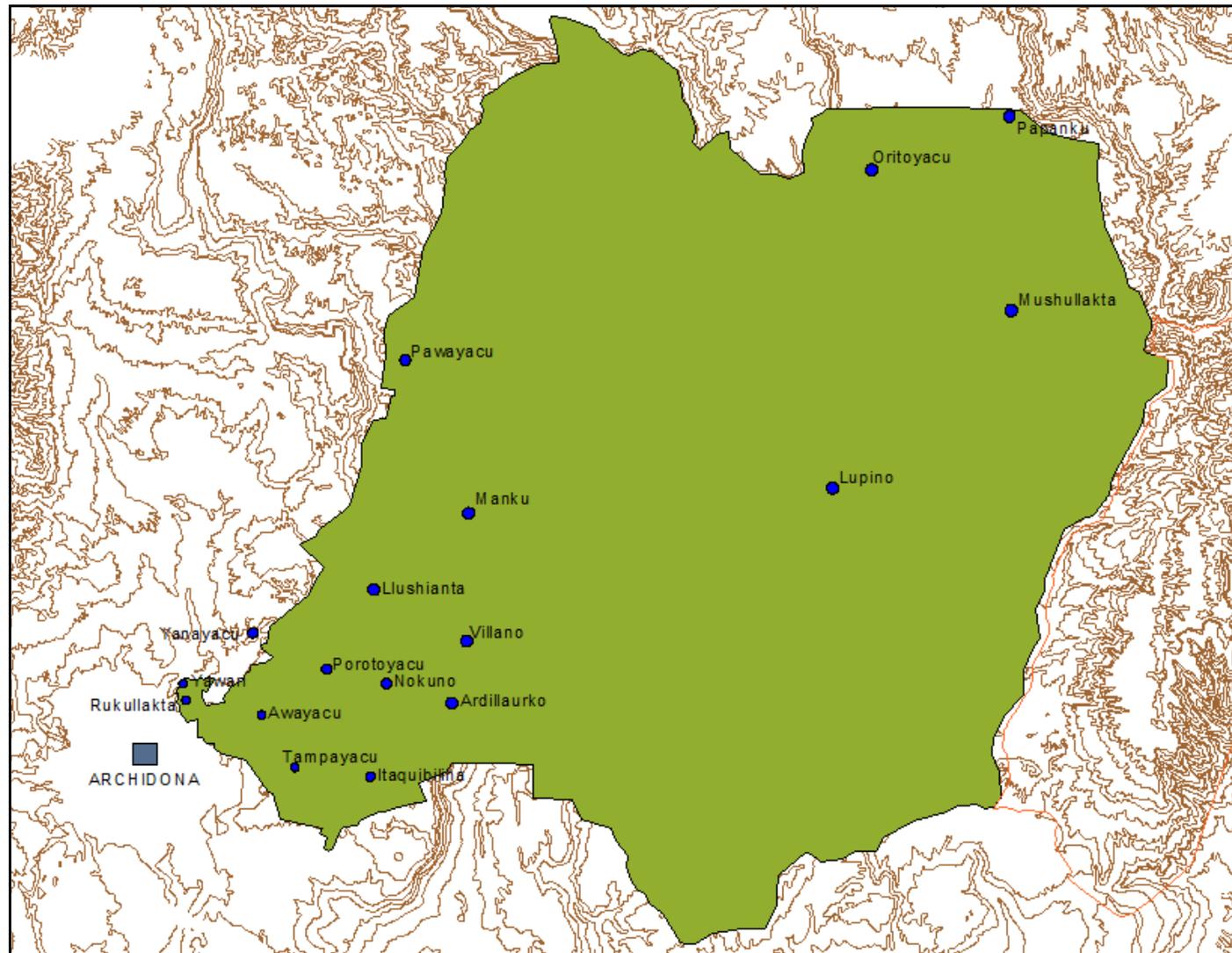


FIGURA 2.3. Delimitación geográfica del Pueblo Kichwa de Rukullakta.

2.2.1 RELIEVE

El territorio del Pueblo Kichwa de Rukullakta presenta un terreno irregular con pequeñas elevaciones, cierta cantidad de exuberante vegetación selvática propia de los bosques húmedos tropicales y una gran cantidad de ríos y quebradas.

2.2.2 CLIMA

Esta zona presenta un clima tropical húmedo con altas precipitaciones entre 2500 mm y 5500 mm anuales, con una media anual de 4143 mm y mensual de 345.2 mm. Las lluvias se presentan todo el año, acentuándose los meses comprendidos entre marzo y septiembre (invierno) y disminuyendo entre octubre y febrero.

La humedad relativa de la zona se encuentra entre el 85% y 95% y la temperatura varía entre 20°C y 42°C. Debido a estas condiciones climatológicas se presentan gran cantidad de insectos y hongos, por lo que se debe tomar en cuenta estos factores para el momento de implementar las soluciones energéticas.

2.2.3 HIDROGRAFÍA

El sistema hidrográfico de la zona, pertenece a la cuenca del Río Napo, el mismo que nace en el río Jatunyacu que recoge las aguas que vierten de los páramos del Cotopaxi, del Quilindaña y los deshielos del Antisana y después de recibir numerosos afluentes provenientes de la sub-cuenca del Río Misahuallí penetra al Perú para posteriormente desembocar en el Río Amazonas.

2.2.4 RECURSO HIDROCARBURIFERO

Dentro del área de acción del Pueblo Kichwa de Rukullakta, se conoce que existen cerca de 9 yacimientos petrolíferos, sin que se haya realizado estudios técnicos para determinar su potencial, debido a que el Estado ecuatoriano no ha concesionado este lugar a ninguna empresa petrolera.

2.2.5. ÁREAS PROTEGIDAS

El territorio del Pueblo Kichwa Rukullakta se encuentra asentado entre dos reservas ecológicas muy grandes e importantes: la Reserva Ecológica Antisana y el Parque Nacional Sumaco Napo – Galeras. Este territorio no forma parte de estas reservas ecológicas a pesar de su cercanía.

2.2.6. SERVICIOS BÁSICOS

2.2.6.1 Salud

Las comunidades cuentan con pequeños puestos de salud dirigidos por personas designadas por el Ministerio de Salud Pública del Ecuador, a través de los cuales se lleva a cabo programas de salud para las personas y sobre todo a los niños que habitan esta zona. Las comunidades que disponen de vías de acceso y transporte permanente tienen la facilidad de poder acceder a servicios de salud más especializados en centros de salud y hospitales de las ciudades de Archidona y Tena; pero las comunidades alejadas en donde el transporte es escaso, y en el peor de los casos ni siquiera existen vías de acceso, se producen graves problemas con respecto a salud.

2.2.6.2 Educación

Cada comunidad cuenta con una escuela primaria, las comunidades grandes poseen educación multidisciplinaria y las comunidades pequeñas y alejadas disponen de educación unidisciplinaria. Cabe destacar que la enseñanza es bilingüe (español y kichwa). Dentro del territorio del Pueblo Kichwa existen dos colegios, uno en la comunidad Papanku y otro en la comunidad Porotoyacu. El colegio de la comunidad Papanku es de gran ayuda para la educación secundaria de los habitantes de las comunidades que circundan a esta comunidad, dentro y fuera del territorio del Pueblo

Kichwa. El colegio de la comunidad Porotoyacu de igual forma sirve para la educación de las comunidades que se encuentran a su alrededor.

2.2.6.3 Agua potable y alcantarillado

La mayoría de comunidades del Pueblo Kichwa disponen de agua entubada sin tratar, solo unas cuantas tienen el servicio de agua potable entre ellas la comunidad Rukullakta, las comunidades que no disponen de este servicio, se abastecen directamente de ríos o pequeñas quebradas y en algunos casos simplemente de agua lluvia, que por lo general no escasea en esta zona.

2.2.6.4 Acceso, vialidad y transporte

El acceso al Pueblo es por la parte izquierda de la vía Quito - Baeza – Archidona; 2 km antes de llegar a la población de Archidona existe un desvío (500 m) que lleva a la comunidad Rukullakta, lugar donde se encuentra la sede social de esta organización.

En lo que respecta a carreteras, 12 de las 17 comunidades posee vías lastradas de segundo orden, por lo general en buen estado. Las restantes 5 comunidades poseen únicamente senderos y caminos de herradura y en algunos casos en muy mal estado, por medio de los cuales se comunican con las principales vías de acceso, por donde circula el transporte público que enlaza esta zona.

El transporte para las comunidades que se encuentran cerca de la población de Archidona es relativamente continuo durante el día y todos los días de la semana. En cambio las comunidades alejadas únicamente poseen un bus al día para entrar o salir de la comunidad.

2.2.6.5 Servicio eléctrico

Once de estas comunidades poseen el servicio de energía eléctrica a cargo de la Empresa Eléctrica Ambato S.A. (EEA S.A.). Todas ellas se encuentran relativamente cerca de la población de Archidona. Además tienen servicio las que poseen vías de acceso.

2.2.6.6 Telefonía y comunicaciones

Las comunidades que se encuentran relativamente cerca a la vía Baeza – Archidona y cerca de la población de Archidona poseen telefonía fija por parte de CNT y celular por parte de las empresas Porta y Movistar; en cambio las comunidades alejadas de los sectores antes señalados, no disponen de este servicio.

Además, las comunidades tienen cobertura de radio emisoras, desde Archidona y Tena, cuyas frecuencias son sintonizadas por los pobladores con pequeños receptores.

Ninguna comunidad del Pueblo Kichwa de Rukullakta posee el servicio de Internet, y los puntos de comunicación más cercanos están ubicados en los municipios de Archidona, El Chaco, Tena, Las Juntas Parroquiales de Ushpayacu.

2.2.7 DISTRIBUCIÓN DE LAS COMUNIDADES DEL PUEBLO KICHWA DE RUKULLAKTA

En la **FIGURA 2.4**²⁰ se observa la distribución de las comunidades del Pueblo Kichwa de Rukullakta.

²⁰ Archivo.jpg realizado en software digital Arcview GIS 3.2

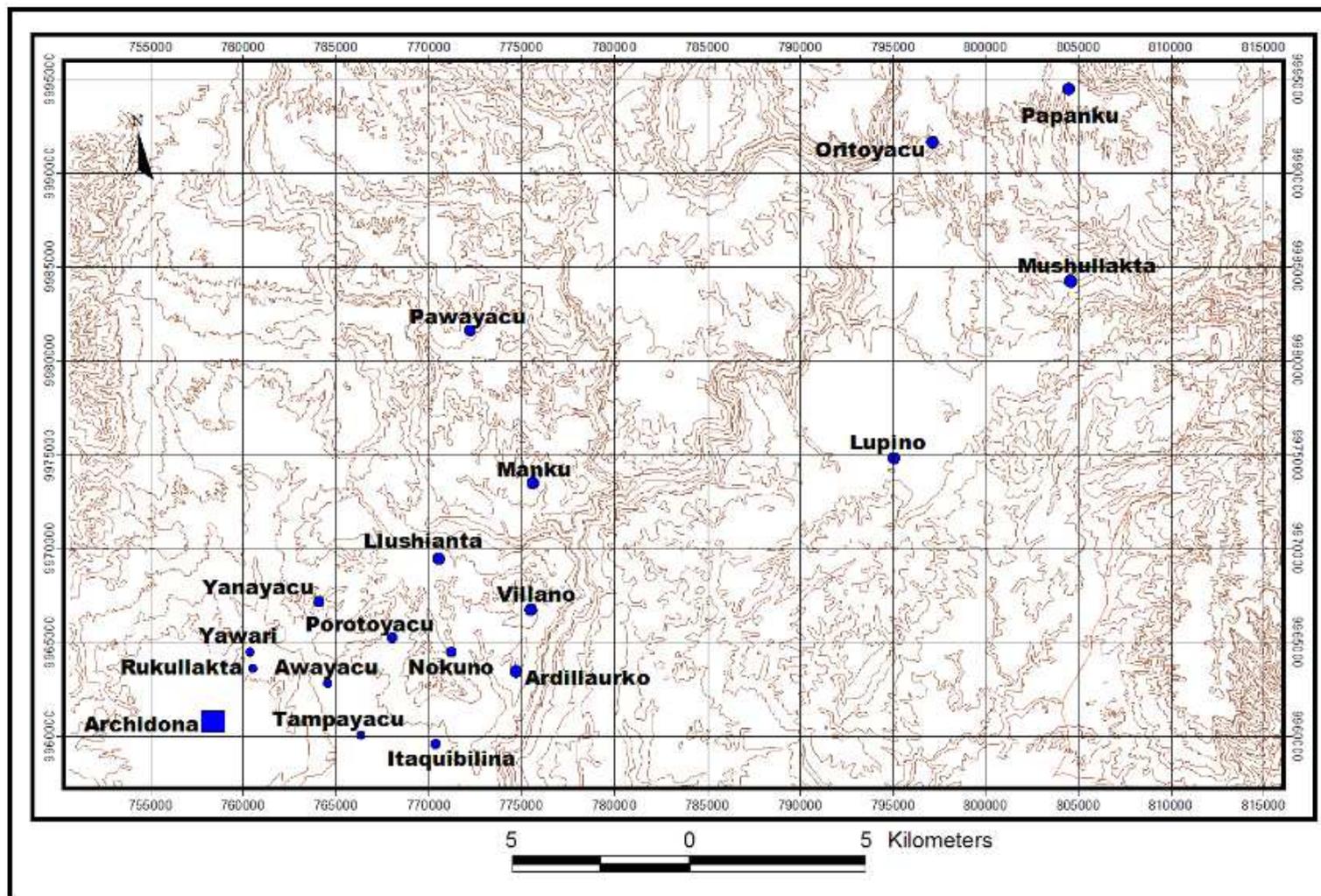


FIGURA 2.4. Distribución de las comunidades del Pueblo Kichwa de Rukullakta.

2.3 PLANIFICACIÓN DEL DISEÑO DE LA RED

El diseño de una red inalámbrica de banda ancha tiene como elementos principales: el transmisor que envía la señal digital modulada a la frecuencia adecuada; el canal aéreo que es el camino seguro entre el transmisor y receptor; y el receptor que captura la señal y la convierte a su señal original. Para llevar a cabo el diseño de la red existen varios factores que deben ponerse a consideración:

- **Zona geográfica y orografía del terreno.** En el caso de una gran área, la distancia es un factor limitante en la propagación de la señal; aún así, otro factor clave lo constituye el follaje, entonces si el haz del radioenlace se obstruye por aquello, el impacto sobre el nivel de señal es significativo. A frecuencias centimétricas, la situación es más crítica. A estas frecuencias tan elevadas no existe prácticamente difracción y cualquier pequeño obstáculo provoca la reflexión del haz, por lo que estos sistemas necesitan diseñarse con visión directa entre las antenas (LoS).
- **Densidad de terminales.** Para aumentar el porcentaje de abonados que pueden ser cubiertos se emplean torres ubicadas en los puntos bases más altos y edificios elevados donde se sitúan las antenas, así como repetidores secundarios de baja potencia para alimentar zonas inaccesibles.
- **Calidad de servicio.** Adicionalmente a los efectos de bloqueo del haz, el solapamiento entre celdas o la redundancia del sistema también afectan a la calidad del servicio; contemplado esto se puede garantizar que el abonado situado cerca del borde de la celda pueda recibir servicio de múltiples direcciones. La calidad de servicio o fiabilidad se mide por medio del porcentaje de tiempo que el sistema funciona correctamente. Los valores típicos de la calidad del servicio oscilan entre el 99,9 % y el 99,999 %.

- **Balance de potencias.** El balance de potencias se utiliza para estimar la distancia máxima de la estación base a la que debe situarse un terminal para mantener una determinada calidad de señal y confiabilidad del enlace. (En este cálculo intervienen todas las ganancias y pérdidas del sistema, incluyendo transmisores, repetidores, antenas, propagación en espacio libre, convertidores de frecuencia, amplificadores, desvanecimientos por lluvia o vegetación, etc.)

- **Tamaño y número de celdas.** El tamaño máximo de celda para servir un área está relacionado al nivel de confiabilidad deseado obtenido a partir del presupuesto del enlace. El tamaño de la celda puede variar dentro del área de cobertura por cuestiones de tráfico debido al tipo de la antena, su altura y pérdida de señal.

2.3.1 METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DE UN RADIO ENLACE

2.3.1.1 Consideraciones para la ubicación de las antenas

Por lo general, las antenas pueden estar ubicadas en las estaciones base o en las estaciones terminales.

Cualquier lugar donde se pretenda instalar una estación base, deberá contar con las siguientes condiciones para ofrecer una buena cobertura:

- Instalación en un sitio de gran altura dentro del área de cobertura.
- Buena infraestructura física, es decir una caseta de hormigón armado.
- Torre que se encuentre cerca de la caseta para colocar las antenas de comunicaciones.
- Accesibilidad vial.
- Energía eléctrica transportada.
- Facilidades de instalar estructuras o torres adicionales si fuese necesario.

- Seguridad y condiciones para mantener los equipos electrónicos en buen estado y con correcto funcionamiento.

La estación base, debe estar ubicada en un lugar específico dentro de la zona de cobertura de la estación terminal.

Cualquier lugar donde se pretenda instalar una estación terminal, deberá contar con las siguientes condiciones para su correcto funcionamiento:

- Instalación en un sitio libre de humedad.
- Alimentación eléctrica.
- Facilidad para colocar una estructura para la antena de comunicaciones.
- Seguridad y condiciones para mantener los equipos electrónicos en buen estado y con correcto funcionamiento.

2.3.1.2 Determinación del Perfil Topográfico

La obtención del diagrama de perfil es esencial, ya que permite determinar las posibles obstrucciones del enlace y por consiguiente su factibilidad. Existen dos maneras básicas de establecer el perfil del terreno para un enlace:

El primero, utilizando mapas topográficos adquiridos por lo general en el IGM; sobre los cuales hay que ubicar la estación base y la estación terminal. Después unir con una línea recta dichos puntos y finalmente tomar medidas cada vez que la recta se cruce con las curvas de nivel²¹, con el fin de levantar el diagrama de perfil del enlace.

La segunda opción es emplear un mapa digital topográfico del sector, y con la ayuda de un software obtener el perfil del enlace.

²¹ Una curva de nivel es una línea cerrada (o contorno) que une puntos de igual altura. Las curvas de nivel constituyen el mejor método para representar gráfica y cuantitativamente la forma de la superficie del terreno en un plano.

Para el diseño de la red se ha elegido la segunda opción, ya que se cuenta con un mapa topográfico digital de la zona proporcionado por el Pueblo Kichwa de Rukullakta.

Por otro lado, para la manipulación de este mapa digital se emplea el software “ArcView GIS 3.2”. La cual es una herramienta GIS fácil de manejar, que ofrece opciones de análisis espacial y tratamiento de datos geográficos. Permite representar datos por georeferenciación sobre una cartografía, analizar las características y patrones de distribución de esos datos, y generar informes finales con los resultados.

Mediante la utilización del ArcView GIS 3.2 se obtiene las coordenadas geográficas de los puntos deseados, sus alturas, distancias, entre otros. En la **FIGURA 2.5** se observa un bosquejo del ArcView GIS 3.2.

Para la determinación del diagrama de perfil se emplea un software propietario de Motorola, denominado “Motorola PTP LINKPlanner”. Este software es una aplicación para los equipos Canopy PTP 400, PTP 500 y PTP 600, sin embargo también se lo emplea para enlaces PMP. El uso del PTP LINKPlanner ayuda a predecir dónde y cómo trabajarán los equipos Canopy.

A través del PTP LINKPlanner se puede observar características importantes de un enlace, tales como: frecuencias, potencias de los equipos, la zona de Fresnel, reflexión, distancia entre las estaciones, altura de sus estaciones, así como las posibles alturas a las cuales deben colocarse las antenas para que sea posible el enlace. Lo más importante de este programa es su interactividad, ya que se puede variar todos los parámetros antes mencionados, y a través de ello simular distintas condiciones del enlace. En la **FIGURA 2.6** se puede ver la ventana principal del Motorola PTP LINKPlanner.

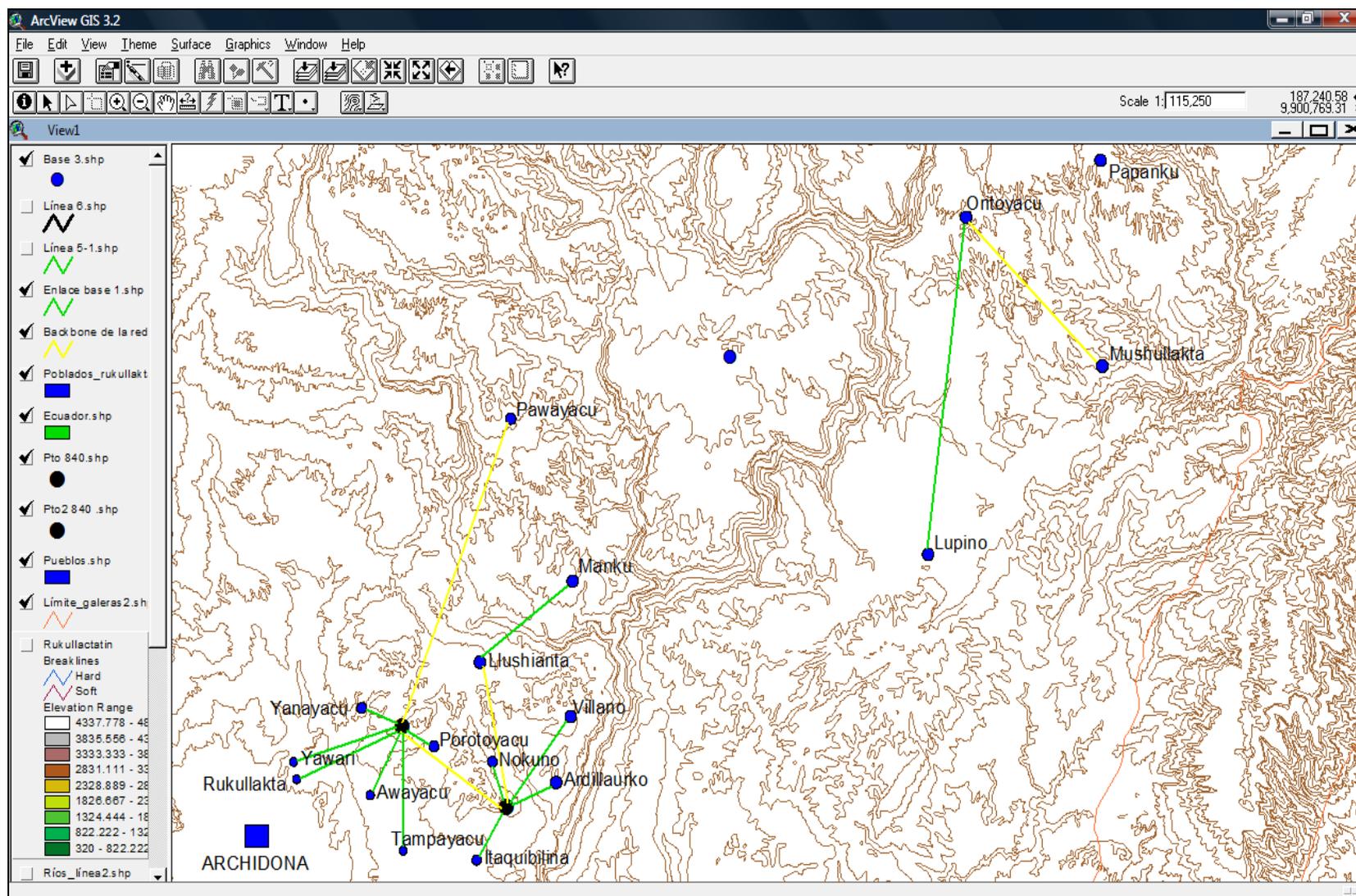


FIGURA 2.5. Ventana principal del software ArcView GIS 3.2.

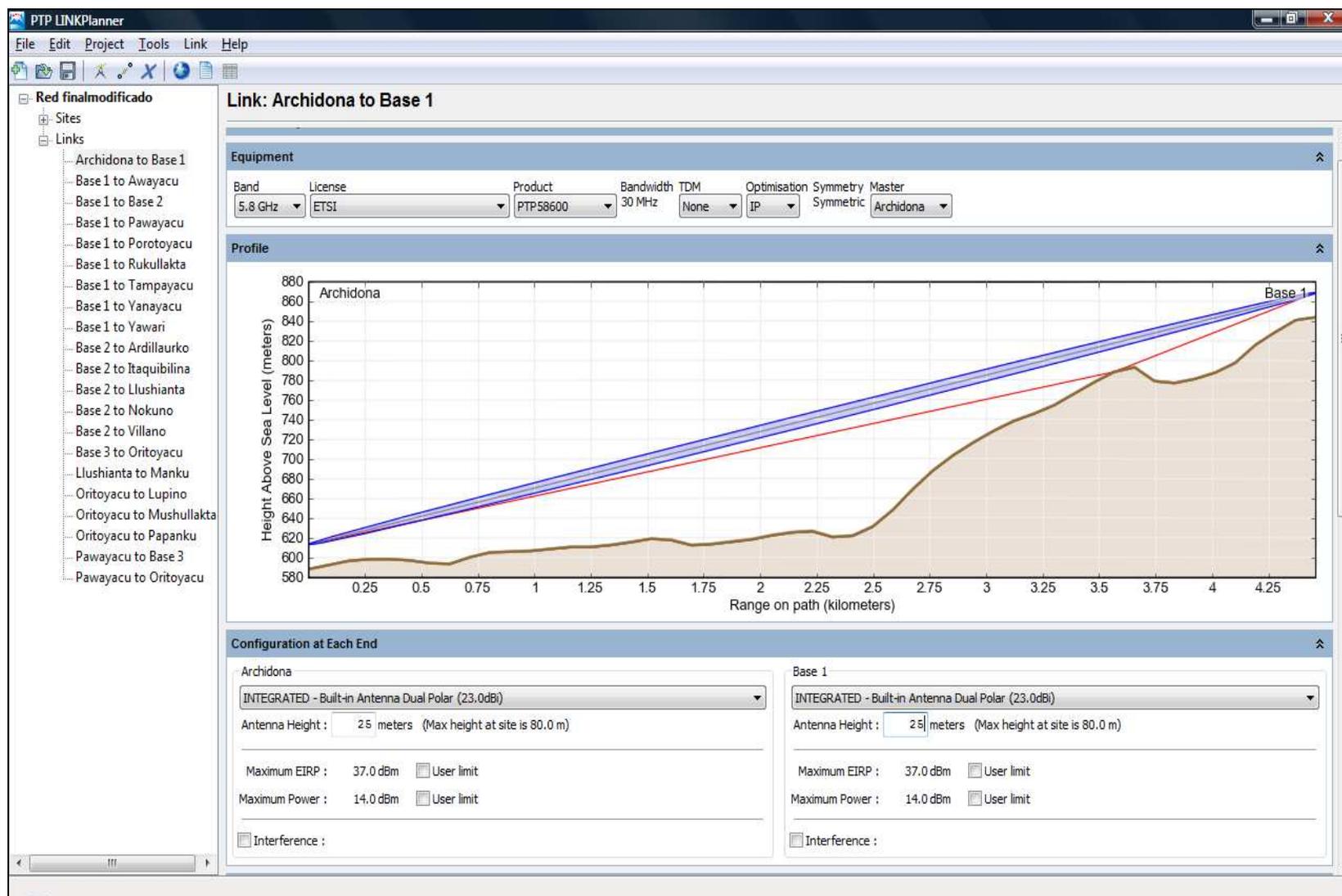


FIGURA 2.6. Ventana principal del software Motorola PTP LINKPlanner.

2.3.1.3 Determinación de las alturas para la ubicación de las antenas

2.3.1.3.1 Coeficiente de corrección de curvatura terrestre (K)

En una atmósfera normal, las ondas radioeléctricas, por efecto de la refracción existente se curvan hacia abajo, por ello se ha definido el factor de radio efectivo de la tierra K que permite suponer a la onda en una propagación rectilínea y a la Tierra con un radio aparente distinto al radio real.

Como el factor K se relaciona directamente con el gradiente de refractividad, el cual a la vez depende de la temperatura y presión atmosférica de la zona geográfica, el valor de K variará. Considerando esto, el valor medio de K para el 50% del tiempo es 4/3, el correspondiente a la llamada atmósfera estándar y que en estas condiciones se liberará el 100% de la 1era zona de Fresnel. Para el diseño se empleará este valor de K.

2.3.1.3.2 Cálculo del abultamiento (c)

Cuando se establece un enlace dentro de un perfil lineal es conveniente considerar la curvatura de la tierra, ya que el horizonte cambia su curvatura debido a variaciones del índice de refracción (K).

Por esta razón y para que esté de acuerdo a la realidad del entorno del enlace, se ha visto necesario utilizar la **Ecuación 2.1** en función directa de las distancias y en función inversa del valor de K y del valor del radio de la tierra, consiguiendo así un perfil topográfico corregido.

$$c = \frac{d_1 \times d_2}{2 \times K \times a} \times \frac{1000}{1} \text{ [m]}$$

Ecuación 2.1²²

²² Ing. CEVALLOS, Mario: "SISTEMAS RADIANTES", Escuela Politécnica Nacional, 2007.

Donde:

- c: Abultamiento [m].
- a: Radio de la tierra y equivale a 6370 [Km].
- K: Factor de corrección de curvatura terrestre equivalente a 4/3.
- d_1 : Distancia desde un sitio cercano hasta donde está el obstáculo o altura considerada [Km].
- d_2 : Distancia total menos d_1 [Km].

2.3.1.3.3 Zona de Fresnel (r_{F1})

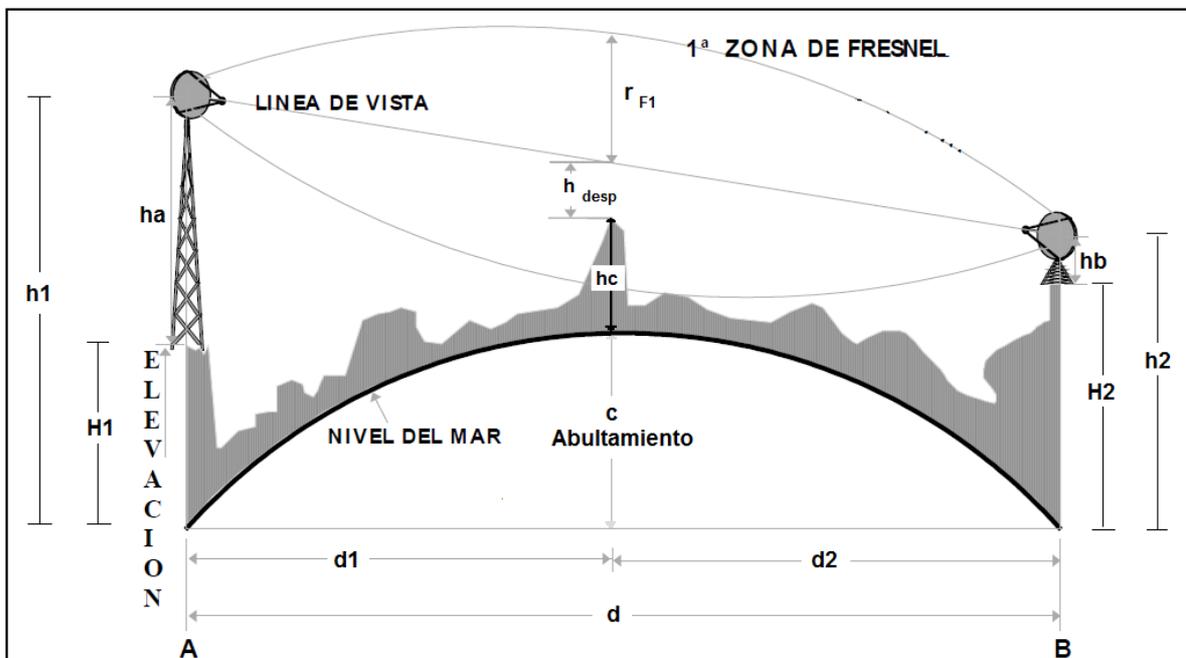


FIGURA 2.7. Zona de Fresnel.

Área elíptica de despeje adicional, donde las ondas electromagnéticas se propagan una distancia d con una señal portadora de frecuencia y a una altura r_{F1} por encima y debajo de la línea recta del pasaje visual entre los puntos a interconectar (emisor y receptor RF), tal como se puede observar en la FIGURA 2.7²³.

²³ http://www.uaz.edu.mx/cippublicaciones/eninvie/Corr1_CITEDI.pdf

Las ondas electromagnéticas, debido a su expansión, provocan reflexiones y cambios de fase al pasar sobre un obstáculo, resultando así, atenuaciones por difracción o sombra las cuales si son elevadas pueden llevar a la inviabilidad del enlace. Por esta razón, es muy importante en el cálculo, tener en cuenta la primera zona de Fresnel, ya que allí se encuentra concentrada la mayor cantidad de energía y de esta manera se asegura un 60 % de la zona sin obstrucción.

Aunque resulta conveniente mantener despejado, al menos, el 80% de la primera zona de Fresnel para conseguir el máximo alcance. También es necesario considerar que, si la frecuencia disminuye, el tamaño de la zona de Fresnel se incrementa, si la longitud del camino se incrementa, el tamaño de la zona de Fresnel disminuye, y que el radio de la zona de Fresnel es mayor a mitad del camino y debe estar libre de obstáculos.

r_{F1} está definida por la siguiente ecuación:

$$r_{F1} = 547,72 \sqrt{\frac{d_1 \times d_2}{d \times f}} \text{ [m]}$$

Ecuación 2.2²⁴

Donde:

- r_{F1} : Radio de la primera zona de Fresnel [m].
- d_1 : Distancia desde la antena de transmisión hasta el obstáculo [Km].
- d_2 : Distancia desde el obstáculo en la trayectoria hasta la antena de recepción [Km].
- d : Distancia total del enlace ($d_1 + d_2$) [Km].
- f : Frecuencia en [MHz].

²⁴ <http://bieec.epn.edu.ec:8180/dspace/bitstream/123456789/1389/5/T%2011285%20CAPITULO%203.pdf>

2.3.1.3.4 Establecimiento de la altura de las antenas

Para establecer la altura ideal donde se situarán las antenas, es indicado seleccionar el criterio más apropiado que satisfaga los requisitos previamente establecidos y las consideraciones que involucran el uso de los equipos. Posteriormente se considera el enlace "despejado" y solo se tiene en cuenta la atenuación del espacio libre. La **Ecuación 2.3** reúne todos los parámetros que se necesitan para el cálculo de la altura de las antenas frente a un obstáculo.

$$h_b \geq (H_1 + h_a) \left(1 - \frac{d}{d_1}\right) - H_2 + \frac{d}{d_1} (h_c + r_{F1} + c) \text{ [m]}$$

Ecuación 2.3²⁵

Donde:

- h_a : Altura de la antena en la estación A [m].
- h_b : Altura de la antena en la estación B [m].
- H_1 : Altura del terreno sobre el nivel del mar en el punto más bajo [m].
- H_2 : Altura del terreno sobre el nivel del mar en el punto más alto [m].
- h_c : Altura de la cumbre u obstáculo [m].
- d_1 : Distancia desde la estación de menor altura hasta el obstáculo [km].
- d : Distancia entre las estaciones A y B [km].
- r_{F1} : Radio de la primera Zona de Fresnel [m].
- c : Abultamiento de la tierra sobre el obstáculo [m].

Si en la estación A y/o en la estación B hubiese ya otra altura de antenas, impuesta por otro u otros radioenlaces existentes, se optimiza la altura en el lado opuesto. En todo caso es conveniente mantener una altura mínima de antenas de 12 metros, que permite salvar árboles, proporcionando un cierto margen de seguridad contra el crecimiento de estos.

²⁵ Ing. CEVALLOS, Mario: "SISTEMAS RADIANTES", Escuela Politécnica Nacional, 2007.

2.3.1.3.5 Valor de despeje (h_{desp}) y Margen de Seguridad (MS)

Cuando la primera zona de Fresnel es obstruida total o parcialmente por un obstáculo produce una pérdida debido a la difracción, por lo que es necesario determinar el nivel de despeje, como se puede observar en la **FIGURA 2.8**²⁶, donde el valor de despeje h_{desp} está entre el rayo directo entre las antenas y el obstáculo. De esta manera cuando $h_{\text{desp}} < 0$ hay interceptación del rayo contra el obstáculo y cuando $h_{\text{desp}} > 0$ el rayo pasa por encima del obstáculo.

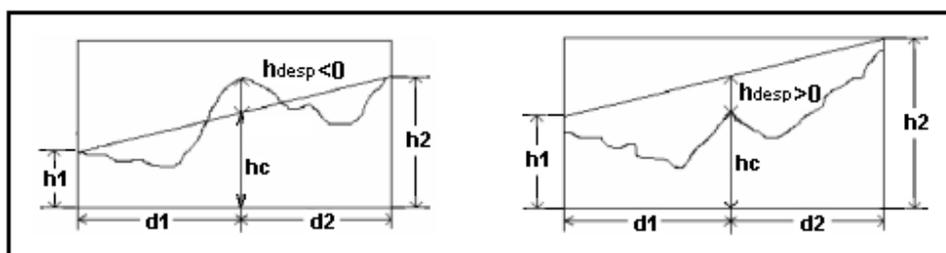


FIGURA 2.8. Despeje.

h_{desp} está definida por la siguiente ecuación:

$$h_{\text{desp}} = h_1 + \frac{d_1}{d}(h_2 - h_1) - (h_c + c) \text{ [m]}$$

Ecuación 2.4 ²⁷

Donde:

h_{desp} : Valor de despeje [m].

h_1 : Altura del terreno sobre el nivel del mar en el punto más bajo más la altura de la antena en la estación A [m].

h_2 : Altura del terreno sobre el nivel del mar en el punto más alto más la altura de la antena en la estación B [m].

h_c : Altura de la cumbre u obstáculo [m].

d_1 : Distancia desde la estación de menor altura hasta el obstáculo [km].

²⁶ <http://bieec.epn.edu.ec:8180/dspace/bitstream/123456789/930/5/T10693CAP3.pdf>

²⁷ Ing. CEVALLOS, Mario: "SISTEMAS RADIANTES", Escuela Politécnica Nacional, 2007.

- d: Distancia entre las estaciones A y B [km].
 c: Abultamiento de la tierra sobre el obstáculo [m].

Luego se deberá calcular el margen de seguridad, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$MS\% = \left[1 + \frac{(h_{\text{desp}} - r_{F1})}{r_{F1}} \right] \times 100$$

Ecuación 2.5²⁸

Donde:

- MS: Margen de Seguridad [%].
 h_{desp} : Valor de despeje [m].
 r_{F1} : Radio de la primera Zona de Fresnel [m].

Al obtener el resultado se pueden considerar que sí:

- *MS* es positivo o cero: Se tiene condiciones de espacio libre. Y que si su valor es mayor a 60%, la zona de Fresnel está garantizada; de otra forma se debe despejar la zona cambiando la altura de las antenas.
- *MS* es negativo: Se produce atenuación por difracción o sombra.

2.3.1.3.6 Potencia Isotrópica Radiada Efectiva (PIRE)

El PIRE es la potencia equivalente que requeriría aportar el transmisor a una antena isotrópica para radiar lo mismo que otra antena, para ello se combina la potencia del transmisor con la ganancia de la antena en una dirección determinada. En el diseño, debido a que se va a operar en la banda U-NII, la potencia para los módulos posee diferentes niveles dependiendo de la banda específica, y está ligada a la cantidad de ancho de banda que se utilice; así mismo se debe indicar que el uso de reflectores incrementará el P.I.R.E.

²⁸ <http://bieec.epn.edu.ec:8180/dspace/bitstream/123456789/930/5/T10693CAP3.pdf>

2.3.1.3.7 Ganancia de las antenas

La Ganancia de una antena es la tendencia a concentrar la señal de resonancia o la potencia radiada en una dirección tal, hacia donde se desee sea su mayor grado de alta concentración o difusión, siendo esta medida realizada normalmente en decibelios (dB). De lo que se puede decir que una antena es altamente direccional, cuando posee una elevada ganancia, mientras que una omnidireccional tiene lo contrario. Las antenas de los módulos Canopy, para el diseño, tienen una ganancia de 23 dBi.

2.3.1.3.8 Pérdida de trayectoria de espacio libre (FSL)

Las ondas de radio al propagarse en el espacio experimentan cierta atenuación, que se traduce en pérdidas, a medida que aumenta su trayectoria entre dos antenas. Si asumimos que son usados dos radiadores isotrópicos como antenas transmisora y receptora, entonces las pérdidas en el espacio libre (FSL) entre ellas, se puede expresar como:

$$FSL = 92.44 + 20 \log f + 20 \log d \text{ [dB]}$$

Ecuación 2.6²⁹

Donde:

FSL: Pérdida de trayectoria de espacio libre [dB].

f: Frecuencia en [GHz].

d: Distancia entre las estaciones A y B [km].

2.3.1.3.9 Pérdidas por cable coaxial

Cuando se emplea un cable coaxial para conectar el transmisor de radio a una antena; y si es usado como un conductor de ondas de radio frecuencias RF, actúa de

²⁹ <http://bieec.epn.edu.ec:8180/dspace/handle/123456789/940>

la misma manera que una línea de transmisión, y en tales circunstancias la transferencia máxima de la energía entre el transmisor y la antena solamente tiene lugar cuando todos los elementos de circuito tienen la misma impedancia. Si se usa un cable de otra impedancia, parte de la señal de radio (la energía) se reflejará hacia el transmisor introduciendo pérdidas adicionales.

