



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y COMUNICACIONES

Tema:

**“SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES PARA LOS CENTROS DE
CONTROL DEL PARQUE NACIONAL LLANGANATES”**

Trabajo de Graduación. Modalidad: Proyecto de Investigación, presentado previo la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones

SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Comunicaciones Inalámbricas
AUTOR: Daniela Cristina Sevilla Sánchez
TUTOR: Ing. Mg. Geovanni Brito

Ambato - Ecuador

Septiembre, 2017

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del Trabajo de Investigación sobre el tema: SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIÓN PARA LOS CENTROS DE CONTROL DEL PARQUE NACIONAL LLANGANATES, de la señorita Daniela Cristina Sevilla Sánchez, estudiante de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, considero que el informe investigativo reúne los requisitos suficientes para que continúe con los trámites y consiguiente aprobación de conformidad con el numeral 7.2 de los Lineamientos Generales para la aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato septiembre, 2017

EL TUTOR




Ing. Mg. Giovanni Brito

AUTORÍA

El presente Proyecto de Investigación titulado: SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIÓN PARA LOS CENTROS DE CONTROL DEL PARQUE NACIONAL LLANGANATES, es absolutamente original, auténtico y personal, en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato septiembre, 2017



Daniela Cristina Sevilla Sánchez

CC: 1804811121

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Trabajo de Titulación como un documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además autorizo su reproducción dentro de las regulaciones de la Universidad.

Ambato septiembre, 2017



Daniela Cristina Sevilla Sánchez

CC: 1804811121

APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA

La Comisión Calificadora del presente trabajo conformada por los señores docentes Ingeniero Marco Jurado y la Ingeniera Paulina Ayala, revisó y aprobó el Informe Final del Proyecto de Investigación titulado SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIÓN PARA LOS CENTROS DE CONTROL DEL PARQUE NACIONAL LLANGANATES, presentado por la señorita Daniela Sevilla de acuerdo al numeral 9.1 de los Lineamientos Generales para la aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.



Ing. Mg. Elsa Pilar Urrutia Urrutia
PRESIDENTA DEL TRIBUNAL



Ing. Marco Jurado
DOCENTE CALIFICADOR



Ing. Paulina Ayala
DOCENTE CALIFICADOR

DEDICATORIA

A la memoria de mi madre.

Daniela

AGRADECIMIENTO

A quienes me brindaron su confianza y afecto para hacer este logro posible.

A mi padre por su constancia y amor a lo largo de mi vida.

A Melissa y Carolina, mis hermanas, mis amigas.

*A mi tutor Ing. Geovanni Brito por su paciencia, tiempo y enseñanzas en la
elaboración de este trabajo.*

*A los Ingenieros Orley Ochoa y Edwin Machado por su colaboración en la
realización de este proyecto.*

A Christian por dedicarme su apoyo y cariño.

A los ángeles que la vida me ha dado la dicha de conocer.

Daniela

ÍNDICE GENERAL

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	¡Error! Marcador no definido.
AUTORÍA.....	¡Error! Marcador no definido.
DERECHOS DE AUTOR.....	¡Error! Marcador no definido.
APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA.....	¡Error! Marcador no definido.
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
INTRODUCCIÓN.....	xviii
CAPÍTULO I. EL PROBLEMA.....	1
1.1 Tema de investigación.....	1
1.2 Planteamiento del problema.....	1
1.3 Delimitación.....	3
1.3.1 Delimitación de Contenidos.....	3
1.3.2 Delimitación Espacial.....	3
1.3.3 Delimitación Temporal.....	3
1.4 Justificación.....	3
1.5 Objetivo.....	5
1.5.1 General.....	5
1.5.2 Específicos.....	5
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 Antecedentes Investigativos.....	6
2.2 Fundamentación teórica.....	8
2.2.1 Parque Nacional Llanganates.....	8

2.2.2	Sistemas de Comunicaciones.....	13
2.2.3	Comunicaciones Inalámbricas	17
2.2.4	Radio Enlaces	20
2.2.5	Radiodifusión.....	25
2.2.6	Estaciones de Radio.....	25
2.2.7	Voz sobre IP	41
2.3	Propuesta De Solución.....	47
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA		48
3.1	Modalidad de la Investigación.....	48
3.2	Recolección de la Información	48
CAPÍTULO IV. DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....		50
4.1	Situación actual del Parque Nacional Llanganates	50
4.1.1	Entrevista.....	53
4.2	Ubicación de los puestos de control y guardianías dentro del PNLI.....	54
4.3	Requerimientos de Comunicación	56
4.4	Selección de equipos	67
5.	Sistema Integral de Comunicaciones.....	103
5.1	Enlaces de datos y cálculos de propagación	104
5.2	Áreas de Cobertura	116
5.3	Interconexión de equipos para estaciones repetidoras.....	119
5.3.1	Equipos en estaciones base.....	128
5.4	Presupuesto referencial del sistema de radiocomunicaciones	133
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		143
5.1	Conclusiones.....	143
5.2	Recomendaciones	144
BIBLIOGRAFÍA.....		145
1	ANEXOS	156

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de Áreas protegidas en Ecuador	9
Figura 2: Parque Nacional Llanganates, división político administrativa.	10
Figura 3: Mapa Geológico PNLl	11
Figura 4: Mapa de pendientes del PNLl.	12
Figura 5: Sistema de comunicación.....	14
Figura 6: Enlace Punto a Punto	14
Figura 7: Enlace Punto- Multipunto	15
Figura 8: Enlace multipunto- multipunto	15
Figura 9: Comunicación en un canal simplex.	16
Figura 10: Comunicación Semidúplex.....	16
Figura 11: Comunicación Full Dúplex.....	17
Figura 12: Propagación directa	18
Figura 13: Propagación por Reflexión.	18
Figura 14: Propagación por Difracción.....	19
Figura 15: Propagación por refracción.	19
Figura 16: Radioenlaces.....	20
Figura 17: Esquema de enlaces microondas para la transmisión de información de la estación A a la estación B.....	21
Figura 18: Enlace Microondas Satelital.	22
Figura 19: Denominación de las bandas de frecuencia.	24
Figura 20: Antenas Lineales	27
Figura 21: Antena Microstrip.	28
Figura 22: Antenas Bocina Piramidal.	28
Figura 23: Antena parabólica de foco primario	29
Figura 24: Antena array.	29
Figura 25: Antenas de lentes	30
Figura 26: Dipolo Plegado de longitud L	30
Figura 27: Dipolo par y dipolo impar	31
Figura 28: Dipolo doblado y dipolo simple.	31
Figura 29: Directividad y radiación isotrópica.	32
Figura 30: a) Patrón de elevación de un dipolo genérico b) Patrón de azimuth de un dipolo genérico c) Patrón de radiación en 3D	33

Figura 31: Diagrama tridimensional y corte con planos.	34
Figura 32: a) Corte en coordenadas polares. b) Coordenadas cartesianas y escala logarítmica.	34
Figura 33: Niveles del Lóbulo.	35
Figura 34: Diagrama espacial de radiación.	36
Figura 35: Polarización Lineal, Circular y Elíptica.	38
Figura 36: RoIP – Interoperabilidad	42
Figura 37: Diagrama básico de funcionamiento de RoIP	43
Figura 38: Diagrama de bloques RoIP	44
Figura 40: Ubicación de los puestos de control y Guardianías en Google Earth.....	56
Figura 41: Área del PNLI, ubicación en Google Earth.	57
Figura 42: Esquema de un radioenlace.	58
Figura 43: Ubicación de los sitios para los repetidores y servidor en Google Earth.	59
Figura 44: Simulación del enlace de radio en Radio Mobile entre los sitios Puesto de Control Pantzarumi-Cerro El Tablón.	61
Figura 45: Simulación del enlace de radio en Radio Mobile entre los sitios Cerro El Tablón- Cerro Abitagua.	61
Figura 46: Simulación del enlace de radio en Radio Mobile entre los Cerro El Tablón-Loma Grande.	62
Figura 47: Simulación del enlace de radio en Radio Mobile entre lo Loma Grande - Oficina Baños.	62
Figura 48: Simulación del enlace de radio en Radio Mobile entre los sitios Cerro Abitagua-Puesto de Control Tálag.	63
Figura 49: Diagrama de un sistema de radiocomunicación sobre IP.	64
Figura 50: Ubicación de las estaciones base en Google Earth.	66
Figura 51: Montaje de Rocket 5AC Prism 2G + RD-5G30.	70
Figura 52: a) Patrón de radiación modo omnidireccional. b) Patrón de radiación modo offset.	73
Figura 53: Antenas de $1/4$ y $5/8 \lambda$	74
Figura 54: Antena Móvil MHB5800.	75
Figura 55: Arquitectura de sistema centralizado Hytera.	77
Figura 56: Arquitectura de sistema distribuido de Hytera.	78

Figura 57: Sistema multi-sitio convencional de Kenwood NEXTEEDGE con Voting	80
Figura 58: Tipos de Sistemas Motorola-Mototrbo	81
Figura 59: Arquitectura de un sistema IP Site Connect.	82
Figura 60: Radio Móvil/ Fijo DGM8000e Motorola Solutions.	86
Figura 61: Modelo con teclado completo DGP8550e.	87
Figura 62: Batería Universal Power UB121000 (45978).....	88
Figura 63: Cargador de baterías Samlex SEC-1250 UL.	89
Figura 64: Esquema de respaldo de energía para repetidor.....	90
Figura 65: Punta Franklin.	91
Figura 66: Protector de sobrecargas Lightning Wilson 859902.	91
Figura 67: Sistema de protección de sobrecargas.	92
Figura 68: Unidad APC Smart-UPS 1500 con ahorro de energía.....	94
Figura 69: Torre arriostada.	94
Figura 70: Duplexor Q2220E.....	95
Figura 71: Cisco SG100D-08 8-Port Gigabit Switch	96
Figura 72: Adaptador POE-24-24W.	97
Figura 73: Capacidades adicionales de MOTOTRBO.	98
Figura 74: Conexión directa a repetidores.	102
Figura 75: Esquema del Sistema de Comunicaciones.....	104
Figura 76: Ubicación de los puntos en el Enlace 1 en software AirLink.....	105
Figura 77: Perfil Topográfico del Enlace 1 en software AirLink.	106
Figura 78: Resumen de resultados del Enlace 1 en simulador AirLink.	106
Figura 79: Resumen de resultados del Enlace 1 en simulador LinkCalc.	107
Figura 80: Ubicación de los puntos en el Enlace 2 en software AirLink.....	108
Figura 81: Perfil Topográfico del Enlace 2 en software AirLink.	108
Figura 82: Resumen de resultados del Enlace 2 en simulador AirLink.	109
Figura 83: Resumen de resultados del Enlace 2 en simulador LinkCalc.	109
Figura 84: Ubicación de los puntos en el Enlace 3 en software AirLink.....	110
Figura 85: Perfil Topográfico del Enlace 3 en software AirLink.	111
Figura 86: Resumen de resultados del Enlace 3 en simulador Airlink.	111
Figura 87: Resumen de resultados del Enlace 3 en simulador LinkCalc.	112
Figura 88: Ubicación de los puntos en el Enlace 4 en software AirLink.....	113

Figura 89: Perfil Topográfico del Enlace 4 en software AirLink.	113
Figura 90: Resumen de resultados del Enlace 4 en simulador AirLink.	114
Figura 91: Resumen de resultados del Enlace 4 en simulador LinkCalc.	114
Figura 92: Ubicación de los puntos en el Enlace 5 en software AirLink.	115
Figura 93: Perfil Topográfico del Enlace 5 en software AirLink.	115
Figura 94: Área de cobertura del repetidor en puesto de control “Pantzarumi” en software Radio Mobile.	116
Figura 95: Área de cobertura del repetidor cerro "El Tablón" en software Radio Mobile.	117
Figura 96: Área de cobertura del repetidor Cerro "Abitagua" en software Radio Mobile. Fuente: Investigadora.	118
Figura 97: Área de cobertura del repetidor puesto de control Tálag en software Radio Mobile.	118
Figura 98: Área de cobertura total del Sistema de radiocomunicación de dos vías VHF, en el PNLl	119
Figura 99: Esquema de interconexión de equipos.	120
Figura 100: Esquema de interconexión de equipos en estación repetidora Pantzarumi. Fuente: Investigadora	121
Figura 101: Esquema de estación repetidora en Cerro "El Tablón".	122
Figura 102: Esquema de estación repetidora "Loma Grande".	124
Figura 103: Esquema de estación repetidora cerro "Abitagua".	125
Figura 104: Esquema de estación repetidora "Tálag".	126
Figura 105: Esquema de estación servidor "Oficina Baños".	127
Figura 106: Topología física e interconexión de equipos del sistema de comunicaciones.	131

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Coordenadas Geográficas PNLl.....	10
Tabla 2: Hojas Cartográficas.....	12
Tabla 3: Nivel de pendientes del PNLl	13
Tabla 4: Bandas de espectro radioeléctrico.....	23
Tabla 5: Parámetros principales del diagrama de radiación.	35
Tabla 6: Características de las antenas de acuerdo a los parámetros de instalación.	41
Tabla 7: Beneficios de radio sobre IP.	44
Tabla 8: Ubicación de las antenas VHF y estaciones repetidoras.....	51
Tabla 9: Presupuesto referencial para la implementación del sistema de radiocomunicación en el PNLl.	52
Tabla 10: Coordenadas de los puestos de control y guardianías.....	55
Tabla 11: Sitios con necesidad de comunicación en el PNLl.	56
Tabla 12: Puntos para la ubicación de estaciones repetidoras.....	59
Tabla 13: Descripción de los Enlaces de Radio para el sistema de comunicación. ...	60
Tabla 14: Descripción de condiciones de los puntos para las estaciones.....	60
Tabla 15: Descripción de los Enlaces de Radio para el sistema de comunicación. ...	65
Tabla 16: Coordenadas de ubicación para las estaciones base.....	66
Tabla 17: Coordenadas Geográficas de la ubicación del servidor.	67
Tabla 18: Resumen de los equipos del sistema de comunicaciones.....	67
Tabla 19: Características de los equipos de acuerdo al fabricante.	68
Tabla 20: Características de la antena RD-5G30.	69
Tabla 21: Comparación de frecuencias VHF y UHF	71
Tabla 22: Especificaciones de antenas VHF.	72
Tabla 23: Comparación de antenas móviles de diferentes marcas.	74
Tabla 24: Comparación de sistemas de comunicación RoIP	82
Tabla 25: Repetidores MOTOTRBO.	83
Tabla 26: Comparación de radio móvil portátil MOTOTRBO.....	85
Tabla 27: Comparación de radios portátiles de dos vías.	86
Tabla 28: Características de la baterías de ciclo profundo.....	87
Tabla 29: Características del cargador de baterías.	88
Tabla 30: Especificaciones técnicas de la Punta Franklin.....	90
Tabla 31: Especificaciones técnicas del Smart-UPS.....	92

Tabla 32: Especificaciones técnicas de duplexores.	95
Tabla 33: Especificaciones técnicas del Switch Cisco SG100D-08.	96
Tabla 34: Especificaciones técnicas de Adaptador POE-24-24W.	97
Tabla 35: Requisitos para el software de aplicaciones TRBOnet.	102
Tabla 36: Resumen de equipos para el sistema de radioenlace den el PNLl.	103
Tabla 37: altura de las antenas en las estaciones repetidoras.	104
Tabla 38: Equipos para la estación repetidora Pantzarumi.	121
Tabla 39: Equipos en la estación repetidora "El Tablón".	123
Tabla 40: Equipos en la estación repetidora "Loma Grande".	124
Tabla 41: Equipos en la estación repetidora "Abitagua".	126
Tabla 42: Equipos en la estación repetidora "Tálag".	127
Tabla 43: Equipos en la estación repetidora "Baños".	128
Tabla 44: Equipos VHF para la Oficina Baños.	129
Tabla 45: Equipos VHF para la estación base Pantzarumi.	129
Tabla 46: Equipos VHF para la estación base Sunfopamba.	129
Tabla 47: Equipos VHF para la estación base Mera.	130
Tabla 48: Equipos VHF para la estación base Tálag.	130
Tabla 49: Coeficiente de valoración.	132
Tabla 50: Distancias máximas aplicables para fines de cálculo de las tarifas del Servicio.	133
Tabla 51: Cálculo de enlaces.	134
Tabla 52. Presupuesto de Equipos para la Oficina Baños.	134
Tabla 53. Presupuesto de equipos a ubicarse en repetidora Loma Grande.	135
Tabla 54: Presupuesto de equipos a ubicarse en repetidora El Tablón.	136
Tabla 55: Presupuesto de equipos a ubicarse en repetidora Pantzarumi.	137
Tabla 56: Presupuesto de equipos a ubicarse en repetidor Abitagua.	137
Tabla 57: Presupuesto para el repetidor Tálag.	138
Tabla 58. Presupuesto Equipos MOTOTRBO y Antenas VHF.	139
Tabla 59. Presupuesto Sistema VHF y estudio de ingeniería.	140
Tabla 60. Presupuesto de torres y casetas.	140
Tabla 61. Presupuesto materiales adicionales.	141
Tabla 62. Presupuesto referencial total de proyecto.	142

RESUMEN

El presente proyecto ha sido aplicado a un área protegida en la región andina del Ecuador, el Parque Nacional Llanganates, lugar emblemático que acoge gran biodiversidad y misterio. Mediante el diseño de un sistema de comunicaciones íntegro se proyecta establecer una conexión eficiente que integre los distintos puntos del parque a través de una herramienta de control y vigilancia, para beneficio principal del Ministerio del Ambiente y del Sistema Nacional de Áreas Protegidas. El trabajo de investigación recoge la información necesaria que permite establecer sistema de radiocomunicaciones, haciendo uso de enlaces de microondas de 5.8 GHz y sistema de comunicación de dos vías VHF que abarcan los sitios más vulnerables del parque. La ubicación de los sitios para los repetidores han sido seleccionados de acuerdo a la altura, facilidades de acceso y sectores de importancia para la cobertura; las estaciones base fueron escogidas de acuerdo a la demanda requerida de los centros de control existentes. Las condiciones topográficas existentes en el sector han dificultado una comunicación integral a cada lugar del Parque, sin embargo, se han cubierto los espacios de mayor afluencia turística y por lo tanto mayor requerimiento de vigilancia en los recorridos de los guarda-parques. El presente estudio ha establecido la mejor opción que permita la instauración de un instrumento para la protección de zonas representativas del Ecuador y resguardar así la vida en todos sus ámbitos, mediante una comunicación efectiva para la pronta toma de decisiones en situaciones de emergencia.

Palabras Clave

Comunicación inalámbrica, VHF, enlaces de datos, Parque Nacional Llanganates, radiocomunicaciones

ABSTRACT

This project has been applied to a protected area in the Andean region of Ecuador, the Llanganates National Park, emblematic place that welcomes great biodiversity and mystery. Through the design of an integrated communications system, it is planned to establish an efficient connection that integrates the different points of the park through a control and monitoring tool, for the main benefit of the Ministry of the Environment and the National System of Protected Areas. The research provides the necessary information to establish the radiocommunication system covering the most vulnerable sites in the park, using 5.8GHz microwave link and a two ways communication VHF. The location of the sites for the repeaters have been selected according to the height, access facilities and sectors of importance for the coverage; the base stations were chosen according to the demand demanded of the existing control centers. The demanding topographic conditions of the sector have made it difficult to communicate extensively to each place of the Park, however, the most important areas of tourist influx have been covered, and therefore a greater vigilance requirement on the park ranger's routes. This study has established the best option that allows the establishment of an instrument for the protection of representative areas of Ecuador and thus safeguard life in all areas, through effective communication for early decision making in emergency situations.

Key words

Wireless Communication, VHF, data Links, Parque Nacional Llanganates, radiocomunications

INTRODUCCIÓN

Las comunicaciones se han desarrollado de un modo impresionante, en pocos años el mundo entero se ha visto envuelto por la tecnología y en un lugar primordial la necesidad de mantener el intercambio de información. Así también han evolucionado los beneficios de las comunicaciones inalámbricas en el campo de la seguridad y vigilancia, brindando mayor facilidad para el control de áreas lejanas, distantes o demasiado extensas. El presente proyecto se enfoca en el diseño de una red de radiocomunicaciones para el Parque Nacional Llanganates, que brinde los beneficios de las comunicaciones a quienes resguardan y protegen la flora y fauna de esta región. A continuación, se detallan los capítulos que abarcan esta investigación.

En el Capítulo I se detalla los problemas de comunicaciones del Parque Nacional Llanganates que se detallan en la justificación para llevar a cabo el proyecto y los objetivos generales y específicos que se llevan a cabo en la investigación.

En el Capítulo II se analizan los trabajos relacionados con el tema, pudiendo ser con respecto al uso de tecnologías o funciones similares y los proyectos realizados en el Parque Nacional Llanganates de modo que se pueda hacer de esta investigación un trabajo íntegro.

En el Capítulo III se redacta el tipo de investigación del proyecto de Radiocomunicaciones para el PNL, el procedimiento a realizar para el análisis de la investigación y la documentación.

En el Capítulo IV se describe de forma detallada el diseño del sistema de radiocomunicaciones para el Parque Nacional Llanganates, tanto para el enlace de datos como para las comunicaciones por VHF. Se describen los equipos y se realiza el presupuesto respectivo.

En el Capítulo V se presentan las conclusiones y recomendaciones del presente proyecto.

Finalmente se detalla en la bibliografía las fuentes consultadas para el proyecto, además se muestran como evidencia de la investigación los anexos.

CAPÍTULO I.

EL PROBLEMA

1.1 Tema de investigación

“SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIÓN PARA LOS CENTROS DE CONTROL DEL PARQUE NACIONAL LLANGANATES”

1.2 Planteamiento del problema

Las radiocomunicaciones han evolucionado rápidamente, desde la invención de los sistemas para usos militares y de emergencias ahora se los puede encontrar en nuevos segmentos de mercado. [1] Es decir, el área de las comunicaciones ha sido una de las más explotadas y su trascendencia se ve reflejada en el constante incremento de los requerimientos de los usuarios en calidad, velocidad y áreas cobertura. Hoy en día a nivel mundial se cuenta con una red de comunicaciones completa y en constante desarrollo que busca cubrir cada ciudad, esto conlleva múltiples propósitos en beneficio de la ciudadanía como una herramienta para el control de diversas situaciones de emergencia que pongan en riesgo vidas humanas o la diversidad de la vida, estas circunstancias demandan una comunicación eficaz y eficiente.

El Parque Nacional Llanganates (PNLI) es una zona protegida que abarca gran variedad de flora y fauna, desde el año 1996; su cuidado está a cargo del Ministerio del Ambiente. Su ubicación abarca parte de las provincias de Tungurahua, Cotopaxi, Pastaza y Napo; presenta un perfil topográfico bastante irregular con elevaciones de hasta 4638 metros sobre el nivel del mar. [2]

En la misma medida que la concurrencia a Parques y Reservas naturales en Ecuador aumenta, las precauciones que se deben tomar son mucho más minuciosas, para preservar las especies únicas de las diferentes regiones. A pesar que el cuidado de la flora y fauna de la región es el reflejo de la educación de los ciudadanos, no se debe descartar actos maliciosos que destruyan las especies endémicas, debido a esto se realizan constantes inspecciones para preservar el patrimonio natural de la región.

El Parque Nacional Llanganates es un gran ejemplo de la riqueza florística y faunística de nuestro país, sin embargo, no cuenta con una comunicación eficiente entre los nueve centros de control que se ubican en puntos estratégicos de los límites del parque. El personal que se dedica al cuidado del parque es reducido y las zonas de inspección llegan a ser inaccesibles, por estas razones los trabajos de inspección se convierten en una tarea difícil en la que se ocupa demasiado tiempo. Además, la vigilancia es escasa y los turistas se enfrentan al riesgo de perderse en algunas zonas de difícil acceso.

Se ha considerado que los factores que ponen en riesgo la biodiversidad del PNLI son entre otros, los asentamientos humanos muy cercanos a los límites del parque, por lo que se protege de manera especial la parte occidental y para ello existe un sistema de comunicaciones para las guardianías Pantzarumi y Sunfopamba [3], sin embargo la parte más extensa del parque es aún vulnerable y la comunicación es nula con los demás centros de control, esto dificulta la actuación inmediata que preste auxilio en caso de peligro de vidas humanas y afectación a la biodiversidad del lugar. El PNLI tiene un área extensa de 219 707 ha y las condiciones topográficas son exigentes, con temperaturas que van de los 3°C a los 24° C y precipitación anual de hasta 4000mm [2] a causa de que su ubicación geográfica la red de comunicación ha sido uno de los principales retos, pues el PNLI se encuentra atravesado por la cordillera del mismo nombre.

La situación actual genera preocupación por las consecuencias que pueda provocar el aislamiento de los centros de control a un sistema de comunicación. De la misma manera el difícil acceso, pone en riesgo a los vigilantes que inspeccionan el lugar pudiendo ser víctimas de accidentes, extravío de personal, turistas e investigadores.

1.3 Delimitación

1.3.1 Delimitación de Contenidos

Área Académica: Comunicaciones

Líneas de investigación de la carrera: Tecnologías de Comunicación

1.3.2 Delimitación Espacial

La investigación se realizó en el Parque Nacional Llanganates que se ubica en parte de las provincias de Tungurahua, Pastaza, Cotopaxi y Napo; además en la ciudad de Ambato, Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial.

1.3.3 Delimitación Temporal

El presente proyecto de investigación se desarrolló en el período marzo 2017 – septiembre 2017 de acuerdo a lo establecido en los reglamentos de graduación para la obtención de Título Terminal de Tercer Nivel de la Universidad Técnica de Ambato.

1.4 Justificación

El Parque Nacional Llanganates es una de las 51 áreas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador, abarca un conjunto diverso de organismos y una extensa gama de factores abióticos. En los Llanganates se puede además encontrar un cumulo cultural e histórico de las comunidades Cumbijín y Sacha. Las poblaciones se ubican en la zona occidental de Salcedo, en Cotopaxi. Este sector es uno de los ingresos al área protegida. [4], [5]

Los sistemas de comunicaciones evolucionan gracias a las exigencias de los usuarios, asimismo en Ecuador se ha ido implementando nuevas tecnologías que cubran las necesidades de los beneficiarios. Parques y áreas protegidas del país se han ido transformando en sitios inteligentes que brindan cobertura para las comunicaciones. La presente investigación está enfocada al estudio de factibilidad de un sistema de radiocomunicación que incluya los puestos de control del parque nacional Llanganates, los cuales se mencionan a continuación:

- Patate
- Mera
- Rio Blanco
- Talag
- Pantzarumi
- Sunfopamba

El PNLl cuida y protege áreas de la intervención maliciosa de turistas y personas que vivan cercanas a los límites, personas que puedan amenazar la vegetación y fauna endémica del lugar, existen incluso zonas en el parque que no son autorizadas para el turismo y en las cuales únicamente se realizan estudios de biodiversidad, estas zonas son constantemente monitoreadas por el personal; sin embargo, existen lugares inaccesibles en donde es una tarea imposible ingresar y por consiguiente la comunicación es inexistente. El interés del Ministerio de Ambiente radica en brindar un mejor control en el parque mediante una comunicación eficiente de los puestos de control.

El proyecto debe garantizar un estudio integral que garantice la seguridad y control que conlleve al mantenimiento de los recursos naturales; el beneficiario directo del proyecto es el Ministerio del Ambiente y a través de este el Parque Nacional Llanganates, su personal administrativo, de seguridad y los beneficiarios indirectos son turistas propios y extranjeros que visitan el lugar.

El proyecto es factible debido a que el Ministerio del Ambiente requiere aportar mayor seguridad y mejor comunicación a esta área protegida, además en el aspecto técnico es factible porque los centros de control que se ubican en sectores estratégicos que permiten proporcionar un sistema de comunicaciones con la tecnología adecuada tomando en cuenta que cualquier tecnología que involucre al PNLl debe asegurar que la vida silvestre que albergue no se vea afectada. Y es económicamente factible ya que el PNLl cuenta con un presupuesto destinado al cuidado y mantenimiento del mismo.

1.5 Objetivo

1.5.1 General

Diseñar un sistema de radiocomunicación para vigilancia y control del Parque Nacional Llanganates.

1.5.2 Específicos

- Determinar las condiciones actuales de comunicaciones en el parque Nacional Llanganates.
- Determinar los puntos estratégicos que abarquen la región dispuesta para radiocomunicación sin afectar el ecosistema del Parque Nacional Llanganates.
- Establecer la comunicación entre los puestos de control del Parque Nacional Llanganates
- Determinar los equipos óptimos para el proyecto que se adapten a las condiciones topográficas y meteorológicas del Parque Nacional Llanganates
- Elaborar un informe en formato SENPLADES que pueda usar el Ministerio del Ambiente para la futura implementación del proyecto.
- Elaborar el informe final del proyecto.

CAPÍTULO II.

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes Investigativos

Realizada la respectiva investigación bibliográfica se encontró un trabajo relacionado con comunicaciones en el Parque Nacional Llanganates. En el año 2014 la empresa Ingeniería Integral Amplía Corp. S.A. realizó un “Estudio de Factibilidad e Ingeniería de un Sistema de Radiocomunicación en áreas Protegidas Priorizadas del Patrimonio de áreas Naturales del Estado”, en el cual se realiza el estudio de radiocomunicaciones para el Parque Nacional Llanganates, y se propone un sistema que garantice una cobertura óptima entre las guardianías existentes, las planificadas, las oficinas administrativas y las principales áreas de operación (control, vigilancia y uso público) que compone cada área protegida y su zona de amortiguamiento. Este estudio considera algunos de los sitios en que se encontraban operando sistemas públicos y privados, sin embargo, los lugar tomados para las estaciones repetidoras en el estudio de factibilidad no son apropiadas para su aplicación debido a su difícil acceso. Se consideró el estudio realizado en el año 2014 para elaborar un trabajo íntegro consolidado en los requerimientos del PNLl y a través de este al Ministerio del Ambiente. [6]

También existen trabajos sobre sistemas de radiocomunicaciones en el repositorio de varias universidades de las cuales, en este proyecto se hizo referencia al proyecto de investigación titulado: “Diseño del Sistema de Radiocomunicaciones UHF Semiduplex en un rango de frecuencia de 438-470 MHz en la ciudad de Cuenca.” de Paul León, el proyecto de investigación presenta el diseño de un sistema de radiocomunicaciones en banda UHF que se instalaría en el cerro Barabon para la

empresa Supermercado Santa Cecilia. Este trabajo concluyó que dentro de la banda de 480-470 MHz la comunicación sería excelente alcanzando incluso distancias de 15km desde la antena repetidora. [7]

En el trabajo investigativo “Simulación de Zonas de Fresnel para Enlaces de Microondas Terrestres” realizado por Carlos Alberto Vila; se simularon las comunicaciones vía microondas en Matlab y Visual Basic con el objetivo de facilitar y predecir la implementación de los enlaces tomando en cuenta factores que puedan dificultar la transmisión de información. [8] Este trabajo detalla los parámetros teóricos que necesita un enlace de comunicaciones que fue de gran ayuda para realizar proyecciones lo más acertadas posibles.

En el proyecto: “Estudio y Definición de Políticas para la Instalación y Operación de la Infraestructura de Radiocomunicaciones y los Servicios Relacionados en el Aeropuerto Mariscal Sucre” escrito por Daniel Villacís se analiza los servicios de comunicaciones con el fin de que las ondas de radio puedan ser usadas eficientemente dentro de los límites del aeropuerto, en este estudio además se incluyen las aeronaves. La investigación concluyó que las frecuencias más importantes se encuentran en el rango de VHF 108 y 137 MHz que corresponden a los servicios de radiocomunicaciones más críticos además el estudio abarca las respectivas recomendaciones con respecto a las antenas antiguas que representan una desventaja para un uso eficiente del espectro. [9]

Se hizo referencia también al trabajo “Diseño e implementación de la nueva red de comunicaciones de voz de la Policía Nacional en la provincia de Pichincha” realizado por Verónica Escobar, describe el diseño y la implementación de la mencionada red que se amplía con cinco nuevos sitios de repetición; los mismos que trabajan de forma integral en la infraestructura existente por lo que los equipos a usarse pertenecen a la misma marca y software (Motorola - SmatZone). La red de comunicaciones se estableció mediante enlaces microondas que cumplieron con el objetivo de disponibilidad total y una tasa de cero errores de bit como resultado de un análisis teórico exhaustivo. [10]

El proyecto “Estudio y diseño de un sistema de radio troncalizado para Petroecuador y sus filiales” escrito por Christian Viñachi tiene como objetivo establecer una

alternativa viable que unifique las comunicaciones vía radio entre todas las filiales de manera confiable y haciendo uso del menor número de frecuencias que abarque la mayor cantidad de usuarios y posea la cobertura necesaria. Con el sistema de Radio Troncalizado se pretende eliminar el tiempo excesivo de espera para poder realizar llamadas en horas pico, aumentar la confidencialidad de las conversaciones e interconexiones a causa de interferencias con el uso de las actuales frecuencias, además de un uso eficiente del espectro radioeléctrico. [11]

2.2 Fundamentación teórica

2.2.1 Parque Nacional Llanganates

La gran biodiversidad del país se encuentra especialmente acogida en Los Llanganates, la magnificencia de los Andes puedes ser contemplada desde este asombroso lugar. El 19 de marzo de 1996 pasó a formar parte de las Áreas Nacionales Protegidas del Ecuador; al ser declarado como parque nacional se ha permitido gestionar de mejor manera la protección de los recursos que abarca esta área de 219.931,81 hectáreas, extendidas sobre las provincias de Tungurahua, Cotopaxi, Napo y Pastaza. La riqueza vegetal y faunística han sido reconocidas a nivel mundial por organizaciones que buscan cuidar y preservar la vida en su estado natural.

En la figura 1 se muestra las áreas protegidas en Ecuador, en la que se incluyen los parques nacionales. A nivel latinoamericano, esta región se encuentra entre las 17 prioridades de conservación más importantes debido a su carácter único de su biodiversidad y la amenaza constante que ésta enfrenta. [3] El parque afronta el peligro de ser invadido por quienes habitan en sus límites, además debe resguardar las zonas consideradas de importancia biológica de los daños que turistas o cazadores puedan violentar.

Además, los Llanganates también son considerados un patrimonio valioso por varias organizaciones, por ejemplo [3]:

- Conservación Internacional (CI) que ha identificado a los Andes del norte como uno de los 25 “puntos calientes” de biodiversidad a nivel mundial.
- BirdLife International que identifica casi todo el complejo ecorregional como un área de aves endémicas (AAE) de importancia

- La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN y WWF, que reconocen el carácter único de la flora de esta región, al identificar al menos nueve Centros de Diversidad de Plantas en la región andina tropical.

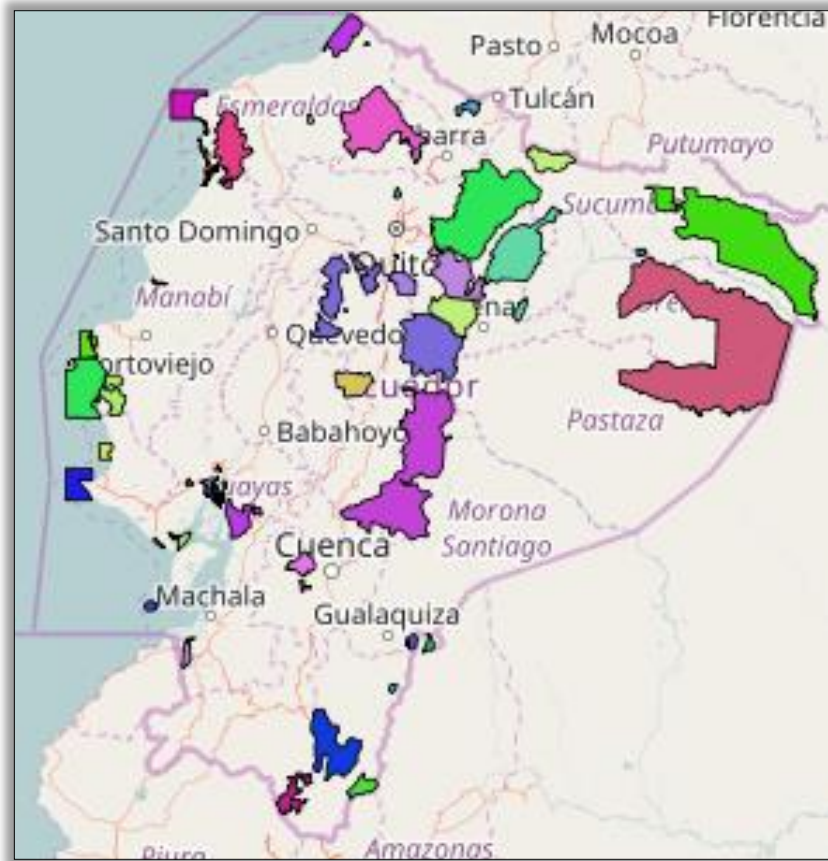


Figura 1: Mapa de Áreas protegidas en Ecuador [12]

El PNLI abarca la diversidad de las especies de la región andina y amazónica, desde las cumbres hasta las estribaciones del bosque tropical amazónico, albergando ecosistemas diversos como lagunas, páramos, bosques nublados, torrenteras y ríos. [13].

El estado ecuatoriano en el Acuerdo 129 del 16 de diciembre de 2013; garantiza un modelo sustentable de desarrollo ambiental equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras. [14]

El Parque Nacional Llanganates se encuentra en la jurisdicción territorial de las provincias de Tungurahua, Napo, Pastaza y Cotopaxi. Su perímetro es de 347,96 Km

y su superficie de 219.931,81 ha. El Área Protegida se encuentra aproximadamente en un 90% en las provincias de Tungurahua y Napo y lo restante en las provincias de Pastaza y Cotopaxi, localizándose entre los ríos Chalupas y Verdeyacu al norte; Yanayacu y Patate al occidente; Pastaza al sur; y, Anzu y Jatunyacu al este. [3] La división político administrativa se representa en la figura 2 y las coordenadas que limitan al PNLI se muestran en la tabla 1.

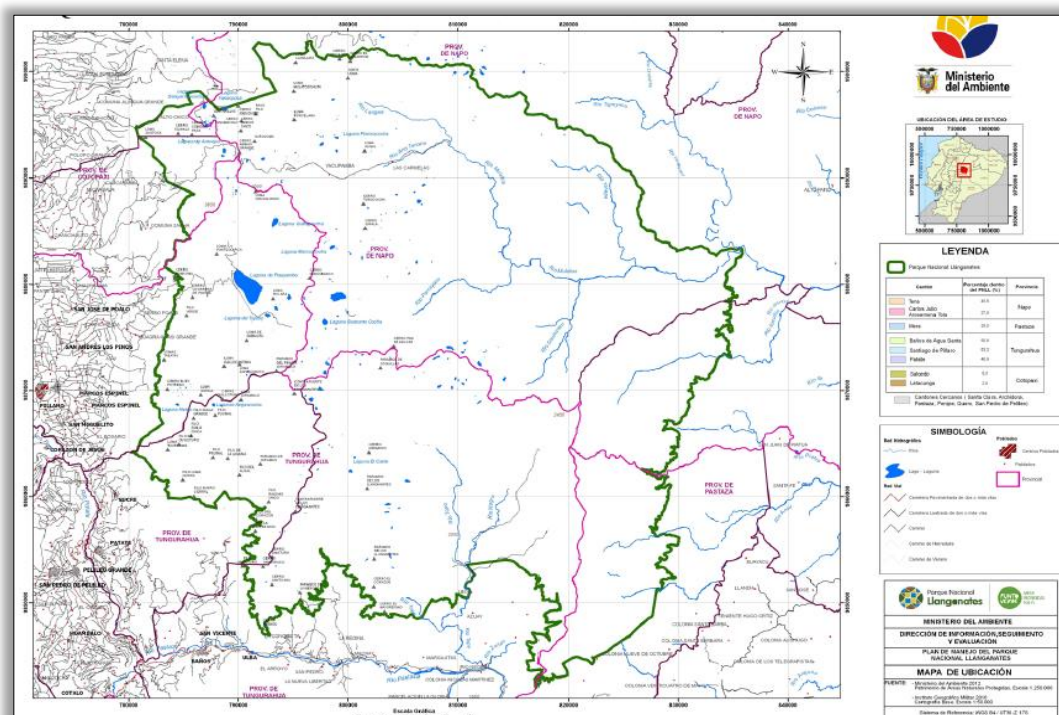


Figura 2: Parque Nacional Llanganates, división político administrativa. [3]

Tabla 1: Coordenadas Geográficas PNLI [3]

	Latitud Sur	Long. Occidental
Norte	00°52'24''	78°20'00''
Sur	01°25'24''	78°08'54''
Este	01°03'00''	77°59'00''
Oeste	01°13'24''	78°28'42''

Características Biofísicas

El PNLI es considerado como: “Sitio de importancia para la conservación y estudio de la Cordillera Real” de acuerdo a The Nature Conservancy y Centro de Datos para la Conservación. [3]

Generalidades

En esta región se incluyen tres de las nueve clases de climas del Ecuador. La nubosidad, la temperatura y la alta pluviosidad son condiciones drásticas que varían de acuerdo a la altitud, puede variar de 12 a 22°C y llegar a 0°C en los páramos por las noches. [3]

La cordillera de Los Llanganates presenta las siguientes formaciones Geológicas. Se muestra en la figura 3 y Tabla 2.

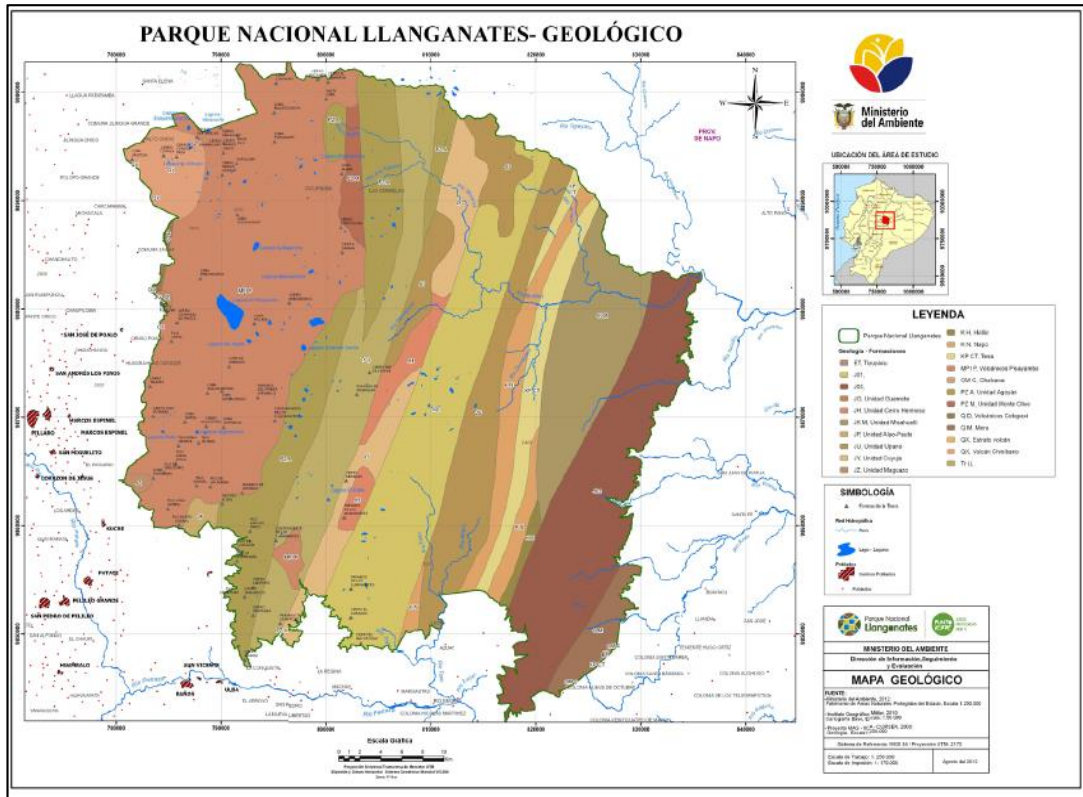


Figura 3: Mapa Geológico PNLI [3]

Tabla 2: Hojas Cartográficas [3]

Símbolo	Formación	Litología	Período
Q _C	Cangagua	Toba	Cuatemario
MP _{Lp}	Formación Pisayambo	Lava andesítica, Ivn, basalto, b	Pioceno
PM _{ZM}	Grupo Margajitas	Arcilla semimetamorfizada, filitas, pizarras, cuarcitos.	Mesozoico
P _{ZL}	Grupo Llanganates	Filita, esquisto, gneis	Paleozoico
K _{PCT}	Formación Tena	Arcilla roja, arenisca	Cretáceo Superior
K _H	Formación Hollín	Arsénica, cuarcita	Cretáceo Inferior
G	Granito Abitagua	Granito, granodiorita	Mesozoico
K _N	Formación Napo	Arsenisca, caliza, lutita	Cretáceo Medio
K _{Ch}	Sedimentos Cerro Hermoso	Arcilla calcárea negra, caliza	Cretáceo

El perfil topográfico del Parque Nacional Llanganates incluye niveles de pendientes mostradas en la figura 4 y en la Tabla 3 se muestra el mapa de las pendientes del PNLI.