Para determinar pérdidas por cable, es recomendable hacerlo en base a las especificaciones de los fabricantes. Denominadas también pérdidas de acoplamiento (Branching) ó ramificaciones (dB). Canopy recomienda se tome el valor de 3 dB para este parámetro.

2.3.1.3.10 Potencia nominal de recepción (P_{RX})

A fin de determinar el rendimiento del enlace es preciso conocer el nivel nominal de señal que llega a la antena receptora. Para calcular dicho parámetro se debe considerar la potencia del transmisor, las atenuaciones, y las ganancias de las antenas (en la dirección de máxima directividad), tal como se muestra en la siguiente ecuación.

$$P_{RX} = P_{TX} - A_{BTK} + G_{TX} - FSL - A_{BRX} + G_{RX} \text{ [dBm]}$$

Ecuación 2.7³⁰

Donde:

P_{RX} : Potencia nominal de recepción [dBm].

P_{TX} : Potencia de transmisión [dBm].

FSL: Pérdidas de trayectoria en el espacio libre entre antenas [dB].

A_{BRX} : Pérdida de acoplamiento (Branching) ó ramificaciones [dB].

G_{TX} : Ganancia de la antena de transmisión [dBi].

G_{RX} : Ganancia de la antena de recepción [dBi].

³⁰ <http://bieec.epn.edu.ec:8180/dspace/handle/123456789/940>

2.3.1.3.11 Margen de umbral del sistema (M_U)

Para entender mejor este parámetro, es conveniente indicar que el umbral (P_U) es el valor de la potencia recibida por el receptor que asegura una tasa de error BER de 10^{-3} ó 10^{-6} , dato que generalmente es proporcionado en el equipo, como en el caso del sistema Canopy que trabaja con $P_U = -94\text{dBm}$. De esta manera, el margen de umbral del sistema (M_U) es una medida de la confiabilidad del sistema, que se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$M_U = P_{RX} - P_U \text{ [dB]}$$

Ecuación 2.8³¹

Donde:

M_U : Margen de umbral del sistema [dB].

P_{RX} : Potencia nominal de recepción [dBm].

P_U : Umbral [dBm].

Se puede entender que P_{RX} debe ser mayor que P_U para que un enlace funcione, siendo esta una condición necesaria pero no suficiente ya que no garantiza que el valor de M_U sea capaz de cubrir el desvanecimiento.

2.3.1.3.12 Margen de desvanecimiento (FM)

El margen de desvanecimiento (FM) es uno de los factores más importantes en la determinación de la ganancia de un sistema, que considera la propagación simultánea de la señal por múltiples rutas, la sensibilidad a la rugosidad del terreno y las condiciones climáticas, las cuales pueden producir alteraciones en los enlaces. La ecuación que relaciona todo aquello es:

³¹ <http://bieec.epn.edu.ec:8180/dspace/bitstream/123456789/930/5/T10693CAP3.pdf>

$$FM = 30 \log d + 10 \log (6 A B f) - 10 \log (1 - R) - 70 \text{ [dB]}$$

Ecuación 2.9³²

Donde:

- FM: Margen de desvanecimiento (dB).
 30 log (d): Diversidad modal o efecto de trayectoria múltiple.
 d: Distancia entre los sitios a establecer el enlace [Km].
 f: Frecuencia de operación [GHz]
 10 log (1-R): Objetivo de confiabilidad para un salto de 400 Km.

- R = confiabilidad en decimales.
- 1-R = objetivo de confianza.

$$(1 - R) = \frac{0.0001 \times d}{400}$$

Ecuación 2.10³³

10 log (6ABf): Sensibilidad del terreno.

FACTOR	VALOR	CONDICIONES
A	4	Terreno muy liso inclusive sobre agua.
	3	Sembrados densos, pastizales, arenales
	2	Bosques (propagación va por encima).
	1	Terreno promedio con alguna rugosidad.
	1/4	Terreno muy rugoso y montañoso.
B	1	Áreas marinas o con condiciones de peor mes, anualizadas.
	1/2	Áreas cálidas o húmedas.
	1/4	Áreas continentales promedio.
	1/8	Áreas muy secas o montañosas.

TABLA 2.3. Factores A y B.

³² <http://bieec.epn.edu.ec:8180/dspace/bitstream/123456789/930/5/T10693CAP3.pdf>

³³ <http://bieec.epn.edu.ec:8180/dspace/bitstream/123456789/930/5/T10693CAP3.pdf>

Para que un radio enlace tenga un buen desempeño se debe cumplir con la siguiente condición:

$$M_U = P_{RX} - P_U \geq FM$$

$$M_U \geq FM$$

Ecuación 2.11³⁴

2.3.1.3.13 Confiabilidad (R)

La confiabilidad puede definirse como la capacidad de un componente, equipo o sistema de no fallar durante un determinado período de tiempo, es decir, nos permitirá determinar el porcentaje de tiempo que el radio enlace estará disponible, como se muestra en las siguientes ecuaciones:

$$P = 6 \times 10^{-7} \times A \times f_{(\text{GHz})} \times d_{(\text{Km})}^3 \times 10^{-FM/10}$$

Ecuación 2.12³⁵

$$R = 1 - P$$

Ecuación 2.13³⁶

Donde:

- R: Confiabilidad del sistema.
- P: Porcentaje de indisponibilidad del sistema.
- f: Frecuencia de la portadora en [GHz].
- d: Longitud del trayecto en [Km].
- FM: Margen de desvanecimiento.
- A: Factor de rugosidad.

³⁴ <http://bieec.epn.edu.ec:8180/dspace/bitstream/123456789/930/5/T10693CAP3.pdf>

³⁵ <http://bieec.epn.edu.ec:8180/dspace/bitstream/123456789/930/5/T10693CAP3.pdf>

³⁶ <http://bieec.epn.edu.ec:8180/dspace/bitstream/123456789/930/5/T10693CAP3.pdf>

2.4 DISEÑO DE LA RED

El diseño es una meta a cumplir en la cual se definirá el performance (desempeño) básico de la red, el tamaño del área de servicio, el ancho de banda apropiado, el número requerido de estaciones base que conformarán la red, la configuración aproximada de los equipos y consideraciones generales que se deberá tomar en cuenta.

2.4.1 UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES

Considerando que la red a diseñar no cuenta con alguna infraestructura preestablecida, el objetivo principal por el momento es determinar puntos estratégicos en el territorio del Pueblo Kichwa de Rukullakta para ubicar a las estaciones.

Para ubicar a las estaciones base se ha empleado el ArcView GIS3.2, ya que es un software que permite ubicar con cierta facilidad los puntos más altos dentro de un espacio de terreno. Los puntos hallados se pueden ver en la **TABLA 2.4** y son los siguientes:

	Latitud	Longitud	Altura (m)
Base 1	0°53' 1,2" S	77°46' 10,9" W	844,2
Base 2	0°54' 8,1" S	77°44' 33,7" W	838,1
Base 3	0°48' 9,2" S	77°41' 14,6" W	962,3

TABLA 2.4. Estaciones base.

A las estaciones base escogidas, se suman las estaciones terminales que deben ir ubicadas en cada comunidad. De igual manera mediante el ArcView GIS3.2 se ubicaron las coordenadas geográficas, así como las alturas de dichas comunidades, tal como se puede ver en la **TABLA 2.5**.

	Latitud	Longitud	Altura (m)
Ardillaurko	0° 53' 47" S	77° 43' 53,3" W	784,4
Awayacu	0° 53' 56,7" S	77° 46' 36,2" W	658,1
Itaquibilina	0° 54' 47,2" S	77° 44' 57,2" W	714,8
Llushianta	0° 52' 2,1" S	77° 44' 59,5" W	819,7
Lupino	0° 50' 32,9" S	77° 38' 5,7" W	964,4
Manku	0° 50' 53,8" S	77° 43' 31,4" W	801,9
Mushullakta	0° 47' 54,4" S	77° 35' 16,7" W	954
Nokuno	0° 53' 27,3" S	77° 44' 41,8" W	798,8
Oritoyacu	0° 45' 49,8" S	77° 37' 27,6" W	1041,7
Papanku	0° 44' 57,9" S	77° 35' 24,7" W	1053,1
Pawayacu	0° 48' 55,3" S	77° 44' 32,5" W	892,7
Porotoyacu	0° 53' 13,9" S	77° 45' 44" W	754,4
Rukullakta	0° 53' 47,7" S	77° 47' 50,8" W	614,3
Tampayacu	0° 54' 44,7" S	77° 46' 5,8" W	649,4
Villano	0° 52' 47,7" S	77° 43' 34,7" W	825,5
Yanayacu	0° 52' 45,9" S	77° 46' 47,8" W	741,8
Yawari	0° 53' 31,4" S	77° 47' 52,4" W	624,3

TABLA 2.5. Estaciones terminales.

A las estaciones base y estaciones terminales, se suma una estación que se debe ubicar en Archidona; ya que desde ahí se va a difundir el servicio de internet al resto de comunidades. Se ha seleccionado a Archidona como la estación más importante porque es una localidad en donde se concentran la mayoría de servicios en lo que a comunicaciones se refiere. En la **TABLA 2.6** se observa las coordenadas geográficas y altura de Archidona obtenidas con la ayuda del ArcView GIS3.2.

	Latitud	Longitud	Altura (m)
Archidona	0°54' 17,1" S	77°48' 13,7" W	588,4

TABLA 2.6. Estación Archidona.

En la **FIGURA 2.9** se puede ver a todas las estaciones para el diseño de la red.

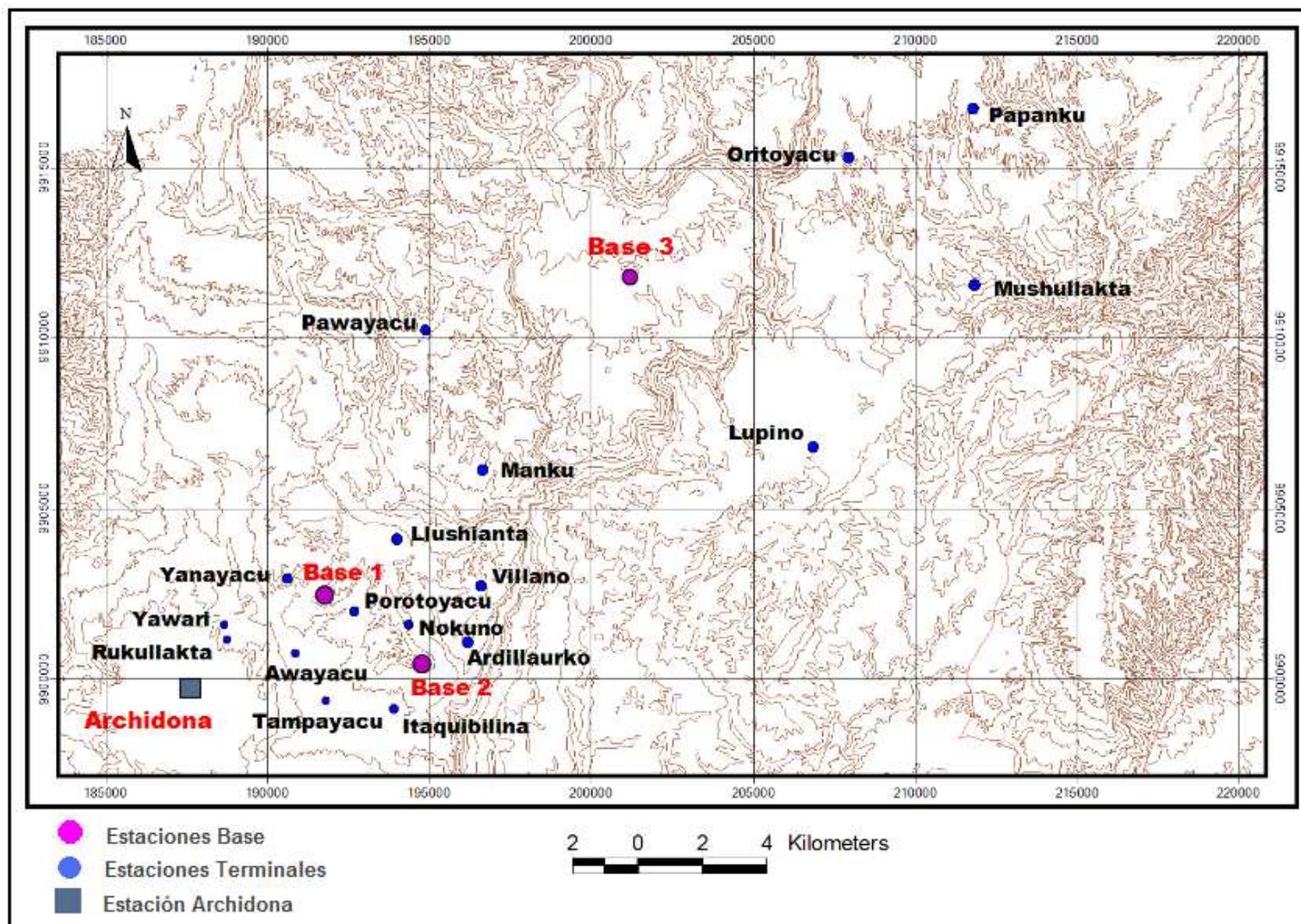


FIGURA 2.9. Estaciones involucradas en el diseño de la red.

2.4.2 ESTRUCTURACIÓN DE LA RED

La idea es diseñar a la red con un backbone (columna vertebral), que sirva de core para enlazar las estaciones de mayor importancia. Y para servir al resto de estaciones se van a utilizar enlaces secundarios. Las estaciones que forman el backbone de la red están comunicadas a través de enlaces PTP, en tanto que los enlaces secundarios se los realiza empleando una configuración PMP.

2.4.2.1 Enlaces PTP (Backbone)

Una vez ubicadas todas las estaciones que van a intervenir en el diseño de la red, y tomando en cuenta la estratégica ubicación de algunas de ellas; se propone a los enlaces PTP de la **TABLA 2.7** como backbone de la red.

Enlaces PTP
Archidona - Base 1
Base 1 – Pawayacu
Pawayacu - Base 3
Base 3 – Oritoyacu
Base 1 - Base 2
Base 2 – Llushianta

TABLA 2.7. Backbone de la red (enlaces PTP).

Hay que destacar que más adelante se va a justificar la selección de estos enlaces como backbone de la red, mediante el análisis detallado de cada enlace.

En la **FIGURA 2.10** se puede apreciar la propuesta de backbone para el diseño de la red.

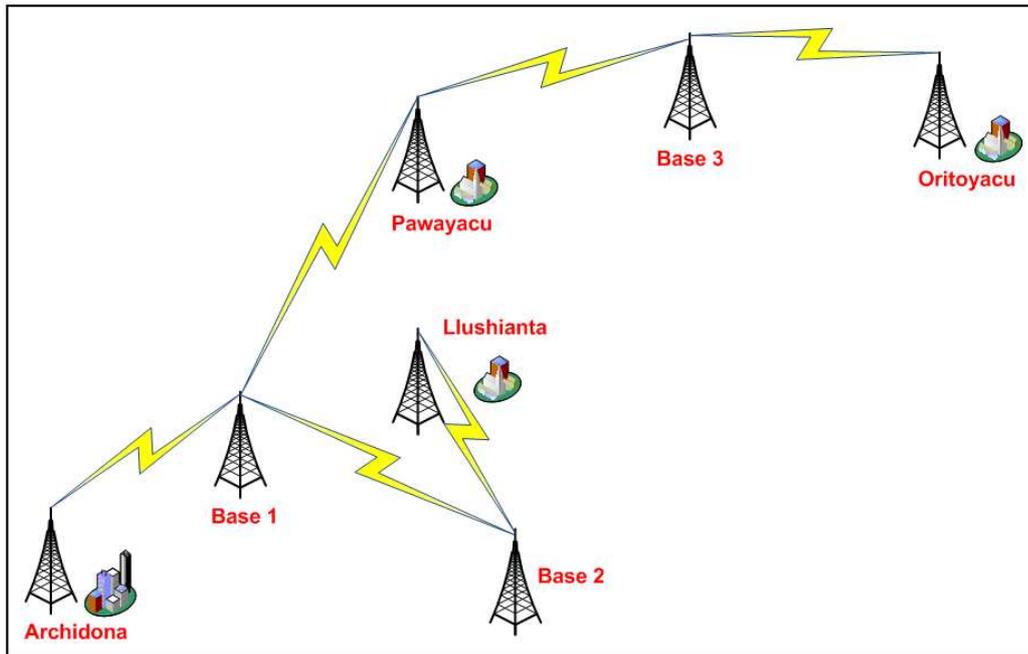


FIGURA 2.10. Propuesta de backbone de la red.

2.4.2.2 Enlaces PMP (Enlaces secundarios)

Teniendo en cuenta la propuesta de enlaces PTP presentados para el backbone de la red; es tiempo de proponer los enlaces PMP que ayuden a cubrir al resto de comunidades que no constan en el backbone. Al igual que los enlaces PTP propuestos anteriormente; a estos enlaces PMP seleccionados se los va a justificar con un análisis detallado de cada uno de ellos. Los enlaces PMP propuestos se los puede apreciar en la **TABLA 2.8**.

Enlaces PMP	
Eje	Extremos
Base 1	Yanayacu
	Yawari
	Rukullakta
	Awayacu
	Tampayacu
	Porotoyacu

Base 2	Itaquibilina Ardillaurko Villano Nokuno
Pawayacu	Pawayacu *
Llushianta	Manku Llushianta *
Oritoyacu	Papanku Mushullakta Lupino Oritoyacu *

TABLA 2.8. Enlaces secundarios (enlaces PMP).

Para el enlace Llushianta – Llushianta *, el enlace PTP llega hasta la estación terminal ubicada en Llushianta, pero no desciende a la comunidad como tal, para ello se emplea un enlace PMP. Casos similares son los enlaces Pawayacu – Pawayacu * y Oritoyacu – Oritoyacu *, tal como se ve en la **FIGURA 2.11**.

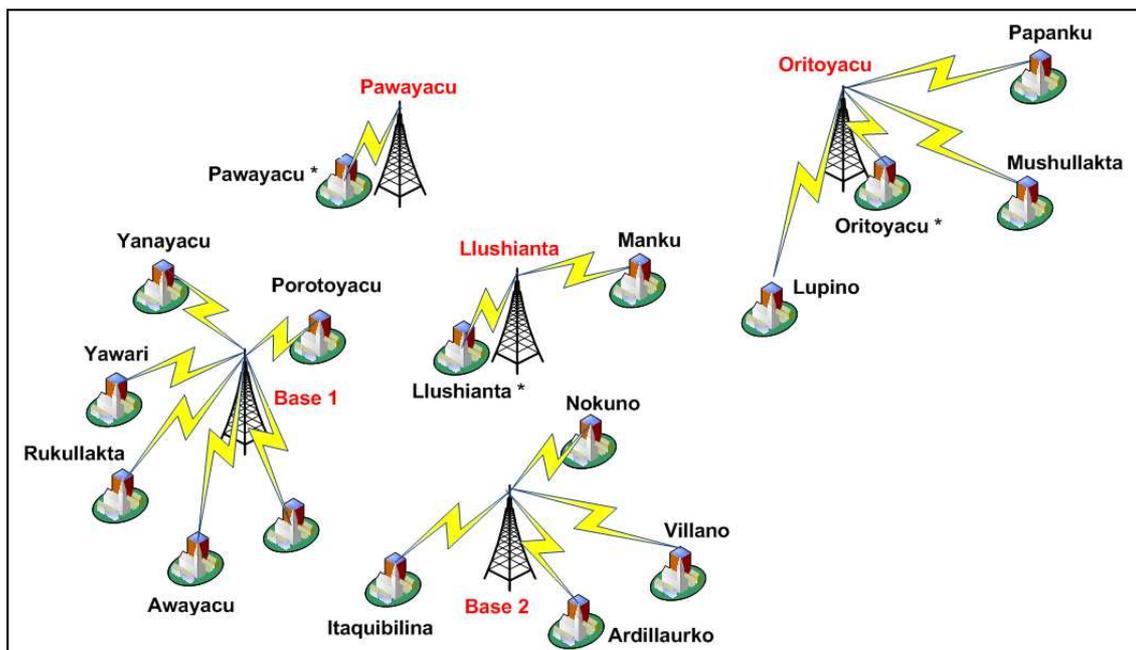


FIGURA 2.11. Propuesta de enlaces PMP de la red.

2.4.3 SELECCIÓN DE FRECUENCIAS

Para determinar la factibilidad de los enlaces propuestos para el diseño de la red, se deben calcular parámetros tales como la zona de Fresnel, el valor de despeje, la altura a la cual se deben ubicar las antenas, etc.; pero para ello se necesita determinar la frecuencia a la cual trabajará cada enlace.

La idea principal es utilizar una banda de frecuencia para operar el backbone de la red (enlaces PTP) y otra banda de frecuencia para los enlaces secundarios (enlaces PMP). Estas bandas por supuesto deben ser exentas de licencia y cumplir las normas establecidas en los reglamentos de radiocomunicaciones. Además dichas bandas deben estar en el rango de los 5 GHz, porque en la banda de frecuencia de los 2.4 GHz el espectro ya se encuentra saturado.

2.4.3.1 Frecuencias para los enlaces PTP (Backbone)

El backbone de la red va a trabajar en la banda de frecuencia U-NII no licenciada de 5.4 GHz, que va en el rango de [5.470 GHz – 5.725 GHz]. En esta banda de frecuencia existen varios canales de frecuencia (43 canales) en los que puede operar un enlace PTP de acuerdo a lo descrito en el capítulo anterior. En la **FIGURA 2.12** se observan algunos de los canales que tiene esta banda de frecuencia.

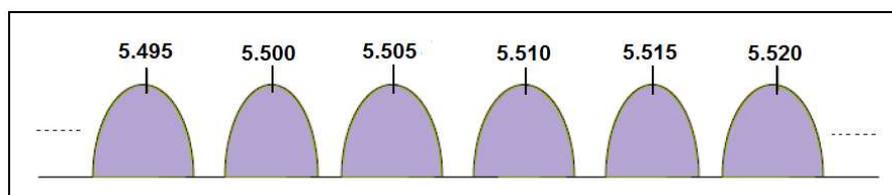


FIGURA 2.12. Algunos canales de la banda de frecuencia de 5.4 GHz.

Así que tomando en cuenta estos criterios, se ha optado por seleccionar las siguientes frecuencias para los enlaces PTP:

Enlaces PTP	Frecuencia (GHz)
Archidona - Base 1	f1 = 5.5
Base 1 - Pawayacu	f2 = 5.510 GHz
Pawayacu - Base 3	f3 = 5.520 GHz
Base 3 - Oritoyacu	f2 = 5.510 GHz
Base 1 - Base 2	f3 = 5.520 GHz
Base 2 - Llushianta	f2 = 5.510 GHz

TABLA 2.9. Frecuencias para los enlaces PTP.

2.4.3.2 Frecuencias para los enlaces PMP (Enlaces secundarios)

Para la selección de la frecuencia con la cual trabajará cada enlace PMP, se debe tomar en cuenta ciertos factores, los cuales se detallan a continuación:

- **Reutilización de frecuencias.** La utilización de antenas omnidireccionales en la estación base da lugar a múltiples interferencias en las celdas vecinas, las cuales pueden evitarse empleando frecuencias distintas.

El sistema Canopy emplea la técnica de reutilización de frecuencias y proporciona 6 frecuencias no superpuestas, pero recomienda el uso de 3 frecuencias por clúster, tal como se puede apreciar en la **FIGURA 2.13**, y considera una separación de canal de 20MHz. De esta manera, se ha visto conveniente utilizar todos los clúster de APs con ese formato, donde cada frecuencia se reutiliza en el sector que está a una desviación de 180 grados, es decir dos veces en cada clúster con el fin de coexistir en una misma área y minimizar la interferencia.

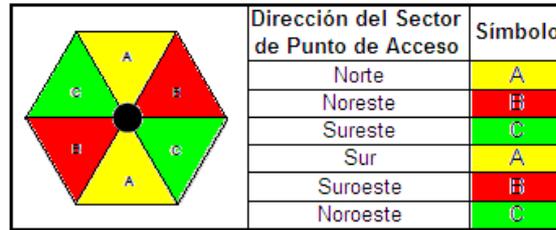


FIGURA 2.13. Reutilización de frecuencias.

Los enlaces PMP van a emplear la banda de frecuencia U-NII no licenciada de 5.7 GHz, que opera en el rango de [5.725 GHz – 5.825 GHz]. En esta banda de frecuencia existen varios canales de frecuencia (6 canales) en los que puede operar un enlace PMP, según lo explicado en el capítulo anterior. En la **FIGURA 2.14** se observan algunos de los canales que tiene esta banda de frecuencia.

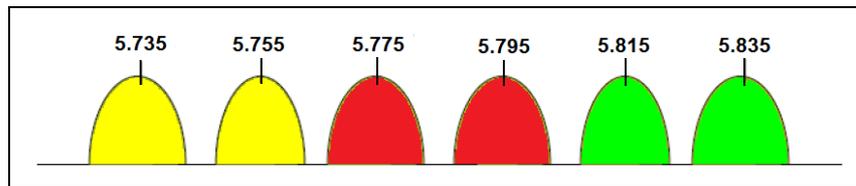


FIGURA 2.14. Canales de la banda de frecuencia de 5.7 GHz.

➤ **Área de cobertura.**

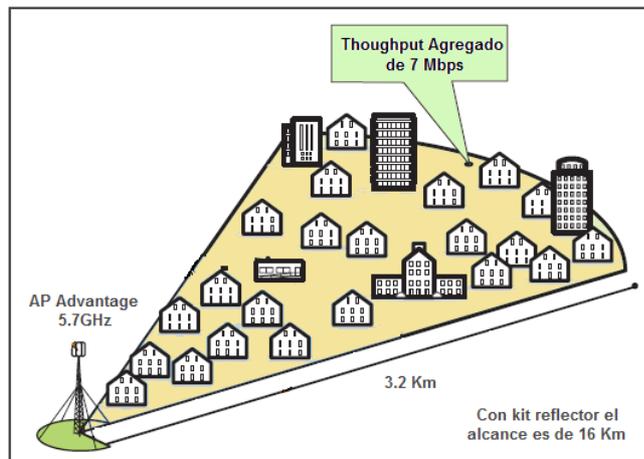


FIGURA 2.15. Área de cobertura de un clúster de APs.

Considerando principalmente la distribución geográfica de cada comunidad y el perfil topográfico de la zona se llegó a determinar la utilización de 3 APs por clúster. El área de cobertura de cada AP tiene un espacio de proyección espacial de 60° Vertical x 60° Horizontal, este ángulo de apertura puede incrementarse a 120°, 180° hasta llegar a los 360° de cobertura total, tan sólo con apilar más APs, tal como se puede apreciar en la **FIGURA 2.15**.

Tomando en cuenta estos criterios, las frecuencias de los enlaces PMP son:

Enlaces PMP	Frecuencia (GHz)
Base 1 – Yanayacu	f4 = 5.735
Base 1 – Yawari	f4 = 5.735
Base 1 – Rukullakta	f4 = 5.735
Base 1 – Awayacu	f5 = 5.775
Base 1 – Tampayacu	f5 = 5.775
Base 1 – Porotoyacu	f6 = 5.815
Base 2 – Itaquibilina	f4 = 5.735
Base 2 – Ardillaurko	f5 = 5.775
Base 2 – Villano	f5 = 5.775
Base 2 – Nokuno	f6 = 5.815
Pawayacu - Pawayacu *	f4 = 5.735
Llushianta – Manku	f5 = 5.775
Llushianta - Llushianta *	f4 = 5.735
Oritoyacu – Papanku	f4 = 5.735
Oritoyacu – Mushullakta	f5 = 5.775
Oritoyacu – Lupino	f6 = 5.815
Oritoyacu - Oritoyacu *	f5 = 5.775

TABLA 2.10. Frecuencias para los enlaces PMP.

2.4.4 POSIBLE ESTRUCTURA TOTAL DE LA RED

Después de establecer los tentativos enlaces PTP y PMP que conformarían la red, además de las frecuencias asignadas para cada enlace; se presenta una posible estructura total de la red, tal como se puede ver en la **FIGURA 2.16** y **FIGURA 2.17**.

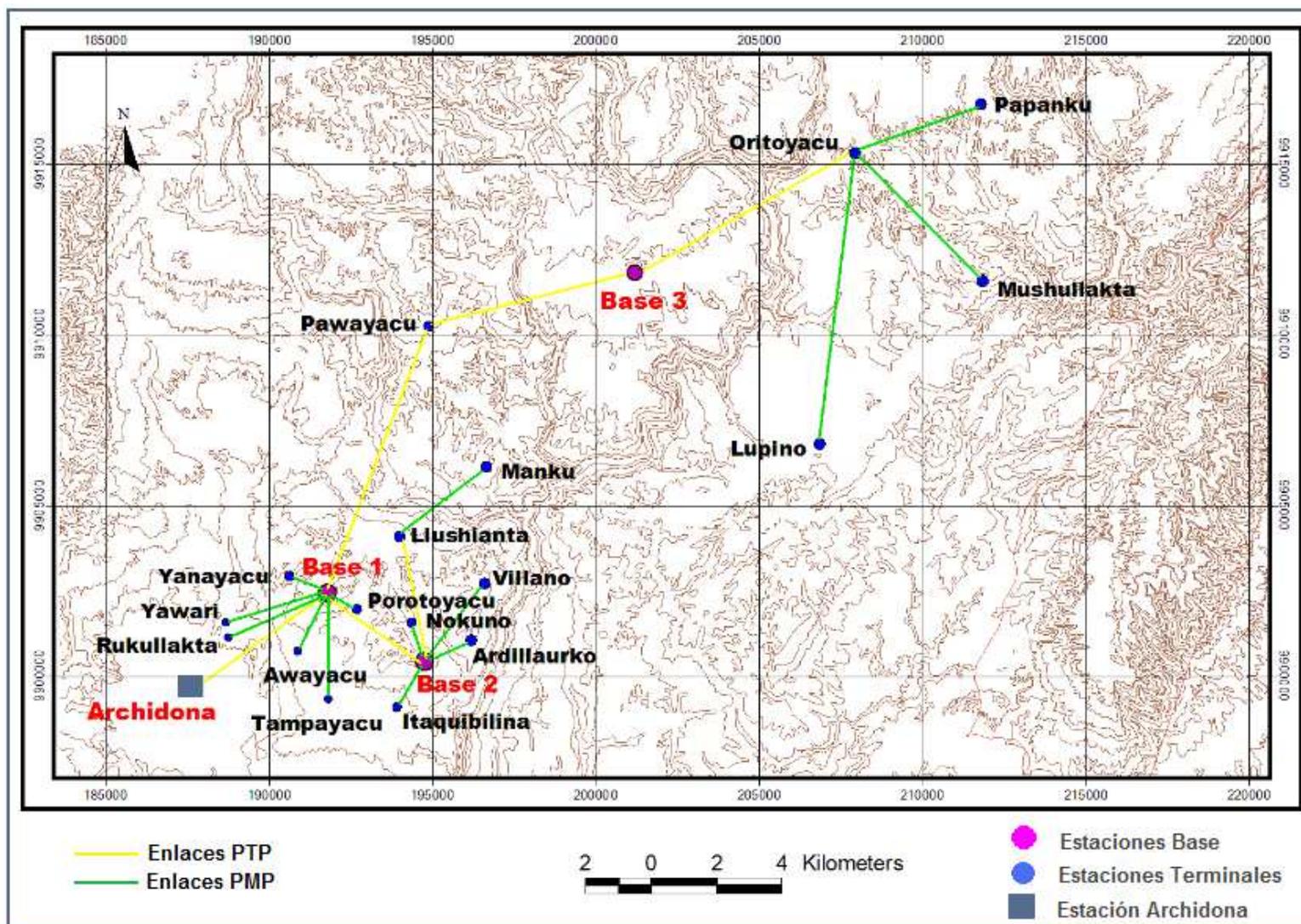


FIGURA 2.16. Posible estructura total de la red.

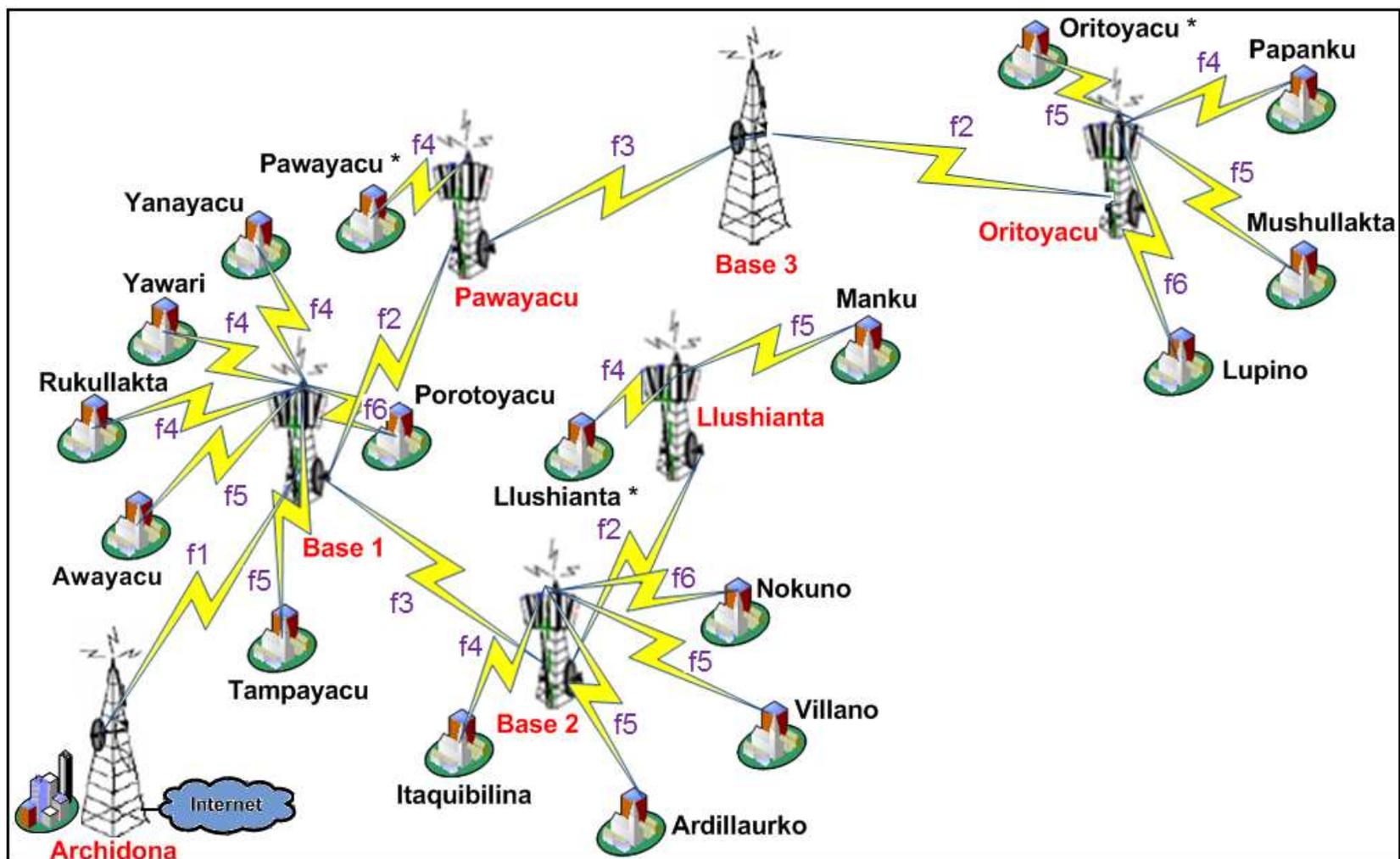


FIGURA 2.17. Bosquejo de la tentativa estructura total de la red.

2.5 JUSTIFICACIÓN DEL DISEÑO DE LA RED

Basados en los fundamentos antes expuestos y en la propuesta de diseño adoptada para la red; a continuación se va a justificar la factibilidad de los enlaces PTP y PMP elegidos.

2.5.1 JUSTIFICACIÓN DE LOS ENLACES PTP (BACKBONE)

En el **ANEXO 1** se pueden observar el diagrama de perfil de todos los enlaces PTP, mediante el empleo del software PTPLINK PLANNER.

2.5.1.1 Enlace Archidona – Base 1

Coordenadas

	Latitud	Longitud	Altura [m]
Archidona	0° 54' 17.1" S	77° 48' 13.7" W	588.4
Base 1	0° 53' 01.2" S	77° 46' 10.9" W	844.2

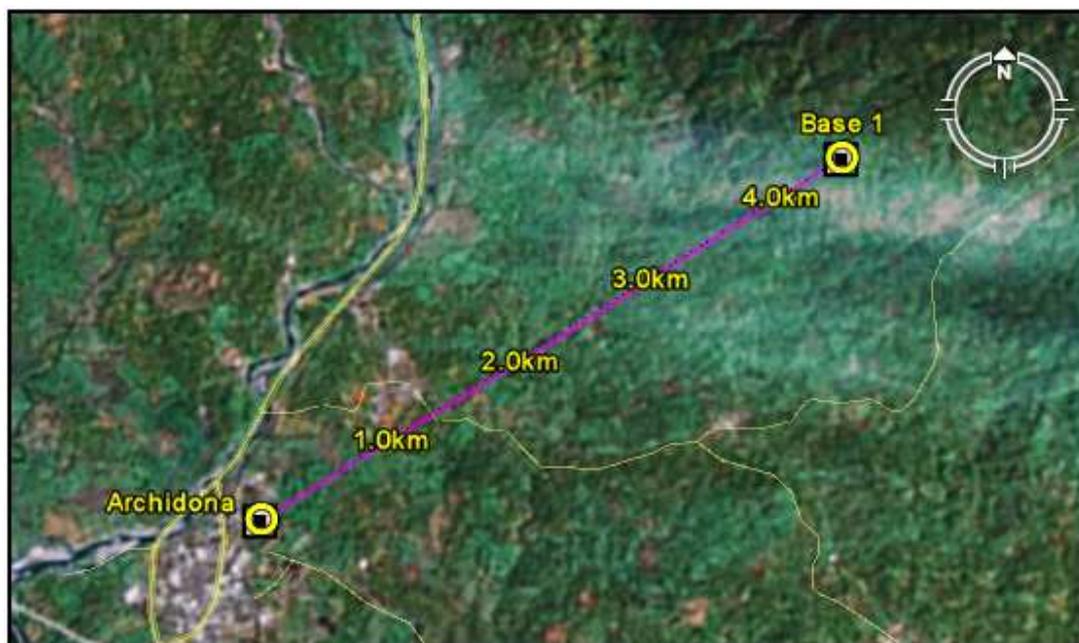


FIGURA 2.18. Vista Panorámica del Enlace Archidona – Base 1.

Resultado del levantamiento del perfil

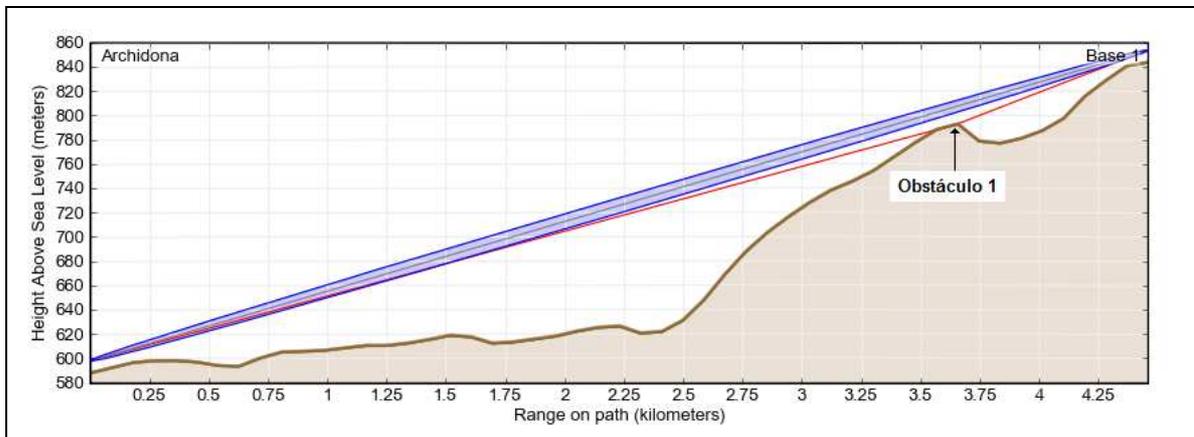


FIGURA 2.19. Enlace Archidona – Base 1.

Considerando el obstáculo a 3.655 Km (Obstáculo 1)

d (Km)	d1 (Km)	d2 (Km)	K	a (Km)	f (GHz)	H1 (m)	H2 (m)	hc (m)
4,457	3,655	0,802	1,33	6370	5,5	588,4	844,2	793,2

- **Abultamiento**

Aplicando la **Ecuación 2.1**:

$$c = \frac{d_1 \times d_2}{2 \times K \times a} \times \frac{1000}{1} \text{ [m]}$$

Donde:

a: Radio de la tierra y equivale a 6370 [Km].

K: Factor de corrección de curvatura terrestre equivalente a $4/3 = 1,33$.

d_1 : Distancia desde un sitio cercano hasta donde está el obstáculo o altura considerada [Km].

d_2 : Distancia total menos d_1 [Km].

d: Distancia total.

$$c = \frac{3.655 \times 0.802}{2 (4/3) 6370} \times \frac{1000}{1} \text{ [m]}$$

$$c = 0.17 \text{ [m]}$$

- **Zona de Fresnel**

Aplicando la **Ecuación 2.2**:

$$r_{F1} = 547,72 \sqrt{\frac{d_1 \times d_2}{d \times f}} \text{ [m]}$$

Donde:

- r_{F1} Radio de la primera zona de Fresnel [m].
- d_1 Distancia desde la antena de transmisión hasta el obstáculo [Km].
- d_2 Distancia desde el obstáculo en la trayectoria hasta la antena de recepción [Km].
- d Distancia total del enlace ($d_1 + d_2$) [Km].
- f Frecuencia en [MHz].

$$r_{F1} = 547.72 \sqrt{\frac{3.655 \times 0.802}{4.457 \times 5500}} \text{ [m]}$$

$$r_{F1} = 5.99 \text{ [m]}$$

- **Alturas para ubicar las antenas**

Aplicando la **Ecuación 2.3**:

$$h_b \geq (H_1 + h_a) \left(1 - \frac{d}{d_1}\right) - H_2 + \frac{d}{d_1} (h_c + r_{F1} + c) \text{ [m]}$$

Donde:

- h_a Altura de la antena en la estación A [m].
- h_b Altura de la antena en la estación B [m].
- H_1 Altura del terreno sobre el nivel del mar en el punto más bajo [m].
- H_2 Altura del terreno sobre el nivel del mar en el punto más alto [m].
- h_c Altura de la cumbre u obstáculo [m].
- d_1, d_2 Distancias desde las estaciones A y B hasta el obstáculo [km].
- d Distancia entre las estaciones A y B [km].

- r_{F1} Radio de la primera Zona de Fresnel [m].
 c Abultamiento de la tierra sobre el obstáculo [m].

$$h_b \geq (588.4 + h_a) \left(1 - \frac{4.457}{3.655}\right) - 844.2 + \frac{4.457}{3.655} (793.2 + 5.99 + 0.17) \text{ [m]}$$

Archidona	Base 1
ha (m)	hb (m)
10	-0,74

TABLA 2.11. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Archidona – Base 1.

Analizando los resultados: si se ubica la antena en Archidona a una altura de 10 m, en Base 1 se puede colocar la antena a cualquier altura sobre el nivel del suelo. Además hay que tomar en cuenta, la recomendación de Motorola de ubicar las antenas para enlaces PTP a una altura mínima de 36 m, con el fin de evitar obstáculos propios del terreno.

Por lo tanto, se ha decidido ubicar la antena en Archidona a 36 m de altura y en Base 1 a una altura de 36 m, con lo que se cumple la condición mínima de hb.

- **Valor de despeje**

Aplicando la **Ecuación 2.4**:

$$h_{\text{despeje}} = h_1 + \frac{d_1}{d} (h_2 - h_1) - (h_c + c) \text{ [m]}$$

Donde:

- h_{despeje} Valor de despeje [m].
 h_1 Altura del terreno sobre el nivel del mar en el punto más bajo más la altura de la antena en la estación A [m].

h_2	Altura del terreno sobre el nivel del mar en el punto más alto más la altura de la antena en la estación B [m].
h_c	Altura de la cumbre u obstáculo [m].
d_1, d_2	Distancias desde las estaciones A y B hasta el obstáculo. $d_1 < d_2$ [Km].
d	Distancia entre las estaciones A y B [km].

$$h_{desp} = h_1 + \frac{3.655}{4.457} (h_2[m] - h_1[m]) - (793.2 + 0.17) [m]$$

$$h_{desp} = 40.8 [m]$$

- **Margen de seguridad**

Aplicando la **Ecuación 2.5**:

$$MS\% = 1 + \frac{(h_{desp} - r_{F1})}{r_{F1}} \times 100$$

$$MS\% = 1 + \frac{(40.8 - 5.99)}{5.99} \times 100$$

$$MS\% = 681.2$$

Además el enlace es factible ya que h_{desp} no es negativo y MS es mayor a 60%.

- **Pérdida de trayectoria de espacio libre**

Aplicando la **Ecuación 2.6**:

$$FSL = 92.44 + 20 \log f_{(GHz)} + 20 \log d_{(Km)}$$

$$FSL = 92.44 + 20 \log(5.500) + 20 \log(4.457)$$

$$FSL = 120.23 \text{ dB}$$

- **Potencia nominal de recepción**

Aplicando la **Ecuación 2.7**:

$$P_{RX} = P_{TX}[\text{dBm}] - A_{ETX}[\text{dB}] + G_{TX}[\text{dBi}] - \text{FSL}[\text{dB}] - A_{ERRX}[\text{dB}] + G_{RX}[\text{dBi}]$$

$$P_{RX} = 27 - 3 + 23 - 120.23 - 3 + 23$$

$$P_{RX} = -53.23 \text{ dBm}$$

- **Margen de umbral del sistema**

Aplicando la **Ecuación 2.8**:

$$M_U = P_{RX}[\text{dBm}] - P_U[\text{dBm}]$$

$$M_U = -53.23 - (-94)$$

$$M_U = 40.77 \text{ dB}$$

- **Margen de desvanecimiento**

Aplicando las **Ecuaciones 2.9, 2.10 y 2.11**:

$$(1 - R) = \frac{0.0001 \times d[\text{Km}]}{400[\text{Km}]}$$

$$(1 - R) = \frac{0.0001 \times 4.457}{400}$$

$$(1 - R) = 1.11425\text{E} - 6$$

$$FM = (30 \log d_{(\text{Km})} + 10 \log (6 A B f_{(\text{GHz})}) - 10 \log (1 - R) - 70)[\text{dB}]$$

$$FM = (30 \log(4.457) + 10 \log(6 \times 1/4 \times 1/2 \times 5.500) - 10 \log(1.114\text{E} - 6) - 70)[\text{dB}]$$

$$FM = 15.16 [\text{dB}]$$

$$M_U = P_{RX} - P_U \geq FM$$

$$M_U \geq FM$$

$$40.77 \text{ dB} \geq 15.16 [\text{dB}]$$

- **Confiabilidad**

Aplicando las **Ecuaciones 2.12 y 2.13:**

$$P = 6 \times 10^{-7} \times A \times f_{(\text{GHz})} \times d_{(\text{Km})}^3 \times 10^{-\text{FM}/10}$$

$$P = 6 \times 10^{-7} \times \frac{1}{4} \times 5.500 \times 4.457^3 \times 10^{-15.16/10}$$

$$P = 2.229\text{E} - 06$$

$$R = 1 - P$$

$$R = 1 - 2.229\text{E} - 06$$

$$R = 0.99$$

$$R(\%) = 99.99$$

Cabe resaltar que, para el resto de enlaces sólo se va a presentar los resultados del cálculo de los parámetros, ya que en el primer enlace se realizó un análisis detallado de los mismos.

2.5.1.2 Enlace Base 1 - Pawayacu

Coordenadas

	Latitud	Longitud	Altura [m]
Base 1	0° 53' 01.2" S	77° 46' 10.9" W	844.2
Pawayacu	0° 48' 55.3" S	77° 44' 32.5" W	892.7

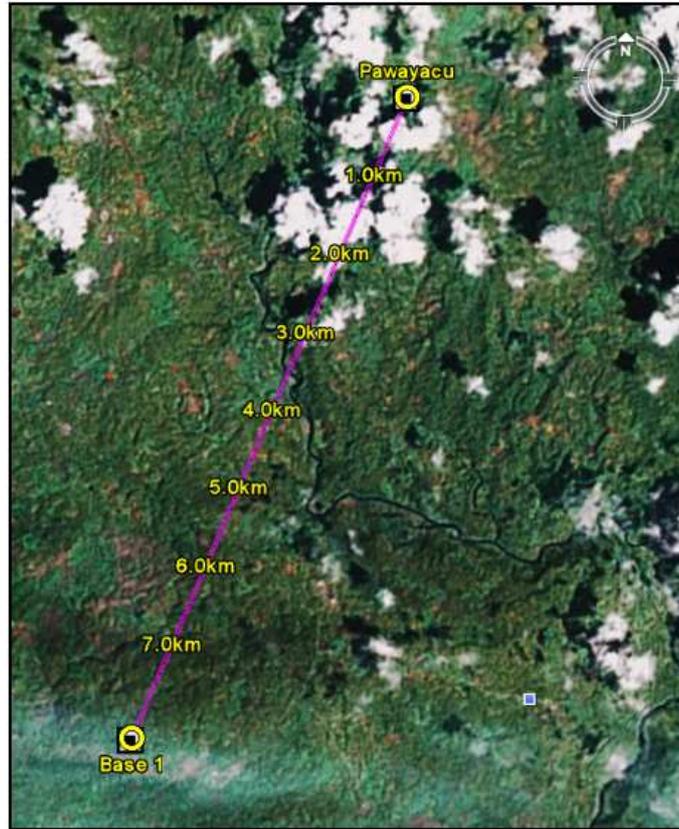


FIGURA 2.20. Vista Panorámica del Enlace Base 1 – Pawayacu.

Resultado del levantamiento del perfil

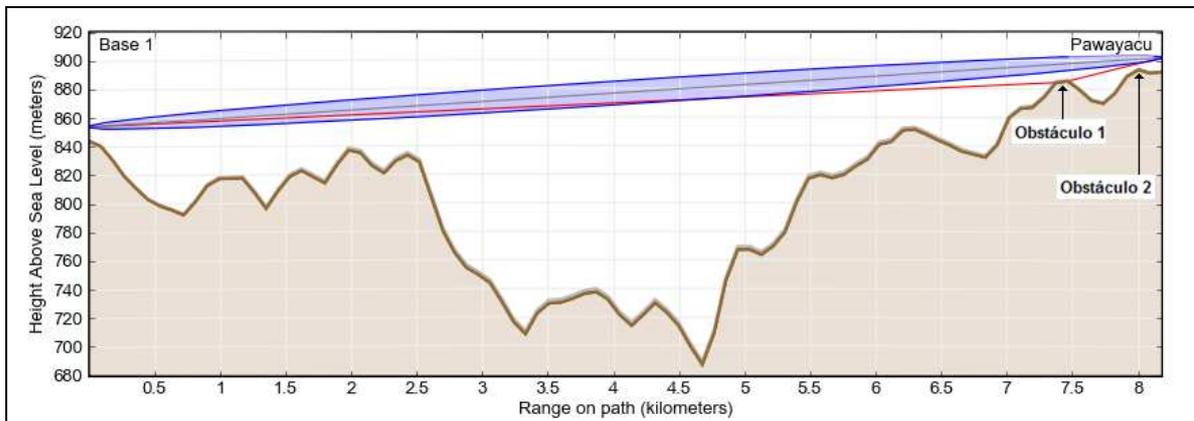


FIGURA 2.21. Enlace Base 1 – Pawayacu.

Considerando el obstáculo a 7.461 Km (Obstáculo 1)

d (Km)	d1 (Km)	d2 (Km)	K	a (Km)	f (GHz)	H1 (m)	H2 (m)	hc (m)
8,180	7,461	0,719	1,33	6370	5,510	844,2	892,7	885,9

A continuación se presentan los resultados de calcular el abultamiento y la zona de Fresnel:

$$c = 0.32 \text{ [m]}$$

$$r_{F1} = 5.98 \text{ [m]}$$

- **Alturas para ubicar las antenas**

$$h_b \geq (H_1 + h_a) \left(1 - \frac{d}{d_1}\right) - H_2 + \frac{d}{d_1} (h_c + r_{F1} + c) \text{ [m]}$$

Base 1 ha (m)	Pawayacu hb (m)
10	0,53

TABLA 2.12. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Base 1 – Pawayacu, considerando el obstáculo 1.

Considerando el obstáculo a 8.001 Km (Obstáculo 2)

d (Km)	d1 (Km)	d2 (Km)	K	a (Km)	f (GHz)	H1 (m)	H2 (m)	hc (m)
8,180	8,001	0,179	1,33	6370	5,510	844,2	892,7	894,1

A continuación se presentan los resultados de calcular el abultamiento y la zona de Fresnel:

$$c = 0.08 \text{ [m]}$$

$$r_{F1} = 3.09 \text{ [m]}$$

- **Alturas para ubicar las antenas**

$$h_b \geq (H_1 + h_2) \left(1 - \frac{d}{d_1}\right) - H_2 + \frac{d}{d_1} (h_c + r_{F1} + c) \text{ [m]}$$

Base 1 ha (m)	Pawayacu hb (m)
10	4,27

TABLA 2.13. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Base 1 – Pawayacu, considerando el obstáculo 2.

Analizando los resultados: Considerando el obstáculo 1, si se ubica la antena en Base 1 a una altura de 10 m, la altura a la cual se debe ubicar la antena en Pawayacu debe ser mayor a 0.53 m. Y considerando el obstáculo 2, si se ubica la antena en Base 1 a una altura de 10 m, la altura a la cual se debe ubicar la antena en Pawayacu debe ser mayor a 4.27 m. Además hay que tomar en cuenta, la recomendación de Motorola de ubicar las antenas para enlaces PTP a una altura mínima de 36 m, con el fin de evitar obstáculos propios del terreno.

Por lo tanto, el obstáculo 2 es el que más influye en la factibilidad del enlace. Y por ello se ha decidido ubicar la antena en Base 1 a 36 m de altura y en Pawayacu a una altura de 36 m, con lo que se cumple la condición mínima de hb para los 2 obstáculos.

A continuación se presentan los resultados de calcular el valor de despeje, margen de seguridad, considerando a ha y hb con una altura de 36 m:

$$h_{desp} = 33.45 \text{ [m]}$$

$$MS\% = 1083.5$$

El enlace es factible ya que hdesp no es negativo y MS es mayor a 60%.

Además se presentan los resultados de calcular las pérdidas de trayectoria de espacio libre, potencia nominal de recepción, margen de umbral, margen de desvanecimiento y la confiabilidad:

$$FSL = 125.52 \text{ dB}$$

$$P_{RX} = -58.52 \text{ dBm}$$

$$M_U [\text{dB}] = 35.48 \text{ dB}$$

$$FM = 20.44 [\text{dB}]$$

$$M_U = P_{RX} - P_U \geq FM$$

$$M_U \geq FM$$

$$35.48 \text{ dB} \geq 20.44 [\text{dB}]$$

$$P = 4.09E - 06$$

$$R = 0.99$$

$$R(\%) = 99.99$$

2.5.1.3 Pawayacu – Base 3

Coordenadas

	Latitud	Longitud	Altura [m]
Pawayacu	0° 48' 55.3" S	77° 44' 32.5" W	892.7
Base 3	0° 48' 09.2" S	77° 41' 14.6" W	962.3



FIGURA 2.22. Vista Panorámica del Enlace Pawayacu – Base 3.

Resultado del levantamiento del perfil

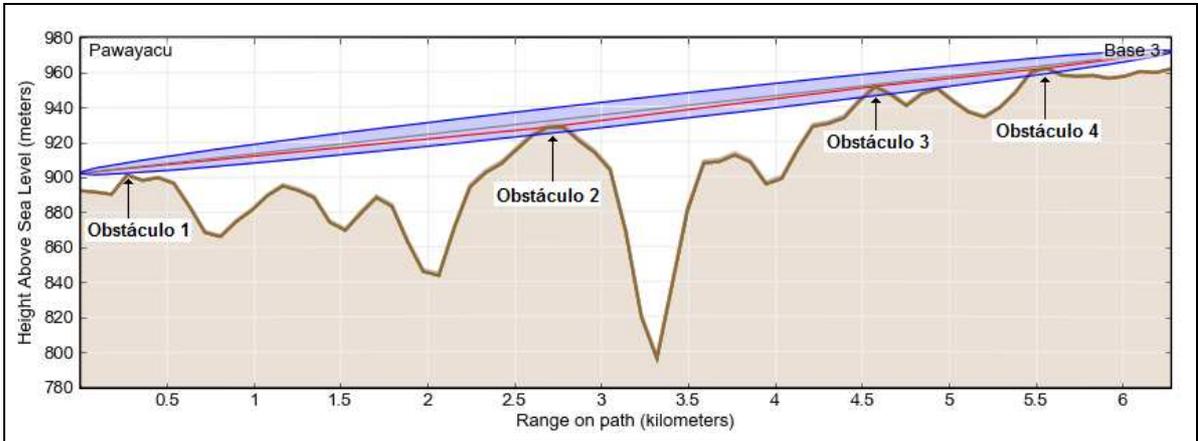


FIGURA 2.23. Enlace Pawayacu - Base 3.

Considerando el obstáculo a 0.269 Km (Obstáculo 1)

d (Km)	d1 (Km)	d2 (Km)	K	a (Km)	f (GHz)	H1 (m)	H2 (m)	hc (m)
6,276	0,269	6,007	1,33	6370	5,520	892,7	962,3	901,5

Se presentan los resultados de calcular el abultamiento y la zona de Fresnel:

$$c = 0.10 \text{ [m]}$$

$$r_{F1} = 3.74 \text{ [m]}$$

- **Alturas para ubicar las antenas**

$$h_b \geq (H_1 + h_a) \left(1 - \frac{d}{d_1}\right) - H_2 + \frac{d}{d_1} (h_c + r_{F1} + c) \text{ [m]}$$

Pawayacu ha (m)	Base 3 hb (m)
10	-33,01

TABLA 2.14. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Pawayacu – Base 3, considerando el obstáculo 1.

Considerando el obstáculo a 2.780 Km (Obstáculo 2)

d (Km)	d1 (Km)	d2 (Km)	K	a (Km)	f (GHz)	H1 (m)	H2 (m)	hc (m)
6,276	2,780	3,496	1,33	6370	5,520	892,7	962,3	928,6

A continuación se presentan los resultados de calcular el abultamiento y la zona de Fresnel:

$$c = 0.57 \text{ [m]}$$

$$r_{F1} = 9.17 \text{ [m]}$$

- **Alturas para ubicar las antenas**

$$h_b \geq (H_1 + h_a) \left(1 - \frac{d}{d_1}\right) - H_2 + \frac{d}{d_1} (h_c + r_{F1} + c) \text{ [m]}$$

Pawayacu ha (m)	Base 3 hb (m)
10	12,59

TABLA 2.15. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Pawayacu – Base 3, considerando el obstáculo 2.

Considerando el obstáculo a 4.573 Km (Obstáculo 3)

d (Km)	d1 (Km)	d2 (Km)	K	a (Km)	f (GHz)	H1 (m)	H2 (m)	hc (m)
6,276	4,573	1,703	1,33	6370	5,520	892,7	962,3	951,9

A continuación se presentan los resultados de calcular el abultamiento y la zona de Fresnel:

$$c = 0.46 \text{ [m]}$$

$$r_{F1} = 8.21 \text{ [m]}$$

- **Alturas para ubicar las antenas**

$$h_b \geq (H_1 + h_a) \left(1 - \frac{d}{d_1}\right) - H_2 + \frac{d}{d_1} (h_c + r_{F1} + c) \text{ [m]}$$

Pawayacu ha (m)	Base 3 hb (m)
10	15,31

TABLA 2.16. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Pawayacu – Base 3, considerando el obstáculo 3.

Considerando el obstáculo a 5.559 Km (Obstáculo 4)

d (Km)	d1 (Km)	d2 (Km)	K	a (Km)	f (GHz)	H1 (m)	H2 (m)	hc (m)
6,276	5,559	0,717	1,33	6370	5,520	892,7	962,3	962,5

A continuación se presentan los resultados de calcular el abultamiento y la zona de Fresnel:

$$c = 0.23 \text{ [m]}$$

$$r_{F1} = 5.87 \text{ [m]}$$

- **Alturas para ubicar las antenas**

$$h_b \geq (H_1 + h_a) \left(1 - \frac{d}{d_1}\right) - H_2 + \frac{d}{d_1} (h_c + r_{F1} + c) \text{ [m]}$$

Pawayacu ha (m)	Base 3 hb (m)
10	12,16

TABLA 2.17. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Pawayacu – Base 3, considerando el obstáculo 4.

Analizando los resultados: Considerando el obstáculo 1, si se ubica la antena en Pawayacu a una altura de 10 m, la antena en Base 3 se puede ubicar a cualquier altura sobre el nivel del suelo. Considerando el obstáculo 2, si se ubica la antena en Pawayacu a una altura de 10 m, la altura a la cual se debe ubicar la antena en Base 3 debe ser mayor a 12.59 m. Considerando el obstáculo 3, si se ubica la antena en Pawayacu a una altura de 100 m, la altura a la cual se debe ubicar la antena en Base 3 debe ser mayor a 15.31 m. Y considerando el obstáculo 4, si se ubica la antena en Pawayacu a una altura de 10 m, la altura a la cual se debe ubicar la antena en Base 3 debe ser mayor a 12.16 m. Además hay que tomar en cuenta, la recomendación de Motorola de ubicar las antenas para enlaces PTP a una altura mínima de 36 m, con el fin de evitar obstáculos propios del terreno.

Por lo tanto, el obstáculo 3 es el que más influye en la factibilidad del enlace. Y por ello se ha decidido ubicar la antena en Pawayacu a 36 m de altura y en Base 3 a una altura de 36 m, con lo que se cumple la condición mínima de h_b para los 4 obstáculos.

A continuación se presentan los resultados de calcular el valor de despeje, margen de seguridad, considerando a h_a y h_b con una altura de 36 m:

$$h_{desp} = 27.06 \text{ [m]}$$

$$MS\% = 329.5$$

El enlace es factible ya que h_{desp} no es negativo y MS es mayor a 60%. Además se presentan los resultados de calcular las pérdidas de trayectoria de espacio libre, potencia nominal de recepción, margen de umbral, margen de desvanecimiento y la confiabilidad:

$$FSL = 123.23 \text{ dB}$$

$$P_{RX} = -56.23 \text{ dBm}$$

$$M_U \text{ [dB]} = 37.77 \text{ dB}$$

$$FM = 18.14 \text{ [dB]}$$

$$M_U = P_{RX} - P_U \geq FM$$

$$M_U \geq FM$$

$$37.77 \text{ dB} \geq 18.14 \text{ [dB]}$$

$$P = 3.138E - 06$$

$$R = 0.99$$

$$R(\%) = 99.99$$

2.5.1.4 Base 3 - Oritoyacu

Coordenadas

	Latitud	Longitud	Altura [m]
Base 3	0° 48' 09.2" S	77° 41' 14.6" W	962.3
Oritoyacu	0° 45' 49.8" S	77° 37' 27.6" W	1041.7



FIGURA 2.24. Vista Panorámica del Enlace Base 3 - Oritoyacu.

Resultado del levantamiento del perfil

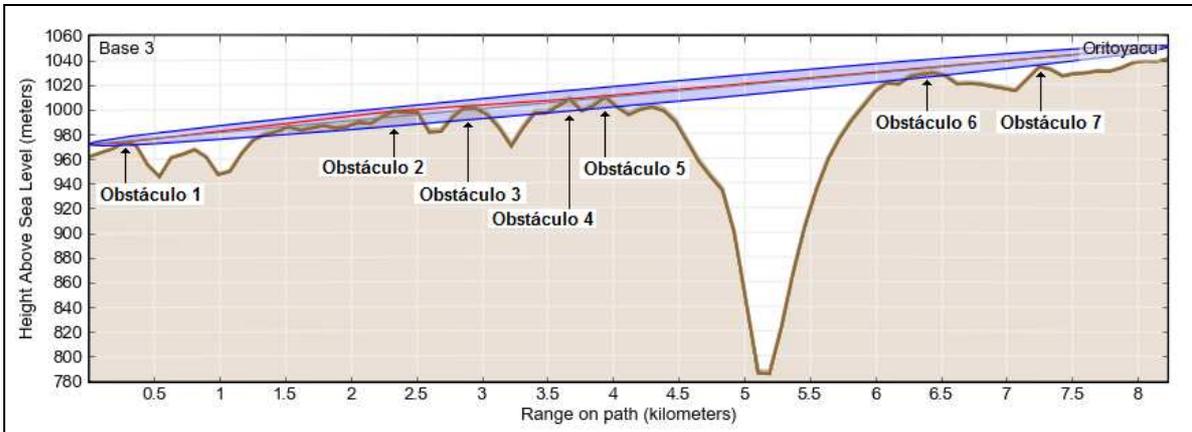


FIGURA 2.25. Enlace Base 3 - Oritoyacu.

Considerando el obstáculo a 0.268 Km (Obstáculo 1)

d (Km)	d1 (Km)	d2 (Km)	K	a (Km)	f (GHz)	H1 (m)	H2 (m)	hc (m)
8,228	0,268	7,96	1,33	6370	5,510	962,3	1041,7	973,9

A continuación se presentan los resultados de calcular el abultamiento y la zona de Fresnel:

$$c = 0.13 \text{ [m]}$$

$$r_{F1} = 3.76 \text{ [m]}$$

- **Alturas para ubicar las antenas**

$$h_b \geq (H_1 + h_2) \left(1 - \frac{d}{d_1}\right) - H_2 + \frac{d}{d_1} (h_c + r_{F1} + c) \text{ [m]}$$

Base 3 ha (m)	Oritoyacu hb (m)
30	-541,24

TABLA 2.18. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Base 3 - Oritoyacu, considerando el obstáculo 1.

Considerando el obstáculo a 2.325 Km (Obstáculo 2)

d (Km)	d1 (Km)	d2 (Km)	K	a (Km)	f (GHz)	H1 (m)	H2 (m)	hc (m)
8,228	2,325	5,903	1,33	6370	5,510	962,3	1041,7	998,5

A continuación se presentan los resultados de calcular el abultamiento y la zona de Fresnel:

$$c = 0.81 \text{ [m]}$$

$$r_{F1} = 9.53 \text{ [m]}$$

- **Alturas para ubicar las antenas**

$$h_b \geq (H_1 + h_2) \left(1 - \frac{d}{d_1}\right) - H_2 + \frac{d}{d_1} (h_c + r_{F1} + c) \text{ [m]}$$

Base 3 ha (m)	Oritoyacu hb (m)
30	-4.36

TABLA 2.19. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Base 3 - Oritoyacu, considerando el obstáculo 2.

Considerando el obstáculo a 2.862 Km (Obstáculo 3)

d (Km)	d1 (Km)	d2 (Km)	K	a (Km)	f (GHz)	H1 (m)	H2 (m)	hc (m)
8,228	2,862	5,366	1,33	6370	5,510	962,3	1041,7	1001,4

A continuación se presentan los resultados de calcular el abultamiento y la zona de Fresnel:

$$c = 0.9 \text{ [m]}$$

$$r_{F1} = 10.08 \text{ [m]}$$

- **Alturas para ubicar las antenas**

$$h_b \geq (H_1 + h_a) \left(1 - \frac{d}{d_1}\right) - H_2 + \frac{d}{d_1} (h_c + r_{F1} + c) \text{ [m]}$$

Base 3 ha (m)	Oritoyacu hb (m)
30	-3.25

TABLA 2.20. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Base 3 - Oritoyacu, considerando el obstáculo 3.

Considerando el obstáculo a 3.667 Km (Obstáculo 4)

d (Km)	d1 (Km)	d2 (Km)	K	a (Km)	f (GHz)	H1 (m)	H2 (m)	hc (m)
8,228	3,667	4,561	1,33	6370	5,510	962,3	1041,7	1008,1

A continuación se presentan los resultados de calcular el abultamiento y la zona de Fresnel:

$$c = 0.98 \text{ [m]}$$

$$r_{F1} = 10.52 \text{ [m]}$$

- **Alturas para ubicar las antenas**

$$h_b \geq (H_1 + h_a) \left(1 - \frac{d}{d_1}\right) - H_2 + \frac{d}{d_1} (h_c + r_{F1} + c) \text{ [m]}$$

Base 3 ha (m)	Oritoyacu hb (m)
30	2.42

TABLA 2.21. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Base 3 - Oritoyacu, considerando el obstáculo 4.

Considerando el obstáculo a 3.935 Km (Obstáculo 5)

d (Km)	d1 (Km)	d2 (Km)	K	a (Km)	f (GHz)	H1 (m)	H2 (m)	hc (m)
8,228	3,935	4,293	1,33	6370	5,51	962,3	1041,7	1009,9

A continuación se presentan los resultados de calcular el abultamiento y la zona de Fresnel:

$$c = 0.99 \text{ [m]}$$

$$r_{F1} = 10.57 \text{ [m]}$$

- **Alturas para ubicar las antenas**

$$h_b \geq (H_1 + h_a) \left(1 - \frac{d}{d_1}\right) - H_2 + \frac{d}{d_1} (h_c + r_{F1} + c) \text{ [m]}$$

Base 3 ha (m)	Oritoyacu hb (m)
30	2,75

TABLA 2.22. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Base 3 - Oritoyacu, considerando el obstáculo 5.

Considerando el obstáculo a 6.439 Km (Obstáculo 6)

d (Km)	d1 (Km)	d2 (Km)	K	a (Km)	f (GHz)	H1 (m)	H2 (m)	hc (m)
8,228	6,439	1,789	1,33	6370	5,510	962,3	1041,7	1029,8

A continuación se presentan los resultados de calcular el abultamiento y la zona de Fresnel:

$$c = 0.68 \text{ [m]}$$

$$r_{F1} = 8.73 \text{ [m]}$$

- **Alturas para ubicar las antenas**

$$h_b \geq (H_1 + h_2) \left(1 - \frac{d}{d_1}\right) - H_2 + \frac{d}{d_1} (h_c + r_{F1} + c) \text{ [m]}$$

Base 3 ha (m)	Oritoyacu hb (m)
30	6,08

TABLA 2.23. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Base 3 - Oritoyacu, considerando el obstáculo 6.

Considerando el obstáculo a 7.244 Km (Obstáculo 7)

d (Km)	d1 (Km)	d2 (Km)	K	a (Km)	f (GHz)	H1 (m)	H2 (m)	hc (m)
8,228	7,244	0,984	1,33	6370	5,510	962,3	1041,7	1035,1

A continuación se presentan los resultados de calcular el abultamiento y la zona de Fresnel:

$$c = 0.42 \text{ [m]}$$

$$r_{F1} = 6.87 \text{ [m]}$$

- **Alturas para ubicar las antenas**

$$h_b \geq (H_1 + h_2) \left(1 - \frac{d}{d_1}\right) - H_2 + \frac{d}{d_1} (h_c + r_{F1} + c) \text{ [m]}$$

Base 3 ha (m)	Oritoyacu hb (m)
30	4,37

TABLA 2.24. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Base 3 - Oritoyacu, considerando el obstáculo 7.

Analizando los resultados: Considerando el obstáculo 1, si se ubica la antena en Base 3 a una altura de 30 m, en Oritoyacu se puede ubicar la antena a cualquier altura sobre el nivel del suelo. Considerando el obstáculo 2, si se ubica la antena en Base 3 a una altura de 30 m, en Oritoyacu se puede ubicar la antena a cualquier altura sobre el nivel del suelo. Considerando el obstáculo 3, si se ubica la antena en Base 3 a una altura de 30 m, en Oritoyacu se puede ubicar la antena a cualquier altura sobre el nivel del suelo. Considerando el obstáculo 4, si se ubica la antena en Base 3 a una altura de 30 m, la altura a la cual se debe ubicar la antena en Oritoyacu debe ser mayor a 2.42 m. Considerando el obstáculo 5, si se ubica la antena en Base 3 a una altura de 30 m, la altura a la cual se debe ubicar la antena en Oritoyacu debe ser mayor a 2.75 m. Considerando el obstáculo 6, si se ubica la antena en Base 3 a una altura de 30 m, la altura a la cual se debe ubicar la antena en Oritoyacu debe ser mayor a 6.08 m. Y Considerando el obstáculo 7, si se ubica la antena en Base 3 a una altura de 30 m, la altura a la cual se debe ubicar la antena en Oritoyacu debe ser mayor a 4.37 m. Además hay que tomar en cuenta, la recomendación de Motorola de ubicar las antenas para enlaces PTP a una altura mínima de 36 m, con el fin de evitar obstáculos propios del terreno.

Por lo tanto, el obstáculo 6 es el que más influye en la factibilidad del enlace. Y por ello se ha decidido ubicar la antena en Base 3 a 36 m de altura y en Oritoyacu a una altura de 36 m, con lo que se cumple la condición mínima de h_b para los 7 obstáculos.

A continuación se presentan los resultados de calcular el valor de despeje, margen de seguridad, considerando a h_a y h_b con una altura de 36 m:

$$h_{desp} = 29.96 \text{ [m]}$$

$$MS\% = 343.1$$

El enlace es factible ya que h_{desp} no es negativo y MS es mayor a 60%. Además se presentan los resultados de calcular las pérdidas de trayectoria de espacio libre,

potencia nominal de recepción, margen de umbral, margen de desvanecimiento y la confiabilidad:

$$FSL = 125.57 \text{ dB}$$

$$P_{RX} = -58.57 \text{ dBm}$$

$$M_U [\text{dB}] = 35.43 \text{ dB}$$

$$FM = 20.49 [\text{dB}]$$

$$M_U = P_{RX} - P_U \geq FM$$

$$M_U \geq FM$$

$$35.43 \text{ dB} \geq 20.49 [\text{dB}]$$

$$P = 4.114E - 06$$

$$R = 0.99$$

$$R(\%) = 99.99$$

2.5.1.5 Base 1 – Base 2

Coordenadas

	Latitud	Longitud	Altura [m]
Base 1	0°53' 01.2" S	77° 46' 10.9" W	844.2
Base 2	0°54' 08.1" S	77°44' 33.7" W	838.1



FIGURA 2.26. Vista Panorámica del Enlace Base 1 – Base 2.

Resultado del levantamiento del perfil

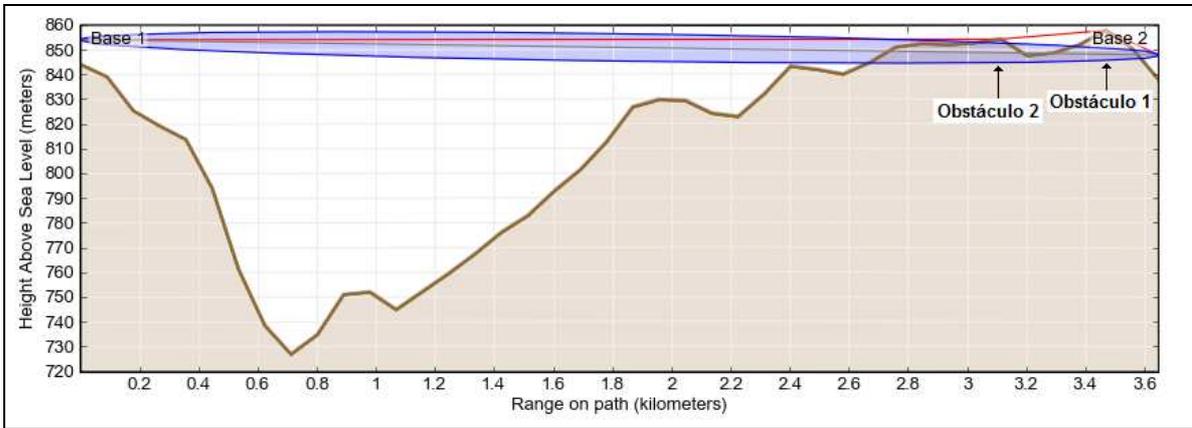


FIGURA 2.27. Enlace Base 1 – Base 2.

Considerando el obstáculo a 0.178 Km (Obstáculo 1)

d (Km)	d1 (Km)	d2 (Km)	K	a (Km)	f (GHz)	H1 (m)	H2 (m)	hc (m)
3,646	0,178	3,468	1,33	6370	5,520	838,1	844,2	858

A continuación se presentan los resultados de calcular el abultamiento y la zona de Fresnel:

$$c = 0.04 \text{ [m]}$$

$$r_{F1} = 3.03 \text{ [m]}$$

- **Alturas para ubicar las antenas**

$$h_b \geq (H_1 + h_2) \left(1 - \frac{d}{d_1}\right) - H_2 + \frac{d}{d_1} (h_c + r_{F1} + c) \text{ [m]}$$

Base 2 ha (m)	Base 1 hb (m)
22	10,91

TABLA 2.25. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Base 1 – Base 2, considerando el obstáculo 1.

Considerando el obstáculo a 0.534 Km (Obstáculo 2)

d (Km)	d1 (Km)	d2 (Km)	K	a (Km)	f (GHz)	H1 (m)	H2 (m)	hc (m)
3,646	0,534	3,112	1,33	6370	5,520	838,1	844,2	854,4

A continuación se presentan los resultados de calcular el abultamiento y la zona de Fresnel:

$$c = 0.1 \text{ [m]}$$

$$r_{F1} = 4.98 \text{ [m]}$$

- **Alturas para ubicar las antenas**

$$h_b \geq (H_1 + h_a) \left(1 - \frac{d}{d_1}\right) - H_2 + \frac{d}{d_1} (h_c + r_{F1} + c) \text{ [m]}$$

Base 2 ha (m)	Base 1 hb (m)
22	-1,96

TABLA 2.26. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Base 1 – Base 2, considerando el obstáculo 2.

Analizando los resultados: Considerando el obstáculo 1, si se ubica la antena en Base 2 a una altura de 22 m, la altura a la cual se debe ubicar la antena en Base 1 debe ser mayor a 10.91 m. Y considerando el obstáculo 2, si se ubica la antena en Base 2 a una altura de 22 m, en Base 1 se puede ubicar la antena a cualquier altura sobre el nivel del suelo. Además hay que tomar en cuenta, la recomendación de Motorola de ubicar las antenas para enlaces PTP a una altura mínima de 36 m, con el fin de evitar obstáculos propios del terreno.

Por lo tanto, el obstáculo 1 es el que más influye en la factibilidad del enlace. Y por ello se ha decidido ubicar la antena en Base 2 a 36 m de altura y en Base 1 a una

altura de 36 m, con lo que se cumple la condición mínima de h_b para los 2 obstáculos.

Por eso, a continuación se presentan los resultados de calcular el valor de despeje, margen de seguridad, considerando a h_a y h_b con una altura de 36 m:

$$h_{desp} = 16.36 \text{ [m]}$$

$$MS\% = 539.4$$

El enlace es factible ya que h_{desp} no es negativo y MS es mayor a 60%. Además se presentan los resultados de calcular las pérdidas de trayectoria de espacio libre, potencia nominal de recepción, margen de umbral, margen de desvanecimiento y la confiabilidad:

$$FSL = 118.52 \text{ dB}$$

$$P_{RX} = -51.52 \text{ dBm}$$

$$M_U \text{ [dB]} = 42.48 \text{ dB}$$

$$FM = 13.43 \text{ [dB]}$$

$$M_U = P_{RX} - P_U \geq FM$$

$$M_U \geq FM$$

$$42.48 \text{ dB} \geq 13.43 \text{ [dB]}$$

$$P = 1.823E - 06$$

$$R = 0.99$$

$$R(\%) = 99.99$$

2.5.1.6 Base 2 – Llushianta

Coordenadas

	Latitud	Longitud	Altura [m]
Base 2	0° 54' 08.1" S	77° 44' 33.7" W	838.1
Llushianta	0° 52' 02.1" S	77° 44' 59.5" W	819.7

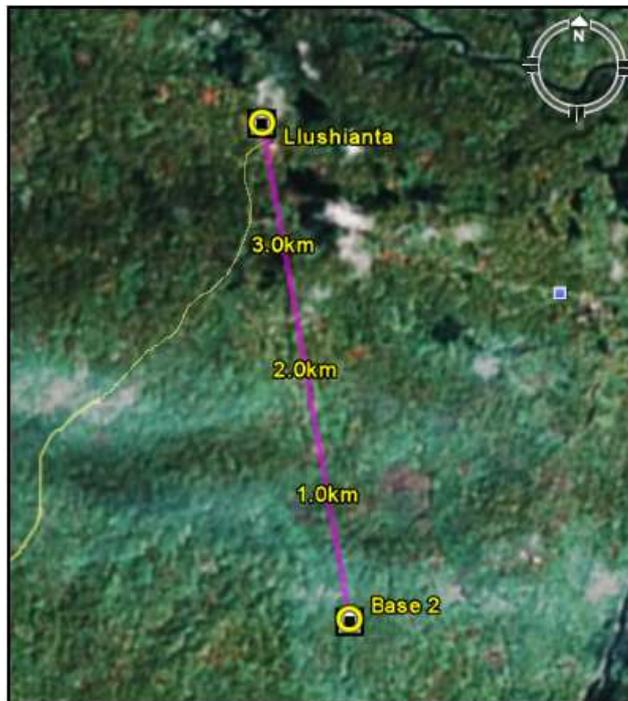


FIGURA 2.28. Vista Panorámica del Enlace Base 2 - Llushianta.