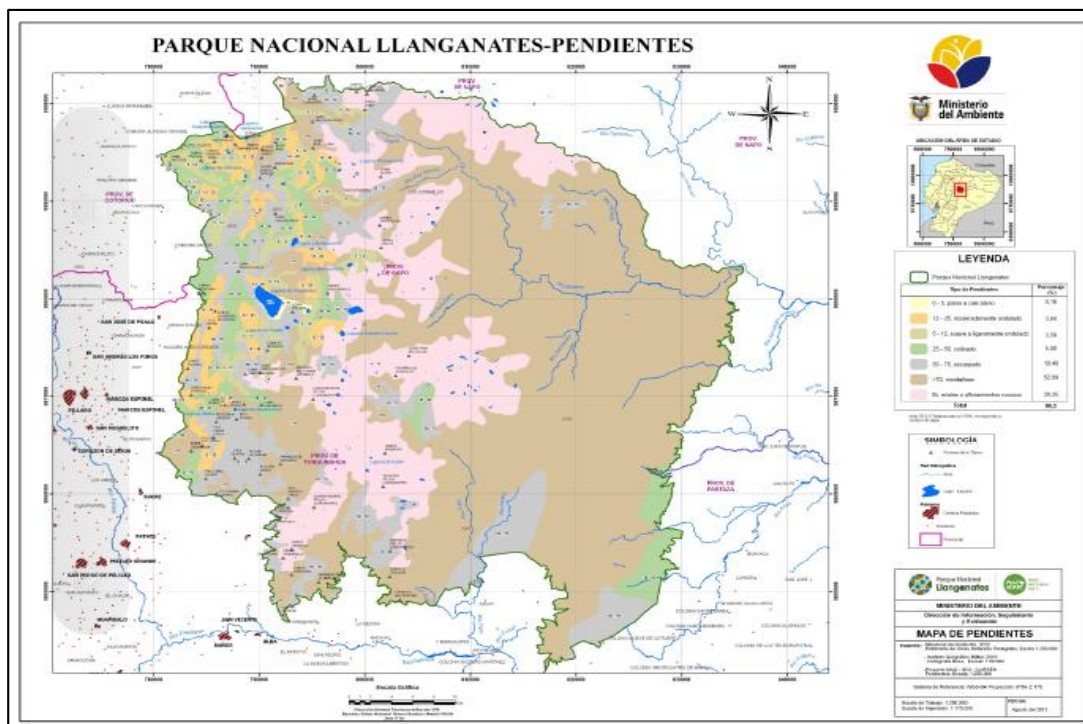


Figura 4: Mapa de pendientes del PNLI. [3]

Tabla 3: Nivel de pendientes del PNLI [3]

Pendiente	Descripción	Área(has)	%
0-5	Plano a casi plano	350.06	0.16
5-12	Suave a ligeramente ondulado	7865.79	3.58
12-25	Moderadamente ondulado	9060.50	4.12
25-50	Colinado	13533.78	6.16
50-70	Escarpado	29483.58	13.42
70	Montañoso	114845.44	52.27
Er	Eriales o afloramientos rocosos	44217.03	20.13
Wn	Cuerpos de agua(naturales o artificiales)	350.88	0.16
	Total	219707	100

2.2.2 Sistemas de Comunicaciones

Un sistema de comunicaciones es la transmisión de información (enviar y recibir) de un lugar a otro geográficamente separado. Una red sencilla consiste en una fuente (genera la información), canal de transmisión y destino (recibe la información decodifica y regenera el mensaje). Los medios de transmisión utilizados en el proceso de comunicación pueden ser guiados o no guiados. Debido a la naturaleza física del medio de transmisión, la información que se transmite puede sufrir modificaciones o puede provocar que se degrade la señal por factores como: el ruido, interferencias o la propia distorsión del canal. [8] En la figura 5 se muestra un esquema de un sistema de comunicaciones sencillo.

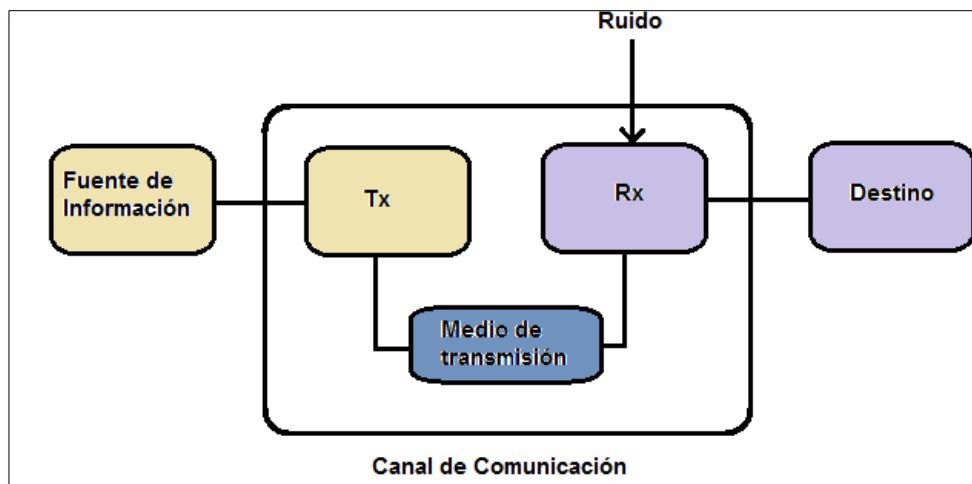


Figura 5: Sistema de comunicación. Fuente: Investigadora

Enlace Punto A Punto

Las redes punto a punto son redes en las que cada canal de datos comunica únicamente dos nodos, a medida que las necesidades de comunicaciones son mayores su eficiencia decrece y las convierte en redes difíciles de coordinar y operar.

[15] La figura 6 muestra un enlace punto a punto.

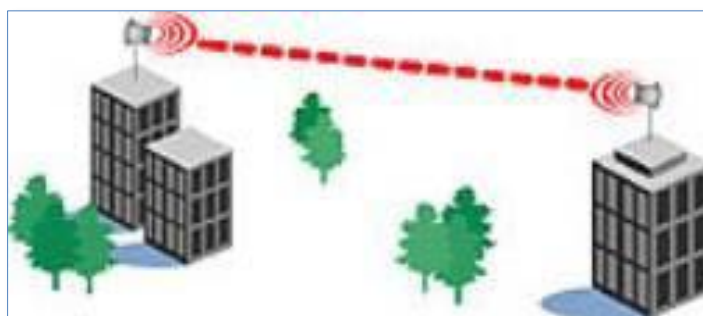


Figura 6: Enlace Punto a Punto [16]

Enlace Punto a Multipunto

Un enlace punto – multipunto es aquella arquitectura en la que cada canal de comunicaciones se puede usar para comunicarse con diversos puntos, es decir varios puntos se conectan con un punto de acceso en común. [7] La figura 7 muestra un enlace punto a multipunto.



Figura 7: Enlace Punto- Multipunto [16]

Enlace Multipunto – Multipunto

Denominadas también ad-hoc o en malla (Mesh), en la que cada punto puede comunicarse con cualquier otro que se encuentre accesible en la red, así todos los nodos se comunican directamente entre sí. [15] La figura 8 muestra un enlace multipunto - multipunto.

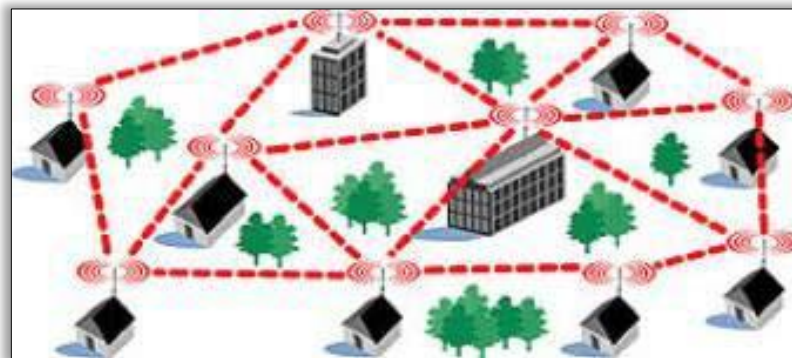


Figura 8: Enlace multipunto- multipunto [16]

Modos de comunicación

Los modos de comunicación de los sistemas inalámbricos son: simplex, semi-duplex, full-duplex de acuerdo a la dirección o sentido de comunicación.

Simplex

La comunicación simplex se caracteriza porque la transmisión y recepción de la información se realiza en un solo sentido, del transmisor al receptor. Ejemplos de sistemas simplex incluyen la difusión de radio y televisión, donde los receptores no

envían ningún dato al transmisor. [9] La figura 9 muestra la comunicación en canal simplex.

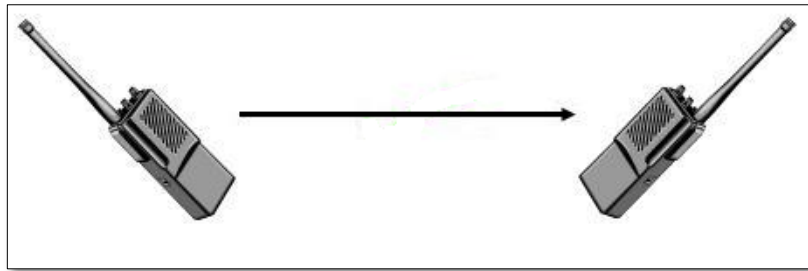


Figura 9: Comunicación en un canal simplex.

Fuente: Investigadora. Basado en: [17]

Duplex o Semi-duplex

La comunicación Duplex es aquella en la que los sistemas pueden transmitir en ambos sentidos pero no de manera simultánea, ambos extremos del sistema de comunicación cumplen con funciones de transmisor y receptor. Ejemplo de este tipo de comunicación se utiliza en la interacción entre terminales y un computador central. [15] Como está representado en la figura 10.

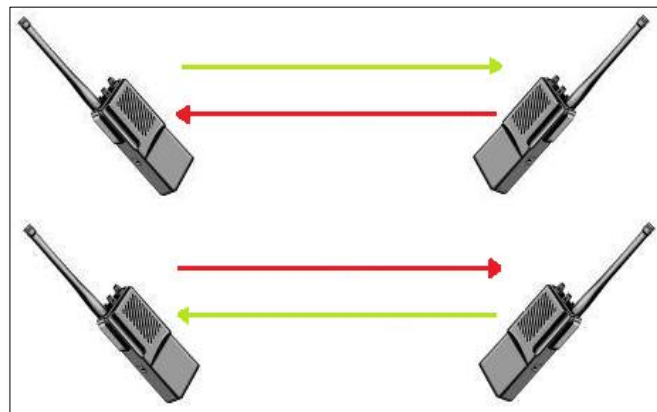


Figura 10: Comunicación Semidúplex.

Fuente: Investigadora. Basado en: [17]

Full Dúplex

Los sistemas con comunicación Full Dúplex permiten la comunicación simultánea de transmisión y recepción. Los extremos del sistema poseen diferentes frecuencias o dos caminos de comunicación separados. [15] Como se representa en la figura 11.



Figura 11: Comunicación Full Dúplex.

Fuente: Investigadora. Basado en: [17]

2.2.3 Comunicaciones Inalámbricas

Las comunicaciones inalámbricas son aquellas que prescinden de cables y usan el aire como medio de transmisión; los sistemas inalámbricos proporcionan un soporte reducido a la movilidad por lo tanto se los considera complemento a los sistemas móviles. [18]

Este sistema transmite datos mediante ondas electromagnéticas. Las cuales no necesitan de un material para su propagación, un claro ejemplo de esto es la luz visible. Las ondas electromagnéticas se producen con una oscilación de campos eléctricos y magnéticos. [19]

Propagación de ondas electromagnéticas

La propagación de ondas electromagnéticas en la atmosfera terrestre, se entiende también como propagación en el espacio libre a pesar de que en el vacío no existan pérdidas de la señal. Las ondas se propagan en el vacío a una velocidad de 3000000 km/s, bastante alta pero no infinita. [19]

Modos de propagación de ondas

Las ondas electromagnéticas tienen diversos modos de propagación, a continuación se detalla cada uno.

Propagación directa

La propagación directa es aquella en la que las ondas se transmiten desde una antena a otra receptora, la onda emitida alcanza la antena en línea recta y sin desviación, las ondas, sin embargo, pueden sufrir reflexiones y/o refracciones por causa de la topografía y variaciones físicas de la atmósfera. Para la transmisión frecuentemente la recepción se consigue gracias a trayectoria múltiple. [15] En la figura 12 se muestra un esquema de propagación directa.



Figura 12: Propagación directa [7]

Propagación por Reflexión

La propagación por reflexión se obtiene cuando una onda incide en una superficie reflectante. Es un tipo de propagación indeseada porque, la antena receptora recibe señales procedentes de varios puntos con lo que llegan dos o más señales iguales y desfasadas en el tiempo. Para evitar esto, las antenas receptoras y transmisoras deben estar correctamente direccionadas. [7] En la figura 13 se observa la propagación por reflexión.



Figura 13: Propagación por Reflexión. [7]

Propagación por difracción

La propagación por difracción es aquella en la que se permite a la onda rodear el obstáculo y emitir ondas derivadas en todas las direcciones, gracias a las propiedades ondulatorias de la materia. [15] Como se indica en la figura 14.

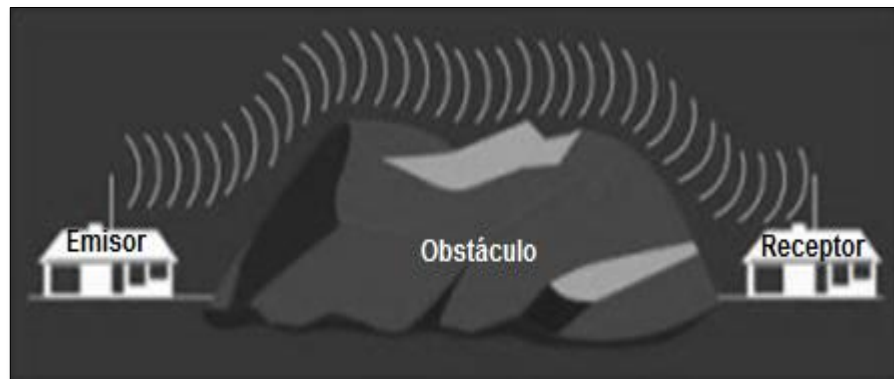


Figura 14: Propagación por Difracción. [7]

Propagación por refracción

La propagación por refracción se produce cuando la onda incide oblicuamente sobre la superficie de separación de dos materiales, es decir se produce un cambio de velocidad en la onda. Mediante este tipo de propagación es posible lograr emisiones lejanas, que no se alcanzan con propagación directa. [15] En la figura 15 se ilustra la propagación por refracción.

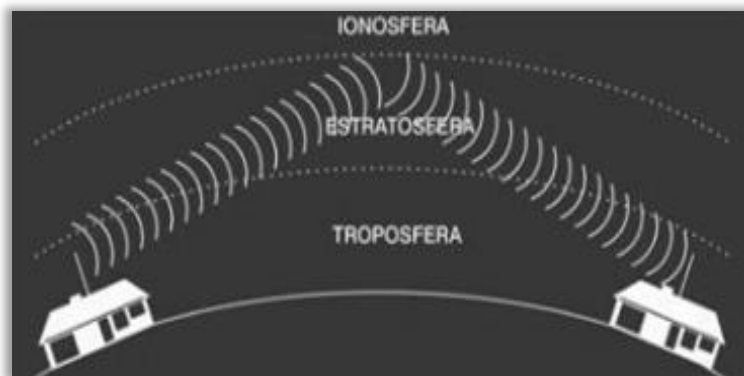


Figura 15: Propagación por refracción. [7]

2.2.4 Radio Enlaces

Un radio enlace es la interconexión de los equipos de transmisión y recepción capaz de transmitir la información de un lugar a otro mediante ondas electromagnéticas. Típicamente los radio enlaces están entre los 800MHz y 42GHz. En la figura 16 se puede observar el esquema de un radioenlace. Los enlaces de comunicación son de tipo dúplex, donde se deben transmitir dos portadoras moduladas: una de transmisión y otra de recepción, este par de frecuencias se denomina como radio canal. [20] La figura 16 muestra un esquema de radio enlace.

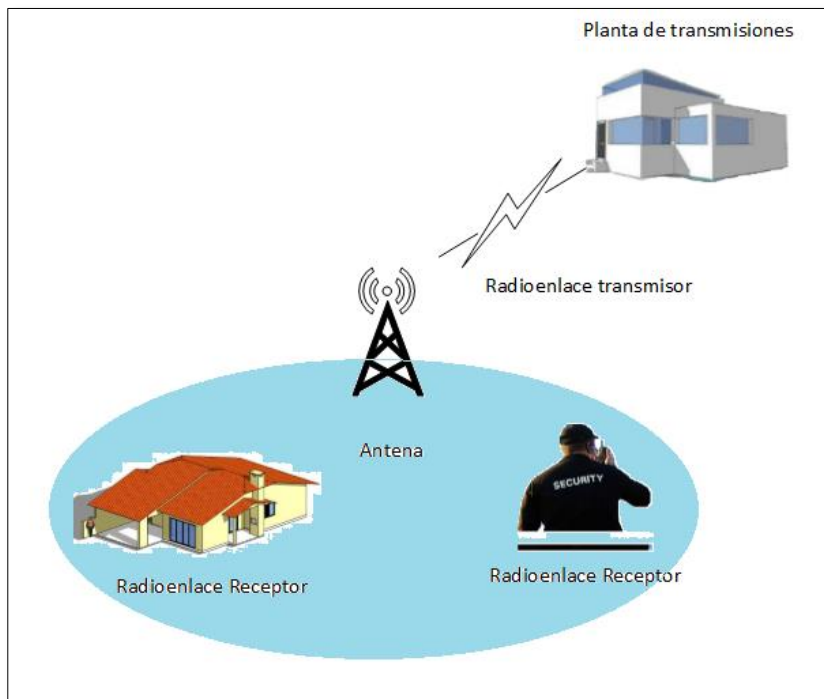


Figura 16: Radioenlaces.

Fuente: Investigadora.

Las ondas de radio son fáciles de generar, en una antena isotrópica son omnidireccionales; por lo tanto no es necesario que el transmisor y el receptor estén alineados físicamente, asimismo pueden ser configuradas en modo direccional para transmitir información entre dos puntos distantes. Las ondas electromagnéticas pueden viajar grandes distancias y atravesar obstáculos pequeños como: paredes, árboles, casas, edificios, etc. Por eso su uso es popular para comunicaciones internas y externas. [21]

Enlaces de microondas

Las microondas son ondas electromagnéticas cuyas frecuencias van desde los 500 MHz hasta los 300 GHz o más. El medio de transmisión es el aire y pueden direccionarse múltiples canales a múltiples estaciones dentro de un enlace. [20] En la figura 17 se observa un esquema de enlace microondas.

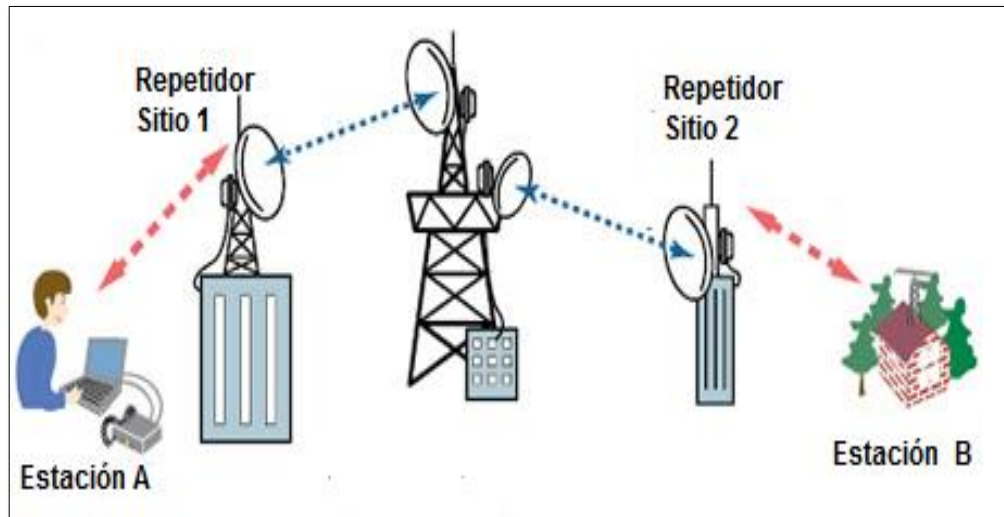


Figura 17: Esquema de enlaces microondas para la transmisión de información de la estación A a la estación B. [22]

Microondas Terrestres

Los sistemas de microondas terrestres son radioenlaces que conectan dos sitios (estaciones terrestres) mediante línea de vista con equipos de radio con frecuencia portadora mayor a 1GHz. La señal puede ser analógica o digital. [20]

Microondas Satelitales

Los sistemas de microondas satelitales establecen un satélite como repetidor. Un transponder recibe la señal de un transmisor, la amplifica y la retransmite hacia la tierra a una frecuencia diferente. Los satélites se ubican en la órbita geostacionaria y se puede cubrir toda la Tierra con 3 satélites separados 120° . [20] En la figura 18 se observa un esquema de la cobertura de un satélite que cubre una parte de la Tierra.

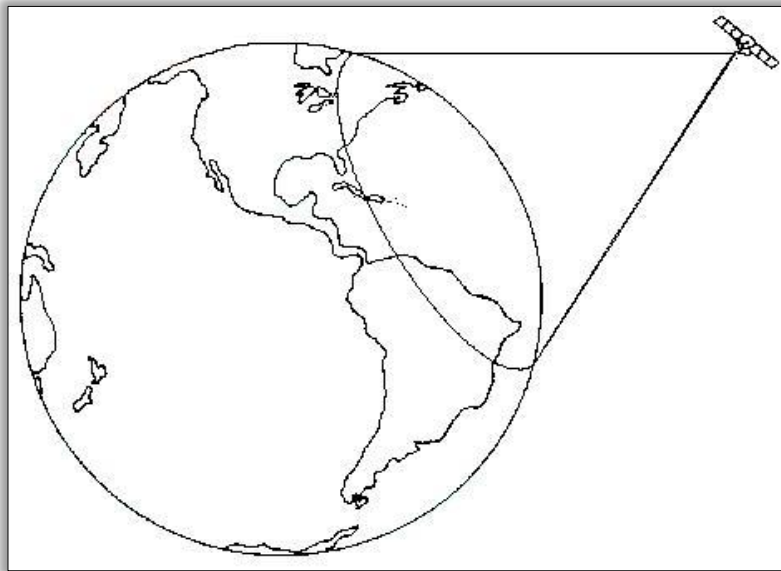


Figura 18: Enlace Microondas Satelital. [20]

Guía de Onda

Una guía de onda es una estructura física que guía a una onda electromagnética. Está formada por materiales dieléctricos o conductores que reflejan energía electromagnética de la superficie. En una guía de onda, la conducción de energía no ocurre en las paredes de la guía de onda sino a través del dieléctrico dentro de la guía de onda. La energía electromagnética se propaga a lo largo de la guía de onda reflejándose hacia un lado y otro en forma de “zig-zag”. El ancho de banda es extremadamente grande y se usan cuando se requieren bajas pérdidas de señal con condiciones de alta potencia. [23]

Espectro radioeléctrico

La asignación de frecuencias para diferentes usos esta normado por la Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT.

Las bandas VHF, LF y MF las ondas de radio siguen la curvatura de la Tierra y se pueden detectar a 1000Km aproximadamente en las frecuencias más bajas, y a menos en frecuencias más altas. En las bandas HF y VHF, las ondas a nivel del suelo pueden ser absorbidas por la tierra. En cambio, las ondas que alcanzan la ionósfera se refractan y se envían de regreso al planeta. [21]

Tabla 4: Bandas de espectro radioeléctrico [15]

Nombre	Abr.	Frecuencias	Longitud de onda
		Inferior a 3Hz	>100.000 km
Extra Baja Frecuencia	ELF	3 -30 Hz	1000.000 – 10.000 Km
Súper Baja Frecuencia	SLF	30 -300 Hz	10.000 – 1000 Km
Ultra Baja Frecuencia	ULF	300 -3000 Hz	1000 – 100 Km
Muy Baja Frecuencia	VLF	3 -30 KHz	100 – 10 Km
Baja Frecuencia	LF	30 -300 KHz	10 – 1 Km
Media Frecuencia	MF	300 -3000 KHz	1Km – 100 m
Alta Frecuencia	HF	3 -30 MHz	100 – 10 m
Muy Alta Frecuencia	VHF	30 -300 MHz	10 – 1 m
Ultra Alta Frecuencia	UHF	300 -3000 MHz	1m – 100 mm
Súper Alta Frecuencia	SHF	3 -30 GHz	100 – 10 mm
Extra Alta Frecuencia	EHF	30 -300 GHz	10 – 1 mm
		Por encima de los 300 GHZ	< 1mm

La Tabla 4 muestra las frecuencias del espectro radioeléctrico, denominación y longitud de onda. La figura 19 ilustra las frecuencias dentro del espectro radioeléctrico.

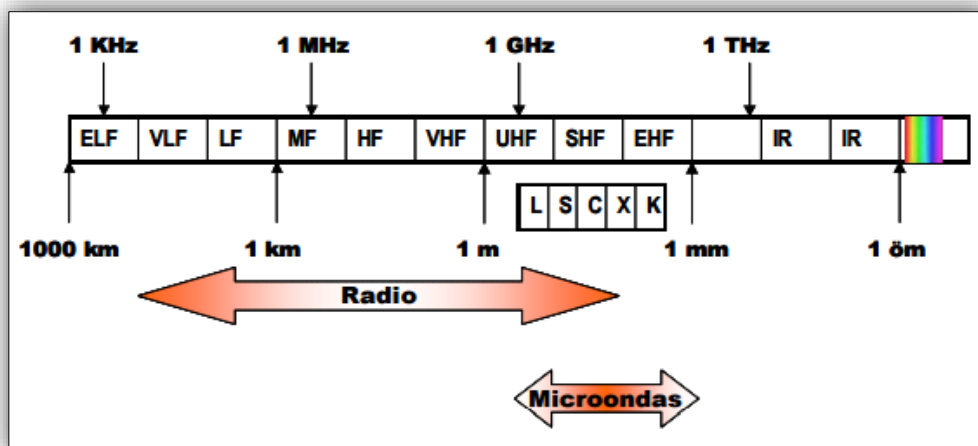


Figura 19: Denominación de las bandas de frecuencia. [24]

Canal De Radio

Se llama canal de radio a las frecuencias usadas para transmisión y recepción, es decir un canal de radio es el par de frecuencias para el intercambio de la información.

Ganancia

Ganancia es la amplificación de una señal. Expresa la relación entre amplitud de una [25] señal de salida con respecto a la señal de entrada.

Pérdidas de señal en el espacio libre

Al considerar el espacio libre como vacío no existen pérdidas, sin embargo debido a la distancia de propagación de una onda la intensidad de la potencia se reduce, este fenómeno se conoce como atenuación Además puede producirse la absorción de una onda debido a las condiciones de la atmósfera. Cuando las ondas electromagnéticas que se propagan en la atmosfera terrestre se dispersan y transfiere su energía a los átomos y moléculas atmosféricos. [8], [7]

$$L = 32.4 + 20\log(d[\text{km}]) + 20\log(f[\text{MHz}])$$

En donde:

d= distancia en kilómetros

f= frecuencia en MHz

L= pérdida de señal en espacio libre

2.2.5 Radiodifusión

La radiodifusión es el conjunto de procedimientos o instalaciones destinadas a la transmisión de información a distancia mediante la modulación de frecuencia o amplitud. La primera emisión de radiodifusión del mundo se transmitió en 1906; en la década de 1920 la radiodifusión se expandió gracias a las propiedades de propagación de larga distancia de ondas cortas y la evolución de la tecnología en la Primera Guerra Mundial.

Hoy en día AM (amplitud modulada) sigue siendo utilizado en radios bidireccionales portátiles, radios de ondas métricas en las aeronaves y difusión sonora por ondas medias. Después de la Segunda Guerra Mundial la digitalización mejoro la radiodifusión dando paso a la modulación de frecuencia (FM) con un audio de mejor calidad, fidelidad en la transmisión y variedad de servicios interactivos para los usuarios [26].

Los sistemas digitales aparecen como una migración de sistemas analógicos, el enlace digital logra una comunicación de cientos de canales de voz, video y datos con características como la tolerancia al ruido, procesamiento de señal más sencillo por la aplicación de modulaciones distintas como modulación por desplazamiento de fase [27].

2.2.6 Estaciones de Radio

Una estación de radio es el conjunto de equipos radiocomunicaciones instalados en un lugar determinado que incluye transmisores, receptores (o una combinación de ambos) e instalaciones accesorias que aseguren un servicio de radiocomunicaciones, [28]

Tipos de estaciones de radio [29]

Estación fija.- Una estación fija es aquella estación que permanece en un mismo lugar de acuerdo lineamientos del organismo de control de comunicaciones.

Estación móvil.- Una estación móvil es la estación que se encuentra en constante movimiento, pudiendo ubicarse en algún medio terrestre, marítimo, fluvial o aéreo.

Estación portátil.- Una estación portátil es un estación que es asignada a un usuario y puede ser llevada de un lugar a otro, son usadas por quienes deben realizar recorridos y deben mantener un contacto permanente con el equipo base u otros usuarios del sistema.

Banda marina.- La banda marina está conformada por equipos que operan con frecuencias asignadas según normas internacionales que son especialmente fabricados para uso marino y costero. Las frecuencias son comunitarias y pueden tener acceso toda persona o empresa que requiera. Su uso no está bajo las normas de un organismo de control de comunicaciones.

Los componentes de una estación de radio son:

- a) Radiotransmisor
- b) Antena
- c) Fuente de alimentación

a) Radiotransmisor

Un transmisor de radio toma la información que va a comunicarse y la convierte en una señal electrónica compatible con el medio de comunicaciones. [30]

b) Antena

Una antena es un dispositivo metálico capaz de radiar y recibir ondas electromagnéticas del espacio. Su función es adaptar los campos electromagnéticos entre distintos medios de conducción, una antena es una interface entre el espacio libre y la línea de transmisión. Se compone por un trozo de material conductor al cual se le aplica una señal y la misma que es radiada en una dirección y reducida o anulada en otras posibles direcciones, propagándose a través del espacio libre. Así se constituyen como una de las principales alternativas para transmitir datos a largas distancias. [31]

Las antenas son usadas para realizar enlaces punto a punto, difundir señales de radio, o bien transmitir o recibir señales en equipos portátiles. [24]

Tipos de antenas

Por su forma

- a) Antena Lineal: Una antena lineal es una antenas construidas con hilos conductores eléctricamente delgados, por lo que las corrientes fluyen longitudinalmente sobre la superficie del hilo; como ejemplo de éstas se pueden mencionar los dipolos, monopolos, espiras, helicoides. Las antenas lineales de un solo elemento tiene baja directividad y sus haces principales apuntan direcciones fijas, por lo que se puede disponer de arreglos de antenas llamados sistemas de antenas. En la figura 20 se muestran distintas formas de arreglo de las antenas lineales.

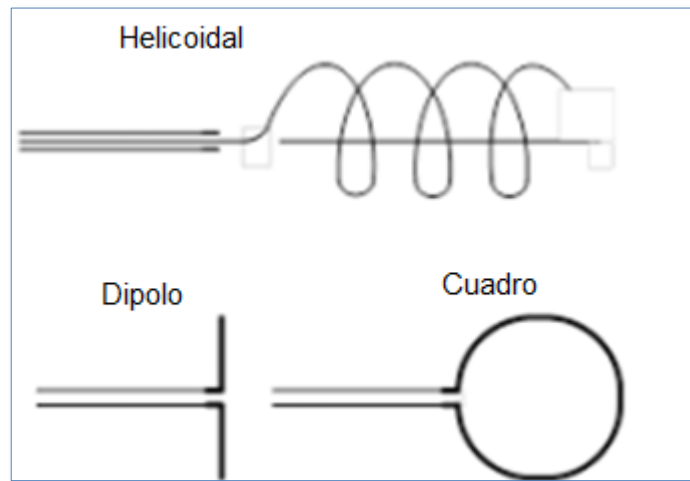


Figura 20: Antenas Lineales [32]

- b) Antena de apertura: Una antena de apertura está formada por chapas de metal de forma cónica, en la que el área de la sección se incrementa hasta un extremo abierto que se comporta como una apertura, para que logre diferentes ángulos respecto al vértice y al eje del cono tanto en el plano vertical como en el plano horizontal. Son parte de estas bocinas, ranuras y antenas microstrip. La antena de microstrip se ilustra en la figura 21 y una antena bocina piramidal se muestra en la figura 22.

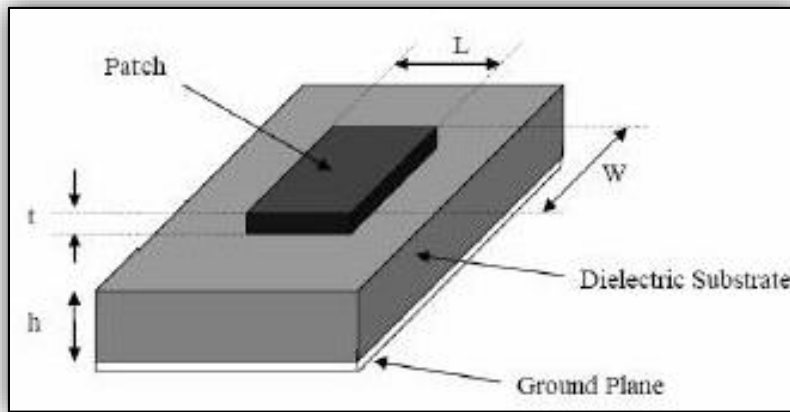


Figura 21: Antena Microstrip. [33]

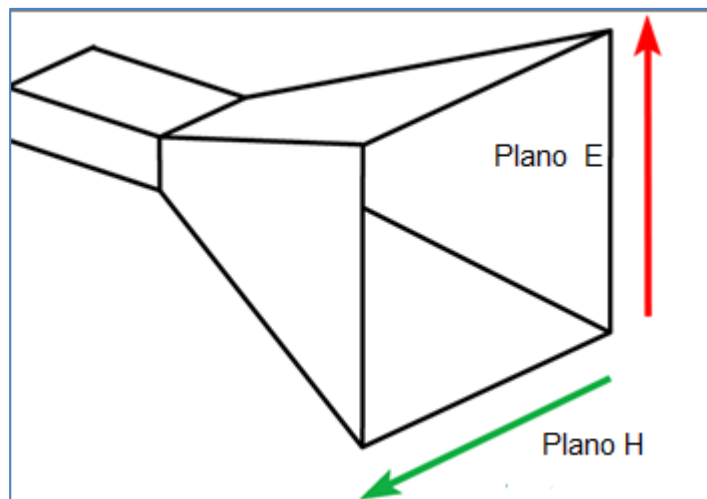


Figura 22: Antenas Bocina Piramidal. [34]

- c) Antenas con reflectores: Una antena con reflector coloca elementos adicionales a la antena para modificar su direccionalidad. Un ejemplo lo constituye el reflector parabólico donde la antena se coloca en el foco de la parábola y de esta manera solo hay radiación en una sola dirección. [34] La figura 23 muestra una antena parabólica de foco primario.



Figura 23: Antena parabólica de foco primario [25]

- d) Agrupamiento o Arrays de antenas: El agrupamiento de antenas es una matriz de antenas idénticas las cuales trabajan en conjunto como una única antena con un diagrama de radiación propio, determinada direccionalidad y efectividad controlando las fases de las ondas de cada antena pudiéndose adaptar a distintas aplicaciones. La figura 24 muestra un array de antenas.



Figura 24: Antena array. [25]

- e) Antenas de lentes: Una antena de lentes puede convertir varias formas de energía divergente en ondas planas dependiendo de la cantidad de lentes y su

composición. El lente que forma tiene como objetivo conformar la radiación de una determinada forma. La figura 25 muestra una antena de lentes.

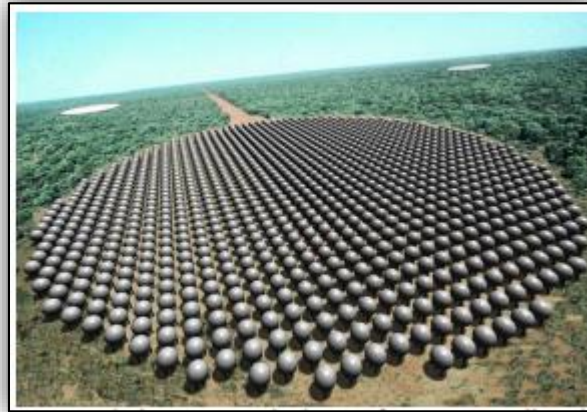


Figura 25: Antenas de lentes [32]

- f) Antena de dipolo doblado: El dipolo doblado es una estructura que se forma con dos dipolos paralelos cortocircuitados en sus extremos en forma de bucle, con alimentación central. Como muestra en la figura 26 en dónde el ancho del dipolo doblado es más pequeña que la longitud. [35]

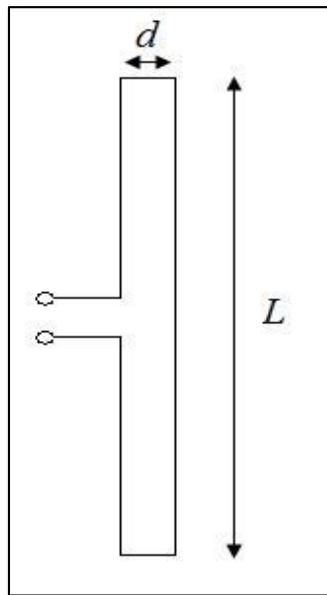


Figura 26: Dipolo Plegado de longitud L [36]

El dipolo doblado puede descomponerse en el modo par o modo impar. El modo par tiene la misma alimentación en los brazos; el modo impar tiene dos fuentes con signos opuestos. [24] En la figura 27 se ilustra un dipolo par y un dipolo impar.

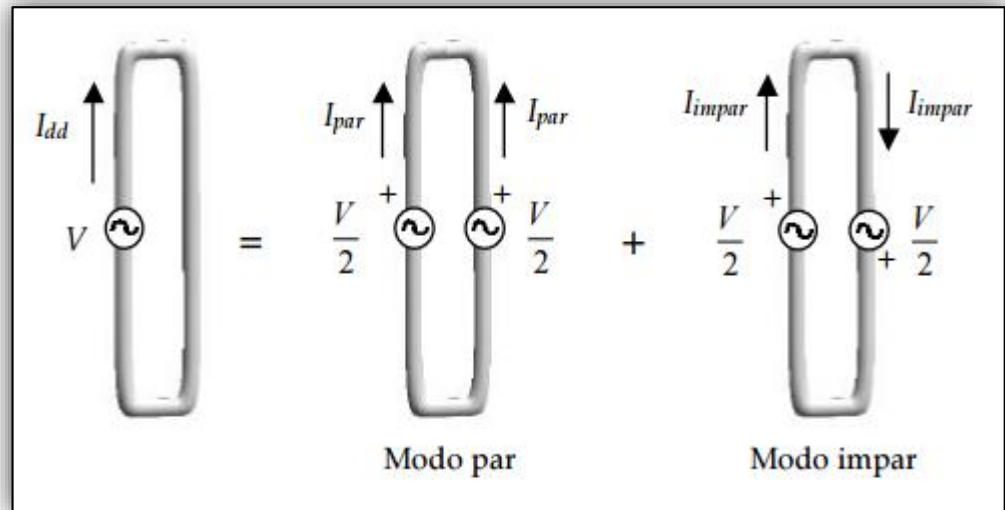


Figura 27: Dipolo par y dipolo impar [24]

Un dipolo doblado, equivale a un dipolo simple con un valor de corriente doble y una impedancia de 4 veces mayor. En la figura 28 se muestra la comparación entre antena de dipolo doblado y dipolo simple. Donde λ representa la longitud de onda.

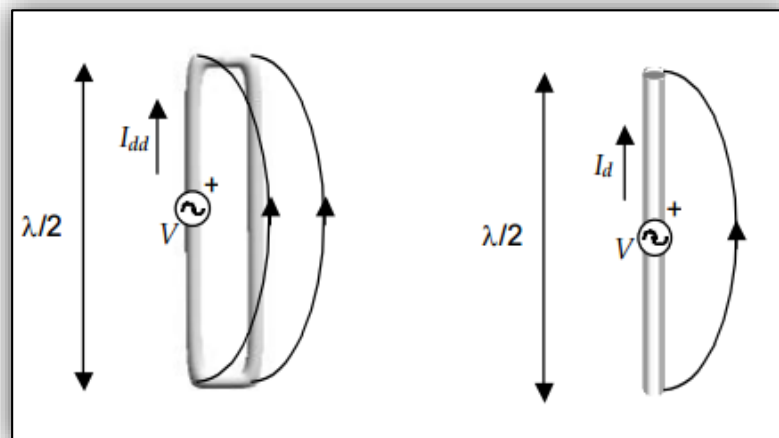


Figura 28: Dipolo doblado y dipolo simple. [24]

Parámetros de una antena

Directividad

“La directividad es la propiedad de la antena para transmitir o recibir energía irradiada en una dirección particular representada por la relación entre la densidad de potencia radiada en una dirección, a una distancia, y la densidad de potencia que radiaría a esta misma distancia una antena isotrópica que radiase la misma potencia que la antena transmisora.” [32] La figura 29 ilustra la fórmula de directividad y la radiación de una antena isotrópica.

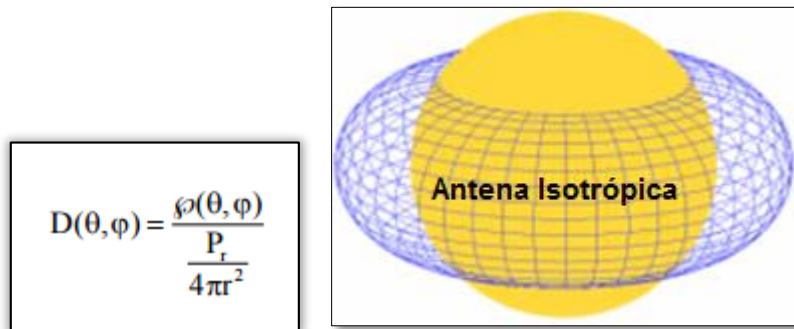


Figura 29: Directividad y radiación isotrópica. [32]

La antena recibe o transmite energía en una dirección particular y disminuye la potencia de radiación para otras direcciones, por lo tanto, la directividad describe propiedades de direccionalidad de la antena y depende solamente del patrón de radiación. En el caso particular que involucre una estación móvil, donde no se puede predecir donde se encuentra, la antena deberá radiar en todas las direcciones del plano horizontal y para ello se utiliza una antena omnidireccional. [34]

Ganancia

La ganancia es un número adimensional expresado por la relación de dos medidas iguales, que indica la concentración de energía radiada en una dirección particular. La ganancia de una antena se expresa tomando como referencia la energía radiada de una antena estándar como la isotrópica que radia en todas las direcciones con la misma intensidad.

De acuerdo a la definición la ganancia “es la razón de la intensidad de radiación de intensidad que sería obtenida si la potencia aceptada por la antena fuera radiada de manera isotrópica” [37]

Las antenas con ganancia alta tienen un ancho de recepción estrecho y menos oportunidad de recibir interferencia, las antenas con baja ganancia tiene un amplio haz de recepción lo que lo hace más susceptible a recibir interferencias.

$$G = 4\pi \frac{\text{intensidad de radiación}}{\text{potencia total de entrada (aceptada)}} = 4\pi \frac{U(\theta, \varphi)}{P_{in}}$$

Diagrama de radiación o patrón de radiación

El patrón de radiación es una gráfica representativa de la manera en que la energía electromagnética se distribuye en el espacio vista desde el exterior de esta; se representa mediante dos tipos de vistas: patrón de elevación y patrón de azimuth, que conjuntas comprenden una gráfica tridimensional completa de la energía de la antena. El patrón de elevación es la gráfica de la energía radiada por la antena vista de perfil. El patrón de azimuth es la gráfica de la energía radiada vista directamente desde arriba representado en la figura 30.

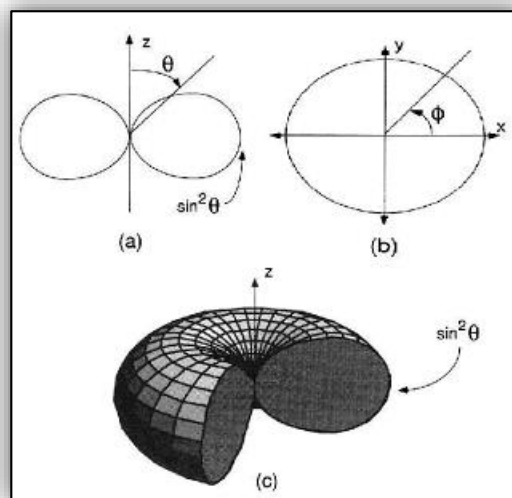


Figura 30: a) Patrón de elevación de un dipolo genérico b) Patrón de azimuth de un dipolo genérico c) Patrón de radiación en 3D [38]

Diagramas Tridimensionales

Este diagrama permite la representación del campo eléctrico magnético o la densidad de la potencia radiada, representado en la figura 31. Sin embargo, la representación tridimensional puede resultar complicada por lo que se prefieren los diagramas en coordenadas polares o cartesianas que corresponden a representaciones de cortes del diagrama en 3D las cuales se presentan en la figura 32.

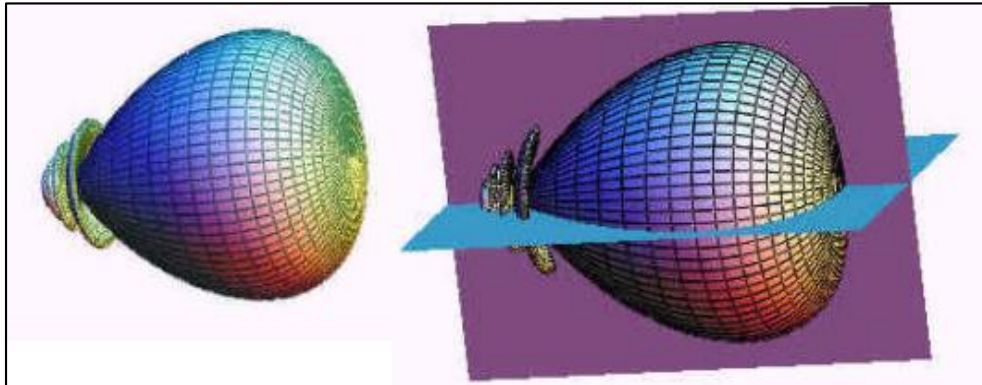


Figura 31: Diagrama tridimensional y corte con planos. [24]

Diagramas Bidimensionales

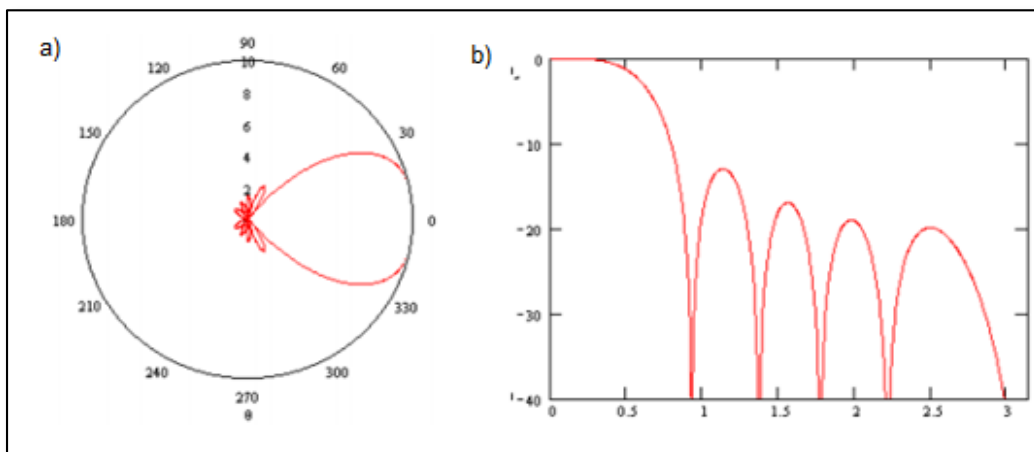


Figura 32: a) Corte en coordenadas polares. b) Coordenadas cartesianas y escala logarítmica. [24]

Los parámetros más importantes del diagrama de radiación se representan en la tabla 5:

Tabla 5: Parámetros principales del diagrama de radiación. [39]

Dirección de apuntamiento	• Es la de máxima radiación: directividad y ganancia
Lóbulo Principal	• Es el margen angular en torno a la dirección de máxima radiación
Lóbulo Secundario	• Son el resto de máximos relativos, de valor inferior al principal.
Ancho de Haz	• Es la dirección en la que la potencia radiada se reduce a la mitad.
Relación de lóbulo principal a secundario (SLL)	• Es el cociente en dB entre el valor máximo del lóbulo principal y el valor máximo del lóbulo secundario.
Relación delante-atrás (FBR)	• Es el cociente en dB entre el valor de máxima radiación y el de la misma dirección y sentido opuesto.

Niveles del Lóbulo:

- La viga principal es la región alrededor de la dirección de máxima radiación.
- Los lóbulos laterales son radiaciones en direcciones no deseadas que no son eliminadas totalmente.
- El ancho del haz es la separación angular en la que la magnitud del diagrama de radiación disminuye a la mitad.
- Null ancho del haz es la separación angular que se reduce a cero.

Los niveles del lóbulo se muestran en la figura 33.

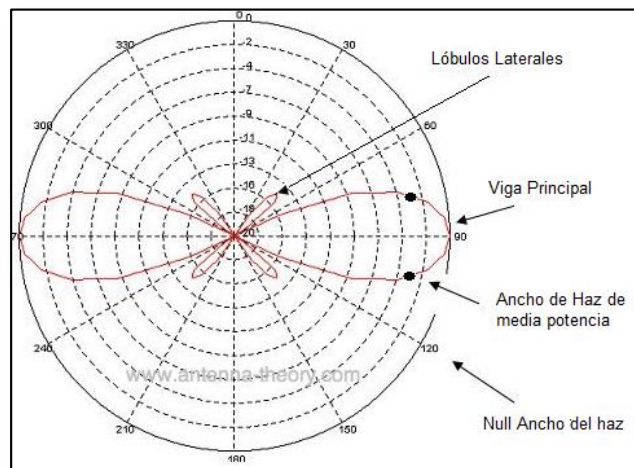


Figura 33: Niveles del Lóbulo. [40]

Ancho del haz:

El ancho del haz es un parámetro de radiación que se entiende como el intervalo angular en el que la potencia radiada es igual a la mitad de la potencia máxima, se define a -3dB. “Suponiendo que la mayoría de la potencia radiada no se disperse en lóbulos laterales, entonces la ganancia directiva es inversamente proporcional al ancho del haz: cuando el ancho del haz decrece, la ganancia directiva se incrementa.”

[34] En la figura 34 se presenta el diagrama especial de radiación.

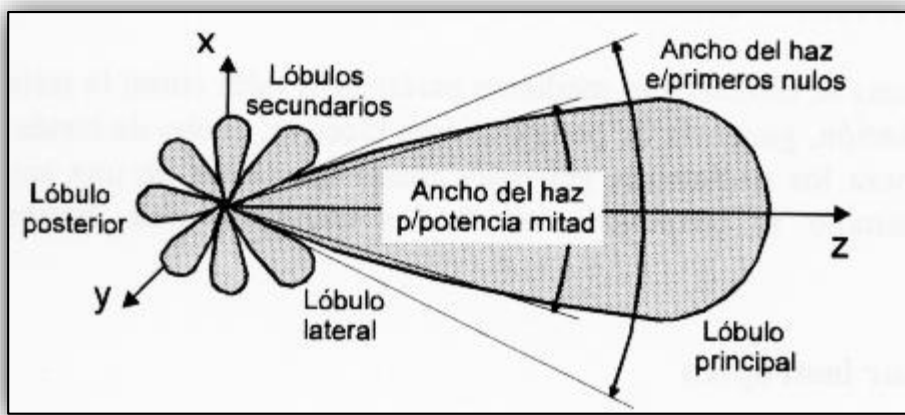


Figura 34: Diagrama espacial de radiación. [40]

Impedancia de entrada:

La impedancia de entrada corresponde a la tensión de la corriente en la entrada de la antena. Se define como la relación entre la tensión y la corriente presente en el puerto de entrada. La impedancia de una antena Z_{antena} , tiene una parte real $R_{antena}(\omega)$, llamada resistencia de la antena y otra imaginaria $X_{antena}(\omega)$, llamada reactancia de la antena; ambas dependen de la frecuencia. Una antena es resonante a una frecuencia f_0 si la parte imaginaria de la impedancia de entrada en f_0 es cero.

$$Z_{antena} = R_{antena}(\omega) + j X_{antena}(\omega) \quad [1]$$

La parte real se puede descomponer en la resistencia de radiación de la antena y la resistencia de las pérdidas óhmicas.

$$R_{antena}(\omega) = R_r + R_L \quad [2]$$

Por tanto:

$$Z_{\text{antena}} = R_r + R_L + j X_{\text{antena}}(\omega) \quad [3]$$

La descomposición permite obtener la potencia radiada por la antena que es la resistencia en la que se disipa la potencia en el espacio. Y la potencia disipada en forma de calor a causa de las pérdidas en el material, conductor o dieléctrico de la antena.

$$P_R = \frac{1}{2} |I_0|^2 R_r \quad [4]$$

$$P_L = \frac{1}{2} |I_0|^2 R_L \quad [5]$$

Eficiencia de radiación de la antena

“La eficiencia se puede definir como la relación entre la potencia radiada por una antena y a potencia entregada a la misma. La eficiencia es un número comprendido entre 0 y 1.” [24]

$$\eta_{\text{rad}} = \frac{P_{\text{rad}}}{P_{\text{in}}} \quad [6]$$

Polarización

La polarización de una antena es la variación temporal de la onda radiada por dicha antena en una determinada dirección.

La polarización se representa por una serie de casos particulares, como una figura geométrica determinada por el extremo del vector que representa el campo eléctrico en función del tiempo, para ondas con variación sinusoidal dicha figura es una elipse. [24]

Polarización lineal: El vector de campo eléctrico se mueve formando un segmento. Puede ser horizontal o vertical. [25]

Polarización circular: El vector de campo eléctrico rota con movimiento circular en la dirección de propagación, haciendo una vuelta completa por cada ciclo de RF. Dependiendo del sentido de giro, puede ser circular hacia la derecha o a izquierda.

En la figura 35 se puede observar la polarización lineal, circular y elíptica.

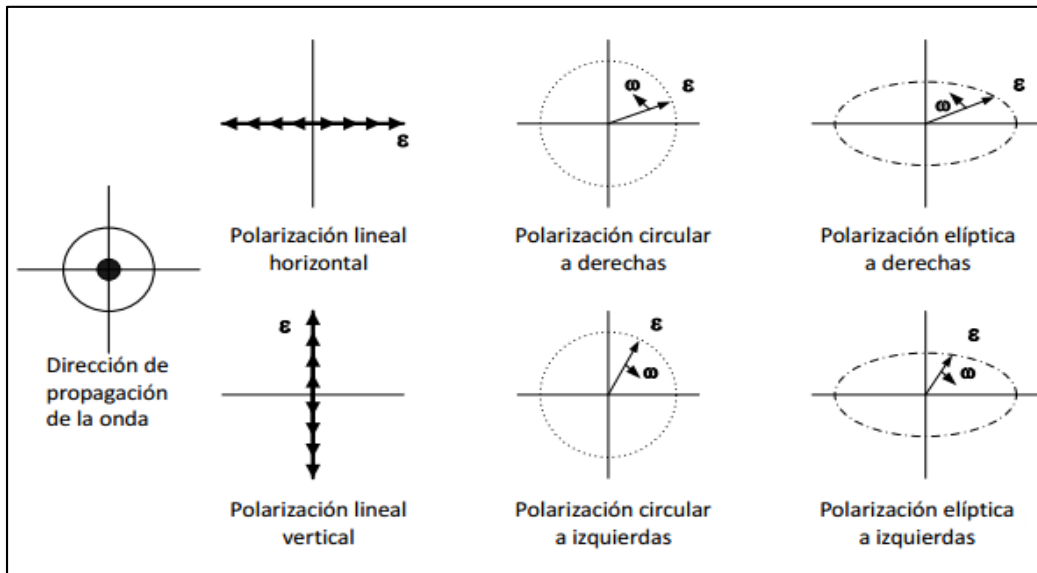


Figura 35: Polarización Lineal, Circular y Elíptica. [32]

Campos de inducción y campos de radiación

Las antenas, en su zona próxima generan un campo electromagnético que no tiene las características de una onda TEM. Por lo tanto no prácticamente energía de radiación y esta zona se la llama zona de inducción, donde la intensidad de los campos es una función inversa del cuadrado de la distancia. Además los campos eléctricos y magnéticos en esta zona son independientes y pueden existir por separado. [41]

Otra zona llamada lejana o de radiación está situada a unas pocas longitudes de onda de la antena; y en esta zona los campos son básicamente una onda TEM, la constituyen los campos de radiación donde se manifiesta la energía de radiación de la antena. La intensidad de los campos radiados es una función inversa de la distancia.

Ancho de Banda

El ancho de banda de una antena se refiere a cierto rango de frecuencias para el cual la antena funciona correctamente, es decir cuando la antena se ajusta a las características deseadas en intensidad de potencia, potencia radiada, coeficiente de reflexión, coeficiente de transmisión, directividad, etc. “Mientras mayor es el rango

de frecuencia que abarca una banda, mayor debe ser el ancho de banda de la antena.”
[42]

El porcentaje de ancho de banda está definido por:

$$BW = \frac{f_{max} - f_{min}}{f_o} * 100$$

f_o es la frecuencia central del rango de frecuencias de trabajo, delimitado por la frecuencia máxima y la frecuencia mínima.

$$f_o = \frac{f_{max} + f_{min}}{2}$$

Intensidad de Campo

“La magnitud de la energía en la componente eléctrica y en la magnética es exactamente la misma. La variación de una componente resulta en la formación de la otra. Si ambas componentes tienen la misma energía, la determinación de una componente dará el valor de la otra. Se ha acordado expresar la intensidad de campo en términos de su componente eléctrica, es decir, en unidades de Volts/metro.” [34]

$$E = \frac{\sqrt{30DP}}{d}$$

En donde:

d= distancia

D= Ganancia de la antena respecto a una antena isotrópica

P=Potencia radiada de la antena transmisora Watts

Margen de desvanecimiento

Se refiere a la pérdida adicional que se considera en la transmisión y se considera las pérdidas intermitentes en la intensidad de la señal debido a condiciones meteorológicas, como lluvia, nieve, trayectos múltiples de transmisión y superficie irregular de la Tierra que afectan a la propagación de las ondas electromagnéticas. Este parámetro se incluye para mostrar las condiciones no ideales de la propagación de ondas. [43]

$$F_m = 30 \log d + 10 \log (6 * A * B * f) - 10 \log (1 - R) - 70$$

Donde:

F_m = Margen de desvanecimiento [dB]

$1 - R = 0.00001$ (objeto de confiabilidad del enlace)

d = Distancia del transmisor al objetivo [Km]

A = Factor de rugosidad

4 si el terreno es plano o agua

1 para un terreno promedio

0.25 para un terreno rugoso

B = Factor climático

0.5 zonas calientes y húmedas

0.25 zonas intermedias

0.125 para áreas montañosas y muy secas

f = frecuencia [GHz]

Umbral de recepción

El Umbral de recepción es un valor de referencia de la potencia que tiene el equipo receptor. Es decir es la cantidad mínima de señal que debe estar presente para ser registrada por el receptor. [43]

Sensibilidad

Es el nivel mínimo de señal de radio frecuencia que puede detectarse en la entrada del receptor. Es el valor mínimo de potencia necesario para decodificar bits lógicos y alcanzar cierta tasa de bits. Mientras más baja es la sensibilidad mejor es la recepción del radio microondas. [43] En la tabla 6 se presentan las características de las antenas de acuerdo a los parámetros de instalación.

Tabla 6: Características de las antenas de acuerdo a los parámetros de instalación. [38]

	Patrón de Radiación	Ganancia	Directividad	Polarización
Dipolo	Amplio	Baja	Baja	Lineal
Dipolo Multi-Elemento	Amplio	Baja/Media	Baja	Lineal
Panel Plano (Flat Panel)	Amplio	Media	Media/Alta	Lineal/Circular
Plato Parabólico	Amplio	Alta	Alta	Lineal/Circular
Yagi	Endfire	Media/Alta	Media/Alta	Lineal
Ranura	Amplio	Baja/Media	Baja/Media	Lineal
MicroStrip	Enfire	Media	Media	Lineal

2.2.7 Voz sobre IP

La tecnología de VOIP (Voice over IP) es aquella que se refiere a las comunicaciones de voz y video mediante Internet en lugar de la telefonía por conmutación de circuitos. [44]

Radio sobre IP

Un sistema de radio sobre IP (RoIP) es la integración de radios convencionales con telefonía IP, convencional y telefonía móvil; su configuración hace posible que los radios sean vistos por el servidor IP como extensiones del sistema. El protocolo para el uso de un sistema basado en RoIP permite conectar un aparato móvil terrestre en cierto lugar a otro geográficamente distante gracias a la capacidad de comunicación de Internet. VoIP guarda similitud con RoIP, pero aumenta la radio de dos vías de comunicación en lugar de las llamadas telefónicas. En la figura 36 se muestra la interoperabilidad del protocolo RoIP con otras tecnologías.

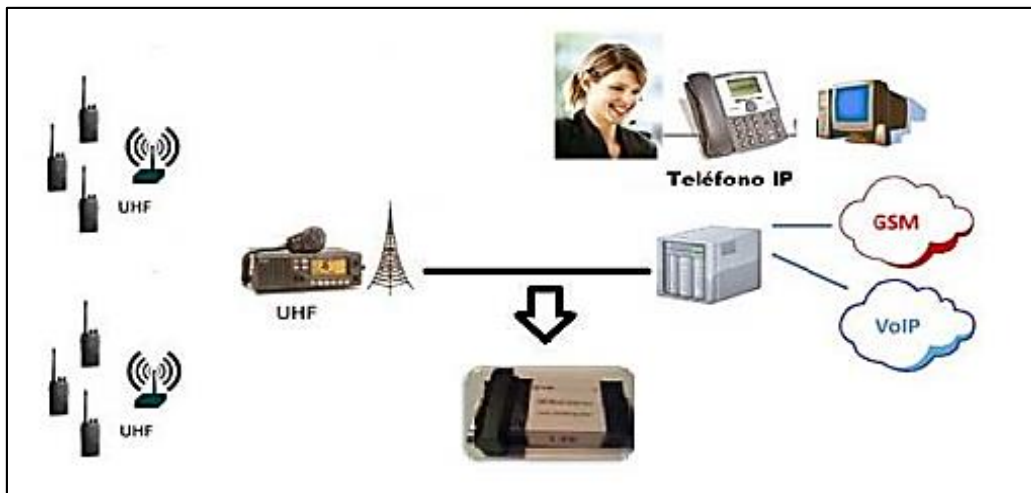


Figura 36: RoIP – Interoperabilidad de RoIP con otras tecnologías. [45]

Las características para el uso de RoIP incluyen la capacidad de abarcar grandes áreas geográficas distantes y de una manera más económica proporcionando fiabilidad debido al uso extendido de Internet y además admite las comunicaciones de voz de los usuarios fijos en lugar de móviles o portátiles. [45]

Un sistema de RoIP se compone de una emisora VHF o UHF, un servidor telefónico o central IP, y un Gateway o adaptador que permita integrar ambas tecnologías. Con esta configuración se consigue que los radios sean visibles por el Servidor IP como si fuesen extensiones del sistema, así la comunicación es posible con otras extensiones configuradas en la red telefónica IP [46]

Las comunicaciones tradicionales se han basado en equipos de microondas relativamente frágiles y costosos, por lo que operar una red de radio con la adopción de la tecnología IP reduce el costo operativo.

Estándar de Radio sobre IP (RoIP)

“Radio (control) sobre Protocolo de Internet utiliza las técnicas estándar de VoIP para transferir audio analógico utilizado por los sistemas de Land Mobile Radio, de forma digital o analógica a través de Internet” [45].

Funcionamiento de RoIP

El tráfico de voz de un sistema de radio convierte en datos IP que se envía a través de Internet o una WAN/LAN privada a un servidor. Cada dispositivo crea su propia identificación segura, manejable para el servidor en el que está registrado con el administrador del servidor después de completar los procedimientos de autorización de seguridad [45]. En la figura 37 se puede observar el diagrama general de RoIP.

La figura 38 se muestra el diagrama de bloques de un sistema RoIP que consiste en la entrada de audio y la señalización asociada que ingresa en la unidad interfaz RoIP, aquí el convertor analógico-digital lo transforma en paquete de datos y le asigna una dirección IP que identifica al dispositivo dentro de la red. La trama de datos se envía a través de la red IP, la red identifica el usuario IP en la red y el destino para direccionar los datos. Los datos que ingresan a la interfaz RoIP son desempaquetados y re-ensamblados para formar una sola trama que pasa por un convertidor digital-análogo, la salida es una señal de audio.

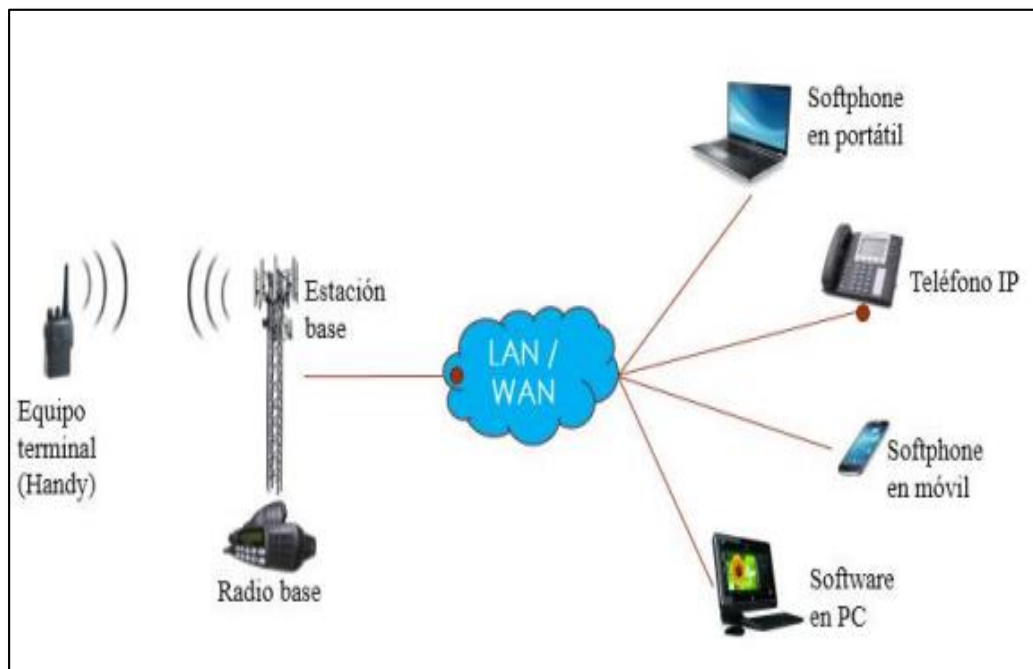


Figura 37: Diagrama básico de funcionamiento de RoIP [47].

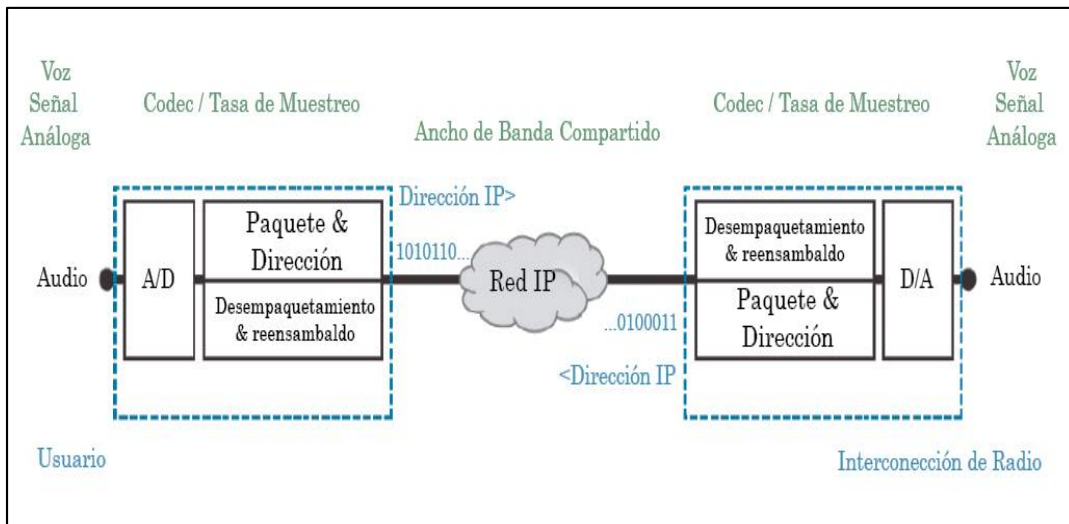


Figura 38: Diagrama de bloques RoIP [47].

Beneficios de RoIP

Los beneficios de un sistema RoIP se muestra en la tabla 7.

Tabla 7: Beneficios de radio sobre IP.

<p>Costos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Usa la infraestructura IP existente y mantien su propia IP privada. No es necesario cables adicionales u otras vias de comunicación. • Sustitución de líneas arrendada analógicas y enlaces microondas. 	<p>Fiabilidad</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hace uso de una red IP de la malla por lo que no esta sujeto a un único punto de fallo.
<p>Interoperabilidad</p> <ul style="list-style-type: none"> • El dominio IP se puede dirigir a cualquier tipo de sistema de radio: UHF, VHF y HF. 	

Fuente: Investigadora. Basado en: [47]

Equipos para radiocomunicación de 2 vías

Los equipos de radiocomunicaciones son aquellos que utilizan las ondas de radio como medio de transmisión de la información por lo que necesitan ajustarse a ciertos parámetros, entre los principales fabricantes de equipos se tiene:

- **Hytera**

“Hytera es una marca de Equipos de comunicaciones fundada en 1993, es el mayor proveedor de soluciones y equipos de radio profesional de China. Hytera se dedica a desarrollar, fabricar y comercializar equipos de radio móvil de uso profesional (PMR, Professional Mobile Radio) en una amplia gama que va desde sistemas analógicos a digitales, de sistemas convencionales a enlazados, y desde equipos portátiles a sistemas de terminales móviles.” [48].

- **Kenwood**

Kenwood Corporation es un fabricante japonés de equipos para radioaficionados y tecnología Hi-Fi, que desarrolla la más alta tecnología de comunicación para conectar a las personas en cualquier momento y lugar. [49]

- **ICOM**

“Icom es el líder mundial en radioaficionados. Icom fabrica radios para aficionados para uso en distancia largas (HF) y para comunicación de corto alcance (VHF, UHF). La nueva tecnología digital está transformando el mercado, Icom es uno de los pioneros en el desarrollo de equipos con Procesador de Señal Digital (DSP). Icom también es el líder en el desarrollo de radios digitales D-STAR, un protocolo abierto de tecnología avanzada para radioaficionados. El IC-7800 es un radio HF con una tecnología nunca antes hecha, el IC-80AD es el portátil D-STAR, todos los operadores aficionados pueden contar con Icom para obtener la mejor tecnología.” [50]

- **Motorola**

Motorola Solutions, Inc. es un proveedor estadounidense de equipos de comunicaciones y telecomunicaciones que sucedió a Motorola, Inc., tras el despliegue de la división de telefonía móvil en Motorola Mobility en 2011. Motorola

Solutions es líder mundial en productos, servicios y soluciones de comunicaciones de misión crítica [51].

Software Para Simulación De Enlaces

Se detalla a continuación los programas en los que se realizaron las simulaciones de los enlaces de radio.

- **AirLink**

AirLink, es una aplicación web de Ubiquiti Networks, que brinda la oportunidad de realizar cálculos de cobertura de redes inalámbricas. Puede usarse en modo PUNTO punto (PtP) o Punto a Multipunto (PtMP) con la gama de equipos de AirMax de Ubiquiti. [52]

- **Radio Mobile**

Radio Mobile es un programa de simulación de radio enlaces gratuito que nos sirve para operar dentro del rango de 20 MHz a 20 GHz, basado en el modelo de propagación ITS (Irregular Terrain Model). [53]

Este programa permite especificar la potencia, sensibilidad, parámetros de la antena, etc y permite obtener datos como radio de fresnel, curvatura terrestre, horizonte visual, características troposféricas, etc. [53]

- **LinkCalc**

La herramienta LinkCalc de LigoWave está disponible en línea para realizar simulaciones de radio. Esta herramienta considera la información del sitio, distancia, altura de instalación, ganancias de antena, potencia de transmisión y otros factores que permiten elegir el mejor producto LigoWave. Además es posible personalizar los cálculos y de esta forma esta herramienta se convierte en indispensable para diseñar enlaces de radio. LinkCalc solo requiere del registro del usuario, se puede adicionalmente guardar y descargar una base de datos del diseño en formato PDF. [54]

2.3 Propuesta De Solución

El diseño y futura implementación de un sistema de radiocomunicaciones para los centros de control del Parque Nacional Llanganates permitirá mejorar la comunicación en la zona con una coordinación más precisa solucionando los actuales problemas de inspección en zona inaccesibles y privadas de comunicación, brindando mayor seguridad a las partes involucradas que incluyen al Ministerio del Ambiente: personal administrativo, de seguridad y a los turistas que visitan el lugar.

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1 Modalidad de la Investigación

La presente es una investigación aplicada, bibliográfica y de campo.

Es una investigación aplicada porque busca emplear los conocimientos existentes consultados bibliográficamente para la resolución de un problema.

La investigación es bibliográfica, porque reúne los fundamentos teóricos necesarios para el desarrollo adecuado de la investigación para ofrecer la explicación científica de las variables del tema de investigación y propuestas de resolución del problema de investigación. Las fuentes bibliográficas incluyen libros, artículos científicos, trabajos de investigación físicos y digitales y mapas topográficos de la región.

La investigación de campo permitió examinar algunas de las condiciones reales, de manera que la presente investigación corresponda a un trabajo íntegro y una propuesta de solución que pueda ser aplicada a posterior.

3.2 Recolección de la Información

La información pertinente para el proyecto se la obtuvo del Ministerio del Ambiente de tal manera que se cumpla con las expectativas y en especial con la normativa de cuidado del ecosistema del Parque Nacional Llanganates. Además se hizo uso pertinente de las fuentes bibliográficas consultadas.

3.3 Procesamiento y Análisis de la Información

La información recolectada se sometió a un análisis crítico para descartar información de poca relevancia y conseguir datos específicos y concretos que ayuden a diseñar un sistema de radiocomunicaciones en el PNLI.

3.4 Desarrollo del Proyecto

1. Recopilar la información de las condiciones actuales en las que se encuentra trabajando el Parque Nacional Llanganates.
2. Determinar las necesidades de comunicación que presenta el Parque Nacional Llanganates.
3. Precisar la ubicación de los centros de control y sus respectivas áreas de cobertura del Parque nacional Llanganates.
4. Seleccionar los puntos estratégicos para la ubicación de estaciones repetidoras, que cubran los centros de control y áreas requeridas del Parque Nacional Llanganates.
5. Determinar los enlaces entre las estaciones repetidoras y sus respectivos cálculos de propagación
6. Analizar los equipos actuales de radiocomunicaciones para el proyecto basados en las condiciones del área y la mejor tecnología que pueda ser aplicada.
7. Seleccionar los equipos de radiocomunicaciones idóneos en calidad y funcionalidad.
8. Seleccionar el servidor de aplicaciones que satisfaga la demanda comunicación del Parque Nacional Llanganates.
9. Diseñar la red de radiocomunicaciones, en base a puntos y equipos seleccionados.
10. Determinar el presupuesto final del proyecto
11. Realizar el perfil del proyecto en formato SENPLADES.
12. Presentar la documentación del proyecto final a manera de informe

CAPÍTULO IV.

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

El Parque Nacional Llanganates no cuenta con un sistema integral que comunique de manera eficiente los puestos de control para la pronta actuación en condiciones de emergencia, que amenacen a las especies únicas de este lugar o incluso pongan en riesgo vidas humanas. El sistema de radiocomunicaciones para el PNLI permite una conexión integral para el personal de inspección y personal administrativo permitiendo coordinar acciones y brindar un mejor control para proteger la flora y fauna de esta área protegida y sus guardaparques.

El presente proyecto es factible en el aspecto técnico pues realizado de acuerdo al estudio se cuenta con los equipos y sitios idóneos para el establecimiento de las comunicaciones. Es factible bibliográficamente, pues se cuenta con una amplia información sobre el tema de fácil acceso e información de primera mano. Además es factible económicamente porque el proyecto será financiado por CELEC E.P., por corresponsabilidad del cuidado de los recursos del PNLI, la empresa tiene infraestructura de generación de energía eléctrica en la laguna Pisayambo.

4.1 Situación actual del Parque Nacional Llanganates

En el año 2014 se realizó un estudio de consultoría el cual no llegó a implementarse. En dicho estudio se considera que: “El sistema de radiocomunicaciones está formado por 4 Repetidores que dan cobertura a todas las Bases y Áreas dentro del Parque Nacional Llanganates, los 4 repetidores se interconectan mediante un repetidor adicional ubicado en Cerro Hermoso y mediante enlace VHF a los módulos de enlace integrados en los repetidores de Cerro El Cajón, Abitagua y Cerro Puntas.” En la

tabla 8 se muestra la ubicación de las antenas VHF y estaciones repetidoras de acuerdo al estudio realizado.

Tabla 8: Ubicación de las antenas VHF y estaciones repetidoras. [6]

Item	Tipo	Localidad	Coordenadas	
			Latitud	Longitud
1	Base	Oficina Administrativa Baños	-1.398643	-78.422425
2	Base	Guardianía Sunfopamba	-1.100552	-78.445837
3	Base	Guardianía Pantzarumi	-0.996540	-78.433683
4	Base	Guardianía Tálag	-1.062922	-77.907469
5	Base	Guardianía Mera	-1.418611	-78.049139
6	RPT	Cerro Hermoso	-1.224369	-78.287772
7	RPT	Cerro Puntas	-1.109972	-78.034641
8	RPT	Cerro El Cajón	-1.186234	-78.455083
9	RPT	Cerro Abitagua	-1.407679	-78.149669

Los sitios que se tomaron en cuenta para las estaciones repetidoras son de difícil acceso por lo que dificulta la colocación de estaciones de comunicaciones y hace aún más complicado el mantenimiento que se le deba dar a los mismos. Los cerros considerados para los repetidores son puntos dentro del PNLI, sin embargo no son los puntos más idóneos para la radiocomunicación.

En la tabla 9 Se puede ver en resumen el presupuesto para la implementación del sistema de radiocomunicaciones.

En conclusión en este estudio se tiene la ventaja de que los puntos tomados están dentro del PNLI, como desventaja los puntos elegidos son técnicamente inaccesibles además que las comunicaciones para los puestos de control Sunfopamba y Pantzarumi no se alcanzarían satisfactoriamente. Además el presupuesto para el proyecto es demasiado costoso y no podría ejecutarse inmediatamente.

Tabla 9: Presupuesto referencial para la implementación del sistema de radiocomunicación en el PNLI. [6]

ITEM	TIPO	SITIO	Repetidor Simple	Repetidor Enlace	Radio Base	Carga Baterías	Panel Solar 2	Panel Solar 4	Torre Repetidor	Torre Repetidor con Pararrayos	Torre Radio base	Caseta	Móvil	Portátil
1	Base	Oficina Administrativa Baños	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0		
2	Base	Guardianía Sunfopamba	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0		
3	Base	Guardianía Panzarumi	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0		
4	Base	Guardianía Tálag	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0		
5	Base	Guardianía Mera	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0		
6	RPT	Cerro Hermoso	2	0	0	0	0	1	0	1	0	1		
7	RPT	Cerro Puntas	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1		
8	RPT	Cerro El Cajón	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1		
9	RPT	Cerro Abitagua	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1		
TOTAL			2	3	5	5	0	4	0	4	5	4	3	8
COSTOS REFERENCIALES	\$7.535,00	\$13.000,00	\$1.450,00	\$950,00	\$1.520,00	\$3.040,00	\$5.500,00	\$7.000,00	\$4.000,00	\$7.000,00	\$1.200,00	\$1.100,00		
SUB TOTAL	\$15.070,00	\$39.000,00	\$7.250,00	\$4.750,00	\$ 0,00	\$12.160,00	\$ 0,00	\$28.000,00	\$20.000,00	\$28.000,00	\$3.600,00	\$8.800,00		
TOTAL								\$ 166.630,00						

Los enlaces de radiofrecuencia se someten a la desventaja del perfil topográfico de la región en la que se encuentre operando, por lo que las comunicaciones se limitan a la cobertura proporcionada por la antena ubicada en Llantantoma que cubre la parte occidental del parque.

En el PNLI la vegetación y las características del terreno hacen que las comunicaciones se conviertan en un desafío, cuya consecuencia es una escasa transmisión de información entre los puestos de control. Las grandes elevaciones contrastadas con laderas impiden que la radiocomunicación sea efectiva y el control de los sectores del parque sea deficiente.

4.1.1 Entrevista

Se realizó una entrevista sobre el área de comunicaciones en el Parque Nacional Llanganates, la que fue concedida por el Ingeniero Orley Ochoa del Departamento de Comunicación, Educación y Participación Ambiental el día 15 de junio de 2017 en las oficinas de la Dirección Provincial del Ambiente en la ciudad de Ambato; con el objetivo de aclarar las necesidades del PNLI y las condiciones actuales de comunicación. La entrevista se encuentra como Anexo A del presente proyecto.

Análisis de la entrevista

La entrevista permitió conocer mejor el manejo y la importancia de las comunicaciones dentro del PNLI, además al obtener información de primera mano ayuda a que la investigación este mejor fundamentada.

Mediante la entrevista se conoció que a pesar de las condiciones actuales de comunicación en la parte occidental existen sectores en los cuales no hay una buena señal y la transmisión de datos es limitada o nula y en la parte oriental no existe ningún sistema de radiocomunicaciones; por lo que se pretende cubrir las necesidades tanto como la topografía y las condiciones climáticas del sector lo permitan. Las comunicaciones se realizan mediante vía telefónica lo que lo convierte en un sistema vulnerable y dependiente de la cobertura de la red celular. Además, se pudo saber las necesidades de comunicación para el personal (30 radios portátiles, 4 vehículos y 2 motos).

4.2 Ubicación de los puestos de control y guardianías dentro del PNLl

Dentro del PNLl se tienen diferentes puntos entre los cuales se especifica aquellos que se encuentran en funcionamiento y otros que en cambio están en construcción o proyecto.

En la tabla 10 se observa los 11 puntos ubicados en las cuatro provincias que abarcan el PNLl en los que debe ser posible la comunicación, estos datos fueron facilitados por el Ingeniero Edwin Machado, de la oficina administrativa del PNLl. Así mismo en la figura 39 se muestra la ubicación de los puntos de interés para el sistema de comunicaciones ubicados Google Earth.

Tabla 10: Coordenadas de los puestos de control y guardianías.

PTO	LAT	LONG	NOMBRES	SITIO	PARROQUIA	CANTÓN	PROVINCIA
1	-1,398635	-78,422533	OFICINA ADMINISTRATIVA	BAÑOS DE AGUA SANTA	MATRIZ	BAÑOS	TUNGURAHUA
2	-1,338765	-78,047442	RIO BLANCO (POR CONSTRUIR)	RÍO BLANCO	RÍO BLANCO	MERA	PASTAZA
3	-1,100543	-78,445792	GUARDIANÍA SUNFOPAMBA	SAN JOSE DE POALÓ	SAN JOSÉ DE POALÓ	PILLARO	TUNGURAHUA
4	-0,996440	-78,433594	GUARDIANÍA PANTZARUMI	SALCEDO (Parroquia Matriz)	LA MATRIZ	SALCEDO	COTOPAXI
5	-0,904107	-78,460114	PUESTO DE CONTROL SANTA ELENA	SALAYAMBO	JUAN MONTALVO	SALCEDO	COTOPAXI
6	-1,084637	-78,457767	VIVIERO FORESTAL PUCARA	SAN JOSE DE POALÓ	SAN JOSÉ DE POALÓ	PILLARO	TUNGURAHUA
7	-1,311729	-78,506231	OFICINA PATATE	PATATE	SUCRE	PATATE	TUNGURAHUA
8	-1,243819	-78,630436	DTAPT	AMBATO	MATRIZ	AMBATO	TUNGURAHUA
9	-1,271854	-78,383226	GUARDIANÍA TRES CRUCES (EN PROYECTO)	TRES CRUCES	EL TRIUNFO	PATATE	TUNGURAHUA
10	-1,350693	-78,208347	GUARDIANÍA RIO NEGRO (EN PROYECTO)	RIO NEGRO	COLONIA MEXICO	PATATE	TUNGURAHUA
11	-1,00712	-77,898078	PUESTO DE CONTROL TALAG	SHANDIA	TALAG	TENA	NAPO

Fuente: Investigadora.



Figura 39: Ubicación de los puestos de control y Guardianías en Google Earth.

Fuente: Investigadora.

4.3 Requerimientos de Comunicación

Sitios

El PNLI cuenta con puestos de control y guardianías para el cuidado del área protegida. La parte occidental es la más vulnerable a los asentamientos humanos por lo que tiene un riesgo mayor a ser afectado por la actividad humana. En la tabla 11 se muestra los puntos de interés para las radiocomunicaciones, los demás puntos corresponden a guardianías y puestos de control en proyecto a los cuales se accederán con radiocomunicación de dos vías.

Tabla 11: Sitios con necesidad de comunicación en el PNLI.

NOMBRES	CANTÓN	PROVINCIA
Oficina Administrativa	Baños	Tungurahua
Guardianía Sunfopamba	Píllaro	Tungurahua
Guardianía Pantzarumi	Salcedo	Cotopaxi
Puesto De Control Talag	Tena	Napo
Río Blanco	Mera	Pastaza

Fuente: Investigadora.

El sistema de comunicaciones se diseña para 30 usuarios de radios portátiles y 4 automóviles y 2 motorizados. En la figura 40 se muestra el área que conforma el PNLI, el sistema de radiocomunicaciones al que se procura dar cobertura.



Figura 40: Área del PNLI, ubicación en Google Earth.

Fuente: Investigadora.

4.2 Diseño del sistema de Comunicación

La red de comunicaciones requiere de un enlace datos y de radiocomunicación de dos vías. El enlace de datos permite la conexión entre los distintos sitios del PNLI, transmitiendo información a los repetidores y servidor mediante frecuencia microondas. La radiocomunicación de dos vías establece la cobertura con frecuencia VHF o UHF para los radios portátiles y radios fijos/ móviles. En la figura 41 se muestra un esquema de un sistema de radiocomunicaciones, como se puede observar mediante microondas (1) se enlazan los sitios y mediante frecuencia VHF O UHF (2) los dispositivos de radio en cada sitio.

El proyecto necesita cubrir la mayor parte de áreas posibles, debido a eso se toma en cuenta las elevaciones importantes del sector, con el objetivo de alcanzar línea de vista y poder ubicar torres del menor tamaño para no afectar la visibilidad del parque.