Resultado del levantamiento del perfil

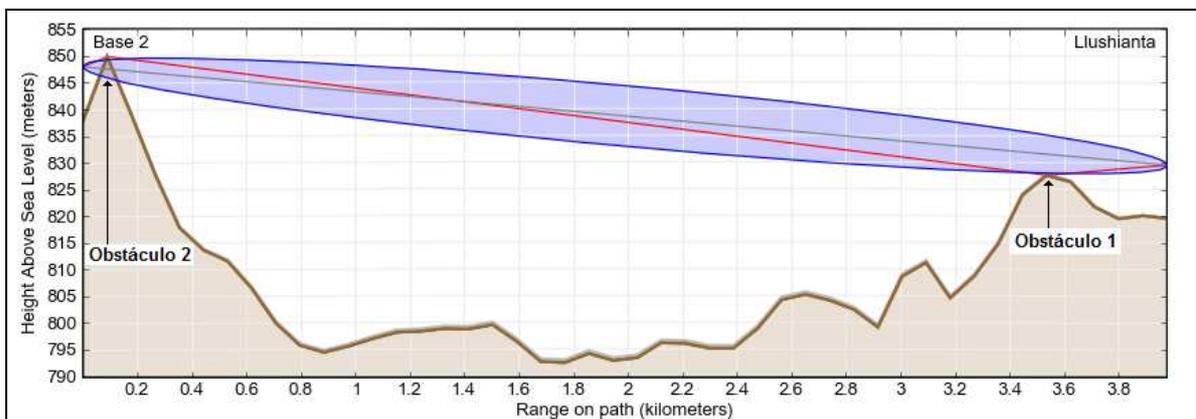


FIGURA 2.29. Enlace Base 2 – Llushianta.

Considerando el obstáculo a 0.442 Km (Obstáculo 1)

d (Km)	d1 (Km)	d2 (Km)	K	a (Km)	f (GHz)	H1 (m)	H2 (m)	hc (m)
3,975	0,442	3,533	1,33	6370	5,510	819,7	838,1	827,7

A continuación se presentan los resultados de calcular el abultamiento y la zona de Fresnel:

$$c = 0.09 \text{ [m]}$$

$$r_{F1} = 4.62 \text{ [m]}$$

- **Alturas para ubicar las antenas**

$$h_b \geq (H_1 + h_a) \left(1 - \frac{d}{d_1}\right) - H_2 + \frac{d}{d_1} (h_c + r_{F1} + c) \text{ [m]}$$

Llushianta ha (m)	Base 2 hb (m)
10	-0,6

TABLA 2.27. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Base 2 - Llushianta, considerando el obstáculo 1.

Considerando el obstáculo a 0.534 Km (Obstáculo 2)

d (Km)	d1 (Km)	d2 (Km)	K	a (Km)	f (GHz)	H1 (m)	H2 (m)	hc (m)
3,975	3,887	0,088	1,33	6370	5,510	819,7	838,1	850

A continuación se presentan los resultados de calcular el abultamiento y la zona de Fresnel:

$$c = 0.02 \text{ [m]}$$

$$r_{F1} = 2.16 \text{ [m]}$$

- **Alturas para ubicar las antenas**

$$h_b \geq (H_1 + h_a) \left(1 - \frac{d}{d_1}\right) - H_2 + \frac{d}{d_1} (h_c + r_{F1} + c) \text{ [m]}$$

Llushianta ha (m)	Base 2 hb (m)
10	13,71

TABLA 2.28. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Base 2 - Llushianta, considerando el obstáculo 2.

Analizando los resultados: Considerando el obstáculo 1, si se ubica la antena en Llushianta a una altura de 10 m, en Base 2 se puede ubicar la antena al cualquier altura sobre el nivel del suelo. Y considerando el obstáculo 2, si se ubica la antena en Llushianta a una altura de 10 m, la altura a la cual se debe ubicar la antena en Base 2 debe ser mayor a 13.71 m. Además hay que tomar en cuenta, la recomendación de Motorola de ubicar las antenas para enlaces PTP a una altura mínima de 36 m, con el fin de evitar obstáculos propios del terreno.

Por lo tanto, el obstáculo 2 es el que más influye en la factibilidad del enlace. Y por ello se ha decidido ubicar la antena en Llushianta a 36 m de altura y en Base 2 a una altura de 36 m, con lo que se cumple la condición mínima de hb para los 2 obstáculos.

A continuación se presentan los resultados de calcular el valor de despeje, margen de seguridad, considerando a ha y hb con una altura de 36m:

$$h_{desp} = 23.67 \text{ [m]}$$

$$MS\% = 1093.7$$

El enlace es factible ya que hdesp no es negativo y MS es mayor a 60%. Además se presentan los resultados de calcular las pérdidas de trayectoria de espacio libre, potencia nominal de recepción, margen de umbral, margen de desvanecimiento y la confiabilidad:

$$FSL = 119.25 \text{ dB}$$

$$P_{RX} = -52.25 \text{ dBm}$$

$$M_U [\text{dB}] = 41.75 \text{ dB}$$

$$FM = 14.17 [\text{dB}]$$

$$M_U = P_{RX} - P_U \geq FM$$

$$M_U \geq FM$$

$$41.75 \text{ dB} \geq 14.17 [\text{dB}]$$

$$P = 1.988E - 06$$

$$R = 0.99$$

$$R(\%) = 99.99$$

2.5.1.7 Resumen de las alturas de las antenas de los enlaces PTP

En la **TABLA 2.29** se presenta un resumen de las alturas a las cuales las antenas deben ubicarse para que los enlaces PTP sean factibles.

Alturas de los enlaces PTP
Archidona = 36 m - Base 1 = 36 m
Base 1 = 36 m - Pawayacu = 36 m
Pawayacu = 36 m - Base 3 = 36 m
Base 3 = 36 m - Oritoyacu = 36 m
Base 1 = 36 m - Base 2 = 36 m
Base 2 = 36 m - Llushianta = 36 m

TABLA 2.29. Ubicación de las antenas en los enlaces PTP.

2.5.2 JUSTIFICACIÓN DE LOS ENLACES PMP (ENLACES SECUNDARIOS)

Para determinar la factibilidad de un enlace PMP también se va a utilizar el software PTPLINK PLANNER, ya que se va a analizar cada enlace PMP como si fuera un enlace PTP individual. Hay que tomar en cuenta que un enlace PMP tiene un eje y varios extremos; es por ello que todos los APs del clúster localizados en el eje del enlace PMP deben estar ubicados a una misma altura.

En el **ANEXO 2** se pueden observar los diagramas de perfil de todos los enlaces PMP, mediante el empleo del software PTPLINK PLANNER.

2.5.2.1 Base 1 – Yanayacu

Coordenadas

	Latitud	Longitud	Altura [m]
Base 1	0°53' 01.2" S	77° 46' 10.9" W	844.2
Yanayacu	0° 52' 45.9" S	77° 46' 47.8" W	741.8



FIGURA 2.30. Vista Panorámica del Enlace Base 1 - Yanayacu.

Resultado del levantamiento del perfil

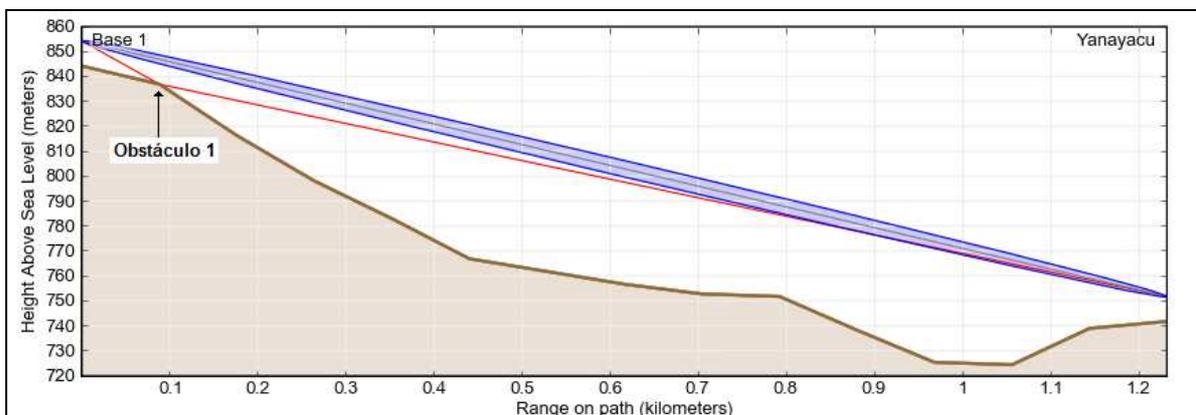


FIGURA 2.31. Enlace Base 1 – Yanayacu.

Considerando el obstáculo a 1.144 Km (Obstáculo 1)

d (Km)	d1 (Km)	d2 (Km)	K	a (Km)	f (GHz)	H1 (m)	H2 (m)	hc (m)
1,232	1,144	0,088	1,33	6370	5,735	741,8	844,2	836,9

A continuación se presentan los resultados de calcular el abultamiento y la zona de Fresnel:

$$c = 0.01 \text{ [m]}$$

$$r_{F1} = 2.07 \text{ [m]}$$

- **Alturas para ubicar las antenas**

$$h_b \geq (H_1 + h_a) \left(1 - \frac{d}{d_1}\right) - H_2 + \frac{d}{d_1} (h_c + r_{F1} + c) \text{ [m]}$$

Yanayacu ha (m)	Base 1 hb (m)
10	0,59

TABLA 2.30. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Base 1 - Yanayacu, considerando el obstáculo 1.

Analizando los resultados: Considerando el obstáculo 1, si se ubica la antena en Yanayacu a una altura de 10 m, la altura a la cual se debe ubicar la antena en Base 1 debe ser mayor a 0.59 m. Además hay que tomar en cuenta, la recomendación de Motorola de ubicar el clúster de APs a una altura mínima de 36 m, y los SMs mínimo a 12 m de altura.

Por lo tanto, el obstáculo 1 es el que influye en la factibilidad del enlace. Y por ello se ha decidido ubicar la antena en Base 1 a 42 m de altura y en Yanayacu a una altura de 12 m, con lo que se cumple la condición mínima de hb para este obstáculo.

A continuación se presentan los resultados de calcular el valor de despeje, margen de seguridad, considerando a ha con 12 m y hb con 42 m de altura:

$$h_{\text{despeje}} = 39.84 \text{ [m]}$$

$$MS\% = 1926.8$$

El enlace es factible ya que hdesp no es negativo y MS es mayor a 60%.

Además se presentan los resultados de calcular las pérdidas de trayectoria de espacio libre, potencia nominal de recepción, margen de umbral, margen de desvanecimiento y la confiabilidad:

$$FSL = 109.42 \text{ dB}$$

$$P_{RX} = -42.42 \text{ dBm}$$

$$M_U \text{ [dB]} = 51.58 \text{ dB}$$

$$FM = 4.17 \text{ [dB]}$$

$$M_U = P_{RX} - P_U \geq FM$$

$$M_U \geq FM$$

$$51.58 \text{ dB} \geq 4.17 \text{ [dB]}$$

$$P = 6.16E - 07$$

$$R = 0.99$$

$$R(\%) = 99.99$$

2.5.2.2 Base 1 – Yawari

Coordenadas

	Latitud	Longitud	Altura [m]
Base 1	0° 53' 01.2" S	77° 46' 10.9" W	844.2
Yawari	0° 53' 31.4" S	77° 47' 52.4" W	624.3



FIGURA 2.32. Vista Panorámica del Enlace Base 1 - Yawari.

Resultado del levantamiento del perfil

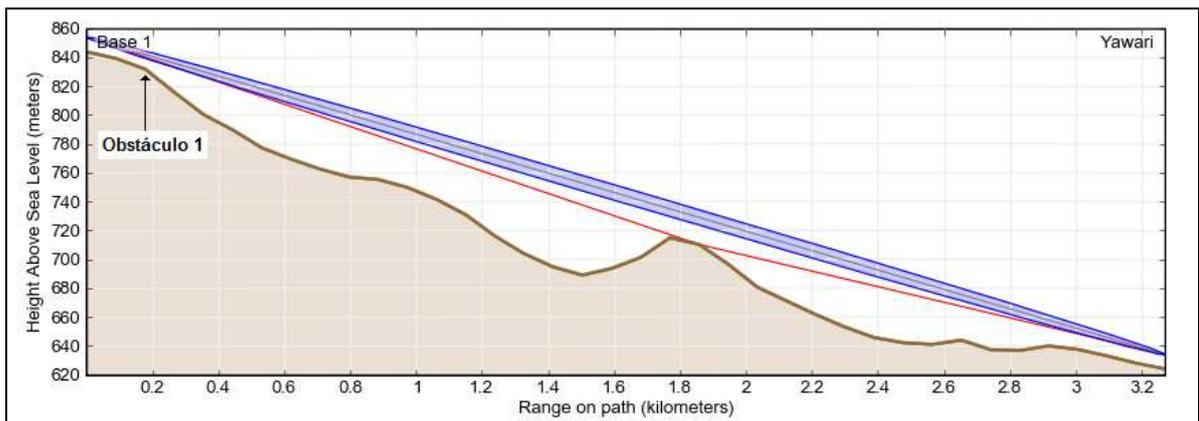


FIGURA 2.33. Enlace Base 1 – Yawari.

Considerando el obstáculo a 3.182 Km (Obstáculo 1)

d (Km)	d1 (Km)	d2 (Km)	K	a (Km)	f (GHz)	H1 (m)	H2 (m)	hc (m)
3,27	3,182	0,088	1,33	6370	5,735	624,3	844,2	839,6

A continuación se presentan los resultados de calcular el abultamiento y la zona de Fresnel:

$$c = 0.02 \text{ [m]}$$

$$r_{F1} = 2.12 \text{ [m]}$$

- **Alturas para ubicar las antenas**

$$h_b \geq (H_1 + h_a) \left(1 - \frac{d}{d_1}\right) - H_2 + \frac{d}{d_1} (h_c + r_{F1} + c) \text{ [m]}$$

Yawari ha (m)	Base 1 hb (m)
10	2,4

TABLA 2.31. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Base 1 - Yawari, considerando el obstáculo 1.

Analizando los resultados: Considerando el obstáculo 1, si se ubica la antena en Yawari a una altura de 10 m, la altura a la cual se debe ubicar la antena en Base 1 debe ser mayor a 2.4 m. Además hay que tomar en cuenta, la recomendación de Motorola de ubicar el clúster de APs a una altura mínima de 36 m, y los SMS mínimo a 12 m de altura.

Por lo tanto, el obstáculo 1 es el que influye en la factibilidad del enlace. Y por ello se ha decidido ubicar la antena en Base 1 a 42 m de altura y en Yawari a una altura de 12 m, con lo que se cumple la condición mínima de hb para este obstáculo.

A continuación se presentan los resultados de calcular el valor de despeje, margen de seguridad, considerando a ha con 12 m y hb con 42 m de altura:

$$h_{desp} = 39.86 \text{ [m]}$$

$$MS\% = 1883.3$$

El enlace es factible ya que hdesp no es negativo y MS es mayor a 60%. Además se presentan los resultados de calcular las pérdidas de trayectoria de espacio libre,

potencia nominal de recepción, margen de umbral, margen de desvanecimiento y la confiabilidad:

$$FSL = 117.9 \text{ dB}$$

$$P_{RX} = -50.9 \text{ dBm}$$

$$M_U [\text{dB}] = 43.1 \text{ dB}$$

$$FM = 12.65 [\text{dB}]$$

$$M_U = P_{RX} - P_U \geq FM$$

$$M_U \geq FM$$

$$43.1 \text{ dB} \geq 12.65 [\text{dB}]$$

$$P = 1.635E - 06$$

$$R = 0.99$$

$$R(\%) = 99.99$$

2.5.2.3 Base 1 – Rukullakta

Coordenadas

	Latitud	Longitud	Altura [m]
Base 1	0°53' 01.2" S	77° 46' 10.9" W	844.2
Rukullakta	0° 53' 47.7" S	77° 47' 50.8" W	614.3

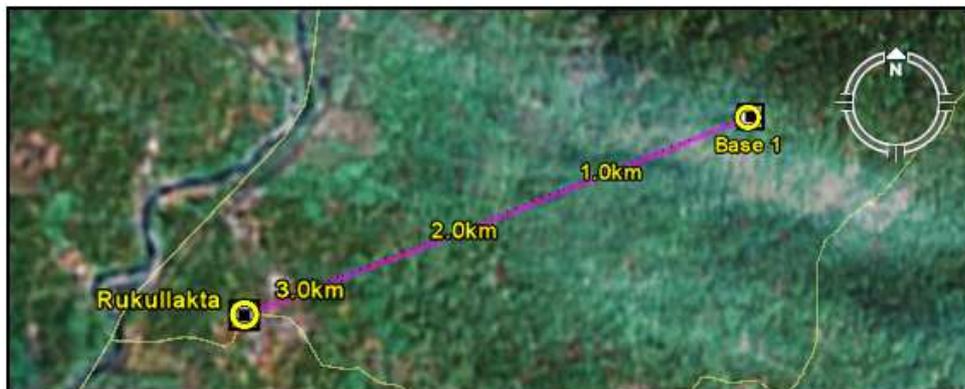


FIGURA 2.34. Vista Panorámica del Enlace Base 1 - Rukullakta.

Resultado del levantamiento del perfil

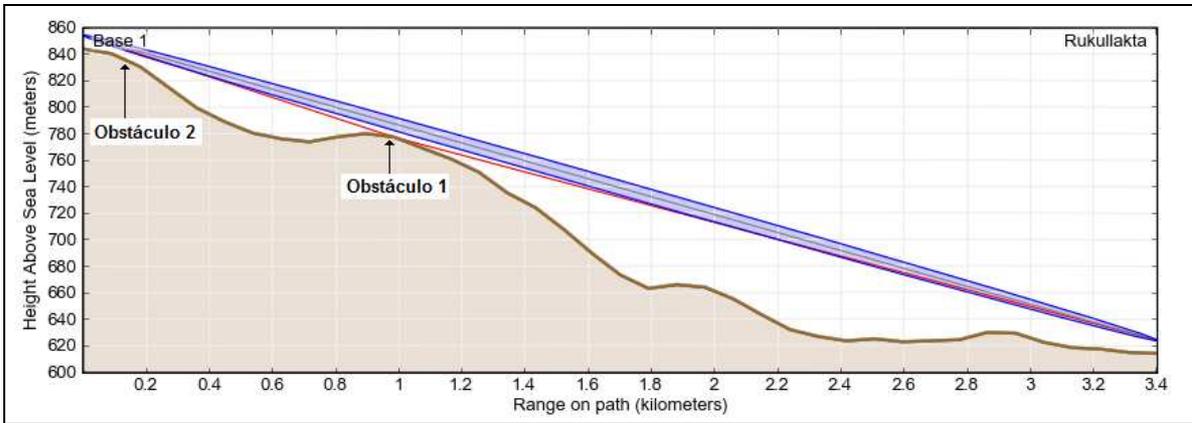


FIGURA 2.35. Enlace Base 1 - Rukullakta.

Considerando el obstáculo a 2.507 Km (Obstáculo 1)

d (Km)	d1 (Km)	d2 (Km)	K	a (Km)	f (GHz)	H1 (m)	H2 (m)	hc (m)
3,402	2,507	0,895	1,33	6370	5,735	614,3	844,2	780,1

A continuación se presentan los resultados de calcular el abultamiento y la zona de Fresnel:

$$c = 0.13 \text{ [m]}$$

$$r_{F1} = 5.87 \text{ [m]}$$

- **Alturas para ubicar las antenas**

$$h_b \geq (H_1 + h_a) \left(1 - \frac{d}{d_1}\right) - H_2 + \frac{d}{d_1} (h_c + r_{F1} + c) \text{ [m]}$$

Rukullakta ha (m)	Base 1 hb (m)
10	-3,52

TABLA 2.32. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Base 1 - Rukullakta, considerando el obstáculo 1.

Considerando el obstáculo a 3.313 Km (Obstáculo 2)

d (Km)	d1 (Km)	d2 (Km)	K	a (Km)	f (GHz)	H1 (m)	H2 (m)	hc (m)
3,402	3,313	0,089	1,33	6370	5,735	614,3	844,2	840,5

A continuación se presentan los resultados de calcular el abultamiento y la zona de Fresnel:

$$c = 0.02 \text{ [m]}$$

$$r_{F1} = 2.13 \text{ [m]}$$

- **Alturas para ubicar las antenas**

$$h_b \geq (H_1 + h_a) \left(1 - \frac{d}{d_1}\right) - H_2 + \frac{d}{d_1} (h_c + r_{F1} + c) \text{ [m]}$$

Rukullakta ha (m)	Base 1 hb (m)
10	3,44

TABLA 2.33. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Base 1 - Rukullakta, considerando el obstáculo 2.

Analizando los resultados: Considerando el obstáculo 1, si se ubica la antena en Rukullakta a una altura de 10 m, en Base 1 se puede ubicar la antena a cualquier altura sobre el nivel del suelo. Y considerando el obstáculo 2, si se ubica la antena en Rukullakta a una altura de 10 m, la altura a la cual se debe ubicar la antena en Base 1 debe ser mayor a 3.44 m. Además hay que tomar en cuenta, la recomendación de Motorola de ubicar el clúster de APs a una altura mínima de 36 m, y los SMs mínimo a 12 m de altura.

Por lo tanto, el obstáculo 2 es el que más influye en la factibilidad del enlace. Y por ello se ha decidido ubicar la antena en Rukullakta a 12 m de altura y en Base 1 a una

altura de 42 m, con lo que se cumple la condición mínima de h_b para los 2 obstáculos.

A continuación se presentan los resultados de calcular el valor de despeje, margen de seguridad, considerando a h_a con 12 m y h_b con 42 m de altura:

$$h_{\text{desp}} = 38.88 \text{ [m]}$$

$$MS\% = 1826.1$$

El enlace es factible ya que h_{desp} no es negativo y MS es mayor a 60%. Además se presentan los resultados de calcular las pérdidas de trayectoria de espacio libre, potencia nominal de recepción, margen de umbral, margen de desvanecimiento y la confiabilidad:

$$FSL = 118.25 \text{ dB}$$

$$P_{RX} = -51.25 \text{ dBm}$$

$$M_U \text{ [dB]} = 42.75 \text{ dB}$$

$$FM = 12.99 \text{ [dB]}$$

$$M_U = P_{RX} - P_U \geq FM$$

$$M_U \geq FM$$

$$42.75 \text{ dB} \geq 12.99 \text{ [dB]}$$

$$P = 1.701E - 06$$

$$R = 0.99$$

$$R(\%) = 99.99$$

2.5.2.4 Base 1 – Awayacu

Coordenadas

	Latitud	Longitud	Altura [m]
Base 1	0°53' 01.2" S	77° 46' 10.9" W	844.2
Awayacu	0° 53' 56.7" S	77° 46' 36.2" W	658.1

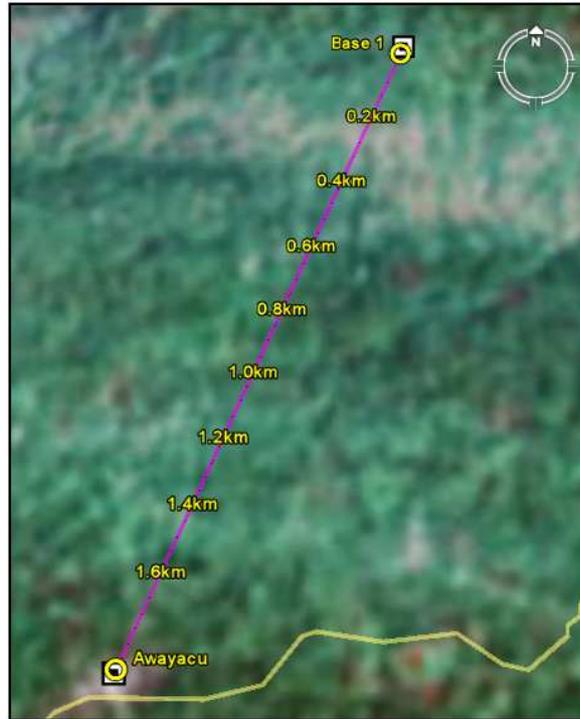


FIGURA 2.36. Vista Panorámica del Enlace Base 1 - Awayacu.

Resultado del levantamiento del perfil

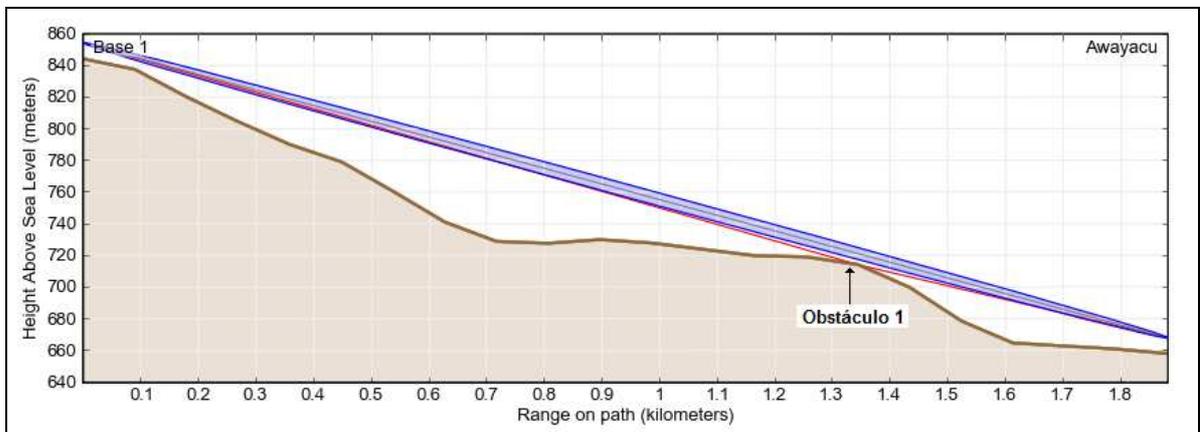


FIGURA 2.37. Enlace Base 1 – Awayacu.

Considerando el obstáculo a 0.538 Km (Obstáculo 1)

d (Km)	d1 (Km)	d2 (Km)	K	a (Km)	f (GHz)	H1 (m)	H2 (m)	hc (m)
1,882	0,538	1,344	1,33	6370	5,775	658,1	844,2	714,2

A continuación se presentan los resultados de calcular el abultamiento y la zona de Fresnel:

$$c = 0.04 \text{ [m]}$$

$$r_{F1} = 4.47 \text{ [m]}$$

- **Alturas para ubicar las antenas**

$$h_b \geq (H_1 + h_a) \left(1 - \frac{d}{d_1}\right) - H_2 + \frac{d}{d_1} (h_c + r_{F1} + c) \text{ [m]}$$

Awayacu ha (m)	Base 1 hb (m)
10	-5,31

TABLA 2.34. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Base 1 - Awayacu, considerando el obstáculo 1.

Analizando los resultados: Considerando el obstáculo 1, si se ubica la antena en Awayacu a una altura de 10 m, en Base 1 se puede ubicar la antena a cualquier altura sobre el nivel del suelo. Además hay que tomar en cuenta, la recomendación de Motorola de ubicar el clúster de APs a una altura mínima de 36 m, y los SMS mínimo a 12 m de altura.

Por lo tanto, el obstáculo 1 es el que influye en la factibilidad del enlace. Y por ello se ha decidido ubicar la antena en Base 1 a 42 m de altura y en Awayacu a una altura de 12 m, con lo que se cumple la condición mínima de hb para este obstáculo.

A continuación se presentan los resultados de calcular el valor de despeje, margen de seguridad, considerando a ha con 12 m y hb con 42 m de altura:

$$h_{desp} = 17.63 \text{ [m]}$$

$$MS\% = 394.7$$

El enlace es factible ya que h_{desp} no es negativo y MS es mayor a 60%. Además se presentan los resultados de calcular las pérdidas de trayectoria de espacio libre, potencia nominal de recepción, margen de umbral, margen de desvanecimiento y la confiabilidad:

$$FSL = 113.16 \text{ dB}$$

$$P_{RX} = -46.16 \text{ dBm}$$

$$M_U [\text{dB}] = 47.84 \text{ dB}$$

$$FM = 7.88 [\text{dB}]$$

$$M_U = P_{RX} - P_U \geq FM$$

$$M_U \geq FM$$

$$47.84 \text{ dB} \geq 7.88 [\text{dB}]$$

$$P = 9.41E - 07$$

$$R = 0.99$$

$$R(\%) = 99.99$$

2.5.2.5 Base 1 – Tampayacu

Coordenadas

	Latitud	Longitud	Altura [m]
Base 1	0° 53' 01.2" S	77° 46' 10.9" W	844.2
Tampayacu	0° 54' 44.7" S	77° 46' 05.8" W	649.4

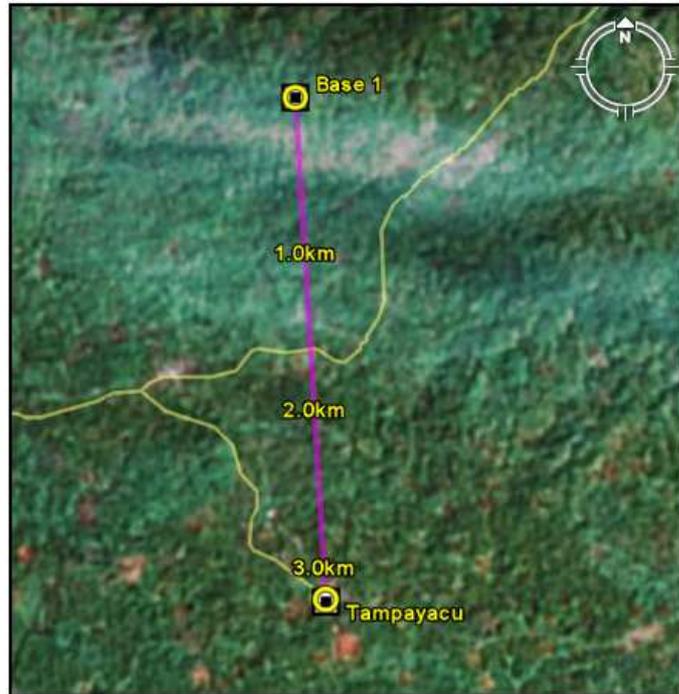


FIGURA 2.38. Vista Panorámica del Enlace Base 1 - Tampayacu.

Resultado del levantamiento del perfil

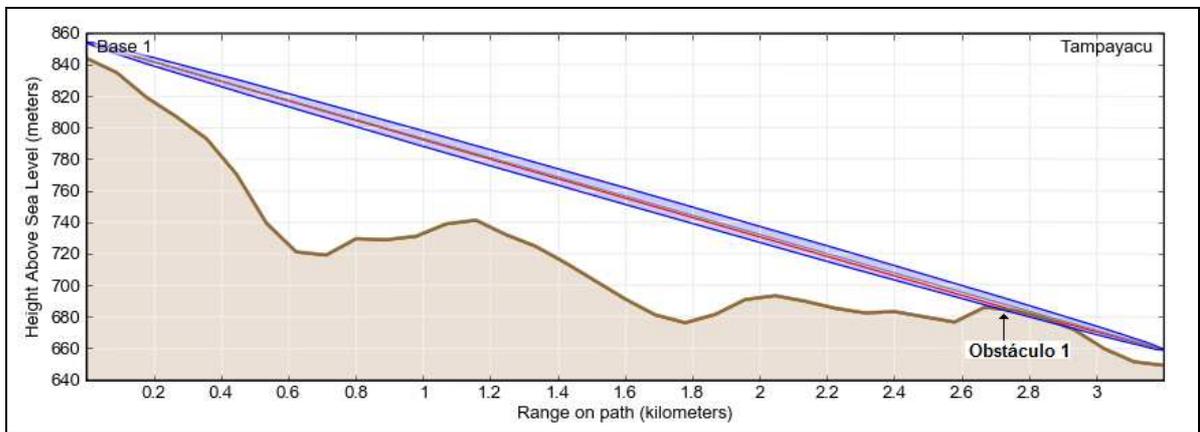


FIGURA 2.39. Enlace Base 1 – Tampayacu.

Considerando el obstáculo a 0.533 Km (Obstáculo 1)

d (Km)	d1 (Km)	d2 (Km)	K	a (Km)	f (GHz)	H1 (m)	H2 (m)	hc (m)
3,199	0,533	2,666	1,33	6370	5,775	649,4	844,2	686,2

A continuación se presentan los resultados de calcular el abultamiento y la zona de Fresnel:

$$c = 0.08 \text{ [m]}$$

$$r_{F1} = 4.8 \text{ [m]}$$

- **Alturas para ubicar las antenas**

$$h_b \geq (H_1 + h_2) \left(1 - \frac{d}{d_1}\right) - H_2 + \frac{d}{d_1} (h_c + r_{F1} + c) \text{ [m]}$$

Tampayacu ha (m)	Base 1 hb (m)
10	-6,15

TABLA 2.35. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Base 1 - Tampayacu, considerando el obstáculo 1.

Analizando los resultados: Considerando el obstáculo 1, si se ubica la antena en Tampayacu a una altura de 10 m, en Base 1 se puede ubicar la antena a cualquier altura sobre el nivel del suelo. Además hay que tomar en cuenta, la recomendación de Motorola de ubicar el clúster de APs a una altura mínima de 36 m, y los SMS mínimo a 12 m de altura.

Por lo tanto, el obstáculo 1 es el que influye en la factibilidad del enlace. Y por ello se ha decidido ubicar la antena en Base 1 a 42 m de altura y en Tampayacu a una altura de 12 m, con lo que se cumple la condición mínima de hb para este obstáculo. A continuación se presentan los resultados de calcular el valor de despeje, margen de seguridad, considerando a ha con 12 m y hb con 42 m de altura:

$$h_{desp} = 12.57 \text{ [m]}$$

$$MS\% = 261.7$$

El enlace es factible ya que hdesp no es negativo y MS es mayor a 60%.

Además se presentan los resultados de calcular las pérdidas de trayectoria de espacio libre, potencia nominal de recepción, margen de umbral, margen de desvanecimiento y la confiabilidad:

$$FSL = 117.7 \text{ dB}$$

$$P_{RX} = -50.77 \text{ dBm}$$

$$M_U [\text{dB}] = 43.23 \text{ dB}$$

$$FM = 12.49 [\text{dB}]$$

$$M_U = P_{RX} - P_U \geq FM$$

$$M_U \geq FM$$

$$43.23 \text{ dB} \geq 12.49 [\text{dB}]$$

$$P = 1.6E - 06$$

$$R = 0.99$$

$$R(\%) = 99.99$$

2.5.2.6 Base 1 – Porotoyacu

Coordenadas

	Latitud	Longitud	Altura [m]
Base 1	0°53' 01.2" S	77° 46' 10.9" W	844.2
Porotoyacu	0° 53' 13.9" S	77° 45' 44.0" W	754.4

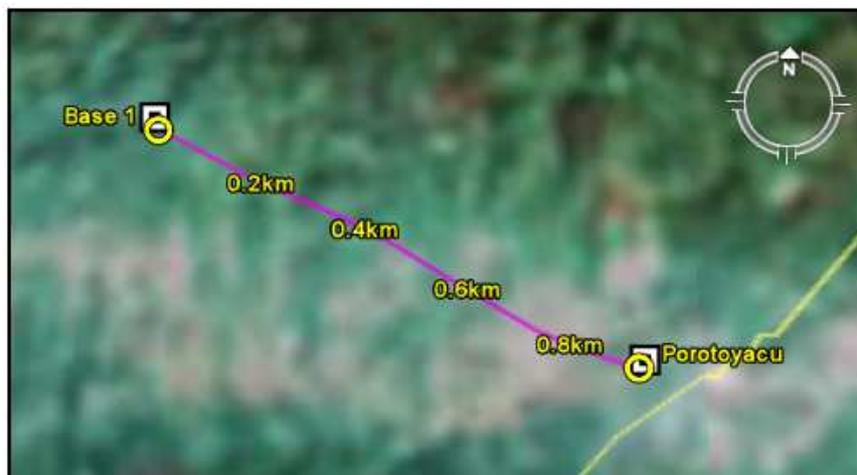


FIGURA 2.40. Vista Panorámica del Enlace Base 1 - Porotoyacu.

Resultado del levantamiento del perfil

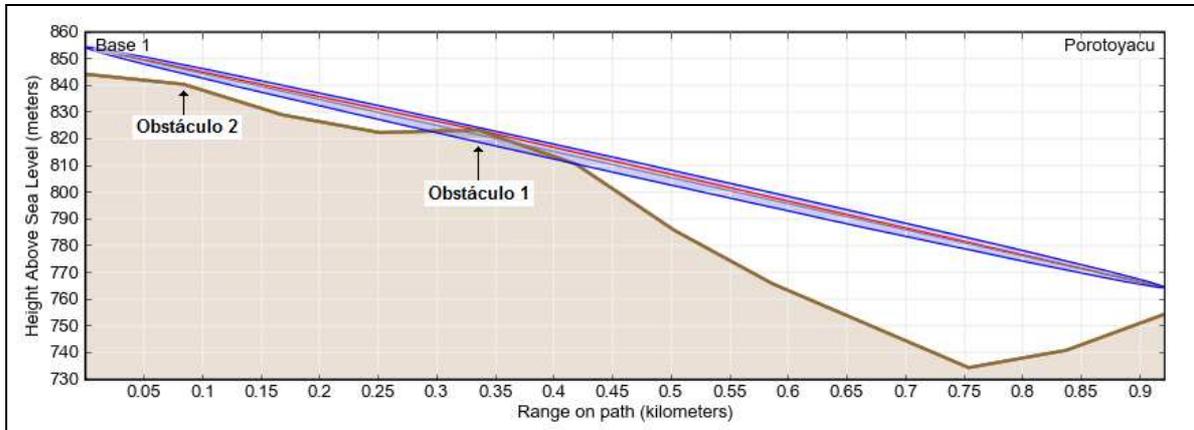


FIGURA 2.41. Enlace Base 1 - Porotoyacu.

Considerando el obstáculo a 0.586 Km (Obstáculo 1)

d (Km)	d1 (Km)	d2 (Km)	K	a (Km)	f (GHz)	H1 (m)	H2 (m)	hc (m)
0,921	0,586	0,335	1,33	6370	5,815	754,4	844,2	823,3

A continuación se presentan los resultados de calcular el abultamiento y la zona de Fresnel:

$$c = 0.01 \text{ [m]}$$

$$r_{F1} = 3.32 \text{ [m]}$$

- **Alturas para ubicar las antenas**

$$h_b \geq (H_1 + h_2) \left(1 - \frac{d}{d_1}\right) - H_2 + \frac{d}{d_1} (h_c + r_{F1} + c) \text{ [m]}$$

Porotoyacu ha (m)	Base 1 hb (m)
10	15,92

TABLA 2.36. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Base 1 - Porotoyacu, considerando el obstáculo 1.

Considerando el obstáculo a 0.837 Km (Obstáculo 2)

d (Km)	d1 (Km)	d2 (Km)	K	a (Km)	f (GHz)	H1 (m)	H2 (m)	hc (m)
0,921	0,837	0,084	1,33	6370	5,815	754,4	844,2	840,4

A continuación se presentan los resultados de calcular el abultamiento y la zona de Fresnel:

$$c = 0.004 \text{ [m]}$$

$$r_{F1} = 1.98 \text{ [m]}$$

- **Alturas para ubicar las antenas**

$$h_b \geq (H_1 + h_a) \left(1 - \frac{d}{d_1}\right) - H_2 + \frac{d}{d_1} (h_c + r_{F1} + c) \text{ [m]}$$

Porotoyacu ha (m)	Base 1 hb (m)
10	5,14

TABLA 2.37. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Base 1 - Porotoyacu, considerando el obstáculo 2.

Analizando los resultados: Considerando el obstáculo 1, si se ubica la antena en Porotoyacu a una altura de 10 m, la altura a la cual se debe ubicar la antena en Base 1 debe ser mayor a 15.92 m. Y considerando el obstáculo 2, si se ubica la antena en Porotoyacu a una altura de 10 m, la altura a la cual se debe ubicar la antena en Base 1 debe ser mayor a 5.14 m. Además hay que tomar en cuenta, la recomendación de Motorola de ubicar el clúster de APs a una altura mínima de 36 m, y los SMs mínimo a 12 m de altura.

Por lo tanto, el obstáculo 1 es el que más influye en la factibilidad del enlace. Y por ello se ha decidido ubicar la antena en Porotoyacu a 12 m de altura y en Base 1 a

una altura de 42 m, con lo que se cumple la condición mínima de h_b para los 2 obstáculos.

A continuación se presentan los resultados de calcular el valor de despeje, margen de seguridad, considerando a h_a con 12 m y h_b con 42 m de altura:

$$h_{\text{desp}} = 19.31 \text{ [m]}$$

$$MS\% = 582.4$$

El enlace es factible ya que h_{desp} no es negativo y MS es mayor a 60%.

Además se presentan los resultados de calcular las pérdidas de trayectoria de espacio libre, potencia nominal de recepción, margen de umbral, margen de desvanecimiento y la confiabilidad:

$$FSL = 107.02 \text{ dB}$$

$$P_{RX} = -40.02 \text{ dBm}$$

$$M_U \text{ [dB]} = 53.98 \text{ dB}$$

$$FM = 1.70 \text{ [dB]}$$

$$M_U = P_{RX} - P_U \geq FM$$

$$M_U \geq FM$$

$$53.98 \text{ dB} \geq 1.70 \text{ [dB]}$$

$$P = 4.605E - 07$$

$$R = 0.99$$

$$R(\%) = 99.99$$

2.5.2.7 Resumen de las alturas de las antenas de los enlaces PMP con eje en Base 1

En la **TABLA 2.38** se presenta un resumen de las alturas a las cuales las antenas deben ubicarse para que los enlaces PMP con eje en Base 1 sean factibles.

Alturas de los enlaces PMP	
Eje	Extremos
Base 1 42 m	Yanayacu = 12 m
	Yawari = 12 m
	Rukullakta = 12 m
	Awayacu = 12 m
	Tampayacu = 12 m
	Porotoyacu = 12 m

TABLA 2.38. Ubicación de las antenas de los enlace PMP con eje en Base 1.