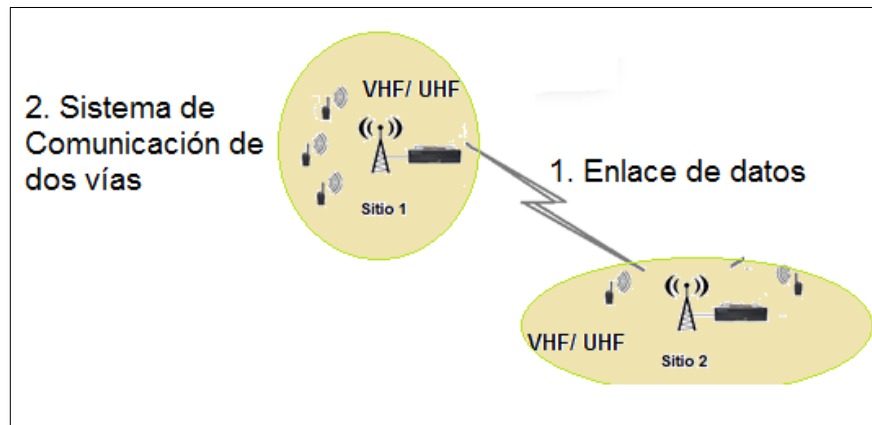


Figura 41: Esquema de un radioenlace.

Fuente: Investigadora.

a) Selección de puntos de repetición para en enlace de datos

La elección para la ubicación de los puntos de repetición se ha desarrollado de acuerdo a los lugares con mayor disponibilidad y mejores facilidades para el acceso. La topografía de la región dificultó la elección de puntos para una línea de vista óptima, sin embargo, para los sitios en donde no fue posible realizar radio enlaces se buscó otra solución.

Los lugares con mayor altura que tomadas en cuenta para el enlace se localizan en el Puesto de Control Pantzarumi (altura 3859 m), Cerro Abitagua (altura 2350.9 m), Puesto de Control Tálag (altura 658.9 m), el Cerro “El Tablón” (altura 3736.1 m) y Loma Grande (altura 2459.5 m); con esto se tienen 5 posibles sitios para los repetidores y estaciones base, excepto Loma Grande el cual ha sido indispensable para poder tener un enlace de datos sin obstrucciones con la oficina de Baños, por lo tanto no se usará como estación base.

En la tabla 12 se muestra los puntos seleccionados para el enlace de datos.

Tabla 12: Puntos para la ubicación de estaciones repetidoras.

N°	SITIO	Tipo	LAT	LONG	Altura (m)
1	Abitagua	RPT	-1,407679	-78,14967	2350,9
2	Tablón	RPT	-1,436459	-78,54256	3736,1
3	Pantzarumi	RPT	-0,99644	-78,433594	3859
4	Tálag	RPT	-1.007124	-77,898078	658,9
5	Loma Grande	RPT	-1.384818°	-78.437077°	2459,5

Fuente: Investigadora.

En la figura 42 se observa la ubicación de los puntos para las estaciones repetidoras.



Figura 42: Ubicación de los sitios para los repetidores y servidor en Google Earth.

Fuente: Investigadora.

La tabla 13 muestra las distancias que existen entre los puntos de los repetidores para el enlace de radio.

Tabla 13: Descripción de los Enlaces de Radio para el sistema de comunicación.

N°	Sitios	Distancia [Km]
Enlace 1	Puesto de Control Pantzarumi – Cerro El Tablón	50.17
Enlace 2	Cerro El Tablón – Cerro Abitagua	43.88
Enlace 3	Cerro el Tablón – Loma Grande	13.06
Enlace 4	Loma Grande - Oficina Baños	2.23

Fuente: Investigadora.

En la tabla 14 se resumen las condiciones de los sitios para el esquema del proyecto que permite transmitir la información entre los diferentes sitios en el PNLI.

Tabla 14: Descripción de condiciones de los puntos para las estaciones.

N°	LUGAR	TIPO	SITIO	ENERGÍA ELÉCTRICA	INTERNET
1	Abitagua	RPT	Ninguno	No	No
2	Tablón	RPT	Ninguno	Si	No
3	Pantzarumi	RPT	Existente	Si	Si
4	Tálag	RPT	Existente	Si	Si
5	Loma Grande	RPT	Ninguno	Si	No

Fuente: Investigadora.

Los siguientes gráficos muestran las simulaciones realizadas en el software Radio Mobile, usado por ser una herramienta bastante popular para el establecimiento de enlaces de comunicación y además es una plataforma gratuita. Se simularon puntos que se han considerado para el enlace de datos y avalan la ubicación adecuada de las estaciones. Las simulaciones permiten comprobar que se tenga una visión clara de las condiciones del terreno.

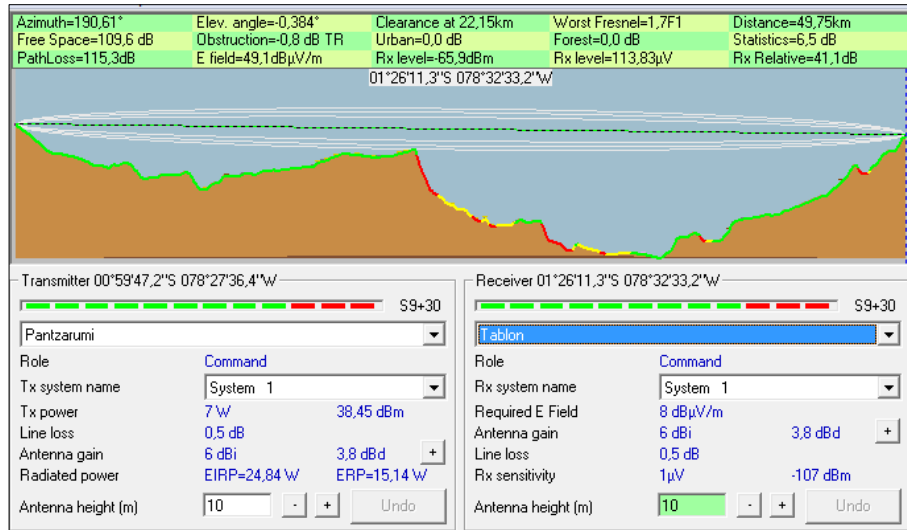


Figura 43: Simulación del enlace de radio en Radio Mobile entre los sitios Puesto de Control Pantzarumi-Cerro El Tablón.

Fuente: Investigadora.

La figura 43 muestra el enlace 1, tiene línea de vista y se ha tomado como valor referencial para la altura de la antena 10m en el transmisor y el receptor.

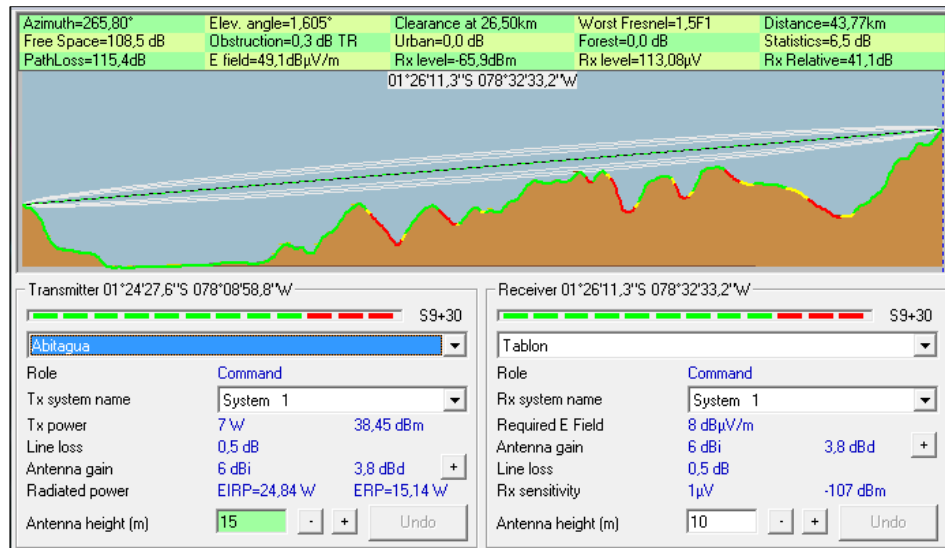


Figura 44: Simulación del enlace de radio en Radio Mobile entre los sitios Cerro El Tablón- Cerro Abitagua.

Fuente: Investigadora.

La figura 44 muestra el enlace 2, tiene línea de vista y se ha tomado como valor referencial para la altura de la antena 15m en el transmisor y 10m en el receptor.

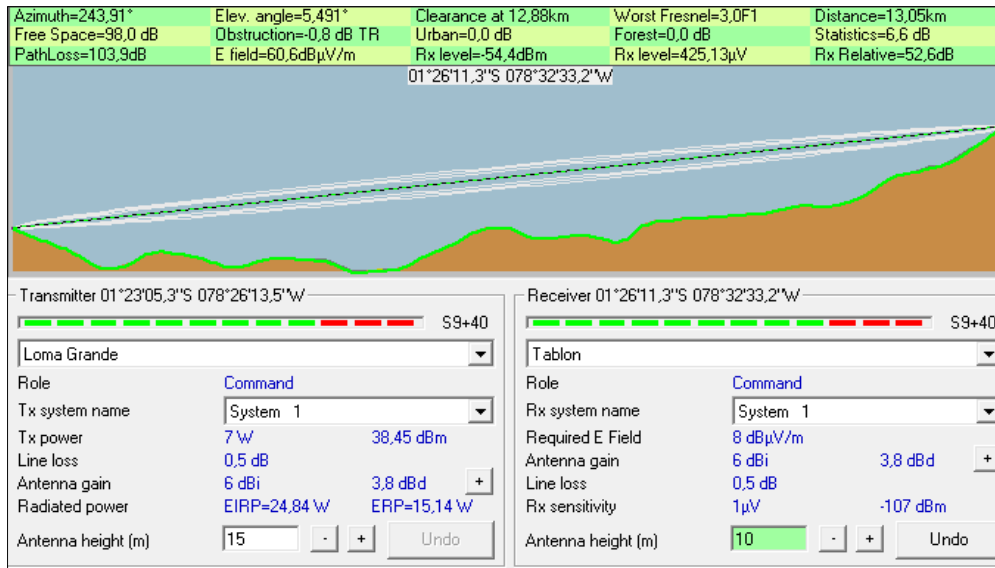


Figura 45: Simulación del enlace de radio en Radio Mobile entre los Cerro El Tablón- Loma Grande.

Fuente: Investigadora.

La figura 45 muestra el enlace 3, tiene línea de vista y se ha tomado como valor referencial para la altura de la antena 15m en el trasmisor y 10m en el receptor.

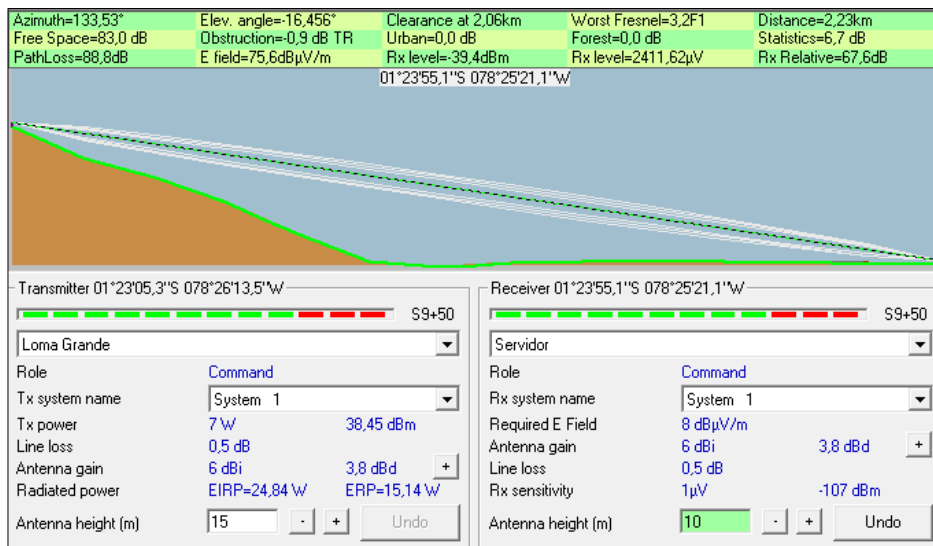


Figura 46: Simulación del enlace de radio en Radio Mobile entre lo Loma Grande - Oficina Baños.

Fuente: Investigadora.

La figura 46 muestra el enlace 4, tiene línea de vista y se ha tomado como valor referencial para la altura de la antena 15m en el trasmisor y 10m en el receptor.

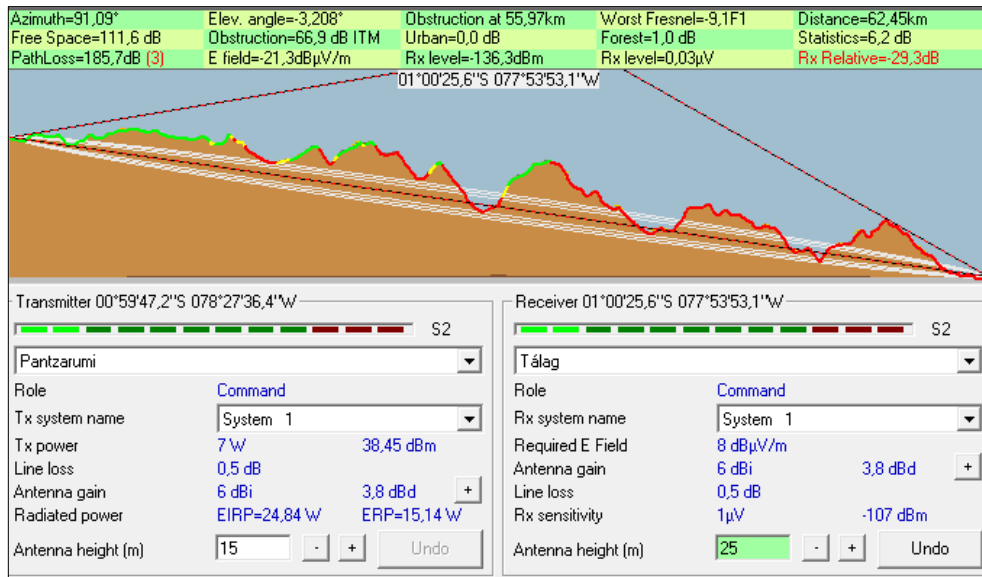


Figura 47: Simulación del enlace de radio en Radio Mobile entre los sitios Cerro Abitagua-Puesto de Control Tálag.

Fuente: Investigadora.

La figura 47 muestra el enlace 5, no tiene línea de vista y se ha tomado como valor referencial para la altura de la antena 15m en el transmisor y 25 m en el receptor.

Existe línea de vista para todos los puntos tomados excepto para el Puesto de Control Tálag para el cual se toma en cuenta la radiocomunicación sobre IP. A lo largo del proyecto se consultó otros simuladores para asegurar que los datos de la investigación sean más confiables para su posterior aplicación.

Los sitios seleccionados para los repetidores son:

- El Tablón en la provincia de Tungurahua, gracias a su altura (2459.5 m) permite realizar un enlace óptimo con los repetidores en el puesto de control Pantzarumi y Cerro Abitagua.
- Puesto de control Pantzarumi en Cotopaxi debido a su ubicación cubre el área occidental del Parque.
- Loma Grande en Patate para poder alcanzar el enlace con el servidor ubicado en la ciudad de Baños.
- Abitagua en Pastaza que permita brindar cobertura al área de la región oriental.

b) Alternativa para el enlace de datos convencional: sistema de comunicaciones RoIP

El sistema de comunicaciones basado en RoIP permite el enlace de los usuarios de radio geográficamente dispersos conectando varios sitios, los usuarios de radio pueden itinerar libremente en un área de cobertura extendida para optimizar su transmisión y potenciando la fuerza de trabajo mediante el contacto constante. En la figura 48 se observa el diagrama de los componentes del sistema radiocomunicación sobre IP.

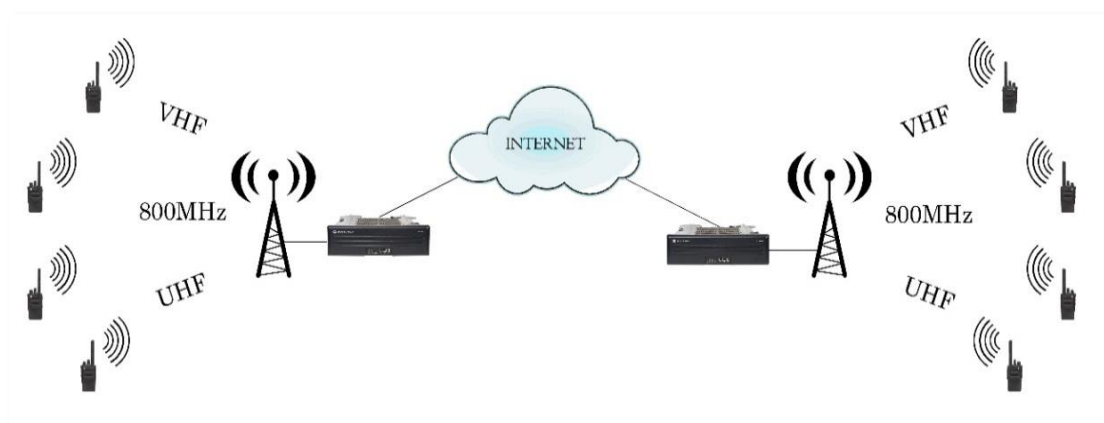


Figura 48: Diagrama de un sistema de radiocomunicación sobre IP.

Fuente: Investigadora.

El proyecto consta de una cobertura de radioenlace con los equipos móviles; y la conexión entre sitios mediante tecnología IP. Los equipos móviles de radiocomunicación pueden trabajar en frecuencias de VHF, UHF y 800MHz se comunican gracias a la cobertura de radiofrecuencia a través de la antena y estos datos a su vez son recibidos por la radio base que incorpora RoIP, la cual mediante una conexión a Internet puede transmitir la información a otra radio base geográficamente dispersa, comunicando así a todos los usuarios de la red de radiofrecuencia.

Los equipos de RoIP son usados para establecer un enlace a través del espacio mediante el uso de ondas electromagnéticas, estableciendo una comunicación de voz entre dos o más puntos teniendo voz al instante sin importar la ubicación dentro de la red manteniendo el contacto y control de la comunidad de usuarios y el acceso al

sistema el cual incrementa la velocidad y eficiencia permitiendo completar las tareas de forma simple.

Se estima una buena solución un sistema RoIP para poder alcanzar la comunicación con puntos como el Puesto de Control Tálag. Por lo tanto se considera un sistema de enlace de datos híbrido mediante microondas y RoIP debido a la imposibilidad de alcanzar todos los puntos mediante enlaces convencionales. Se hace uso entonces de un sistema de radio enlace microondas para los repetidores en los sitios: Puesto de Control Pantzarumi, Cerro El Tablón, Cerro Abitagua, Loma Grande y en la ciudad de Baños y se hace uso de RoIP para el Puesto de Control Tálag.

Por lo tanto, el sistema para el radio enlace se basa en un sistema híbrido de transmisión por vía microondas y un enlace que se conecta mediante internet para el puesto de control Tálag porque se encuentra en una zona de difícil acceso mediante enlaces microondas. En la tabla 15 se identifican los enlaces y el modo en que se establece la comunicación que puede ser convencional (microondas) o mediante Internet (Radio sobre ip - RoIP).

Tabla 15: Descripción de los Enlaces de Radio para el sistema de comunicación.

N°	Sitios	Tipo de enlace
Enlace 1	Puesto de Control Pantzarumi – Cerro El Tablón	Microondas
Enlace 2	Cerro El Tablón – Cerro Abitagua	Microondas
Enlace 3	Cerro el Tablón – Loma Grande	Microondas
Enlace 4	Loma Grande - Oficina Baños	Microondas
Enlace 5	Pantzarumi – Tálag	RoIP

Fuente: Investigadora.

c) Selección de estaciones base para radiocomunicación de dos vías

Los sitios para brindar cobertura de comunicaciones VHF son asimismo elevaciones importantes que abarquen mayor área, por lo tanto en los puntos donde se ubican las estaciones repetidoras se ha establecido también para las antenas VHF.

Para la elección de las estaciones base se ha tomado en cuenta los centros de control que necesitan interconectarse. Las radio - bases se ubican en Sunfopamba en la provincia de Tungurahua, Mera en Pastaza, Tálag en la provincia de Tena y

Pantzarumi en Cotopaxi. En la tabla 16 se ubican las coordenadas de las estaciones base.

Tabla 16: Coordenadas de ubicación para las estaciones base.

Ítem	Tipo	Localidad	Coordenadas	
			Lat.	Long.
1	Base	Cerro Abitagua	-1,407679	-78,14967
2	Base	Guardianía Pantzarumi	-0.996540	-78.433683
3	Base	Guardianía Tálag	-1.062922	-77.907469
4	Base	Guardianía Mera	-1.418611	-78.049139

Fuente: Investigadora.

En la figura 49 se ubica los sitios seleccionados para las estaciones base en el PNL.

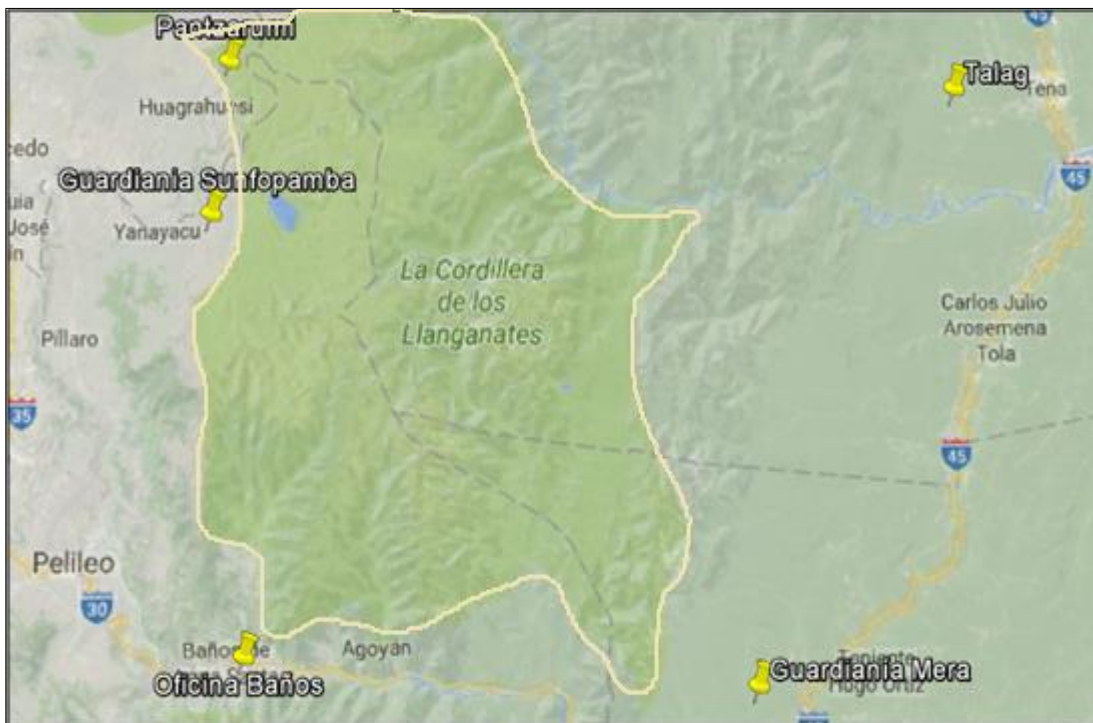


Figura 49: Ubicación de las estaciones base en Google Earth.

Fuente: Investigadora.

d) Servidor de Monitoreo y Control

El servidor de monitoreo y control de los equipos de radiocomunicaciones permite acceder a las aplicaciones de correo, mensajería, GPS, etc. Está ubicado en la ciudad

de Baños en las oficinas administrativas del PNLI. No se ha optado por las oficinas del Ministerio del Ambiente debido a que de esta manera se establece la autonomía del PNLI que forma parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador (SNAP), encargada de la protección de la diversidad biológica y los recursos genéticos del país. En la tabla 17 se muestra las coordenadas para el servidor de aplicaciones.

Tabla 17: Coordenadas Geográficas de la ubicación del servidor.

Ítem	Tipo	Localidad	Coordenadas	
			Lat.	Long
1	Base	Oficina Administrativa Baños	-1.398643	-78.422425

Fuente: Investigadora.

4.4 Selección de equipos

Para la selección de equipos se analiza los puntos descritos en tabla 18, que muestra las etapas de las que se constituye el sistema de comunicaciones para el PNLI. En base a este orden se desarrolla la elección de los equipos necesarios.

Tabla 18: Resumen de los equipos del sistema de comunicaciones.

Tipo	Equipo
1) Enlace de datos	Radio Microondas
	Antena Externa
2) Radiocomunicación de dos vías	2.1 Antenas Antenas VHF
	Antena Móvil
	2.2 Sistema de Comunicación VHF Repetidor
	Radio Móvil Radio Portátil
3) Equipos de respaldo e infraestructura	3.1 Respaldo de energía Batería ciclo profundo Cargador de Batería
	3.2 Protección de equipos Protector antirrayos UPS (respaldo de energía)
	3.3 Equipos adicionales Torre Switch Inyector Poe Duplexor
	4) Software de Aplicación Software de Monitoreo y Control

Fuente: Investigadora.

1) ENLACE DE DATOS

Radio Microondas

Para la selección de los equipos microondas se tomaron en cuenta las marcas Ubiquiti, Cambium Network y Ligo. Estas empresas fabricantes se caracterizan por ofrecer soluciones a las comunicaciones inalámbricas PtP (Punto a Punto) y PtMP (Punto Multipunto). Las aplicaciones que ofrecen son militares, gubernamentales y empresariales. Ubiquiti, Cambium Network y Ligo ofrecen software en línea, una herramienta útil en el diseño de la red. Los enlaces de datos se establecen en la frecuencia de 5.8 GHz que, al igual que la frecuencia de 2.4 GHz son no licenciadas. Sin embargo la frecuencia en 5.8GHz no se encuentra demasiado saturada. A continuación se mencionan los equipos en la frecuencia que abarca los 5.8GHz y las mejores características para un enlace óptimo. Las características de los equipos de acuerdo a los fabricantes se encuentran en la tabla 19.

Tabla 19: Características de los equipos de acuerdo al fabricante.

Marca	Cambium Network	Ligo	Ubiquiti
Modelo	Serie PTP650	LigoPTP 5-23 Rapid Fire	Rocket Prism 5AC
Frecuencia	4.9 – 6.05GHz	4.9 – 6.1 GHz	5.150 – 5.875 GHz
Ganancia	23 dBi	23 dBi	22 dBi
Dimensiones	371x371x81mm	379x387x51 mm	88 x 40 x 230 mm
Potencia de Transmisión	Hasta 27 dBm en BPSK Hasta 23 dBm a 256 QAM	Hasta 29 dBm	Hasta 35 dBm
Peso	8.95 lb	8.5 lb	0.88lb
Distancia de enlace	200 km	Menos de 100 km	Más de 100Km
Temperatura de operación	-40 a +60 °C	-40 a 65 °C	-40 a 80 °C
Tamaño de canal	5, 10, 15, 20, 30, 40 y 45 MHz	5, 10, 20, 40, 80 MHz	10, 20, 30, 40, 50, 60 y/o 80 MHz
Resistencia al viento	322 kph	No se menciona	200km/h
Humedad		0 – 90%	5 – 95 %
Retardo	1 – 3 ms	2 – 4 ms	No se menciona
MIMO	2x2	2x2	2x2

Fuente: Investigadora. Basado en [55], [56], [54]

El enlace con mayor distancia es Puesto de Control Pantzarumi – Cerro El Tablón es de 50,17. La antena Rocket 5AC Prism 2G tiene las características más favorables para las condiciones climáticas de las ubicaciones escogidas. Ubiquiti ofrece un sistema robusto y equipos de fácil manipulación con lo que es más factible su instalación y manejo. Se toma como rango aconsejable de acuerdo a las características de la antena de más de 100Km dadas las condiciones del suelo, de esta manera se asegura que el enlace sea exitoso, se debe tomar en cuenta que la ganancia y alcance del equipo se incrementa con el uso de una antena externa analizada a continuación. El Rocket Prism 5AC Gen 2 está diseñado para ofrecer un máximo rendimiento espectral y eficiencia y hasta 500 Mbps de transferencia TCP / IP real.

Rocket 5AC Prism 2G de Ubiquiti trabaja conjuntamente con la antena externa *RD-5G30*. Mediante el software que Ubiquiti pone a disposición (AirLink) se realizaron las simulaciones y se recomienda el uso de dicha combinación.

Rocket Dish RD-5G30

La tabla 20 muestra las características de la antena RD-5G30.

Tabla 20: Características de la antena RD-5G30. [57]

Frecuencia	Ganancia	Dimensiones	Peso	Resistencia al viento
4.9 – 5.8 GHz	30 – 34 dBi	1050x1050x421 mm	13.5 kg	200km/h

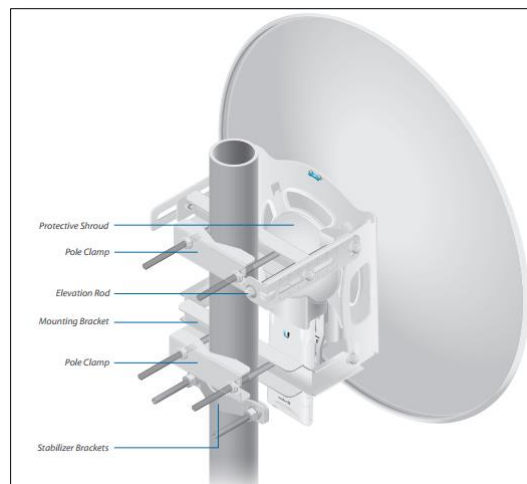


Figura 50: Montaje de Rocket 5AC Prism 2G + RD-5G30. [57]

2) RADIOCOMUNICACIÓN DE 2 VÍAS

Elección de la frecuencia VHF O UHF

La radiocomunicación dentro del parque puede ser VHF o UHF de acuerdo a las características de dicha tecnología se debe escoger la más adecuada.

La selección de frecuencia a usarse se hace de acuerdo a diversos factores y analizando las diferentes ventajas y desventajas de cada sistema inalámbrico. Entre estos factores se debe considerar la ubicación de los sistemas y el propósito o aplicación; solamente al estudiar los factores se selecciona el más adecuado para la región.

Ciertamente los sistemas UHF no presentan una gran ventaja con respecto a VHF, pero son usadas más a menudo debido a que pueden ser usados en lugares cerrados o lugares que presentan mucha interferencia ya que maneja un mayor espectro de frecuencia haciéndolo más inmune a problemas que se pudieran dar con la presencia de materiales como el acero, madera, etc.

Los sistemas UHF tienen menos probabilidad de ocasionar problemas por otro equipo de radiofrecuencia, ya que hay menos transmisores operando en frecuencias que causen inconvenientes. Además las interferencias debido al equipo eléctrico

porque el ruido de otras fuentes se vuelve menos intenso a medida que la frecuencia aumenta. [58]

Los sistemas VHF tienen mejor funcionamiento en espacios más abiertos y con menos obstáculos. Los sistemas inalámbricos en VHF son menos costosos debido a que UHF debe usar componentes de ultra-alta frecuencia y tiene una infraestructura más costosa que sistemas VHF similares. Por lo tanto es más recomendable un sistema VHF por el costo menor en los equipos además de ser una tecnología que tiene mejor uso para los espacios abiertos.

La batería para los transmisores VHF son constantemente mejores que de los transmisores UHF, en el presente proyecto factores como la batería representan un aporte significativo pues, los problemas de cambio de batería no representarían mayor inconveniente. Para las radiocomunicaciones dentro del parque (guardaparques) se debe usar equipos de VHF. A continuación se expone en la tabla 21 una comparación de los sistemas VHF y UHF.

Tabla 21: Comparación de frecuencias VHF y UHF

	VHF	UHF
Frecuencia	30 MHz – 300 MHz	300 MHz - 3GHz
Longitud de onda	10m -1 m	1m – 10cm
Usos	Televisión, radiodifusión en FM. Banda Aérea, satélites, comunicaciones entre buques y control de tráfico marítimo.	Enlaces de radio, Radar, Ayuda a la navegación aérea, Televisión.
Propagación	Ionosférica o Troposférica.	Troposférica.
Frecuencia de radiotransmisor	136 a 176 Mhz	403 a 520 Mhz (Ecuador)
Potencia de equipos de radio portátiles	5W	4W

Fuente: Investigadora. Basado en: [58]

2.1 Antenas

- **Antena VHF**

Entre las opciones para la adquisición de antenas VHF se ha podido encontrar a Telewave, Elecna y Andrew.

Telewave diseña y construye productos para sistemas de radiofrecuencia de alta calidad. Para operadores de sistemas Wireless, proveedores de seguridad pública, gobiernos estatales y locales internacionales. Telewave pretende convertirse en la empresa proveedora principal de sistema de comunicaciones que brinde confiabilidad y seguridad incluso en ecosistemas de misión crítica. [59]

Elecna es una empresa nacional con 24 años de experiencia. Importadores de Kenwood e Icom, además es una empresa distribuidora de Motorola y cuentan con certificación de laboratorio de Servicio Técnico especializado en radios de comunicación. [60]

Andrew es una empresa parte de Commscope. Andrew Corporation fue adquirida en el año 2007. Andrew es una empresa fabricante de soluciones en subsistemas de radio comunicaciones que ha estado proporcionando sistemas y servicios por más de sesenta años. Hoy en día Commscope se ha convertido en un fabricante de cable y proveedor global de soluciones de infraestructura de Broadband, Enterprise y Wireless. [61]

A continuación se muestra en la tabla 22 las principales características de las antenas de VHF de 4 dipolos de las empresas fabricantes mencionadas.

Tabla 22: Especificaciones de antenas VHF.

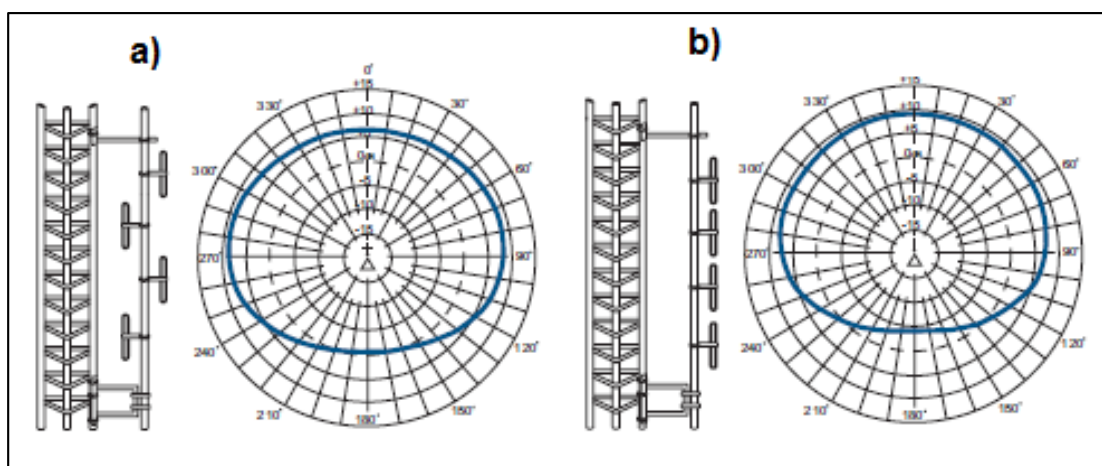
	Telewave ANT150D6-9	Elecna	Andrew DB224-A
Frecuencia	138-174 MHz	136 – 174 MHz	150-174MHz
Dipolos	4	4	4
Potencia	500W	150W	500W
Impedancia	50ohm	50ohm	50ohm
VSWR	1:5:1 o menos	Sin especificar	1:5:1 o menos

Protección de rayos	DC tierra	DC tierra	DC tierra
Resistencia al viento	130km/h	161 km/h	129 km/h
Ganancia	8.1dBi	6-9dBi	6-9dBi
Dimensiones	864x838mm	Sin especificar	3784.6x431.8mm
Peso	35.1lb	Sin especificar	15.89lb
Altura	6477mm	Sin especificar	6477mm

Fuente: Investigadora. Basado en [60], [59]

Para el sistema se ha tomado en cuenta la antena de marca Andrew modelo ANT224-A debido a la facilidad de transformación de offset a omnidireccional. Además se toma en cuenta la reputación de la empresa, la calidad que la marca ofrece y la facilidad de adquisición. Sus especificaciones técnicas se encuentran en el Anexo E.

La ganancia de las antenas depende del modo en que sean acomodados los dipolos de esta forma el modo omnidireccional presenta una ganancia de 6dBd y en offset



9dBd. En la figura 51 se muestra el diagrama de radiación de la antena Andrew DB224.

Figura 51: a) Patrón de radiación modo omnidireccional. b) Patrón de radiación modo offset. [61]

- **Antena Móvil**

Las antenas móviles VHF para móviles son de dos tipos: longitud de onda $\frac{1}{4}$ y $\frac{5}{8}$. La longitud de onda está relacionada con la altura de la antena. Existen ciertos

parámetros con respecto al buen funcionamiento de una antena móvil uno de estos es no exceder un límite de velocidad dado porque esto puede ocasionar mala recepción de señal. En la figura 52 se observa la relación de las longitudes de las antenas en VHF.

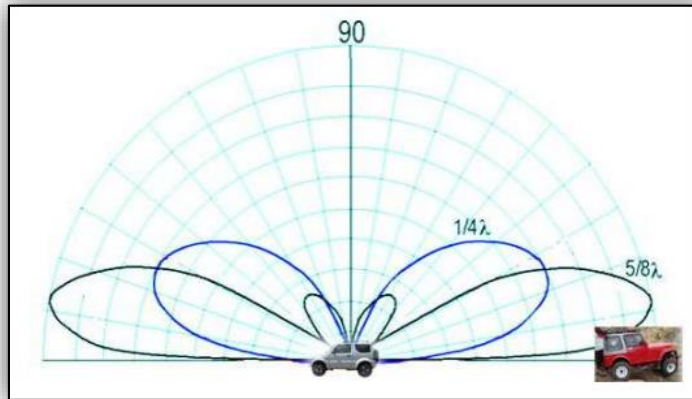


Figura 52: Antenas de $1/4$ y $5/8 \lambda$. [62]

Para las antenas de $5/8 \lambda$ se necesita una adaptación especial para su base, la cual debe ser de excelente calidad de lo contrario las pérdidas harán que la señal se atenúe en transmisión y recepción. Por lo tanto es más recomendable una antena de $1/4 \lambda$ que una antena de $5/8 \lambda$ con mala adaptación. [62]

A continuación, en la tabla 23 se presentan las antenas para VHF

Tabla 23: Comparación de antenas móviles de diferentes marcas.

	PCTEL MHB5800	COMET M150GSAC	DIAMOND M-150-GSA
Frecuencia	144 – 174 MHz	138 – 174 MHz	138 – 180MHz
Ganancia	3dB	3.0 dB	2.15dB
Tipo de Montaje	$3/4$ NMO	Sin especificar	SO239
Largo	147.32 cm	51cm	50cm
Máxima Potencia	200W	200W	200W

Longitud de onda 5/8 ½ ½

Fuente: Investigadora. Basado en [63], [64], [65]

La antena móvil con mejores características es la MHB de PCTEL, la cual debe ser ubicada correctamente para poder tener una excelente comunicación. Se ha tomado en cuenta un rango de frecuencia mayor a 138 MHz debido a que actualmente el PNLI se encuentra trabajando en la frecuencia de 150MHz. Las especificaciones técnicas se encuentran en el Anexo D. En la figura 53 Se observa la antena móvil PCTEL MHB5800 de montaje NMO.

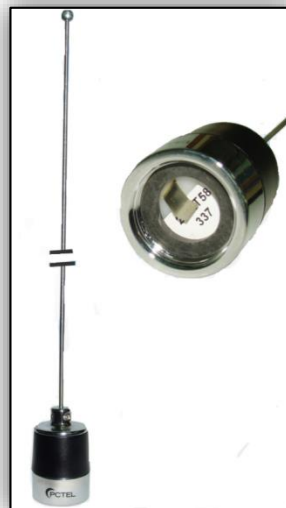


Figura 53: Antena Móvil MHB5800. [66]

Sistema de Comunicaciones VHF

Debido a que el sistema de radio enlace incluye RoIP, éste se considerar inicialmente para poder establecer los equipos idóneos en cuanto a las radiocomunicaciones.

- ***Sistemas de radiocomunicaciones sobre IP***

Un sistema de radiocomunicación RoIP comunica varios sitios geográficamente distantes con comunicación de radio de dos vías sobre IP. Entre las principales empresas fabricantes a nivel mundial tenemos: Hytera, Kenwood, iCom y Motorola Solutions.

Sistema Hytera para radiocomunicación IP

ACCESSNET®-T IP es parte del sistema de radiotelefonía TETRA (Trans European Trunked Radio) digital escalable para aplicaciones de telefonía móvil profesional del estándar internacional ETSI (European Telecommunications Standards Institute); no se limita a una jerarquía topológica y es implementable en un sistema individual y de cobertura nacional. Además es compatible para arquitecturas de red centralizadas y no centralizadas. [67]

Arquitectura del sistema

El diseño de ACCESSNET®-T IP cumple con las necesidades del sistema TETRA. El diseño puede ser con arquitectura distribuida o centralizada.

Sistema centralizado

En la figura 54 se muestra la arquitectura de un sistema centralizado.

Propiedades [67]

- Servidores comerciales disponibles para la función de transmisión por software
- Interfaces centralizadas de teléfono y aplicaciones con una alta capacidad
- Disponibilidad máxima del nodo de red central (IPN) mediante una arquitectura redundante del sistema (permite la geo-redundancia)
- Conexión redundante de PABX y aplicaciones
- Interfaces de gran capacidad: las funciones de software pueden combinarse en servidores potentes

- Ancho de banda óptimo de la “última milla” hacia las estaciones base.

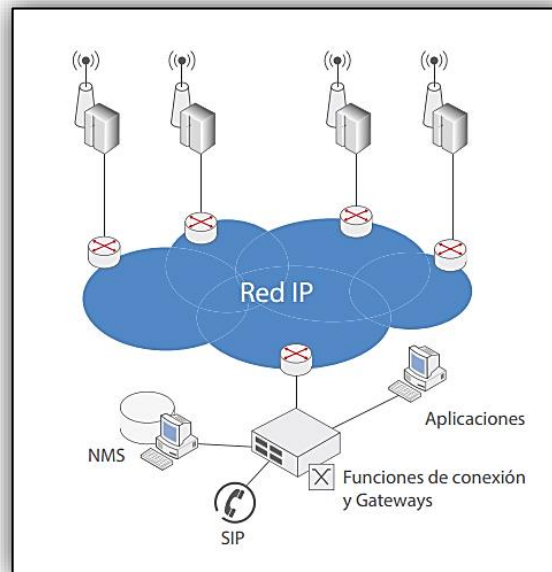


Figura 54: Arquitectura de sistema centralizado Hytera. [67]

Sistema distribuido

En la figura 55 se muestra la arquitectura de un sistema de transmisión distribuida.

Propiedades [67]

- Sin hardware de transmisión separado o propietario en la red
- Máxima resistencia frente a errores en la red de conexiones mediante la inteligencia distribuida
- Rápida reorganización de las estaciones base y división en redes parciales
- Adecuado para escenarios de implementación rápida para un uso rápido del sistema TETRA, como p. ej. en situaciones de crisis o catástrofes con daños a gran escala
- Puesta a disposición flexible de interfaces con sistemas externos, incluso en estaciones base

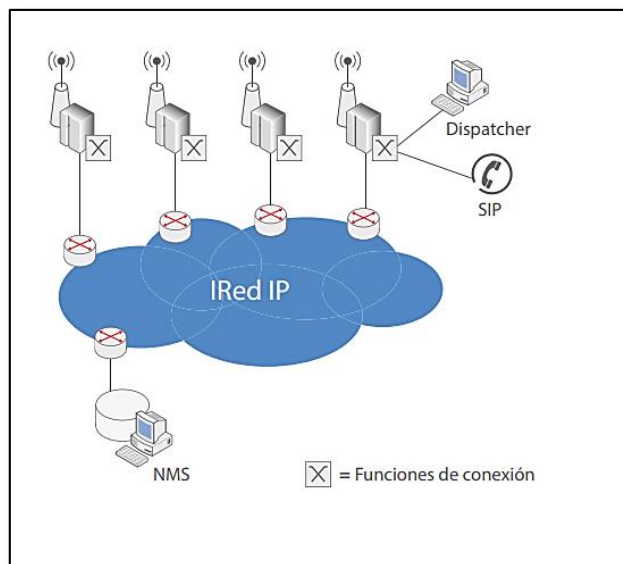


Figura 55: Arquitectura de sistema distribuido de Hytera. [67]

Sistema ICOM para radiocomunicación IP

La solución para la comunicación RoIP del fabricante Icom es RC Icom-FS10 que permite gestionar el sistema de radio desde cualquier lugar mediante Internet. Este sistema proporciona un conjunto de funciones como de repetidor y la capacidad de cambiar de canal. Se puede comunicar con 8 repetidores IDAS (Sistema digital avanzado icom) y transmite una ruta de voz a la vez. El RC-FS10 requiere que el controlador de enlaces este instalado en cada repetidor [68].

Beneficios [68]:

- Los usuarios pueden programar funciones rápidas en las teclas en la pantalla del monitor como aturdimiento, revivir, emergencia, estado, etc.
- Registrar llamadas y mensajes cortos de texto.
- Contraseña de seguridad de tres niveles.
- Incluye la unidad CT-24 la cual es un convertidor digital de voz que comprime la voz en un flujo de datos digital.
- El número electrónico de serie (ESN) identifica la unidad en la comunicación con otros radios.
- Incluye la función PTT (push to talk)

Sistema Kenwood para radiocomunicación IP

Kenwood ofrece el software KPG-149RM para el monitoreo remoto de conexión IP convencionales, troncales, mono-sitio y multi-sitio. El software trabaja en conjunto con los repetidores del sistema NEXEDGE IP que permite monitorear de manera remota e informa sobre problemas y fallas en cualquier repetidor evitando fallas críticas en el sistema para que las comunicaciones no sean interrumpidas [69].

Beneficios [69]:

- Acceso de la información detallada de los estatus de los repetidores, gracias al monitoreo individual de temperatura, alimentación y condiciones del ventilador.
- Creación de un archivo de registro por cada sesión.
- Activación de alarma bajo una condición de alerta.
- Envío de e-mail y SMS para uno o varios usuarios.
- Interfaz amigable con el usuario.

Pueden conectarse hasta 16 sitios mediante unicast y 48 mediante multicast. El terminal puede funcionar de modo roaming automático para que la llamada tenga una mejor señal. Se integra un sistema voting que envía el nivel de señal en el terminal para que los repetidores seleccionen el más idóneo. [70] En la figura 56 se muestra un sistema receptor voting.

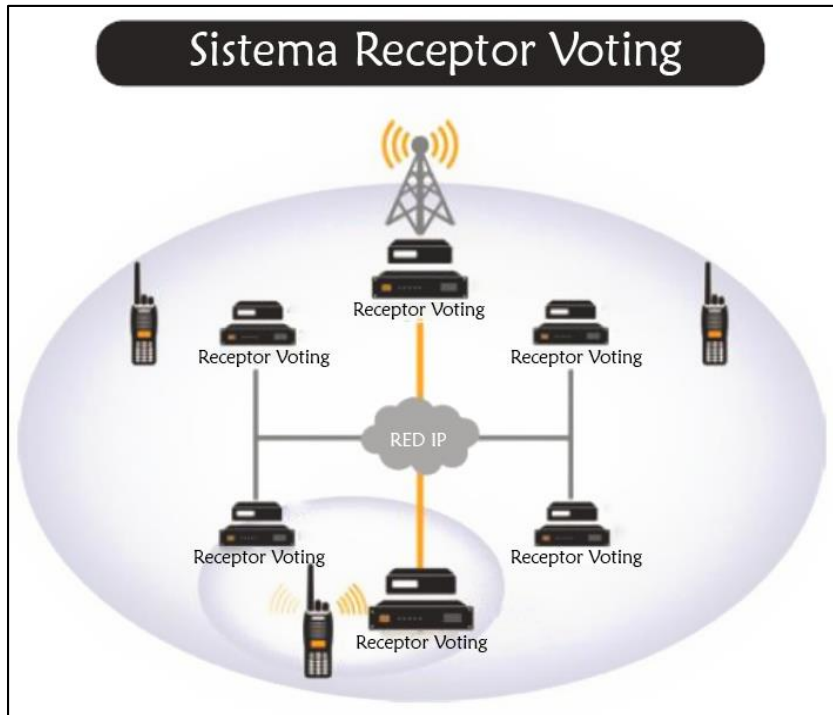


Figura 56: Sistema multi-sitio convencional de Kenwood NEXTEGE con Voting [54]

Sistema Motorola Solutions para radiocomunicación IP

Motorola Solutions ofrece el sistema profesional de radio de dos vías MOTOTRBO de tecnología digital para brindar el doble de la capacidad, mayor claridad de audio, baterías con duración del 40% más, servicios GPS y mensajería de texto. Este sistema brinda una solución completa a las necesidades de comunicación de organizaciones que requieren permanecer conectados con funciones personalizables, confiables, asequibles y fáciles de implementar [51]. En la figura 57 se muestra los tipos de sistema MOTOTRBO

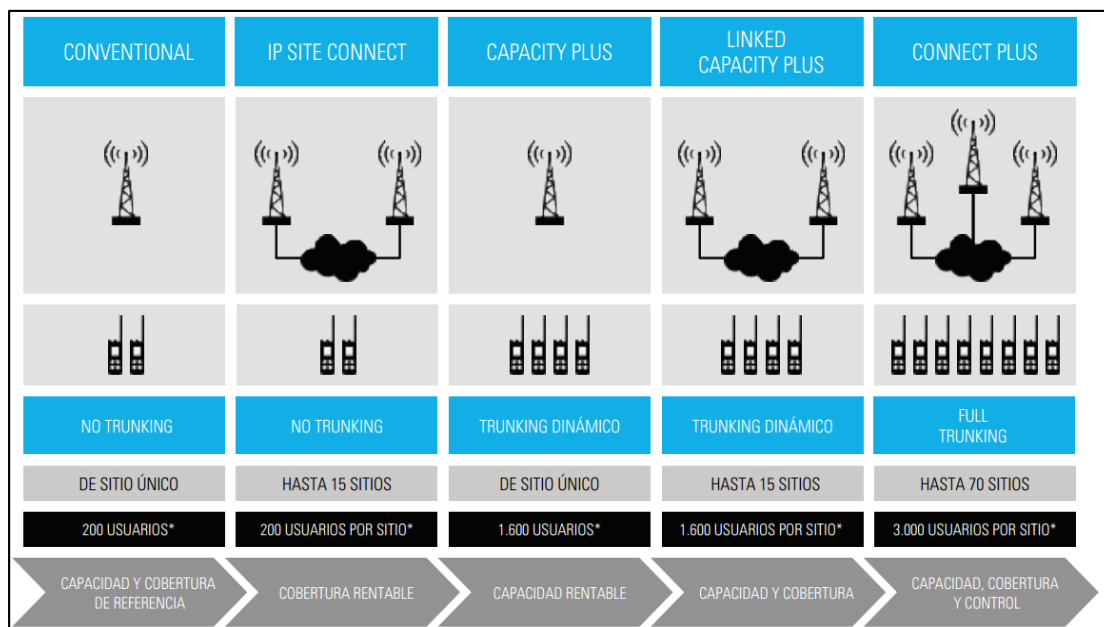


Figura 57: Tipos de Sistemas Motorola-Mototrbo [48].

Beneficios [48]:

- Incluye una amplia gama de equipos: radios portátiles, radios móviles, repetidores, accesorios, aplicaciones y servicios.
- Utiliza tecnología TDMA para duplicar la capacidad de llamadas en el mismo espectro.
- Integra voz y datos, permite envío de SMS y servicio de localización que aumenta la eficiencia operativa.
- Posee mayor alcance que los radios analógicos permitiendo comunicaciones de voz más nítidas.
- Facilita la migración de los sistemas analógicos a digitales.
- Cumple con las especificaciones militares 810C, D, E y F, la especificación IP57 (sumersión en agua) y normas de durabilidad y confiabilidad.
- Optimiza el uso de la batería y maximiza la durabilidad con el sistema de energía inteligente IMPRES.

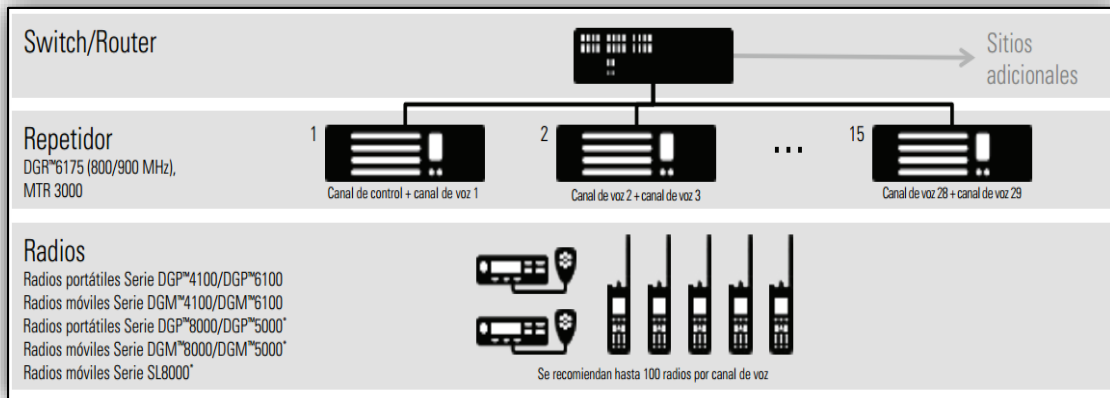


Figura 58: Arquitectura de un sistema IP Site Connect. [48]

Elección de Sistemas RoIP

En la tabla 24 se muestra una comparación básica de los sistemas de RoIP de diferentes marcas.

Tabla 24: Comparación de sistemas de comunicación RoIP

Fabricante	Sistema	Equipos	Arquitectura	Sitios	Tec.
Hytera	ACCESSNET®-T IP	TETRA	Centralizada Distribuida	16	TDMA
Icom	RC Icom-FS10	IDAS	Sitio Multisitio Diferentes Sistemas	8	FDMA
Kenwood	KPG-149RM	NEXEDGE IP	Sitio Multisitio	16	FDMA
Motorola Solutions	IP SITE CONNECT	MOTOTRBO	Sitio Multisitio	15	TDMA

Fuente: Investigadora. Basado en: [67] [68] [69] y [48]

La tecnología FDMA presenta limitaciones para mejorar la calidad de las comunicaciones y se usa para sistemas de baja/mediana intensidad de tráfico. Las ventajas de un sistema TDMA incluyen un sistema para alta capacidad de tráfico,

alta calidad de comunicaciones y la posibilidad para el uso de una sola frecuencia portadora para ambos sentidos de la comunicación. Además proporciona la posibilidad de realizar dos llamadas simultáneas.

Las ventajas de TDMA son las requeridas para el radioenlace por lo tanto se hace uso de esta tecnología que la brinda Hytera o Motorola Solutions. Debido a que la solo se necesita un enlace para el cerro Abitagua y puesto de control Tálag se hace uso de los equipos MOTOTRBO de Motorola Solutions. Además existe una gran gama de equipos con soporte a nivel mundial.

Habiendo elegido el sistema del fabricante Motorola Solutions se analiza los equipos de la marca.

La infraestructura del sistema MOTOTRBO garantiza la disponibilidad de la red de radio en todo momento y una comunicación clara, confiable y segura.

- **Repetidor**

Los repetidores admisibles con el sistema IPSite Connect son equipos con alta confiabilidad, pero se toma en cuenta que no es una red demasiado robusta por lo que no se necesita un equipo con características de alta gama. A continuación, en la tabla 25 se presenta las características de los repetidores MOTOTRBO.

Tabla 25: Repetidores MOTOTRBO.

GENERAL	SLR5100	SLR8000	MTR3000
Rango de frecuencia	136 – 174 MHz	136 – 174 MHz	Regulado de fábrica
Capacidad de canal	64	64	64
Potencia de salida RF	1-50W	1-100W	1-100W
Rango de Temperatura de funcionamiento	-30 a 60°C	-30 a 60°C	-30 a 60°C
Humedad	HR de 95%, sin condensación 50°C	HR de 95%, sin condensación 50°C	HR de 95%, sin condensación 50°C

RECEPTOR			
Espaciamiento de canal	12.5kHz/25kHz	12.5kHz/25kHz	12.5kHz/25/30kHz
Sensibilidad	0.22uV	0.25uV	0.30uV
TRANSMISOR			
Potencia de salida RF	1-50W	1-100W	
Ciclo de operación máx.	100%	100%	100%
Atenuación de Intermodulación	40dB	55dB	55dB
Distorsión de audio	Menos 3%	Menos 3%	Menos 3%
Precio	\$ 4200	\$10000	\$20000

Fuente: Investigadora. Basado en [56]

El sistema de comunicaciones en el PNLl se pretende que sea 100% digital. El repetidor MTR3000 es bastante costoso, por lo tanto el presupuesto del PNLl no puede cubrirlo. Los repetidores recomendados son: SLR5100 y SRL8000.

La principal diferencia es que SLR5100 ofrece una potencia de 50W a diferencia de SLR8000 cuya potencia es de 100W. La potencia no debe ser necesariamente alta por lo tanto se hace uso del repetidor SLR5100.

SLR5100 puede operar como radio de dos vías digital, repetidora analógica o como repetidora de modo analógico/digital permitiendo migrar de un sistema a otro, con un sistema basado en la simplicidad y eficiencia de un sistema convencional de un solo sitio o potentes capacidades troncalizadas. Sus especificaciones técnicas se encuentran en el Anexo B.

- **Radio Móvil/ Fijo Digital de Dos Vías**

En la tabla 26 se muestra las características de los radio móviles MOTOTRBO que son admisibles para el sistema IPSite Connect.

Tabla 26: Comparación de radio móvil portátil MOTOTRBO.

	DGM™8000e/DGM™5000e	DEM™500	DEM™300, DEM™400
Frecuencia	136 – 174 MHz	136 – 174 MHz	136 – 174 MHz
Baja Potencia de salida	1-25 W	1-25 W	1-25 W
Alta Potencia de salida	25- 45 W	25- 45 W	25- 45 W
Espaciamiento del canal	12.5 – 25 kHz	12.5 – 25 kHz	12.5 – 25 kHz
Capacidad de canal	32	128	64
Dimensiones	53x175x206mm	44x169x134mm	44x169x134mm
Peso	1.8kg	1.3kg	1.3kg
Temperatura de operación	-30 a +60° C	-30 a +60° C	-30 a +60° C

Fuente: Investigadora. Basado en [51]

La diferencia entre los modelos es básicamente la capacidad de canal. El proyecto no necesita de una capacidad de canal demasiada alta por lo que el modelo DGM 8000e se ha elegido para el proyecto. Este modelo ofrece mensajería de texto y la administración de órdenes de trabajo que simplifican las comunicaciones más complejas, y las capacidades de datos admiten aplicaciones avanzadas, además ofrece soporte GPS. Cuenta con amplificador de audio de alta potencia, estos radios permiten oír la voz fuerte y clara, con cancelación de ruido de fondo que mejora la

inteligibilidad. Cuenta con pantalla numérica ideal para solución de despacho y resistente al uso diario. La radio fija/móvil seleccionada se presenta en la figura 59.



Figura 59: Radio Móvil/ Fijo DGM8000e Motorola Solutions. [56]

- **Radio Portátil Digital de Dos Vías**

A continuación se muestran las series compatibles de radios portátiles con IPSite Connect en la tabla 27.

Tabla 27: Comparación de radios portátiles de dos vías.

	DGP8000e GP5000e	DEP450	DEP500e
Frecuencia	136 – 174 MHz	136 – 174 MHz	136 – 174 MHz
Alta Potencia de Salida	5W	5W	5W
Baja Potencia de Salida	1W	1W	1W
Espaciamiento de canal	12.5, 20, 25 kHz	12.5, 20, 25 kHz	12.5, 20, 25 kHz
Capacidad de canal (Con teclado/sin teclado)	1000/32	16	128/16
Dimensiones	130x55x36mm	127.7x61.5x44 mm	122x56x42mm
Peso + batería (Con teclado/sin teclado)	347g/322g	346g	309g
Duración de batería (3000mAh)	29 horas (3000mAh)	18.5 (2200mAh)	28.5 horas

Fuente: Investigadora. Basado en [51]

Para el sistema de comunicaciones se ha elegido la serie DGP8550e debido a sus características en conectividad seguridad y productividad. Ofrece voz y datos de

operación crítica, funcionalidad de audio Bluetooth, WiFi integrado para administración remota y seguimiento tanto para exteriores como interiores. DGP8000 tiene la funcionalidad de pedir ayuda con un solo toque (PTT) y acelerómetro para detectar accidentes y solicitar ayuda automáticamente. Sus especificaciones técnicas se encuentran en el Anexo C. El radio portátil escogido se muestra en la figura 60.



Figura 60: Radio portátil modelo con teclado completo DGP8550e. [71]

3) Equipos de Respaldo e infraestructura

3.1 Respaldo de energía

- **Batería de ciclo profundo**

Las baterías de ciclo profundo están diseñadas para descargarse diariamente sin sufrir daño, pueden descargar hasta el 80% de su capacidad, pero es recomendable que sean usadas en ciclos más superficiales para alargar la vida útil de las mismas. En la tabla 28 se presentan las características de baterías de ciclo profundo de algunas marcas.

Tabla 28: Características de las baterías de ciclo profundo.

Característica	UB21000-45978.	RT12-70E	RT12120
Voltaje Nominal	12V	12V	12V
Capacidad Nominal	100Ah	7Ah	12hA
Temperatura	0 a 40 °C (Carga)	0 a 50 °C (Carga)	0 a 50 °C (Carga)

	-20 a 50 °C (Descarga) -20 a 40°C (Almacenamiento)	-20 a 60 °C (Descarga) -20 a 60°C (Almacenamiento)	-20 a 60 °C (Descarga) -20 a 60°C (Almacenamiento)
Vida útil	6 años	3 años	3 años

Fuente: Investigadora. Basado en: [72], [73]



Figura 61: Batería Universal Power UB121000 (45978) [72]

Se hace uso de la batería de ciclo profundo UB121000-45978. Por sus características técnicas es ideal para el presente proyecto ya que las condiciones climáticas exigen un rango de 0° a 24°C y su vida útil es mayor que las otras opciones.

- **Cargador de baterías**

El cargador de baterías forma parte del respaldo de energía para el repetidor, a continuación se presenta la tabla 29, que compara los beneficios de distintas opciones.

Tabla 29: Características del cargador de baterías.

MODELO	SEC-1250UL	BPC IP20	Skylla-G48/50
Voltaje de entrada Nominal	120VCA	90 – 135 VAC	180-400 VCA
Corriente de entrada	10.4 A / 5.6 A	7, 15, 8 A	50 A
Voltaje de salida	A granel “Fase I” 13.5V ± 0.05V Absorción “Fase Uo” 14V / 14.4V ±	A granel “Fase I” 13.2V ± 0.05V Absorción “Fase Uo” 14.4V ± 0.05V	A granel “Fase I” 13.5V ± 0.05V Absorción

0.05V	Flotación “Fase U”	“Fase Uo”
Flotación “Fase U”	13.8V ± 0.05V	57VCC
13.5V ± 0.05V		Flotación “Fase U” 53VCC

Fuente: Investigadora. Basado en [74]

Se usa los cargadores de baterías Samlex debido a las ventajas que exponen sus características técnicas de voltaje nominal y corriente de entrada que se adaptan a las condiciones requeridas; son compactos, ligeros y están certificados por UL. Cargan de forma automática baterías tipo plomo ácido y baterías de gel regulando la alimentación en cada etapa de carga. Han sido diseñados para cargar y mantener la carga de baterías sin intervención. [74] El cargador de baterías elegido se presenta en la figura 62.



Figura 62: Cargador de baterías Samlex SEC-1250 UL. [74]

A continuación en la figura 63 se presenta el esquema de conexión para el soporte de energía del repetidor.

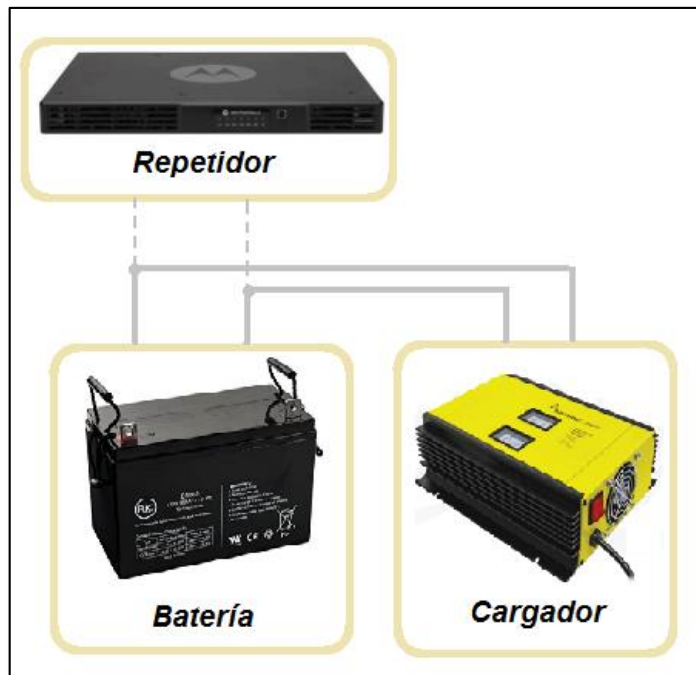


Figura 63: Esquema de respaldo de energía para repetidor.

Fuente: Investigadora.

3.2 Protección de equipos

- **Protección pararrayos**

La protección para las torres de telecomunicaciones es importante debido a que son sensibles a ser afectadas por impactos de radio debido a que son edificaciones aisladas, suelen disponer de suministro eléctrico y tienen grandes zonas metálicas en exposición. La tabla 30 describe las especificaciones técnicas de diferentes modelos de puntas Franklin.

Tabla 30: Especificaciones técnicas de la Punta Franklin.

Característica	Punta Franklin Simple	Punta Franklin de 10 AT-093 ^a	Multipunta
Material	Aluminio	Cobre	Cobre
Radio de protección (m)	Nivel 1	9	6
	Nivel 2	11	8
	Nivel 3	13	9
	Nivel 4	15	11
Dimensiones (mm)	16x16x2000	10x10x1000	48x48x239

Fuente: Investigadora. Basado en: [75]

La punta Franklin protege edificaciones, es de fácil instalación y dependiendo de su altura su área de protección es mayor. Se ha escogido la multipunta Franklin este dispositivo de cebado está formado por 5 barras metálicas terminadas en punta y unidas entre sí para proteger el sistema de descargas eléctricas atmosféricas. En la figura 64 se muestra la punta Franklin.

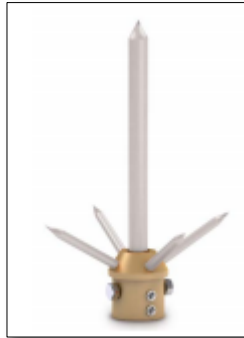


Figura 64: Punta Franklin. [76]

- **Protector de equipos 859902**

Para la protección de los equipos se ha elegido el protector Lightning Wilson 859902 contra sobretensiones que protege los dispositivos contra las sobrecargas causadas por rayos, es resistente a la intemperie y presenta una atenuación menos a 0.2Db. En la figura 65 se muestra este dispositivo, viene con conectores N con un cartucho de fusible reemplazable. Y se conecta entre la antena y el duplexor. [77]



Figura 65: Protector de sobrecargas Lightning Wilson 859902. [77]

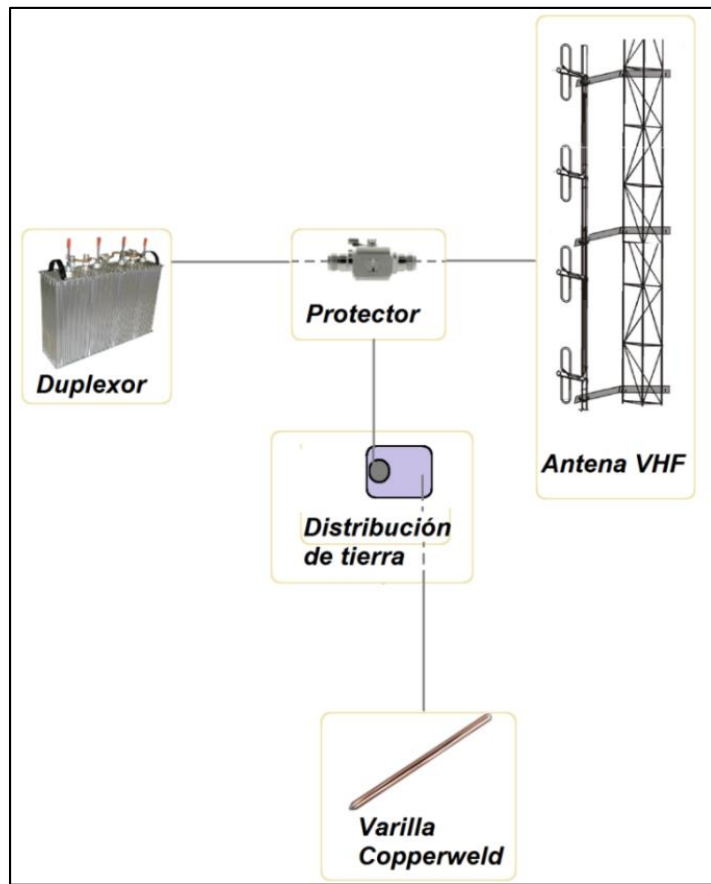


Figura 66: Sistema de protección de sobrecargas.

Fuente: Investigadora.

- UPS

Para la protección de los equipos y datos frente a interrupciones de suministro se cuenta con sistemas de apoyo de energía UPS. A continuación en la tabla 31, se muestra las especificaciones técnicas de los Smart UPS.

Tabla 31: Especificaciones técnicas del Smart-UPS.

Modelo	Unidad Smart-UPS de APC, 1500 VA, conexión USB y serial, 120V	Unidad Smart-UPS de APC, 1000 VA, con pantalla LCD, 120 V	Unidad Smart-UPS C de APC, 1500 VA, con pantalla LCD, 120 V
Salida			
Capacidad de potencia de salida	980Vatios	700Vatios	900Vatios
Tensión de salida nominal	120V	120V	120V
Frecuencia de salida	47 - 53 Hz para 50 Hz nominal	50/60Hz +/- 3 Hz	50/60Hz +/- 3 Hz

	57 - 63 Hz para 60 Hz nominal		
Entrada			
Entrada de voltaje	120V	120V	120V
Frecuencia de entrada	50/60Hz \pm 3Hz (auto-sensible)	50/60Hz \pm 3Hz (auto-sensible)	50/60Hz \pm 3Hz (auto-sensible)
Capacidad VA/hora de la Batería			
	408	264	220
Tipo de batería	Batería sellada de plomo sin necesidad de mantención con electrolito suspendido: a prueba de filtración	Batería sellada de plomo sin necesidad de mantención con electrolito suspendido: a prueba de filtración	Batería sellada de plomo sin necesidad de mantención con electrolito suspendido: a prueba de filtración
Variación de tensión de entrada para operaciones principales	82-144V	82-144V	93-130V
Tiempo de recargo típico	3 horas	3 horas	3 horas
Batería de recambio	RBC6	RBC6	RBC6
Vida útil	3– 5 años	3– 5 años	3– 5 años

Fuente: Investigadora. Basado en: [78]

Para el abastecimiento de energía se hace uso del APC Smart-UPS 1500 por sus características más idóneas para los equipos. Entrega una capacidad de potencia mayor, es parte de Schneider Electric, especialista mundial en manejo de energía y automatización. En la figura 67, se muestra el APC Smart UPS 1500



Figura 67: Unidad APC Smart-UPS 1500 con ahorro de energía. [79]

3.3 Equipos adicionales

Torre

Se usarán torres arriostadas para los sitios de los repetidores con las alturas especificadas en las simulaciones. La figura 68 ilustra una torre arriostada

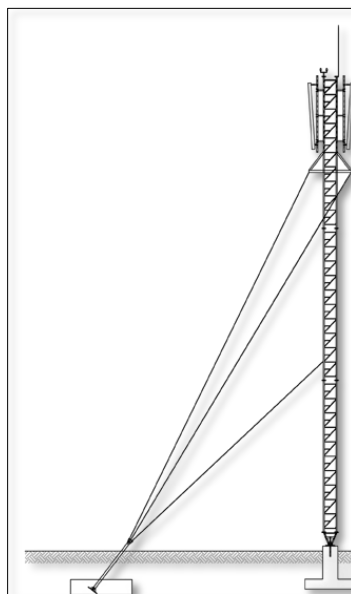


Figura 68: Torre arriostada. [80]

- **Duplexor**

El duplexor permite transmitir mensajes y recibirlos con una sola antena, separando las funciones. En la tabla 32 se presentan las características técnicas de diferentes fabricantes.

Tabla 32: Especificaciones técnicas de duplexores.

Características	Sinclair Q2220E	Telewave TPRD1454	FIPLEX DVN-1522L
Rango de frecuencia	138 – 174 MHz	118 – 148 MHz	136 – 174 MHz
Cavidades de transmisor	2	2	2
Cavidades de receptor	2	2	2
VSWR	1:5:1	1:5:1	1:5:1
Impedancia	50 ohm	50 ohm	50 ohm
Separación de frecuencias	0.5 MHz	0.6 MHz	0.5 MHz
Pérdida por inserción	1.5 dB	1.5 dB	1.5 dB
Temperatura de operación	-40° a 60° C	-30° a 70°C	-30° a 60°C

Fuente: Investigadora. Basado en [69], [81], [82]

Se ha elegido el duplexor Sinclair Q2220E, que proporciona, supresión de ruido y transmisor de banda lateral intermedia y adyacente a las frecuencias dúplexadas. Esta serie de duplexores garantiza la estabilidad de rendimiento a muy baja frecuencia y valores de pérdida por inserción. Sus especificaciones técnicas se encuentran en el Anexo F y u gráfico en la figura 69.

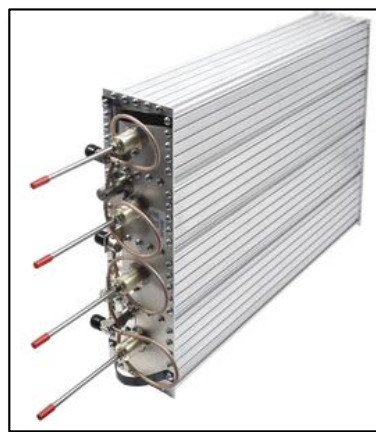


Figura 69: Duplexor Q2220E. [69]

- **Switch**

Los segmentos de red se unen con un switch. La comparación entre las distintas marcas se tiene en la tabla 33.

Tabla 33: Especificaciones técnicas del Switch Cisco SG100D-08. [83]

Característica	Cisco SG100D-08	Netgear Prosafe	TL-SF1005D
Temperatura máx de operación	40° C	50°C	40° C
Vel. Ethernet Gigabit	10/100/1000Mbps	10/100/1000Mbps	10/100Mbps
Número de puertos	8	8	5
Consumo de energía	4.9 W	4.9 W	2.2W
Fuente	DC 12V /1 A	DC 12V /1 A	5.0VDC / 0.6A

Fuente: Investigadora. Basado en [84], [83], [85]

Se selecciona CISCO de la serie Cisco Small Business. El switch CISCO SG100D-08 de 8 puertos gigabit, debido a que Cisco es una marca extendida a nivel mundial. La figura 70 muestra el switch CISCO.

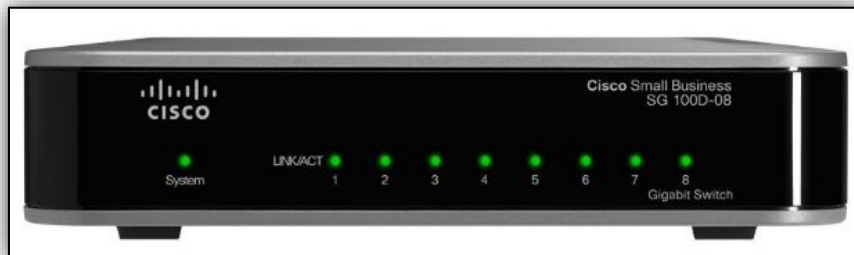


Figura 70: Cisco SG100D-08 8-Port Gigabit Switch [83]

- **Adaptador POE**

Se ha escogido un adaptador Poe del fabricante Ubiquiti, es decir el mismo que incluye la antena a usarse. El modelo es el adaptador POE-24-24W y su gráfico se muestra en la figura 71.



Figura 71: Adaptador POE-24-24W. [55]

En la tabla 34 se muestran las especificaciones técnicas del adaptador POE.

Tabla 34: Especificaciones técnicas de Adaptador POE-24-24W. [55]

Característica	Descripción
Voltaje de salida	24VDC 0.3 A
Puerto LAN Gigabit	Si
Temperatura de operación	0 a 40 C
Humedad de operación	35 a 95%
Voltaje de Entrada	100-240 VAC 50-60Hz
Corriente de Entrada	0.3 A 120VAC

4) Software de aplicación

Mototrbo ofrece capacidad adicional y funcionalidad mejorada además que permite ampliar las comunicaciones más allá de la voz. Permitted ampliar funcionalidades a mensajes de texto, servicios de localización y telemetría. La figura 72 presenta las funcionalidades adicionales de MOTOTRBO.



Figura 72: Capacidades adicionales de MOTOTRBO. [56]

a) IS-VISOR-PLUS

IS-VISOR-PLUS es un centro de despacho moderno con funciones de localización y mensajes de texto para sistemas de radio MOTOTRBO. Su instalación y uso es sencillo, este sistema permite agregar nuevos canales o posiciones de operador. La interfaz gráfica de usuario (GUI) de la aplicación permite la gestión de los canales de radio de manera intuitiva y también la generación de reportes de eventos, mensajes de texto, mensajes de localización que se transmiten a través de la red de radio.

IS-VISOR-PLUS presenta los mapas en formato OSM (OpenStreetMap) para la localización de las unidades de radio en campo y se pueden configurar la visualización de diversas maneras de acuerdo como el cliente lo requiera. [51]

Funciones y Beneficios [51]

- Arquitectura cliente-servidor en topologías integradas o distribuidas.
- Múltiples posiciones de operador.
- Topologías Convencional, Conexión IP Site, Capacity Plus, Linked Capacity Plus y Connect Plus.
- Mapas de pantalla completa almacenadas en la aplicación.
- Diferentes pantallas de mapas mostradas al mismo tiempo.

- Creación de perímetros geográficos (geo-perímetros) y puntos de interés.
- La aplicación puede usar mapas de OpenStreetMap, Google Earth así como mapas propios en formato Shape y Autocad.
- Gestión de Comunicaciones.
- Fácil integración con las funciones de señalización Mototrbo.
- Grabación de Voz.
- Bases de Datos Internas o Externas.
- Mensajes de Texto.
- Telemetría (Opcional).
- Gestión de asignación de tareas (Opcional).
- Interfaz IP de telefonía (Opcional).
- Reportes en PDF, texto sin formato o Excel.

b) SafeDispatch

Esta aplicación está diseñada para sistemas de radios de dos vías para MOTOTRBO y TETRA, es versátil y fácil de usar; ofrece herramientas de gestión de recursos en una misma solución. SafeDispatch consta de un conjunto de aplicaciones para el despacho de radio, ofrece control de automática de vehículos por GPS, mensajes de texto, e-mail, telemetría y reportes. [56]

Funciones y Beneficios [56]

- Basado en Cliente-Servidor (también disponible en solución de web).
- Solución integrada de radio compatible con sensor.
- Despacho de Voz (privado, de grupo y todas las llamadas) directamente a cualquier radio con conexión mediante estación de control.
- Llamadas de Emergencia con desactivación remota (para usuarios selectos).
- Grabación de Voz: Todo el tráfico de llamadas es grabado y registrado mediante IP directo (solo MOTOTRBO).
- GPS/AVL: GPS en tiempo real con velocidad y título, reproducción histórica, perímetro geográfico (Geo-Fencing), puntos de interés y Notificaciones de Emergencia.

- Asignación de Tareas: mejora la eficiencia y obligaciones en el lugar de trabajo usando textos para gestión de órdenes de trabajo (para radios mejorados MOTOTRBO).
- Mensajes Avanzados de Texto que permiten la comunicación SMS de dos vías entre un radio y un grupo de radios.
- Envíe y reciba mensajes de e-mail en sus radios.
- Telemetría: Supervise y controle procesos remotos con notificación de alarmas.
- Reportes: Permite exportar reportes de localización para análisis y utilización de los datos recolectados de las flotillas de vehículos, incluyendo velocidad, alarmas y tiempo de respuesta.

SafeDispatch Móvil

Es el software móvil de SafeDispatch ofrece acceso remoto a los radios móviles MOTOTRBO mediante redes IP y está diseñado principalmente como un centro móvil de despacho. Basado en Android con funciones de voz y datos.

SafeNet

Solución basada en la “nube” para gestión de grupos de radios móviles, GPS, mensajes de texto, e-mail. Permite a los despachadores localizar al personal activo y móvil en el campo, ofrece flexibilidad de supervisión desde la oficina o cualquier computador.

c) SmartPTT Enterprise

SmartPTT Enterprise/PLUS es una aplicación comercial de despacho Motorola para redes de radio MOTOTRBO e incluye funciones como despacho por voz, rastreo de GPS, mensajes de texto, asignación de tareas, grabación de voz, registro de eventos, y más. Funciones opcionales incluyen interoperabilidad, interconexión telefónica y un cliente de web para acceso remoto al sistema.

Funciones y Beneficios

- Conectividad IP con cable usando NAI de voz y datos.
- Monitoreo y gestión mejorada de suscriptores de radio.
- Rápida respuesta a emergencias.
- Gestión de Costos.
- Eliminación de errores en transmisión de datos.
- Doble capacidad de llamadas.

- Supera el límite de IPSC de 15 repetidores por sistema.

Principales Módulos:

- Despacho por Voz.
- Rastreo GPS.
- Registro de Eventos.
- Grabación de Voz.
- Transferencia de textos y Datos.
- Asignación de Tareas.
- Telemetría.

d) TRBOnet PLUS

TRBOnet Plus constituye una solución efectiva para los sistemas de radio de cualquier tamaño desde IP Site Connect hasta Capacity Max. Funciona con un gran número de usuarios y operadores, y soporta redundancia eficiente y mecanismos de respaldo para brindar operaciones críticas las 24 horas, los 7 días de la semana.

Funciones y beneficios

- Grabación de grupos completos o de llamadas individuales.
- Registro de Datos.
- Número ilimitado de Grupos de Conversación.
- Punteo del Sistema IP.
- Fácil integración en sitio con red existente de IT.
- Menos costo de mantenimiento y de hardware.
- Mayor confiabilidad al reducir los puntos de falla.
- Mensajes de texto
- Rastreo AVL, GPS en tiempo real.
- Mejor capacidad de redundancia.

A continuación se muestran las pantallas de las funciones del sistema.

En la figura 73 se muestra la arquitectura del sistema conexión directa a repetidores para sistemas IP Site Connect y Capacity Plus.

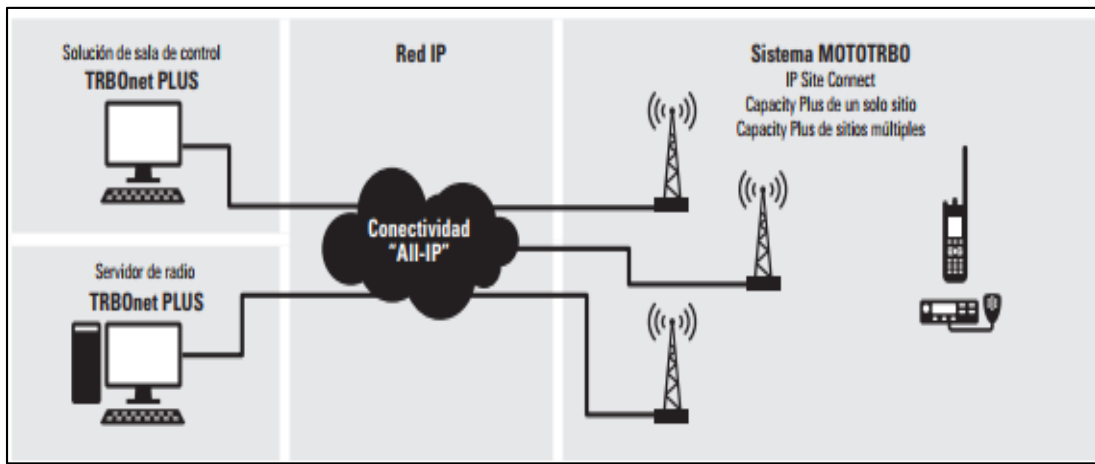


Figura 73: Conexión directa a repetidores. [51]

Dadas sus ventajas y mayor soporte para el sistema se elige TRBOnet de MOTOTRBO como software de aplicación sus requisitos se especifican en la tabla 35.

Tabla 35: Requisitos para el software de aplicaciones TRBOnet. [51]

Requerimiento	Descripción
Hardware de radio/ Compatibilidad con futuras versiones	Radio MOTOTRBO con firmware 1.8 o superior
Sistemas operativos	Windows 7 Professional, Windows 8, Windows 10
Interfaz	NAI Voz/ NAI Datos, conexión IP a controladores XRC y XRT
Otros Requisitos	MS SQL Server 2008 o superior

En la tabla 36 se muestra en resumen la cantidad de equipos a ocuparse en el sistema integral de Radiocomunicaciones.

Tabla 36: Resumen de equipos para el sistema de radioenlace den el PNLl.

Equipo Lugar	Tipo de estación	Radio Microondas +rocketdish+poe	Repetidor	Batería	Cargador	Protector	UPS	Torre	Switch	Duplexor	Caseta	Antena Andrew VHF	Antena Elecna	Antena Móvil	Radio base/móvil	Radio portátil
Pantzarumi	RPT	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	2	6
Tablón	RPT	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
Abitagua	RPT	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
Loma Grande	RPT	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
Tálag	RPT	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	2	2	6
Baños	Ser vid or	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	2	0
Sunfopamba	Bas e	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	6
Mera	Bas e	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	6
Total		8	5	5	5	6	6	6	6	5	3	4	3	6	10	24

Fuente: Investigadora.

Los equipos necesarios han sido resumidos de acuerdo a la estación base o repetidora. A pesar que la demanda para radios portátiles fue de 30 se toma encuentra solamente para 24 debido a que el PNLl adquirió previamente 6 radios portátiles en los meses anteriores al estudio.

5. Sistema Integral de Comunicaciones

El esquema de la red integral de comunicaciones se muestra en la figura 75. El gráfico expone la ubicación del servidor de aplicaciones, las estaciones repetidoras para el enlace de datos (convencional o RoIP) y las estaciones base para la comunicación de dos vías VHF según corresponda. También expone la conexión entre cada estación y su ubicación con respecto a las demás estaciones.

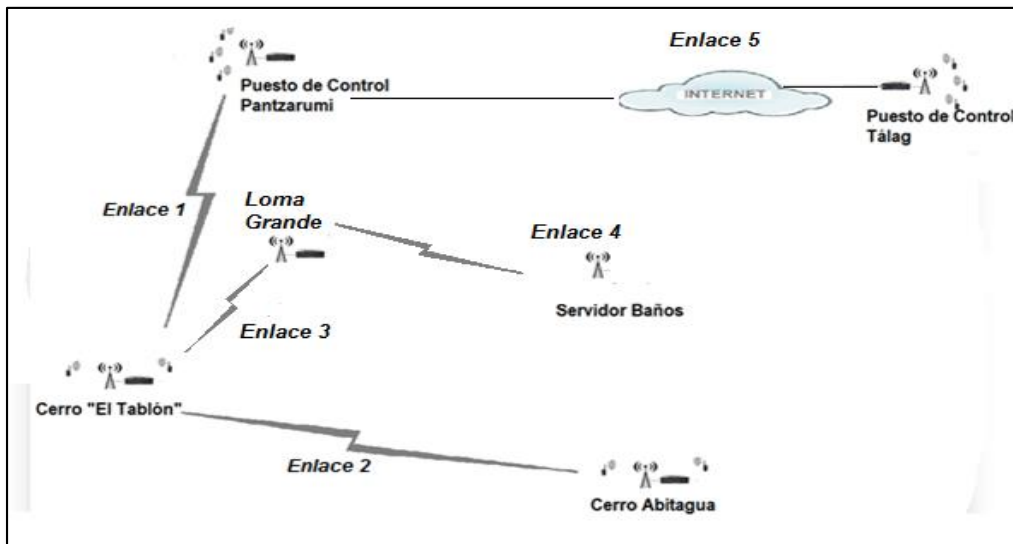


Figura 74: Esquema del Sistema de Comunicaciones.