2.5.2.8 Base 2 – Itaquibilina

Coordenadas

	Latitud	Longitud	Altura [m]
Base 2	0° 54' 08.1" S	77° 44' 33.7" W	838.1
Itaquibilina	0° 54' 47.2" S	77° 44' 57.2" W	714.8

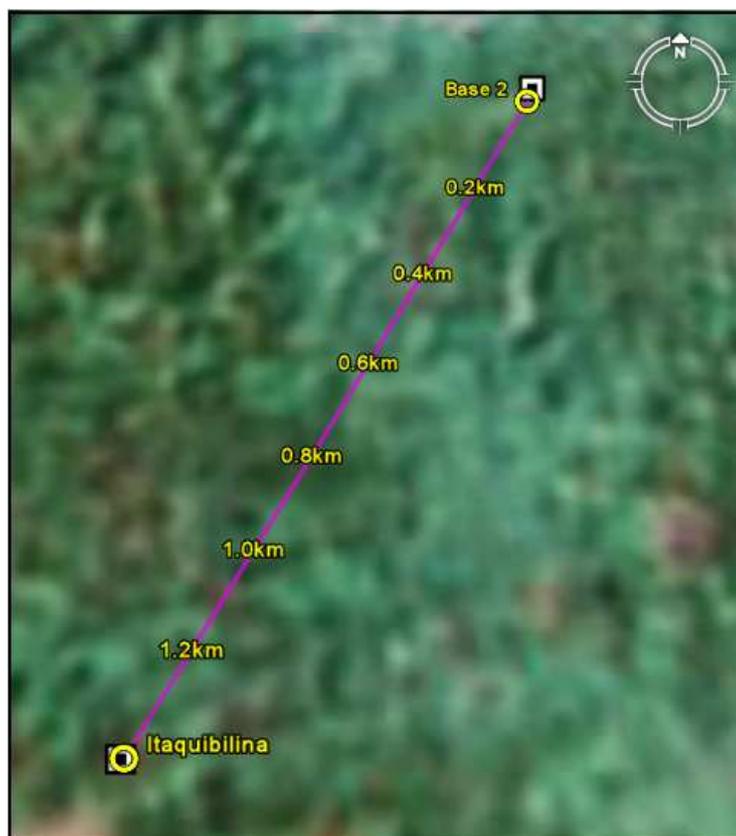


FIGURA 2.42. Vista Panorámica del Enlace Base 2 - Itaquibilina.

Resultado del levantamiento del perfil

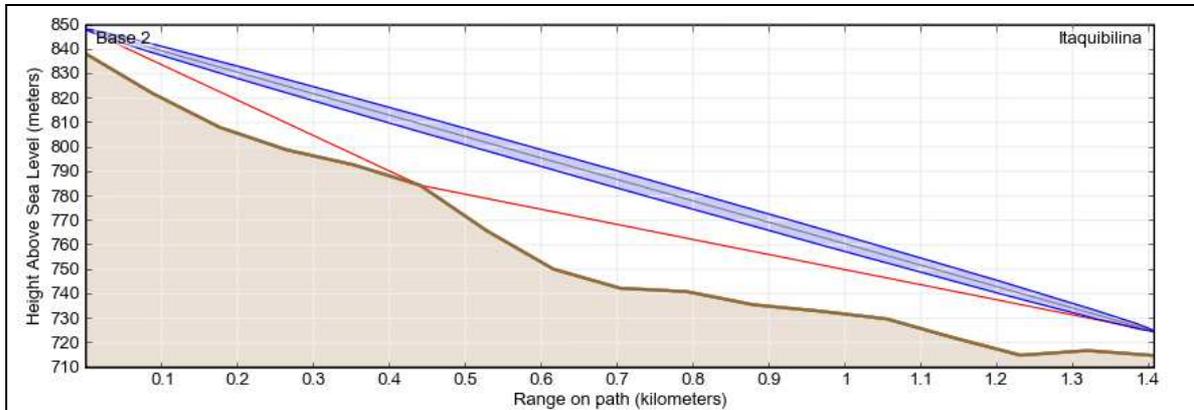


FIGURA 2.43. Enlace Base 2 – Itaquibilina.

Como se puede ver en el diagrama de perfil del enlace Base 2 – Itaquibilina de la **FIGURA 2.43**; este enlace no presenta obstrucciones que afecten la factibilidad del enlace. Por esta razón, lo único que hay que tomar en cuenta para determinar las alturas a las cuales se deben ubicar las antenas para este enlace, es la recomendación de Motorola de ubicar las antenas para enlaces PTP a una altura mínima de 36 m, y los SMs mínimo a 12 m de altura. Por lo tanto, se ha decidido ubicar la antena en Base 2 a 42 m de altura y en Itaquibilina a una altura de 12 m.

Pero sí se presentan los resultados de calcular las pérdidas de trayectoria de espacio libre, potencia nominal de recepción, margen de umbral, margen de desvanecimiento y la confiabilidad:

$$FSL = 110.57 \text{ dB}$$

$$P_{RX} = -43.57 \text{ dBm}$$

$$M_U [\text{dB}] = 50.43 \text{ dB}$$

$$FM = 5.32 [\text{dB}]$$

$$M_U = P_{RX} - P_U \geq FM$$

$$M_U \geq FM$$

$$50.43 \text{ dB} \geq 5.32 [\text{dB}]$$

$$P = 7.03E - 07$$

$$R = 0.99$$

$$R(\%) = 99.99$$

2.5.2.9 Base 2 – Ardillaurko

Coordenadas

	Latitud	Longitud	Altura [m]
Base 2	0° 54' 08.1" S	77° 44' 33.7" W	838.1
Ardillaurko	0° 53' 47.0" S	77° 43' 53.3" W	784.4



FIGURA 2.44. Vista Panorámica del Enlace Base 2 - Ardillaurko.

Resultado del levantamiento del perfil

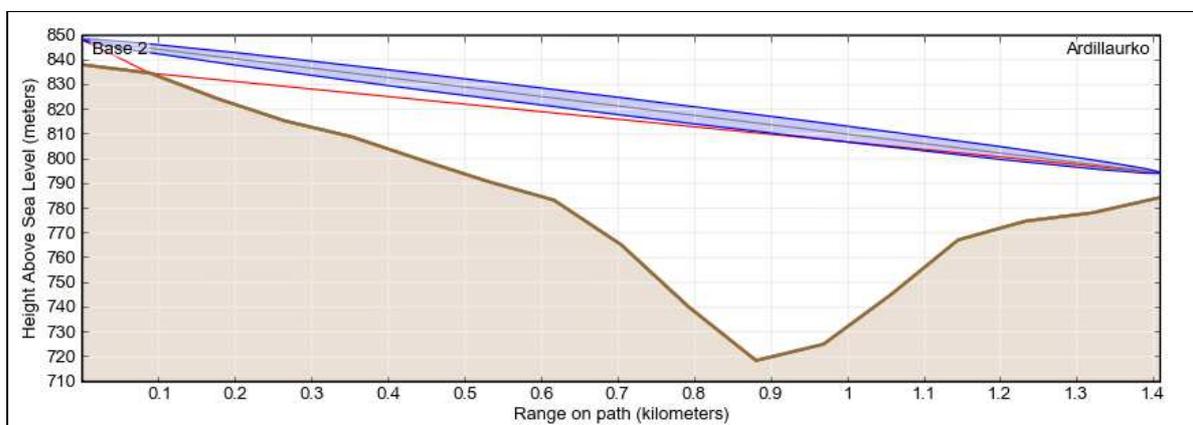


FIGURA 2.45. Enlace Base 2 – Ardillaurko.

Como se puede ver en el diagrama de perfil del enlace Base 2 – Ardillaurko de la **FIGURA 2.45**; este enlace no presenta obstrucciones que afecten la factibilidad del enlace. Por esta razón, lo único que hay que tomar en cuenta para determinar las alturas a las cuales se deben ubicar las antenas para este enlace, es la recomendación de Motorola de ubicar las antenas para enlaces PTP a una altura mínima de 36 m, y los SMs mínimo a 12 m de altura. Por lo tanto, se ha decidido ubicar la antena en Base 2 a 42 m de altura y en Ardillaurko a una altura de 12 m. Pero sí se presentan los resultados de calcular las pérdidas de trayectoria de espacio libre, potencia nominal de recepción, margen de umbral, margen de desvanecimiento y la confiabilidad:

$$FSL = 110.64 \text{ dB}$$

$$P_{RX} = -43.64 \text{ dBm}$$

$$M_U [\text{dB}] = 50.36 \text{ dB}$$

$$FM = 5.36 [\text{dB}]$$

$$M_U = P_{RX} - P_U \geq FM$$

$$M_U \geq FM$$

$$50.36 \text{ dB} \geq 5.36 [\text{dB}]$$

$$P = 7.04E - 07$$

$$R = 0.99$$

$$R(\%) = 99.99$$

2.5.2.10 Base 2 – Villano

Coordenadas

	Latitud	Longitud	Altura [m]
Base 2	0° 54' 08.1" S	77° 44' 33.7" W	838.1
Villano	0° 52' 47.7" S	77° 43' 34.7" W	825.5

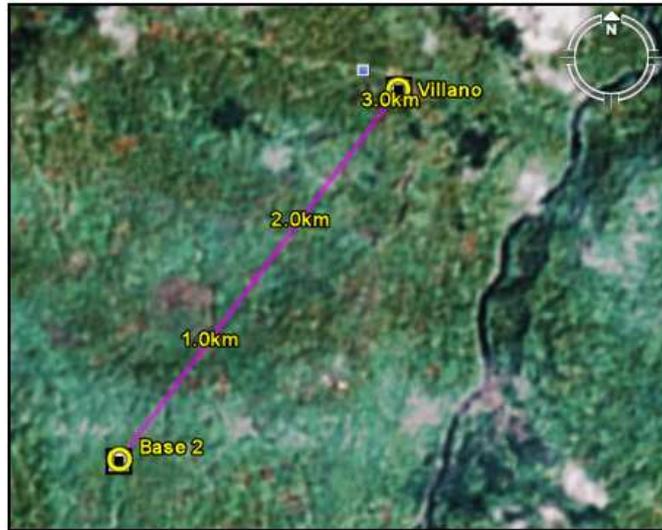


FIGURA 2.46. Vista Panorámica del Enlace Base 2 - Villano.

Resultado del levantamiento del perfil

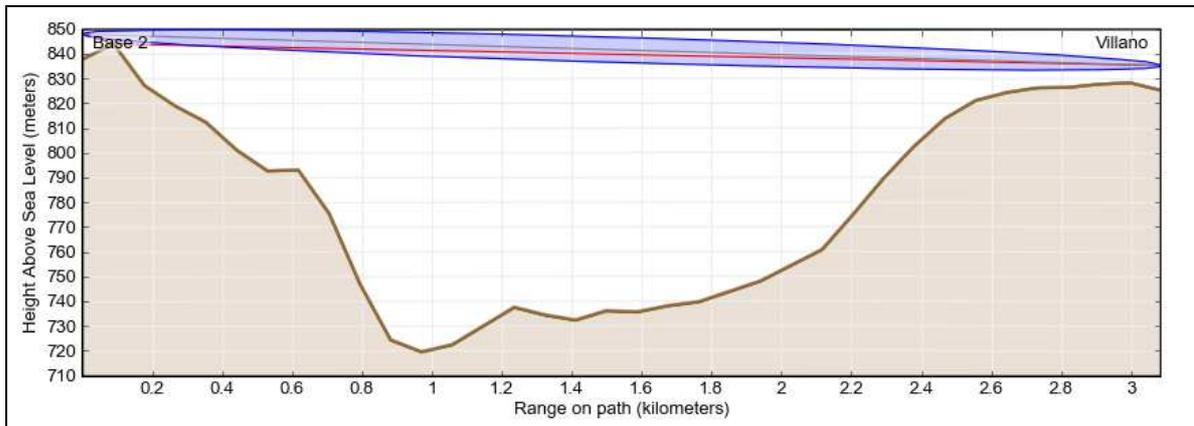


FIGURA 2.47. Enlace Base 2 – Villano.

Considerando el obstáculo a 2.995 Km (Obstáculo 1)

d (Km)	d1 (Km)	d2 (Km)	K	a (Km)	f (GHz)	H1 (m)	H2 (m)	hc (m)
3,083	2,995	0,088	1,33	6370	5,775	825,5	838,1	844,2

Además se presentan los resultados de calcular el abultamiento y la zona de Fresnel:

$$c = 0.02 \text{ [m]}$$

$$r_{F1} = 2.11 \text{ [m]}$$

- **Alturas para ubicar las antenas**

$$h_b \geq (H_1 + h_2) \left(1 - \frac{d}{d_1}\right) - H_2 + \frac{d}{d_1} (h_c + r_{F1} + c) \text{ [m]}$$

Villano ha (m)	Base 2 hb (m)
10	7,67

TABLA 2.39. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Base 2 - Villano, considerando el obstáculo 1.

Analizando los resultados: Considerando el obstáculo 1, si se ubica la antena en Villano a una altura de 10 m, la altura a la cual se debe ubicar la antena en Base 2 debe ser mayor a 7.67 m. Además hay que tomar en cuenta, la recomendación de Motorola de ubicar las antenas para enlaces PTP a una altura mínima de 36 m, y los SMs mínimo a 12 m de altura. Por lo tanto, el obstáculo 1 es el que influye en la factibilidad del enlace. Y por ello se ha decidido ubicar la antena en Base 2 a 42 m de altura y en Villano a una altura de 12 m, con lo que se cumple la condición mínima de hb para este obstáculo.

A continuación se presentan los resultados de calcular el valor de despeje, margen de seguridad, considerando a ha con 12 m y hb con 42 m de altura:

$$h_{d\text{esp}} = 34.61 \text{ [m]}$$

$$MS\% = 1642.4$$

El enlace es factible ya que hdesp no es negativo y MS es mayor a 60%. Además se presentan los resultados de calcular las pérdidas de trayectoria de espacio libre, potencia nominal de recepción, margen de umbral, margen de desvanecimiento y la confiabilidad:

$$FSL = 117.45 \text{ dB}$$

$$P_{RX} = -50.45 \text{ dBm}$$

$$M_U \text{ [dB]} = 43.55 \text{ dB}$$

$$FM = 12.17 \text{ [dB]}$$

$$M_U = P_{RX} - P_U \geq FM$$

$$M_U \geq FM$$

$$43.55 \text{ dB} \geq 12.17 \text{ [dB]}$$

$$P = 1.542E - 06$$

$$R = 0.99$$

$$R(\%) = 99.99$$

2.5.2.11 Base 2 – Nokuno

Coordenadas

	Latitud	Longitud	Altura [m]
Base 2	0° 54' 08.1" S	77° 44' 33.7" W	838.1
Nokuno	0° 53' 27.3" S	77° 44' 41.8" W	798.8

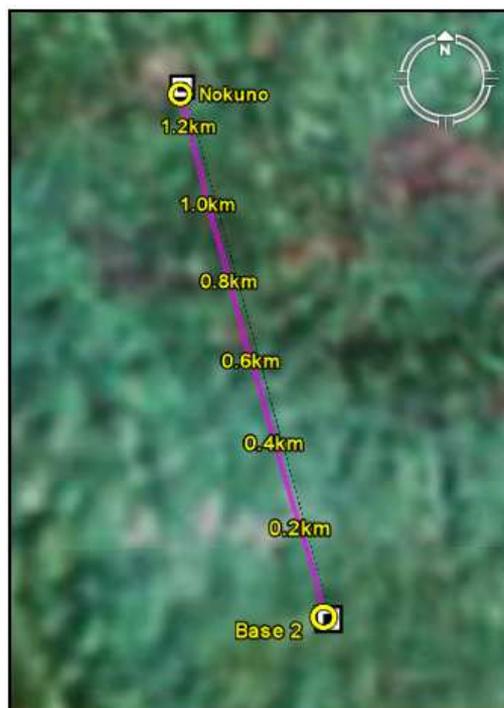


FIGURA 2.48. Vista Panorámica del Enlace Base 2 - Nokuno.

Resultado del levantamiento del perfil

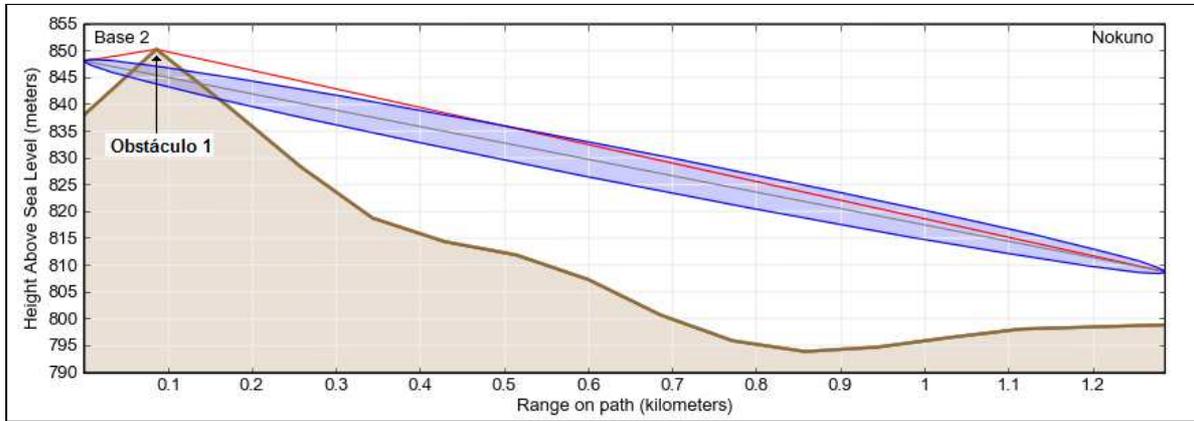


FIGURA 2.49. Enlace Base 2 – Nokuno.

Considerando el obstáculo a 1.2 Km (Obstáculo 1)

d (Km)	d1 (Km)	d2 (Km)	K	a (Km)	f (GHz)	H1 (m)	H2 (m)	hc (m)
1,286	1,2	0,086	1,33	6370	5,815	798,8	838,1	850,3

Además se presentan los resultados de calcular el abultamiento y la zona de Fresnel:

$$c = 0.01 \text{ [m]}$$

$$r_{F1} = 2.03 \text{ [m]}$$

- **Alturas para ubicar las antenas**

$$h_b \geq (H_1 + h_a) \left(1 - \frac{d}{d_1}\right) - H_2 + \frac{d}{d_1} (h_c + r_{F1} + c) \text{ [m]}$$

Nokuno ha (m)	Base 2 hb (m)
10	16,49

TABLA 2.40. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Base 2 - Nokuno, considerando el obstáculo 1.

Analizando los resultados: Considerando el obstáculo 1, si se ubica la antena en Nokuno a una altura de 10 m, la altura a la cual se debe ubicar la antena en Base 2 debe ser mayor a 16.49 m. Además hay que tomar en cuenta, la recomendación de Motorola de ubicar el clúster de APs a una altura mínima de 36 m, y los SMs mínimo a 12 m de altura.

Por lo tanto, el obstáculo 1 es el que influye en la factibilidad del enlace. Y por ello se ha decidido ubicar la antena en Base 2 a 42 m de altura y en Nokuno a una altura de 12 m, con lo que se cumple la condición mínima de h_b para este obstáculo.

A continuación se presentan los resultados de calcular el valor de despeje, margen de seguridad, considerando a h_a con 12 m y h_b con 42 m de altura:

$$h_{\text{desp}} = 25.16 \text{ [m]}$$

$$MS\% = 1236.5$$

El enlace es factible ya que h_{desp} no es negativo y MS es mayor a 60%. Además se presentan los resultados de calcular las pérdidas de trayectoria de espacio libre, potencia nominal de recepción, margen de umbral, margen de desvanecimiento y la confiabilidad:

$$FSL = 109.92 \text{ dB}$$

$$P_{\text{RX}} = -42.92 \text{ dBm}$$

$$M_U \text{ [dB]} = 51.08 \text{ dB}$$

$$FM = 4.60 \text{ [dB]}$$

$$M_U = P_{\text{RX}} - P_U \geq FM$$

$$M_U \geq FM$$

$$51.08 \text{ dB} \geq 4.60 \text{ [dB]}$$

$$P = 6.43E - 07$$

$$R = 0.99$$

$$R(\%) = 99.99$$

2.5.2.12 Resumen de las alturas de las antenas de los enlaces PMP con eje en Base 2

En la **TABLA 2.41** se presenta un resumen de las alturas a las cuales las antenas deben ubicarse para que los enlaces PMP con eje en Base 2 sean factibles.

Alturas de los enlaces PMP	
Eje	Extremos
Base 2 42 m	Itaquibilina = 12 m Ardillaurko = 12 m Villano = 12 m Nokuno = 12 m

TABLA 2.41. Ubicación de las antenas de los enlace PMP con eje en Base 2.

2.5.2.13 Pawayacu – Pawayacu *

La estación base Pawayacu está ubicada en la comunidad del mismo nombre. Pero para que la conexión de internet llegue a la comunidad Pawayacu como tal, se necesita un enlace PMP para conectar la estación base con su comunidad.

Como este enlace es en la misma comunidad de Pawayacu, no existen obstrucciones que afecten la factibilidad del enlace. Por esta razón, lo único que hay que tomar en cuenta para determinar las alturas a las cuales se deben ubicar las antenas para este enlace, es la recomendación de Motorola de ubicar el clúster de APs a una altura mínima de 36 m, y los SMs mínimo a 12 m de altura.

Por lo que, se ha decidido ubicar la antena en Pawayacu a 42 m de altura y en Pawayacu * a una altura de 12 m.

En la **TABLA 2.42** se presenta un resumen de las alturas a las cuales las antenas deben ubicarse para que los enlaces PMP con eje en Pawayacu sean factibles.

Alturas de los enlaces PMP	
Eje	Extremos
Pawayacu = 42 m	Pawayacu * = 12 m

TABLA 2.42. Ubicación de las antenas del enlace PMP con eje en Pawayacu.

2.5.2.14 Llushianta– Manku

Coordenadas

	Latitud	Longitud	Altura [m]
Llushianta	0° 52' 02.1" S	77° 44' 59.5" W	819.7
Manku	0° 50' 53.8" S	77° 43' 31.4" W	801.9



FIGURA 2.50. Vista Panorámica del Enlace Llushianta - Manku.

Resultado del levantamiento del perfil

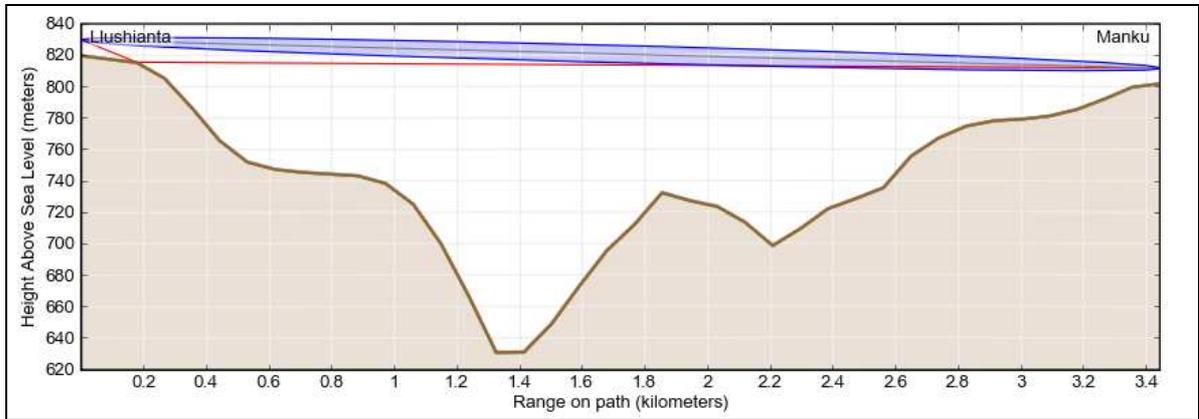


FIGURA 2.51. Enlace Llushianta - Manku.

Como se puede ver en el diagrama de perfil del enlace Llushianta – Manku de la **FIGURA 2.51**; este enlace no presenta obstrucciones que afecten la factibilidad del enlace. Por esta razón, lo único que hay que tomar en cuenta para determinar las alturas a las cuales se deben ubicar las antenas para este enlace, es la recomendación de Motorola de ubicar el clúster de APs a una altura mínima de 36 m, y los SMS mínimo a 12 m de altura. Por lo tanto, se ha decidido ubicar la antena en Llushianta a 42 m de altura y en Manku a una altura de 12 m.

Pero sí se presentan los resultados de calcular las pérdidas de trayectoria de espacio libre, potencia nominal de recepción, margen de umbral, margen de desvanecimiento y la confiabilidad:

$$FSL = 118.47 \text{ dB}$$

$$P_{RX} = -51.47 \text{ dBm}$$

$$M_U \text{ [dB]} = 42.53 \text{ dB}$$

$$FM = 13.15 \text{ [dB]}$$

$$M_U = P_{RX} - P_U \geq FM$$

$$M_U \geq FM$$

$$42.53 \text{ dB} \geq 13.15 \text{ [dB]}$$

$$P = 1.721E - 06$$

$$R = 0.99$$

$$R(\%) = 99.99$$

2.5.2.15 Llushianta – Llushianta *

La estación base Llushianta está ubicada en la comunidad del mismo nombre. Pero para que la conexión de internet llegue a la comunidad Llushianta como tal, se necesita un enlace PMP para conectar la estación base con su comunidad.

Como este enlace es en la misma comunidad de Llushianta, no existen obstrucciones que afecten la factibilidad del enlace. Por esta razón, lo único que hay que tomar en cuenta para determinar las alturas a las cuales se deben ubicar las antenas para este enlace, es la recomendación de Motorola de ubicar el clúster de APs a una altura mínima de 36 m, y los SMs mínimo a 12 m de altura.

Por lo que, se ha decidido ubicar la antena en Llushianta a 42 m de altura y en Llushianta * a una altura de 12 m.

2.5.2.16 Resumen de las alturas de las antenas de los enlaces PMP con eje en Llushianta

En la **TABLA 2.43** se presenta un resumen de las alturas a las cuales las antenas deben ubicarse para que los enlaces PMP con eje en Base 2 sean factibles.

Alturas de los enlaces PMP	
Eje	Extremos
Llushianta 42 m	Manku = 12 m Llushianta * = 12 m

TABLA 2.43. Ubicación de las antenas de los enlaces PMP con eje en Llushianta.

2.5.2.17 Oritoyacu – Papanku

Coordenadas

	Latitud	Longitud	Altura [m]
Oritoyacu	0° 45' 49.8" S	77° 37' 27.6" W	1041.7
Papanku	0° 44' 57.9" S	77° 35' 24.7" W	1053.1



FIGURA 2.52. Vista Panorámica del Enlace Oritoyacu - Papanku.

Resultado del levantamiento del perfil

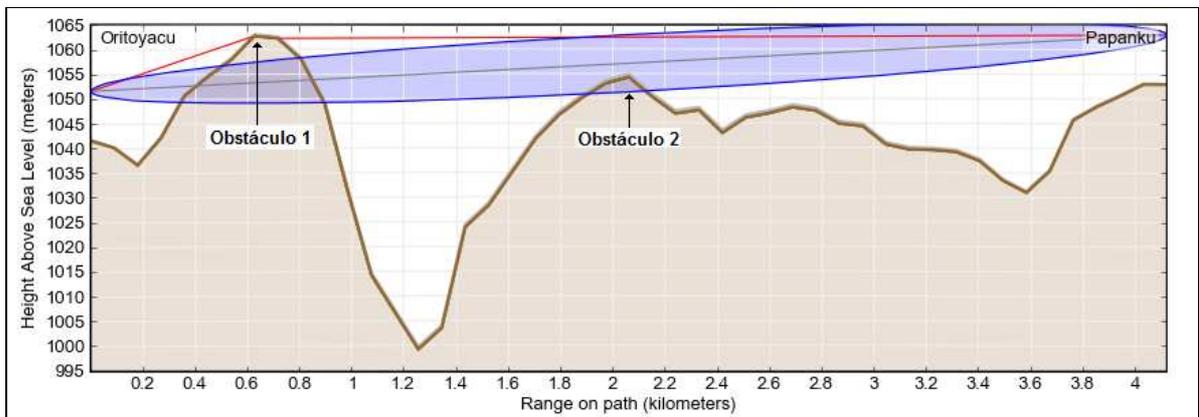


FIGURA 2.53. Enlace Oritoyacu - Papanku.

Considerando el obstáculo a 0.627 Km (Obstáculo 1)

d (Km)	d1 (Km)	d2 (Km)	K	a (Km)	f (GHz)	H1 (m)	H2 (m)	hc (m)
4,12	0,627	3,493	1,33	6370	5,735	1041,7	1053,1	1062,8

A continuación se presentan los resultados de calcular el abultamiento y la zona de Fresnel:

$$c = 0.13 \text{ [m]}$$

$$r_{F1} = 5.27 \text{ [m]}$$

- **Alturas para ubicar las antenas**

$$h_b \geq (H_1 + h_a) \left(1 - \frac{d}{d_1}\right) - H_2 + \frac{d}{d_1} (h_c + r_{F1} + c) \text{ [m]}$$

Oritoyacu ha (m)	Papanku hb (m)
20	37,47

TABLA 2.44. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Oritoyacu - Papanku, considerando el obstáculo 1.

Considerando el obstáculo a 2.06 Km (Obstáculo 2)

d (Km)	d1 (Km)	d2 (Km)	K	a (Km)	f (GHz)	H1 (m)	H2 (m)	hc (m)
4,12	2,06	2,06	1,33	6370	5,735	1041,7	1053,1	1054,4

A continuación se presentan los resultados de calcular el abultamiento y la zona de Fresnel:

$$c = 0.25 \text{ [m]}$$

$$r_{F1} = 7.34 \text{ [m]}$$

- **Alturas para ubicar las antenas**

$$h_b \geq (H_1 + h_2) \left(1 - \frac{d}{d_1}\right) - H_2 + \frac{d}{d_1} (h_c + r_{F1} + c) \text{ [m]}$$

Oritoyacu ha (m)	Papanku hb (m)
20	3,31

TABLA 2.45. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Oritoyacu - Papanku, considerando el obstáculo 2.

Analizando los resultados: Considerando el obstáculo 1, si se ubica la antena en Oritoyacu a una altura de 20 m, la altura a la cual se debe ubicar la antena en Papanku debe ser mayor a 37.47 m. Y considerando el obstáculo 2, si se ubica la antena en Oritoyacu a una altura de 20 m, la altura a la cual se debe ubicar la antena en Papanku debe ser mayor a 3.31 m. Además hay que tomar en cuenta, la recomendación de Motorola de ubicar el clúster de APs a una altura mínima de 36 m, y los SMs mínimo a 12 m de altura. Por eso, el obstáculo 1 es el que más influye en la factibilidad del enlace. Y por ello se ha decidido ubicar la antena en Oritoyacu a 42 m de altura y en Papanku a una altura de 12 m, con lo que se cumple la peor condición de hb para los 2 obstáculos.

A continuación se presentan los resultados de calcular el valor de despeje, margen de seguridad, considerando a ha con 42 m y hb con 12 m de altura:

$$h_{desp} = 17.94 \text{ [m]}$$

$$MS\% = 340.2$$

El enlace es factible ya que hdesp no es negativo y MS es mayor a 60%. Además se presentan los resultados de calcular las pérdidas de trayectoria de espacio libre, potencia nominal de recepción, margen de umbral, margen de desvanecimiento y la confiabilidad:

$$FSL = 119.91 \text{ dB}$$

$$P_{RX} = -52.91 \text{ dBm}$$

$$M_U [\text{dB}] = 41.09 \text{ dB}$$

$$FM = 14.65 [\text{dB}]$$

$$M_U = P_{RX} - P_U \geq FM$$

$$M_U \geq FM$$

$$41.09 \text{ dB} \geq 14.65 [\text{dB}]$$

$$P = 2.06E - 06$$

$$R = 0.99$$

$$R(\%) = 99.99$$

2.5.2.18 Oritoyacu – Mushullakta

Coordenadas

	Latitud	Longitud	Altura [m]
Oritoyacu	0° 45' 49.8" S	77° 37' 27.6" W	1041.7
Mushullakta	0° 47' 54.4" S	77° 35' 16.7" W	954.0



FIGURA 2.54. Vista Panorámica del Enlace Oritoyacu - Mushullakta.

Resultado del levantamiento del perfil

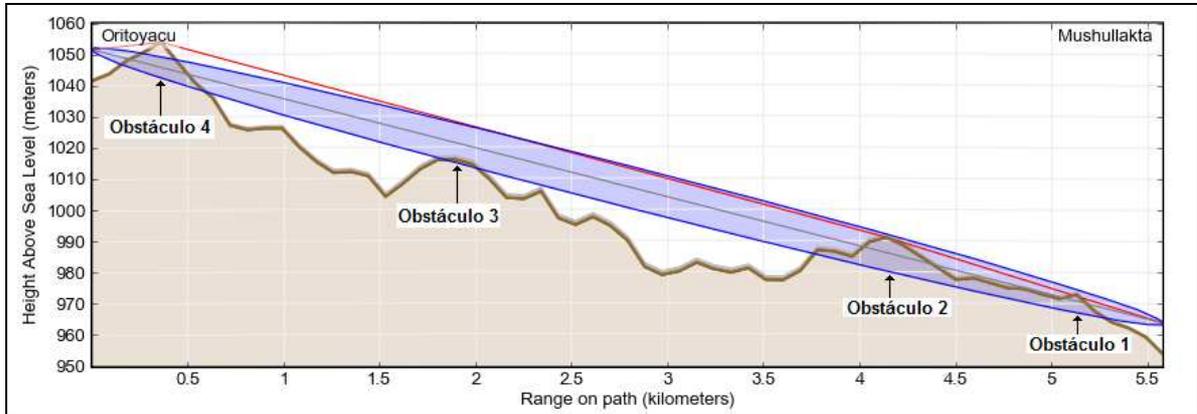


FIGURA 2.55. Enlace Oritoyacu - Mushullakta.

Considerando el obstáculo a 0.45 Km (Obstáculo 1)

d (Km)	d1 (Km)	d2 (Km)	K	a (Km)	f (GHz)	H1 (m)	H2 (m)	hc (m)
5,579	0,45	5,129	1,33	6370	5,775	954	1041,7	973,1

A continuación se presentan los resultados de calcular el abultamiento y la zona de Fresnel:

$$c = 0.14 \text{ [m]}$$

$$r_{F1} = 4.64 \text{ [m]}$$

- **Alturas para ubicar las antenas**

$$h_b \geq (H_1 + h_a) \left(1 - \frac{d}{d_1}\right) - H_2 + \frac{d}{d_1} (h_c + r_{F1} + c) \text{ [m]}$$

Mushullakta ha (m)	Oritoyacu hb (m)
18	-19,89

TABLA 2.46. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Oritoyacu - Mushullakta, considerando el obstáculo 1.

Considerando el obstáculo a 1.44 Km (Obstáculo 2)

d (Km)	d1 (Km)	d2 (Km)	K	a (Km)	f (GHz)	H1 (m)	H2 (m)	hc (m)
5,579	1,44	4,139	1,33	6370	5,775	954	1041,7	991,2

A continuación se presentan los resultados de calcular el abultamiento y la zona de Fresnel:

$$c = 0.35 \text{ [m]}$$

$$r_{F1} = 7.45 \text{ [m]}$$

- **Alturas para ubicar las antenas**

$$h_b \geq (H_1 + h_a) \left(1 - \frac{d}{d_1}\right) - H_2 + \frac{d}{d_1} (h_c + r_{F1} + c) \text{ [m]}$$

Mushullakta ha (m)	Oritoyacu hb (m)
18	23,36

TABLA 2.47. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Oritoyacu - Mushullakta, considerando el obstáculo 2.

Considerando el obstáculo a 3.689 Km (Obstáculo 3)

d (Km)	d1 (Km)	d2 (Km)	K	a (Km)	f (GHz)	H1 (m)	H2 (m)	hc (m)
5,579	3,689	1,89	1,33	6370	5,775	954	1041,7	1016,2

A continuación se presentan los resultados de calcular el abultamiento y la zona de Fresnel:

$$c = 0.41 \text{ [m]}$$

$$r_{F1} = 8.06 \text{ [m]}$$

- **Alturas para ubicar las antenas**

$$h_b \geq (H_1 + h_2) \left(1 - \frac{d}{d_1}\right) - H_2 + \frac{d}{d_1} (h_c + r_{F1} + c) \text{ [m]}$$

Mushullakta ha (m)	Oritoyacu hb (m)
18	5,08

TABLA 2.48. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Oritoyacu - Mushullakta, considerando el obstáculo 3.

Considerando el obstáculo a 5.219 Km (Obstáculo 4)

d (Km)	d1 (Km)	d2 (Km)	K	a (Km)	f (GHz)	H1 (m)	H2 (m)	hc (m)
5,579	5,219	0,36	1,33	6370	5,775	954	1041,7	1054

A continuación se presentan los resultados de calcular el abultamiento y la zona de Fresnel:

$$c = 0.11 \text{ [m]}$$

$$r_{F1} = 4.18 \text{ [m]}$$

- **Alturas para ubicar las antenas**

$$h_b \geq (H_1 + h_2) \left(1 - \frac{d}{d_1}\right) - H_2 + \frac{d}{d_1} (h_c + r_{F1} + c) \text{ [m]}$$

Mushullakta ha (m)	Oritoyacu hb (m)
18	20,76

TABLA 2.49. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Oritoyacu - Mushullakta, considerando el obstáculo 4.

Analizando los resultados: Considerando el obstáculo 1, si se ubica la antena en Mushullakta a una altura de 18 m, en Oritoyacu se puede ubicar la antena a cualquier altura sobre el nivel del suelo. Considerando el obstáculo 2, si se ubica la antena en Mushullakta a una altura de 18 m, la altura a la cual se debe ubicar la antena en Oritoyacu debe ser mayor a 23.36 m. Considerando el obstáculo 3, si se ubica la antena en Mushullakta a una altura de 18 m, la altura a la cual se debe ubicar la antena en Oritoyacu debe ser mayor a 5.08 m. Y considerando el obstáculo 4, si se ubica la antena en Mushullakta a una altura de 18 m, la altura a la cual se debe ubicar la antena en Oritoyacu debe ser mayor a 20.76 m. Además hay que tomar en cuenta, la recomendación de Motorola de ubicar el clúster de APs a una altura mínima de 36 m, y los SMs mínimo a 12 m de altura.

Por lo tanto, el obstáculo 2 es el que más influye en la factibilidad del enlace. Y por ello se ha decidido ubicar la antena en Oritoyacu a 42 m de altura y en Mushullakta a una altura de 12 m, con lo que se cumple la condición mínima de h_b para los 2 obstáculos.

A continuación se presentan los resultados de calcular el valor de despeje, margen de seguridad, considerando a h_a con 12 m y h_b con 42 m de altura:

$$h_{\text{desp}} = 4.83 \text{ [m]}$$

$$MS\% = 64.8$$

El enlace es factible ya que h_{desp} no es negativo y MS es mayor a 60%. Además se presentan los resultados de calcular las pérdidas de trayectoria de espacio libre, potencia nominal de recepción, margen de umbral, margen de desvanecimiento y la confiabilidad:

$$FSL = 122.6 \text{ dB}$$

$$P_{\text{RX}} = -55.6 \text{ dBm}$$

$$M_U \text{ [dB]} = 38.4 \text{ dB}$$

$$FM = 17.32 \text{ [dB]}$$

$$M_U = P_{RX} - P_U \geq FM$$

$$M_U \geq FM$$

$$38.4 \text{ dB} \geq 17.32 \text{ [dB]}$$

$$P = 2.79E - 06$$

$$R = 0.99$$

$$R(\%) = 99.99$$

2.5.2.19 Oritoyacu – Lupino

Coordenadas

	Latitud	Longitud	Altura [m]
Oritoyacu	0° 45' 49.8" S	77° 37' 27.6" W	1041.7
Lupino	0° 50' 32.9" S	77° 38' 05.7" W	964.4



FIGURA 2.56. Vista Panorámica del Enlace Oritoyacu - Lupino.

Resultado del levantamiento del perfil

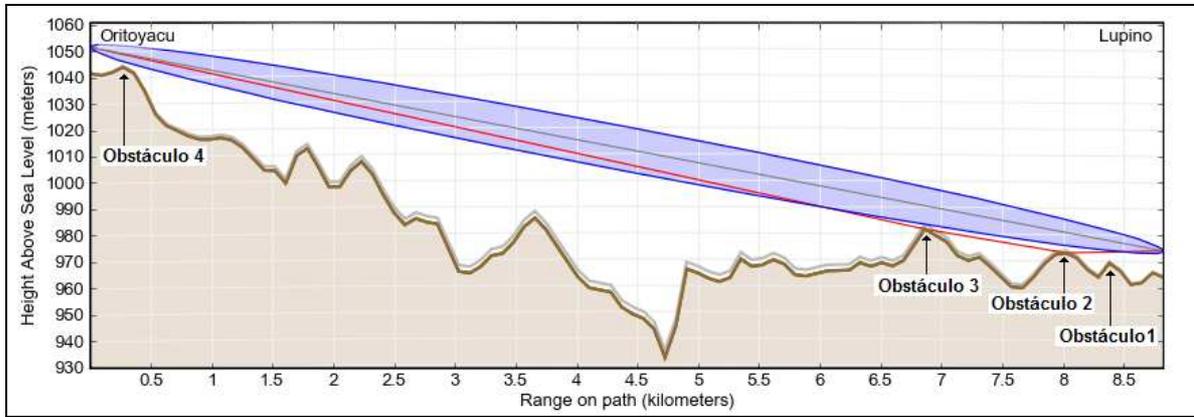


FIGURA 2.57. Enlace Oritoyacu - Lupino.

Considerando el obstáculo a 0.445 Km (Obstáculo 1)

d (Km)	d1 (Km)	d2 (Km)	K	a (Km)	f (GHz)	H1 (m)	H2 (m)	hc (m)
8,821	0,445	8,376	1,33	6370	5,815	964,4	1041,7	969,6

A continuación se calcula el abultamiento y la zona de Fresnel:

$$c = 0.22 \text{ [m]}$$

$$r_{F1} = 4.67 \text{ [m]}$$

- **Alturas para ubicar las antenas**

$$h_b \geq (H_1 + h_2) \left(1 - \frac{d}{d_1}\right) - H_2 + \frac{d}{d_1} (h_c + r_{F1} + c) \text{ [m]}$$

Lupino ha (m)	Oritoyacu hb (m)
10	-102,57

TABLA 2.50. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Oritoyacu - Lupino, considerando el obstáculo 1.

Considerando el obstáculo a 0.802 Km (Obstáculo 2)

d (Km)	d1 (Km)	d2 (Km)	K	a (Km)	f (GHz)	H1 (m)	H2 (m)	hc (m)
8,821	0,882	8,019	1,33	6370	5,815	964,4	1041,7	973,3

A continuación se presentan los resultados de calcular el abultamiento y la zona de Fresnel:

$$c = 0.38 \text{ [m]}$$

$$r_{F1} = 6.13 \text{ [m]}$$

- **Alturas para ubicar las antenas**

$$h_b \geq (H_1 + h_a) \left(1 - \frac{d}{d_1}\right) - H_2 + \frac{d}{d_1} (h_c + r_{F1} + c) \text{ [m]}$$

Lupino ha (m)	Oritoyacu hb (m)
10	-34,76

TABLA 2.51. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Oritoyacu - Lupino, considerando el obstáculo 2.

Considerando el obstáculo a 1.96 Km (Obstáculo 3)

d (Km)	d1 (Km)	d2 (Km)	K	a (Km)	f (GHz)	H1 (m)	H2 (m)	hc (m)
8,821	1,96	6,861	1,33	6370	5,815	964,4	1041,7	981,9

A continuación se presentan los resultados de calcular el abultamiento y la zona de Fresnel:

$$c = 0.79 \text{ [m]}$$

$$r_{F1} = 8.87 \text{ [m]}$$

- **Alturas para ubicar las antenas**

$$h_b \geq (H_1 + h_a) \left(1 - \frac{d}{d_1}\right) - H_2 + \frac{d}{d_1} (h_c + r_{F1} + c) \text{ [m]}$$

Lupino ha (m)	Oritoyacu hb (m)
10	-6,04

TABLA 2.52. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Oritoyacu - Lupino, considerando el obstáculo 3.

Considerando el obstáculo a 8.821 Km (Obstáculo 4)

d (Km)	d1 (Km)	d2 (Km)	K	a (Km)	f (GHz)	H1 (m)	H2 (m)	hc (m)
8,821	8,554	0,267	1,33	6370	5,815	964,4	1041,7	1044,1

A continuación se presentan los resultados de calcular el abultamiento y la zona de Fresnel:

$$c = 0.13 \text{ [m]}$$

$$r_{F1} = 3.65 \text{ [m]}$$

- **Alturas para ubicar las antenas**

$$h_b \geq (H_1 + h_a) \left(1 - \frac{d}{d_1}\right) - H_2 + \frac{d}{d_1} (h_c + r_{F1} + c) \text{ [m]}$$

Lupino ha (m)	Oritoyacu hb (m)
10	6,98

TABLA 2.53. Cálculo de las alturas a las cuales se pueden ubicar las antenas del enlace Oritoyacu - Lupino, considerando el obstáculo 4.

Analizando los resultados: Considerando el obstáculo 1, si se ubica la antena en Lupino a una altura de 10 m, en Oritoyacu se puede ubicar la antena a cualquier altura sobre el nivel del suelo. Considerando el obstáculo 2, si se ubica la antena en Lupino a una altura de 10 m, en Oritoyacu se puede ubicar la antena a cualquier altura sobre el nivel del suelo. Considerando el obstáculo 3, si se ubica la antena en Lupino a una altura de 10 m, en Oritoyacu se puede ubicar la antena a cualquier altura sobre el nivel del suelo. Y considerando el obstáculo 4, si se ubica la antena en Lupino a una altura de 10 m, la altura a la cual se debe ubicar la antena en Oritoyacu debe ser mayor a 6.98 m. Además hay que tomar en cuenta, la recomendación de Motorola de ubicar el clúster de APs a una altura mínima de 36 m, y los SMs mínimo a 12 m de altura. Por lo tanto, el obstáculo 4 es el que más influye en la factibilidad del enlace. Y por ello se ha decidido ubicar la antena en Lupino a 12 m de altura y en Oritoyacu a una altura de 42 m, con lo que se cumple la condición mínima de h_b para los 2 obstáculos.

A continuación se presentan los resultados de calcular el valor de despeje, margen de seguridad, considerando a h_a con 12 m y h_b con 42 m de altura:

$$h_{desp} = 36.22 \text{ [m]}$$

$$MS\% = 991.0$$

El enlace es factible ya que h_{desp} no es negativo y MS es mayor a 60%. Además se presentan los resultados de calcular las pérdidas de trayectoria de espacio libre, potencia nominal de recepción, margen de umbral, margen de desvanecimiento y la confiabilidad:

$$FSL = 126.64 \text{ dB}$$

$$P_{RX} = -59.64 \text{ dBm}$$

$$M_U \text{ [dB]} = 34.36 \text{ dB}$$

$$FM = 21.33 \text{ [dB]}$$

$$M_U = P_{RX} - P_U \geq FM$$

$$M_V \geq FM$$

$$34.36 \text{ dB} \geq 21.33 \text{ [dB]}$$

$$P = 4.411E - 06$$

$$R = 0.99$$

$$R(\%) = 99.99$$

2.5.2.20 Oritoyacu– Oritoyacu *

La estación base Oritoyacu está ubicada en la comunidad del mismo nombre. Pero para que la conexión de internet llegue a la comunidad Oritoyacu como tal, se necesita un enlace PMP para conectar la estación base con su comunidad.

Como este enlace es en la misma comunidad de Oritoyacu, no existen obstrucciones que afecten la factibilidad del enlace. Por ello, lo único que hay que tomar en cuenta para determinar las alturas a las cuales se deben ubicar las antenas para este enlace, es la recomendación de Motorola de ubicar el clúster de APs a una altura mínima de 36 m, y los SMs mínimo a 12 m de altura. Por lo que, se ha decidido ubicar la antena en Oritoyacu a 42 m de altura y en Oritoyacu * a una altura de 12 m.

2.5.2.21 Resumen de las alturas de las antenas de los enlaces PMP con eje en Oritoyacu

En la **TABLA 2.54** se presenta un resumen de las alturas a las cuales las antenas deben ubicarse para que los enlaces PMP con eje en Oritoyacu sean factibles.

Alturas de los enlaces PMP	
Eje	Extremos
Oritoyacu 42 m	Papanku = 12 m Mushullakta = 12 m Lupino = 12 m Oritoyacu * = 12 m

TABLA 2.54. Ubicación de las antenas de los enlaces PMP con eje en Oritoyacu.

CAPÍTULO 3

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS Y PRESUPUESTO REFERENCIAL

3.1 INTRODUCCIÓN

Una vez realizado el diseño de la red como la solución inalámbrica de banda ancha que proveerá de internet al Pueblo Kichwa de Rukullakta, se deben tener ciertas consideraciones que cumplan con los parámetros mínimos para el óptimo desempeño en cada una de las comunidades para el cual está destinado el diseño.

El propósito de este capítulo es presentar las características técnicas de los equipos Canopy de Motorola seleccionados que integrarán la Red Inalámbrica de Banda Ancha, los cuales fueron expuestos en gran detalle en el capítulo 1.

Los equipos seleccionados deberán cumplir con requerimientos básicos como son: costos, fiabilidad, convergencia, calidad de servicio y seguridad.

La información que se presentará, dará a conocer en primera instancia la selección, asignación y otros detalles que los equipos Canopy requieren para su óptimo desempeño en la red; luego reunirá a cada uno de los módulos que conforman la base de la red como también a ciertos dispositivos que son de gran importancia y que ayudarán a la correcta operación del sistema. Adicional a ello, se especificará los tipos de cables, conectores y conexiones a tierra que el sistema Canopy precisa para su puesta en marcha.

También se dará a conocer el presupuesto referencial por enlace y de toda la red diseñada para su futura implementación, y de esta forma complementar el proyecto.

3.2 SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS

A partir de la información expuesta en el Capítulo 1 y el diseño de la red planteado en el Capítulo 2, se va a proceder a seleccionar la serie de los equipos Canopy que se va a utilizar dependiendo si el enlace es PTP o PMP.

3.2.1 EQUIPOS PARA LA CONFIGURACIÓN PUNTO A PUNTO (PTP)

Para este tipo de configuración se cuenta con una estación base (BH-M) y una estación remota (BH-S) que trabajarán conjuntamente en la banda de frecuencia de 5.4 GHz.

Se va a trabajar con módulos Backhaul OFDM Integrados de 25 Mbps, que corresponde a la serie 300. Cada extremo de cada enlace a su vez incluye un ODU y un PIDU. Además esta configuración utiliza el CMM (en el BH-M) por las facilidades que provee.

3.2.2 EQUIPOS PARA LA CONFIGURACIÓN PUNTO A MULTIPUNTO (PMP)

Un enlace con este tipo de configuración es usualmente implementado ya que aerodinamiza el despliegue y la operación en la red. Por esa razón la idea es trabajar con un clúster de APs de la Serie 200 y SMs de la Serie 100 de 7 Mbps a 5.7 GHz, y dependiendo de los requerimientos de la red se emplearán APs normales o con kit reflector para cubrir mayores distancias.

3.3 ASIGNACIÓN DE EQUIPOS CANOPY

Una vez realizado el planteamiento de la red y la selección de los equipos, se ha visto conveniente realizar la asignación de los equipos en cada estación, tal como se muestra en la **TABLA 3.1**.

ESTACION	EQUIPO CANOPY
Archidona	1 BH-M
Base 1	2 BH-M 1 BH-S 1 Clúster de 3APs 1 CMM micro 4 SMs 2 SMs con reflector
Pawayacu	1 BH-M 1 BH-S 1 CMM micro 1 AP 1 SM
Base 3	1 BH-M 1 BH-S
Oritoyacu	1 BH-S 1 Clúster de 3 Aps 1 CMM micro 1 SM 3 SMs con reflector
Base 2	1 BH-M 1 BH-S 1 Clúster de 3APs 1 CMM micro 4 SMs
Llushianta	1 BH-S 1 Clúster de 2 Aps 1 CMM micro 1 SM 1 SM con reflector

TABLA 3.1. Asignación de equipos Canopy.

3.4 SELECCIÓN DEL ANCHO DE BANDA DEL INTERNET

La razón principal del diseño de la red es proporcionar conectividad a las instituciones educativas. Por lo tanto, el tráfico manejado por la red sería generalmente para aplicaciones educativas.

Además, tomando como idea principal que en cada comunidad del Pueblo Kichwa de Rukullakta hay una escuela, cada una con un promedio de 10 computadores, se estima 170 computadores en todo el Pueblo Kichwa de Rukullakta.

Por tal motivo se ha previsto un ancho de banda de internet puro (sin comparticiones) de 2Mbps, velocidad suficiente para abastecer a todas las comunidades del Pueblo Kichwa de Rukullakta.

3.5 SEGURIDAD

En el proceso de puesta en marcha de la red, Canopy tiene bien estructurado su sistema con adecuadas herramientas de seguridad tanto en las áreas de administración, operación e instalación, las cuales serán utilizadas previa configuración en cada uno de sus componentes; con la facilidad de poder integrar una nueva red.

El modelo de seguridad, propietario de Canopy, que estará incorporado en la red, basa su desempeño en la encriptación (DES ó AES) y autenticación de llaves de usuario, para que el sistema sea impenetrable y fácil de manejar. Sus múltiples capas de seguridad brindarán protección a la comunicación IP y proporcionarán una interfaz aérea segura.

El sistema de la red dispone del BAM, una herramienta de control que será configurada en el AP. Esta herramienta puede trabajar con PrizmEMS, una óptima plataforma administrativa; de esta manera se añade un mayor nivel de seguridad a la

red, que incluye prestaciones de autodescubrimiento, monitoreo de la red, diversos niveles de acceso a la red, gestión de fallas y de elementos generando alertas y notificaciones, etc.

El proceso de autenticación que seguirá el sistema para asegurar a toda la red, se indica en la **TABLA 3.2**.

Pasos	Descripción del proceso
1	El SM que intente ingresar a la red, escanea los canales posibles y envía una petición de registro a un AP.
2	El AP envía una petición de autenticación al BAM.
3	El BAM genera un número aleatorio de 128 bits y lo envía al SM como un desafío.
4	El SM calcula una respuesta usando ya sea su llave de fábrica o la llave de autorización asignada por el administrador de la red.
5	La respuesta del desafío es enviada al BAM a través del AP.
6	El BAM compara la respuesta del desafío con la que ha sido calculada usando el mismo número aleatorio y la llave de autenticación de la base de datos del BAM.
7	Si el resultado coincide, el BAM envía al AP un mensaje autenticando el SM y además envía al SM y al AP información de QoS.
8	Si el resultado no coincide o si el SM no está en la Base de Datos, el BAM envía al AP un mensaje denegando la autenticación y el AP envía un mensaje al SM que prohíbe su intento de autenticación por un lapso de 15 minutos.

TABLA 3.2. Proceso de Autenticación.

De acuerdo a la descripción del proceso de autenticación, es primordial dar a conocer que Canopy administra sus llaves usando un ESN, 2 llaves y un número aleatorio, como se detallan en la **TABLA 3.3**.

Llave / Número	Descripción
Número Electrónico Serial (ESN)	Cada SM tiene un ESN de fábrica que no puede ser cambiado, cuya longitud es de 48 bits. El ESN es el identificador y es autenticado.
Llave de Autenticación (Skey)	Esta llave de 128 bits, es definida ya sea por el suscriptor del SM o por el administrador de la red en la base de datos del BAM, donde sólo el administrador puede visualizarla.
Llave de Sesión	Esta llave de 56 bits (DES) ó 128 bits (AES) es calculada separadamente por el SM y el BAM, usando la llave de autenticación, el ESN y el número aleatorio. La cual es enviada al AP por el BAM como las otras llaves y nunca es vista por el operador y el suscriptor.
Número Aleatorio	Este número de 128 bits es generado por el BAM y usado durante cada intento del SM por registrarse ó autenticarse, el cual nunca es visto por el suscriptor o el administrador de la red.

TABLA 3.3. Administración de llaves.

Los módulos BH en el proceso de configuración del enlace usan un código de autenticación que asegura toda su operación. Con el fin de garantizar calidad de servicio (QoS), es importante destacar que en el envío de datos, el sistema Canopy ha establecido parámetros y valores diferenciados de servicio que permiten priorizar cualquier tipo de tráfico por un canal seguro.

3.6 CANOPY Y CONSIDERACIONES IP

- Los módulos Canopy tienen asignados para propósitos de administración una dirección IP.
- Al igual que los computadores, los módulos Canopy tienen asignados una única dirección MAC.
- En la mayoría de casos, Canopy trabaja como un switch de capa 2, y es transparente para los protocolos de capa 2: DHCP, PPPoE, VPN, etc.
- Todos los módulos Canopy (APs, SMs, BHs) tienen una dirección IP de fábrica, que es 169.254.1.1.

- Los módulos suscriptores no deben ser configurados con direcciones IP públicas.
- Las direcciones IP de los módulos Canopy no deben ser ruteables en internet.

3.6.1 DIRECCIONAMIENTO IP DE LA RED

El sistema de banda ancha Canopy se caracteriza por emplear NAT y DHCP, con ciertas variaciones, tal como se explica a continuación.

Sin la opción NAT, los módulos Canopy no realizan enrutamiento o conmutación de direcciones; en otras palabras, opera como un bridge de capa 2. En la **FIGURA 3.1** se puede apreciar las posibles direcciones IP con las que el sistema Canopy podría trabajar cuando no emplea NAT.

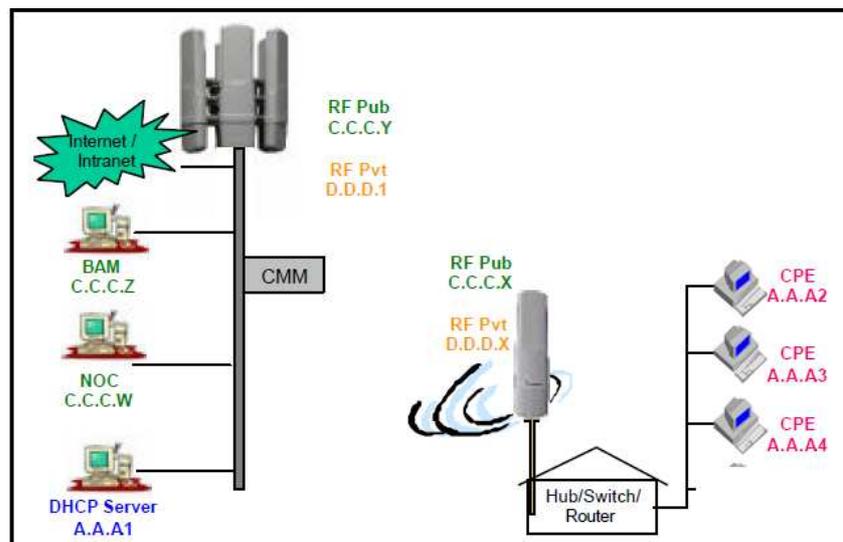


FIGURA 3.1. Direcciones del sistema Canopy (sin NAT).

Con la opción NAT, el sistema Canopy realiza la traducción de direcciones IP. Cuando esta opción de NAT se encuentra activa un módulo suscriptor opera como un switch de capa 3 y además emplea cuatro direcciones IP, privadas o no dependiendo de los requerimientos de la red. Las opciones NAT del sistema Canopy cambian dependiendo de ciertos parámetros tales como: la configuración de la red,

direccionamiento IP y si DHCP está activado. En la **FIGURA 3.2.**³⁷ se observa el manejo del tráfico IP junto con la traducción de direcciones IP de privadas a públicas.

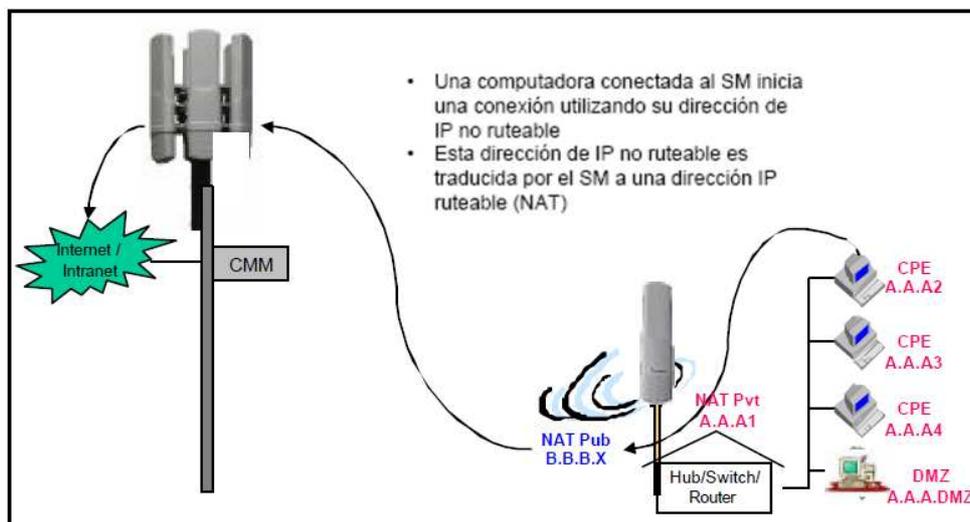


FIGURA 3.2. Tráfico IP (con NAT).

Cuando se desea acceder a configurar un módulo Canopy, se deben realizar los siguientes pasos:

- Se debe conectar una PC al módulo Canopy a través de un cable de red.
- Hay que configurar a la PC con una dirección IP que esté en la misma red del módulo, es decir, cualquier dirección del 169.254.1.2 hasta 169.254.1.254 y máscara de subred 255.55.0.0.
- Para verificar que la PC se encuentre en la misma red que el módulo se puede realizar un ping de la PC al 169.254.1.1.
- Para acceder a configurar, se debe abrir un navegador, de preferencia se recomienda emplear el Internet Explorer. Sólo hay que tener la precaución de verificar que el navegador tenga desactivada la opción de proxy.

³⁷ <http://www.scribd.com/doc/6743904/CanopyIPNatVlan>

3.7 EQUIPOS DEL SISTEMA CANOPY DE MOTOROLA

La tecnología ideal que combina alta funcionalidad y bajo costo se traduce en la construcción inteligente de un conjunto de equipos que han sido diseñados para acelerar el despliegue y la agilidad en el mercado de una forma segura, flexible y confiable, al tiempo que ayudan a controlar los costos de equipo, gestión e instalación.

Este conjunto de equipos está conformado por el Clúster de APs, el cual incluye los módulos de punto de acceso (AP) y un módulo de administración de clústeres (CMM), el módulo Backhaul (BH) para establecer conectividad y el módulo suscriptor (SM) que se utiliza en las dependencias del cliente. También se encuentran disponibles herramientas de administración de red como el Prizm. En la **FIGURA 3.3** se puede apreciar a este conjunto de equipos Canopy.

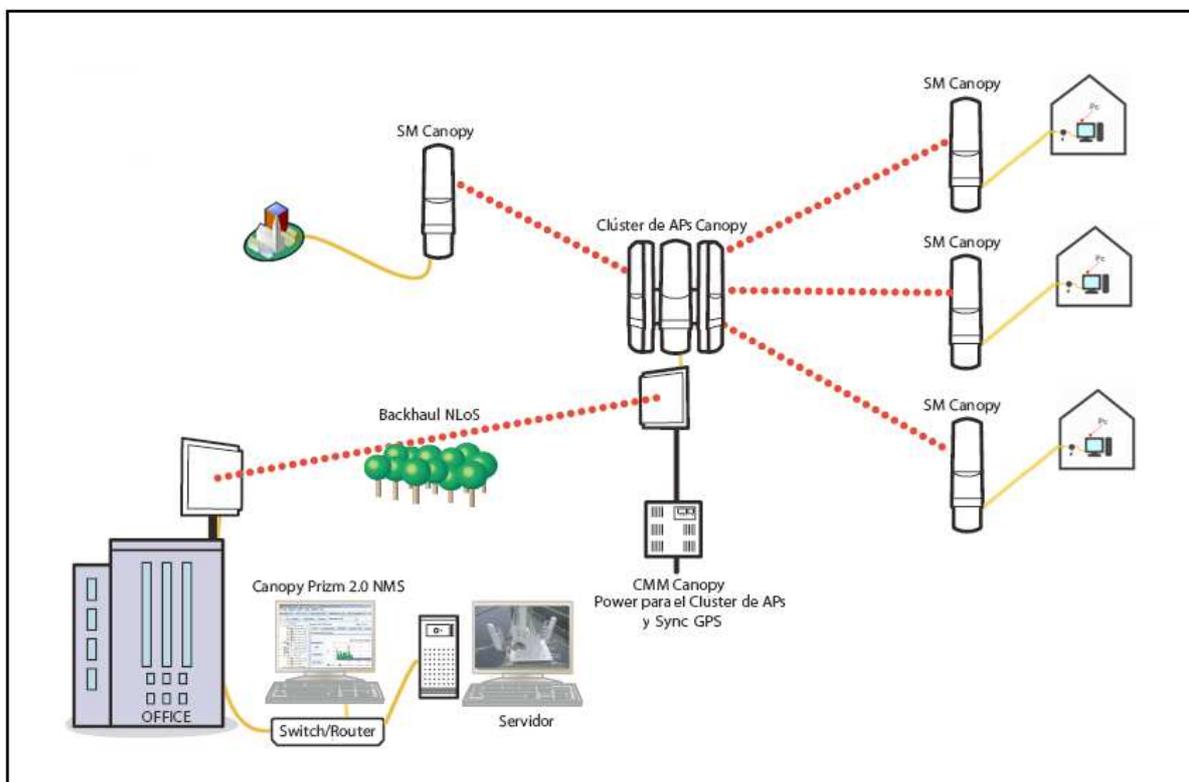


FIGURA 3.3. Equipo del sistema Canopy de Motorola.

A continuación en la **TABLA 3.4** se muestra las especificaciones que hacen del sistema Canopy, el acceso inalámbrico a internet de banda ancha.

CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DE RF	
Rango de Frecuencia	U-NII: 5.250 - 5.350 GHz, 5.470 - 5.725 GHz y 5.725 - 5.825 GHz.
Método de Acceso	TDD/TDMA
Ancho de canal	20MHz
Separación de canales	Cada 5 MHz.
Velocidad de transmisión de datos	PMP a 10 Mbps y PTP de 10, 20, 30, 45, 60, 150 y 300 Mbps dependiendo del Backhaul.
Tipo de Modulación	BFSK de alto Índice (optimizado para rechazar interferencia).
Relación C/I	3 dB 10-4 BER a -65 dBm.
Margen de Funcionamiento	Hasta 3 km con antena integrada a 5.2 GHz y hasta 16 km con reflector pasivo a 5.7 GHz.
Potencia del transmisor	Cumple el Límite FCC UNII ERP.
Encriptación	DES, norma 197 de FIPS de AES.
Interfaz	Auto detección RJ45 10/100 Base T, half/full Dúplex, Velocidad Auto negociada (en conformidad con 802.3).
Protocolos utilizados	IPV4, UDP, TCP, ICMP, Telnet, HTTP, FTP, SNMP.
Administración de la red	HTTP, TELNET, FTP, SNMP versión 2c.
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
Suministro de alimentación	Alimentación por Ethernet 24 VCC a 0.3 Amp (estado activo).
Dimensiones	29.9 cm de Alto x 8.6 cm de Ancho x 8.6 cm de Profundidad.
Peso	0.45 kg (1 lb) y 3.0 kg (6.5 lbs) con reflector pasivo.
ASPECTOS AMBIENTALES	
Temperatura de operación	-40°C a +55°C
Humedad de operación	100%, con condensación.
Resistencia al viento	190km/hora

TABLA 3.4. Especificaciones Generales del Sistema Canopy de Motorola.

3.7.1 PUNTO DE ACCESO

El diseño compacto y flexible de los módulos AP permite un fácil despliegue al aire libre, eliminando la necesidad de otros gastos de instalación y cableado en tierra.

Como se puede apreciar en la **FIGURA 3.4**³⁸, el módulo AP tiene una cubierta de base que se libera bajando una palanca, en la cual se distingue los conectores de sincronización Ethernet y GPS al igual que los LED de diagnóstico.

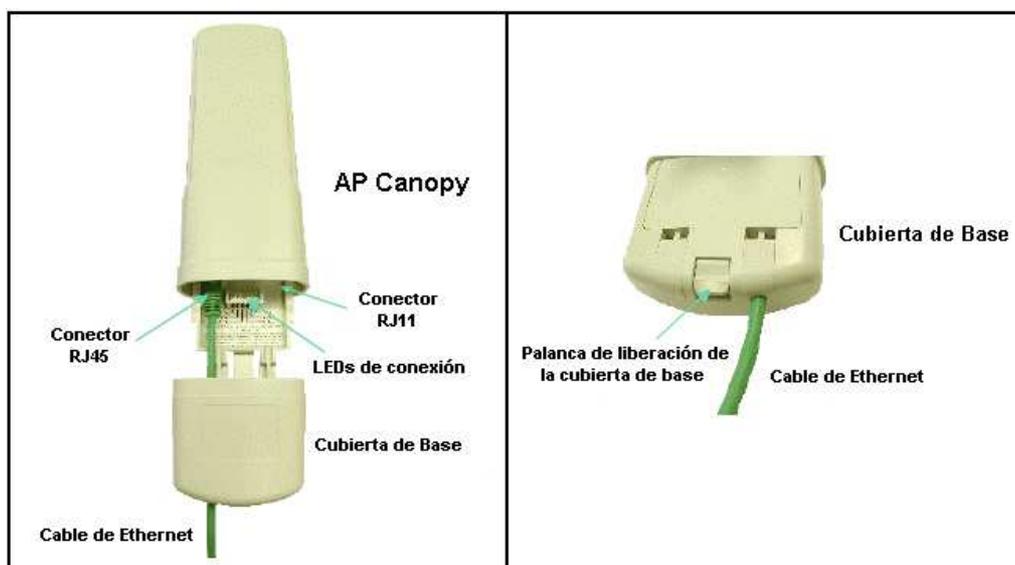


FIGURA 3.4. Esquema del módulo AP.

Múltiples APs (2 a 6 APs) pueden ser apilados para formar un clúster y gracias a la antena direccional que poseen pueden incrementar las capacidades de cobertura (60° a 300°) en función del número de usuarios de la red y del tamaño físico de la misma.

La manera de instalar el módulo AP y el datasheet de las especificaciones técnicas se presentan en el **ANEXO 3**.

38

http://www.motorola.com/governmentandenterprise/contentdir/es_CO/NonXMLDocs/WiNS/documentslibrary/LS-manualAPkit.pdf

3.7.2 MÓDULO SUSCRIPTOR

Los módulos SM son transceptores de acceso, compactos y discretos que son fáciles de instalar en el sitio de localización del usuario o cliente; los mismos que pueden montarse al aire libre y no necesitan instalación adicional de software.



FIGURA 3.5. Módulo AP, kit reflector y adaptador de corriente AC.

Cada SM se comunica con el AP con el fin de ampliar los servicios de red del usuario, por esa razón el AP puede servir a más de 200 SM. Este módulo trabaja con una antena interna que brinda una cobertura en sectores de 60°, opcionalmente puede utilizar una antena externa llamada kit reflector para brindar una cobertura más direccional en sectores de 6°.

Cuando se obtiene un SM también viene incluido un adaptador de CA, ya que requiere alimentación de 24V/400mA, por el contrario se puede recurrir una fuente de 110VCA de entrada; todo el equipo mencionado se puede apreciar en la **FIGURA 3.5**³⁹. La forma de instalar el módulo SM y el datasheet de las especificaciones técnicas se indican en el **ANEXO 4**.

³⁹ <http://www.motorola.com/canopy>

3.7.3 MÓDULO BACKHAUL

Los módulos BH están configurados como un par, de esta manera pueden usarse para realizar una conexión de banda ancha al clúster de APs desde un lugar remoto y también para proporcionar conectividad con cualquier red que posea el proveedor de servicios.



FIGURA 3.6. Módulo Backhaul y unidad PIDU.

Para llevar a cabo un enlace PTP, cada uno de estos módulos BH a su vez incluyen una unidad para exteriores integrada ODU que contiene todas las RF requeridas y conexiones de red, y una pequeña unidad para interiores PIDU que tiene indicadores de estado y provee alimentación de -48V CC y CA, como se puede ver en la **FIGURA 3.6**⁴⁰. La unidad para exteriores se conecta a través de un único cable RJ-45 (CAT5) a la unidad para interiores y de esta forma establece conectividad hacia la red. Además esta configuración utiliza el CMM (en el BH-M) por las facilidades que provee.

El procedimiento de instalación de los módulos BHM y BHS y el datasheet de las especificaciones técnicas se muestran en el **ANEXO 5**.

⁴⁰ <http://www.motorola.com/canopy>

3.7.4 MÓDULO DE ADMINISTRACIÓN DE CLÚSTER (CMM micro)

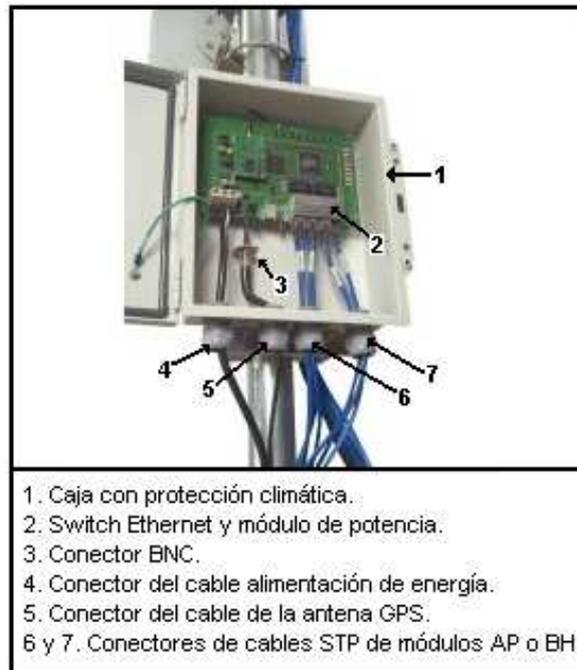


FIGURA 3.7. Esquema del CMM micro.

El CMM micro facilita todo lo necesario para hacer que tanto el clúster de APs como los módulos Backhaul sean operativos. Suministra potencia, sincronización GPS, conexiones Ethernet y es configurable a través de una interfaz web.

Este módulo, como se puede apreciar en la **FIGURA 3.7**, contiene un switch Ethernet que maneja 8 puertos que soportan alimentación 100W 115/230 V CA para 24V CC mediante el mismo cable (PoE) y conecta cualquier combinación de APs o BHs. Puede auto-negociar velocidad de operación 100Base-TX o 10Base-T half/full Dúplex. Cuenta con un conector tipo BNC hembra para conectarse con el cable de la antena GPS. También además de la circuitería y de los dispositivos que lo hacen operable como el adaptador de suministro de energía, incluye una antena GPS para la sincronización automática con los APs.

Cuando se realice la instalación, el CMM, requiere por cada módulo conectado sólo un cable blindado CAT5e con un conector RJ45 para distribuir Ethernet, potencia y sincronización. Asimismo, si se utiliza energía CC proveniente de una fuente externa se usa un cable (10-12AWG) de un máximo de distancia de 80 a 290 m. Hay que tomar en cuenta que no se deberá montar el módulo a una distancia inferior a 1.82 m del clúster.

La forma de instalar el CMMmicro junto con sus componentes y el datasheet de las especificaciones técnicas se describen en el **ANEXO 6**.

3.7.4.1 Antena GPS

La antena GPS alimenta al receptor GPS y se conecta con 8 o más satélites GPS generando una señal de reloj muy precisa que es usada para sincronizar hasta 6 APs y 2 BHs. Como se puede ver en la **FIGURA 3.8**⁴¹, la antena GPS se debe colocar de tal manera que tenga una vista sin obstrucciones y que no sea el dispositivo más alto en el sitio de instalación. Requiere un conector tipo N macho y un cable coaxial LMR200 de máximo 30.4 m.

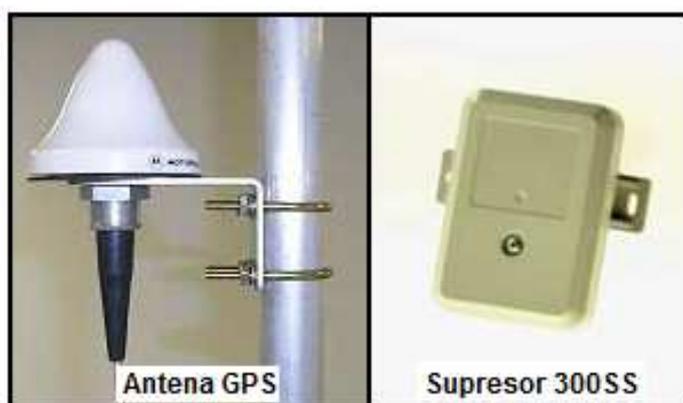


FIGURA 3.8. Antena GPS y Supresor de sobrecargas 300SS.

⁴¹ <http://motorola.motowi4solutions.com/support/library/?region=1&cat=8>

3.7.4.2 Supresor de Sobrecargas

El supresor de sobrecargas 300SS, **FIGURA 3.8**, proporciona un camino de puesta a tierra que protege de descargas eléctricas a lo largo de los cables Ethernet a los equipos Canopy (SM, AP y BH), ya sea dentro de una conexión entre la red y el CMM, como también dentro del hogar.

3.7.5 CONSIDERACIONES PARA EL MONTAJE DEL EQUIPO CANOPY

El equipo Canopy en especial el clúster de APs y el módulo BH puede ser instalado en una torre hidráulica o en un mástil no menor de 36m (sugerido de 42m), ya que la altura es esencial para que objetos localizados inmediatamente alrededor de éstos como es el caso de árboles, edificios, etc., no interfieran con la antena interna de cada módulo.

Es conveniente que el área que se encuentra inmediatamente enfrente de los módulos (AP, SM y BH), ya sea para una configuración PMP o PTP, tenga una vista clara, libre de obstrucciones.

Por cuestiones de interferencia, los módulos AP y BH deben trabajar en distintas banda de frecuencia. En el caso que los módulos AP y BH trabajaran en la misma banda de frecuencia y en la misma torre, deben estar separados verticalmente una distancia mínima de 3 metros; pero si no pueden conservar la distancia mínima se debe desplegar un blindaje de RF entre los módulos o se deben realizar cambios en la combinación entre los canales de control y datos de uplink y downlink. Mientras que, en el caso que los APs y los BH OFDM trabajen en distintas bandas de frecuencia, debe haber entre sí, al menos 1,8 metros de separación vertical

Se recomienda trabajar con 3 APs por clúster. La cobertura de los APs no se debe superponer a la cobertura de las transmisiones de los BHs, porque ocasionaría interferencia.

Cuando 2 BHs operen en la misma estructura y en la misma banda de frecuencia, deben estar sincronizados, apuntar en diversas direcciones y utilizar el mismo porcentaje de downlink.

Para seleccionar el lugar de instalación del equipo Canopy, cuando sea posible, se deben evitar los sitios con alta energía RF, es decir, es preferible que no se coloque el equipo Canopy en el mismo plano que otros equipos RF.

Cuando se fijen los módulos (AP, SM y BH) a la torre, techo o mástil, el medio utilizado debe ser rígido y no se deberá mover o flexionar a causa del viento u otras vibraciones.

Si los módulos BackHaul se utilizan junto con el CMM micro Canopy, entonces cada módulo deberá configurarse para "Sincronización para señal recibida". Este parámetro se establece mediante la página web de Configuración.

En cada sitio central se recomienda tener como respaldo un sistema de energía ininterrumpido (UPS) de 1KVA con 2 horas de autonomía para asegurar el servicio durante cortes de energía eléctrica, especialmente con el CMM ya que tras el encendido requiere 5 minutos para recuperar el pulso de sincronización GPS. También es importante tener en cuenta que la potencia de los módulos Canopy se calibra durante su instalación.

Para proteger al equipo Canopy contra posibles relámpagos será necesario conectarlo a tierra de la manera más adecuada de acuerdo con el Código Eléctrico Nacional (NEC) y códigos locales aplicables. Para ello Canopy recomienda situar al equipo al menos 0.60 metros por debajo del punto más alto en el sitio. También sugiera emplear una varilla para que el equipo no atraiga ni repela los rayos, solamente los intercepte y los guíe a tierra, la misma que no debe ser montada

directamente en los módulos Canopy para evitar que la descarga eléctrica les cause algún daño.

A continuación en la **FIGURA 3.9**⁴² se muestra el montaje completo del SM, como también la puesta a tierra de acuerdo a las especificaciones NEC.

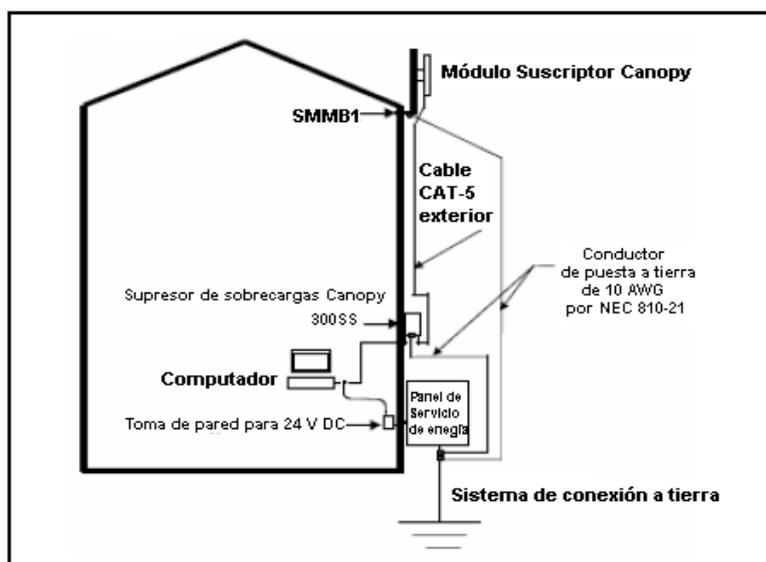


FIGURA 3.9. Montaje completo de un SM.