Fuente: Investigadora.

5.1 Enlaces de datos y cálculos de propagación

A continuación en la tabla 37 se detalla las alturas de las antenas usados en las simulaciones de los enlaces. Se ha hecho uso de Airlink de Ubiquiti, porque es una herramienta gratuita que además recomienda el equipo más idóneo a usarse y LinkCalc de Ligo cuyos cálculos permiten la contrastación con los resultados del software Airlink. Los cálculos brindados por LinkCalc se encuentran en el Anexo G.

Tabla 37: altura de las antenas en las estaciones repetidoras.

N°	LUGAR	TIPO	Altura de ant.
1	Abitagua	RPT	6m
2	Tablón	RPT	8m
3	Pantzarumi	RPT	6m
4	Tálag	RPT	10m
5	Loma Grande	RPT	6m
6	Baños	Servidor	6m

Fuente: Investigadora.

Las alturas seleccionadas corresponden a las alturas óptimas para los enlaces, se ha optado por torres de baja altura de manera que se ajuste a las necesidades del PNLI y

también con la intención de no establecer un presupuesto innecesariamente grande. A continuación se presenta el resumen de los cálculos realizados en los software.

ENLACE 1: Puesto de Control Pantzarumi - Cerro El Tablón



Figura 75: Ubicación de los puntos en el Enlace 1 en software AirLink.
Fuente: Investigadora.

La simulación que muestra la línea de vista en los puntos seleccionados se muestra en la figura 75 y 76. En la Figura 77 se puede observar la potencia de recepción de la señal y la capacidad del ancho de banda requerido. Y en la figura 78 resultados de pérdida en el espacio libre y PIRE.

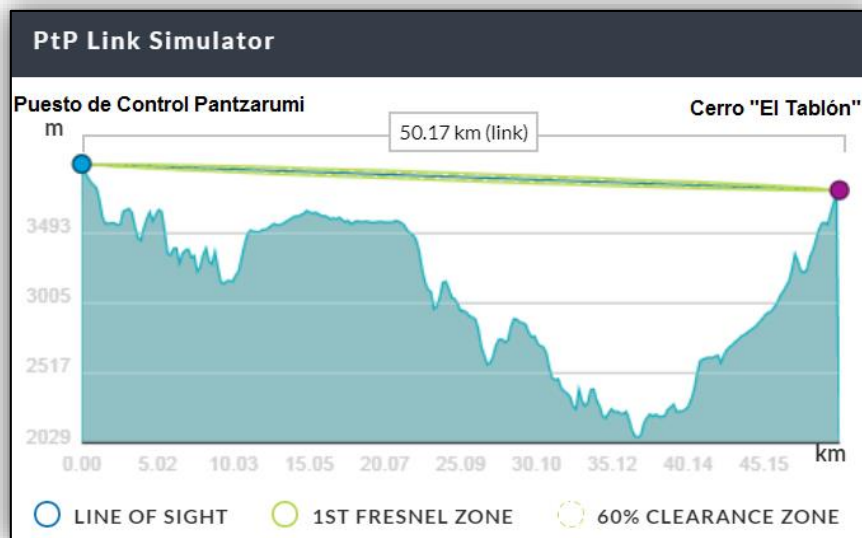


Figura 76: Perfil Topográfico del Enlace 1 en software AirLink.
Fuente: Investigadora.

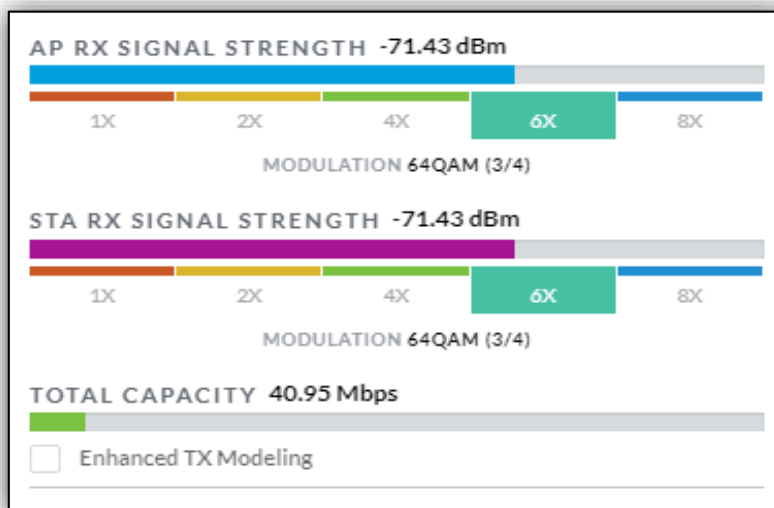


Figura 77: Resumen de resultados del Enlace 1 en simulador AirLink.
Fuente: Investigadora.

Resultados			
Pérdida de espacio libre	142 dBm	Margen de atenuación térmica	57 dBm
Nivel de señal de recepción	-39.172 dBm	Distancia entre los sitios	50.408 km
PIRE	69.0 dBm	Disponibilidad del enlace debido a la	N/A

Figura 78: Resumen de resultados del Enlace 1 en simulador LinkCalc.

Fuente: Investigadora.

Cálculos respectivos de propagación.

Pérdidas en el espacio libre:

$$L=32.4 + 20*\log(d/Km) + 20*\log(f/Mhz)$$

$$L=32.4 + 20*\log(50.408) + 20*\log(5800)$$

$$L= 141.718$$

Zona de Fresnel:

$$r = 17.32 * \sqrt{\frac{d(km)}{4 * (f/Ghz)}}$$

$$r = 17.32 * \sqrt{\frac{50.408}{4 * 5.8}}$$

$$r = 25.53 \text{ m}$$

Cálculo de Margen de Desvanecimiento:

$$Fm[dB]=30\log(50.17) + 10\log (6*0.25*0.125*5.8) - 10\log (0.00001) -70$$

$$Fm[dB]= 40.408$$

Los cálculos efectuados en Link Calc es aproximado al realizado mediante la fórmula. Además se obtuvo la zona de Fresnel para distancias sin obstáculos L= 25.53m y el margen de desvanecimiento debido a las condiciones meteorológicas es 40.408dB. Ver Margen de desvanecimiento página 44.

ENLACE 2: Cerro El Tablón – Cerro Abitagua

La simulación que muestra la línea de vista en los puntos seleccionados se muestra en la figura 79 y 80. En la Figura 81 se puede observar la potencia de recepción de la señal y la capacidad del ancho de banda requerido. Y en la figura 82 resultados de pérdida en el espacio libre y PIRE.



Figura 79: Ubicación de los puntos en el Enlace 2 en software AirLink.

Fuente: Investigadora.

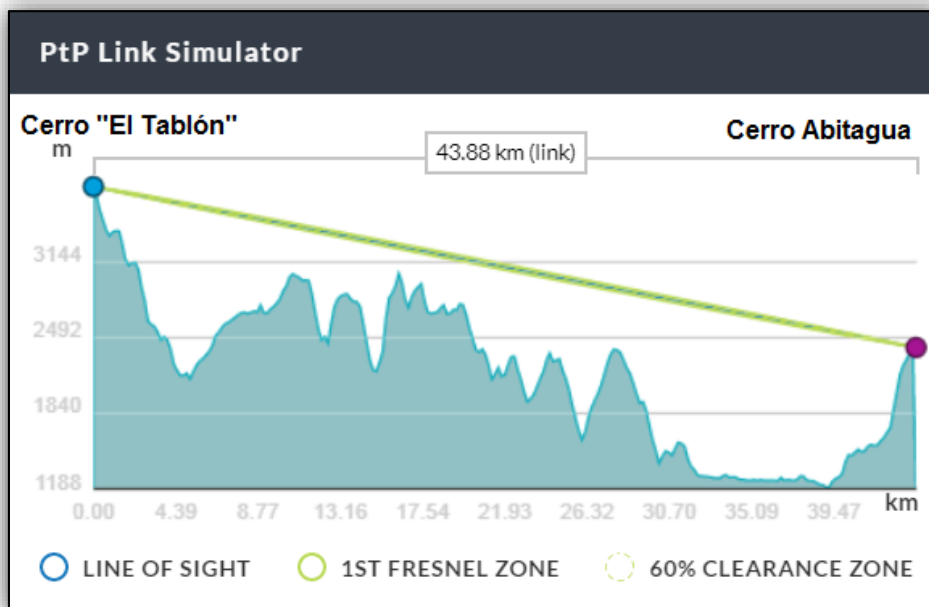


Figura 80: Perfil Topográfico del Enlace 2 en software AirLink.

Fuente: Investigadora.

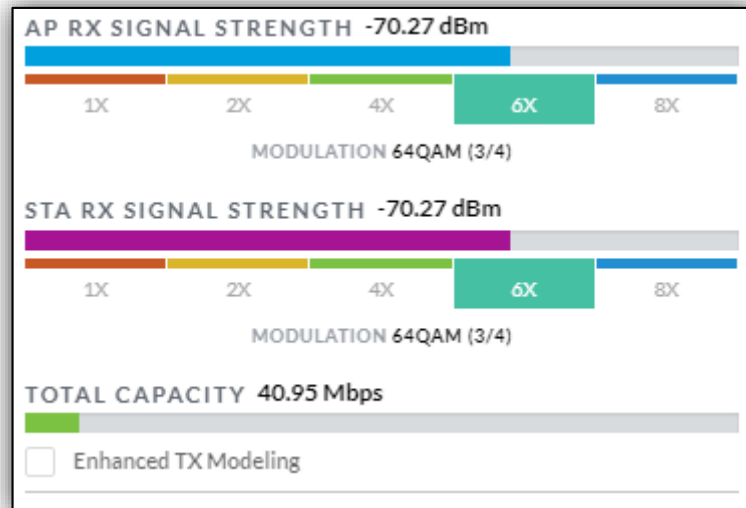


Figura 81: Resumen de resultados del Enlace 2 en simulador AirLink.

Fuente: Investigadora.

Resultados			
Pérdida de espacio libre	141 dBm	Margen de atenuación térmica	58 dBm
Nivel de señal de recepción	-37.794 dBm	Distancia entre los sitios	43.794 km
PIRE	69.0 dBm	Disponibilidad del enlace debido a la	N/A

Figura 82: Resumen de resultados del Enlace 2 en simulador LinkCalc.

Fuente: Investigador.

Pérdidas en el espacio libre:

$$L = 32.4 + 20 \cdot \log(d/\text{Km}) + 20 \cdot \log(f/\text{Mhz})$$

$$L = 32.4 + 20 \cdot \log(43.794) + 20 \cdot \log(5800)$$

$$L = 140.49$$

Zona de Fresnel:

$$r = 17.32 * \sqrt{\frac{d(\text{km})}{4 * (f/\text{Ghz})}}$$

$$r = 17.32 * \sqrt{\frac{43.794}{4 * 5.8}}$$

$$r = 23.79 \text{ m}$$

Margen de Desvanecimiento

$$Fm[\text{dB}] = 30 \log(43.88) + 10 \log(6 * 0.25 * 0.125 * 5.8) - 10 \log(0.00001) - 70$$

$$Fm[\text{dB}] = 38.66$$

Los cálculos efectuados en Link Calc es aproximado al realizado mediante la fórmula. Además se obtuvo la zona de Fresnel para distancias sin obstáculos $L = 23.79\text{m}$ y el margen de desvanecimiento debido a las condiciones meteorológicas es 38.66dB . Ver Margen de desvanecimiento página 44.

ENLACE 3: Cerro El Tablón –Loma Grande

La simulación que muestra la línea de vista en los puntos seleccionados se muestra en la figura 83 y 84. En la Figura 85 se puede observar la potencia de recepción de la señal y la capacidad del ancho de banda requerido. Y en la figura 86 resultados de pérdida en el espacio libre y PIRE.



Figura 83: Ubicación de los puntos en el Enlace 3 en software AirLink.

Fuente: Investigadora.

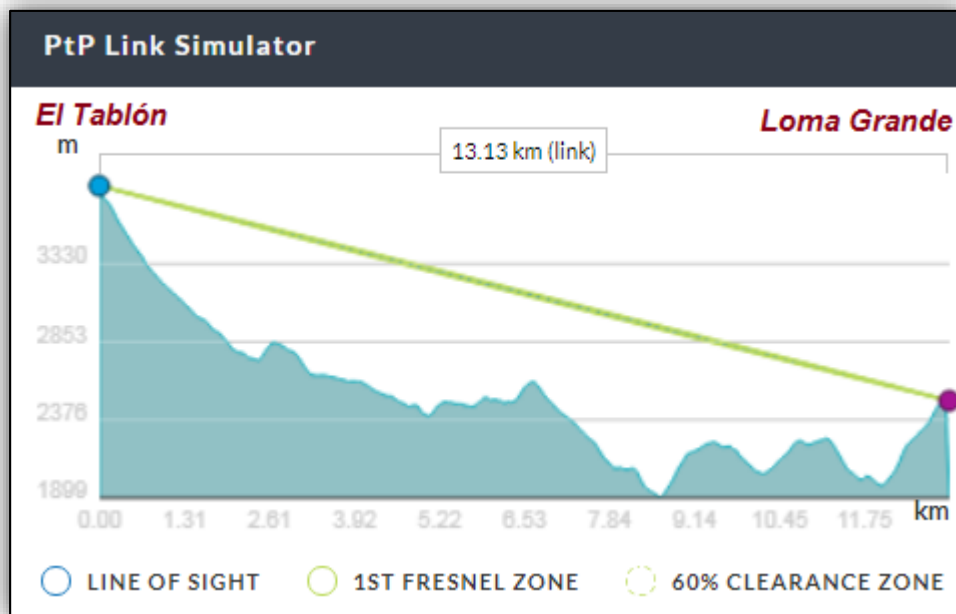


Figura 84: Perfil Topográfico del Enlace 3 en software AirLink.

Fuente: Investigadora.

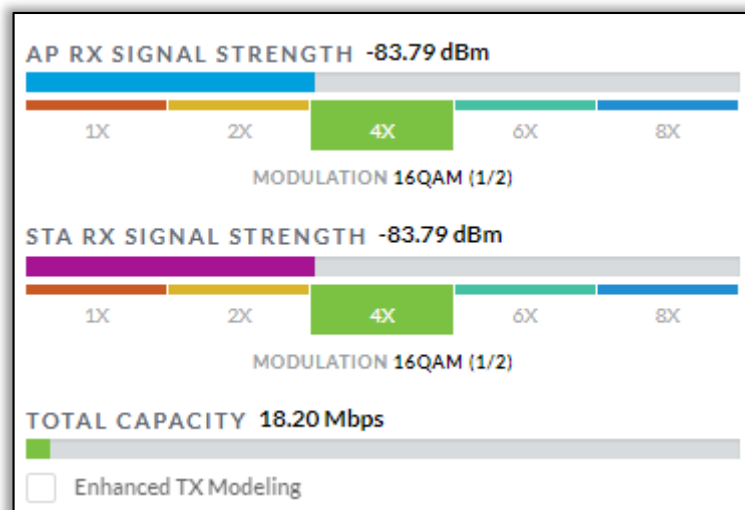


Figura 85: Resumen de resultados del Enlace 3 en simulador Airlink.

Fuente: Investigadora.

Resultados			
Pérdida de espacio libre	130 dBm	Margen de atenuación térmica	58 dBm
Nivel de señal de recepción	-37.949 dBm	Distancia entre los sitios	13.057 km
PIRE	60.0 dBm	Disponibilidad del enlace debido a la	N/A

Figura 86: Resumen de resultados del Enlace 3 en simulador LinkCalc.

Fuente: Investigadora.

Pérdidas en el espacio libre:

$$L=32.4 + 20*\log(d/Km) + 20*\log(f/Mhz)$$

$$L=32.4 + 20*\log(13.057) + 20*\log(5800)$$

$$L= 129.985$$

Zona de Fresnel:

$$r = 17.32 * \sqrt{\frac{d(km)}{4 * (f/Ghz)}}$$

$$r = 17.32 * \sqrt{\frac{13.057(km)}{4 * 5.8}}$$

$$r = 12.99 \text{ m}$$

Margen de Desvanecimiento

$$Fm[dB]=30\log(13.06) + 10\log (6*0.25*0.125*5.8) - 10\log (0.00001) -70$$

$$Fm[dB]= 22.873$$

Los cálculos efectuados en Link Calc es aproximado al realizado mediante la fórmula. Además se obtuvo la zona de Fresnel para distancias sin obstáculos L= 12.99m y el margen de desvanecimiento debido a las condiciones meteorológicas es 22.873dB. Ver Margen de desvanecimiento página 44.

ENLACE 4: Loma Grande – Oficina Baños

La simulación que muestra la línea de vista en los puntos seleccionados se muestra en la figura 87 y 88. En la Figura 89 se puede observar la potencia de recepción de la señal y la capacidad del ancho de banda requerido. Y en la figura 90 resultados de pérdida en el espacio libre y PIRE.



Figura 87: Ubicación de los puntos en el Enlace 4 en software AirLink.

Fuente: Investigadora.

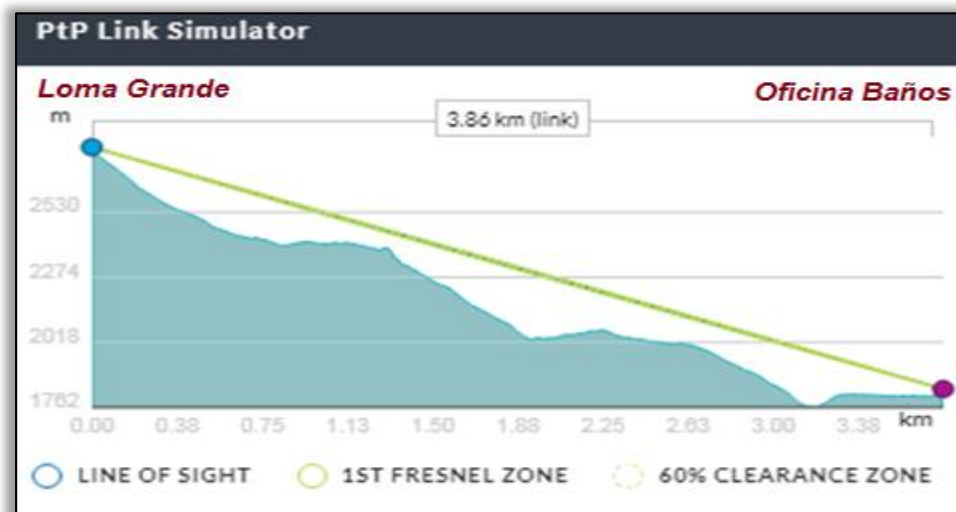


Figura 88: Perfil Topográfico del Enlace 4 en software AirLink.

Fuente: Investigadora.

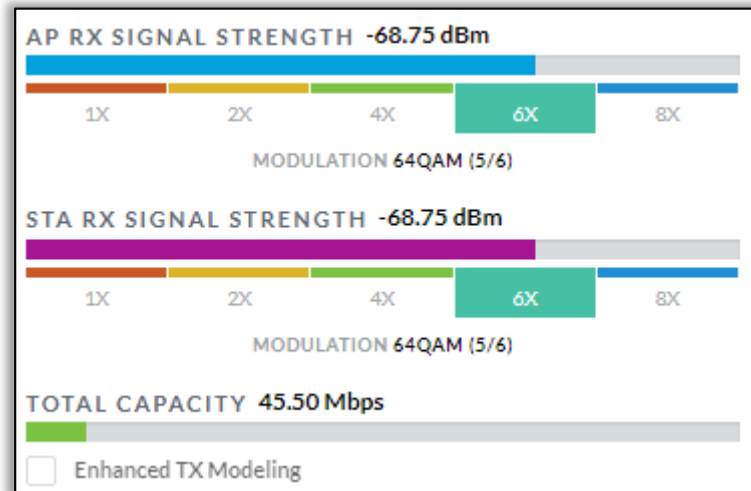


Figura 89: Resumen de resultados del Enlace 4 en simulador AirLink.

Fuente: Investigadora.

Resultados			
Pérdida de espacio libre	183 dBm	Margen de atenuación térmica	14 dBm
Nivel de señal de recepción	-81.765 dBm	Distancia entre los sitios	2.231 km
PIRE	67.0 dBm	Disponibilidad del enlace debido a la N/A	

Figura 90: Resumen de resultados del Enlace 4 en simulador LinkCalc.

Fuente: Investigadora.

Pérdidas en el espacio libre:

$$L = 32.4 + 20 \cdot \log(d/\text{Km}) + 20 \cdot \log(f/\text{Mhz})$$

$$L = 32.4 + 20 \cdot \log(2.231) + 20 \cdot \log(5800)$$

$$L = 114.6385$$

Zona de Fresnel:

$$r = 17.32 * \sqrt{\frac{d(\text{km})}{4 * (f/\text{Ghz})}}$$

$$r = 17.32 * \sqrt{\frac{2.231}{4 * (f/\text{Ghz})}}$$

$$r = 5.37 \text{ m}$$

Margen de Desvanecimiento:

$$Fm[\text{dB}] = 30\log(2.23) + 10\log(6 * 0.25 * 0.125 * 5.8) - 10\log(0.00001) - 70$$

$$Fm[\text{dB}] = -0.155$$

Los cálculos efectuados en Link Calc es aproximado al realizado mediante la fórmula. Además se obtuvo la zona de Fresnel para distancias sin obstáculos $L = 5.37\text{m}$ y el margen de desvanecimiento debido a las condiciones meteorológicas es -0.155dB . Ver Margen de desvanecimiento página 44.

ENLACE 5: Puesto de control Pantzarumi – Puesto de Control Tálaga



Figura 91: Ubicación de los puntos en el Enlace 5 en software AirLink.

Fuente: Investigadora

La simulación que muestra la línea de vista en los puntos seleccionados se muestra en la figura 91 y 92.

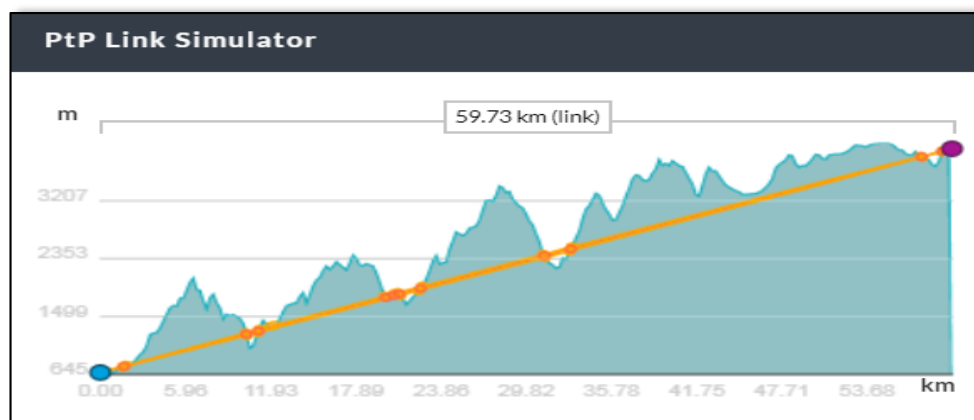


Figura 92: Perfil Topográfico del Enlace 5 en software AirLink.

Fuente: Investigadora.

Este enlace se realiza mediante una solución IP que conecta sitios remotos mediante internet, debido a las condiciones del suelo.

5.2 Áreas de Cobertura

A continuación se muestra las simulaciones de las áreas de cobertura para el sistema VHF. De acuerdo a los puntos donde se ha considerado apropiado operar como estación base. Las estaciones corresponden a: Pantzarumi, Cerro El Tablón, Cerro Abitagua y Tálag.

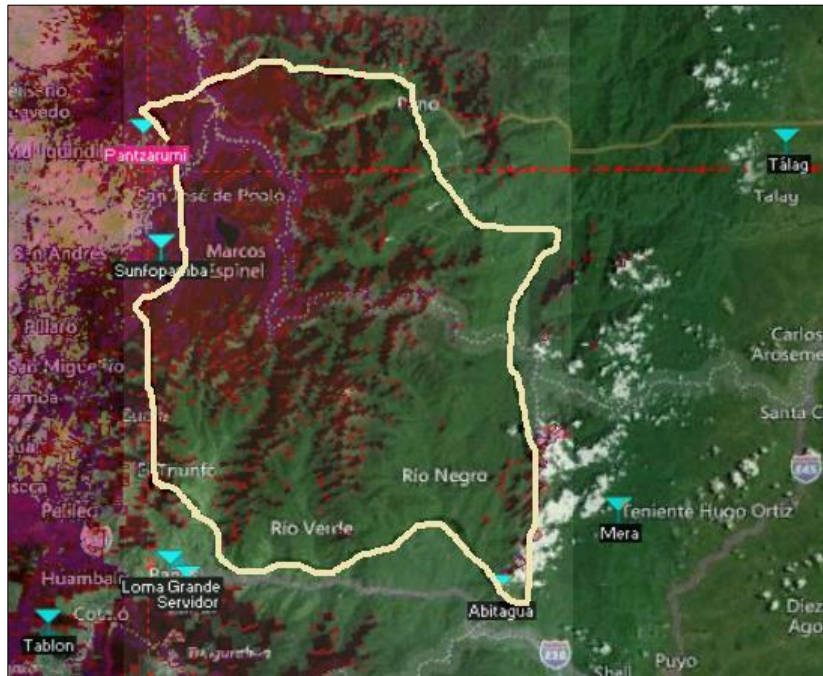


Figura 93: Área de cobertura del repetidor en puesto de control “Pantzarumi” en software Radio Mobile.

Fuente: Investigadora.

En la figura 93 se observa la cobertura proporcionada por la antena VHF en el puesto de control Pantzarumi. La simulación tiene un rango radial de 100km y cubre gran parte del PNLI brindando cobertura a la parte occidental.

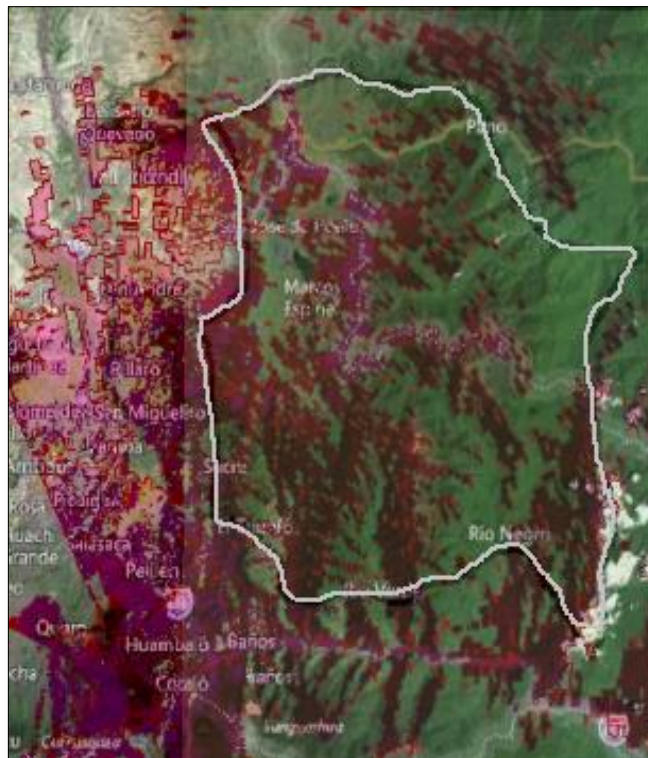


Figura 94: Área de cobertura del repetidor cerro "El Tablón" en software Radio Mobile.

Fuente: Investigadora.

En la figura 94 se observa la cobertura proporcionada por la antena VHF desde el cerro Tálag. La simulación tiene un rango radial de 100km y debido a su altura cubre un área extensa del PNLI brindando cobertura a la parte sur-occidental.

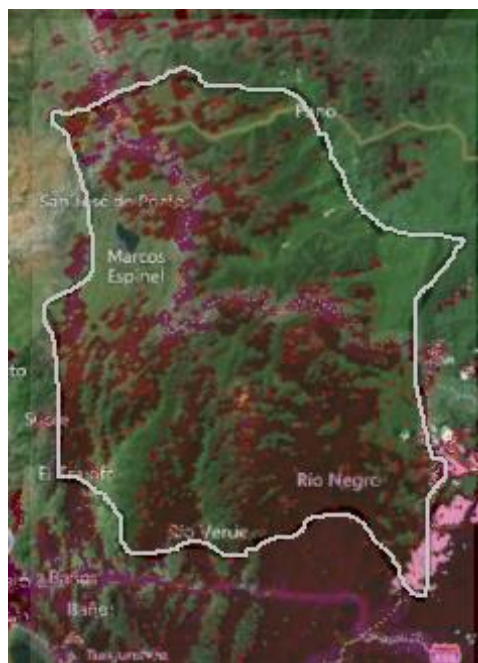


Figura 95: Área de cobertura del repetidor Cerro "Abitagua" en software Radio Mobile.

Fuente: Investigadora.

En la figura 95 se observa la cobertura proporcionada por la antena VHF desde el Cerro Abitagua. La simulación tiene un rango radial de 100km y cubre la parte sur oriental del PNLI.

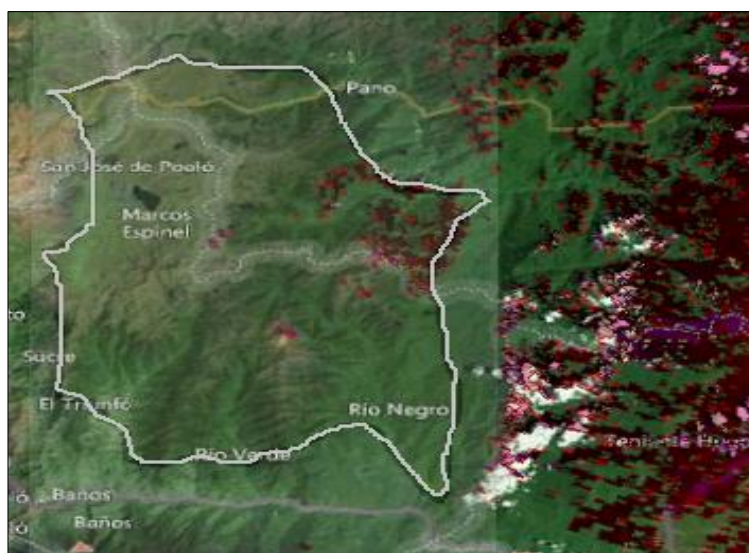


Figura 96: Área de cobertura del repetidor puesto de control Tálago en software Radio Mobile.

Fuente: Investigadora.

En la figura 96 se observa la cobertura proporcionada por la antena VHF desde el puesto de control Tálag. La simulación tiene un rango radial de 100km y cubre la parte oriental del PNLI, debido a que el puesto de control Tálag se encuentra cerca de la cordillera de los Llanganates la cobertura es débil y no tiene gran alcance.

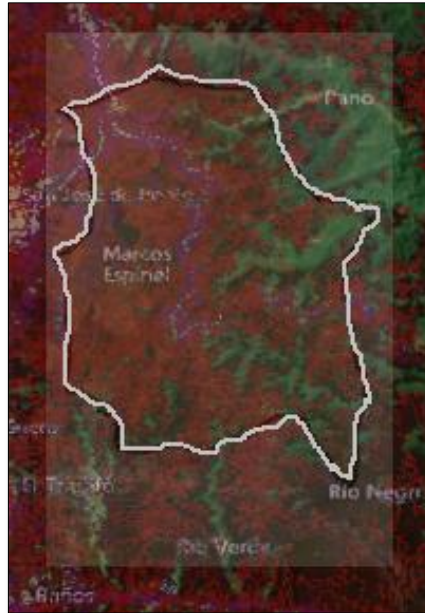


Figura 97: Área de cobertura total del Sistema de radiocomunicación de dos vías VHF, en el PNLI

En la figura 97 se observa el sistema de comunicación de dos vías VHF y su cobertura dentro del PNLI. Se ha cubierto gran parte del lugar, sin embargo, existen aún ciertos sectores en donde la cobertura es baja o nula a causa de la cordillera que atraviesa el Parque.

5.3 Interconexión de equipos para estaciones repetidoras

En la figura 98 se observa el esquema de enlaces de datos del sistema integral de comunicaciones. Descripción de los puntos requeridos para los enlaces de radio. Se proyecta una señal buena para todos los sitios y las estructuras existentes o en proyecto.

La interconexión de equipos en la estación repetidora se detalla en la figura 108. El radio microondas Rocket 5AC Prism 2G se monta en la antena externa que mediante cable de red se conecta a un Inyector POE y a su vez al Switch. De la misma manera el Switch mediante cable de red se comunica con el PC y el repetidor. Para separar

las señales de Tx y Rx se hace uso del duplexor que se conecta con cable Heliac a la antena.

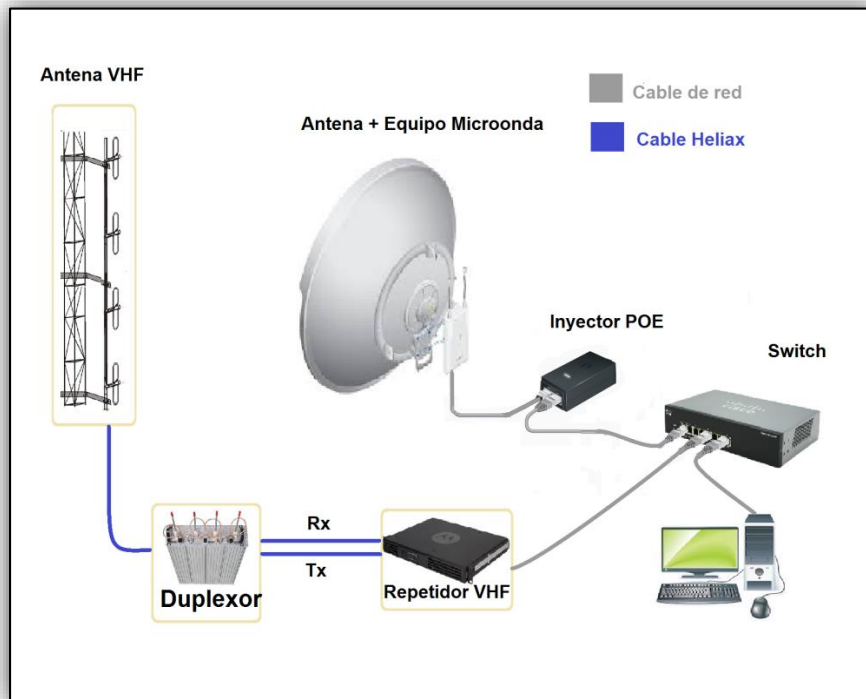


Figura 98: Esquema de interconexión de equipos.

Fuente: Investigadora.

Cada sitio escogido como estación repetidora cuenta con equipos para la comunicación de datos y para la cobertura de VHF. Para cada estación repetidora se hace uso de los equipos que se detallan a continuación.

REPETIDOR “PANTZARUMI”

Para el repetidor ubicado en “Pantzarumi” se hace uso de un radio microondas que se enlaza con otra ubicada en el cerro “El Tablón”. En la figura 99 se muestra el esquema de conexión de los equipos.

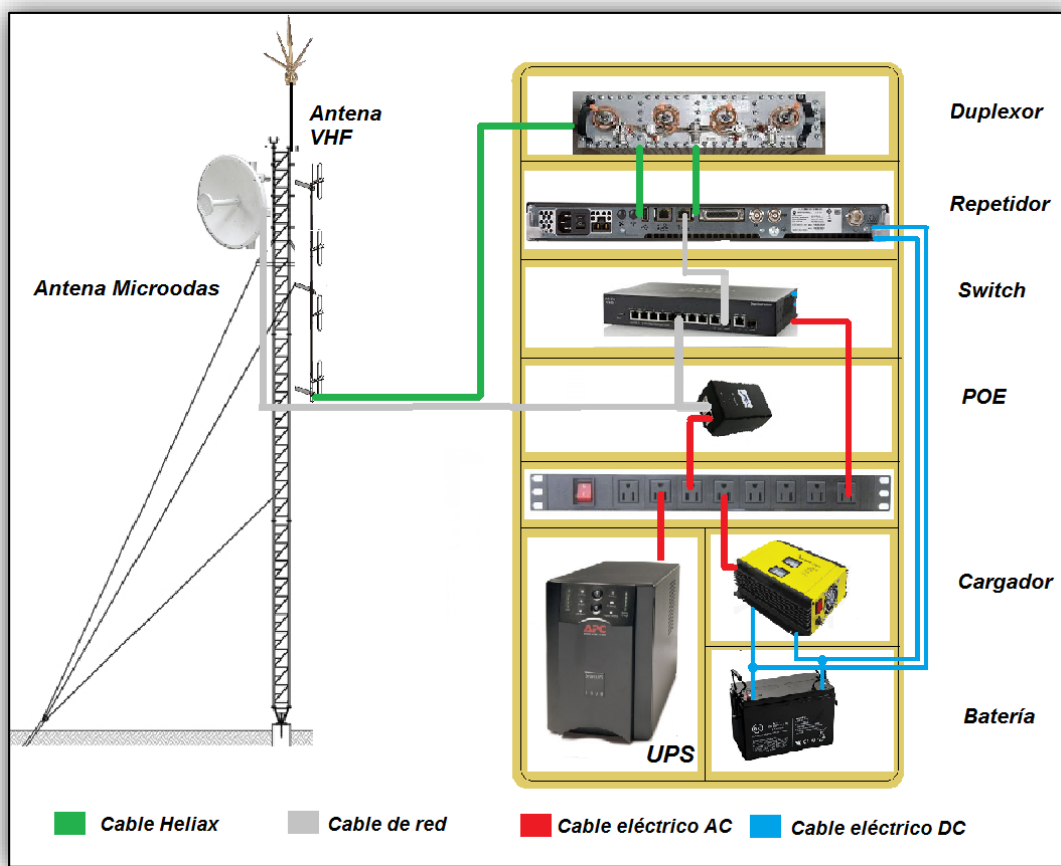


Figura 99: Esquema de interconexión de equipos en estación repetidora Pantzarumi.

Fuente: Investigadora

En la siguiente tabla 38 se detallan los equipos necesarios en este sitio, necesarios para el enlace datos.

Tabla 38: Equipos para la estación repetidora Pantzarumi.

Tipo	Equipo	Cant.
Enlace de datos	Radio Microondas	1
	Antena Rocket Dish	1
Sistema de Comunicación VHF	Repetidor	1
Respaldo de energía	Batería ciclo profundo	1
	Cargador de batería	1
	Protector antirrayos	1
	UPS (respaldo de energía)	1
Equipos adicionales	Torre	1
	Switch	1
	Inyector Poe	1
	Duplexor	1

Fuente: Investigadora

REPETIDOR “EL TABLÓN”

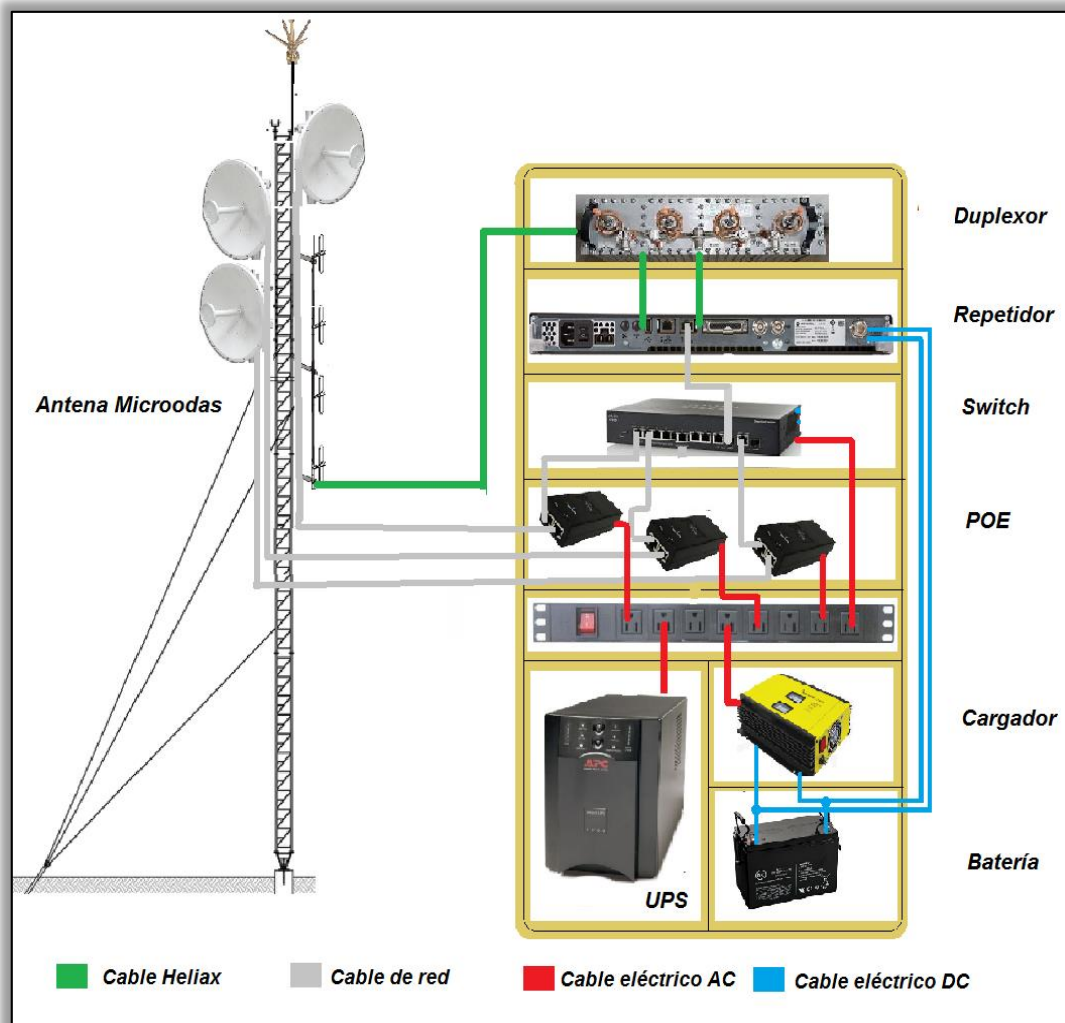


Figura 100: Esquema de estación repetidora en Cerro "El Tablón".

Fuente: Investigadora.

Para el repetidor ubicado en el cerro “El Tablón” se hace uso de tres equipos microondas que se enlaza con los repetidores ubicadas en el cerro “Abitagua”, “Loma grande” y puesto de control Pantzarumi. En la figura 100 se muestra el esquema de conexión de los equipos.

En la tabla 39 se detallan los equipos necesarios en este sitio.

Tabla 39: Equipos en la estación repetidora "El Tablón".

Tipo	Equipo	Cant.
Enlace de datos	Radio Microondas	3
	Antena Rocket Dish	3
Sistema de Comunicación VHF	Repetidor	1
Respaldo de energía	Batería ciclo profundo	1
	Cargador de batería	1
	Protector antirrayos	1
	UPS (respaldo de energía)	1
Equipos adicionales	Torre	1
	Switch	1
	Inyector Poe	3
	Duplexor	1

Fuente: Investigadora.

REPETIDOR “LOMA GRANDE”

Para el repetidor ubicado en “Loma Grande” se hace uso de dos equipos

Microondas que se enlaza con cerro “El Tablón”, y la oficina Baños. En la figura 101 se muestra el esquema de conexión de los equipos.

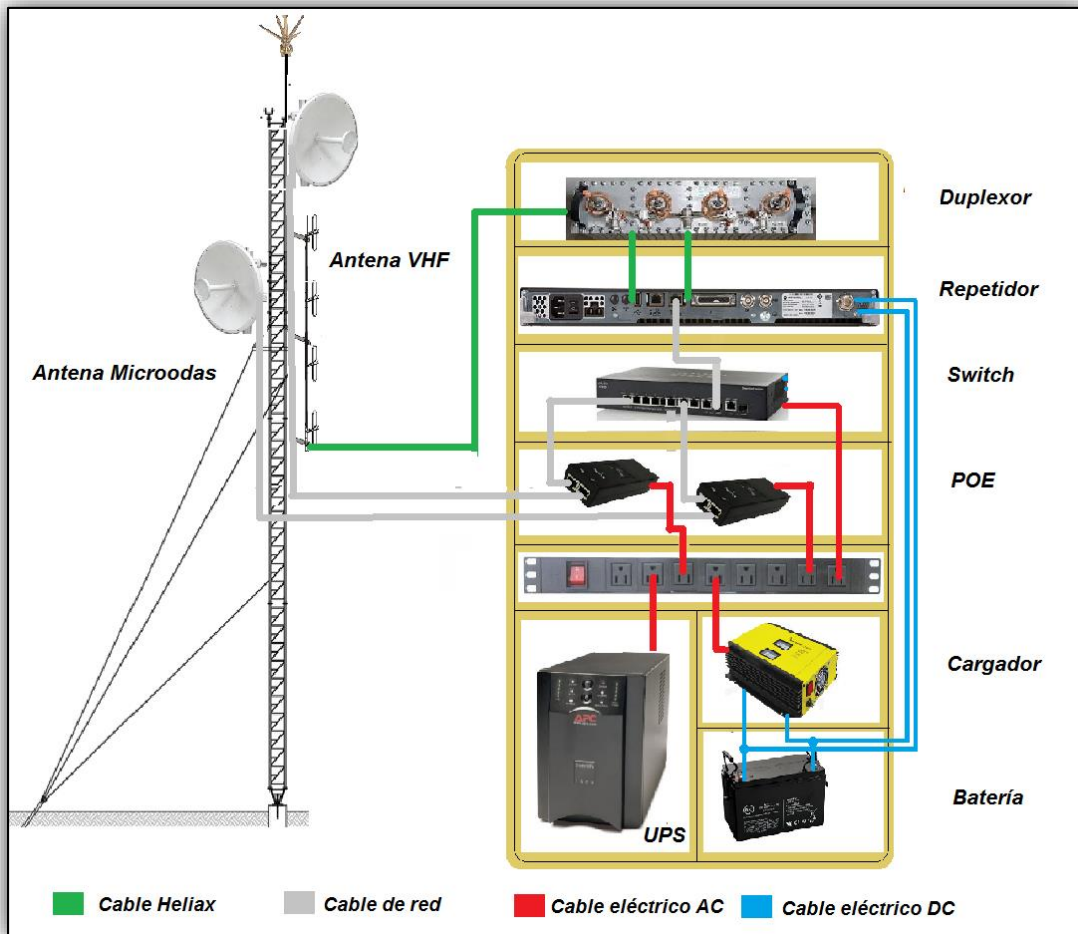


Figura 101: Esquema de estación repetidora "Loma Grande".

Fuente: Investigadora.

En la tabla 40 se detallan los equipos necesarios en este sitio.

Tabla 40: Equipos en la estación repetidora "Loma Grande".

Tipo	Equipo	Cant.
Enlace de datos	Radio Microondas	2
	Antena Rocket Dish	2
Sistema de Comunicación VHF	Repetidor	1
Respaldo de energía	Batería ciclo profundo	1
	Cargador de batería	1
	Protector antirrayos	1
	UPS (respaldo de energía)	1
Equipos adicionales	Torre	1
	Switch	1
	Inyector Poe	2
	Duplexor	1

Fuente: Investigadora.

REPETIDOR CERRO "ABITAGUA"

Para el repetidor ubicado en el cerro "Abitagua" se hace uso de un radio microondas que se enlazan con cerro "El Tablón". En la figura 102 se detallan los equipos necesarios en este sitio.

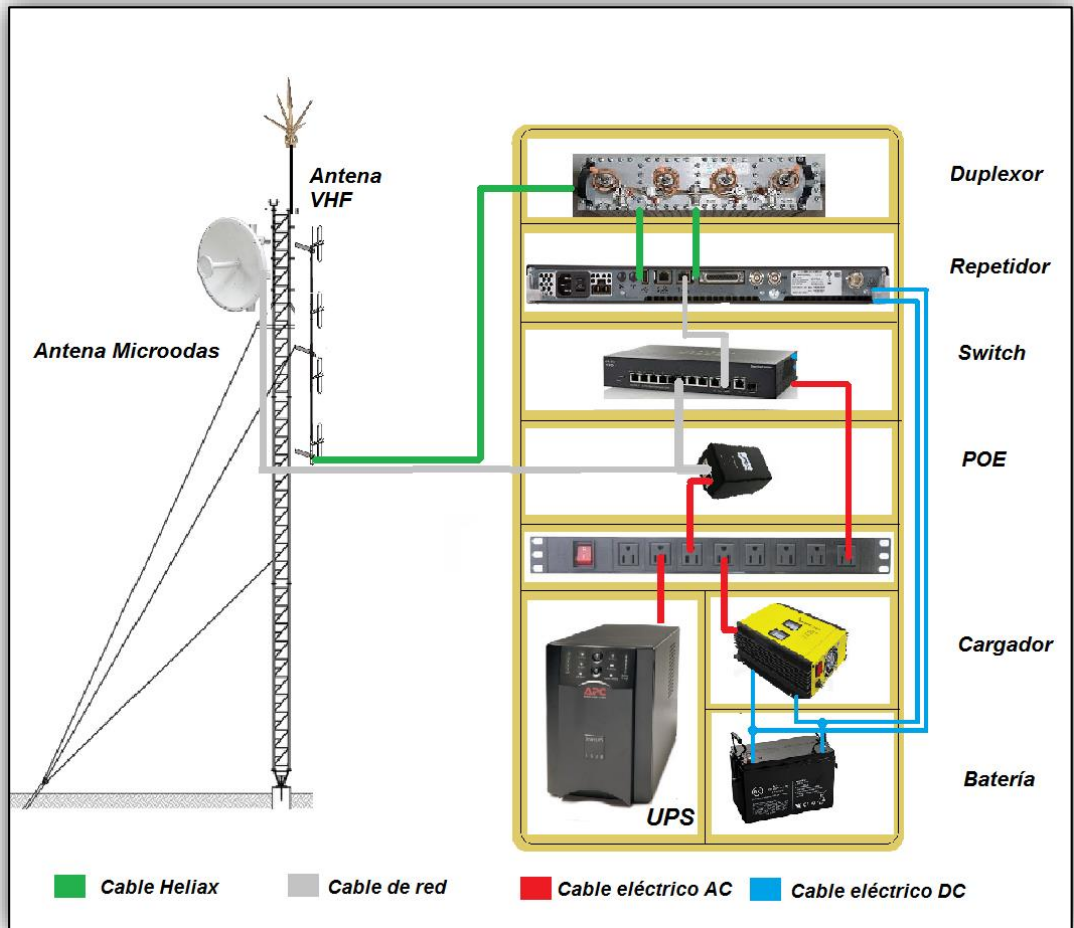


Figura 102: Esquema de estación repetidora cerro "Abitagua".

Fuente: Investigadora.

En la tabla 41 se detallan los equipos necesarios en este sitio.

Tabla 41: Equipos en la estación repetidora "Abitagua".

Tipo	Equipo	Cant.
Enlace de datos	Radio Microondas	1
	Antena Rocket Dish	1
Sistema de Comunicación VHF	Repetidor	1
Respaldo de energía	Batería ciclo profundo	1
	Cargador de batería	1
	Protector antirrayos	1
	UPS (respaldo de energía)	1
Equipos adicionales	Torre	1
	Switch	1
	Inyector Poe	1
	Duplexor	1

Fuente: Investigadora

REPETIDOR "TÁLAG"

Para el repetidor ubicado en el puesto de control Tálag no se hace uso de equipos microondas, porque su enlace se logra mediante RoIP. En la figura 103 se muestra el esquema de conexión de los equipos.

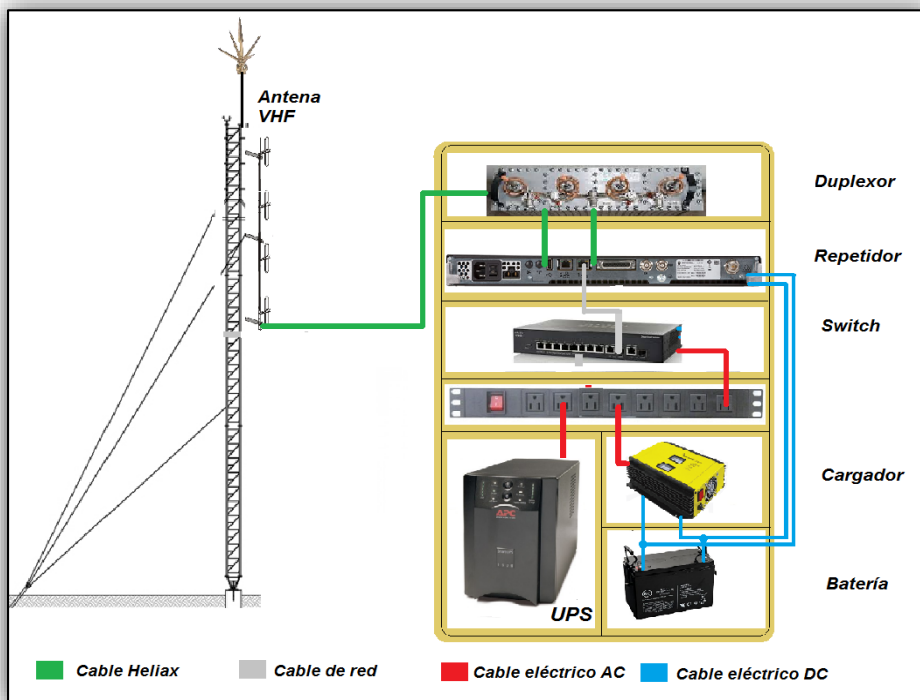


Figura 103: Esquema de estación repetidora "Tálag".

Fuente: Investigadora.

En la tabla 42 se detallan los equipos necesarios en este sitio.

Tabla 42: Equipos en la estación repetidora "Tálag".

Tipo	Equipo	Cant.
Enlace de datos	Radio Microondas	0
	Antena Rocket Dish	0
Sistema de Comunicación VHF	Repetidor	1
Respaldo de energía	Batería ciclo profundo	1
	Cargador de batería	1
	Protector antirrayos	1
	UPS (respaldo de energía)	1
Equipos adicionales	Torre	1
	Switch	1
	Duplexor	1

Fuente: Investigadora

SERVIDOR OFICINA BAÑOS

Para el repetidor ubicado en la oficina Baños se hace uso de un radio microondas que se enlaza con "Loma Grande". En la figura 104 se muestra el esquema de conexión de los equipos.

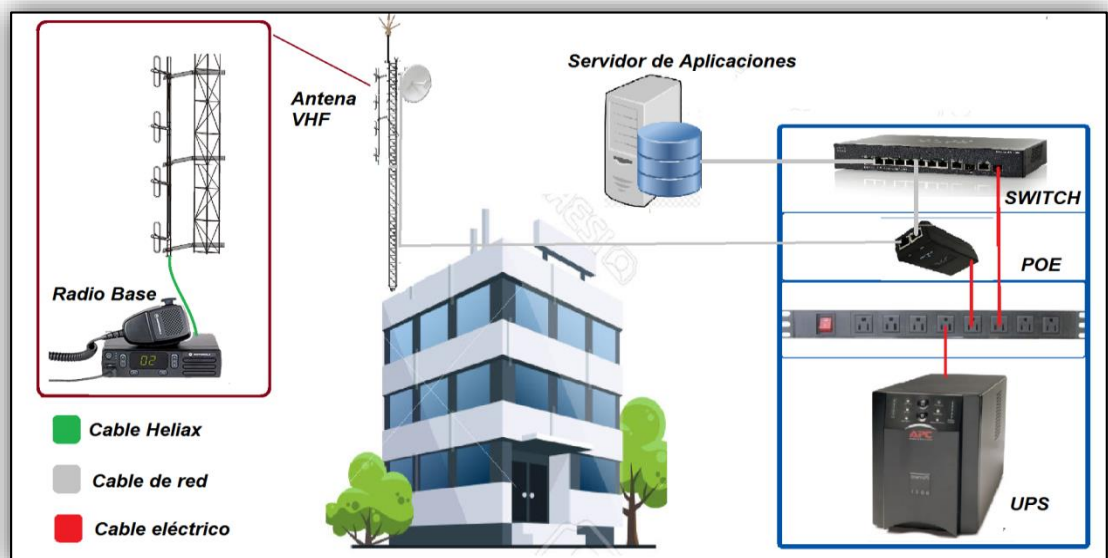


Figura 104: Esquema de estación servidor "Oficina Baños".

Fuente: Investigadora.

En la tabla 43 se detallan los equipos necesarios en este sitio.

Tabla 43: Equipos en la estación repetidora "Baños".

Tipo	Equipo	Cant.
Enlace de datos	Radio Microondas	1
	Antena Rocket Dish	1
Respaldo de energía	Protector antirrayos	1
	UPS (respaldo de energía)	1
Equipos adicionales	Torre	1
	Switch	1
	Inyector Poe	1
	Duplexor	1

Fuente: Investigadora.

5.3.1 Equipos en estaciones base

Los equipos de las estaciones base se ubicarán en los puestos de Control:

- Sunfopamba
- Pantzarumi
- Mera
- Tálag

Para el sistema VHF se toma en cuenta los radios fijos, móviles y antenas móviles tomando en cuenta las áreas de cobertura de los lugares donde se ubican las estaciones base. Los lugares como estaciones base son Sunfopamba, Mera. Además los equipos también están considerados para Pantzarumi y Tálag sitios que se consideraron en los lugares repetidores.

Oficina Baños

Para la oficina Baños se hace el uso de los equipos detallados en la tabla 44.

Tabla 44: Equipos VHF para la Oficina Baños.

Tipo	Equipo	Cant.
Radiocomunicación de 2 vías	Antenas VHF	1
	Antena Móvil	1
Sistema de Comunicación VHF	Radio Móvil	1
	Radio Base	1

Fuente: Investigadora.

Radio Base Pantzarumi

Para el Puesto de Control Pantzarumi se hace el uso de los equipos detallados en la tabla 45.

Tabla 45: Equipos VHF para la estación base Pantzarumi.

Tipo	Equipo	Cant.
Radiocomunicación de 2 vías	Antenas VHF	1
	Antena Móvil	1
Sistema de Comunicación VHF	Radio Móvil	1
	Radio Base	1
	Radio Portátil	6

Fuente: Investigadora.

Radio Base Sunfopamba

Para el Puesto de Control Sunfopamba se hace el uso de los equipos detallados en la tabla 46.

Tabla 46: Equipos VHF para la estación base Sunfopamba.

Tipo	Equipo	Cant.
Radiocomunicación de 2 vías	Antenas VHF	1
	Antena Móvil	1
Sistema de Comunicación VHF	Radio Móvil	1
	Radio Base	1
	Radio Portátil	6

Fuente: Investigadora.

Radio Base Mera

Para el Puesto de Control Mera se hace el uso de los equipos detallados en la tabla 47

Tabla 47: Equipos VHF para la estación base Mera.

Tipo	Equipo	Cant.
Radiocomunicación de 2 vías	Antenas VHF	1
	Antena Móvil	1
Sistema de Comunicación VHF	Radio Móvil	1
	Radio Base	1
	Radio Portátil	6

Fuente: Investigadora.

Radio Base Tálag

Para el Puesto de Control Tálag se hace el uso de los equipos detallados en la tabla 48.

Tabla 48: Equipos VHF para la estación base Tálag.

Tipo	Equipo	Cant.
Radiocomunicación de 2 vías	Antenas VHF	1
	Antena Móvil	0
Sistema de Comunicación VHF	Radio Móvil	1
	Radio Base	1
	Radio Portátil	6

Fuente: Investigadora.

A continuación en la figura 105 se presenta el esquema de la topología de los equipos del sistema integral de radiocomunicaciones.

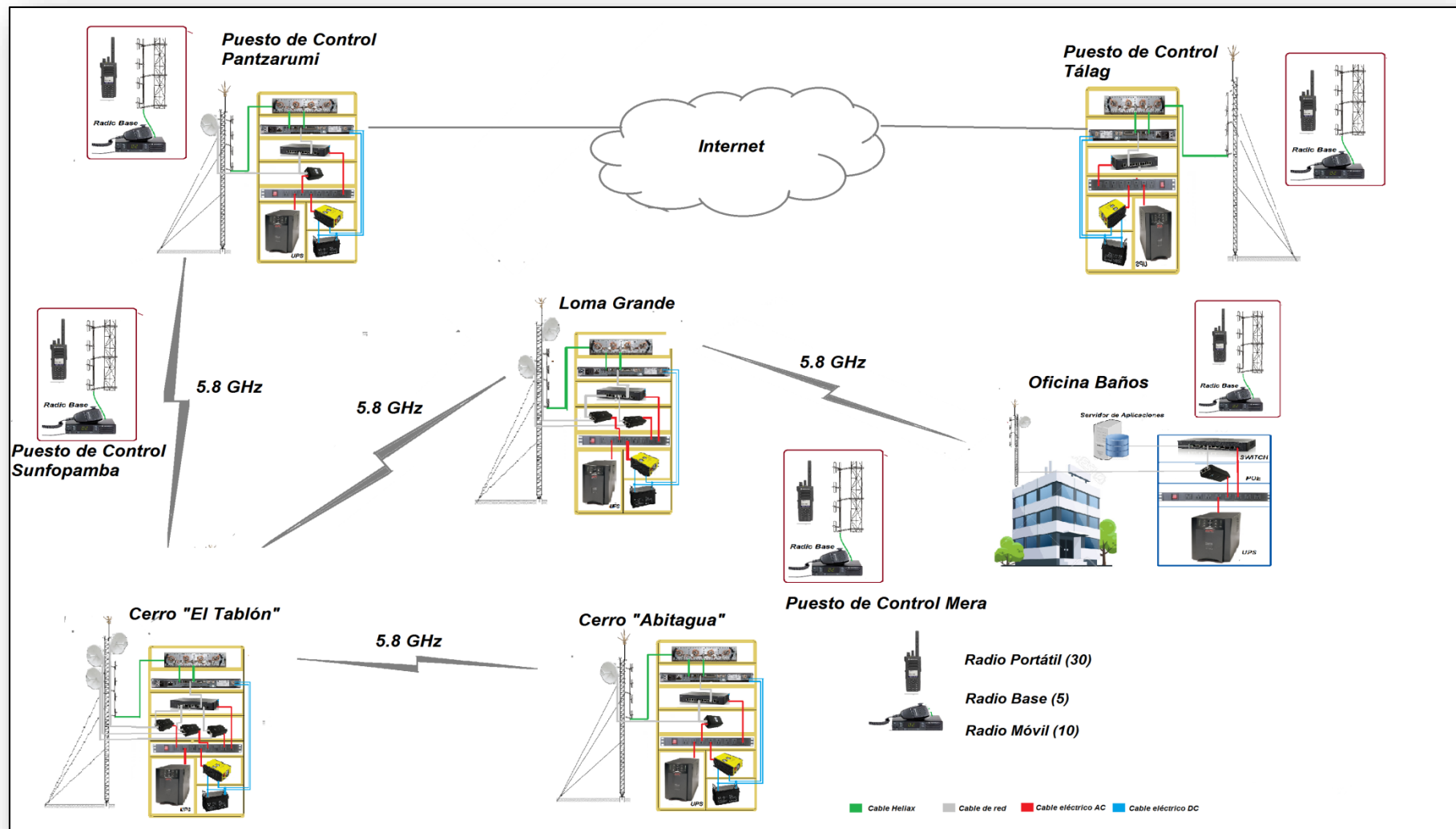


Figura 105: Topología física e interconexión de equipos del sistema de comunicaciones.

Fuente: Investigadora.

4.4.2 Tarifa por uso de frecuencias del espectro radioeléctrico

El Consejo Nacional de Telecomunicaciones del Ecuador en su reglamento por concesión y tarifas por asignación de frecuencias expidió el reglamento en base a parámetros establecidos en la siguiente ecuación, para el caso de un enlace punto-punto y punto-multipuntos. [86]

$$T(US\$) = Ka * \alpha * \beta * A * (D)^2$$

T(US\$) = Tarifa mensual en dólares

Ka = Factor de ajuste por inflación (1 como valor de referencia)

α = Coeficiente de valoración del espectro del servicio fijo para enlaces punto-punto

β = Coeficiente de corrección para el sistema fijo para enlaces punto-punto (1 como valor de referencia)

A = Ancho de banda de la frecuencia asignada, en MHz.

D = Distancia entre las estaciones fijas en Km.

La tabla 49 señala los coeficientes de valoración y la tabla 50 las distancias máximas aplicables para tarifas de servicio.

Tabla 49: Coeficiente de valoración. [86]

Rango de frecuencias	Coeficiente de valoración (α)
0 GHz < f < 1 GHz	0.0815313
1 GHz < f < 5 GHz	0.0323876
5 GHz < f < 10 GHz	0.0237509
10 GHz < f < 15 GHz	0.0215917
15 GHz < f < 20 GHz	0.0194325
20 GHz < f < 25 GHz	0.0183529
f > 25 GHz	0.0172734

Tabla 50: Distancias máximas aplicables para fines de cálculo de las tarifas del Servicio.

[69]

Rango de frecuencias	Distancia mínima (Km)	Distancia máxima (Km)
0 GHz < f < 1 GHz	30	70
1 GHz < f < 5 GHz	15	50
5 GHz < f < 10 GHz	12	30
10 GHz < f < 15 GHz	9	25
15 GHz < f < 20 GHz	8	20
20 GHz < f < 25 GHz	6	15
f > 25 GHz	5	10

5.4 Presupuesto referencial del sistema de radiocomunicaciones

Una vez diseñado el sistema de comunicaciones y en base a las simulaciones se establece el presupuesto para los equipos, materiales, software y costo por el uso de frecuencias.

a) Costo por uso de frecuencias

La ecuación para el cálculo de la tarifa por uso de frecuencias del espectro radioeléctrico y sus valores están dados en base a la frecuencia de operación, distancia de separación entre los dos puntos y ancho de banda. El costo por enlace es mensual. De acuerdo a la fórmula:

$$T(US\$) = Ka * \alpha * \beta * A * (D)^2$$

Pantzarumi – El Tablón

$$T(US\$) = (1) * (0.0237509) * (1) * (10) * (50.17)^2$$

$$T(US\$) = \$597.81$$

El Tablón - Abitagua

$$T(US\$) = (1) * (0.0237509) * (1) * (10) * (43.88)^2$$

$$T(US\$) = \$457.31$$

El Tablón – Loma Grande

$$T(US\$) = (1) * (0.0237509) * (1) * (10) * (13.06)^2$$

$$T(US\$) = \$40.51$$

Loma Grande – Oficina Baños

$$T(US\$) = (1) * (0.0237509) * (1) * (10) * (2.23)^2$$

$$T(US\$) = \$1.18$$

La tabla 51 resume los cálculos de enlaces.

Tabla 51: Cálculo de enlaces.

Enlaces	Cant	Costo USD	Meses	Total
Pantzarumi – Cerro El Tablón	1	597.81	12	7173.72
Cerro El Tablón – Cerro Abitagua	1	457.31	12	5487.72
Cerro el Tablón – Loma Grande	1	40.51	12	486.12
Loma Grande - Oficina Baños	1	1.18	12	14.16
TOTAL				13161.72

Fuente: Investigadora.

b) Presupuesto de equipos a ubicarse en la Oficina Baños

En la Oficina Baños se ubica el servidor del sistema, en éste se instala el software de aplicaciones en un ordenador de la oficina. De esta manera se comunica al repetidor en Loma Grande. El presupuesto para la oficina Baños se indica en la tabla 52.

Tabla 52. Presupuesto de Equipos para la Oficina Baños.

Oficina Baños				
Equipo	Unidad	Cant.	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
Ubiquiti Rocket 5AC Prism Gen 2 +				
Rocket Dish RD-5G30 + Adaptador POE	c/u	1	742,4	742,4
Switch CISCO SG100D-08	c/u	1	110	110
Antena ELECNA VHF	c/u	1	336	336
Smart APC 1500VA	c/u	1	400	400

Software de aplicaciones MOTOTRBO

· Software de programación SLR - 5100				
· Software cliente	c/u	1	6500	6500
· Licencia IP SITE				
· Sistema de Localización (10 vehículos)				
			TOTAL	8088,40

Fuente: Investigadora.

c) Presupuesto de equipos a ubicarse en la estación repetidora Loma Grande

Los equipos que utilizaran en la estación repetidora Loma Grande para enlazarse con la Oficina Baños y la estación repetidora El Tablón. El presupuesto para la repetidora Loma Grande se muestra en la tabla 53.

Tabla 53. Presupuesto de equipos a ubicarse en repetidora Loma Grande.

Repetidor Loma Grande				
Equipo	Unidad	Cant.	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
Ubiquiti Rocket 5AC Prism Gen 2 + Rocket Dish RD-5G30 + inyector POE	c/u	2	742,4	1484,8
Switch CISCO SG100D-08	c/u	1	110	110
Batería UB12100	c/u	1	350	350
UPS APC 1500VA	c/u	1	400	400
Cargador SAMLEX SEC125OUL	c/u	1	120	120
Repetidora MOTOROLA SLR5100	c/u	1	4160	4160
			TOTAL	6624,8

Fuente: Investigadora.

d) Presupuesto de equipos a ubicarse en la estación repetidora El Tablón

Los equipos que utilizaran en la estación repetidora El Tablón para enlazarse con la el repetidor Loma Grande, repetidor en Pantzarumi y el repetidor en el cerro Abitagua. El presupuesto para el repetidor en El Tablón se indica en la tabla 54.

Tabla 54: Presupuesto de equipos a ubicarse en repetidora El Tablón.

Repetidor Cerro "El Tablón"				
Equipo	Unidad	Cant.	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
Ubiquiti Rocket 5AC Prism Gen 2 + Rocket Dish RD-5G30 + inyector POE	c/u	3	742,4	2227,2
Switch CISCO SG100D-08	c/u	1	110	110
Batería UB12100	c/u	1	350	350
Smart APC 1500VA	c/u	1	400	400
Antena ANDREW VHF DB-224	c/u	1	1200	1200
Cargador SAMLEX SEC125OUL	c/u	1	120	120
Duplexor Sinclair	c/u	1	1450	1450
Repetidora MOTOROLA SLR5100	c/u	1	4160	4160
			TOTAL	10017,2

Fuente: Investigadora.

e) Presupuesto de equipos a ubicarse en la estación repetidora Pantzarumi

Los equipos que utilizaran en la estación repetidora Pantzarumi para enlazarse con la estación repetidora en el cerro El Tablón. El presupuesto para la estación repetidora en Pantzarumi se indica en la tabla 55.

Tabla 55: Presupuesto de equipos a ubicarse en repetidora Pantzarumi.

Repetidor Puesto de Control Pantzarumi				
Equipo	Unidad	Cant.	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
Ubiquiti Rocket 5AC Prism Gen 2 + Rocket Dish RD-5G30 + inyector POE	c/u	1	742,4	742,4
Switch CISCO SG100D-08	c/u	1	110	110
Batería UB12100	c/u	1	350	350
Smart APC 1500VA	c/u	1	400	400
Antena ANDREW VHF 136-170Mhz	c/u	1	1200	1200
Duplexor Sinclair	c/u	1	1450	1450
Cargador SAMLEX SEC125OUL	c/u	1	120	120
Repetidora MOTOROLA SLR5100	c/u	1	4160	4160
			TOTAL	8532,4

Fuente: Investigadora.

f) Presupuesto de equipos a ubicarse en la estación repetidora Abitagua

Los equipos que utilizaran en la estación repetidora Abitagua para enlazarse con la repetidora en el cerro El Tablón. El presupuesto para el repetidor Abitagua se indica en la tabla 56.

Tabla 56: Presupuesto de equipos a ubicarse en repetidor Abitagua.

Repetidor Abitagua				
Equipo	Unidad	Cant.	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
Ubiquiti Rocket 5AC Prism Gen 2 + Rocket Dish RD-5G30 + inyector POE	c/u	1	742,4	742,4
Switch CISCO SG100D-08	c/u	1	110	110

Batería UB12100	c/u	1	350	350
Smart APC 1500VA	c/u	1	400	400
Antena ANDREW VHF DB-224	c/u	1	1200	1200
Duplexor Sinclair	c/u	1	1450	1450
Cargador SAMLEX SEC125OUL	c/u	1	120	120
Repetidora MOTOROLA SLR5100	c/u	1	4160	4160
			TOTAL	8532,4

Fuente: Investigadora.

g) Presupuesto de equipos a ubicarse en la estación repetidora Tálag

Los equipos que utilizaran en la estación repetidora Tálag para enlazarse con la repetidora en el Pantzarumi mediante RoIP. El presupuesto para el repetidor Tálag se indica en la tabla 57.

Tabla 57: Presupuesto para el repetidor Tálag.

Repetidor Tálag				
Equipo	Unidad	Cant.	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
Switch CISCO SG100D-08	c/u	1	110	110
Batería UB12100	c/u	1	350	350
Smart APC 1500VA	c/u	1	400	400
Antena ANDREW VHF DB-224	c/u	1	1200	1200
Duplexor Sinclair	c/u	1	1450	1450
Cargador SAMLEX SEC125OUL	c/u	1	120	120
Repetidora MOTOROLA SLR5100	c/u	1	4160	4160
			TOTAL	7790

Fuente: Investigadora.

h) Presupuesto Equipos MOTOTRBO y Antenas VHF

Los equipos Motorola utilizados dentro del sistema MOTOTRBO se detallan a continuación con sus respectivas antenas VHF, para estaciones fijas/ móviles. Es presupuesto para los equipos MOTOTRBO se muestran en la tabla 58.

Tabla 58. Presupuesto Equipos MOTOTRBO y Antenas VHF.

Equipos MOTOTRBO y Antenas VHF				
Equipo	Unidad	Cant	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
Antena ELECNA VHF	c/u	3	336	1008
Antena PCTEL VHF BB-GT-150	c/u	6	40	240
Radio Móvil/ Fija MOTOROLA DGM 8500	c/u	10	891	8910
Radio Portátil MOTOROLA DGP 8550	c/u	24	1287	30888
			TOTAL	41046

Fuente: Investigadora.

i) Presupuesto Sistema VHF

las estaciones repetidores requieren dos frecuencias para transmisión o recepción asignadas por el ARCOTEL. En la tabla 59 se detalla el valor a pagar por el uso de las frecuencias.

Tabla 59. Presupuesto Sistema VHF y estudio de ingeniería.

Uso de frecuencias VHF y Estudio de Ingeniería					
General	Unidad	Cantidad	Costo (USD)	Meses	Costo total (USD)
Estudios de Ingeniería	c/u	6	700,00	--	4200,00
<ul style="list-style-type: none"> • (1) Enlaces microondas • (5) Estaciones repetidoras 					
Uso de frecuencias de comunicaciones	c/u	1	500,00	--	500,00
Firma de contrato	c/u	1	180,00	--	180,00
Uso de frecuencias	c/u	10	18,00	12	2160,00
TOTAL					7140,00

Fuente: Investigadora.

j) Presupuesto de torres y casetas

Para ubicar los equipos en las estaciones repetidores es necesaria la utilización de torres y casetas, y la protección para los equipos utilizando pararrayos y sistemas de puesta a tierra. En la tabla 60 se detalla el valor del presupuesto por torres y casetas.

Tabla 60. Presupuesto de torres y casetas.

Torres y Caseta				
Equipo	Unidad	Cantidad	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
Torre arriestrada 12m	c/u	1	673,00	673,00
Torre arriestrada 9m	c/u	1	572,00	572,00
Torre arriestrada 6m	c/u	4	470,00	1880,00
Luz de balizamiento	c/u	6	80,00	480,00
Pararrayo Franklin	c/u	6	360,00	2160,00

Caseta	c/u	3	1500,00	4500,00
Protector 859902	c/u	5	55,00	275,00
Tierra de equipos	c/u	5	500,00	2500,00
Tierra de torre	c/u	6	900,00	5400,00
			TOTAL	18440,00

Fuente: Investigadora.

k) Presupuesto materiales adicionales

Adicionalmente se utilizaran ciertos materiales como el cable, al igual que los conectores adecuados de acorde a las especificaciones de los equipos, para interconectarlos. En la tabla 61 se detalla el valor del presupuesto para materiales adicionales.

Tabla 61. Presupuesto materiales adicionales

Materiales para instalación				
Materiales	Unidad	Cant	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
Cable FTP cat 6 Ext.	c/m	140	1,50	210,00
Cable UTP cat 6	c/m	24	0,66	15,84
Cable HELIAX ½' standard ANDREW	c/m	164	8,00	1312,00
Conectores RJ-45	c/u	48	0,25	12,00
Conectores N macho	c/u	30	40,00	1200,00
Regleta de voltaje	c/u	4	45,00	180,00
			TOTAL	2929,00

Fuente: Investigadora.

j) Presupuesto referencial total del proyecto

Después de haber establecido los presupuestos individuales, en la tabla 62 se detalla de manera general el costo total del presente proyecto.

Tabla 62. Presupuesto referencial total de proyecto.

Fuente: Investigadora.

Presupuesto Referencial Total	
General	Costo Total
Enlaces Microondas 5.8 GHz.	13161,72
Equipos en la Oficina Baños	8088,4
Equipos en la estación Repetidora Pantzarumi	8532,4
Equipos en la estación Repetidora El Tablón	10017,2
Equipos en la estación Repetidora Abitagua	8532,4
Equipos en la estación Repetidora Loma Grande	6624,8
Equipos en la estación Repetidora Tálag	7790
Equipos de Sistema MOTOTRBO y Antenas VHF	41046
Uso de frecuencias VHF y estudio de Ingeniería	7140
Torres y Casetas	18440
Materiales adicionales	2929,84
SUBTOTAL	132.302,76
Diseño del sistema de comunicaciones	6615,13
Imprevistos 10%	1.332,0276
TOTAL	140.249,918

CAPITULO V.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Los enlaces de radio convencional no han permitido comunicar al puesto de control en Tálag por lo que el enlace mediante RoIP ha sido necesario para integrar todos los puntos y cubrir de la manera más óptima las necesidades de vigilancia y control del PNLI.
- El perfil del suelo del parque posee varias elevaciones de importante altura, pero su acceso es difícil pues se debiera cruzar selva virgen, por lo tanto a pesar de haber escogido sitios fuera del PNLI estos presentan facilidades para la revisión de los equipos de ser necesario.
- La frecuencia UHF a pesar de ser menos propensa a los inconvenientes de comunicación debido a los pocos transmisores que operan en estas frecuencias representan inversiones más costosas que los equipos VHF, además la frecuencia VHF tiene un mejor funcionamiento en espacios abiertos y el mejor rendimiento de las baterías de los equipos que optimizan sustancialmente los recorridos dentro del parque.
- La conexión mediante internet es una buena opción para conectar los diferentes sitios, sin embargo hacer un sistema completo con RoIP lo convierte en vulnerable y dependiente de empresas externas.

- En el informe en formato Senplades se presenta como una alternativa a presentarse como proyecto para la inversión pública de manera que el Ministerio del Ambiente lo pueda ejecutar en beneficio del PNLI.

5.2 Recomendaciones

- Se puede incrementar el número de repetidores para ampliar el área de cobertura en todo el Parque Nacional Llanganates.
- A pesar de que los equipos no se encuentran en lugares accesibles y no están en riesgo de vandalismo se recomienda la contratación de un seguro para los bienes.
- Usar equipos en frecuencia VHF con alturas de las torres bajas para evitar incurrir en costos innecesarios además con el objetivo de no presentarse como contaminación visual en particular aquellos sitios que se encuentran dentro del PNLI.
- Usar RoIP únicamente en los puestos de control con línea de vista nula. Y enlace de datos mediante microonda en los demás sitios para obtener un sistema de comunicaciones independiente de otras empresas de comunicaciones.
- Los enlaces a implementarse deben ser simulados en varios software para garantizar la efectividad de las comunicaciones y el estudio sea confiable y factible para aplicarse. Se debe tomar en cuenta aspectos importantes de relieve, radio de cobertura, frecuencia de operación, zona de fresnel y pérdidas en el espacio libre, que deben ser representados bajo las condiciones más reales posibles, para evitar problemas en la implementación.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] D. Viamonte, «Punto Seguridad,» 17 marzo 2017. [En línea]. Available: <https://www.puntoseguridad.com/2017/03/evolucion-las-radiocomunicaciones-sector-industrial/#>. [Último acceso: 2017 abril 2017].
- [2] M. d. Ambiente, «Ministerio del Ambiente,» [En línea]. Available: <http://www.ambiente.gob.ec/16764/>. [Último acceso: 23 marzo 2017].
- [3] M. d. Ambiente, «Plan de Manejo Parque nacional Llanganates».
- [4] D. A. Neill, «PARQUE NACIONAL LLANGANATES: VISIÓN GENERAL,» [En línea]. Available: : <https://www.researchgate.net/publication/266245702>. [Último acceso: 20 marzo 2017].
- [5] F. Maisanche, «LLANGANATES: DOS COMUNIDADES PROTEGEN EL ÁREA,» *PLANETA*, 11 julio 2015.
- [6] M. Loza, «“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD E INGENIERÍA DE UN SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIÓN EN ÁREAS PROTEGIDAS PRIORIZADAS DEL PATRIMONIO DE ÁREAS NATURALES DEL ESTADO”,» 2014.
- [7] P. León, «Repositorio de la Universidad Católica de Cuenca,» diciembre 2013. [En línea]. Available: <http://dspace.ucacue.edu.ec/bitstream/reducacue/5633/1/TTproyecto%20de%20investigacion.pdf>. [Último acceso: 02 abril 2017].
- [8] C. Vila, «Repositorio de la Universidad de Las Américas Puebla,» 16 mayo 2005. [En línea]. Available: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/vila_b_ca/. [Último acceso: 02 abril 2017].

- [9] D. Villacis, «Repositorio de la Escuela Polotécnica del Ejército,» 2007. [En línea]. Available: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/605/1/T-ESPE-014607.pdf>. [Último acceso: 04 abril 2017].
- [10] V. Escobar, «Repositorio de la Escuela Superior Politécnica del Ejército,» 2010. [En línea]. Available: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/915/1/T-ESPE-027527.pdf>. [Último acceso: 09 abril 2017].
- [11] C. Viñachi, «Repositorio de la Escuela Superior Politécnica del Ejército,» 2010. [En línea]. Available: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/438/1/T-ESPE-027432.pdf>. [Último acceso: 09 abril 2017].
- [12] S. Ú. d. I. Ambiental, «Ministerio del Ambiente,» [En línea]. Available: <http://mapainteractivo.ambiente.gob.ec/portal/>. [Último acceso: 27 abril 2017].
- [13] N. Chicaiza, «Repositorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi,» 2016. [En línea]. Available: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/3155>. [Último acceso: 30 marzo 2017].
- [14] Lorena Tapia, «Ministerio del Ambiente,» [En línea]. Available: <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/05/AM-129-Reforma-020-neumaticos.pdf>. [Último acceso: 30 marzo 2017].
- [15] R. Segura, «Repositorio de la Universidad Técnica de Ambato,» julio 2012. [En línea]. Available: http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/2380/1/Tesis_t730ec.pdf. [Último acceso: 02 abril 2017].
- [16] ELION, «ELION: Digital and Network Security,» [En línea]. Available: http://www.elion.com.ar/?page_id=304. [Último acceso: 03 abril 2017].
- [17] Wikipedia, «Wikipedia,» 23 julio 2017. [En línea]. Available: [https://es.wikipedia.org/wiki/D%C3%BAplex_\(telecomunicaciones\)](https://es.wikipedia.org/wiki/D%C3%BAplex_(telecomunicaciones)). [Último acceso: 02 julio 2017].
- [18] Rábanos, Hernando; Mendo, Luis; Riera, José, Comunicaciones móviles, Madrid: Campillo, 2015.

- [19] J. Villasuso, «Teleformación,» [En línea]. Available: http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/FISICA/document/fisicaInteractiva/Ondasbachillerato/ondasEM/ondasEleMag_indice.htm. [Último acceso: 01 abril 2017].
- [20] C. Molina, «Red Tauros,» [En línea]. Available: http://www.redtauros.com/Clases/Medios_Transmision/04_Radioenlaces_Terr estres_Microondas_.pdf. [Último acceso: 13 julio 2017].
- [21] A. Tanenbaum, Redes de Computadoras, Mexico: Prentice Hall, 2003.
- [22] ICOM, «ICOM,» [En línea]. Available: <http://icomamerica.com/es/products/amateur/mobile/id1/default.aspx>. [Último acceso: 23 agosto 2017].
- [23] Y. Loranca, «Universidad de las América Puebla,» 01 enero 2003. [En línea]. Available: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/loranca_r_ya/capitulo3.pdf. [Último acceso: 22 agosto 2017].
- [24] U. P. d. Valencia, «Universidad Politecnica de Valencia,» [En línea]. Available: http://www.upv.es/antenas/Documentos_PDF/Notas_clase/Tema_1.PDF. [Último acceso: 25 abril 2017].
- [25] L. Rubio, «Repositorio de la Universidad Autónoma de Madrid,» septiembre 2014. [En línea]. Available: <http://arantxa.ii.uam.es/~jms/pfcsteleco/lecturas/20140925LuisRubioMejia.pdf>. [Último acceso: 01 mayo 2017].
- [26] F. Leite, «ITU News,» septiembre 2015. [En línea]. Available: <https://itunews.itu.int/es/5908-Radiocomunicaciones-en-constante-evolucion.note.aspx>. [Último acceso: 27 mayo 2017].
- [27] D. Suin, «Repositorio de la Universidad Politécnica Salesiana,» junio 2016. [En línea]. Available: <http://dSPACE.ups.edu.ec/bitstream/123456789/13094/1/UPS%20-%20ST002861.pdf>. [Último acceso: 27 mayo 2017].

- [28] J. Luque, «Revista digital de Acta,» 2014. [En línea]. Available: https://www.acta.es/medios/articulos/comunicacion_e_informacion/023001.pdf. [Último acceso: 25 abril 2017].
- [29] J. Miranda, «MANUAL DE OPERACIÓN PARA ESTACIONES DE RADIO,» [En línea]. Available: www.ealuro.com/pdf/Manualdeoperacionesderadio.pdf. [Último acceso: 25 abril 2017].
- [30] O. S. Cruz, «Universidad Tecnológica Nacional,» 2008. [En línea]. Available: <http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/electronica/ElectronicaAplicadaIII/Aplicada/Cap10Transmisores.pdf>. [Último acceso: 25 abril 2017].
- [31] Emilio Monachesi; Ana María Fresnel, «Repositorio de la Universidad Tecnológica Nacional,» 2011. [En línea]. Available: www.edutecne.utn.edu.ar. [Último acceso: 22 agosto 2017].
- [32] A. P. Jaime Anguera, «La Salle Online Ingenierías,» 2008. [En línea]. Available: <http://web.salleurl.edu/~jaumean/Teoria-Antenas-by-Jaime%20Anguera.pdf>. [Último acceso: mayo 01 2017].
- [33] «Casdoper,» febrero 2014. [En línea]. Available: <http://casdoper.blogspot.com/2014/02/antena-mikrostrip.html>. [Último acceso: 01 mayo 2017].
- [34] E. Monachesi, «Respositorio de la Universidad Tecnológica Nacional,» 2011. [En línea]. Available: http://www.edutecne.utn.edu.ar/wlan_frt/antenas.pdf. [Último acceso: 01 mayo 2017].
- [35] Miguel Ferrando, Alejandro Valero, «Universidad Politécnica de Valencia,» [En línea]. Available: http://www.upv.es/antenas/Documentos_PDF/Notas_clase/Dipolo_doblado.PDF. [Último acceso: 13 junio 2017].
- [36] «Teoría de Antenas,» [En línea]. Available: <http://www.antenna-theory.com/spanish/antennas/foldeddipole.php>. [Último acceso: 13 junio 2017].
- [37] R. H. Aquino, «Repositorio de la Universidad de las Américas Puebla,» 09

- mayo 2008. [En línea]. Available: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/hernandez_a_r/. [Último acceso: 02 mayo 2017].
- [38] W. México, «WNI México,» [En línea]. Available: http://www.wni.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=62:antennasorte&catid=31:general&Itemid=79. [Último acceso: 02 mayo 2017].
- [39] Á. Araguz, «Creative Commons,» 2010. [En línea]. Available: <https://sites.google.com/site/equiposdeimagingmfp/1-transmision-de-television/2-antenas-de-television/parmetros-de-una-antena>. [Último acceso: 02 mayo 2017].
- [40] A. Theory, «Antena Theory,» [En línea]. Available: <http://www.antenna-theory.com/spanish/basics/radPatDefs.php>. [Último acceso: 30 agosto 2017].
- [41] M. Solano, «Universidad de Cantabria,» [En línea]. Available: http://ocw.unican.es/enseñanzas-tecnicas/contaminacion-electromagnetica-medioambiental/material-de-clase-2/apuntes_3.pdf. [Último acceso: 10 mayo 2017].
- [42] I. Bernal, «Revisión de Conceptos Básicos de Antenas y Propagación,» 2008. [En línea]. Available: <http://clusterfie.epn.edu.ec/radiomobile/Clase/BreveRevAntenasPropag.pdf>. [Último acceso: 12 mayo 2017].
- [43] P. Vela, «Repositorio de la Universidad Politécnica Nacional,» abril 2015. [En línea]. Available: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10776/1/CD-6315.pdf>. [Último acceso: 20 julio 2017].
- [44] E. Jaramillo, «Repositorio de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito,» abril 2014. [En línea]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6826/1/UPS-ST001163.pdf>. [Último acceso: 23 mayo 2017].
- [45] Eduardo Bustillos, Cristian Guanin, «Repositorio de la Universidad Politécnica de Chimborazo,» 2011. [En línea]. Available: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1459/1/18T00479.pdf>.