3.7.6 REQUERIMIENTOS ELÉCTRICOS

Gracias al diseño innovador del sistema Canopy, cada uno de los módulos cuenta con la tecnología adecuada para ofrecer el mejor servicio. Para ello se han basado en ciertas normas y requerimientos eléctricos que se necesita para una segura instalación. Cuando de cableado se trata, los módulos pueden detectar automáticamente si el cable de Ethernet en una conexión es directo o cruzado. Pero se deberá respetar la configuración en la que se vaya a trabajar y se podrá usar ya sea cable directo o cruzado, según corresponda, para conectar una tarjeta de interfaz de red (NIC), hub, router, o switch a estos módulos.

⁴² <http://motorola.motowi4solutions.com/support/library/?region=1&cat=8>

Los cables de conexión de los módulos Canopy utilizan un conector RJ-45 para recibir la alimentación de corriente mediante una fuente POE y para transmitir datos, para lo cual se basan en los siguientes diagramas de configuración, como se puede apreciar en la **FIGURA 3.10**⁴³, los mismos que correlacionan los pines del conector RJ-45 para los cables de colores. Para un cable directo, se utiliza el estándar de código de color EIA/TIA-568B en ambos extremos; mientras que para un cable cruzado, se utiliza el estándar de código de color EIA/TIA-568B en un extremo y el estándar de código de color EIA/TIA-568A en el otro extremo.

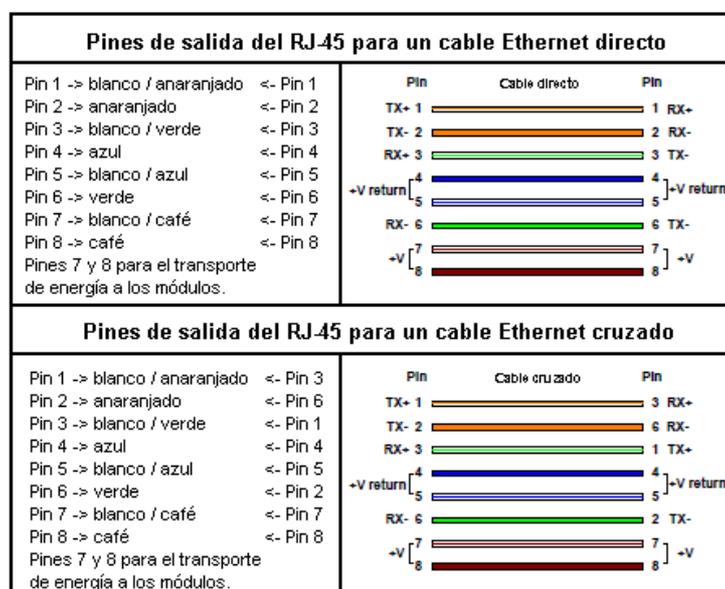


FIGURA 3.10. Diagrama de configuración de cables de conexión Canopy.

También se emplean dos cables especialmente armados, llamados cable default plug y cable tester, cada uno de los cuales se usa con un conector RJ-11 de 6 pines entre el AP o BH y el pulso de sincronización, el siguiente diagrama en la **FIGURA 3.11**⁴⁴ muestra el cableado de sincronización. Otros detalles que se pueden destacar, es que para resetear el equipo el operador se vale de los pines 4 y 6, y para la carga en

⁴³ <http://motorola.motowi4solutions.com/support/library/?region=1&cat=8>

⁴⁴ <http://motorola.motowi4solutions.com/support/library/?region=1&cat=8>

el dispositivo de escucha se ayuda de los pines 5 y 6. El dispositivo de escucha puede ser un kit manos libres, auricular o el altavoz del impulsador de batería.

Pin 1 -> blanco / anaranjado	<- Pin 1	Pin	Cable directo	Pin
Pin 2 -> blanco / verde	<- Pin 2	Pulso de sync	1	1 Pulso de sync
Pin 3 -> blanco / azul	<- Pin 3	Tx serial	2	2 Rx serial
Pin 4 -> verde	<- Pin 4	Rx serial	3	3 Tx serial
Pin 5 -> azul	<- Pin 5	Plug anulado	4	4 Plug anulado
Pin 6 -> anaranjado	<- Pin 6	Tono de alineación	5	5 Tono de alineación
		Tierra	6	6 Tierra
		No se usa		No se usa
Nota: Los pines 7 y 8 no se usan.				

FIGURA 3.11. Pines de salida del RJ-11 para un cable directo de sincronización.

La confiabilidad y la longevidad de las conexiones de cable resultan muy importantes y para conseguirlo se deberá cumplir con las siguientes indicaciones:

- Utilizar únicamente cables blindados para resistir a las interferencias.
- El tendido vertical, proporciona soporte al cable y alivia la tensión.
- Aumentar 0,6 m de cable en cada extremo del enlace para permitir la expansión y la contracción térmica y para facilitar la terminación del cable cada vez que sea necesario.
- Introducir correctamente todos los conectores.
- Utilizar grasa dieléctrica en todos los conectores para resistir la corrosión.
- Emplear sólo conectores blindados para resistir las interferencias y la corrosión.
- Disponer de cables que se ajusten a la temperatura operacional del producto y de igual manera deben estar protegidos contra los rayos UV.

Si los módulos Canopy utilizan el adaptador de pared de CA:

- La salida del suministro de energía es de +24 V CC.
- El voltaje de entrada es de +11.5 VCC a +30 VCC.
- El cable Ethernet máximo es de 100 metros.

3.8 PRESUPUESTO REFERENCIAL

El establecimiento de un presupuesto referencial pretende determinar cuál es la cantidad de recursos económicos necesarios para la implementación de este proyecto. Este presupuesto está sobre todo enfocado en su inversión inicial, ya que esta información se considera relevante para el proceso de toma de decisiones, para así acordar la viabilidad del proyecto.

El diseño de la red, hace que el sistema inalámbrico de banda ancha Canopy resulte más fácil de instalar que la mayoría de los otros sistemas. Las pequeñas células de Canopy eliminan la necesidad de coordinación, por lo que la instalación incorporada y la asistencia en el despliegue simplifican cada paso del proceso. Canopy permite que el acceso de banda ancha sea mucho más económico. No es necesaria una gran inversión en equipos ni en software. Los excepcionalmente bajos costos de adquisición, instalación, operación y mantenimiento de este sistema son las razones principales de haber seleccionado esta tecnología para el diseño de la red.

La plataforma inalámbrica de banda ancha Canopy tiene sus cimientos en el conocimiento y experiencia de los más de 75 años de Motorola en el campo de la radio. Es por ello que los usuarios del sistema Canopy tienen garantizado mucho más que la mera pericia técnica, un elevado nivel de respaldo en todo el mundo, al tiempo que sus redes van creciendo con el paso de los años.

3.8.1 PRESUPUESTO DE LOS EQUIPOS

Una vez seleccionados los distintos equipos que conforman el diseño de la red, se va a realizar un presupuesto estimado de los costos de los equipos, así como de su respectiva instalación y mantenimiento.

3.8.1.1 Presupuesto referencial por enlace

Para ello en primera instancia, se ha optado por realizar un presupuesto por cada enlace; a sabiendas que existen dos tipos de enlaces: PTP y PMP.

3.8.1.1.1 Enlace Punto a Punto (PTP)

Como ya se ha reiterado en varias ocasiones, un enlace PTP está constituido por un BH maestro (BH-M) y un BH esclavo (BH-S). En este caso se ha escogido al enlace Archidona – Base 1 como ejemplo para realizar un presupuesto aproximado de este tipo de enlaces; tal como se puede apreciar en la **TABLA 3.5**.

Descripción	Cantidad	P. unitario (USD)	P. total (USD)
2 Torres + instalación	2	29000	58000
Módulos Backhaul OFDM Integrados de 25 Mbps a 5.4 GHZ	2	4871	9742
Fuente de alimentación BH	2	269	538
CMM con antena GPS incorporada	1	1227	1227
Fuente de alimentación de clúster	1	123	123
Supresor de cargas	1	25	25
PIDU	2	269	538
Soporte de montaje universal	2	30	60
		Subtotal	70253
		Imp. 12%	8430.36
		Total	78683.36

TABLA 3.5. Presupuesto referencial del enlace PTP Archidona – Base 1.

3.8.1.1.2 Enlace Punto a Multipunto (PMP)

Por otro lado, un enlace PMP está formado por el clúster de APs y los SMs.

El enlace PMP que tiene como centro a Base 2 es el ejemplo que se ha seleccionado para el cálculo del presupuesto en este tipo de enlaces.

En la **TABLA 3.6** se puede apreciar los valores para el presupuesto antes mencionado.

Descripción	Cantidad	P. unitario (USD)	P. total (USD)
Torre	1	29000	29000
Torretas	4	1800	7200
Punto de Acceso Advantage (Serie 200) de 7 Mbps a 5.7 GHz	3	1452	4356
Módulo Suscriptor (Serie 100) de 7 Mbs	4	283	1132
Supresor de cargas 300SS	5	25	125
Soporte de montaje universal	5	30	150
Fuente de poder de 110V AC	1	286	286
		Subtotal	42249
		Imp. 12%	5069.88
		Total	47318.88

TABLA 3.6. Presupuesto referencial del enlace PMP tomando como centro a Base 2.

3.8.1.2 Presupuesto referencial de toda la red

En segunda instancia se va a efectuar el presupuesto referencial para la implementación total de la red. Por consiguiente se va a incluir en este presupuesto los costos de todos los equipos asignados tanto para los enlaces PTP como PMP. Además se van a incluir los costos de licencias de software para la operación y actualización del sistema; así como gastos de instalación, mantenimiento y del servicio de internet. En la **TABLA 3.7** se puede apreciar los valores para el presupuesto total de la red.

Descripción	Cantidad	P. unitario (USD)	P. total (USD)
Torres	6	29000	174000
Torretas	17	1800	30600
Módulos Backhaul OFDM Integrados de 25 Mbps a 5.4 GHZ	12	4871	58452
Punto de Acceso Advantage (Serie 200) de 7 Mbps a 5.7 GHz	12	1452	17424
Módulo Suscriptor (Serie 100) de 7 Mbs	17	283	4811
Soporte de montaje universal	33	30	990
CMM con antena GPS incorporada	5	1227	6135
Kit reflector 27RDD	6	97	582
Fuente de alimentación BH	12	269	3228
Fuente de alimentación de clúster	5	123	615
Fuente de poder de 110V AC	5	286	1430
Conexión de internet (mensualidad)	1	850	850
BAM 2.0 Server and Module License Activation, authentication and actualization	1	945	945
Prizm 1.0 EMS License Activation Key, authentication and actualization	1	920	920
Instalación y configuración de los equipos	1	3000	3000
Diseño del proyecto	1	5000	5000
Seminario de capacitación	1	1000	1000
		Subtotal	309982
		Imp. 12%	37197.84
		Total	347179.84

TABLA 3.7. Presupuesto referencial para la implementación de toda la red.

CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

Conforme a lo realizado en capítulos anteriores y para finalizar el proyecto de titulación, a continuación se mencionan las siguientes conclusiones:

- En el entorno actual de las comunicaciones de banda ancha, las tecnologías inalámbricas están tomando un papel protagónico, debido a que cada vez es mayor la demanda de la sociedad por una conexión de banda ancha de alta velocidad y sobre todo inalámbrica; ya que facilita la recepción en casi cualquier lugar.
- La propuesta más viable para el Pueblo Kichwa de Rukullakta es la utilización del sistema Canopy de Motorola como la solución inalámbrica de banda ancha que ayudará a comunidades, que se encuentren tan alejadas o que se constituyan de difícil acceso, puedan integrarse sobre todo si no cuentan con infraestructura ya que el sistema dispone de módulos que se adaptan a cualquier medio.
- El sistema Canopy es una tecnología inalámbrica de banda ancha, que por lo general necesita de línea de vista para trabajar (aunque las últimas series con tecnología OFDM ya no la necesitan). Además es un sistema fijo y por lo general se lo emplea en frecuencias libres de licencia. Canopy no es Wi-Fi. Además no se lo utiliza en ambientes internos y finalmente no es un sistema móvil.
- Los bloques de construcción básicos de un Sistema Canopy son:

- El Punto de Acceso (AP), establece fácilmente una interfaz con su Red de Área Local (LAN) existente.
- La Unidad Backhaul (BH), brinda "alimentación" a Internet desde una ubicación remota.
- El Módulo Suscriptor (SM), receptor de acceso a Internet, es pequeño y de fácil instalación, y no provoca ningún tipo de inconvenientes.

El Punto de Acceso, los módulos Suscriptores y los módulos Backhaul son compactos y están diseñados para instalarse al aire libre, por lo que no hay necesidad de tender cables por aire o por tierra, o microondas. No hay software adicional que instalar, con lo que se minimiza aún más la exposición al error.

- El sistema inalámbrico de banda ancha Canopy en sus 2 tipos de configuraciones PTP y PMP, constituye una poderosa plataforma inalámbrica que ha demostrado ser una de las más fiables del sector y una de las soluciones de banda ancha más asequibles. El excelente desempeño de la plataforma Canopy permite ejecutar las aplicaciones más actuales y demandadas, tales como conectividad de internet a alta velocidad, VoIP, vigilancia por video, juegos interactivos y nuevas aplicaciones, tan pronto como estas se encuentren disponibles.
- El sistema Canopy tiene que superar sus propias dificultades, donde la confiabilidad, o la percepción de la misma, debe situarse en primer plano. La interferencia es la clave de este desafío de confiabilidad, y la interferencia en las bandas exentas de licencia pueden ser un factor incluso mayor que el que enfrentan los sistemas en bandas con licencia. Es un hecho que las soluciones exentas de licencia tienen una oportunidad (y un desafío) en llegar a ser aceptadas como una opción de banda ancha. A fin de abordar tanto la percepción como la realidad, estas redes deben cumplir la promesa de

funcionar sólidamente a largo plazo, brindando al operador la seguridad de obtener utilidades, y prestando un servicio confiable al usuario final.

- El Pueblo Kichwa de Rukullakta es una organización indígena que tiene su origen hace 31 años, con una extensión aproximada de 43000 hectáreas, cuyo principal objetivo es la explotación agropecuaria. Por su ubicación geográfica está privada del acceso al servicio de internet y de todas las tecnologías de información y comunicaciones de este tipo, por ello el contar con un sistema inalámbrico es de gran importancia, para poder enlazar sin mayor dificultad a todas las comunidades que comprende y por ende brindarles toda la cobertura que requieren.
- Los entornos educativos de cada una de las comunidades serán beneficiados gracias a la tecnología de banda ancha, con lo que se puede mejorar la educación y alcanzar un alto desempeño estudiantil.
- Para llevar a cabo el diseño de la red fue necesario planificar una estrategia de acción en la cual se involucraban varios factores propios del terreno, ciertas consideraciones y requerimientos básicos del sistema, que posibiliten el perfecto control del mismo. Para cumplir con aquello, fue de gran ayuda la información proporcionada por el Pueblo Kichwa de Rukullakta y el empleo de herramientas como el ArcView GIS 3.2, PTP LINKPlanner, entre otras.
- La ubicación de las estaciones fue determinada por puntos estratégicos, mediante lo cual las estaciones base fueron denominadas Base 1, Base 2 y Base 3, mientras que las estaciones terminales se situaron en el nivel más alto de dichas comunidades, a su vez, también se sumo la estación en Archidona desde donde se va a difundir el servicio de internet a las comunidades del Pueblo Kichwa de Rukullakta.

- La estructura de la red se formó mediante un backbone, el cual representa una configuración PTP, que acoge a los principales puntos y bases; también se une a la red la configuración PMP que toma a ciertos puntos del backbone para enlazar al resto de estaciones secundarias.
- La banda de frecuencia también se consideró cuidadosamente en el diseño para evitar tener interferencias con otros equipos durante la operación, especialmente con la banda de 2,4 GHz que a su vez ya está saturada. Por lo que se optó trabajar en la banda de 5 GHz donde su rango tiene las condiciones apropiadas y además es exenta de licencia.
- Los equipos se seleccionaron de acuerdo a sus prestaciones y a la configuración. De esta manera, para enlaces PTP se consideró módulos Backhaul OFDM Integrados con sus respectivos dispositivos adicionales, mientras que para enlaces PMP se consideró clústers de APs Advantage con módulos suscriptores estándar. Además a estas configuraciones se suma la gran ayuda del CMM micro que sincroniza, controla y alimenta al sistema.
- Canopy entrega un selecto equipo que se adapta confiablemente a cualquier medio, para satisfacer las necesidades de todos sus usuarios, evitando así la posibilidad de adquirir equipos compatibles. Gracias a su alta tolerancia a la interferencia por la incorporación de nuevos transmisores crea mayor capacidad y cuando sea necesario se puede extender adecuadamente según los requerimientos cambiantes de cualquier comunidad.
- Para proporcionar a las instituciones educativas de cada comunidad acceso a internet se ha previsto acertadamente contratar un ancho de banda puro de 2Mbps, velocidad adecuada que servirá eficientemente a todo el Pueblo Kichwa de Rukullakta.

- En lo que respecta a seguridad, Canopy maneja un modelo que basa su desempeño en la encriptación y autenticación haciendo que el sistema garantice una transmisión de datos segura con una fiabilidad excepcional, de tal manera que sea impenetrable y así mismo resulte fácil de manejar.
- El sistema Canopy dispone de herramientas que permiten su total administración, lo cual implica la supervisión centralizada de la red, la gestión de elementos, la detección de fallos, entre otras, para controlar de manera eficiente y segura todas las operaciones que se susciten.
- El presupuesto referencial se realizó de acuerdo a cada enlace, entendiéndose PTP y PMP, como también uno total de la red. De esta forma se puede identificar lo viable que resulta implementar el diseño, como también las ventajas y servicios que puede ofrecer en comparación con otros sistemas de comunicaciones.
- De esta forma y con las respectivas consideraciones aplicadas, el presente proyecto de titulación queda completamente justificado.

4.2 RECOMENDACIONES

- Para que el diseño sea óptimo es conveniente seguir a cabalidad todas sus consideraciones y los parámetros que Motorola proporciona a sus usuarios en todos sus equipos.
- En un sistema inalámbrico de banda ancha con bandas exentas de licencia, es crucial que se utilice el mejor diseño posible para combatir los factores que pueden causar inestabilidad en la red. Es por este motivo que el diseño adecuado del producto y despliegue correcto de la red pueden disminuir estas interferencias hasta el punto en que ya no alteren el rendimiento de la red.

- El diseño de cada enlace resulta muy importante por su ubicación física, por esta razón pueden ser tomados como referencia para la ampliación de la red.
- Debido al difícil acceso en zonas rurales se sugiere una alternativa para el suministro de energía, como es la utilización de paneles solares para proporcionar de la energía necesaria a los equipos de telecomunicaciones de las radio bases que no cuentan con el fluido eléctrico de la Empresa Eléctrica Ambato S.A. (EEA S.A.).
- En la configuración de un enlace PMP es fundamental para establecer la capacidad de un clúster, tener en cuenta la ubicación y la cantidad de módulos suscriptores.

BIBLIOGRAFÍA

- TANEMBAWN, Andrew S: "COMPUTER NETWORKS", Prentice Hall 4ta Edición, 2001.
- SKLAR, Bernar: "DIGITAL COMUNICACION", Prentice Hall, 2da Edición, 2001.
- TOMASI, Wayne: "SISTEMAS DE COMUNICACIONES ELECTRÓNICAS", Prentice Hall Hispanoamericana S.A, Tomo 1, 4ta Edición, Impreso en México en 1996.
- [1] Service Representaciones: "REDES DE BANDA ANCHA, CANOPY", Trujillo-Perú.
http://www.servicerepresentaciones.com/productos_canopy.htm
- [2], [6], [14], [39], [40] Motorola, Business Products and Services: "WIRELESS BROADBAND NETWORKS".
<http://www.motorola.com/canopy>
- [3] Instructor Md. Shahidul Islam Mamun: "CANOPY TECHNICAL TRAINING".
<http://www.scribd.com/doc/8455007/Canopy-trroubleshooting>
- [4], [8], [9], [12] BGH Sociedad Anónima: "MOTOROLA CANOPY, BANDA ANCHA INALÁMBRICA FIJA".
<http://www.solutionbox.com.ar/sbox/catalog/images/brands/sheets/193.pdf>
- [5], [41], [42], [43], [44] Motorola, Support: "CANOPY SYSTEM RELEASE 8 USER GUIDE".
<http://motorola.motowi4solutions.com/support/library/?region=1&cat=8>

- [7] Latin Broadband: “DESCRIPTIVO DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN CANOPY”.
<http://www.latin-broadband.com/PDF/Canopy/Descriptivo.pdf>
- [10] UIT-D Comisión de Estudio 2: “INFORME SOBRE LAS TECNOLOGÍAS DE ACCESO PARA LAS COMUNICACIONES DE BANDA ANCHA”, 3.º Periodo de estudios (2002-2006).
http://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/stg/D-STG-SG02.20.1-2006-PDF-S.pdf
- [11] BYLES, Kirk: “Canopy Overview”, Canopy Training Seminar.
<http://www.scribd.com/doc/8454709/Canopy-Overview>
- [13], [29] [30] MALLA, Libia; MANZANO, Andrea: “DISEÑO DE UNA RED INTEGRADA DE VOZ, DATOS Y VIDEO PARA LA FUERZA AÉREA ECUATORIANA UTILIZANDO TECNOLOGÍA DE BANDA ANCHA INALÁMBRICA”, Escuela Politécnica Nacional, febrero de 2008.
<http://bieec.epn.edu.ec:8180/dspace/handle/123456789/940>
- [15] Motorola: “SEGURIDAD”
<http://www.motorola.com/canopy/CPT200:SEGURIDAD>
- [16] SOLÍS, William: “ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA ELECTRIFICACIÓN RURAL EN LA ORGANIZACIÓN PUEBLO KICHWA DE RUKULLAKTA EN LA PROVINCIA DE NAPO DE LA AMAZONÍA DEL ECUADOR”, Escuela Politécnica Nacional, octubre de 2008.
<http://bibdigital.epn.edu.ec/dspace/bitstream/15000/880/1/CD-1745%282008-10-14-10-44-17%29.pdf>
- [17] CODESO: “Mapas, Provincias del Ecuador”.
http://www.codeso.com/TurismoEcuador/Mapa_Napo.html

- [21], [24] ASTUDILLO, Fátima: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL RADIOENLACE DIGITAL FRACCIONAL ENTRE LA REPETIDORA DEL ATACAZO Y LA VÁLVULA DE BLOQUEO NO. 10 DEL SOTE, UBICADA EN VICHE”, Escuela Politécnica Nacional, septiembre de 2009.
<http://bieec.epn.edu.ec:8180/dspace/bitstream/123456789/1389/5/T%2011285%20CAPITULO%203.pdf>
- [22], [25], [27] Ing. CEVALLOS, Mario: “SISTEMAS RADIANTES”, Escuela Politécnica Nacional, 2007.
- [23] CALVILLO, Andrés: “FACTIBILIDAD DE UN RADIO ENLACE DE UHF”, CITEDI, IPN, Tijuana B. C, marzo de 2004.
http://www.uaz.edu.mx/cippublicaciones/eninvie/Corr1_CITEDI.pdf
- [26], [28], [31], [32], [33], [34], [35], [36] SUNTAXI, Linda; VIZCAÍNO, Marco: “REDESIGNO DE LA RED DE COMUNICACIONES DEL ECORAE PARA AMPLIAR LA COBERTURA”, Escuela Politécnica Nacional, marzo de 2008.
<http://bieec.epn.edu.ec:8180/dspace/bitstream/123456789/930/5/T10693CAP3.pdf>
- [37] Canopy Technical Training Course: “IP, NAT & VLAN”.
<http://www.scribd.com/doc/6743904/CanopyIPNatVlan>
- [38] Motorola: “PUNTO DE ACCESO CANOPY Y KIT DE INSTACIÓN DE PUNTO DE ACCESO”, Manual del usuario, 2002.
http://www.motorola.com/governmentandenterprise/contentdir/es_CO/NonXMLDocs/WiNS/documentslibrary/LS-manualAPkit.pdf

ANEXOS

ANEXO 1

DIAGRAMAS DE PERFIL DE LOS ENLACES PTP DE LA RED

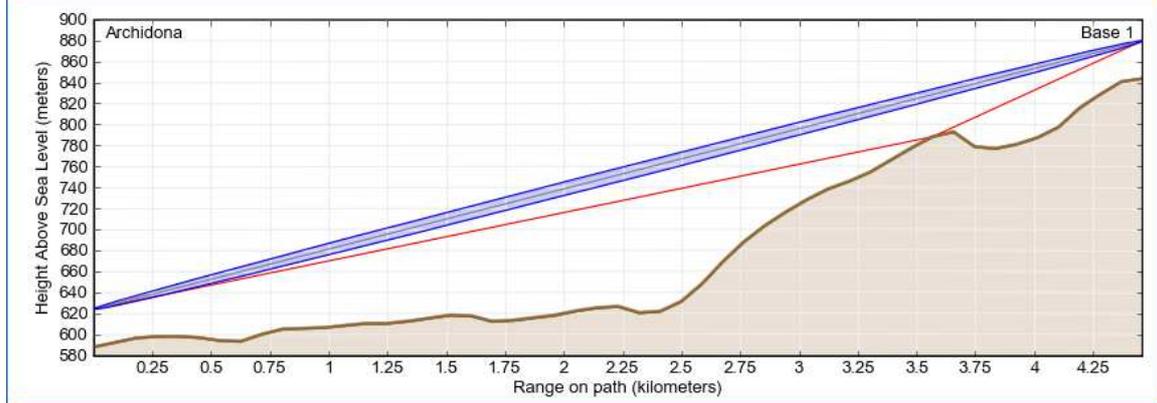
Link: Archidona to Base 1

Link Description

Equipment

Band	License	Product	Bandwidth	TDM	Optimisation	Symmetry	Master
5.4 GHz	FCC	PTP54600	30 MHz	None	IP	Symmetric	Archidona

Profile



Configuration at Each End

Archidona	Base 1
INTEGRATED - Built-in Antenna Dual Polar (23.0dBi)	INTEGRATED - Built-in Antenna Dual Polar (23.0dBi)
Antenna Height : 36 meters (Max height at site is 80.0 m)	Antenna Height : 36 meters (Max height at site is 80.0 m)
Maximum EIRP : 30.0 dBm <input type="checkbox"/> User limit	Maximum EIRP : 30.0 dBm <input type="checkbox"/> User limit
Maximum Power : 7.0 dBm <input type="checkbox"/> User limit	Maximum Power : 7.0 dBm <input type="checkbox"/> User limit
<input type="checkbox"/> Interference :	<input type="checkbox"/> Interference :

Performance Summary

Throughput to Archidona Mean Throughput Predicted : 92.31 Mbps Mean Throughput Required : 5.0 Mbps Percentage of Required Throughput : 1846 % Min Throughput Required : 1.0 Mbps Min Throughput Availability Required : 99.9900 % Min Throughput Availability Predicted : 99.9999 %	Link Summary Aggregate Throughput: 184.63 Mbps Link Availability: 99.9999 % System Gain Margin: 20.44 dB Free Space Path Loss: 120.39 dB Excess Path Loss: 0.00 dB Total Path Loss: 120.39 dB	Throughput to Base 1 Mean Throughput Predicted : 92.31 Mbps Mean Throughput Required : 5.0 Mbps Percentage of Required Throughput : 1846 % Min Throughput Required : 1.0 Mbps Min Throughput Availability Required : 99.9900 % Min Throughput Availability Predicted : 99.9999 %
--	--	---

Performance Details

Common details													
Mode:	256QAM	64QAM	64QAM	16QAM	16QAM	256QAM	64QAM	64QAM	16QAM	16QAM	QPSK	QPSK	BPSK
Code rate:	0.81	0.92	0.75	0.87	0.83	0.81	0.92	0.75	0.87	0.63	0.87	0.63	0.63
Payloads:	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Single	Single	Single	Single	Single	Single	Single	Single
Max Aggregate Throughput (Mbps):	273.51	230.44	188.31	146.50	105.32	136.75	115.22	94.16	73.25	52.66	36.62	26.33	13.16
Max Throughput Each Way (Mbps):	136.76	115.22	94.16	73.25	52.66	68.38	57.61	47.08	36.62	26.33	18.31	13.16	6.58
Performance to Archidona													
Fade Margin (dB):	-7.89	-4.07	1.78	5.39	9.20	-3.17	-1.10	2.98	6.33	11.32	14.08	16.51	20.44
Mode Availability (%):	0.0001	0.0063	91.1942	99.9838	99.9993	0.0000	0.0000	0.0005	0.0005	99.9999	99.9999	99.9999	99.9999
Receive time in Mode (%):	0.0001	0.0062	91.1879	8.7896	0.0155	0.0000	0.0000	0.0004	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000
Performance to Base 1													
Fade Margin (dB):	-7.89	-4.07	1.78	5.39	9.20	-3.17	-1.10	2.98	6.33	11.32	14.08	16.51	20.44
Mode Availability (%):	0.0001	0.0063	91.1942	99.9838	99.9993	0.0000	0.0000	0.0005	0.0005	99.9999	99.9999	99.9999	99.9999
Receive time in Mode (%):	0.0001	0.0062	91.1879	8.7896	0.0155	0.0000	0.0000	0.0004	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000

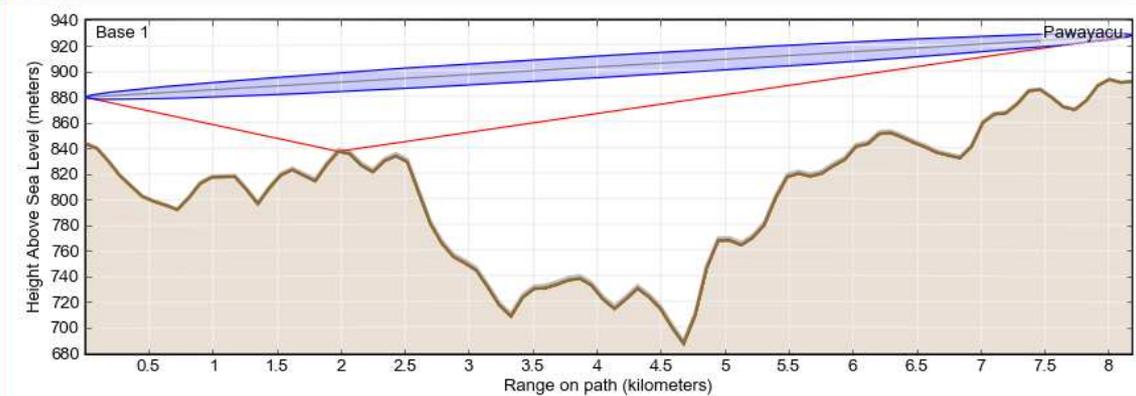
Link: Base 1 to Pawayacu

Link Description

Equipment

Band: 5.4 GHz License: FCC Product: PTP54600 Bandwidth: 30 MHz TDM: None Optimisation: IP Symmetry: Symmetric Master: Base 1

Profile



Configuration at Each End

Base 1

INTEGRATED - Built-in Antenna Dual Polar (23.0dBi)

Antenna Height : 36 meters (Max height at site is 80.0 m)

Maximum EIRP : 30.0 dBm User limit

Maximum Power : 7.0 dBm User limit

Interference :

Pawayacu

INTEGRATED - Built-in Antenna Dual Polar (23.0dBi)

Antenna Height : 36 meters (Max height at site is 80.0 m)

Maximum EIRP : 30.0 dBm User limit

Maximum Power : 7.0 dBm User limit

Interference :

Performance Summary

Throughput to Base 1

Mean Throughput Predicted : 60.63 Mbps

Mean Throughput Required : 5.0 Mbps

Percentage of Required Throughput : 1213 %

Min Throughput Required : 1.0 Mbps

Min Throughput Availability Required : 99.9900 %

Min Throughput Availability Predicted : 99.9999 %

Link Summary

Aggregate Throughput: 121.26 Mbps

Link Availability: 99.9999 %

System Gain Margin: 15.17 dB

Free Space Path Loss: 125.66 dB

Excess Path Loss: 0.00 dB

Total Path Loss: 125.66 dB

Throughput to Pawayacu

Mean Throughput Predicted : 60.63 Mbps

Mean Throughput Required : 5.0 Mbps

Percentage of Required Throughput : 1213 %

Min Throughput Required : 1.0 Mbps

Min Throughput Availability Required : 99.9900 %

Min Throughput Availability Predicted : 99.9999 %

Performance Details

Common details													
Mode:	256QAM	64QAM	64QAM	16QAM	16QAM	256QAM	64QAM	64QAM	16QAM	16QAM	QPSK	QPSK	BPSK
Code rate:	0.81	0.92	0.75	0.87	0.83	0.81	0.92	0.75	0.87	0.63	0.87	0.63	0.63
Payloads:	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Single	Single	Single	Single	Single	Single	Single	Single
Max Aggregate Throughput (Mbps):	285.29	223.52	182.65	142.10	102.15	132.64	111.75	91.33	71.05	51.07	35.52	25.53	12.77
Max Throughput Each Way (Mbps):	132.65	111.76	91.33	71.05	51.08	66.32	55.88	45.66	35.52	25.54	17.76	12.77	6.38
Performance to Base 1													
Fade Margin (dB):	-12.96	-9.35	-3.50	0.12	3.92	-8.45	-6.38	-2.29	1.06	6.04	8.81	11.24	15.17
Mode Availability (%):	0.0000	0.0001	0.0199	48.1238	99.7640	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	99.9963	99.9997	99.9999	99.9999
Receive time in Mode (%):	0.0000	0.0001	0.0198	48.1038	51.6403	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.2319	0.0034	0.0002	0.0000
Performance to Pawayacu													
Fade Margin (dB):	-12.96	-9.35	-3.50	0.12	3.92	-8.45	-6.38	-2.29	1.06	6.04	8.81	11.24	15.17
Mode Availability (%):	0.0000	0.0001	0.0199	48.1238	99.7640	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	99.9963	99.9997	99.9999	99.9999
Receive time in Mode (%):	0.0000	0.0001	0.0198	48.1038	51.6403	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.2319	0.0034	0.0002	0.0000

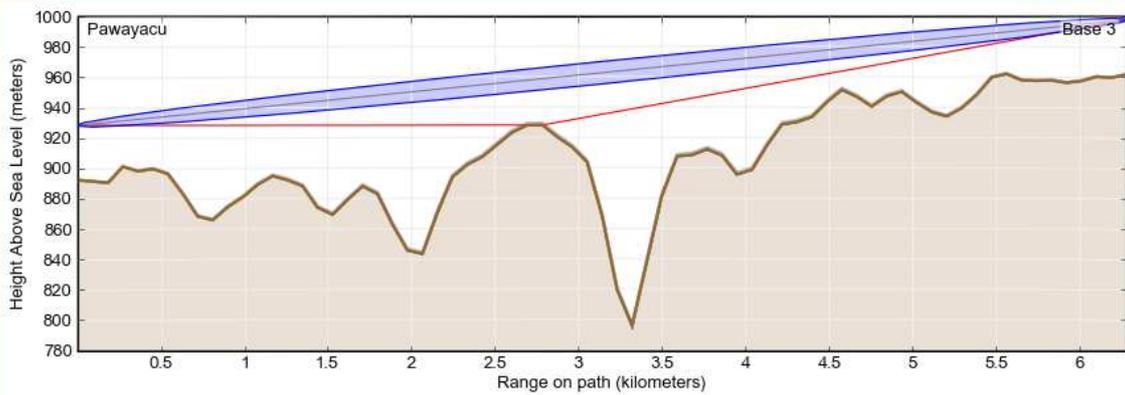
Link: Pawayacu to Base 3

Link Description

Equipment

Band: 5.4 GHz License: FCC Product: PTP54600 Bandwidth: 30 MHz TDM: None Optimisation: IP Symmetry: Symmetric Master: Pawayacu

Profile



Configuration at Each End

Pawayacu
 Antenna: INTEGRATED - Built-in Antenna Dual Polar (23.0dBi)
 Antenna Height: 36 meters (Max height at site is 80.0 m)
 Maximum EIRP: 30.0 dBm [User limit]
 Maximum Power: 7.0 dBm [User limit]
 Interference

Base 3
 Antenna: INTEGRATED - Built-in Antenna Dual Polar (23.0dBi)
 Antenna Height: 36 meters (Max height at site is 80.0 m)
 Maximum EIRP: 30.0 dBm [User limit]
 Maximum Power: 7.0 dBm [User limit]
 Interference

Performance Summary

Throughput to Pawayacu		Link Summary		Throughput to Base 3	
Mean Throughput Predicted:	73.52 Mbps	Aggregate Throughput:	147.04 Mbps	Mean Throughput Predicted:	73.52 Mbps
Mean Throughput Required:	5.0 Mbps	Link Availability:	99.9999 %	Mean Throughput Required:	5.0 Mbps
Percentage of Required Throughput:	1470 %	System Gain Margin:	17.47 dB	Percentage of Required Throughput:	1470 %
Min Throughput Required:	1.0 Mbps	Free Space Path Loss:	123.36 dB	Min Throughput Required:	1.0 Mbps
Min Throughput Availability Required:	99.9900 %	Excess Path Loss:	0.00 dB	Min Throughput Availability Required:	99.9900 %
Min Throughput Availability Predicted:	99.9999 %	Total Path Loss:	123.36 dB	Min Throughput Availability Predicted:	99.9999 %

Performance Details

Common details													
Mode:	256QAM	64QAM	64QAM	16QAM	16QAM	256QAM	64QAM	64QAM	16QAM	16QAM	QPSK	QPSK	BPSK
Code rate:	0.81	0.92	0.75	0.87	0.63	0.81	0.92	0.75	0.87	0.63	0.87	0.63	0.63
Payloads:	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Single	Single	Single	Single	Single	Single	Single	Single
Max Aggregate Throughput (Mbps):	267.98	226.78	184.50	143.54	103.18	133.99	112.89	92.25	71.77	51.59	35.88	25.79	12.89
Max Throughput Each Way (Mbps):	133.99	112.89	92.25	71.77	51.59	66.99	56.44	46.13	35.88	25.80	17.94	12.90	6.45
Performance to Pawayacu													
Fade Margin (dB):	-10.66	-7.04	-1.20	2.42	6.22	-6.14	-4.08	0.01	3.36	8.34	11.11	13.54	17.47
Mode Availability (%):	0.0000	0.0003	12.0846	96.4325	99.9965	0.0000	0.0000	0.0002	0.0005	99.9995	99.9999	99.9999	99.9999
Receive time in Mode (%):	0.0000	0.0003	12.0843	84.3479	3.5640	0.0000	0.0000	0.0002	0.0003	0.0026	0.0004	0.0000	0.0000
Performance to Base 3													
Fade Margin (dB):	-10.66	-7.04	-1.20	2.42	6.22	-6.14	-4.08	0.01	3.36	8.34	11.11	13.54	17.47
Mode Availability (%):	0.0000	0.0003	12.0846	96.4325	99.9965	0.0000	0.0000	0.0002	0.0005	99.9995	99.9999	99.9999	99.9999
Receive time in Mode (%):	0.0000	0.0003	12.0843	84.3479	3.5640	0.0000	0.0000	0.0002	0.0003	0.0026	0.0004	0.0000	0.0000

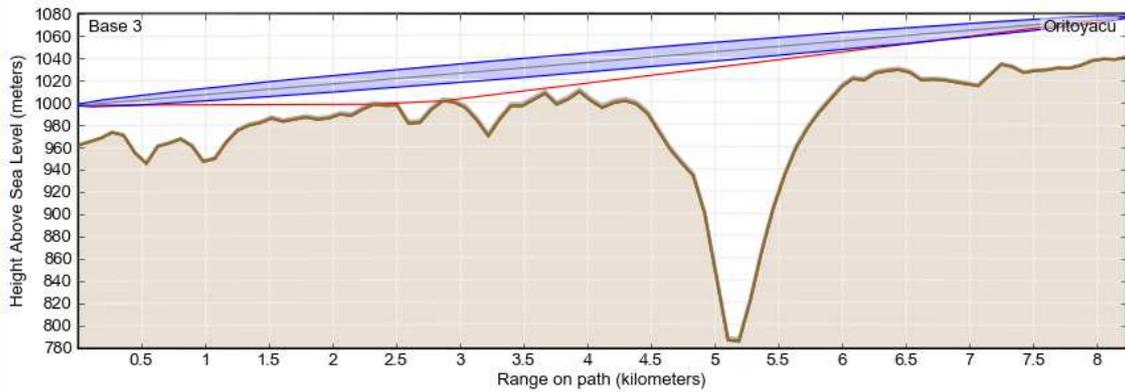
Link: Base 3 to Oritoyacu

Link Description

Equipment

Band: 5.4 GHz License: FCC Product: PTP54600 Bandwidth: 30 MHz TDM: None Optimisation: IP Symmetry: Symmetric Master: Base 3

Profile



Configuration at Each End

Base 3
 Antenna: INTEGRATED - Built-in Antenna Dual Polar (23.0dBi)
 Antenna Height: 36 meters (Max height at site is 80.0 m)
 Maximum EIRP: 30.0 dBm [User limit]
 Maximum Power: 7.0 dBm [User limit]
 Interference

Oritoyacu
 Antenna: INTEGRATED - Built-in Antenna Dual Polar (23.0dBi)
 Antenna Height: 36 meters (Max height at site is 80.0 m)
 Maximum EIRP: 30.0 dBm [User limit]
 Maximum Power: 7.0 dBm [User limit]
 Interference