- [Último acceso: 23 mayo 2017].
- [46] Dario Astudillo, José Guamán, «Repositorio de la Universidad del Azuay,» 2016. [En línea]. Available: <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/6222/1/12434.pdf>. [Último acceso: 25 mayo 2017].
- [47] A. Riofrío, «Repositorio de la Universidad Católica del Ecuador,» mayo 2015. [En línea]. Available: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/8456/Caso%20de%20Estudio%20RoIP%20Andr%C3%A9s%20Riofr%C3%ADo%2005MAY15.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 27 mayo 2017].
- [48] Hytera, «Hytera,» [En línea]. Available: <http://www.hytera.com/global/Spain.html>. [Último acceso: 13 mayo 2017].
- [49] Kenwood, «Kenwood,» [En línea]. Available: <http://www.kenwood.com/>. [Último acceso: 25 mayo 2017].
- [50] I. América. [En línea]. Available: <http://icomamerica.com/es/profile/default.aspx>. [Último acceso: 25 mayo 2017].
- [51] M. Solution, «Motorola Solution,» [En línea]. Available: <https://www.motorolasolutions.com/>. [Último acceso: 25 mayo 2017].
- [52] C. Wisp. [En línea]. Available: <http://ciudadwisp.blogspot.com/2014/03/como-usar-airlink-de-ubiquiti.html>. [Último acceso: 29 julio 2017].
- [53] A. Electrónica, «Ayuda Electrónica,» [En línea]. Available: <http://ayudaelectronica.com/radio-mobile-software-radio-enlaces/>. [Último acceso: 29 julio 2017].
- [54] LigoWave. [En línea]. Available: <https://www.ligowave.com/wiki/es/linkcalc/>. [Último acceso: 29 julio 2017].
- [55] Ubiquiti, «Ubiquiti,» [En línea]. Available: https://dl.ubnt.com/datasheets/poe/PoE_Adapters_DS.pdf. [Último acceso: 03 agosto 2017].
- [56] M. SOLUTIONS, «MOTOROLA SOLUTIONS,» [En línea]. Available:

- https://www.motorolasolutions.com/content/dam/msi/docs/XL-PT/ADP_LACR_Catalog_BOOKLET_PT.pdf. [Último acceso: 03 agosto 2017].
- [57] Ubiuti. [En línea]. Available: https://dl.ubnt.com/datasheets/RocketAC/Rocket_Prism_AC_Gen2_DS.pdf. [Último acceso: 01 septiembre 2017].
- [58] Audio-Technica, «Audio-Technica,» [En línea]. Available: <http://www.audio-technica.com/cms/site/20b91178aefd13e8/>. [Último acceso: 24 abril 2017].
- [59] Telewave. [En línea]. Available: <https://www.telewave.com/about-us/>. [Último acceso: 30 julio 2017].
- [60] Elecana, «Elecna,» [En línea]. Available: <http://www.elecna.net/>. [Último acceso: 2017 julio 30].
- [61] Commscope, «Commscope,» [En línea]. Available: <http://es.commscope.com/About-Us/Who-We-Are/Timeline/>. [Último acceso: 30 julio 2017].
- [62] B. Altas, «Bandas Altas,» [En línea]. Available: <http://www.bandasaltas.com.ar/files/Antenas%20Movil%20VHF.pdf>. [Último acceso: 30 julio 2017].
- [63] PCTEL, «Syscom,» [En línea]. Available: <https://www.syscom.mx/producto/MHB-5800-PCTEL-23761.html>. [Último acceso: 15 julio 2017].
- [64] COMET, «Radio Center,» [En línea]. Available: https://www.radiocenter.es/contents/es-mx/p958_M150GSAC-COMET-CROMADA.html. [Último acceso: 15 julio 2017].
- [65] DIAMOND, «Onda Manía,» [En línea]. Available: <https://www.ondamania.com/b2c/producto/m150-gsa/1/diamond-original-m150-gsa>. [Último acceso: 15 julio 2017].
- [66] PCTEL, «SYSCOM,» [En línea]. Available: <https://www.syscom.mx/producto/MHB-5800-PCTEL-23761.html>. [Último acceso: 01 septiembre 2017].

- [67] R. & A. Hytera, «Técnica de sistemas TETRA de Hytera,» [En línea]. Available: http://www.hytera-mobilfunk.com/fileadmin/downloads/spanisch/Folletos_de_producto__TETRA_/90acn-t-ip_bro_esp_v04_web.pdf. [Último acceso: 30 mayo 2017].
- [68] BlueTurquoise, «BlueTurquoise,» [En línea]. Available: <https://quality2wayradios.com/store/roip-internet-two-way-radio/icom-rc-fs10>. [Último acceso: 30 mayo 2017].
- [69] Syscom, «Syscom,» [En línea]. Available: <https://www.syscom.mx/producto/KPG-149RM-KENWOOD-65303.html>. [Último acceso: 1 junio 2017].
- [70] D. Pinto, «Repositorio de la universidad de Chile,» 2016. [En línea]. Available: <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/141017/Diseno-de-red-inalambrica-para-sistema-de-conduccion-y-descarga-de-efluentes-al-mar-de-complejo....pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 01 junio 2017].
- [71] M. Solutions, «Motorola Solutions,» [En línea]. Available: https://www.motorolasolutions.com/content/dam/msi/docs/XL-ES/motl_dgp8000e_5000e_belize_datasheet_es.pdf. [Último acceso: 01 septiembre 2017].
- [72] UPG. [En línea]. Available: <https://www.mrsolar.com/content/pdf/Universal/UB121000.pdf>. [Último acceso: 01 septiembre 2017].
- [73] RITAR, «RENOVA ENERGÍA,» [En línea]. Available: http://www.renova-energia.com/productos/baterias-de-ciclo-profundo/baterias_ritar_rt12120_12v12ah-2/. [Último acceso: 16 julio 2017].
- [74] Samlex. [En línea]. Available: http://samlexamerica.com/documents_solar/product-specs/12001-SEC-1250UL-0714%20ES%20Hrez.pdf. [Último acceso: 1 agosto 2017].
- [75] A. Tecnológicas, «Aplicaciones Tecnológicas,» [En línea]. Available: <https://at3w.com/producto/pararrayos/puntas-franklin-y-mallas->

- conductoras/s2xat1xp1102. [Último acceso: 17 julio 2017].
- [76] «Mercado Libre,» [En línea]. Available: https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-424560865-pararrayos-_JM. [Último acceso: 01 agosto 2017].
- [77] W. Amplifiers, «Wilson Amplifiers,» [En línea]. Available: <https://www.wilsonamplifiers.com/50-ohm-lightning-surge-protector-n-female-859902/>. [Último acceso: 01 agosto 2017].
- [78] APC. [En línea]. Available: http://www.apc.com/shop/ec/es/categories/power/ups/network-and-server/smart-ups/_/N-1h89yke?N=&selectedTab=compareModels&_requestid=71032#TechnicalSpec. [Último acceso: 17 julio 2017].
- [79] «APC by Shchneider,» [En línea]. Available: <http://www.apc.com/shop/gt/es/products/APC-Power-Saving-Back-UPS-Pro-1500/P-BR1500G>. [Último acceso: 02 agosto 2017].
- [80] Syscom, «Syscom,» [En línea]. Available: <https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=10&ved=0ahUKEwil7qrXu4XWAhUCKiYKHanuDt8QFghFMAk&url=https%3A%2F%2Fwww.syscom.mx%2Fprincipal%2Flistadoproductosazul%2Fradiocomunicacion-torres-y-accesorios-torres-arriostradas-2473.html&usg=A>. [Último acceso: 01 septiembre 2017].
- [81] Telewave, «Electronisys,» [En línea]. Available: http://www.electronisys.cl/index.php?route=product/product&product_id=554. [Último acceso: 18 julio 2017].
- [82] Fiplex, «Smartel,» [En línea]. Available: <http://smartel.com.uy/smartel/es/inicio/595-duplexor-fiplex-dvn-1522l-136-174-mhz-600-khz-min-150w-vhf.html>. [Último acceso: 20 julio 2017].
- [83] CISCO, «CISCO,» [En línea]. Available: <http://www.cisco.com/c/en/us/support/switches/sg-100d-08-8-port-gigabit-switch/model.html>. [Último acceso: 03 agosto 2017].

- [84] Tp-Link, «Tp-Link,» [En línea]. Available: http://www.tp-link.com/co/products/details/cat-4763_TL-SF1005D.html#specifications. [Último acceso: 14 noviembre 2017].
- [85] Netgear, «Netgear,» [En línea]. Available: <https://www.netgear.com/home/products/networking/switches/soho-ethernet-switches/GS308P.aspx#tab-techspecs>. [Último acceso: 14 noviembre 2017].
- [86] C. N. d. Telecomunicaciones, «Consejo Nacional de Telecomunicaciones,» 2003. [En línea]. Available: http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/06/reglamento_derechos_concesion_y_tarifas_espectro_radioelect6.pdf. [Último acceso: 08 agosto 2017].
- [87] J. Prieto, «Exa Byte Informática,» [En línea]. Available: [https://www.exabyteinformatica.com/uoc/Informatica/Tecnologia_y_desarrollo_en_dispositivos_moviles/Tecnologia_y_desarrollo_en_dispositivos_moviles_\(Modulo_1\).pdf](https://www.exabyteinformatica.com/uoc/Informatica/Tecnologia_y_desarrollo_en_dispositivos_moviles/Tecnologia_y_desarrollo_en_dispositivos_moviles_(Modulo_1).pdf). [Último acceso: 09 abril 2017].
- [88] C. Lopez, «Ayuda Electronica,» 12 enero 2009. [En línea]. Available: <http://ayudaelectronica.com/definiciones-basicas-comunicaciones/>. [Último acceso: 09 marzo 2017].
- [89] [En línea]. Available: <data:image/png;base64,iVBORw0KGgoAAAANSUgAAAWMAAACOCAMAAADTsZk7AAAA/1BMVEX///9jZGZdXmAgQJrj4+RgYWNyc3VmZ2nn5+jq6upcXV/39/daWuLi41YWVuWlpiEhIekpKbT09Otrq+/v8Bub3HKysuIrC77/Pj4+vOrwm7z8/O2yoB4eXuWtERBVKWjvV5pcbXz8/m2treduFKlv mJgarHi6s6vxXXD05cYO5hWYazu8>. [Último acceso: 25 mayo 2017].
- [90] [En línea]. Available: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/07/Kenwood_Logo.svg/2000px-Kenwood_Logo.svg.png. [Último acceso: 25 mayo 2017].
- [91] [En línea]. Available: <https://www.mobilemarinesystems.com/icom-radio-communications/>. [Último acceso: 25 mayo 2017].
- [92] [En línea]. Available: https://finder.startupnationcentral.org/image_cloud/motorola-solutions-venture-capital_a38ebcc0-75bb-11e6-91dd-772667cbe2d7?w=568&h=300.

- [Último acceso: 25 mayo 2017].
- [93] QUALITY, «QUALITY,» [En línea]. Available: <https://quality2wayradios.com/store/roip-internet-two-way-radio/icom-rc-fs10>. [Último acceso: 30 mayo 2017].
- [94] Amazon. [En línea]. Available: <https://www.amazon.com/Ubiquiti-BaseStation-airPrism-Technology-RP-5AC-Gen2-US/dp/B072HN9RLT>. [Último acceso: 28 julio 2017].
- [95] Amazon. [En línea]. Available: https://www.amazon.com/Ubiquiti-Networks-RD-5G30-RocketDish-Antenna/dp/B00HXT8OD6/ref=sr_1_1?s=electronics&ie=UTF8&qid=1501285445&sr=1-1&keywords=Rocket+Dish+RD-5G30. [Último acceso: 28 julio 2017].
- [96] Zintra, «Zintra,» [En línea]. Available: contienen elementos electromagnéticos.. [Último acceso: 01 agosto 2017].
- [97] «Mercado Libre,» [En línea]. Available: https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-412306471-ups-apc-1500va-15kva-865w-br-1500-10-tomas-y-regulador-_JM. [Último acceso: 02 agosto 2017].
- [98] «Coneccta,» [En línea]. Available: <http://www.coneccta.com.mx/torres-arriostradas-ST30-12M.php>. [Último acceso: 02 agosto 2017].
- [99] Domingo Lara, Juan José Gaytán, Sistemas Inalámbricos de Comunicación personal, México: Marcombo.

1 ANEXOS

ANEXO A: Entrevista al Ing. Orley Ochoa, Parque Nacional Llanganates.

1. ¿Qué inversiones en equipos de comunicación se han realizado en el parque en los últimos tres años?

Las comunicaciones en el Parque Nacional Llanganates son muy importantes, por ello se han adquirido equipos de radiocomunicación, últimamente se han comprado 6 radios portátiles motorolas y 2 radios base para vehículos. Hace aproximadamente 6 años se implementó el sistema de radiocomunicación; se adquirió las primeras radios portátiles motorolas y se arrendó el servicio de señal radiocomunicación a la empresa SIDEPRO para Cotopaxi y Tungurahua. Estas dan conectividad a las dos guardianías de Sunfopamba en Píllaro y Panzarumi en Salcedo en donde son los principales lugares de ingreso y en donde están ubicadas las antenas, el año anterior se adquirió más equipos para el interior del parque.

2. ¿Existe algún sistema de comunicación que conecte los puestos de control, guardianías y oficina administrativa?

No, solo está destinado para las guardianías de Panzarumi (Salcedo) y Sunfopamba (Píllaro). Esas permiten la conexión de las provincias de Cotopaxi y Tungurahua excepto Baños, por la irregularidad del terreno.

3. ¿De qué manera se comunican los puestos de control, guardianías y oficina administrativa?

Mediante radiocomunicación hacia la Dirección Provincial del Ambiente Tungurahua, pero no a la oficina del PNLI. La radio base se comunica con el jefe de patrimonio que informa al resto del personal. Los guarda-parques se comunican con la dirección Provincial del Ambiente.

4. ¿Cuáles son los principales problemas en el área de comunicaciones en el PNLI?

El principal problema es no contar con una frecuencia propia, un presupuesto para construir los transmisores, repetidoras, construir la infraestructura, arriendo de frecuencias. En definitiva es el escaso presupuesto.

5. ¿De qué forma sería beneficioso un sistema completo de comunicaciones en el PNLI?

Mejoraría el programa de control y vigilancia, las actividades de patrullaje de los guarda-parques, la asistencia o apoyo inmediato en las emergencias, escenarios de riesgo de los guarda-parques, casos de infracción o atención inmediata a alguna emergencia dentro del área protegida o también coordinar el trabajo a desplegar dentro del área protegida

6. ¿Se cuenta con servicio de internet en los puestos de control del PNLI?

Si, se implementó con la ayuda del FAN (Fondo Ambiental Nacional), los compañeros guarda-parques tienen internet y acceso a redes sociales, que es una forma de comunicación que actualmente se usa.

7. ¿De qué manera se comunica el personal del PNLI con los puestos de control?

Se comunican vía telefónica, WhatsApp (redes sociales), radiocomunicación (solamente en las guardianías de Sunfopamba y Panzarumi)

8. ¿Cuáles han sido los impedimentos para establecer un sistema de comunicaciones dentro del PNLI?

Geográficamente es la irregularidad del terreno, montañas, cordilleras que dificultan la transmisión de datos y la ausencia de la infraestructura de la radiocomunicación.

9. ¿Cuáles son los sitios críticos o problemáticos del PNLI?

Zonas distantes: Anacocha, Cerro Hermoso, Km 60, Salayambo. Todos los sectores que están al interior del área protegida, de la guardianía unos 2-3 Km hacia adentro la señal se pierde.

10. En que sitios del parque se requiere tener una mejor comunicación de la que actualmente existe

En los sitios donde existe afluencia turística, específicamente al norte en el complejo Lacustre de Salayambo donde no hay guardianías o puestos de control, pero si se

patrulla por lo que los guarda-parques necesitan handies que se conecten con la Dirección Provincial o la oficina del PNLI en Baños. Este complejo se encuentra en Latacunga. El otro complejo está en Salcedo, en el complejo Lacustre de anteojos y la vía termina en el Km 60 en la provincia de Napo.

11. ¿Cuántos radios portátiles hacen falta para el personal del parque?

El estudio debe abarcar un total de 30 radios portátiles.

12. ¿Cuántos autos/motos existen a disposición del PNLI?

4 camionetas y 2 motos.



13. En qué sitios del parque no disponen de ninguna comunicación

Salayambo, Patate, Baños, Mera y la provincia del Tena

ANEXO B: Hoja de especificaciones técnicas de repetidor SLR5100

ESPECIFICACIONES GENERALES			
	VHF	UHF	300 MHz
Rango de frecuencia	136-174 MHz	400-470 MHz	300-360 MHz / 350-400 MHz
Capacidad de canal	64		
Potencia de salida RF	1-50 W		
Dimensiones (Al x An x P)	44 mm x 483 mm x 370 mm (1,75" x 19" x 14,6")		
Peso	8,6 kg (19 lb)		
Voltaje de entrada (CA)	100-240 Vac, 47-63 Hz		
Cortante (standby), 110/240 V	0,18/0,25 A		
Cortante (transmisión), 110/240 V	1,5/0,9 A		
Voltaje de entrada (CC)	11,0 - 14,4 Vdc		
Cortante (standby)	0,7 A		
Cortante (transmisión)	9,5 A		
Rango de temperatura de funcionamiento	-30°C a 60°C (-22°F a 140°F)		
Humedad	HR de 95%, sin condensación a 50°C (122°F)		
Ciclo de operación máx.	100%		
Código FCC	AB299FT3094	AB299FT4096	-
Código IC	109AB-99FT3094	109AB-99FT4096	-
Capacidad de cargador de batería	12 V, 3 A		
Potencia aux. CC externa	12 V, 1 A		
Conectividad	Tx (N hembra), Rx (BNC hembra), recaptículo USB A, 2x Ethernet		
Tipos de sistemas admitidos	Convencional Analógico y Digital, IP Site Connect, Capacity Plus, Linked Capacity Plus, Connect Plus		
RECEPTOR			
Rango de frecuencia	136-174 MHz	400-470 MHz	300-360 MHz / 350-400 MHz
Espaciamento de canal	12,5 kHz / 25 kHz		
Estabilidad de frecuencia	0,5 ppm		
Sensibilidad (típica)	0,22 µV		
Intermodulación (típica)	82 dB		
Selektividad (TIA603D), 25/12,5 kHz 83	83/55 dB	83/55 dB	55 / 80 / 80 dB
Selektividad (TIA603), 25/12,5 kHz 83	83/58 dB	80/63 dB	68 / 80 / 80 dB
Selektividad (ETSI) 25/12,5 kHz	70/63 dB		
Rechazo intermodulación (TIA603D/ETSI)	82/73 dB		
Rechazo espúreo (TIA603D/ETSI)	95/90 dB		
Distorsión del audio	<1%		
Zumbido y ruido (12,5 kHz/25 kHz)	-45 / 50 dB		
TRANSMISOR			
Rango de frecuencia	136-174 MHz	400-470 MHz	300-360 MHz / 350-400 MHz
Potencia de salida RF	1-50 W		
Ciclo de operación máx.	100%		
Espaciamento de canal	12,5 kHz / 25 kHz**		
Estabilidad de frecuencia	0,5 ppm		
Atenuación intermodulación	40 dB		
Potencia de canal adyacente (TIA603D) 25/12,5 kHz	78/62 dB		
Potencia de canal adyacente (ETSI) 25/12,5 kHz	78/62 dB		
Emisiones de espúreas conducidas	-36 dBm < 1 GHz, -30 dBm > 1 GHz		
Fidelidad de modulación (AFSK)	Error FSK 5% Magnitud FSK 1%		
Respuesta de audio	TIA603C		
Distorsión del audio	<3%		
Tipo de vecodificador digital	AMBE+2™		
Zumbido y ruido (12,5 kHz/25 kHz)	-45 / 50 dB		
Limitación de modulación	±2,5 / ±5,0 kHz		
Protocolo Digital	ETSI-TS102 361-1/2/3		

ANEXO C: Hoja de especificaciones técnicas de radio portátil serie DGM800e
5000e

HOJA DE DATOS DE PRODUCTO								
RADIO DIGITALES DE DOS VÍAS								
MOTOTRBO™ SERIES DGP™ 8000e Y DGP™ 5000e								
								
	Modelo de teclado completo (FKP)				Modelo sin teclado (NKP)			
Número de modelo	DGP™ 8550e*, DGP™ 5550e				DGP™ 8050e*, DGP™ 5050e			
Banda	VHF	350	UHF	800	VHF	350	UHF	800
ESPECIFICACIONES GENERALES								
Frecuencia	136-174 MHz	350-400 MHz	403-527 MHz	806-825 MHz, 851-870 MHz	136-174 MHz	350-400 MHz	403-527 MHz	806-825 MHz, 851-870 MHz
Alta potencia de salida	5 W	4 W	4 W	2,5 W	5 W	4 W	4 W	2,5 W
Baja potencia de salida	1 W	1 W	1 W	1 W	1 W	1 W	1 W	1 W
Espaciamiento de canal	12,5, 20, 25 kHz							
Capacidad de canal	1000				32			
Dimensiones (Al x An x P), radio + batería delgada	130 x 55 x 36 mm (5,1 x 2,2 x 1,4 in)				130 x 55 x 34 mm (5,1 x 2,2 x 1,3 in)			
Peso, radio + batería delgada	315 g (11 oz)				290 g (10 oz)			
Dimensiones (Al x An x P), radio + batería de alta capacidad	130 x 55 x 41 mm (5,1 x 2,2 x 1,6 in)				130 x 55 x 40 mm (5,1 x 2,2 x 1,6 in)			
Peso, radio + batería de alta capacidad	347 g (12 oz)				322 g (11 oz)			
Código FCC	AZ489FT7066	-	AZ489FT7065	AZ489FT7067	AZ489FT7066	-	AZ489FT7065	AZ489FT7067
Duración de batería digital/analógica ¹ delgada de 1680 mAh	16,0 / 12,0 horas	15,5 / 11,5 horas		15,5 / 12,0 horas	16,0 / 12,0 horas	15,5 / 11,5 horas		15,5 / 12,0 horas
Duración de batería digital/analógica ¹ , batería de alta capacidad de 2250 mAh	22,0 / 16,5 horas	21,0 / 16,0 horas		21,0 / 17,5 horas	22,0 / 16,5 horas	21,0 / 16,0 horas		21,0 / 17,5 horas
Duración de batería digital/analógica ¹ , batería de alta capacidad LV 3000 mAh	29,0 / 22,0 horas	28,0 / 21,5 horas		28,0 / 23,0 horas	29,0 / 22,0 horas	28,0 / 21,5 horas		28,0 / 23,0 horas
Fuente de alimentación (nominal)	7,5 V							
ESPECIFICACIONES DE RECEPTOR								
Sensibilidad analógica (12 dB SINAD)	0,16 µV		0,22 µV		0,16 µV		0,22 µV	
Sensibilidad digital (BER 5%)	0,14 µV		0,19 µV		0,14 µV		0,19 µV	
Estabilidad de frecuencia	± 0,5 ppm							

TODO LOS MODELOS

ESPECIFICACIONES DE TRANSMISOR

Zumbido y ruido	-40 dB (canal de 12.5 kHz), -45 dB (canal de 25 kHz)
Emisión espúrea conducida (TIA603D)	-57 dBm
Modulación digital 4FSK	12.5 kHz; Datos: 7K80F1D y 7K80F1D 12.5 kHz; Voz: 7K80F1E y 7K80F1E Combinación de voz y datos (12.5 kHz): 7K80F1W
Protocolo digital	ETSI TS 102 361-1, -2, -3
Emisión conducida/radiada (TIA603D)	-36 dBm < 1GHz, -30 dBm > 1GHz
Potencia de canal adyacente	60 dB (canal de 12.5 kHz), 70 dB (canal de 25 kHz)

ESPECIFICACIONES DE RECEPTOR

Zumbido y ruido	-40 dB (canal de 12.5 kHz), -45 dB (canal de 25 kHz)
Emisión espúrea conducida (TIA603D)	-57 dBm
Intermodulación (TIA603D)	70 dB
Selectividad de canal adyacente, (TIA603A)-1T	60 dB (canal de 12.5 kHz), 70 dB (canal de 25 kHz)
Selectividad de canal adyacente, (TIA603D)-2T y (TIA603C)-2T	45 dB (canal de 12.5 kHz), 70 dB (canal de 25 kHz)
Rechazo espúrea (TIA603D)	70 dB

ESPECIFICACIONES DE AUDIO

Tipo de vocodificador digital	AMBE+2*
Respuesta de audio	TIA603D
Audio nominal	0,5 W
Distorsión del audio en audio nominal	3%

NOTAS

1: Duración de batería típica, perfil de 5/5/50 a máxima potencia de transmisor con GPS, Bluetooth, Wi-Fi y aplicaciones de placa opcional inhabilitados. El tiempo de ejecución real puede variar.

2: Para temperaturas inferiores a los -10°C (14°F), se requiere batería especialmente diseñada para baja temperatura.

Las especificaciones están sujetas a cambios sin previo aviso. Todas las especificaciones incluidas en este documento son especificaciones típicas.

*Consulta la disponibilidad en su país para canales de 25kHz.

ESPECIFICACIONES BLUETOOTH

Versión	4.0*
Alcance	Clase 2; 10 m (33')
Perfiles admitidos	Perfil de Diademas Bluetooth (HSP), Perfil de Puerto Serie (SPP), PTT rápido Motorola.
Conexiones simultáneas	1 accesorio de audio y 1 dispositivo de datos
Modo detectable permanente	Opcional

ESPECIFICACIONES GPS

Soporte de constelación	GPS
Tiempo para el primer punto fijo; arranque en frío	< 60 s
Tiempo para el primer punto fijo; arranque en caliente	< 10 s
Precisión horizontal	< 5 m (< 16,5')

ESPECIFICACIONES WI-FI

Estándares admitidos	IEEE 802.11b, 802.11g, 802.11n
Protocolo de seguridad admitido	WPA, WPA-2, WEP
Cantidad máxima de SSID	128 (64 para modelos NKP)

ESPECIFICACIONES AMBIENTALES

Temperatura de operación ²	-30° C a +60° C (-22° F a 140° F)
Temperatura de almacenamiento	-40° C a +85° C (-40° F a 185° F)
Choque térmico	Según tabla MIL-STD
Humedad	Según tabla MIL-STD
Descarga electrostática	IEC 61000-4-2 Nivel 3
Ingreso de agua y polvo	IEC 60529 - IP68, 2 m (6,6') por 2 h
Niebla salina	Según tabla MIL-STD
Prueba de embalaje	MIL-STD 8100 y E

CERTIFICACIÓN HAZLOC

TIA-4950	Aprobación UL para uso en ubicaciones peligrosas, División 1, Clase I, II, III, Grupos C, D, E, F, G; División 2, Clase 1, Grupos A, B, C, D, siempre que se los utilice con baterías Motorola aprobadas por UL.
----------	--

*Placa opcional y habilitado para GPS en DGP9550e y DGP950e únicamente

CONEXIÓN

- Banda VHF, 5 W
- Banda UHF, 4 W
- Banda 350, 4 W
- Banda 800, 2,5 W
- Modelos FKP: Pantalla color, teclado completo, 1.000 canales
- Modelos NKP: Sin pantalla o teclado, 32 canales
- Analógico y digital
- Voz y datos
- Wi-Fi Integrado
- Mensajería de texto predeterminada
- Mensajería de texto de formato libre (modelos FKP)
- Administración de órdenes de trabajo
- GNSS de constelaciones múltiples
- GNSS de alta eficiencia
- Actualización de ubicación por evento
- Audio Bluetooth
- Datos Bluetooth
- Modo de detección Bluetooth permanente (opcional)
- Ubicación y seguimiento Bluetooth para interiores
- Anuncio de voz
- Texto a voz (opcional)
- Placa opcional
- Reconstitutor de canal principal

AUDIO

- Audio Inteligente
- Audio IMPRES
- Cancelación de ruido SYNC+ (opcional)
- Supresor de realimentación acústica
- Control de distorsión de micrófono
- Perfiles de audio seleccionables por usuario
- Altavoz Interruptor
- Mejora de trino

PERSONALIZACIÓN

- Accesorios personalizados
- PTT multibotón (opcional)
- 5 botones programables (3 para modelos NKP)
- Botón de emergencia

ADMINISTRACIÓN

- Administración de radio (opcional)
- OTAP (opcional)
- Potencia IMPRES
- Administración de baterías IMPRES (opcional)
- Administración de baterías por aire (opcional)

ANEXO D: Hoja de especificaciones técnicas de la antena móvil PCTEL

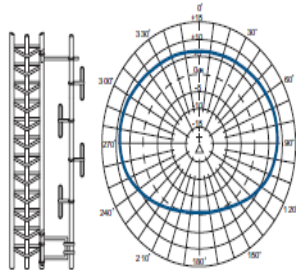
Antenna Electrical Specifications

Model	Frequency Range	Bandwidth	Gain
MWV1322(S)*	132-174 MHz	26 MHz	2.4 dB with a ground plane (Unity without a ground plane)
MWV1322HD(S)*	132-174 MHz	26 MHz	2.4 dB with a ground plane (Unity without a ground plane)
MWB1320**	132-512 MHz	24 MHz	Unity
ASPR7495	150-512 MHz, field tunable	24 MHz (406-512 MHz)	Unity
ASPR795	108-512 MHz, field tunable	100 MHz (406-512 MHz)	Unity
ASPC201L***	108-512 MHz, field tunable	100 MHz (406-512 MHz)	Unity
ASPE7495****	150-512 MHz, field tunable	100 MHz (406-512 MHz)	Unity

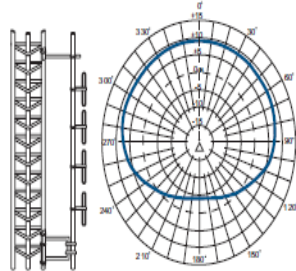
Mechanical Specifications

Model	Whip Length at lowest frequency
MWV1322(S)	Approximately 48"
MWV1322HD(S)	Approximately 48"
MWB1320	Approximately 22"
ASPR7495	16-3/8"
ASPR795	26"
ASPC201L	26"
ASPE7495	16-3/8"

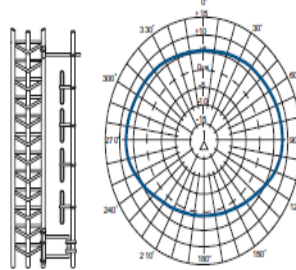
ANEXO E: Hoja de especificaciones técnicas de la antena VHF Andrew DB-224



DB224 (omni) mounted on side of tower.



DB224E, elements pointed away from the tower.



DB224E, elements pointed toward the tower.

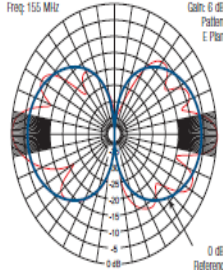
SIDE MOUNTING

The patterns indicate the typical pattern shape of the antenna side mounted on a tower with an 18" to 24" (457.2 to 609.6 mm) face, using the DB5001 Side Mount Kit.

The DB5001 Side Mount Kit positions the antenna approximately 18" from the tower and consists of an upper sway brace, lower bracket (both galvanized) and the necessary hardware for attaching the bracket to round tower members up to 3" OD, or angular members up to 2" on a side. Other size clamps can be supplied on special order.

DB224 Vertical Pattern

Freq: 155 MHz
Gain: 6 dBd
Pattern: E Plane
0 dB Reference



ELECTRICAL DATA

Frequency Ranges* – MHz	See Model Table	
Bandwidth (150-174 MHz) – MHz	10	
VSWR	1.5 to 1 or less	
Nominal Impedance – Ohms	50	
Gain (over half-wave dipole) – dBd	Omni Pattern	Offset Pattern
	6.0	9.0
Maximum Power Input – Watts	500	
Vertical Beamwidth (half-power points)	16°	
Decoupling Between Antennas (split models) – dB	35 minimum	
Lightning Protection	Direct ground	
Standard Termination	Captive Type N-Male attached to end of flexible lead.	

* Special frequencies are available; contact factory for details.

MECHANICAL DATA

Mast – Upper (aluminum) – in. (mm)	1.75 (44.45) OD with 0.062 to 0.125 (1.57 to 3.18) wall	
Mast – Lower (aluminum) – in. (mm)	2 (50.8) OD with 0.125 to 0.187 (3.18 to 4.75) wall	
Radiating Elements (aluminum) – in. (mm)	0.5 (12.7) OD with 0.058 (1.47) wall	
Maximum Exposed Area (flat plate equivalent) – ft ² (m ²)	3.15 (0.292)	
Lateral Thrust at 100 mph (161 km/hr) – lbf (N)	126 (560.5)	
Wind Rating:*	Top Mounted	Side Mounted
Survival w/o ice – mph (km/hr)	80 (129)	100 (161)
Survival with 0.5" (12.7 mm) Radial Ice – mph (km/hr)	55 (89)	70 (113)
Mounting Clamps (Galv. steel)	DB365-OS	

* Calculation of wind survivability does not include damage due to flying debris.

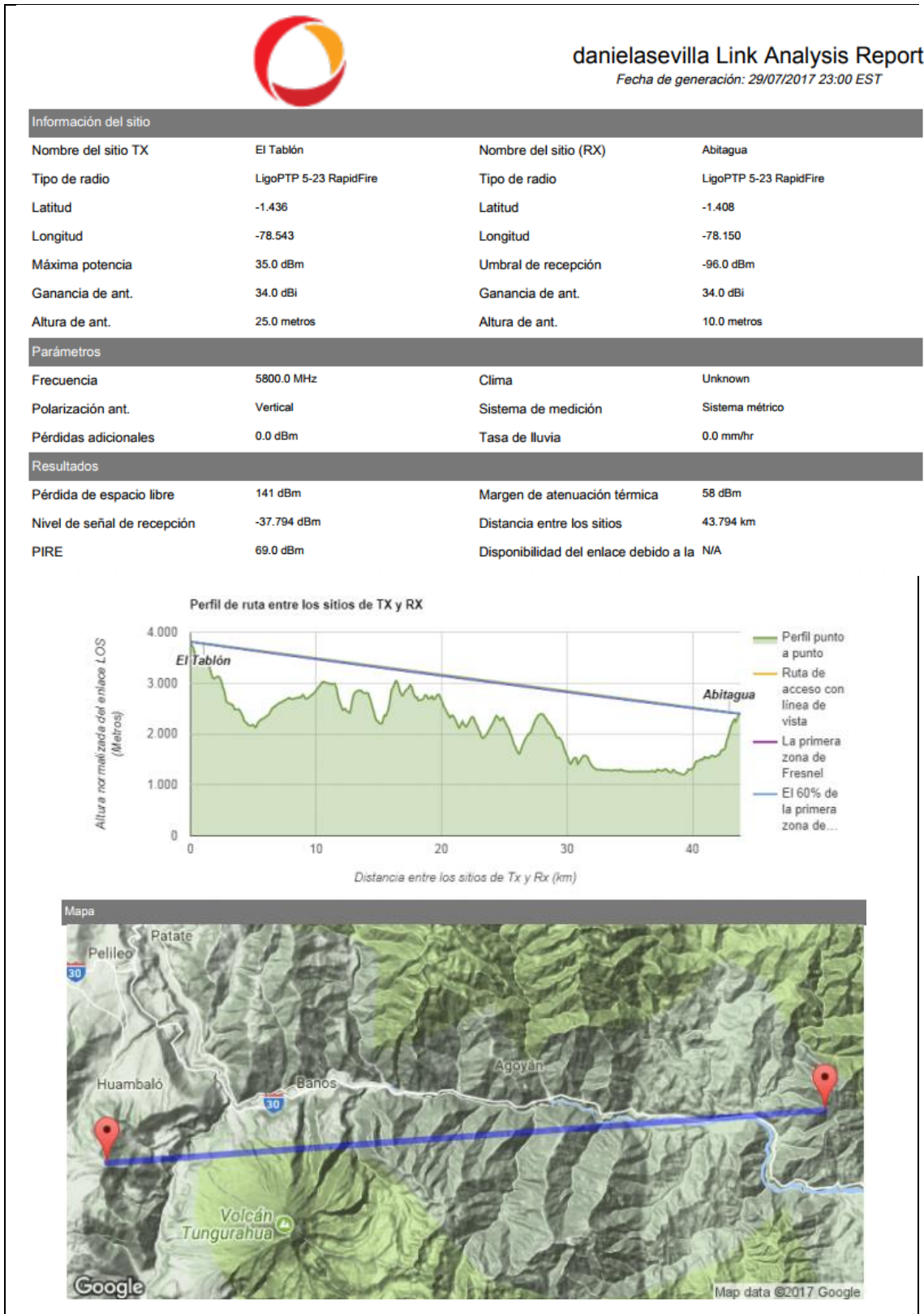
ANEXO F: Hoja de especificaciones Técnicas de Duplexor Sinclair

Electrical Specifications		
Frequency Range	MHz	138 to 174
Number of Cavities - Tx Side		2
Number of Cavities - Rx Side		2
Input VSWR (max)		1.5:1
Impedance	Ω	50
Average Power Input (max)	W	350
Input Connectors		N-Female
Output Connectors		N-Female
Frequency separation (min)	MHz	0.5
Insertion Loss (max) Tx to Ant	dB	1.5
Isolation (min)	dB	70
Mechanical Specifications		
Width	in (mm)	19 (483)
Depth	in (mm)	30.3 (770)
Length/ Height	in (mm)	4.17 (106)
Finish		chromate conversion
Weight	lbs (kg)	28 (12.71)
Actual shipping weight	lbs (kg)	33 (14.98)
Shipping dimensions	in (mm)	19.25x7x30.5 (489x178x775)
Mounting configurations		19 inch rack
Environmental Specifications		
Temperature range	$^{\circ}\text{F}$ ($^{\circ}\text{C}$)	-40 to +140 (-40 to +60)

Q2220E — LPIL — HPL

Frequency (MHz)	LPIL (dB)	HPL (dB)
150	-30	-40
152	-100	-40
154	-30	-40
156	-30	-80
158	-30	-100
160	-30	-80
162	-30	-40
164	-30	-40
166	-30	-100
168	-30	-100
170	-30	-40

ANEXO G: Resultados de la simulación de enlaces en Link Calc





danielasevilla Link Analysis Report

Fecha de generación: 29/07/2017 22:55 EST

Información del sitio

Nombre del sitio TX	Pantzarumi	Nombre del sitio (RX)	El Tablón
Tipo de radio	LigoPTP 5-23 RapidFire	Tipo de radio	LigoPTP 5-23 RapidFire
Latitud	-0.996	Latitud	-1.436
Longitud	-78.434	Longitud	-78.543
Máxima potencia	35.0 dBm	Umbral de recepción	-96.0 dBm
Ganancia de ant.	34.0 dBi	Ganancia de ant.	34.0 dBi
Altura de ant.	10.0 metros	Altura de ant.	25.0 metros

Parámetros

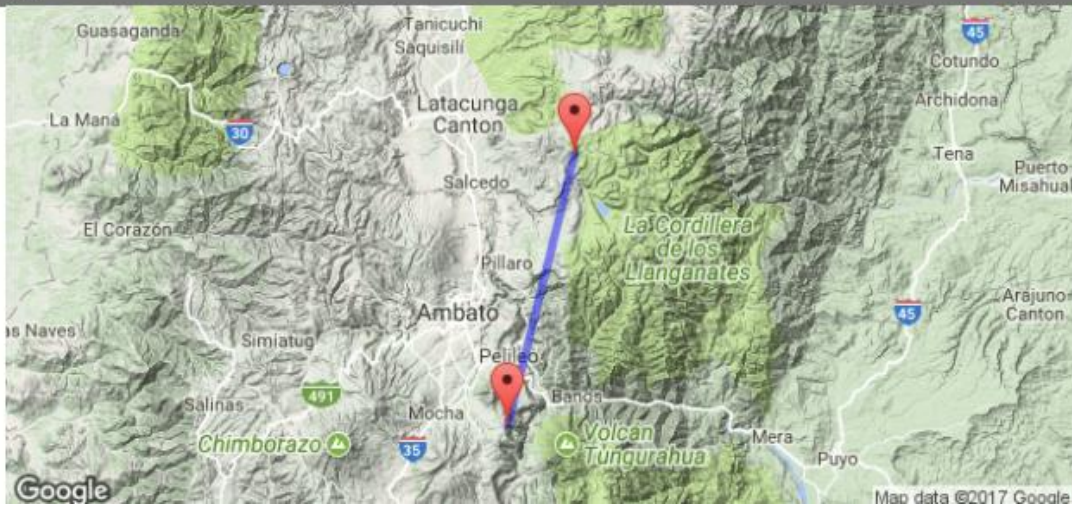
Frecuencia	5800.0 MHz	Clima	Unknown
Polarización ant.	Vertical	Sistema de medición	Sistema métrico
Pérdidas adicionales	0.0 dBm	Tasa de lluvia	0.0 mm/hr

Resultados

Pérdida de espacio libre	142 dBm	Margen de atenuación térmica	57 dBm
Nivel de señal de recepción	-39.172 dBm	Distancia entre los sitios	50.408 km
PIRE	69.0 dBm	Disponibilidad del enlace debido a la	N/A



Mapa





danielasevilla Link Analysis Report

Fecha de generación: 29/07/2017 22:52 EST

Información del sitio			
Nombre del sitio TX	Loma Grande	Nombre del sitio (RX)	Oficina Baños
Tipo de radio	LigoPTP 5-23 RapidFire	Tipo de radio	LigoPTP 5-23 RapidFire
Latitud	-1.385	Latitud	-1.399
Longitud	-78.437	Longitud	-78.423
Máxima potencia	35.0 dBm	Umbral de recepción	-96.0 dBm
Ganancia de ant.	32.0 dBi	Ganancia de ant.	34.0 dBi
Altura de ant.	25.0 metros	Altura de ant.	15.0 metros
Parámetros			
Frecuencia	5800.0 MHz	Clima	Unknown
Polarización ant.	Vertical	Sistema de medición	Sistema métrico
Pérdidas adicionales	0.0 dBm	Tasa de lluvia	0.0 mm/hr
Resultados			
Pérdida de espacio libre	183 dBm	Margen de atenuación térmica	14 dBm
Nivel de señal de recepción	-81.765 dBm	Distancia entre los sitios	2.231 km
PIRE	67.0 dBm	Disponibilidad del enlace debido a la	N/A





danielasevilla Link Analysis Report

Fecha de generación: 29/07/2017 22:36 EST

Información del sitio

Nombre del sitio TX	El Tablón	Nombre del sitio (RX)	Loma Grande
Tipo de radio	LigoPTP 5-23 RapidFire	Tipo de radio	LigoPTP 5-23 RapidFire
Latitud	-1.436	Latitud	-1.385
Longitud	-78.543	Longitud	-78.437
Máxima potencia	28.0 dBm	Umbral de recepción	-96.0 dBm
Ganancia de ant.	32.0 dBi	Ganancia de ant.	32.0 dBi
Altura de ant.	25.0 metros	Altura de ant.	25.0 metros

Parámetros

Frecuencia	5800.0 MHz	Clima	Unknown
Polarización ant.	Vertical	Sistema de medición	Sistema métrico
Pérdidas adicionales	0.0 dBm	Tasa de lluvia	0.0 mm/hr

Resultados

Pérdida de espacio libre	130 dBm	Margen de atenuación térmica	58 dBm
Nivel de señal de recepción	-37.949 dBm	Distancia entre los sitios	13.057 km
PIRE	60.0 dBm	Disponibilidad del enlace debido a la	N/A



Mapa