Performance Summary

<p>Throughput to Base 3</p> <p>Mean Throughput Predicted: 59.69 Mbps Mean Throughput Required: 5.0 Mbps Percentage of Required Throughput: 1194 %</p> <p>Min Throughput Required: 1.0 Mbps Min Throughput Availability Required: 99.9900 % Min Throughput Availability Predicted: 99.9999 %</p>	<p>Link Summary</p> <p>Aggregate Throughput: 119.39 Mbps</p> <p>Link Availability: 99.9999 %</p> <p>System Gain Margin: 15.11 dB Free Space Path Loss: 125.71 dB Excess Path Loss: 0.00 dB Total Path Loss: 125.71 dB</p>	<p>Throughput to Oritoyacu</p> <p>Mean Throughput Predicted: 59.69 Mbps Mean Throughput Required: 5.0 Mbps Percentage of Required Throughput: 1194 %</p> <p>Min Throughput Required: 1.0 Mbps Min Throughput Availability Required: 99.9900 % Min Throughput Availability Predicted: 99.9999 %</p>
--	---	---

Performance Details

Common details													
Mode:	256QAM	64QAM	64QAM	16QAM	16QAM	256QAM	64QAM	64QAM	16QAM	16QAM	QPSK	QPSK	BPSK
Code rate:	0.81	0.92	0.75	0.87	0.63	0.81	0.92	0.75	0.87	0.63	0.87	0.63	0.63
Payloads:	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Single	Single	Single	Single	Single	Single	Single	Single
Max Aggregate Throughput (Mbps):	265.29	223.52	182.65	142.10	102.15	132.64	111.75	91.33	71.05	51.07	35.52	25.53	12.77
Max Throughput Each Way (Mbps):	132.65	111.76	91.33	71.05	51.08	66.32	55.88	46.66	35.52	25.54	17.76	12.77	6.38
Performance to Base 3													
Fade Margin (dB):	-13.01	-9.40	-3.55	0.07	3.87	-8.50	-6.43	-2.34	1.01	5.99	8.76	11.19	15.11
Mode Availability (%):	0.0000	0.0000	0.0162	43.4943	99.7196	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	99.9961	99.9997	99.9999	99.9999
Receive time in Mode (%):	0.0000	0.0000	0.0162	43.4781	56.2252	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.2761	0.0035	0.0002	0.0000
Performance to Oritoyacu													
Fade Margin (dB):	-13.01	-9.40	-3.55	0.07	3.87	-8.50	-6.43	-2.34	1.01	5.99	8.76	11.19	15.11
Mode Availability (%):	0.0000	0.0000	0.0162	43.4943	99.7196	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	99.9961	99.9997	99.9999	99.9999
Receive time in Mode (%):	0.0000	0.0000	0.0162	43.4781	56.2252	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.2761	0.0035	0.0002	0.0000

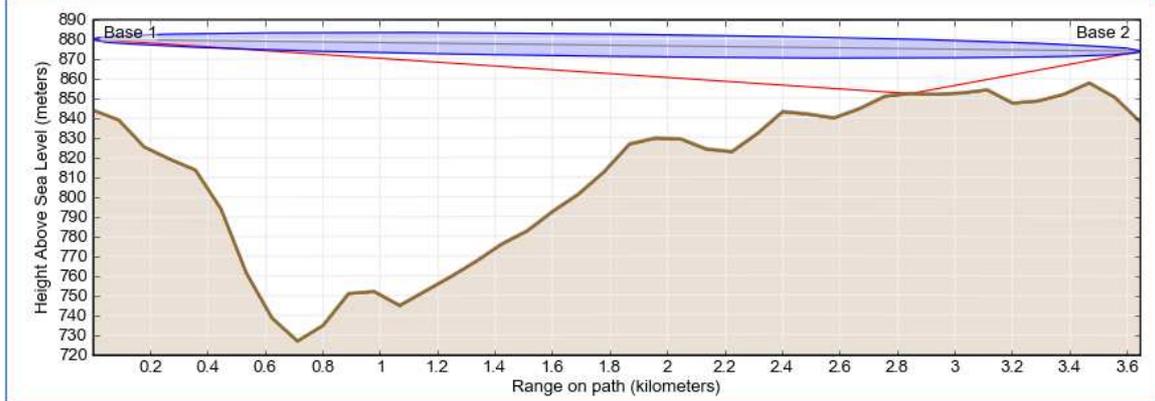
Link: Base 1 to Base 2

Link Description

Equipment

Band: 5.4 GHz License: FCC Product: PTP54600 Bandwidth: 30 MHz TDM: None Optimisation: IP Symmetry: Symmetric Master: Base 1

Profile



Configuration at Each End

Base 1
 Antenna: INTEGRATED - Built-in Antenna Dual Polar (23.0dBi)
 Antenna Height: 36 meters (Max height at site is 80.0 m)
 Maximum EIRP: 30.0 dBm [] User limit
 Maximum Power: 7.0 dBm [] User limit
 Interference

Base 2
 Antenna: INTEGRATED - Built-in Antenna Dual Polar (23.0dBi)
 Antenna Height: 36 meters (Max height at site is 80.0 m)
 Maximum EIRP: 30.0 dBm [] User limit
 Maximum Power: 7.0 dBm [] User limit
 Interference

Performance Summary

<p>Throughput to Base 1</p> <p>Mean Throughput Predicted: 94.25 Mbps Mean Throughput Required: 5.0 Mbps Percentage of Required Throughput: 1885 %</p> <p>Min Throughput Required: 1.0 Mbps Min Throughput Availability Required: 99.9900 % Min Throughput Availability Predicted: 99.9999 %</p>	<p>Link Summary</p> <p>Aggregate Throughput: 188.51 Mbps Link Availability: 99.9999 % System Gain Margin: 22.19 dB Free Space Path Loss: 118.64 dB Excess Path Loss: 0.00 dB Total Path Loss: 118.64 dB</p>	<p>Throughput to Base 2</p> <p>Mean Throughput Predicted: 94.25 Mbps Mean Throughput Required: 5.0 Mbps Percentage of Required Throughput: 1885 %</p> <p>Min Throughput Required: 1.0 Mbps Min Throughput Availability Required: 99.9900 % Min Throughput Availability Predicted: 99.9999 %</p>
--	---	--

Performance Details

Common details													
Mode:	256QAM	64QAM	64QAM	16QAM	16QAM	256QAM	64QAM	64QAM	16QAM	16QAM	QPSK	QPSK	BPSK
Code rate:	0.81	0.92	0.75	0.87	0.63	0.81	0.92	0.75	0.87	0.63	0.87	0.63	0.63
Payloads:	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Single	Single	Single	Single	Single	Single	Single	Single
Max Aggregate Throughput (Mbps):	273.51	230.44	188.31	146.50	105.32	136.75	115.22	94.16	73.25	52.66	36.62	26.33	13.16
Max Throughput Each Way (Mbps):	136.76	115.22	94.16	73.25	52.66	68.38	57.61	47.08	36.62	26.33	18.31	13.16	6.58
Performance to Base 1													
Fade Margin (dB):	-5.94	-2.33	3.52	7.14	10.94	-1.43	0.64	4.73	8.08	13.06	15.83	18.26	22.19
Mode Availability (%):	0.0008	1.0460	99.4118	99.9983	99.9994	0.0000	0.0004	0.0005	0.0005	99.9999	99.9999	99.9999	99.9999
Receive time in Mode (%):	0.0008	1.0462	98.3658	0.5865	0.0011	0.0000	0.0003	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Performance to Base 2													
Fade Margin (dB):	-5.94	-2.33	3.52	7.14	10.94	-1.43	0.64	4.73	8.08	13.06	15.83	18.26	22.19
Mode Availability (%):	0.0008	1.0460	99.4118	99.9983	99.9994	0.0000	0.0004	0.0005	0.0005	99.9999	99.9999	99.9999	99.9999
Receive time in Mode (%):	0.0008	1.0462	98.3658	0.5865	0.0011	0.0000	0.0003	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

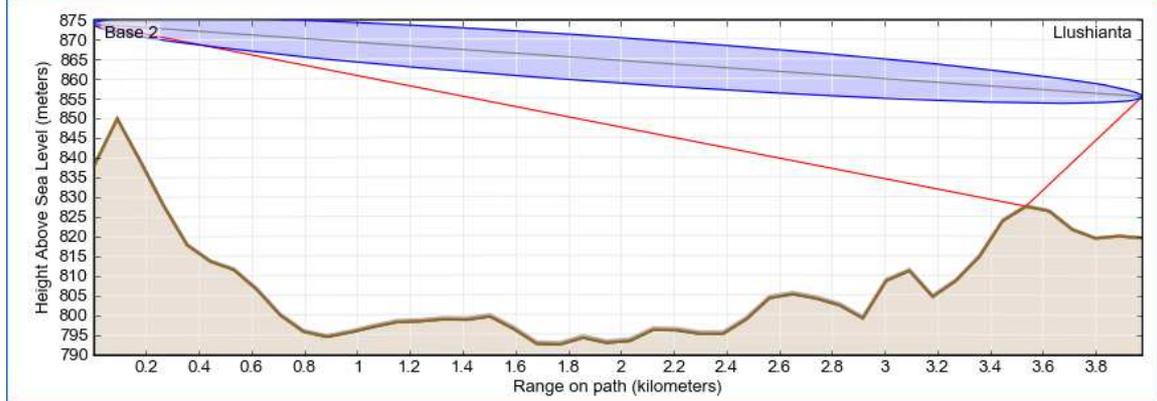
Link: Base 2 to Llushianta

Link Description

Equipment

Band	License	Product	Bandwidth	TDM	Optimisation	Symmetry	Master
5.4 GHz	FCC	PTP54600	30 MHz	None	IP	Symmetric	Base 2

Profile



Configuration at Each End

<p>Base 2</p> <p>INTEGRATED - Built-in Antenna Dual Polar (23.0dBi)</p> <p>Antenna Height : 36 meters (Max height at site is 80.0 m)</p> <p>Maximum EIRP : 30.0 dBm <input type="checkbox"/> User limit</p> <p>Maximum Power : 7.0 dBm <input type="checkbox"/> User limit</p> <p><input type="checkbox"/> Interference :</p>	<p>Llushianta</p> <p>INTEGRATED - Built-in Antenna Dual Polar (23.0dBi)</p> <p>Antenna Height : 36 meters (Max height at site is 80.0 m)</p> <p>Maximum EIRP : 30.0 dBm <input type="checkbox"/> User limit</p> <p>Maximum Power : 7.0 dBm <input type="checkbox"/> User limit</p> <p><input type="checkbox"/> Interference :</p>
--	--

Performance Summary

<p>Throughput to Base 2</p> <p>Mean Throughput Predicted : 93.73 Mbps</p> <p>Mean Throughput Required : 5.0 Mbps</p> <p>Percentage of Required Throughput : 1875 %</p> <p>Min Throughput Required : 1.0 Mbps</p> <p>Min Throughput Availability Required : 99.9900 %</p> <p>Min Throughput Availability Predicted : 99.9999 %</p>	<p>Link Summary</p> <p>Aggregate Throughput: 187.47 Mbps</p> <p>Link Availability: 99.9999 %</p> <p>System Gain Margin: 21.43 dB</p> <p>Free Space Path Loss: 119.39 dB</p> <p>Excess Path Loss: 0.00 dB</p> <p>Total Path Loss: 119.39 dB</p>	<p>Throughput to Llushianta</p> <p>Mean Throughput Predicted : 93.73 Mbps</p> <p>Mean Throughput Required : 5.0 Mbps</p> <p>Percentage of Required Throughput : 1875 %</p> <p>Min Throughput Required : 1.0 Mbps</p> <p>Min Throughput Availability Required : 99.9900 %</p> <p>Min Throughput Availability Predicted : 99.9999 %</p>
--	---	--

Performance Details

Common details													
Mode:	256QAM	64QAM	64QAM	16QAM	16QAM	256QAM	64QAM	64QAM	16QAM	16QAM	QPSK	QPSK	BPSK
Code rate:	0.81	0.92	0.75	0.87	0.83	0.81	0.92	0.75	0.87	0.83	0.87	0.83	0.83
Payloads:	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Single	Single	Single	Single	Single	Single	Single	Single
Max Aggregate Throughput (Mbps):	273.51	230.44	188.31	146.50	105.32	136.75	115.22	94.16	73.25	52.66	36.62	26.33	13.16
Max Throughput Each Way (Mbps):	136.76	115.22	94.16	73.25	52.66	68.38	57.61	47.08	36.62	26.33	18.31	13.16	6.58
Performance to Base 2													
Fade Margin (dB):	-6.70	-3.08	2.77	6.39	10.19	-2.18	-0.11	3.98	7.33	12.31	15.08	17.51	21.43
Mode Availability (%):	0.0004	0.0306	97.9572	99.9970	99.9994	0.0000	0.0002	0.0005	0.0005	99.9999	99.9999	99.9999	99.9999
Receive time in Mode (%):	0.0004	0.0302	97.9266	2.0398	0.0024	0.0000	0.0002	0.0003	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000
Performance to Llushianta													
Fade Margin (dB):	-6.70	-3.08	2.77	6.39	10.19	-2.18	-0.11	3.98	7.33	12.31	15.08	17.51	21.43
Mode Availability (%):	0.0004	0.0306	97.9572	99.9970	99.9994	0.0000	0.0002	0.0005	0.0005	99.9999	99.9999	99.9999	99.9999
Receive time in Mode (%):	0.0004	0.0302	97.9266	2.0398	0.0024	0.0000	0.0002	0.0003	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000

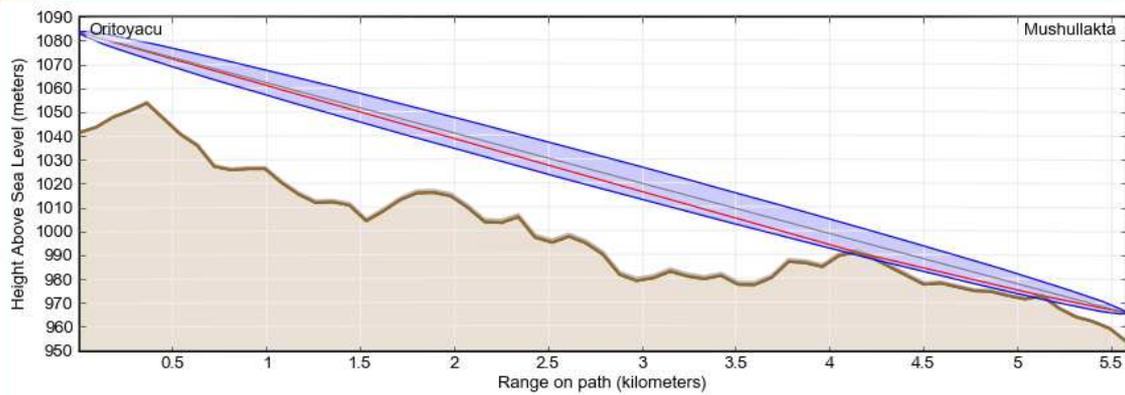
Link: Oritoyacu to Mushullakta

Link Description

Equipment

Band: 5.8 GHz License: ETSI Product: PTP58600 Bandwidth: 30 MHz TDM: None Optimisation: IP Symmetry: Symmetric Master: Oritoyacu

Profile



Configuration at Each End

Oritoyacu
 Antenna: INTEGRATED - Built-in Antenna Dual Polar (23.0dBi)
 Antenna Height: 42 meters (Max height at site is 80.0 m)
 Maximum EIRP: 37.0 dBm User limit
 Maximum Power: 14.0 dBm User limit
 Interference

Mushullakta
 Antenna: INTEGRATED - Built-in Antenna Dual Polar (23.0dBi)
 Antenna Height: 12 meters (Max height at site is 80.0 m)
 Maximum EIRP: 37.0 dBm User limit
 Maximum Power: 14.0 dBm User limit
 Interference

Performance Summary

<p>Throughput to Oritoyacu</p> <p>Mean Throughput Predicted: 86.34 Mbps Mean Throughput Required: 5.0 Mbps Percentage of Required Throughput: 1727 %</p> <p>Min Throughput Required: 1.0 Mbps Min Throughput Availability Required: 99.9900 % Min Throughput Availability Predicted: 99.9999 %</p>	<p>Link Summary</p> <p>Aggregate Throughput: 172.68 Mbps Link Availability: 99.9999 %</p> <p>System Gain Margin: 19.54 dB Free Space Path Loss: 122.63 dB Excess Path Loss: 5.66 dB Total Path Loss: 128.28 dB</p>	<p>Throughput to Mushullakta</p> <p>Mean Throughput Predicted: 86.34 Mbps Mean Throughput Required: 5.0 Mbps Percentage of Required Throughput: 1727 %</p> <p>Min Throughput Required: 1.0 Mbps Min Throughput Availability Required: 99.9900 % Min Throughput Availability Predicted: 99.9999 %</p>
---	---	---

Performance Details

Common details													
Mode:	256QAM	64QAM	64QAM	16QAM	16QAM	256QAM	64QAM	64QAM	16QAM	16QAM	QPSK	QPSK	BPSK
Code rate:	0.81	0.92	0.75	0.87	0.83	0.81	0.92	0.75	0.87	0.83	0.87	0.83	0.63
Payloads:	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Single	Single	Single	Single	Single	Single	Single	Single
Max Aggregate Throughput (Mbps):	270.71	228.09	186.39	145.00	104.24	135.36	114.04	93.19	72.50	52.12	36.25	26.06	13.03
Max Throughput Each Way (Mbps):	135.36	114.04	93.19	72.50	52.12	67.68	57.02	46.80	36.25	26.06	18.12	13.03	6.51
Performance to Oritoyacu													
Fade Margin (dB):	-8.59	-4.97	0.88	4.50	8.30	-4.07	-2.00	2.09	5.43	10.42	13.19	15.62	19.54
Mode Availability (%):	0.0001	0.0021	68.3469	98.8121	99.9411	0.0000	0.0001	0.0400	0.0407	99.9999	99.9999	99.9999	99.9999
Receive time in Mode (%):	0.0001	0.0020	68.3449	30.4651	1.1290	0.0000	0.0001	0.0399	0.0007	0.0181	0.0001	0.0000	0.0000
Performance to Mushullakta													
Fade Margin (dB):	-8.59	-4.97	0.88	4.50	8.30	-4.07	-2.00	2.09	5.43	10.42	13.19	15.62	19.54
Mode Availability (%):	0.0001	0.0021	68.3469	98.8121	99.9411	0.0000	0.0001	0.0400	0.0407	99.9999	99.9999	99.9999	99.9999
Receive time in Mode (%):	0.0001	0.0020	68.3449	30.4651	1.1290	0.0000	0.0001	0.0399	0.0007	0.0181	0.0001	0.0000	0.0000

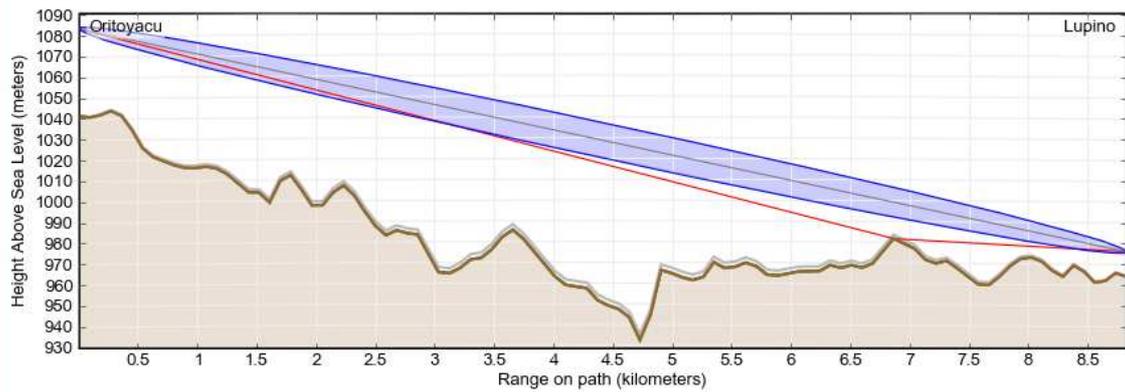
Link: Oritoyacu to Lupino

Link Description

Equipment

Band: 5.8 GHz License: ETSI Product: PTP58600 Bandwidth: 30 MHz TDM: None Optimisation: IP Symmetry: Symmetric Master: Oritoyacu

Profile



Configuration at Each End

Oritoyacu
 Antenna: INTEGRATED - Built-in Antenna Dual Polar (23.0dBi)
 Antenna Height: 42 meters (Max height at site is 80.0 m)
 Maximum EIRP: 37.0 dBm User limit
 Maximum Power: 14.0 dBm User limit
 Interference

Lupino
 Antenna: INTEGRATED - Built-in Antenna Dual Polar (23.0dBi)
 Antenna Height: 12 meters (Max height at site is 80.0 m)
 Maximum EIRP: 37.0 dBm User limit
 Maximum Power: 14.0 dBm User limit
 Interference

Performance Summary

<p>Throughput to Oritoyacu</p> <p>Mean Throughput Predicted: 89.83 Mbps Mean Throughput Required: 5.0 Mbps Percentage of Required Throughput: 1797 %</p> <p>Min Throughput Required: 1.0 Mbps Min Throughput Availability Required: 99.9900 % Min Throughput Availability Predicted: 99.9999 %</p>	<p>Link Summary</p> <p>Aggregate Throughput: 179.65 Mbps Link Availability: 99.9999 %</p> <p>System Gain Margin: 21.22 dB Free Space Path Loss: 126.61 dB Excess Path Loss: 0.00 dB Total Path Loss: 126.61 dB</p>	<p>Throughput to Lupino</p> <p>Mean Throughput Predicted: 89.83 Mbps Mean Throughput Required: 5.0 Mbps Percentage of Required Throughput: 1797 %</p> <p>Min Throughput Required: 1.0 Mbps Min Throughput Availability Required: 99.9900 % Min Throughput Availability Predicted: 99.9999 %</p>
---	---	--

Performance Details

Common details													
Mode:	256QAM	64QAM	64QAM	16QAM	16QAM	256QAM	64QAM	64QAM	16QAM	16QAM	QPSK	QPSK	BPSK
Code rate:	0.81	0.92	0.75	0.87	0.83	0.81	0.92	0.75	0.87	0.83	0.87	0.83	0.63
Payloads:	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Single	Single	Single	Single	Single	Single	Single	Single
Max Aggregate Throughput (Mbps):	262.66	221.30	180.84	140.69	101.14	131.33	110.65	90.42	70.34	50.57	35.17	25.28	12.64
Max Throughput Each Way (Mbps):	131.33	110.65	90.42	70.34	50.57	65.66	55.32	46.21	35.17	25.28	17.58	12.64	6.32
Performance to Oritoyacu													
Fade Margin (dB):	-6.91	-3.29	2.56	6.17	9.98	-2.39	-0.32	3.76	7.11	12.10	14.86	17.29	21.22
Mode Availability (%):	0.0004	0.0241	97.0158	99.9963	99.9994	0.0000	0.0002	0.0005	0.0005	99.9999	99.9999	99.9999	99.9999
Receive time in Mode (%):	0.0004	0.0238	96.9917	2.9805	0.0030	0.0000	0.0002	0.0003	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000
Performance to Lupino													
Fade Margin (dB):	-6.91	-3.29	2.56	6.17	9.98	-2.39	-0.32	3.76	7.11	12.10	14.86	17.29	21.22
Mode Availability (%):	0.0004	0.0241	97.0158	99.9963	99.9994	0.0000	0.0002	0.0005	0.0005	99.9999	99.9999	99.9999	99.9999
Receive time in Mode (%):	0.0004	0.0238	96.9917	2.9805	0.0030	0.0000	0.0002	0.0003	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000

ANEXO 3

INSTALACIÓN DE UN AP

Para instalar el AP Canopy, realice los pasos siguientes:

1. Empiece con el AP en el estado apagado.
2. Elegir la mejor ubicación de montaje para su aplicación en particular. Los módulos no necesitan ser montados uno junto al otro. Pueden ser distribuidos alrededor de un sitio dado. Sin embargo, los 60 ° de desplazamiento debe ser mantenida. El montaje se puede hacer con abrazaderas de acero inoxidable u otro elemento de fijación equivalente.
3. Alinear al AP de la siguiente manera:
 - a. Mueva el módulo donde el enlace esté despejado por el horizonte del radio y no haya objetos que penetren la zona de Fresnel. (La calculadora del sistema Canopy, *AntennaElevationCalcPage.xls*, calcula automáticamente la altura mínima de la antena que se requiere para ampliar el horizonte de radio hasta el otro extremo del enlace. La calculadora del sistema Canopy, *FresnelZoneCalcPage.xls*, calcula automáticamente el despeje de la zona de Fresnel que se requiere entre la línea visual de la señal y la parte superior de un objeto de alta elevación.)
 - b. Utilice un mapa local, brújula, o un dispositivo GPS, según sea necesario para determinar la dirección que uno o más APs requerirán por cada uno cubrir un sector de 60 °.
 - c. Aplicar el adecuado grado de inclinación hacia abajo. (La calculadora del sistema Canopy, página *DowntiltCalcPage.xls*, calcula automáticamente el ángulo de inclinación hacia abajo de la antena que se requiere.)
 - d. Asegúrese de que los SMS más cercanos y más lejanos que deben registrarse al AP se encuentran dentro del área de cobertura del haz. (La

calculadora del sistema Canopy página BeamwidthRadiiCalcPage.xls
calcula automáticamente los radios de la zona de cobertura del haz.)

4. Usando abrazaderas de manguera de acero inoxidable o sujetadores equivalentes, ubique el AP en la dirección correcta y en la inclinación hacia abajo.
5. Quite la cubierta base del AP.
6. Conecte los cables al AP.

NOTA: Cuando se aplica energía a un módulo Canopy se restablece en la interfaz basada en web, el módulo requiere de aproximadamente 25 segundos para arrancar.

ANEXO 4

INSTALACIÓN DE UN SM

La Instalación de un SM Canopy consta de dos procedimientos:

- Físicamente la instalación del SM es en una residencia o en otro lugar y para realizar la alineación de curso se utiliza el tono de la alineación.
- La verificación del AP hasta el SM y la alineación de finalización es mediante el examen de nivel de potencia y el jitter, las pruebas de enlace, y la revisión del registro y el recuento de sesiones.

1. Elegir la mejor ubicación de montaje para el SM.
2. Seleccione el tipo de hardware de montaje apropiado para esta ubicación. (Para el montaje de 2.4, 5.2, 5.4, y 5.7 GHz SMS, Motorola ofrece la SMMB-1 soporte de montaje. Para el montaje de 900 MHz SMS, Motorola ofrece la SMMB-2 soporte de montaje.)
3. Quite la cubierta base del SM.
4. Construir el cable Ethernet Cat.5 y grado UV con un conector RJ-45, y conectar el cable al SM.
5. Opcionalmente, conecte el SM con el brazo del plato reflector Canopy.

RECOMENDACIÓN: Un reflector en este caso reduce el ancho de haz para reducir la interferencia. El brazo se moldea para recibir y apropiadamente apuntar el módulo en relación con el plato de la antena.

6. Use abrazaderas de acero inoxidable de manguera o sujetadores equivalente para ubicar el SM en su posición.
7. Retire la tapa del supresor de sobrecargas 300SS.
8. Con las aperturas de cable hacia abajo, monte el 300SS en el exterior de las instalaciones del abonado, lo más cercano al punto donde el cable Ethernet

penetra en la residencia o la construcción como sea posible, y tan cerca del sistema de tierra (tierra de protección) como sea posible.

9. Con alicates de corte diagonal o alicates de punta larga, quite las tapas que cubren las aberturas de cable al 300SS.
10. Conecte un cable Ethernet desde el adaptador de corriente (que se encuentra dentro de la residencia o edificio, hacia el exterior a través de la penetración de la construcción) hasta cada puerto RJ-45 del 300SS.
11. Conecte otro cable Ethernet desde el otro puerto RJ-45 del 300SS al puerto Ethernet del SM.
12. Realice la puesta a tierra del SM.
13. Envuelva un alambre de cobre 10 AWG (o 6mm^2), alrededor del poste de tierra del 300SS.
14. Apriete el sujetador en el alambre de cobre ubicada en el poste de tierra del 300SS.
15. Conecte de forma segura el cable de cobre para el sistema de puesta a tierra (tierra de protección) de acuerdo a los reglamentos aplicables.
16. Conecte un cable de tierra al 300SS.
17. Coloque la tapa del supresor de sobrecargas 300SS.
18. Para la alineación del SM, utilice la función de alineación de tono audible como sigue:
 - a. Establezca el parámetro 2X Rate del SM a deshabilitado.
 - b. En el SM, conectar el conector RJ-11 de 6 pines de los auriculares de herramienta de alineación al puerto RJ-11 de utilidad del SM. Alternativamente, en lugar de utilizar el auricular de alineación, use un kit manos libres o el altavoz del batería de potencia conectado al pin 5 (salida de tono de alineación) y al Pin 6 (de tierra) de un conector RJ-11.
 - c. Escuchar el tono de la alineación por el:
 - o tono, lo que indica un mayor poder de la señal (RSSI / dBm) por el tono más alto.
 - o volumen, lo que indica una mejor calidad de señal (jitter inferior) por el aumento de volumen.

- d. Ajuste ligeramente el módulo hasta que oiga el tono más alto y el volumen más alto.
 - e. Si la página web de configuración del SM contiene un parámetro de 2X Rate, ponerlo de nuevo a habilitado.
19. Cuando haya alcanzado la mejor señal (tono más alto, volumen más fuerte), ubique el SM en su lugar con el hardware de montaje.

ANEXO 5

INSTALACIÓN DE UN BH-M SINCRONIZADO

Para instalar el BHM Canopy, realice los siguientes pasos:

1. Acceda a la etiqueta general de la página de configuración en el BHM.
2. Si este es un BH de 20-Mbps, establezca el parámetro 2X Rate a deshabilitado (temporalmente para facilitar el objetivo en curso).
3. Haga clic en el botón Guardar cambios.
4. Haga clic en el botón de reinicio.
5. Después que el reinicio se ha completado, corte la energía del BHM.
6. Elegir la mejor ubicación de montaje para su aplicación en particular.
7. Opcionalmente, conecte el BHM al brazo del plato reflector Canopy.
8. Alinear el BHM como sigue:
 - a. Mueva el módulo donde el enlace esté despejado por el horizonte del radio y no haya objetos que penetren la zona de Fresnel. (La calculadora del sistema Canopy, AntennaElevationCalcPage.xls, calcula automáticamente la altura mínima de la antena que se requiere para ampliar el horizonte de radio hasta el otro extremo del enlace. La calculadora del sistema Canopy, FresnelZoneCalcPage.xls, calcula automáticamente el despeje de la zona de Fresnel que se requiere entre la línea visual de la señal y la parte superior de un objeto de alta elevación.)
 - b. Utilice un mapa local, brújula, o un dispositivo GPS, según sea necesario para determinar la dirección del BHS.
 - c. Aplicar el adecuado grado de inclinación hacia abajo o hacia arriba. (La calculadora del sistema Canopy, página DowntiltCalcPage.xls, calcula automáticamente el ángulo de inclinación hacia abajo de la antena que se requiere.)

- d. Asegúrese de que el BHS se encuentre dentro del área de cobertura del haz. (La calculadora del sistema Canopy página BeamwidthRadiiCalcPage.xls calcula automáticamente los radios de la zona de cobertura del haz.)
- 9. Usando abrazaderas de manguera de acero inoxidable o sujetadores equivalentes, ubique el BHM en su posición.
- 10. Quite la cubierta de la base del BHM.
- 11. Si el BHM no se conecta a un CMMmicro, opcionalmente conectar un cable de utilidad a una fuente de sincronización GPS y luego al puerto RJ-11 del BHM.
- 12. O bien conectar el BHM al CMM o conectar al convertidor de energía DC al BHM y luego a una fuente de alimentación de CA.

NOTA: Cuando se aplica energía a un módulo Canopy se restablece en la interfaz basada en web, el módulo requiere de aproximadamente 25 segundos para arrancar.

Durante este intervalo, auto-exámenes y otros diagnósticos se están realizando.

- 13. Acceda a la etiqueta general de la página de configuración del BHM.
- 14. Si el CMM es un CMMmicro, establezca el parámetro Sync Input a la selección de sincronización de señal recibida (Puerto power). Si el CMM es un CMM2, establezca el parámetro Sync Input a la selección de sincronización de señal recibida (Puerto Timing).

INSTALACIÓN DE UN BH-S SINCRONIZADO

La Instalación de un BHS Canopy consiste de dos procedimientos:

- o Físicamente para la instalación del BHS y para realizar la alineación de curso se utiliza el tono de la alineación.

- La verificación del enlace BH y la alineación de finalización es mediante el examen de nivel de potencia y el jitter, las pruebas de enlace, y la revisión del registro y el recuento de sesiones.

1. Elegir la mejor ubicación de montaje para el BHS.
2. Quite la cubierta base del BHS.
3. Construir el cable Ethernet Cat.5 y grado UV con un conector RJ-45, y conectar el cable al BHS.
4. Opcionalmente, conecte el BHS al brazo del plato reflector Canopy.

RECOMENDACIÓN: El brazo se moldea para recibir y apropiadamente apuntar el BH en relación con el plato de la antena. Use abrazaderas de acero inoxidable de manguera para sujetar.

5. Use abrazaderas de acero inoxidable de manguera o sujetadores equivalente para ubicar al BHS en su posición.
6. Retire la tapa del supresor de sobrecargas 300SS.
7. Con las aperturas de cable hacia abajo, monte el 300SS tan cerca del sistema de tierra (tierra de protección) como sea posible.
8. Con alicates de corte diagonal o alicates de punta larga, quite las tapas que cubren las aberturas de cable al 300SS.
9. Conecte un cable Ethernet desde el adaptador de corriente hasta cada puerto RJ-45 del 300SS.
10. Conecte otro cable Ethernet desde el otro puerto RJ-45 del 300SS al puerto Ethernet del BHS.
11. Realice la puesta a tierra del BHS.
12. Envuelva un alambre de cobre 10 AWG (o 6mm²), alrededor del poste de tierra del 300SS.
13. Apriete el sujetador en el alambre de cobre ubicada en el poste de tierra del 300SS.
14. Conecte de forma segura el cable de cobre para el sistema de puesta a tierra (tierra de protección) de acuerdo a los reglamentos aplicables.

15. Conecte un cable de tierra al 300SS.
16. Coloque la tapa del supresor de sobrecargas 300SS.
17. Para la alineación del BHS, utilice la función de alineación de tono audible como sigue:
 - a. Si la página web de configuración del BHS contiene un parámetro 2X Rate del SM, deshabilítelo.
 - b. En el BHS, conectar el conector RJ-11 de 6 pines de los auriculares de herramienta de alineación al puerto RJ-11 de utilidad del BHS. Alternativamente, en lugar de utilizar el auricular de alineación, use un kit manos libres o el altavoz de la batería de potencia conectado al pin 5 (salida de tono de alineación) y al Pin 6 (de tierra) de un conector RJ-11.
 - c. Escuchar el tono de la alineación por el:
 - o tono, lo que indica un mayor poder de la señal (RSSI / dBm) por el tono más alto.
 - o volumen, lo que indica una mejor calidad de señal (jitter inferior) por el aumento de volumen.
 - d. Ajuste ligeramente el módulo hasta que oiga el tono más alto y el volumen más alto.
 - e. Si la página web de configuración del BHS contiene un parámetro de 2X Rate, ponerlo de nuevo a habilitado.
18. Cuando haya alcanzado la mejor señal (tono más alto, volumen más fuerte), ubique el BHS en su lugar con el hardware de montaje.

ANEXO 6

INSTALACIÓN DE UN CMM micro

Asegúrese de que cumplen con el Código Eléctrico Nacional (NEC) o códigos locales y procedimientos de escalada cuando se instala el CMM micro.

Herramientas recomendadas para montar un CMM micro

Las siguientes herramientas pueden ser necesarias durante la instalación:

- Controlador de tuercas 3/8"
- Llave inglesa ajustable 12"
- Llave de 14 mm para la instalación de soportes de montaje en los postes
- Pinzas de punta o alicates

Montaje de un CMM micro

Realice el siguiente procedimiento para montar el CMM micro:

1. Asegúrese de que la posición de montaje:
 - no esté más allá de 100 m del AP o BH más lejano al CMM micro.
 - no esté a menos de 3m del AP más cercano o BH.
 - no tenga más de 30,5 m de cable desde la posición de montaje previsto para antena GPS.
 - le permita abrir completamente la puerta de servicio.
2. Seleccionar una estructura de apoyo para que los sujetadores se puedan montar.
3. Si la estructura de apoyo es una pared, utilice tornillos o pernos (no se incluye) para unir los sujetadores a la pared.

Si la estructura de apoyo es un objeto con forma irregular, utiliza las bandas ajustables de acero inoxidable (incluidas) para fijar la CMM micro al objeto.

4. Si la estructura de apoyo es un polo que tiene un diámetro exterior de 3 a 8 cm, utilice un soporte de dientes V (incluido) para:
 - conectar el soporte V al polo.
 - adjuntar los sujetadores del CMM micro al soporte V.

Instalación de la fuente de alimentación para el CMM micro

Instale el convertidor de potencia CMM micro, ya sea en una caseta, un armario de cableado, o al intemperie de un lugar planeado. Esto es imprescindible para mantener la humedad del convertidor de potencia, no para protegerla de las temperaturas altas.

Realice el siguiente procedimiento para instalar el adaptador de suministro de energía:

1. Conecte 2m de cable de alimentación de CA al convertidor de potencia (aunque no a un tomacorriente de CA).
2. Seleccione la longitud de cable de alimentación de la siguiente manera:
 - a. Si el montaje de la unidad interior con el convertidor de potencia está dentro de 2,8m, seleccione 3 m cable de alimentación de CC (valor nominal para el uso al aire libre).
 - b. Si el montaje de la unidad exterior con el convertidor de potencia es más de 2,8 m, asegúrese de que esta longitud adicional de cable tenga resistencia-UV o esté protegido de los rayos UV.
 - utilizar un bloque de terminales, conectores o empalmes para agregar la longitud adicional.

- proteger el bloque de terminales, conectores o empalmes (como en el interior del lugar planeado, por ejemplo).

Longitud del cable de alimentación DC	Tamaño del cable adecuado
3 - 25 m	12 AWG (4 mm ²)
26 - 45m	10 AWG (6 mm ²)
46 - 70 m	8 AWG (10 mm ²)
> 70 m	6 AWG (16 mm ²)

TABLA 3.2. Tamaño del cable de poder para el CMM micro de más de 2,8 m.

3. Alimentar el cable de alimentación a través del conector de cierre de la CMM micro.
4. Conecte el convertidor de plomo, cuyo aislamiento ha hecho una raya blanca a + V en el bloque de terminales CMM micro.
5. Conecte el convertidor de plomo, cuyo aislamiento es sólido de color negro a - V en el bloque de terminales CMM micro.

Cableado de un CMM micro

Realice el siguiente procedimiento para conectar los cables CMM micro en ambos extremos:

1. Quite la cubierta base de cualquier AP o BH que se conecta a este CMM micro.
2. Revise el dibujo esquemático en el interior del CMM micro.
3. Tenga en cuenta que las inserciones en el conector de cierre de casquillos tenga agujeros precortados.
4. Retire el espaciador de silicio duro.
5. En rute los cables de Ethernet de los APs a través de los conectores de cierre para el switch Ethernet dentro del CMM micro.

6. Si el BH que este en el sitio es un BH de 30/60 o 150/300-Mbps:
 - a. conectar la unidad exterior (ODU) al puerto ODU de la unidad interior de alimentación (PIDU).
 - b. conectar el PIDU a un puerto sin conexión del CMM micro.

Si el BH es de otro tipo de modulación, en rute los cables Ethernet del BH a través de los conectores de cierre al switch Ethernet del CMM micro.
7. Si el sitio tiene una red con cable de alimentación, en rute el cable en el CMM micro y conéctelo a un puerto sin conexión en el switch.
8. Montar un supresor de picos Canopy en un punto bajo de la alimentación de la red y conecte el supresor de picos a tierra firme.
9. Etiquete en la puerta, un registro de direcciones IP y MAC del CMM micro y todos los equipos conectados.
10. En consonancia con las prácticas de la empresa, tenga en cuenta la información anterior para añadir más tarde a la base de datos de equipos de la empresa.
11. Conecte el cable coaxial de la antena GPS al conector BNC hembra del CMM micro.
12. Si el CMM micro requiere conexión de red, realice los siguientes pasos:
 - a. En rute un cable de red en el CMM micro.
 - b. Conecte al puerto uplink en el switch.
 - c. Conecte adecuadamente la tierra (conexión de protección a tierra [PE]), el cable Ethernet. El supresor de picos Canopy ofrece conexión a tierra adecuada para esta situación.
13. Conecte el cable de alimentación de CC al CMM micro.
14. Conecte el convertidor de CC a una toma de CA.
15. Verifique el encendido de los LEDs.

ESPECIFICACIONES	
Eléctricas	
Suministro de energía:	24 VCC a 0.3 AMP separado del convertidor de potencia de 115/230 V CA a 24 V CC.
Aspectos Ambientales	
Temperatura de operación:	40°C a +55°C (-40°F a +131°F)
Humedad de operación:	100% con condensación
Dimensiones	
Aproximadamente:	12.00" de alto x 10.00" de ancho x 3.00" de profundidad.
Peso aproximado:	8.0 lbs.



CPE	INFRAESTRUCTURA	ADMINISTRACIÓN DE RED
 Módulo Suscriptor	 Clúster de APs	 BAM
 Módulos Backhails	 CMM	 PrizmEMS
		 Herramienta de Actualización de software Over-the-Air